

302935

# ÉPÍTŐANYAG

*A SZILIKÁTI PARI  
TUDOMÁNYOS EGYESÜLET  
FOLYÓIRATA*

5

18. ÉVFOLYAM • BUDAPEST, 1966. MÁJUS

## SZILIKÁTIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

A mész- és cementipar  
az üvegyipar- a finom-  
kerámia-, a téglá-, cserép-  
és kőbányaipar tudományos  
szakirodalmi folyóirata

\*

Főszerkesztő:

Dr. Korach Mór

\*

Szerkesztő:

Hinsenkamp Alfréd

\*

Szerkesztőbizottság:

Dr. Beke Béla

Dr. Déri Márta

Erdély Imre

Dr. Grofcsik János

Dr. 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:

Lapkiadó Vállalat,

Budapest, VII.,

Lenin körút 9—11

Telefon: 222-285

\*

Felelős kiadó:

Sala Sándor

Megjelenik havonként

## TARTALOMJEGYZÉK

<i>Moldvai Rezsóné—Bubik István</i> : Negatív lineáris hőtágulási együtt- hatójú kerámiai testek előállítására .....	165
<i>Kocsis Géza</i> : Szilikátüvegek aktiválási energiájának alakulása olvasz- tásgyorsító adalékok hatására .....	167
<i>Bálint Pál—Bakos József</i> : Üreges kerámiai építőelemek elektromos modellkísérletekkel meghatározott hővezetési tényezője .....	175
<i>Butt, Ju. M.—Timasev, V. V.</i> : Segédanyagok hatása portlandcement- klinkerek alit- és belit-tartalmának kristályosodására .....	179
<i>Valenta, Dušan</i> : 700°-ig használható különleges tűzálló beton .....	184
<i>Csizmeg Lajos</i> : Termelékenység tervezés módszerei a szilikátiparban	187
<i>Glaser Walter</i> : Üveglvasztókemencék hőszigetelése .....	191

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>P. Молдваи—И. Бубик</i> : Получение керамических тел с отрицатель- ным коэффициентом линейного термического расширения .....	165
<i>Г. Кочиш</i> : Влияние ускорителей плавления на энергию активации силикатных стекол .....	167
<i>П. Балнт—Й. Бакос</i> : Коэффициент теплопроводности пустотелых строительных элементов, определенный с помощью электриче- ского опыта на модели .....	175
<i>Ю. М. Бутт—В. В. Тимашев</i> : Влияние добавок на кристаллизацию алита и белита в портландцементном клинкере .....	179
<i>Валента Душан</i> : Специальный бетон с огнеупорностью 700°C .....	184
<i>Л. Чизмег</i> : Методы планирования производительности труда в сили- катной промышленности .....	187
<i>В. Глазер</i> : Теплоизоляция стеклоплавильных печей .....	191

## I N H A L T

<i>Mrs. Moldvai, Ágnes—Bubik, István</i> : The Manufacture of Ceramic Bodies with a Negative Co-efficient of Linear Thermal Expansion	165
<i>Kocsis, Géza</i> : Activation Energy of Silicate Glasses under the Effect of Melting Accelerators .....	167
<i>Bálint, Pál—Bakos, József</i> : Thermal Conductivity of Hollow Building Determined by Electrical Modelling .....	175
<i>Butt, Ju. M.—Timasev, V. V. (Butt, Yu. M.—Timashev, V. V.)</i> : The Role of Additives upon the Crystallization of Alite and Belite in Portland Cement Clinkers .....	179
<i>Valenta Dušan</i> : Spezieller Beton, hitzebeständig bis 700°C .....	184
<i>Csizmeg, Lajos</i> : Methods of Productivity Planning in the Silicate Industries .....	187
<i>Glaser, W.</i> : Insulation of Glassmelting Kilns .....	191

## C O N T E N T S

<i>Frau Moldvai, Ágnes—Bubik, István</i> : Die Herstellung keramischer Körper mit negativen linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten	165
<i>Kocsis, Géza</i> : Die Gestaltung der Aktivierungsenergie von Silikat- gläsern infolge der Einwirkung von schmelzebefördernden Zu- sätzen .....	167
<i>Bálint, Pál—Bakos, József</i> : Die Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit von hohlen Bauelementen vermittelt elektrischer Modellversuche	175
<i>Butt, Ju. M.—Timasev, V. V.</i> : Die Einwirkung von Hilfsstoffen auf die Kristallisierung des Alit- und Belitgehalts von Portlandze- mentklinkern .....	179
<i>Valenta Dušan</i> : Special Refractory Concrete up to 700°C .....	184
<i>Csizmeg, Lajos</i> : Methoden der Produktivitätsplanung in der Silikat- industrie .....	187
<i>Glaser, W.</i> : Wärmeisolierung von Glasschmelzöfen .....	191

# ÉPÍTŐANYAG

18. ÉVFOLYAM 5. SZÁM

## Negatív lineáris hőtágulási együtthatójú kerámiai testek előállítása

MOLDVAI REZSÓNÉ — BUBIK ISTVÁN  
MTA, Műszaki Kémiai Kutató Intézet — Kőbányai Porcelángyár

### 1. Bevezetés

Irodalmi adatok alapján [1] mintegy tíz éve megkezdett kutatómunkánk célja negatív lineáris hőtágulási együtthatóval rendelkező kerámiai testek előállítása volt.

Ismeretes, hogy a  $\text{Li}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ -rendszer kristályos vegyületeinek (spodumen, eukriptit stb.) lineáris hőtágulási együtthatója negatív [2].

1.1 Kutatómunkánk eredményeképpen a hármas rendszer negatív lineáris hőtágulási összetételmezejébe tartozó kerámiai testeket állítottunk elő. E kerámiai anyagok hőtágulási együtthatói összetételük szerint negatív, vagy közel-nulla értékűek. Legnagyobb negatív lineáris hőtágulást a túlnyomóan héta-eukriptit polimorf módosulatot tartalmazó kerámiákon mértünk.

Munkánkat mind elméleti, mind gyakorlati irányban folytattuk. Eredményeinket a szakirodalomban közöltük [3].

1.2 Magyarország ásványi nyersanyag-készletének ismeretében szokatlan gondolatnak lehetne tartani, hogy lítium-tartalmú kerámiai testek előállítását tűztük ki célul. Ti. a lítium-tartalmú nyersanyag csak importból fedezhető.

Kutatómunkánkat mégis indokolja, hogy e kerámiai anyagsalád minden tagjának további különleges termikus tulajdonsága is van. Ti. egészen kiváló ellenállást mutatnak nagyfokú hőmérséklet-ingadozásokkal szemben. Ezek a kerámiai testek  $20^\circ\text{C}$ -tól egészen kiégetési hőmérsékletükig (összetétel szerint  $1100-1360^\circ\text{C}$ -ig) repedés, károsodás nélkül bírják ki ismétlődő hőlökéseket. Izzó állapotban kiemelve a kemencéből, folyóvízben lehűtve, majd nedvesen, azonnal visszahelyezve az égetőtérbe, a kerámiák épek maradnak.

1.3 Az új kerámiai anyag típus egyes tagjait (összetételeit) azonos technológiával állítottuk elő.

A laboratóriumi szintű gyártási eljárást szabadalomban rögzítették [4]. A szabadalmi leírás megadja e különleges kerámiai testek nyersanyagait, ismerteti a gyártástechnológia főbb vonásait és közli néhány összetétel jellemző (hőtechnikai stb.) adatait.

### 2. Félüzemi kísérletek ismertetése

Az MTA Műszaki Kémiai Kutató Intézet mint szabadalomtulajdonos, és az Építésügyi Miniszté-

rium Finomkerámiai Országos Vállalata között létrejött megállapodás nyomán az ÉM Kőbányai Porcelángyár az Intézettel együttműködve végezte el a lítium-alumínium-szilikát kerámiák kísérleti gyártását félüzemi léptékben.

Az együttműködés célja volt az új kerámiai anyagsaládba tartozó egyes összetételek prototípusainak előállítása. A kísérleti gyártás keretében a lítium-alumínium-szilikát kerámiák gyártástechnológiáját két vonatkozásban tovább is fejlesztettük.

2.1 Meg kellett oldani a laboratóriumi szintű előállításához viszonyítva a kerámiák kiégetési hőmérsékletközének bővítését. Ti. korábban a nyersanyag-keverékek kiégetési hőmérséklete és olvadáspontja között csak mintegy  $\pm 5^\circ\text{C}$  különbség volt. Ezt a csekély hőmérsékletközt üzemi körülmények között rendkívül nehéz tartani.

A kiégetési hőintervallum bővítésére kísérleteket végeztünk adalékanyagok alkalmazásával ( $\text{MgO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ). Ezek az adalékok a lítium-alumínium-kerámiák különleges hőtani tulajdonságait nem befolyásolták, de lényeges javulást sem hoztak a felvetett problémában.

Egyszerűbb módszernek bizonyult az előégetés alkalmazása. A nyers keverékek előégetése  $1050-1150^\circ\text{C}$ -on történt, összetételek szerint, átlag 20 perces hőntartással. Frittelés után az anyagokat porcelán golyós malomban 10. 000 Ms finomságúra őröltük, majd 4% nedvességre beállított masszából sajtoltuk a próbatesteket.

Az előégetett nyersanyag-keverékekből készült kerámiák kiégetési hőmérsékletköze a korábbi értéknek mintegy háromszorosára ( $\pm 15^\circ\text{C}$ -ra) bővült. E technológia alkalmazása után a mintadarak már nem deformálódtak égetéskor.

2.2 A készreégetett termékek megmunkálhatóságát is fokozni kívántuk. Ezért foglalkoztunk a minták mechanikai szilárdságának növelésével.

A mechanikai szilárdságot az immár pontosan végrehajtható kiégetés, a közel-tömör kerámiák kihozatala révén fokoztuk. Tehát végeredményben itt is a nyersanyagok előégetése segített az előnyösebb szilárdsági értékek elérésében.

Így az előégetéssel lehetővé vált a kiégetett kerámiai testek alakítása, csiszolása is, bár ez még azóta sem könnyű feladat. A készmegmunkálással

azért kellett foglalkozni, hogy előkészítsük méret-pontos darabok gyártását.

Összegezve, megállapítható, hogy az előégetéssel készült darabok égetése jobban irányítható; a legtöbb mintánál lehetővé vált a készmegmunkálás, főleg a tömörre égő összetételek esetében.

2.3 A félüzemi szintű gyártási kísérletek keretében kb. 15 massaösszetétellel foglalkoztunk; ezekkel mind elvégeztük a nedves- és szárazörlésre, nyersanyag-előégetésre vonatkozó gyártástechnológiai kísérleteket.

A kísérleti gyártás során előállított kerámiai testek anyagtulajdonságainak vizsgálatait is elvégeztük a Kőbányai Porcelángyár, az Intézet és részben a Szilikátipari Központi Kutató Intézet közreműködésével.

Jelenleg leginkább ajánlható prototípusaink a tömörre égő, jól csiszolható, közepesen negatív, vagy közel-nulla lineáris hőtágulási együtthatójú kerámiaiak. Valamennyi minta egyformán kiváló hőfokingadozás-ellenállósággal is rendelkezik.

2.4 A félüzemi kísérletek befejezésével a lítium-alumínium-szilikát kerámiai testek számára, mint új anyagtípus jelzésére, a *lialit* elnevezés elfogadását javasoljuk.

### 3. A lialit-kerámiaiak műszaki adatai

3.1 A lialit-kerámiaiak alkalmazástechnikai célokra való hasznosítása szempontjából legjellemzőbb tulajdonságok: a nulla vagy negatív lineáris hőtágulási együttható és a hőmérséklet-változással szemben tanúsított igen nagy ellenállóképesség.

3.2 A lialit-kerámiaiak egyes összetételeinél nem érhető el a tömörre égetés. Tapasztalatunk szerint e tulajdonság több mintánál a tetemes negatív lineáris hőtágulási együtthatót jelzi.

Pl. az egyes kiegészített keverékek látszólagos porozitása összetételenként igen különböző lehet.

3.3 A lialit-kerámiaiak nyers-alakítását a hirtáradástechnikai kerámiaipar gyakorlata szerint, sajtolási művelettel kifogástalanul lehetett elvégezni. Öntéssel történő nyers-formálási kísérletek is eredményesek voltak. Az iparágban szokásos készáru-megmunkálást, az esztergálást egyes mintáknál el lehetett végezni, más összetételeknél (ti. a porózus masszánál) ez nem sikerült.

A mechanikai szilárdságot a hajlítószilárdság mérésével vizsgáltuk.

3.4 Végül tájékoztatásul néhány műszaki adatot közlünk a lialit-kerámiaiak köréből. Megjegyezzük, hogy amelyik paraméternél intervallum-értékeket közlünk, azok egy masszasorozatra vonatkoznak.

Alkálioxid-tartalom	.....	(Li <sub>2</sub> O) 6,7—10,2 % között,
Nyerssajtóási nyomás	....	200 kg/cm <sup>2</sup> ,
Kiegészítési hőmérséklet kb. átl.		1300°C,
Látszólagos porozitás, %	... max.	30% — min. 2%,
Hőmérséklet-változással szembeni ellenállóképesség 20°C-tól a kiegészítési hőmérsékletig	.....	(kb. 1300°C-ig),
Hajlítószilárdság	.....	max. 600 kg/cm <sup>2</sup> , (min. 50 kg/cm <sup>2</sup> ).

Lineáris hőtágulási együtthatók:

0—400° között	.....	0,10 · 10 <sup>-6</sup> —3,3 · 10 <sup>-6</sup> -ig,
0—900° között	.....	0,64 · 10 <sup>-6</sup> —5,6 · 10 <sup>-6</sup> -ig.

Elektromos tulajdonságok (tájékoztató jelleggel)

dielektromos állandó 25°C-nál: 5,3—6,6,

dielektromos veszteségtényező

20°C-on, 1 MHz-nél ..... 300—750 · 10<sup>-4</sup>

A lialit-kerámiaiak gyártástechnológiájának kidolgozása félüzemi léptékben a vázolt keretben megtörtént.

A jelenleg rendelkezésre álló választékot a hazai és külföldi felhasználókkal ismertetve, az igénybejelentések szerint készül fel az ipar az új anyagtípus, a lialit-kerámiaiak gyártására.

Ezúton mondunk köszönetet az ÉM Finomkerámiai Országos Vállalat és a Kőbányai Porcelángyár vezetőségeinek, hogy a félüzemi szintű munka elvégzését lehetővé tették; Pintér Pálné Nagy Katalinnak és Molnár Józsefnének, akik a kutatómunkában segítségünkre voltak.

### IRODALOM

- [1] R. Roy—D. M. Roy—E. F. Osborn: J. Amer. Ceram. Soc. 33, 152—159. (1950)  
R. Roy—E. F. Osborn: J. Amer. Chem. Soc. 71, 2086—2095 (1949)  
E. Smoke: J. Amer. Ceram. Soc. 34, 87—90 (1951)
- [2] Moldvai Rné: Vip. Egy. Közl. 1, 167—168. (1957)
- [3] Moldvai Rné: Építőanyag, 9, (2), 41—49. (1957)  
Moldvai Rné: M. Kém. Folyóirat, 63, (10) 275—285 (1957)
- [4] Moldvai Rné: „Nagy hőmérsékletingadozást kiálló, zérus, vagy negatív hőtágulási együtthatójú kerámiaiak tost és eljárás annak előállítására; Magyar Szabadalom, 151.050. lajstromszám, (1963)

Moldvai Rezsőné — Bubik István: Negatív lineáris hőtágulási együtthatójú kerámiaiak előállítása.

A Li<sub>2</sub>O—Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>—SiO<sub>2</sub> hármas rendszer egyes kristályos vegyületei negatív lineáris hőtágulási együtthatójúak.

A hármas rendszerbe tartozó, laboratóriumi szinten kidolgozott különböző kerámiai testek előállítását félüzemi léptékben továbbfejlesztették.

A félüzemi kísérletek eredményeképpen sikerült elérni az üzemi gyártáshoz szükséges kiegészítési viszonyok tisztázását és a mechanikai szilárdság fokozását.

A jelenlegi technológia szerint több, más és más összetételű kerámiaiak test gyártása elő van készítve. Ezeknek műszaki paramétereit a felhasználók igényeit kielégíthetik.

Az új anyagtípusnak, minden egyes lialit-kerámia-nak jellegzetes tulajdonságai: a negatív vagy nulla hőtágulási együttható, valamint az igen nagy hőmérséklet-ingadozással szemben mutatott ellenállóképesség.

P. Молдоваи—И. Бубик: Получение керамических тел с отрицательным коэффициентом линейного термического расширения.

Некоторые кристаллические соединения тройной системы Li<sub>2</sub>O—Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>—SiO<sub>2</sub> имеют отрицательный коэффициент линейного термического расширения.

Получение различных керамических тел этой тройной системы, разработанное для лабораторных условий, было осуществлено в полужаводском масштабе. В результате полужаводских экспериментов удалось, наряду с увеличением механической прочности продуктов, выяснить необходимые для заводского производства, условия обжига.

Согласно разработанной технологии можно осуществить заводское производство керамических тел различного состава, технические параметры которых будут соответствовать требованиям потребления.

Новые типы материалов обладают всеми свойствами, характерными для отдельных млиалитовых керамики: отрицательным или нулевым коэффициентом термического расширения и повышенной термостойкостью.

(Folytatás a 174. oldalon)

# Szilikátüvegek aktiválási energiájának alakulása olvasztásgyorsító adalékok hatására

K O C S I S G É Z A

Veszprémi Vegyipari Egyetem Szilikátkémiai Tanszék

## Bevezető

Az üvegyiparban ma igen aktuális kérdés, hogy korszerű technológiai eljárások bevezetésével a szilikátüvegek képződési sebességét meggyorsítsuk. Hazai viszonylatban e probléma megoldásához a kísérleti munkák három irányban folynak:

egyrészt vizsgálat tárgyává teszik új szerkezetű és hatékonyabb üvegolvasztó kemence konstrukció kialakítását,

másrészt vizsgálják fizikai-mechanikai úton (pl. a kádkemencében történő levegőbefúvatus segítségével) az üveg tisztulásának gyorsulását,

harmadrészt vizsgálat tárgyává teszik az olvasztást gyorsító kémiai anyagok keverékbe való beadagolásának hatását az üvegeképződés és tisztulás gyorsítására.

Az üvegolvasztás kémiai gyorsításának metodikájával, különösen a gyorsítás lefolyásának mennyiségi paraméterek alapján történő követésével eddig kevesen foglalkoztak. Ennek elsősorban oka, hogy gyors, magas hőmérsékleten történő folyamatok vizsgálata számos nehézséggel jár, így nem teljesebbek, tehát pontatlan felvilágosítást adtak az üvegolvasztási folyamat gyorsításáról. Vizsgálatainkban az eddigi eredmények és módszerek ismeretében azt a célt tűztük ki, hogy az üvegeképződés sebességére jellemző állapot számszerű rögzítésére alkalmas vizsgálati és számítási módszert alakítsunk ki. Megbízható módszernek találtuk a viszkozitás és hőmérséklet összefüggésének felvételét. Alapüveg és 35 minőségben és mennyiségben változó akceleratorot tartalmazó üvegek esetében vizsgáltuk  $\log \eta - \frac{1}{T}$  összefüggését *Vant' Hoff* és *Arrhenius* tapasztalatai alapján, *Frenkel* és *Andrade* egyenlete szerint az üvegeképződés gyorsítására következtettünk,  $10^2 - 10^5$  CGS egységű viszkozitási intervallumban. Kémiai adalékanyagként 0,25% — 1,50% mennyiségben nátriumkloridot, folypátot, fluorapatitot, bórtioxidot, „fluoxol”-t ( $B_2O_3 + CaF_2$  keverék), alumíniumfluoridot és ammóniumkriolítot használtunk.

## Az üvegolvasztás gyorsítása és a viszkozitás közötti összefüggés

A gyorsított üvegolvasztás kérdése legszorosabban összefügg az üveg kémiai összetételével. Gyorsítóanyagként az alapüveg összetételében bizonyos kationokat ( $B^{3+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $NH_4^+$  stb.), vagy anionokat ( $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ ,  $F^-$  stb.), 0,25% — 1,50% mennyiségben alkalmaznak. Ezek az anyagok az olvasztás folyamán pozitív szerepet töltenek be. Az alapüveg jellegét nem változtatják meg, de az olvasztási teljesítményt növelik.

*Joffe* közlései szerint üvegkeverékek esetében vízgőz jelenléte sietteti a  $Na_2CO_3$  és az  $SiO_2$  reakcióját, amely különösen 560—760°C-on jelentkezik.

Hazánkban az üvegolvasztás kémiai gyorsításának problémájával *Löcsei* foglalkozott. Az alkálszulfátos üvegolvasztás technológia kidolgozásánál eredményeket ért el azzal, hogy a  $Na_2O$  tartalmat nátriumszilikát alakjában adagolta az üveg alapanyagába és így módon az üvegeképződés sebességét fokozta.

*Bodger* és *Farber* az üvegkeverék különböző előkészítési módjában keresték a gyors olvasztás kérdésének megoldását, de a keverék brikettirozásán kívül különösebb eredményt nem tudtak felmutatni.

*Potts* kísérletei arra irányultak, hogy megállapítsa különféle adalékanyagok hatását az üvegolvasztás folyamataira. Az általa használt alapüveg összetétele  $SiO_2 + R_2O_3$  74%,  $CaO + MgO$  12%,  $Na_2O$  14%.

Ezen alapüveghez horaxot, báriumoxidot, ammóniumszulfátot, salétromot, folypátot és konyhasót adagolt külön-külön. A vizsgálat hibája az volt, hogy nem kvantitatív meghatározást, hanem csak vizuális összehasonlítást végeztek, és nem volt tökéletes a reprodukálhatóság.

*Dietzel* vizsgálatai szerint mangánoxid, folypát és bizonyos kloridok, nint olvasztást gyorsító anyagok célszerűen alkalmazhatók, miáltal 0,5—1,0%  $Na_2O$ -t lehet helyettesíteni.

Az olvasztás gyorsításánál kis mennyiségben alkalmazott kémiai anyagok valószínűleg katalizátorként működnek. Itt meg kell jegyezni, ha katalizátorok klasszikus — *Berzelius*-ig visszamenő, de főként *Oswald* által hangsúlyozott — definíciója szerint ezeknek a reakció lezajlása után változatlanul újra fellelhetőnek kell lenniük. Az üvegolvasztás esetében is ismert sok folyamat, ahol valamilyen anyag hatásához képest elenyésző mennyisége nagy változást idéz elő valamilyen reakciósebességben, azonban maga is elfogy. Szokás ilyenkor is katalizátorról beszélni, de a klasszikus definíciót szemelött tartva, helyesebb az ilyen anyagokat akceleratoroknak nevezni.

*W. Taylor* és *Cho. Yuan Potts*-hoz hasonlóan szintén sorozatkísérleteket végeztek e katalizátorok, illetve akceleratorok felderítésére. E sorozatba felvették az alkáli karbonátokat, kloridokat, foszfátokat, wolframátokat, és molibdátokat. Kiderült, hogy a molibdátok, wolframátok és foszfátok katalitikus hatásai azok alkália tartalmára vezethetők vissza. A  $P_2O_5$ , a  $TiO_2$  és C az üvegeképződést késlelteti.

A gyorsított üvegolvasztás elméleti magyarázatát *Kitajgorodszkij* abban keresi, hogy a fluoridok alacsonyabb hőmérsékleten idézik elő a folyékony fázis megjelenését, vagyis az eutektikus hő-

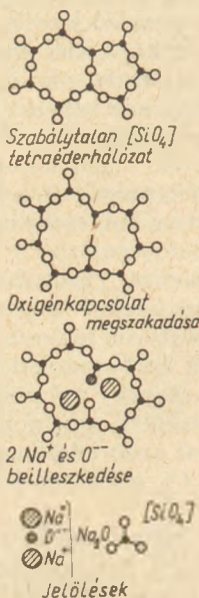
mérsékletet csökkentik. Ezáltal a szilikátképződés sebessége növekszik.

*Bunejeva, Poljak és Tikacsinszkij* szovjet kutatók az olvasztási idő mérésén kívül meghatározták a tisztulás mértékét is, az üvegmintákban maradt gázbuborékok átmérőjének lemérésével és az 1 cm<sup>3</sup> üvegben maradt gáz mennyiségének kiszámításával. E kísérletekből és számításokból kiderült, hogy az akcelerátorok magas hőmérsékleten is megtartják hatásukat, adagolásuk csökkenti az üvegben megmaradó gázmennyiséget.

*Steger* az üvegolvasztást gyorsító folyamatok mechanizmusának vizsgálatánál arra az eredményre jutott, hogy bizonyos anionok, mint pl.: a fluorid, klorid, szulfid a szilikátolvadékok viszkozitását csökkentik, mely a tisztulás javára szolgál, és az olvasztást meggyorsítják. Munkája alapján következőképpen magyarázhatjuk az üveg belső felépítése és a hőmérséklet függvényében beálló viszkozitás összefüggését. Induljunk ki *Zachariasen* és *Warren* elméletéből, hogy tiszta SiO<sub>2</sub> üveg szerkezetileg (SiO<sub>4</sub>) tetraéderekből felépült asszimétrikus, háromdimenziós hálózat, amelyben minden O<sup>2-</sup>-ion két (SiO<sub>4</sub>) tetraéderhez tartozik. Az O<sup>2-</sup>-ionok hidakat képeznek (Si-O-Si kötő nemállan-ög szesi dők) a két tetraéder között. A Na—Ca-szilikát-üvegeknek is szabálytalan, poliéder szerkezetük van, azzal a különbséggel, hogy az Si<sup>4+</sup> rácsképző ionok mellett a hálózati nyílások egy részében módosító ionok (Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> stb.) helyezkednek el.

A beilleszkedés egyik módja az, hogy a tetraéderhálózat valamelyik oxigén kapcsolata megszakad, a keletkező hiányos tetraédert a módosító oxid O<sup>2-</sup>-ionja egészíti ki, a módosító ion pedig a két végállású, tehát szabad vegyértékű oxigén közelében a hálózat nyílásaiban helyezkedik el.

Az 1. ábra mindhárom részén az (SiO<sub>4</sub>) tetraéderek 3 oxigénjét egy síkban ábrázoltuk, a negyedik O<sup>2-</sup>-iont az ábra síkjából kiemelkedve képzelhetjük el.

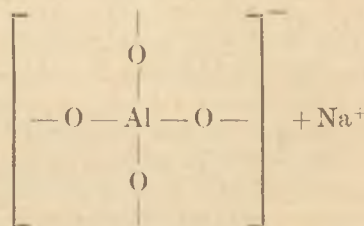


1. ábra

Minél több a módosító ionok mennyisége, annál inkább fellazított az (SiO<sub>4</sub>) szerkezet, ami által azonos hőmérsékleten az olvadék folyékonyabbá válik, tehát viszkozitása csökkent. A tiszta SiO<sub>2</sub> üvegnél legnagyobb a belső összetartó erő, ha ehhez rácsmódosító oxidokat adunk, akkor ennek O<sup>2-</sup>-ionjai a tetraéder szerkezetbe beilleszkednek, módosítják a hálózatot és az elektronegativitás értelmében nem hidállású oxigének is keletkeznek. Kis hálózattörédekek létesülnek. Minél számosabban vannak e törédekek, annál hígfolyósabb az üvegünk. A törédekek részecskéi között a hőmozgás következtében az egyes kötések időnként felszakadnak, de ugyanakkor újak is keletkeznek.

A beilleszkedés másik módja, a hálózati felbontás nélküli beépülés, erre példa az Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> beilleszkedése (SiO<sub>4</sub>) tetraédes hálózat szerkezetébe. Az Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kristályrácsának oxigén-poliéderei nem elégítik ki a *Zachariasen*-feltételeket és az Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nem is ismeretes üveges állapotban.

Az Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (AlO<sub>4</sub>)<sup>-</sup> tetraédereket önmagában már csak sztöchiometriai okokból sem alkothat, hiszen egy (SiO<sub>4</sub>) tetraéder hálózatban minden Si<sup>4+</sup> négy féloxigént tart kötvé, azaz egy ilyen hálózat éppen SiO<sub>2</sub> összetételt képvisel, és ugyanígy az (AlO<sub>4</sub>)<sup>-</sup> tetraéderek AlO<sub>2</sub> összetételt kívánnának meg az Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-tól, holott annak összetétele AlO<sub>1,5</sub>. Ezért az Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> csak az esetben válhat egy SiO<sub>4</sub> tetraéder hálózat tagjává, ha abba alkáloxidokkal együtt illeszkedhetik bele. Ekkor ugyanis az

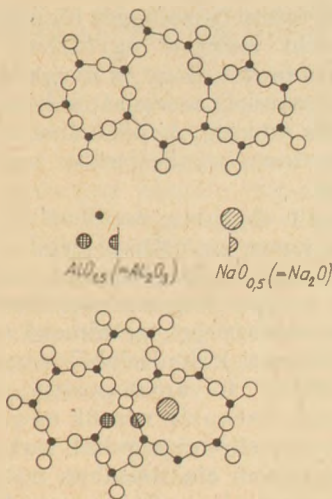


lépés szerint mód nyílik olyan tetraéderek kialakulására, amelyekben egy Al<sup>3+</sup>-ion négy O<sup>2-</sup>-ionhoz csatlakozik. Az így keletkező (AlO<sub>4</sub>)<sup>-</sup> tetraédereknek, a (SiO<sub>4</sub>)-tól eltérően, egy negatív töltésük van, amit egy alkáli ion kompenzál. Ezt szemlélteti a 2. ábra, 1/2 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + 1/2 Na<sub>2</sub>O beépülése esetére. Másik beépülési lehetőség az AlPO<sub>4</sub> vagy AlVO<sub>4</sub> van.

Látható, hogy a beépülés megtörténhet anélkül, hogy a tetraéder hálózat veszítene összefüggéséből. Az összes SiO<sub>4</sub><sup>-</sup>-ionok megtartják (az ábra síkjára merőleges) negyedik kapcsolatukat és beépülés után is zárt hálózsemekeket alkotnak.

A megolvadt üvegekben a részecskék kapcsolata másképpen kifejezve az oxigén-ion ugrásainak sebessége — pontról pontra és időről időre változik, de egészen sohasem hiányzik.

Az akcelerátoroknak a viszkozitás mechanizmusára való hatását ilyen módon elméletileg is magyarázhatjuk. Az akcelerátorok feloldódnak, azaz beépülnek a szilikátüvegek rácszatába, az oxigénhid felszakítást, az oxigén-ion ugrásainak sebességét elősegítheti. A részecskék mozgásához szükséges energiamennyiség más lesz, a kötési szögek értékeit megváltoztatják, amely a viszkozitás mechanizmusában számszerűen is érzékelhető.



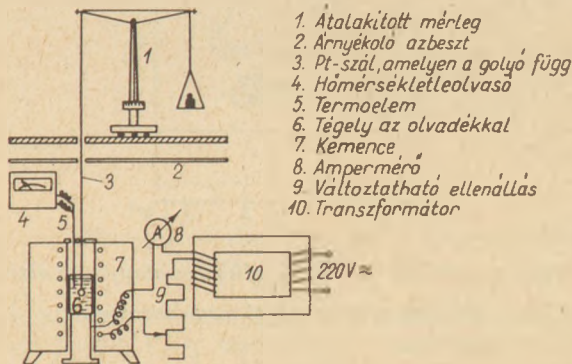
2. ábra

A gyorsító hatás és az üveg belső szerkezete közötti összefüggés ma még korántsem teljesen ismert, azonban kétségtelen, hogy ennek egyes részletkérdéseivel való foglalkozás indokolt. Ebben a problémakörben az eddig elért eredmények ismeretében vizsgáljuk az akceleratoroknak hatását a szilikátüvegek viszkozitás és hőmérséklet közötti összefüggésére. Az akceleratoroknak a viszkozitás és hőmérséklet összefüggésére gyakorolt hatása mind elméleti, mind gyakorlati szempontból fontos. Elméleti szempontból a viszkozitás és hőmérséklet összefüggés-ismerete felvilágosítást ad az elemi részecskék, az ionok mozgása és a viszkozus folyás aktiválási energiájának mértékéről. Gyakorlati szempontból az akceleratoroknak hatására a megváltozó viszkozitási értékek ismerete szükséges az üveg technológiai folyamatainak helyes vezetése, illetve ellenőrzése céljából.

**Kísérleti munka**

Kutatásunk során tanulmányoztuk a hazai síküveg viszkozitásának hőmérséklettől való függését. A 71,00% SiO<sub>2</sub>, 1,50% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0,20% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 7,70% CaO, 3,70% MgO és 15,90% Na<sub>2</sub>O üveg összetételébe 0,25 — 1,50%-os mennyiségben adalékanyagokat, nátriumkloridot, folypátot, fluorapatitot, bórttrioxidot, „fluoxol” (B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + CaF<sub>2</sub> keverék)-t, alumíniumfluoridot és ammóniumkriolitot vittünk be. Arra törekedtünk, hogy a vizsgált alapüveg jellege ne változzon meg, ezért a bevitt akceleratoroknak megfelelő százalékos mennyiséget jellegük szerint levontuk az üveget alkotó oxidokból, a rácsképző akceleratorok mennyiségét az SiO<sub>2</sub>-ből, a módosítóét pedig a hasonló jellegű módosító oxidból. Az alapüveget és a kémiai akceleratorokat tartalmazó üvegeket azonos körülmények között (olvasztási idő és hőmérséklet) állítottuk elő. A viszkozitás méréseket a Veszprémi Vegyipari Egyetem Szilikátkémiai Tanszékén kidolgozott módosított Endell-féle golyóhúzásos módszerrel végeztük. A módszer azon alapszik, hogy az olvadékba platina golyó merül, mely precíziós mérleg egyik karján függ. A másik karon alkalmazott terheléssel a mérleget egyensúlyi helyzetből kimoz-

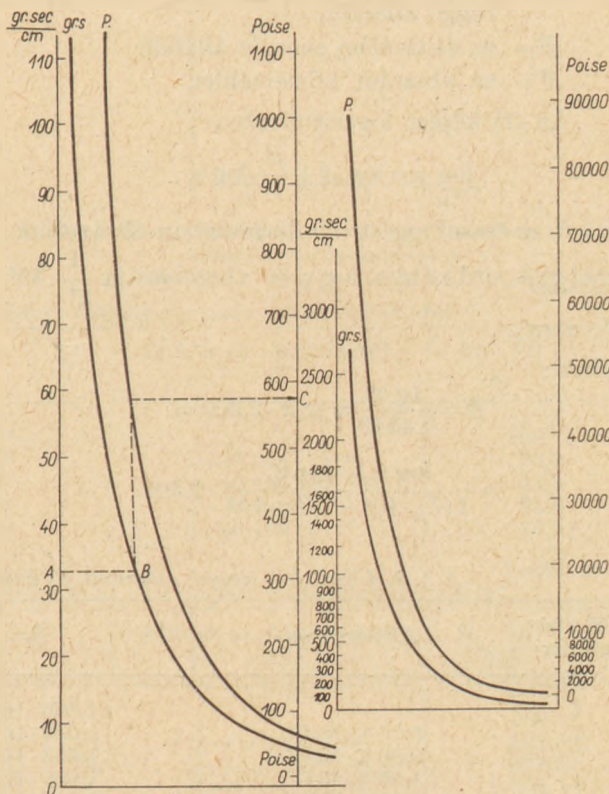
dítjuk és a golyót meghatározott távolságon felhúzzuk. A felhúzáshoz szükséges idő és túlsúly szorzatának és a húzási magasságnak viszonya arányos a viszkozitással. Megfontolások alapján a túlsúlyt úgy célszerű megválasztani, hogy az adott út megtételéhez szükséges idő lehetőleg konstans legyen. A mérőkészüléket a 3. ábra mutatja be.



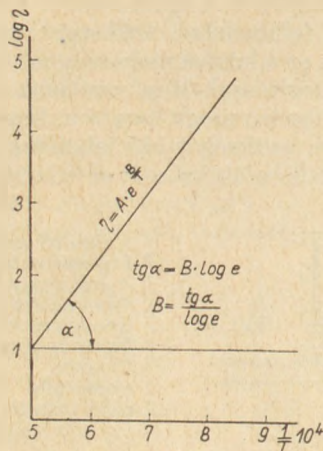
3. ábra

A készüléket, illetve a golyót ismert viszkozitású üveggel kalibráltuk. A kalibráció során a konstans hőmérséklethez tartozó gr. sec/cm és poise értékeket feldolgoztuk nomogrammá. (4. ábra). A nomogram gr.sec/cm görbéi, a mért tényező (túlsúly és idő szorzata, osztva a húzómagassággal) értékeinek függése a hőmérséklettől. A P görbéi pedig a kalibráció során felvett üveg ismert viszkozitás-értékeinek függése a hőmérséklettől.

Az akceleratorok hatására bekövetkezett változás mértékét az egyes üvegeknél az aktiválási együttható számszerű meghatározása alapján kö-



4. ábra



5. ábra. A mért  $\log \eta$  és  $\frac{1}{T}$  összefüggése alapján  $B$  aktiválási együttható elméleti meghatározása

vetjük. A kapott értékeket  $\log \eta = \frac{1}{T}$  diagramban ábrázoltuk. Ily módon a viszkozitás és a reciprokn abszolút hőmérséklet között  $-10^2 - 10^5$  CGS egységnyi viszkozitási tartományban lineáris összefüggés van.

Van t'Hoff és Arrhenius tapasztalati összefüggés alapján Frenkel és Andrade szerinti kifejezéssel kiszámítottuk az aktiválási energiával arányos együttható értékét.

$$\eta = A \cdot \exp\left(\frac{B}{T}\right) \quad (1)$$

ahol  $\eta$  = a dinamikus viszkozitás,

$A$  = az üveg összetételétől és szerkezetétől függő állandó,

$B$  = az aktiválási energia állandó,

$T$  = az abszolút hőmérséklet.

Az (1) képlet logaritmizálva :

$$\log \eta = \log A + \frac{B}{T} \cdot \log e,$$

ha ezt az összefüggést oly diagramban ábrázoljuk, amelynek ordinátája  $\log \eta$  és abszcisszája  $\frac{1}{T} \cdot 10^4$

(5. ábra).

akkor :

$$B = \frac{\log \eta_2 - \log \eta_1}{\frac{1}{T_2} \cdot 10^4 - \frac{1}{T_1} \cdot 10^4} \cdot 2,303 =$$

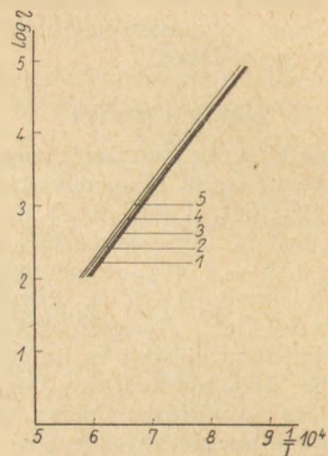
Az ismertetett összefüggés alapján az aktiválási energiával arányos együttható számszerű adata ( $B$ ) arra mutat, hogy az üvegek képződés folyamatában a részecskék mozgásánál határozott energiaértékre van szükség. Az aktiválási energia nagysága természetesen az akcelerator anyagi minőségétől is függ.

A vizsgált alapüveg esetében ( $B$ ) aktiválási energiával arányos együttható értéke  $1,066 \cdot 10^{-4}$ , ebben az esetben az üveg mozgási szintet 100%-nak vettük. Az alapüveg energiaszint és a különböző kémiai akceleratorot tartalmazó üvegek energiaszintjei közötti különbségből következtettünk az üvegek képződési folyamat pozitív, illetve negatív változására. Ezek után nézzük meg, hogy 1. jelű alapüveg és gyorsító anyagokat tartalmazó üvegek viszkozitásának alakulásában milyen változások vannak, és összehasonlító energetikai szempontok alapján milyen különbségeket találunk, s ezekből milyen következtetéseket tudunk levonni.

a) *Konyhasó (NaCl) hatása az üveg viszkozitásának a hőmérséklettel való változására.*

Az alapüveg és 0,25, 0,50, 1,00 és 1,50% NaCl-ot tartalmazó üvegek viszkozitás és hőmérséklet közötti összefüggést a 6. ábra mutatja be.

A számértékben kifejezett kismértékű változások — az irodalmi adatokkal szemben — azt bizonyítják, hogy az adott összetételű üvegben 0,25 — 1,50%  $\text{Na}_2\text{O}$  kicserélése NaCl-al csekély változást okoz az alapüveg viszkozitásában és annak hőmérséklettel való változásában is. A csekély mértékű változás eredményeképpen nem tekintjük a 0,25 — 1,50%-ban alkalmazott NaCl-ot üvegolvasztást gyorsítónak.



6. ábra. NaCl akcelerator hatása az üveg viszkozitásának mechanizmusára

1. táblázat

A 2, 3, 4 és 5 jelű üvegek számított  $B_i$  értékei és az alapüveghez viszonyított  $\Delta B$  értékek

Minta száma	Akcelerator	$B_i$	Eltérés az alapüvegtől, $\Delta B$	$\frac{B_i + \Delta B}{B_i} \cdot 100\%$
1.	—	$1,066 \cdot 10^{-4}$	—	100,0
2.	0,25 % NaCl	$1,059 \cdot 10^{-4}$	$(-)\,0,007 \cdot 10^{-4}$	99,4
3.	0,50 % NaCl	$1,053 \cdot 10^{-4}$	$(-)\,0,013 \cdot 10^{-4}$	98,8
4.	1,00 % NaCl	$1,046 \cdot 10^{-4}$	$(-)\,0,020 \cdot 10^{-4}$	98,2
5.	1,50 % NaCl	$1,045 \cdot 10^{-4}$	$(-)\,0,021 \cdot 10^{-4}$	98,1

b) *Folypát (CaF<sub>2</sub>) hatása az üveg viszkozitásának a hőmérséklettel való változására.*

Az alapüveg és 0,25, 0,50, 1,00 és 1,50% CaF<sub>2</sub> akcelerátort tartalmazó üvegek viszkozitás és hőmérséklet közötti összefüggése a 7. ábrán látható.

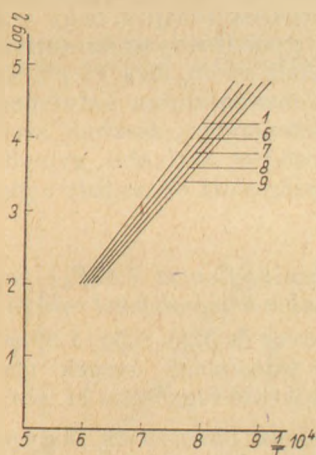
A 6., 7., 8. és 9. jelű üvegek viszkozitásának vizsgálata során már jelentős változást tapasztaltunk 10<sup>2</sup> — 10<sup>5</sup> CGS egységnyi viszkozitástartományban. A folypáttartalmú üveg *B* értéke az alapüvegéhez viszonyítva csökken, és így az üvegképződés sebességének növekednie kell.

Az aktiválási energia együttható értéke a CaF<sub>2</sub> mennyiség növekedtével fokozatosan 4,1, 6,1, 7,5, ill. 11,8%-kal csökken.

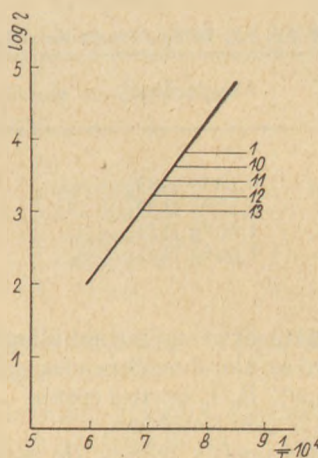
c) *Fluor-apatit (Ca<sub>5</sub>F(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>) hatása az üveg viszkozitásának hőmérséklettel való függésére.*

Az alapüveg és 0,25 — 1,50% fluor-apatit akcelerátort tartalmazó üvegek viszkozitása közötti összefüggést a 8. ábra mutatja be.

A vizsgálati eredmények azt mutatják, ha az 1. jelű alapüveg összetételében a CaO kicserélése fluor-apatittal történik, az alapüveg viszkozitásának energiaszintje kissé emelkedik. Következtetésünk, hogy 900 — 1400°C-os hőmérsékleti tartományban, a fluorapatit nem nevezhető kémiai ak-



7. ábra. Folypát akcelerátor hatása az üveg viszkozitásának mechanizmusára

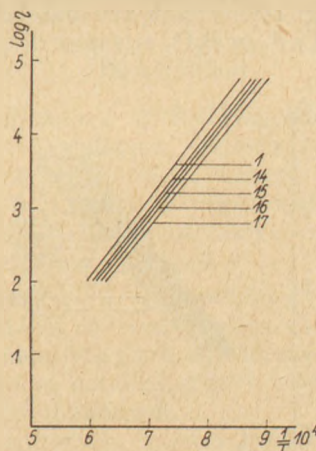


8. ábra. Fluor-apatit akcelerátor hatása az üveg viszkozitásának mechanizmusára

celerátornak. Valószínűleg ezen negatív hatást a fluor-apatit P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tartalmára vezethetjük vissza.

d) *Bortrioxid (B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) hatása az üveg viszkozitásának hőmérséklet-függésére.*

Az alapüveg és 0,25, 0,50, 1,00 és 1,50% B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> akcelerátort tartalmazó üvegek viszkozitásának mérési eredményeit a hőmérséklet függvényében a 9. ábra és a 4. táblázat tünteti fel.



9. ábra. Bortrioxid akcelerátor hatása az üveg viszkozitásának mechanizmusára

2. táblázat

A 6, 7, 8 és 9 jelű üvegek számított *B<sub>i</sub>* értékei és alapüveghez viszonyított  $\Delta B$  értékek

Minta száma	Akcelerátor	<i>B<sub>i</sub></i>	Eltérés az alapüvegtől, $\Delta B$	$\frac{B_i + \Delta B}{B_i} \cdot 100\%$
1.	—	1,066 · 10 <sup>-4</sup>	—	100
6.	0,25% CaF <sub>2</sub>	1,022 · 10 <sup>-4</sup>	(-)0,044 · 10 <sup>-4</sup>	95,9
7.	0,50% CaF <sub>2</sub>	1,001 · 10 <sup>-4</sup>	(-)0,065 · 10 <sup>-4</sup>	93,9
8.	1,00% CaF <sub>2</sub>	0,986 · 10 <sup>-4</sup>	(-)0,080 · 10 <sup>-4</sup>	92,5
9.	1,50% CaF <sub>2</sub>	0,940 · 10 <sup>-4</sup>	(-)0,126 · 10 <sup>-4</sup>	88,2

3. táblázat

A 10, 11, 12 és 13 jelű üvegek számított *B<sub>i</sub>* értékei és az alapüveghez viszonyított  $\Delta B$  értékek

Minta száma	Akcelerátor	<i>B<sub>i</sub></i>	Eltérés az alapüvegtől, $\Delta B$	$\frac{B_i + \Delta B}{B_i} \cdot 100\%$
1.	—	1,066 · 10 <sup>-4</sup>	—	100
10.	0,25 F. = —apatit	1,082 · 10 <sup>-4</sup>	(+)0,016 · 10 <sup>-4</sup>	101,5
11.	0,50 F. = —apatit	1,099 · 10 <sup>-4</sup>	(+)0,033 · 10 <sup>-4</sup>	103,0
12.	1,00 F. = —apatit	1,100 · 10 <sup>-4</sup>	(+)0,034 · 10 <sup>-4</sup>	103,1
13.	1,50 F. = —apatit	1,106 · 10 <sup>-4</sup>	(+)0,040 · 10 <sup>-4</sup>	103,6

4. táblázat

A 14, 15, 16 és 17 jelű üvegek számított  $B_i$  értékei és az alapüveghez viszonyított  $\Delta B$  értékek

Minta száma	Akcelerátor	$B_i$	Eltérés az alapüvegtől, $\Delta B$	$\frac{B_i + \Delta B}{B_i} \cdot 100\%$
1.	—	$1,066 \cdot 10^{-4}$	—	100
14.	0,25% $B_2O_3$	$1,026 \cdot 10^{-4}$	$(-), 0,040 \cdot 10^{-4}$	96,3
15.	0,50% $B_2O_3$	$1,022 \cdot 10^{-4}$	$(-), 0,044 \cdot 10^{-4}$	95,9
16.	1,00% $B_2O_3$	$1,026 \cdot 10^{-4}$	$(-), 0,040 \cdot 10^{-4}$	96,3
17.	1,50% $B_2O_3$	$1,016 \cdot 10^{-4}$	$(-), 0,050 \cdot 10^{-4}$	95,4

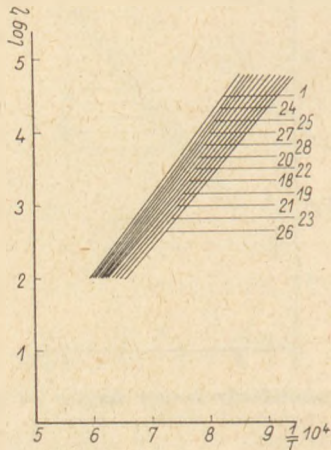
A  $B_2O_3$  hatását vizsgálva azt állapították meg, hogy  $B$  értéke az alapüvegéhez viszonyítva —0,25, 0,50, 1,0 és 1,5%  $B_2O_3$  bevitel esetén — rendre 3,7, 4,1, 3,7 ill. 4,6%-kal csökken.

A változás pozitív jellegű, de ezeken a változáson belül — ellenőrzésképpen ismételt olvasztás és viszkozimetralás mellett — a  $B_2O_3$  koncentráció növelése folyamán nem nagy különbségek adódtak.

A 14., 15., 16. és 17. jelű akcelerátort tartalmazó üvegek  $B$  értékeinek változása nem egyirányú, csökken, emelkedik, majd újból csökken. Ezen változásokból arra következtetünk, hogy a  $B_2O_3$  0,25 — 1,50% mennyiségben alkalmazva, az üvegeképződést meggyőzően nem segíti elő.

e) „Fluox” típusú gyorsító hatása az üveg viszkozitásának hőmérséklet-függésére

Az eddigi kísérleteink azt igazolják, hogy külön-külön a  $CaF_2$  és  $B_2O_3$  anyagok optimális meny-



10. ábra. „Fluox” típusú akcelerátorok hatása az üveg viszkozitásának mechanizmusára

nységben alkalmazva nagyobb, illetve kisebb mértékben pozitív hatást gyakorolnak az üvegeképződési folyamatra. A továbbiakban nézzük meg, hogy két alkotós  $CaF_2$  és  $B_2O_3$  alapú akcelerátor hogyan hat a viszkozitás hőmérséklettel való alakulására. A kombinált folyópát és bórtrioxid tartalmú akcelerátort „Fluoxnak” nevezzük.

A vizsgált üvegek viszkozitásának hőmérséklet-függését a 10. ábra tünteti fel.

A két alkotós „Fluox” típusú kémiai akcelerátorok az alapüveg viszkozitását csökkentik. Az üvegeképződést pozitívan elősegítik, mert az aktiválási energiát az alapüvegéhez viszonyítva kisebb — nagyobb mértékben csökkentik. Értékelve a változó  $B_2O_3\%$  +  $CaF_2\%$  összetételű akcelerátorok hatását, és összehasonlítva az 1. jelű alapüveg adataival, akkor megállapíthatjuk, hogy a 21. jelű üvegben használt gyorsítóanyag az aktiválási energiát az alapüvegéhez viszonyítva 15,1%-kal csökkenti. Alacsonyabb energiaszinten indul meg az üvegeképződés, többletenergiára teszünk szert, amely az alapüveg-képződést aktiválni, gyorsítani képes és így az időegység alatt olvasztott üvegmennyiséget is fokozza.

f) Alumíniumfluorid ( $AlF_3$ ) hatása az üveg viszkozitásának a hőmérséklettel való változására

Az alapüveg és 0,25, 0,50, 1,00 és 1,50%  $AlF_3$  akcelerátort tartalmazó üvegek viszkozitásának hőmérséklettől való függését a 11. ábra mutatja be.

Méréseink azt bizonyítják, hogy 0,25 — 1,50%  $Al_2O_3$  kicserélése  $AlF_3$ -dal, a koncentráció növelésével arányosan csökkenti az alapüveg viszkozitását. A 30, 31 és 32. jelű üvegekben az aktiválási energiaegyüttható az alapüvegéhez viszonyítva csökken, rendre : 2,1, 3,7, és 7,1%-kal.

5. táblázat

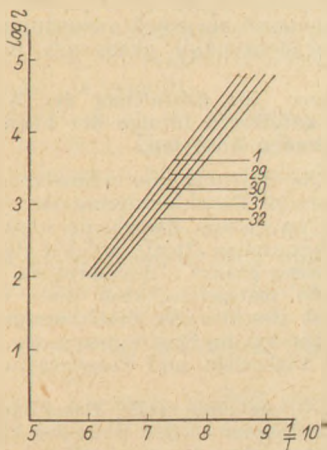
A 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 és 28 jelű „Fluox” típusú akcelerátort tartalmazó üvegek számított  $B_i$  értékei és az alapüveghez viszonyított  $\Delta B$  értékek

Minta száma	Akcelerátor $B_2O_3 + CaF_2$	$B_i$	Eltérés az alapüvegtől, $\Delta B$	$\frac{B_i + \Delta B}{B_i} \cdot 100\%$
1.	—	$1,066 \cdot 10^{-4}$	—	100
18.	0,25 + 0,50%	$0,947 \cdot 10^{-4}$	$(-), 0,119 \cdot 10^{-4}$	88,9
19.	0,50 + 0,25%	$0,943 \cdot 10^{-4}$	$(-), 0,123 \cdot 10^{-4}$	88,5
20.	0,50 + 0,50%	$1,005 \cdot 10^{-4}$	$(-), 0,061 \cdot 10^{-4}$	94,3
21.	0,50 + 1,00%	$0,905 \cdot 10^{-4}$	$(-), 0,161 \cdot 10^{-4}$	84,9
22.	0,50 + 1,50%	$0,978 \cdot 10^{-4}$	$(-), 0,088 \cdot 10^{-4}$	91,8
23.	1,00 + 0,50%	$0,946 \cdot 10^{-4}$	$(-), 0,120 \cdot 10^{-4}$	88,8
24.	1,00 + 1,00%	$1,065 \cdot 10^{-4}$	$(-), 0,001 \cdot 10^{-4}$	100,0
25.	1,00 + 1,50%	$1,039 \cdot 10^{-4}$	$(-), 0,027 \cdot 10^{-4}$	97,5
26.	1,50 + 0,50%	$0,942 \cdot 10^{-4}$	$(-), 0,124 \cdot 10^{-4}$	88,4
27.	1,50 + 1,00%	$1,036 \cdot 10^{-4}$	$(-), 0,030 \cdot 10^{-4}$	97,2
28.	1,50 + 1,50%	$1,020 \cdot 10^{-4}$	$(-), 0,046 \cdot 10^{-4}$	95,7

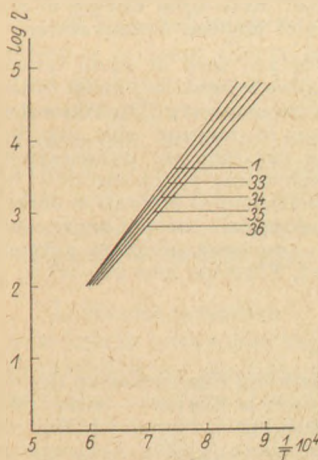
6. táblázat

A 29, 30, 31 és 32 jelű üvegek számított  $B_i$  értékei és az alapüveghez viszonyított  $\Delta B$  értékek

Minta száma	Akcelerátor	$B_i$	Eltérés az alapüvegtől	$\frac{B_i + \Delta B}{B_i} \cdot 100\%$
I.	—	$1,066 \cdot 10^{-4}$	—	100
29.	0,25 % $\text{AlF}_3$	$1,064 \cdot 10^{-4}$	$(-), 0,002 \cdot 10^{-4}$	kb. 100
30.	0,50 % $\text{AlF}_3$	$1,044 \cdot 10^{-4}$	$(-), 0,022 \cdot 10^{-4}$	97,9
31.	1,00 % $\text{AlF}_3$	$1,026 \cdot 10^{-4}$	$(-), 0,040 \cdot 10^{-4}$	96,3
32.	1,50 % $\text{AlF}_3$	$0,990 \cdot 10^{-4}$	$(-), 0,076 \cdot 10^{-4}$	92,9



11. ábra. Alumíniumfluorid akcelerátor hatása az üveg viszkozitásának mechanizmusára



12. ábra Ammon-kriolit akcelerátor hatása az üveg viszkozitásának mechanizmusára

g) Ammónium-kriolit  $(\text{NH}_4)_3 \text{AlF}_6$  hatása az üveg viszkozitás—hőmérséklet függésére

Az ammónium-kriolitot a zománciparban folyósító anyagként használják. Vizsgáltuk az ammónium-kriolitnak az alapüveg-viszkozitás és a hőmérséklet összefüggésére gyakorolt hatását is. A viszkozitás és hőmérsékletváltozás a 12. ábrán látható.

A 7. táblázat adatai azt igazolják, hogy az ammónium-kriolitot 0,25 — 1,50% mennyiségbe bevive az alapüveg összetételébe a viszkozitás csökken. A 33., 34., 35. és 36. jelű üvegek vizsgálatkor az aktiválási energia együttható értéke az alapüveghez viszonyítva csökken, rendre: 3,5, 8,0, 9,6 és 12,8%-kal. Megállapítható, hogy az ammónium-kriolit az üvegolvasztás során hatásos gyorsítóanyagnak minősíthető.

### Összefoglaló

A tanulmány a szilikátüvegek olvasztásának gyorsításával foglalkozik, vagyis azzal a kérdéssel, hogy miként növelhető a termelő berendezések kapacitása új beruházás végrehajtása nélkül, és úgy, hogy új eljárás bevezetésével az önköltség is csak kismértékben változzék.

Vizsgáltuk az üvegolvasztást gyorsító adalékanyagok hatását az üvegeképződés gyorsítására. Az e célra kis mennyiségben alkalmazott adalékanyagok valószínűleg katalizátorként, helyesebben akcelerátorokként működnek.

Megállapítottuk, hogy a gyorsításra jellemző állapot számszerű rögzítésére alkalmas vizsgálati módszer a viszkozitás és a hőmérséklet összefüggésének meghatározása.

Az akcelerátorok hatása az aktiválási energia ( $B$ ) értékének az alapüvegéhez viszonyított százalékban kifejezett relatív  $(\Delta B/B_1 \cdot 100\%)$  csökkenésében mutatkozott. Reális gyorsító hatás elérésére az alapüveg aktiválási energia együtthatójának

7. táblázat

A 33, 34, 35 és 36 jelű üvegek számított  $B_i$  értékei az alapüveghez viszonyított  $\Delta B$  értékek

Minta száma	Akcelerátor	$B_i$	Eltérés az alapüvegtől	$\frac{B_i + \Delta B}{B_i} \cdot 100\%$
I.	—	$1,066 \cdot 10^{-4}$	—	100
33.	0,25 % $(\text{NH}_4)_3 \text{AlF}_6$	$1,028 \cdot 10^{-4}$	$(-), 0,038 \cdot 10^{-4}$	96,5
34.	0,50 % $(\text{NH}_4)_3 \text{AlF}_6$	$0,980 \cdot 10^{-4}$	$(-), 0,086 \cdot 10^{-4}$	92,0
35.	1,00 % $(\text{NH}_4)_3 \text{AlF}_6$	$0,936 \cdot 10^{-4}$	$(-), 0,103 \cdot 10^{-4}$	90,4
36.	1,50 % $(\text{NH}_4)_3 \text{AlF}_6$	$0,929 \cdot 10^{-4}$	$(-), 0,137 \cdot 10^{-4}$	87,2

értékét kell csökkenteni, ilyenkor ugyanis energia-többlet jön létre, és a kisebb aktiválási energia csökken az üvegeképződési folyamat gyorsulásának mértékére.

A felhasznált adalékanyagok minősége és mennyisége nem változtatta meg az alapüveg jellegét.

Gyorsító adalékanyagként 0,25—1,50 % mennyiségben nátriumkloridot, folyópátot, fluorapatitot, bórtioxidot, „flux”-olt, ( $B_2O_3 + CaF_2$  keveréket), alumíniumfluoridot és ammónium-kriolitot használtunk.

A leghatásosabb akceleratoroknak a fluor-ionok mutatkoztak.

#### IRODALOM

- [1] *Heidtkamp, G.—Endell, K.*: *Glastechn. Ber.* 14. 89 (1936).
- [2] *Bodger, A. E.*: *Glass Ind.*: 24. 184 (1943).
- [3] *Potts, I. C.*: *J. Amer. Ceram. Soc.* 24. 38 (1941).
- [4] *Dietzel, A.*: *Glastechn. Ber.* 21. 198 (1943).
- [5] *Bunejeva—Poljak—Tukacsinszki*: *Szteкло i keramika* 16. 88 (1949).
- [6] *Kocsis G.*: Kémiai akceleratorok hatása szilikátüvegek viszkozitásának és hőmérséklet függésére. Doktori disszertáció. Veszprémi Vegyipari Egyetem, 1963.
- [7] *Lőcsei B.*: *Építőanyag* 7. 33 (1955).
- [8] *Száder R.*: *Építőanyag* 16. 371 (1964).
- [9] *Steger, W.*: *Bericht. Deutsch. Ceram. bers.* 22. 155 (1941).
- [10] *Gorbatenko, T.—Pticuma, N. I.*: *Szteкло i keramika* 2. 28 (1965).

*Kocsis Géza*: Szilikátüvegek aktiválási energiájának alakulása olvasztásgyorsító adalékok hatására.

A szerző vizsgálta az üvegolvasztást gyorsító kémiai anyagok hatását az üvegeképződés gyorsítására. Az e célra kis mennyiségben alkalmazott kémiai anyagok valószínűleg katalizátorként, helyesebben akceleratoroként működnek.

Megállapította, hogy a gyorsításra jellemző állapot számszerű rögzítésére alkalmas vizsgálati módszer a viszkozitás és a hőmérséklet összefüggésének meghatározása.

Reális gyorsító hatás elérésére az alapüveg aktiválási energia együttthatójának értékét kell csökkenteni, ilyenkor ugyanis energiátöbblet jön létre, és a kisebb aktiválási energiával rendelkező üvegeképződési folyamat sebessége növekszik.

A leghatásosabb akceleratoroknak a fluor-ionok mutatkoztak.

(Folytatás a 166. oldalról)

*Frau Moldvai, Ágnes—Bubik, István*: Die Herstellung keramischer Körper mit negativen linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten.

Einzelne kristallinische Verbindungen des Dreiersystems  $Li_2O—Al_2O_3—SiO_2$  weisen einen negativen linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten auf.

Die Herstellung von einzelnen, im Laboratorium entstandenen keramischen Vertretern genannten Systems wurde in halbertechnischem Maße weiterentwickelt.

Als Resultat der halbertechnischen Versuche ist es gelungen die bei der betriebsmäßigen Herstellung erforderlichen Umstände zu klären und die mechanische Festigkeit zu steigern.

Man hat die Erzeugung von verschiedenen zusammengesetzten keramischen Körpern mit Hilfe der gegenwärtigen Technologie vorbereitet. Die technischen Parameter vermögen die Ansprüche bei der Anwendung zu befriedigen.

*T. Кочис*: Влияние ускорителей плавления на энергию активации силикатных стекол.

Автором изучалось влияние химических ускорителей плавления на ускорение процесса образования стекла. Очевидно, что применявшиеся химические материалы влияют как катализаторы, или, вернее, как акселераторы (ускорители).

Было установлено, что для численной регистрации состояния, характеризующего ускорение процесса образования стекла, является определение зависимости между вязкостью и температурой.

Для достижения реального влияния на ускорение течения процесса необходимо снизить значение коэффициента энергии активации основного стекла, так как в этом случае возникает избыток энергии, за счет него повышается скорость процесса образования стекла, обладающего меньшей энергией активации. Наиболее активными акселераторами оказались ионы фтора.

*Kocsis, Géza*: Die Gestaltung der Aktivierungsenergie von Silikatgläsern infolge der Einwirkung von schmelzebefördernden Zusätzen.

Es wurde die Wirkung von schmelzebefördernden Chemikalien auf die Beschleunigung der Glasbildung untersucht. Die zu diesem Zwecke in kleinen Mengen angewandten chemischen Stoffe spielen die Rolle des Katalysators, besser gesagt: Accelerators.

Man konnte feststellen, daß sich zum numerischen Ausdruck des für die Beschleunigung charakteristischen Zustandes die Bestimmung des Zusammenhangs zwischen Viskosität und Temperatur am besten eignet.

Man muß — um eine reelle Beschleunigungswirkung erreichen zu können — den Wert des Aktivierungsenergiekoeffizienten vom Ausgangs-Glas herabsetzen; denn es erscheint ein Energieüberschuß, und die Geschwindigkeit des Glasentstehungsprozesses nimmt mit kleinerer Aktivierungsenergie zu.

Fluor-Ionen erwiesen sich als meist wirksam unter den Acceleratoren. (S. G.)

*Kocsis, Géza*: Activation Energy of Silicate Glasses under the Effect of Melting Accelerators.

Melting aids are used in small quantities for the acceleration of glass formation; most of these materials presumably act as catalysts. The numerical evaluation of the efficiency of melting aids can be done most suitably by the viscosity vs. temperature interdependence. Real accelerating effect can only be reached by reducing the coefficient of activation energy of the base glass; this develops an excess of energy and the rate of glass formation processes of lower activation energies will be increased. Fluoride ions proved to be best accelerators.

Charakteristische Eigenschaften des neuen Typs — der lialit-keramischen Körper — sind: Wärmeausdehnungskoeffizient negativ oder gleich Null; Widerstandsfähigkeit gegen ganz große Temperaturschwankungen. (S. G.)

*Mrs. Moldvai, Ágnes—Bubik, István*: The Manufacture of Ceramic Bodies with a Negative Co-efficient of Linear Thermal Expansion

Some crystalline compounds of the system  $Li_2O—Al_2O_3—SiO_2$  have a negative coefficient of thermal expansion. Following the laboratory preparation of such bodies pilot-plant experiments were made which enabled the determination of optimum firing conditions in a plant scale and the increase of the mechanical strength of the bodies. The manufacture of some other compositions is under preparation for the present technology giving technical parameters to fulfil demands of customers. The most important technical characteristics of all lialith-ceramics are: zero or negative coefficient of thermal expansion and consecutively a very high thermal shock resistance.

# Üreges kerámiai építőelemek elektromos modellkísérletekkel meghatározott hővezetési tényezője

BÁLINT PÁL — BAKOS JÓZSEF  
Szilikátipari Központi Kutatóintézet

Az üreges kerámiai építőelemek hővezetési tényezőjének meghatározására a Bruckmayer (1940) által kidolgozott eljárás használatos (1). A mérési eljárás tökéletesítésével Cammerer (1962) és több más kutató foglalkozott (2). Hazánkban ezt a vizsgálati módszert — az üreges kerámiai építőelemek hővezetési tényezőinek meghatározására — elsőként Albert (1956) alkalmazta (3), munkája alapján ezen anyagok hővezetési tényezőjének vizsgálatára szabvány is készült.

A mérési módszer az elektromos és hőáram analógiáján alapszik. Ennek megfelelően az üreges kerámiai építőelemen (üreges téglán) a hőmérsékletkülönbség hatására áthaladó hőáramot elektromos árammal helyettesítjük oly módon, hogy az üreges téglát keresztmetszetének megfelelő modellen — vékony fémfólián vagy grafitozott papírlapon — adott feszültségkülönbség hatására létrejött elektromos áram erősségét, illetve a modell ellenállását mérjük.

A mérésre használt modell üregeinek kiképzése — tekintettel a téglát üregeiben levő levegő egyenértékű hővezetési tényezőjére — nem az üreges téglát eredeti keresztmetszetének felel meg, hanem annál az üregekben levő levegő egyenértékű hővezetési tényezőjének arányában kisebb. A tömör anyag hővezetési tényezőjének, és az üregekben levő levegő egyenértékű hővezetési tényezőjének helyes arányát a modellen oly módon képezzük ki, hogy azokban a hőáram illetve az elektromos áram irányában keskeny hidakat hagyunk, melyeknek összes vastagsága az üregek szélességéhez helyesen úgy aránylik, mint az üregekben levő levegő egyenértékű hővezetési tényezője a tömör anyag hővezetési tényezőjéhez. Az üregekben levő levegő rétegvastagságát az üregeknek a hőáram irányába eső átlagos vastagsága adja.

## 1. Mérési metodika

Az 1. ábrán közölt kapcsolási rajz szerint összeállított mérőkészülékkel meghatározzuk először a vékony fémfóliából vagy grafitozott papírból kivágott tömör modellt, majd a megfelelő hidak kiképzése után az üreges modell elektromos ellenállását.

A mért ellenállásértékek, valamint az üreges téglát tömör anyagának hővezetési tényezője ismeretében az üreges idom hővezetési tényezőjét a következő összefüggés alapján számítjuk ki:

$$\lambda = \lambda_0 \frac{R_0}{R} \text{ kcal/m} \cdot \text{ó} \cdot \text{°C}$$

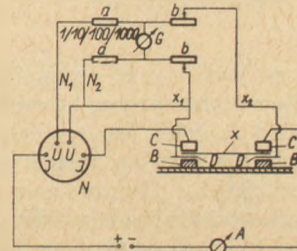
ahol  $\lambda$  az üreges téglát hővezetési tényezője kcal/m.ó.°C

$\lambda_0$  az üreges téglát tömör anyagának hővezetési tényezője kcal/m.ó.°C

$R_0$  a tömör modell elektromos ellenállása  $\Omega$

$R$  az üreges téglát megfelelő üreges modell elektromos ellenállása  $\Omega$

A méréseink során 0,05 mm vastagságú alumíniumfóliából kivágott modelleket használtunk, melyeknek elektromos ellenállását — tekintettel a  $10^{-3} - 10^{-5} \Omega$  nagyságrendű értéktartományra — Hartmann—Braun féle TWK híddal, Thomson hidas kapcsolás alkalmazása mellett határoztuk meg. A mérőberendezés elvi kapcsolási rajzát az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra. Mérőberendezés elvi kapcsolási rajza

A mérőberendezés részei a következők:

„a” (1/10, 1/100, 1/1000  $\Omega$ ) ún. dugaszolható ismert ellenállások

„b” forgókaros, ún. dekádós ismert nagy ellenállások

N kis ellenállásértékű összehasonlító normál ellenállás

X ismeretlen mérendő kis ellenállás (alumíniumfóliából készített modell)

C áramhozzávetető

G galvanometer

B gumi alátámasztó tuskók

D áramhozzávetető

A ampermérő

U egyenáramú áramforrás (akkumulátor)

Az ismeretlen ellenállást a következő képlettel számíthatjuk ki:

$$R_x = R_N \frac{b}{a} (\Omega)$$

ahol  $R_x$  az ismeretlen ellenállás  $\Omega$

$R_N$  a normál ellenállás  $\Omega$

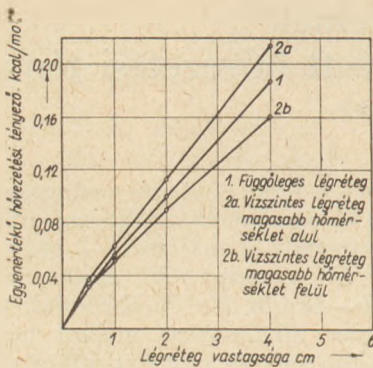
$b$  ellenállás (ismert)  $\Omega$

$a$  ellenállás (ismert)  $\Omega$

Az előzőekben röviden ismertetett elektromos modellkísérleti eljárással határoztuk meg a hazai gyártású legfontosabb üreges kerámiai építőelemek hővezetési tényezőit 25°C középhőmérsékleten. A mérési módszer rövid ismertetése után egy számítási példán mutatjuk be a mérési eredmények kiértékelését, valamint a hővezetési tényező értékek kiszámítását.

## 2. Számítási példa

Amint már említettük, az üreges kerámiai építőelem (üreges téglát) hővezetési tényezőjét akkor kapjuk meg helyesen, ha a hidak összes szélessége úgy viszonylik az üregek átlagos szélességéhez,

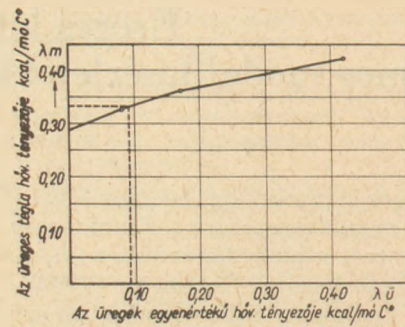


2. ábra. Az egyenértékű hővezetési tényező a légréteg-nastagság függvényében

mint az üregekben levő levegő egyenértékű hővezetési tényezője a tömör anyag hővezetési tényezőjéhez, vagyis az a  $\lambda_m$  érték lesz egyenlő a keresett  $\lambda$ -al, amelynél a  $\lambda_u$  egyenlő az üregek átlagos szélességének, esetünkben 19 mm-nek megfelelő egyenértékű hővezetési tényező értékkel. Az egyenértékű hővezetési tényező értékét az üregezsélesség függvényében a 2. ábra mutatja be. Ebből megállapítható, hogy a 19 mm-es vízszintes üreg egyenértékű hővezetési tényezője 0,085 kcal/m.ó.°C.

A mérési adatok értékelését, valamint a számítás menetét a 20% üregtérfogatú 10 cm-es válaszfaltégla példáján keresztül mutatjuk be.

Az elektromos modellkísérletek során a 10 cm-es válaszfaltéglára vonatkozó mérési eredményeket az 1. táblázatban foglaltuk össze. Ha az 1. táblázat 6. pontja alatt közölt  $\lambda_m$  értékeket a 7. pont alatt megadott  $\lambda_u$  értékkel szemben grafikusán ábrázoljuk (3. ábra), akkor a keresett értéket pontosan a 0,085 kcal/m.ó.°C egyenértékű hővezetési tényezőhöz tartozó  $\lambda_m$  érték fogja megadni. A példa esetében ez az érték  $\lambda_m = 0,33$  kcal/m.ó.°C.



3. ábra. Az üreges téglá hővezetési tényezője az üregek egyenértékű hővezetési tényezőjének függvényében

### 3. Mérési eredmények

Az elvégzett vizsgálatok során először meghatároztuk a kisméretű tömör égetett agyagtégla hővezetési tényező értékeit (térfogatsúly: 1400—1700 kp/m<sup>3</sup>/25°C középhőmérsékleten súlyállandóságig szárított, valamint légszár az állapotú próbatesteken (légszár az állapot a 60% illetve a 90% relatív légnedvesség mellett adszorbeált egyensúlyi nedvességtartalom).

A kisméretű égetett agyagtéglák hővezetési tényezőinek mért értékeit a 2. táblázat adatai tartalmazzák.

A hővezetési tényező meghatározását Bock készüléken végeztük. A légszár az állapotú próbatesteket a mérés megkezdése előtt polietilénzsákokba csomagoltuk, majd a zsákokat légmentesen lezártuk.

A 2. táblázatban megadott tömör anyagra vonatkozó hővezetési tényező értékeket használtuk fel a különböző üreges kerámiai építőelemek elektromos modellkísérleti eljárással meghatározott hővezetési tényezőinek számításához.

A vizsgált különböző üreges kerámiai építőelemek elektromos modellkísérleti eljárással meg-

20% üregtérfogatú 10 cm-es válaszfaltéglánál végzett modellkísérletek mérési adatai

1. táblázat

1. A modell megjelölése	a	b	c	d
száma	0	4	2	0
2. A hidak szélessége, mm	egyenként	1,9	1,9	0
	összesen	19*	7,6	3,8
3. A hidak összes szélessége az üreg szélességének %-ában (n)	100	40	20	0
4. A modell elektromos ellenállása 10 <sup>-4</sup> Ω	4,7	5,5	6,0	6,7
5. A modell alaktényezője $A = \frac{R_s}{R}$	1,0	0,85	0,78	0,70
6. A modellnek megfelelő hővezetési tényező, ha $\lambda_0 = 0,42$ kcal/m·ó·°C, $\lambda_m = \lambda_0 \cdot A$ kcal/m·ó·°C	0,42	0,36	0,33	0,29
7. Az üregek egyenértékű hővezetési tényezője $\lambda_u = \lambda_0 \frac{n}{100}$ kcal/m·ó·°C	0,42	0,17	0,08	0

\* Az üregek átlagos szélességét jelenti mm-ben.

2. táblázat

Kisméretű tömör égetett agyagtégla hővezetési tényező értékei 25°C középhőmérsékleten

Térfogat-súly kp/m <sup>3</sup> súlyállan- dóságig szárított áll.	Térfogat-súly kp/m <sup>3</sup> légszár. áll.		Hővezetési tényező kcal/m. ó. °C súlyállan- dóságig szárított áll.	Hővezetési tényező kcal/m. ó. °C légszár. áll.	
	60 % rel. n.	90 % rel. n.		60 % rel. nedv.	90 % rel. nedv.
1390	1399	1402	0,37	0,39	0,42
1506	1510	1520	0,45	0,46	0,49
1603	1612	1620	0,50	0,52	0,56
1715	1726	1728	0,56	0,58	0,62

határozott hővezetési tényező értékeit súlyállan-  
dóságig kiszáritott állapotra a 3., 4. táblázatokban,  
légszár. állapotra vonatkoztatva pedig az 5. és 6.  
táblázatokban foglaltuk össze.

Az egyes táblázatokban közöljük a vizsgált  
kerámiai építőelemek üreges és tömör térfogatsú-  
lyát, valamint az üregtérfogat-százalékot.

A mérések elvégzésével segítséget kívántunk  
nyújtani a hazai tervezőapparátus részére az épü-

3. táblázat

Üreges blokkteglák és válaszfaltéglák hővezetési tényező értékei, 25°C középhőmérsékleten, súlyállan-  
dóságig kiszáritott állapotban

A termék megnevezése	Térf. súly kp/m <sup>3</sup>		Üreg térf. %	Hővezetési tényező kcal/m. ó. °C
	üreges	tömör		
B-25-ös blokktegla MSZ. 11 402—62	710	920	22,5	0,19
	1000	1290		0,28
	1120	1450		0,30
	710	980	27,5	0,19
	1000	1380		0,28
	1120	1550		0,30
B-29-es blokktegla MSZ.	1320	1710	22,5	0,40
	1440	1860		0,43
	1320	1830	27,5	0,39
	1440	2000		0,43
B-30-as blokktegla MSZ. 11 403—62	1050	1360	22,5	0,30
	1200	1550		0,35
	1300	1680		0,38
	1410	1820		0,42
	1050	1450	27,5	0,30
	1200	1660		0,35
	1300	1800		0,38
	1410	1950		0,42
6 cm-es válaszfaltégla MSZ. 546—52	1050	1700	38,0	0,29
	1200	1940		0,34
10 cm-es válaszfal- tegla MSZ. 546—52	885	1110	20,0	0,25
	1140	1430		0,33
	1300	1630		0,39
	885	1270	30,0	0,25
	1140	1630		0,33
	1300	1860		0,39

4. táblázat

A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, C<sub>1</sub>, valamint padlásburkoló téglák és kőszivacsfallap hővezetési tényező értékei 25°C középhőmérsékleten súlyállan-  
dóságig kiszáritott állapotban

A termék megnevezése	Térf. súly kp/m <sup>3</sup>		Üreg- térf. %	Hővezetési tényező kcal/m. ó. °C
	üreges	tömör		
A <sub>1</sub> jelű kevéslyukú magasított téglák MSZ. 524—63	1300	1530	15,0	0,38
	1400	1650		0,43
	1460	1720		0,45
	1650	1940		0,54
A <sub>2</sub> jelű kettősméretű keveslyukú téglák MSZ. 4997—57	1120	1320	15,0	0,31
	1220	1440		0,35
	1300	1530		0,39
	1420	1670		0,44
C <sub>1</sub> jelű kettősméretű soklyukú téglák MSZ. 545—51	1020	1460	30,0	0,29
	1200	1710		0,34
Padlásburkoló téglák MSZ. —	1200	1600	25,0	0,34
	1275	1700		0,38
	1350	1800		0,41
Kőszivacsfallap MSZ. 3556—54	980	1260	20,0	0,27
	1100	1300		0,29
	990	1320	25,0	0,28

5. táblázat

Üreges blokkteglák és válaszfaltéglák hővezetési tényező értékei, 25°C középhőmérsékleten, a 60% és 90% relatív  
légnedvességű térben egyensúlyi nedvességtartalom beállta  
után mérve

A termék megnevezése	Térf. súly kp/m <sup>3</sup>		Üreg térf. %	Hővezetési tényező kcal/m. ó. °C	
	üreges	tömör		60 % rel. n.	90 % rel. n.
B-25-ös blokktegla	710	920	22,5	0,20	0,21
	1000	1290		0,29	0,31
	1120	1450		0,31	0,33
	710	980	27,5	0,20	0,21
	1000	1380		0,29	0,31
	1120	1550		0,31	0,33
B-29-es blokktegla	1320	1710	22,5	0,41	0,44
	1440	1860		0,44	0,49
	1320	1830	27,5	0,41	0,44
	1440	2000		0,44	0,49
B-30-as blokktegla	1050	1360	22,5	0,31	0,32
	1200	1550		0,36	0,38
	1300	1680		0,39	0,42
	1410	1820		0,43	0,47
	1050	1450	27,5	0,31	0,32
	1200	1660		0,36	0,38
	1300	1800		0,39	0,42
	1410	1950		0,43	0,47
6 cm-es válaszfaltégla	1050	1700	38,0	0,30	0,32
	1200	1940		0,35	0,36
10 cm-es válaszfal- tegla	885	1110	20,0	0,26	0,27
	1140	1430		0,33	0,34
	1300	1630		0,40	0,43
	885	1270	30,0	0,26	0,27
	1140	1630		0,33	0,34
	1300	1860		0,40	0,43

6. táblázat

$A_1$ ,  $A_2$ ,  $C_1$ , valamint padlásburkoló téglák és kőszivacs-palló-lap hővezetési tényező értékei 25°C középhőmérsékleten, a 60% és 90% relatív légnedvességű térben egyensúlyi nedvességtartalom beállta után mérve

A termék megnevezése	Térf. súly kp/m <sup>3</sup>		Üreg térf. %	Hővezetési tényező kcal/m.ó.°C	
	üreges	tömör		60% rel. n.	90% rel. n.
$A_1$ jelű kevéslyukú magasított téglák	1300	1530	15,0	0,39	0,42
	1400	1650		0,44	0,49
	1460	1720		0,46	0,50
	1650	1940		0,56	0,62
$A_2$ jelű kettős méretű keveslyukú téglák	1120	1320	15,0	0,32	0,34
	1220	1440		0,36	0,39
	1300	1530		0,41	0,43
	1420	1670		0,46	0,50
$C_1$ jelű kettős méretű soklyukú téglák	1020	1250	30,0	0,30	0,32
	1200	1710		0,36	0,40
Padlásburkoló téglák	1200	1600	25,0	0,35	0,37
	1275	1700		0,39	0,43
	1350	1800		0,42	0,45
Kőszivacs-palló-lap	980	1260	20,0	0,28	0,30
	1100	1300		0,30	0,32
Kőszivacs-palló-lap	990	1320	25,0	0,29	0,32

letek megbízhatóbb és gazdaságosabb hőtechnikai méretezéséhez.

## IRODALOM

- [1] Bruckmayer, E. (1940): Gesundheits-Ingenieur 1. 61—65.
- [2] Cammerer, J. S. (1962): Wärme- und Kälteschutz in der Industrie. J. Springer. Berlin. 4. kiadás.
- [3] Albert, J. (1956): Építőanyagipari Központi Kutató Intézet 25. sz. jelentése.
- [4] Bakos, J. (1965): Építő-, és hőszigetelőanyagok alkalmazástechnikai (hőtechnikai) jellemzőinek kutatása. Szilikátipari Központi Kutató Intézet jelentése.

Bálint Pál — Bakos József: Üreges építőelemek elektromos modellkísérletekkel meghatározott hővezetési tényezője.

A Bruckmayer által kidolgozott elektromos modellkísérleti eljárás segítségével meghatároztuk a legfontosabb hazai üreges kerámiai építőelemek hővezetési tényezőjét. A korábban alkalmazott hazai mérési módszertől eltérően a modellek elkészítéséhez grafitozott papír helyett vékony alumíniumfóliát használtunk, s az elkészített modellek elektromos ellenállásainak pontos mérését Thomson-híd felhasználásával végeztük el. Ily

módon meghatároztuk és táblázatokban közöltük a vizsgált építőelemek hővezetési tényezőjét 25°C középhőmérsékleten súlyállandóságig kiszáritott és légszáraz állapotban, vagyis 60% és 90% relatív légnedvességű térben egyensúlyi nedvességtartalmú próbatesteken.

П. Баинт—Й. Бакош: Коэффициент теплопроводности пустотелых строительных элементов, определенный с помощью электрического опыта на модели.

С помощью метода электрического опыта на модели, разработанного Брукмайером, были определены коэффициенты теплопроводности наиболее важных отечественных пустотелых керамических строительных элементов.

В отличие от применявшихся ранее методов измерения, для приготовления моделей вместо графитированной бумаги была применена тонкая алюминиевая фольга, а определение электрического сопротивления моделей осуществлялось с помощью мостика Томсона.

В таблицах приводятся значения коэффициентов теплопроводности строительных элементов, высушенных при 25°C до постоянного веса, а также элементов в воздушно-сухом состоянии, т. е. образцов с равновесной влажностью, хранившихся в среде с относительной влажностью 60% и 90%.

Bálint, Pál—Bakos, József: Die Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit von hohlen Bauelementen vermittelt elektrischer Modellversuche.

Es wurde mit Hilfe des von Bruckmayer bearbeiteten elektrischen Modellverfahrens die Wärmeleitfähigkeit der wichtigsten ungarländischen keramischen Hohlkörper für Bauzwecke bestimmt. Man hat — von den früher in Ungarn angewandten Methoden abweichend — zur Herstellung der Modelle dünne Aluminiumfolien anstatt mit Graphit überzogenen Papiers verwendet, und führte die genaue Messung des elektrischen Widerstandes der Modellkörper vermöge einer Thomson-Brücke durch. In solcher Weise wurde die Wärmeleitfähigkeit der untersuchten Bauelemente bei 25°C mittlerer Temperatur in lufttrockenem, bis zu konstantem Gewicht getrockneten Zustand bestimmt, mit anderen Worten: in einem Raume von 60 und 90% relativer Feuchtigkeit, an Körpern, deren Feuchtegehalt sich im Gleichgewicht befand. (S. G.)

Bálint, Pál—Bakos, József: Thermal Conductivity of Hollow Bricks Determined by Electrical Modelling

Electrical modelling, introduced originally by Bruckmayer, enables the determination of thermal conductivity of hollow ceramic building units. A method, being slightly different from the system adopted formerly was used by the authors for the exact determination of thermal conductivity factors of the most important Hungarian hollow units; thermal conductivities of units dried at 25°C mean temperature and measured at air-dry condition (equilibrium moisture content at 60—90% r. h.) are tabulated. Differences between the old and new method: thin aluminium foil was used instead of graphitized paper for model preparation; and a Thomson-type bridge was used for the exact determination of electric resistance.

# Segédanyagok hatása portlandcement-klinkerek alit- és belit-tartalmának kristályosodására

BUTT, Ju. M. — TIMASEV, V. V.

Mendeleejev Kémiai Technológiai Egyetem, Kőanyagok Tanszék, Moszkva

## Bevezetés

Az elmúlt években végzett kutatások [1—8] eredményei meggyőzően bizonyítják, hogy a cementek hidratációs aktivitása összefügg a kötőanyagot alkotó alapásványok kristályrács-szerkezetének kristálykémiai sajátágaival. Még a mai napig is tisztázatlanok azonban mind az ásványrácsok legnagyobb aktivitású rácsszerkezeti paraméterei, mind pedig a rácsfelépítés irányításának gyakorlati lehetőségei. Minthogy a klinkerásványok kristályrács-felépítésének meghatározására megbízható közvetlen módszerek nincsenek, a kutatók kénytelenek voltak e célra közvetett módszert — a petrográfiát — alkalmazni. Az ásványok kristályrács-felépítésének közvetett jellemzésére a petrográfiai módszer alkalmazásának elméleti alapja az az ismert kristálykémiai tétel, amely szerint a kristályok alakja a belső felépítés függvénye [9]. E tétel alapján néhány kutató megkísérelte rögzíteni a kristályos alit- és belitformák összes fajtáját, és megállapítani az összefüggést az ásványok kristályosodási jellege és hidratációs aktivitása között [10—12]. E munkák még nem fejeződtek be, a meglévő adatok alapján azonban megállapítható, hogy létezik bizonyos, az adott viszonyokra optimális kristályos klinkerszerkezet, amely nagy aktivitást biztosít a cementnek. Ahhoz azonban, hogy a gyakorlatban a petrográfiai adatokat is használni tudjuk, ki kell alakítani azokat az elméleti alapokat, amelyek magyarázatot adnak a különböző alakú kristályok kialakulására és amelyek lehetővé teszik a klinker kristályos szerkezetének szabályozását.

Munkánk során segédanyagokat kevertünk a nyerskeverékhez és megvizsgáltuk ezek hatását az alit és belit kristályosodására. E kutatás elvégzését az alábbi körülmények tették szükségessé: először, a cementgyártásban használt nyersanyag összetételében Na, K, Ba, Sr, Ti, S, Mn, Cr, Cd, P és több más elem szennyezőként csaknem mindig megtalálható, másodsor pedig a tri- és dikalcium-szilikát és szennyezésekkel elegykristályok képződésére igen hajlamos.

## A vizsgálati módszer

Kétféle kiindulási keveréket készítettünk: az egyik az alitnak, a másik a belitnek felelt meg. Mindkét keverék aluminát-modulusa 1,1 volt; az alitos keverék telítettségi tényezője 1,0, szilikát-modulusa 1,9, a belites keverék telítettségi tényezője 0,67, szilikátmodulusa 2,6 (Kind módszere alapján számítva). Ezekbe a nyerskeverékekbe 0,5 és 3,0% mennyiségben  $\text{Na}_2\text{O}$ -ot,  $\text{P}_2\text{O}_5$ -ot,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ -ot,  $\text{TiO}_2$ -ot,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -ot,  $\text{SO}_3$ -ot,  $\text{MgO}$ -ot,  $\text{BaO}$ -ot  $\text{SrO}$ -ot és  $\text{CdO}$ -ot vittünk be. A keverék összeállításánál figyelembe vettük, hogy a felsorolt adalékok nem inervek, hanem a  $\text{CaO}$ -dal vagy savanyú-

oxidokkal reakcióba lépnek. A keverék-összetétel javítását a  $3\text{CaO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $3\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{CaO} \cdot \text{TiO}_2$  és a  $\text{CaSO}_4$  képződésének számítása alapján végeztük el.

E keverékből  $r=400\text{ kg/cm}^2$  nyomáson tabletákat készítettünk, amelyeket 1 órán keresztül  $1450^\circ\text{-on}$  égettünk. A mintákat részben lassan ( $8^\circ$  percenkénti sebességgel), részben gyorsan (levegőn) hűtöttük.

## A segédanyagok hatásának mechanizmusa

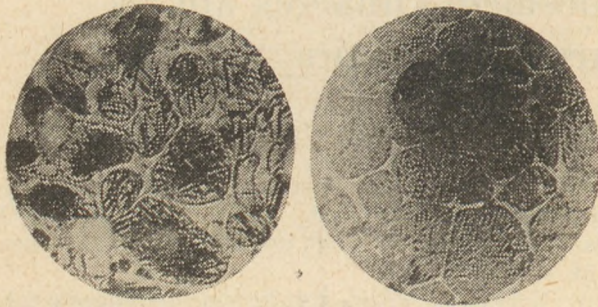
A klinker kristályos szerkezetére nagy hatással vannak azok a segédanyagok, amelyek az alapásványok kristályaival lépnek kölcsönhatásba. A kristályba beágyazódott segédanyagok befolyásolhatják mind a kristály növekedését, mind alakját. Ténylegesen bármilyen tényező, amely hatást gyakorol az anyag rétegződési sebességének változására a növekvő kristály felületének bármely szakaszán, gyorsabban vagy lassabban, de feltétlenül a kristály külső alakjának változását eredményezi, minthogy a segédanyag jelenléte gyengíti a kristály lapjainak felületi erejét. Mind a kristályhibákon, mind pedig az egész felületén adszorbeálódó segédanyagok instabil, oldódásra hajlamos elegykristályokat alkotnak. Ennek eredményeképpen egyazon kristályon két irányzat harca folyik: a növekedés és az oldódás harca, aminek eredményeképpen a kristály eredeti növekedési sebessége csökken és alakja eltorzul. Abban az esetben, ha a segédanyag és az alapanyag atomjai között jelentős hasonlóság van és méreteik egymásnak megfelelnek, elegykristályok, más esetekben pedig zárványokat tartalmazó kristályok képződnek.

A növekvő kristály átfoghatja az egyszerűen mechanikus keverékanyagokat is. Az ilyen és ehhez hasonló, finoman diszpergált anyagok, amelyek az alapanyaggal sem elegykristályt, sem kémiai vegyületet nem alkotnak, egyensúlyi viszonyok között majdnem teljesen ki kell, hogy szoruljanak a kristály lehűtésekor. Gyakorlatilag viszont (nem egyensúlyi égetési viszonyok között) nagy részük a klinker teljes lehűlése után is a kristályok tömegében marad meg. Ha ez a finoman diszpergált anyag a hőmérséklet csökkenésekor mégis kezd áthelyeződni a kristály felülete irányába, nagyrészt úgy hat, mint egy ék, amely széthasítja a kristályokat.

## Az egyes segédanyagok hatása

### A nátrium-oxid hatása

Az alkáli-oxidokat a földpátok, a csillámok, valamint az elektromos-szűrőkből kikerülő por — ha az iszaphoz hozzáadják — viszi be a nyerskeverékbe. A szilikátásványokkal való kölcsönhatás folyamán az alkáli-oxidok azok rácsában oldódnak és elegykristályokat képeznek. Az elegy-



1. ábra. Belít-kristályosodás 3%  $\text{Na}_2\text{O}$  jelenlétében  
1 — alitklinker; 2 — belitklinker. Visszavert fény, 400-szoros nagyítás

kristályok képződése folyamán a  $\text{Na}^+ \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+}$  ioncsere játszódik le; a töltések kompenzálására a rácshiba még egy nátriumiont kell bevinni [13, 14] vagyis összesen két nátriumatom helyettesít egy kalciumatomot. Az oldódó nátrium- és kálium-oxidok mennyisége mindegyik ásványban elérheti az 1,5—2%-ot.

A 3% nátrium-oxid jelenlétében kialakuló alit- és belitkristályok szerkezetének sajátosságai az 1. ábrán közölt mikrofényképeken figyelhetők meg. A gyorsan hűtött alit- és belit-klinkerben a belitkristályokra a nagyon intenzív vonalkázottság jellemző; a kristályok gömbölyűek, de sokszögű ásványkristályokat is láthatunk. Az alitkristályok általában szabálytalan alakúak, nagyméretűek és kissé csipkésztettek voltak. A lassan hűtött klinkerekben a belitkristályok szintén csipkésztettek, sokszögalakúak és csipkésztettek. Az alitkristályokon a részleges szétesés nyomai mutatkoznak — lemezes  $\text{C}_2\text{S}$  kristályokból és finomszemcsés  $\text{CaO}$ -ból álló peremréteget figyeltünk meg. 0,3%  $\text{Na}_2\text{O}$  jelenlétében az alkálitartalmú belit és alit felépítésének említett sajátosságai jóval kevésbé kifejezettek voltak. 3%  $\text{Na}_2\text{O}$ -tartalmú klinkerek hosszú ideig tartó (háromszoros) égetése következtében, amelyet az alkália fokozatos elillanása kísér, megfelelő kristályos szerkezetű klinkert nyertünk.

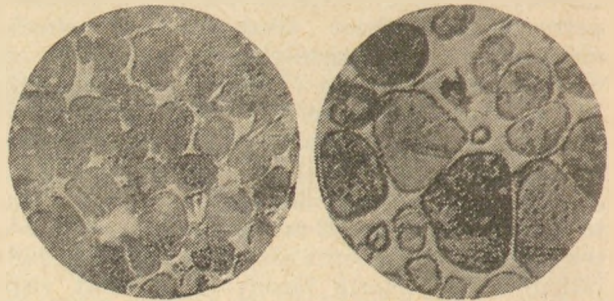
Az alkáliáknak az alit- és belitkristályok szerkezetére gyakorolt sajátos hatását azoknak a klinkereknek a vizsgálati eredményei igazolják, amelyeket az elektromos szűrőkből nyert bázikus poradalékkal készült keverékből állítottunk elő. Ezek a klinkerekben lyukacsos, zárványokat tartalmazó és erősen vonalkázott alit- és belitkristályokat tartalmaztak.

#### A foszfor-pentoxid hatása

A foszforvegyületek az agyagokban és mészkövekben fordulnak elő. A klinker szilikátásványainak képződésekor a  $(\text{PO}_4)^{3-}$  ion elfoglalhatja az  $(\text{SiO}_4)^{4-}$  ion helyét, aminek eredményeképpen az alitban és a belitben foszfortartalmú elegykristályok képződnek [15—17].  $\text{P}_2\text{O}_5$  jelenlétében a már kialakult trikálcium-szilikát és az alit felbomlik, miközben sziliko-karnotit ( $\text{C}_3\text{P}_2\text{S}$ ) vagy nagelschmidtit ( $\text{C}_2\text{P}_2\text{S}_2$ ) és szabad kalcium-oxid képződik. A  $(\text{PO}_4)^{3-} \rightleftharpoons (\text{SiO}_4)^{4-}$  helyettesítés elég könnyen lejátszódik, mert a  $\text{Si}^{4+}$  (0,39 Å) és  $\text{P}^{5+}$  (0,36 Å) ionsugarai hasonló méretűek. Az alitban és a belitben oldódó  $\text{P}_2\text{O}_5$  mennyisége 1%.

3%  $\text{P}_2\text{O}_5$  jelenlétében az alit- és belitkristályok külső alakja a következőképpen változik meg: az alitkristályok felületén repedések és zárványok jelennek meg, a kristályok szélei kissé lekerekednek, zónás jelleg mutatkozik a kristály lapjain másodlagos  $\text{C}_2\text{S}$ -ből és  $\text{CaO}$ -ból álló peremek képződnek, a belitkristályok pedig ikresedésre való hajlomot tanúsítanak, bonyolult szerkezetű összenövéseket alkotva, amelyeknek formája általában sokszögű (2. ábra). A klinker kis mennyiségű csipkésztett, gömbalakú és nagy mennyiségű, zárványos belitkristályt tartalmaz. A kristályok rácshibásága a klinkerhűtés sebességének csökkentésével nő, a  $\text{P}_2\text{O}_5$ -nak a keverékben 0,5%-ra való csökkentésekor viszont kisebb lesz.

A  $\text{P}_2\text{O}_5$ -tartalmú klinkerekben tehát az alit és a belit kristályosodásának jellege eltér az  $\text{Na}_2\text{O}$ -tartalmú klinkerekétől; foszfor jelenlétében a kristályokban kevesebb a hiba és a zárvány és bár sokszögűek, mégis szabályos alakúak.



2. ábra. Az alit és belit kristályosodása 3%  $\text{P}_2\text{O}_5$  jelenlétében  
Visszavert fény, 400-szoros nagyítás. 1 — alitklinker, 2 — belitklinker

#### A kén-trioxid hatása

A keverékbe  $\text{CaSO}_4$  formájában bevitt  $\text{SO}_3$  intenzív mineralizáló hatást gyakorol az alit kristályosodására: e vegyület jelenlétében a klinker alitkristályainak mérete még az 1 mm-t is eléri [18—20]. Eközben az  $(\text{SO}_4)^{2-}$  ion résztvesz az alitkristályok kialakulásában, az  $(\text{SO}_4)^{2-} \rightleftharpoons (\text{SiO}_4)^{4-}$  séma szerint helyettesítve az  $(\text{SiO}_4)^{4-}$  iont, amennyiben az nem elegendő.

Az  $(\text{SO}_4)^{2-}$  jelenlétében képződő alitkristályok általában szabályos hasáb- és táblaalakúak, a belitkristályok szabályos gömbalakúak. 3%  $\text{SO}_3$  jelenlétében az alitkristályok igen nagy méreteket értek el és metszetben hexagonális és háromszögalakúak voltak. A belitkristályok nagyon gyengén csipkésztettek. A kristályokban zárványok igen kis mennyiségben mutatkoznak és ezek kis pettyeket alakítottak ki. A gyorsan és lassan (8° percenként) hűtött klinkerek között különösebb eltéréseket nem tapasztaltunk. A klinker többszöri égetésekor viszont a szulfáttartalmú alitkristályok kristályvai mégis széthasadoztak.

A  $\text{CaSO}_4$ -ot alkotó, továbbá az alit és a belit képződési reakcióiban résztvevő  $\text{Ca}^{2+}$  és  $(\text{SO}_4)^{2-}$  ionok nyilvánvalóan nem csak hogy nem csökkentik, hanem bizonyos mértékig növelik is ezen ásványok kristályainak stabilitását; az elegykristályok csupán nagyon lassú hűtésekor eshetnek szét.

$\text{CaSO}_4$  jelenlétében rácshibáktól csaknem mentes alit- és belitkristályok keletkeztek. Az alit- és belit  $\text{SO}_3$ -dal alkotott elegykristályai a lehűtés után megmaradnak.

#### A magnézium-oxid hatása

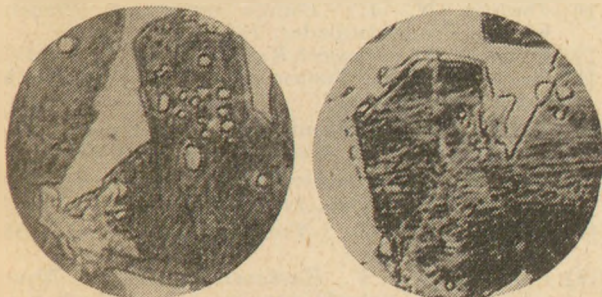
A nagy mésztelítettségű tényezőjű klinkerekben a magnézium-oxid a  $\text{C}_3\text{S}$ -tal elsősorban addíciós elegykristályt alkot [21—23]. Ebben az esetben az  $\text{Mg}^{2+}$ -ionok az ásványrács legnagyobb üregeiben helyezkednek el. A nem nagy mésztelítettségű klinkerekben lehetséges az  $\text{Mg}^{2+} \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+}$  séma szerinti ioncsere, amely a magnéziumtartalmú alit képződését eredményezi.

0,5—3%  $\text{MgO}$  jelenlétében az alit és a belit kristályosodása a gyorsan hűtött klinkerekben hátrázott. A kristályok túlnyomórészt tömörök, kevés zárványt tartalmaznak, a belitkristályokon pedig gyenge vonalkázottság látható. A magnéziumtartalmú klinkerek lassú hűtése azt eredményezi, hogy ezekben a klinkerekben nagyszámú összenövés alakul ki, amelyek szabálytalan alakúak, nagyméretűek és zárványokat tartalmaznak (3. ábra). Az alitkristályokra különösen jellemzőek a zárványok. Az egyes alitkristályok deformálódott felületi réteggel (8 mikron) rendelkeznek, amelyek más összetételű fázis képződésekor széthasadoztak. A belitkristályok a lassan hűtött klinkerben ugyancsak összenövéseket alkotnak és igen sok finomszemcsés zárványt tartalmaznak. A belitkristályok közül eközben csupán néhány hasadt szét a csipkéződés előtt. Az alitkristályokban jórészt  $\text{MgO}$  és  $\text{C}_2\text{S}$  zárványok és közbülső fázis, a belitkristályokban pedig  $\text{MgO}$  zárványok és közbülső fázis található. A magnéziumtartalmú klinkerekben gyakran tapasztalhatók gömbalakú alitkristályok és lemezes belitkristályok.

A magnézium-oxid-tartalom (3—4%-ra való) növelésekor tehát a klinkerekre kifejezett kristályos szerkezet jellemző, ha a zsugorítási hőmérsékletéről való lehűtésük gyors volt, lassú hűtéskor viszont a kristályos szerkezetre nagy mennyiségű apró zárványt tartalmazó kristályösszenövések jellemzőek.

#### A vas-oxid hatása

A klinker kristályos szerkezetére nagyobb hatása van az  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  termikus disszociációja folyamán képződő vas (II)- mint a vas (III)-oxidnak, mivel éppen a  $\text{FeO}$  az, amely a szilikátásványok rácsaiban elegykristály képződése mellett oldódni képes.



3. ábra. Az alit kristályosodása 3%  $\text{MgO}$  jelenlétében. Visszavert fény, 2000-szeres nagyítás. 1 — alitklinker, 2 — belitklinker

A  $\text{C}_3\text{S}$ -ben oldódó  $\text{FeO}$  mennyisége például az ásványrácsában jelenlevő más oldódott anyagoktól, a  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  disszociációjának fokától, továbbá a kemence atmoszféra jellegétől függ.

A  $\text{FeO}$  oldódása az alit rácsában csökkenti ennek az ásványnak a stabilitását és  $\text{C}_2\text{S}$ -re és  $\text{CaO}$ -ra való intenzív bomlását eredményezi [24—25]. Az alitbomlás foka megnövekszik, ha benne nagy mennyiségű  $\text{FeO}$  oldódása mellett a klinker égetése gyengén redukáló viszonyok között megy végbe, és a termék lehűlése lassú. Az alithan az  $\text{Fe}^{2+}$  és az  $\text{Mg}^{2+}$  egyidejű oldódása mellett az alit szétesési foka valamelyest csökken, nyilvánvalóan annak következtében, hogy mindegyik elem csökkent mennyiségben oldódik az ásványrácsban. Az  $\text{FeO}$  jelenlétében képződő alitkristályok sajátossága a  $\text{C}_2\text{S}$ -re és a  $\text{CaO}$ -ra való szétesés. A bomlási termékek különböző vastagságú peremet alkotnak az alitkristályok körül.

#### A króm-oxid hatása

A klinkerbe vitt 3% króm-oxid az ásványok kristályosodási jellegének jelentéktelen változását eredményezte. Ezekben a klinkerekben az alitkristályok sokszögűek, a belitkristályok pedig gömbölyűek voltak. A kristályok kevés zárványt tartalmaztak, szétesési jelek nem mutatkoztak rajtuk. Ugyanezen klinkerek lassú hűtésekora a végső zsugorodási termékben az ásványok másféle kristályosodását tapasztaltuk. Az alitkristályok gyakran alkotnak hosszúra nyúlt hasábokat; néhány kristálynál azonban széthasadás jelei mutatkoznak, mely az alit esetében ritkán tapasztalható. A kristályokban zárványok láthatók, amelyek beágyazásként helyezkednek el. A belitkristályok jórészt gömbalakúak és két irányban csíkozottak. A csíkozódás jellege eltér attól a csíkozódástól, amely a  $\text{Na}_2\text{O}$  és  $\text{MgO}$  tartalmú klinkerekben a belitkristályok esetében tapasztalható. Sokszögű belitkristályok is tapasztalhatók. A lassú hűtés folyamán a belitkristályok nagy része széthasadozott.

A  $\text{Cr}^{3+}$ -ionok helyettesítik az  $\text{Si}^{4+}$ -ionokat, ki tudják azonban szorítani a  $\text{Ca}^{2+}$ -ionokat is, vagyis a króm az alumíniumhoz hasonlóan az alit- és belitkristályokban kettős ioncsereére képes. Több [26—27] megállapították  $\text{Cr}^{3+}$ -ot tartalmazó sajátosságos smaragdzöld alitkristály jelenlétét.

#### A bárium-oxid hatása

A bárium-oxid kisebb hőmérsékleten reagál a savanyú komponensekkel, mint a  $\text{CaO}$ . Ez az oka annak, hogy a  $\text{Ba}^{2+}$ -ionok gyakorlatilag az összes klinkerásványban megfigyelhetők. A  $\text{Ba}^{2+}$ -ionok általában a  $\text{Ca}^{2+}$ -ionok helyére állnak a megfelelő ásványok kristályrácsaiban, helyettesítő elegykristályokat alkotva [28—31]. A képződő elegykristályok összetétele eltérő és a szilikátfázisnál például több kutató adatai szerint, általános



képlettel fejezhető ki.

A 0,5—3%  $\text{BaO}$ -t tartalmazó klinkerben a zsugorítási hőmérsékletéről való gyors lehűtésekora az

alitikristályokra a szabályos hasáb- és táblaalak, a belitikristályokra pedig gömbalakú és sokszögű forma jellemző. Az alitikristályok sok nagyméretű zárványt tartalmaznak, a belitikristályokra viszont a durva és ritka vonalkázottság és a csipkézettség jellemző; ezek közül viszont néhány szerkezeti szempontból közel áll a szétesettekhez. Sok belitikristály közbülső anyag zárványokat tartalmaz. A klinkerek lassú hűtése nem idézett elő lényeges változást az alit kristályosodásában, ha nem tekintjük a zárványok megnövekedett mennyiségét és az ásványkristályok kezdődő periférikus szétesését. Ilyen viszonyok között a belitikristályok viszont összenövésre való hajlamot mutattak. A belitikristály-összenövések elég nagy méreteket értek el. Közben néhány kristálynál vonalkázottságot és széthasadást tapasztaltunk.

#### *A stroncium-oxid hatása*

Stroncium-vegyületek jelenlétében ugyanaz az izomorf helyettesítési típus tapasztalható, mint a  $Ba^{2+}$  jelenlétében [32—33]. Ennek megfelelően gyakorlatilag hasonló ennek az oxidnak (0,5—3%) a klinkerásványok kristályosodására gyakorolt hatása is. Az alit- és belitikristályok nagyméretűek, periférikus szétesési jeleket mutatnak és erősen zónás jellegűek.

Az alitikristályok nagy számú zárványt tartalmaznak, a belitikristályok pedig csíkozottak. Nagyszámú alit-, illetve belitösszenövés tapasztalható. Az alitikristályok általában szabálytalan alakúak.

#### *A kadmium-oxid hatása*

A kadmium-oxid a klinker kristályszerkezetét más módon befolyásolja, mint a bárium- és a stroncium-oxid [28—34]. Minthogy a  $Cd^{2+} \rightleftharpoons Ca^{2+}$  ioncsere kismértékű, a kadmium-ionok nagy része a klinkerásványokkal addíciós elegykristályokat alkot; ezzel a rácshibák száma nő. 0,5—3% CdO jelenlétében, az alit- és belitikristályok úgynevezett „mikroporózus” szerkezetet nyernek, vagyis nagyszámú apró (0,5—1,0 mikron méretű) zárványt tartalmaznak. E kristályokon kívül a klinkerben még nagyméretű zárványokat tartalmazó alitikristályok és vonalkázott belitikristályok is találhatóak. Az alitikristályok sokszögűek és nagyméretűek.

#### *A titán-dioxid hatása*

A  $Si^{4+}$ , az  $Al^{3+}$  és  $Fe^{3+}$ -ionokkal ioncserébe lépve a  $Ti^{4+}$  ion valamennyi klinkerásvány rácsát deformálni tudja [35—37]. Ez az állapot a klinkerásványok kristályosodásának jellegében tükröződik.

A 3%  $TiO_2$ -t tartalmazó és a zsugorodás hőmérsékletéről gyorsan lehűtött klinkerekben az alitikristályok többsége szabálytalan alakú és rosszul formálódott lapokkal rendelkezik. A kristályok gyakran összenövéseket alkotnak, amelyekben nagyszámú apró zárvány található. A belitikristályok szabálytalan-ovális alakúak, valamint soklapúak, többségük csipkézett, némelyek pedig különálló hasábokra hasadnak szét. A lassan és

gyorsan hűtött klinkerekben az alit kristályosodása alig különbözik. A belitikristályok nagyméretű, formátlan összenövések alakjában vannak jelen, és zárványokat tartalmaznak. A kristályok többsége egy irányban vonalkázott.

0,5%  $TiO_2$ -tartalom mellett a klinkerben levő ásványok kristályosodása gyakorlatilag ugyanolyan, mint a közönséges klinkernél.

#### **A klinkerek kristályos szerkezete és a cementek hidratációs aktivitása**

Minthogy az alit- és belitikristályok formája és makrostruktúrája bizonyos mértékben összefügg a kristályrácsok felépítésével, a klinkerben levő ásványok kristályosodásának jellege alapján megállapítható a cement hidratációs aktivitása.

A Szovjetunió cementgyáraiban előállított klinkerek és cementek hosszú ideig tartó minőség-használata alapján megállapítható, hogy a legjobb cementminőséggel a klinkeralapásványok kristályainak szabályos kifejlődése jár. Ha viszont a klinkerben túlnyomó részt eltorzult vagy részben szétesett kristályok vannak jelen, az ebből a klinkerből készült cement gyengébb minőségű.

Alkáli-fémek jelenlétében erősen hasadozott alit- és belitikristályok képződnek; ezt a cementminőség rosszabbodása kíséri. A szilikátásványok rácsaiban oldódó MgO zárványokat tartalmazó kristályok képződését eredményezi; ez a kötőanyag minőségére nem is káros, de nem is segíti elő a szilárdság növekedését. A vas (II)-oxidos klinkerből készült cement minősége romlik, kis mennyiségű  $Cr_2O_3$  jelenlétében viszont javul a cement minősége. A szilikát-kristályokban oldott kis mennyiségű BaO és SrO nem tükröződik világosan a kristályok formájának változásán, és a megfelelő cement aktivitása alig változik (inkább növekszik.) A CdO beékelődésekor keletkező rácshibás kristályok nem fokozzák a rendszer hidratációs aktivitását. A  $SO_3$  és a  $TiO_2$  jelenlétében képződő kristályok aktívabban reagálnak a vízzel, mint a tiszta kristályok.  $P_2O_5$  jelenlétében a cementek szilárdsága csökken.

#### IRODALOM

- [1] Jeffery, D.: Harmadik nemzetközi cementkémiai kongresszus (oroszul) Gossztrojizdat, 1958 5—26 oldal
- [2] Nurse, R. W.: Ugyanott 27—56 oldal
- [3] Ordway, F.: Ugyanott, 57—80 oldal
- [4] Malqori, D., Cirilli, B.: Ugyanott, 81—107 oldal
- [5] Hansen, W. C.: *Journ. Amer. Ceram. Soc.*, 46, 9. sz., 1963
- [6] Toropov, N. A.: Himija cementov, (Cement-kémia), Promsztrojizdat, 1956
- [7] O'Daniel, H.: *Zement-Kalk-Gips*, 10, 5. sz. 1957
- [8] Panteleev, A. Sz., Timasev, V. V.: Szilikatü, 2. k., Gossztrojizdat, 1959
- [9] Bokij, G. B.: Vvedenie v krisztallohimiju, (Bevezetés a kristálykémiaiba), Izd. MGU, 1960
- [10] Butt, Ju. M., Timasev, V. V.: Naucsnuje szoobscsenija NIICementa, 11, 1961, 19—27 oldal
- [11] Lopatnikova, L. Ja.: *Trudü NIICementa*, 18, 1963 75—86 oldal
- [12] Volkonszkij, B. V., Haskovszkaja, A. P.: Novoe v himii i tehnologii cementsa, (Újdonságok a cement technológiájában és kémiájában), Gossztrojizdat, 1962 74—81 oldal

- [13] Yamaguchi, G., Uchikawa, H.: *Zement-Kalk-Gips*, 14, 11. sz., 1961
- [14] Yamaguchi, G., Uchikawa, H., Kawamuza, S.: *Journ. Cer. Ass. Jap.*, 70, 99 1962
- [15] Toropov, N. A., Boriszenko, A. I.: *Cement*, 10—13. 1954
- [16] Newman, T. S., Wells, S. S.: *Journ. Res. Nat. Bur. of Stand.* 36, 137—138, 1946
- [17] Sejkin, A. E., Szlobodcsikova, Sz. A.: *Naucsnyü: szoobszcsenija NIICementa*, 14, 1962
- [18] Budnikov, P. P., Kuznecova, I. P.: *Naucsnyü: szoobszcsenija NIICementa*, 43, 1961
- [19] Okorokov, Sz. D., Golinko-Volfszon, Sz. L.: *Novoe v himii i technologii cementa*, (Újdonságok a cement technológiájában és kémiájában), Goszsztrojizdat, 1962 82. oldal
- [20] Ragozina, T. A., Ahmedov, M. A.: *Uzbekskij himicseszkijsz zszurnal*, 1962 2. sz.
- [21] Locher, F. W.: *Zement-Kalk-Gips*, 13, 9. sz. 1960
- [22] Rojak, Sz. M., Nagerova, E. I.: *Trudü NIICementa* 10, 1957 39. oldal
- [23] Malinin, Ju. Sz., Klisanie, V. D., Rjazin, V. P.: *Trudü NIICementa*, 17, 1962
- [24] Volkonszkij, V. V.: *Avtoreferat disszertacii*, Leningrád, 1961
- [25] Voermann, E. B.: *Negyedik Nemzetközi Cementkémiai Kongresszus (oroszul) Sztroizdat*, 1964., 108—119 oldal
- [26] Toropov, N. A.: *Trudü vtorogo szoveszsaniija po ekszperimetalnoj mineralogii i petrografii*, *Izd. AN SZSZSZR*, 1936, 261—270 oldal
- [27] Beljankin, D. Sz., Ivanov, B. V.: *Izvesztija akademii nauk SZSZSZR, Otd. tehn. nauk*, 1938 53—90 oldal
- [28] Zsuravlev, V. F.: *Himija vjazsuscsh veszsasztv*, (A kötőanyagok kémiája), Goszhimizdat, 1951
- [29] Holin, I. I., Entin, Z. B., Malinin, Ju. Sz.: *Naucsnyü: szoobszcsenija NIICementa*, 1961 10. sz. 24.
- [30] Braniszki, A. V.: *Ekszpressz-informacija*, razdel „vjazsuscshie v-va”, 1961 12. sz.
- [31] Butt, Ju. M., Timasev, V. V., Ramankulov, M. R.: *Trudü MHTI im D. I. Mendeleeva*, 41, 129—137 oldal 1963
- [32] Fedorov, N. F.: *Avtoreferat disszertacii*, 1963
- [33] Butt, Ju. M., Ramankulov, M. R., Szkvorcova, L. P.: *Trudü MHTI im D. I. Mendeleeva*, 46, 38—41 oldal 1964
- [34] Butt, Ju. M., Timasev, V. V., Rmankulov, M. R.: *Szb. „Himija i himicseszkaia technologia”*, 2, 267—277 oldal 1964
- [35] Ersov, L. D.: *Vüszokoprocshü cementü*, (Nagy-szilárdságú cement), Gosztehizdat, USZSZR, 1952
- [36] Szücssev, M. M., Korneev, V. I.: *Cement* 1964 5. sz. 3—5 oldal
- [37] Kukolev, G. V., Melnik, M. G.: *Cement*, 1956 1 sz. 16—19 oldal.

Butt, Ju. M.—Timasev, V. V.: Segédanyagok hatása portlandcement-klinkerek alit- és belit-tartalmának kristályosodására.

Alitnak és belitnek megfelelő szintétikus kiindulási keverékekhez 0,5 és 3,0%-nak megfelelő  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{BaO}$ ,  $\text{SrO}$  és  $\text{CdO}$ -ot kevertünk; a keveréket tablettázva 1 órán át  $1450^\circ\text{C}$ -on

égettük, és lassan ( $8^\circ$  percenként), illetve gyorsan (levegőn) hűtöttük. A kiégetett termékeket mikroszkóp alatt megvizsgálva megállapítottuk az adagolt oxidok hatását az alit és belit kristályosodására. A leggyakoribb jelenségek az elegykristály-képződés és a zárványképződés. A kristályok torzulása és szétesése a klinker minőségét rontja. Cementminőség szempontjából legkedvezőbb a kismennyiségű  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SO}_3$  és  $\text{TiO}_2$ .

Ю. М. Бутт—В. В. Тимашев: Влияние добавок на кристаллизацию алита и белита в портландцементном клинкере.

Образцы из синтетических исходных смесей, соответствующих по составу алиту и белиту, с добавкой 0,5 и 3,0% соответственно  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{BaO}$ ,  $\text{SrO}$  и  $\text{CdO}$ , подвергались обжигу при  $1450^\circ\text{C}$  в течение 1 часа и медленно ( $8^\circ/\text{мин}$ ) или же быстро (воздушно) охлаждению.

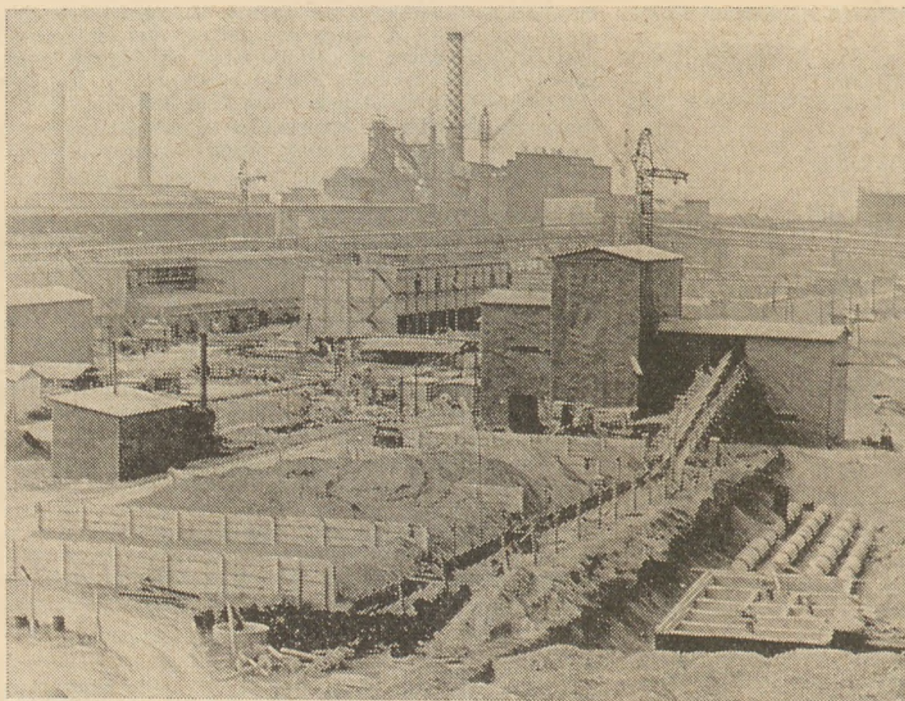
При испытании обожженных образцов под микроскопом было установлено влияние добавок на кристаллизацию алита и белита. Наиболее частым явлением является образование смешанных кристаллов и включений. Искажение кристаллов и их распад снижает качество клинкера. С точки зрения качества цемента наиболее благоприятными являются небольшие количества добавок  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SO}_3$  и  $\text{TiO}_2$ .

Butt, Ju. M.—Timasev, V. V.: Die Einwirkung von Hilfsstoffen auf die Kristallisierung des Alit- und Belitgehalts von Portlandzementklinkern.

Dem synthetischen Ausgangsgemisch, das dem Alit und Belit entspricht, wurden  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{BaO}$ ,  $\text{SrO}$  und  $\text{CdO}$ , und zwar im Mengenverhältnis 0,5 und 3,0% beigegeben. Das tablettierte Gemenge hat man 1 Stunde auf der Temperatur  $1450^\circ\text{C}$  gebrannt und langsam ( $8^\circ$  in der Minute), resp. rasch (auf freier Luft) abgekühlt. Vermöge mikroskopischer Untersuchung wurde die Einwirkung der beigegebenen Oxyde auf die Kristallisation des Alits und Belits untersucht. Die meist feststellbaren Erscheinungen waren: die Entstehung von Mischkristallen und Einlagerungen. Deformation und Zerfall der Kristalle vermindert die Klinkerqualität. Hinsichtlich auf die Qualität des Zements wirkt ein Zusatz von kleineren Mengen  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SO}_3$  und  $\text{TiO}_2$  am vorteilhaftesten ein. (S. G.)

Butt, Ju. M.—Timasev, V. V. (Butt, Yu. M.—Timashev, V. V.): The Role of Additives upon the Crystallization of Alite and Belite in Portland Cement Clinkers

0.5 and 3.0% of  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{BaO}$ ,  $\text{SrO}$  and  $\text{CdO}$  were added to synthetic raw batches corresponding to the composition of alite and belite. The pelletized mixtures were fired at  $1450^\circ\text{C}$  and cooled quickly and slowly ( $8^\circ\text{C per min}$ ). Fired products were investigated under the microscope. Most common phenomena caused by additives are the formation of solid solutions and of inclusions. Distortion and decomposition of alite and belite crystals reduce the quality of the clinker. Cement quality can be improved by adding a low amount of  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SO}_3$  and  $\text{TiO}_2$ .



1. ábra  
A betongyár fényképe

## 700°-ig használható különleges tűzálló beton

VALENTA, DUŠAN  
Hydrostav Vállalat Kutató Részlege  
Csehszlovák Köztársaság

A kassai Kelet-szlovákiai Vaskohászati Üzem építése során egyes szerkezetekhez különleges tűzálló beton kidolgozása vált szükségessé. Az új anyag előállításánál eddig nem alkalmazott technológiát használtunk. Munkánk során 14 000 m<sup>3</sup> tűzálló betont állítottunk elő, melynek garantált tűzállósága 600—700°. Ezenkívül nagyobb mennyiségű 400°-ig használható betont is előállítottunk. Az eljárás előnye, hogy legnagyobb mértékben az építéshely közvetlen közelében található nyersanyagokra van csak szükség.

A tűzálló beton kötőanyaga 10% aktív puzzolánt tartalmazó portlandcement; ezenkívül finomszemcsés aktív erőműpernyét is adagoltunk. Az adalékanyag andezit-zúzalék, melynek granulometriai összetételét pontosan beállítottuk. Az előállító üzem fényképe az 1. ábrán látható.

Az egyes andezit-frakciókat lebetonozott tárolótéren elkülönítve tároltuk, majd szállítószalaggal juttattuk a megfelelő silókba. A silók alatt DV-210 típusú, síneken mozgó mérleg található; ennek segítségével mértük az egyes adalékanyag-frakciókat, majd a betonkeverőgépet adagolókosarába juttattuk. A poralakú nyersanyagok (cement és pernye) az építéshelyre különleges vagonokban érkeznek és zárt acélsilókban tárolhatók. A por-silókból a betonkeverőgépet adagolókosarába AVC 150 P jelű automatamérleg juttatja a kötőanyagot. A vizet úszó típusú mérőtartállyal adagoljuk.

A Cyklon-1000 típusú betonkeverőben egyszerre 0,66 m<sup>3</sup> beton készül. Nyolc órás műszakot

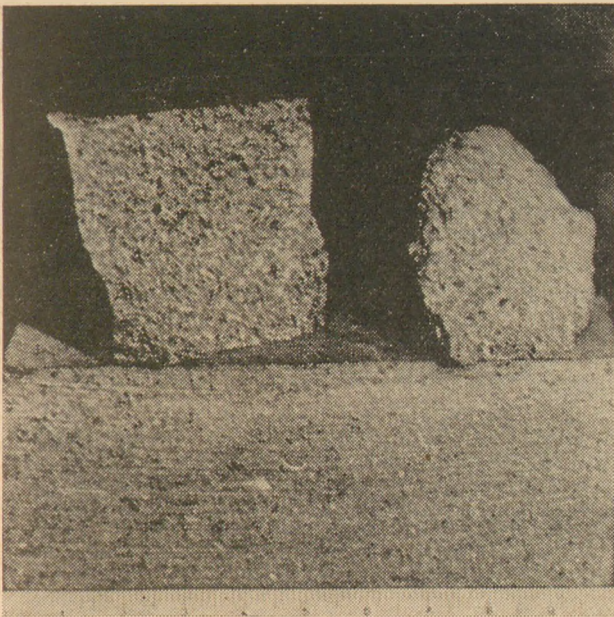
feltételezve műszakonként kb. 50 m<sup>3</sup> tűzálló betont készíthető.

A nyers betonkeverék különleges betonszalító autókkal kerül az építkezés színhelyére; a betonkeveréket torony- vagy portáldaru viszi a zsálatba.

A beton összetételénél alapvetően fontos, hogy a jó bedolgozhatóságot még a legkedvezőtlenebb építési körülmények között is biztosíthassuk. A bedolgozásra 8400 rezgés/perc frekvenciájú vibrátort használtunk. Ilyen körülmények között az andezit-frakciók alábbi megoszlása bizonyult legegyszerűbbnek:

3 mm szitán áthullik	22%
8 mm szitán áthullik	50%
18 mm szitán áthullik	80%
25 mm szitán áthullik	100%

Az andezit mint a földtörténeti újkorból származó kiömlési kőzet, Szlovákiában eléggé elterjedt. Általában az andezitet 700°-ot meg nem haladó igénybevétel esetén tűzállóbeton alkotórészeknek megfelelőnek tekintik; azt tapasztaltuk azonban, hogy az egyes lelőhelyek kőzetanyaga között ilyen szempontból meglehetősen nagy a különbség. Így pl. a magloveci andezit már 200—300° körül már teljesen szétesik a  $\beta$ -risztobalit  $\alpha$ -krisztobalittá történő átalakulása következtében. Ez az átalakulás nagy térfogatnövekedéssel jár, mely a minták széteséséhez vezet. Magloveci andezit-adalékanyaggal készült betonminta fényképe a 2. ábrán látható.



2. ábra. A magloveci andezitből készült próbatetek szét-  
esése

Ugyancsak nem használható betonadalékként az olyan andezit, mely nagyobb mennyiségű kalcedont tartalmaz; ez esetben ugyanis a  $\beta$ -kvarc  $\alpha$ -kvarcá váló átalakulása 573°-on veti szét a mintát (3. ábra). A kalcedon-tartalom azonban csak bizonyos határ felett káros; ezt a határt eloszlása is befolyásolja.

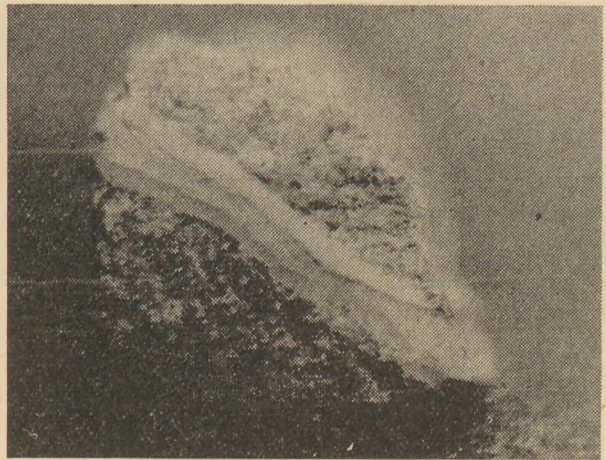
Ugyancsak rossz az erősen mállott andezit. A limonitosodott vagy kaolinitedett andezit szilárdsága nem megfelelő, és gyakran már egész kis erőhatásra szétesik.

Az elmondottak alapján nagy gondot kellett fordítani a megfelelő andezit-adalékanyag kiválasztására: a mineralógiai összetétel mikroszkópos vizsgálata ehhez hasznos útbaigazítást ad.

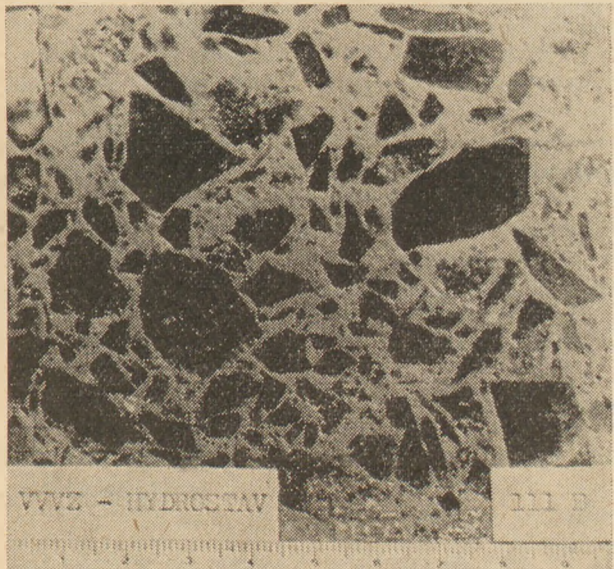
A pernyét hidraulikus kiegészítő anyagként adagoltuk azzal a céllal, hogy a portlandcement hidratációja során keletkező szabad mészet megkösse. Differenciális termikus elemzés segítségével megállapítottuk, hogy a szabad mésztartalmat a pernye valóban nagy mértékben csökkenti: rezgőmalomban utánőrölt pernye a 28 nap múlva mérhető szabad mésztartalmat a pernye nélküli mintához képest negyedrészére csökkentette. Az építéshely közelében nagy erőművek működnek, a pernye beszerzése tehát nem okozott gondot.

A betonösszetétel és konzisztencia gondos ellenőrzésével olyan tűzálló betont sikerült nagyüzemileg előállítanunk, mely az érvényes csehszlovák szabványokat messze meghaladja: a szabvány ugyanis a hőterhelés utáni maradék szilárdságot minimálisan 30%-ban írja elő; az általunk előállított B-170 minőségű beton a 600°-os hőkezelés után 73%, és 700°-os hőkezelés után 50% maradék szilárdságot mutatott. Az eredmények egy részét az 1. táblázat mutatja. A táblázat eredményei több száz minta átlagára vonatkoznak.

A tűzálló beton mikroszerkezetét a 4. ábra hőkezelés előtt, az 5. ábra hőkezelés után mutatja. A



3. ábra. Kalcedon-tartalmú andezit



4. ábra. Az előállított tűzálló beton szerkezete



5. ábra. Az előállított tűzálló beton szerkezete hőkezelés után

1. táblázat

Tűzálló beton 1964. évi ellenőrző vizsgálatainak eredményei

Megnevezés	Hőkezelés előtt		Hőkezelés után	
	28 nap	90 nap	600°	700°
Átlagos nyomószilárdság, kp/cm <sup>2</sup> .....	248	254	171	135
Maradék nyomószilárdság, % .....	—	—	69	53
Variációs együttható .....	0,165	0,152	0,149	0,193
Homogenitási együttható .....	0,60	0,74	0,58	0,54
Legkisebb mért nyomószilárdság, kp/cm <sup>2</sup> .....	170	184	125	85
Legnagyobb mért nyomószilárdság, kp/cm <sup>2</sup> .....	371	354	232	209

2. táblázat  
Tűzálló beton műszaki tulajdonságai

Vízfelvétel	6,4%	Térf. súly	2,18 g/cm <sup>3</sup>
Látsz. porozitás	13,9%	Tűzállóság	1020°C
Terhelés alatti tűzállóság 1200°C		Maradó lineáris térfogatváltozás 600° két óra után	+ 0,14%
Hőtágulás, 100°	+ 0,20%		
400°	+ 0,90%		
600°	+ 1,10%		

beton műszaki tulajdonságai a 2. táblázatból olvashatók le.

Az eredmények azt mutatták, hogy a nyersanyagok gondos kiválasztása, a betonösszetétel és betontechnológia állandó ellenőrzése és a munka minden szakaszának laboratóriumi vizsgálata lehetővé teszi jó minőségű, 600—700°-ig tűzálló beton gazdaságos előállítását.

Valenta, Dušan : Специальный бетон с огнеупорностью 700°C

Valenta, Dušan : Spezieller Beton, hitzebeständig bis 700°C

Valenta, Dušan : Special Refractory Concrete up to 700°C

## Az Országos Műszaki Könyvtár és Dokumentációs Központ a Budapesti Nemzetközi Vásáron

Az idei Nemzetközi Vásáron nagy érdeklődésre tarthat igényt az OMKDK pavilonja, nemcsak a műszaki kiadványok, folyóiratok és könyvek megnövekedett számával és igényesebb kivitelével, hanem a dokumentáció meglepően fejlődő feladatainak ellátására vonatkozó megoldástervezeteivel is.

Ez utóbbi témáról dr. Osztrovszky György, az OMFB elnökhelyettese informálta a szakajtó képviselőit a május 9-én megtartott sajtótájékoztatón. A dokumentáció ez idő szerint már mintegy évi 20 000 szakkönyv, 2,5 millió folyóiratcikk, százazrekre menő kutatási tanulmány és szabadalmi leírás közlemény-tömegével bír-

kózik, tetézve avval a nehézséggel, amit az jelent, hogy ez az áradat 50—60 nyelven jelenik meg.

Kétségtelen, hogy a műszaki irodalom rohamosan növekvő áradata elé semmiféle szempont szerint végrehajtott selejtezés sem képes gátat emelni. A dokumentáció feladatának csak a gépesítés, sőt csak az automatizálás bevezetésével, illetve fejlesztésével felelhet meg.

A kiállítási pavillon központi anyaga éppen az idevonatkozó adatokat és tervezeteket tárja fel.

E. I.

# Termelőkenységtervezés módszerei a szilikátiparban

CSIZMEG LAJOS  
Építésügyi Minisztérium

## I. A termelőkenységtervezés továbbfejlesztésének szükségessége

A gazdasági élet fejlődése szükségszerűen állítja a gazdasági egységek vezetői elé azt a feladatot, hogy minden területen a lehető és az adott viszonyok között elérhető leghatékonyabb módszereket alkalmazzák a termelő szervezetek irányítása során.

A termelőerők fejlődése „kinövi” a gazdaságirányítási kereteket, a régi módszerek nem biztosítanak megfelelő hatékonyságot. Egymás után jelentkeznek minden szinten azok a tényezők, amelyek a gyorsütemű fejlődést akadályozzák. A gyakorlati élet során törekedni kell ezek elhárítására, és a tervgazdálkodás érvényben levő rendszerével összhangban levő módszereket kell keresnünk ezek kiküszöbölésére.

A szilikátiparban az utóbbi években egyik legfontosabb feladatként jelentkezett a munkatermelékenység és a munkaerő-szükséglet előirányzását szolgáló módszerek továbbfejlesztése. A termelőkenység tervezése és mérése az utóbbi 1—2 évtől eltekintve kizárólag értékmutató alapján történt. A teljes temelési érték alapján képzett mutatók a szilikátipar területén sem fejezik ki a munkatermelékenység változását elősorban azért, mert a termékek áráránya sok esetben nem tükrözi az időráfordításokat, és így a gyártmányösszetétel változása erősen torzítja a termelőkenység alakulását.

Ez a tény szükségszerűen megköveteli, hogy további előrelépést tegyünk a termelőkenység tervezésénél. Ezt támasztja alá a gazdaságosság fokozásának feladatán túlmenően az a tény is, hogy a szilikátipar számos területén munkaerőhiány mutatkozik, amelyet a meglévő munkaerő hatékonyabb felhasználásával is csökkenteni lehet. A munkaerő-ellátás vonatkozásában a helyzet javulásával nem számolhatunk, sőt figyelembe kell venni a népgazdaság egyéb területeinek bizonyos fokú elszívó hatását is, elsősorban olyan területekről, ahol nem biztosított az egész éves egyenletes foglalkoztatás, vagy ahol még dominál a nehéz fizikai munka (pl. téglá- és cserép-termelés, mészgártás, kőbányászat).

## II. A termelőkenységtervezés jelenlegi módszere a szilikátiparban

A termelőkenységtervezés területén a közelmúltban (1964.) történt bizonyos előrehaladás, amikor a korábbi általánosságban alkalmazott egy főre jutó termelési értékmutató helyett a homogén iparágaknál természetes módszerrel irányozták elő a termelőkenységet, az alábbi termékekre:

### *Tégla- és cserépipar*

- téglagyártás fajlagos munkaóra-szükséglete óra/1000 db
- cserépgyártás fajlagos munkaóra-szükséglete óra/1000 db.

### *Cement- és mészipar*

- cementgyártás fajlagos munkaidő-szükséglete óra/t,
- égetettmész-gyártás fajlagos munkaidő-szükséglete óra/t.

### *Kő-kavicsipar*

- zúzottkő és ipari mészkőtermelés fajlagos munkaidő-szükséglete óra/t,
- kavicstermelés fajlagos munkaidő-szükséglete óra/m<sup>3</sup>.

A természetes mutatók ilyen szűkkörű alkalmazása még nem jelent kielégítő megoldást, ezért szükséges e módszert a homogén iparágak azon termékeire is kiterjeszteni, amelyek volumenükben jelentősek. A nagyszámú terméket előállító ún. heterogén iparágakban (üveg- és finomkerámia-ipar) szintén kívánatos a jelenleg alkalmazott érték termelőkenységi mutató helyett — vagy mellett — természetes jellegű mutató alkalmazása.

Ezen iparágak homogén jellegű gyárainál a természetes egységre jutó munkaidő-ráfordítás megfelelő biztonsággal meghatározható, és dinamikusan vizsgálva a mutatók alakulását az pontosabban tükrözi a valóságos termelőkenység változást, mint az értékben kifejezett termelőkenység.

Jelenleg az a helytelen gyakorlat érvényesül, hogy az irányítás különböző szintjein azonos módszert alkalmaznak a tervezésnél, illetve a mutatók értékelésénél. Így pl. a minisztérium megtervezi és jóváhagyja egy-egy iparágára vonatkozóan az egy munkásra és alkalmazottra jutó termelési érték mutatóját, az iparág ugyanezt a módszert követi a vállalat részére, illetve a vállalat, a gyár (üzem) részére kialakítandó tervszámánál. A mutató megtervezésének alapjául általában az előző időszak bázisadata szolgál, jobb esetben 1—2 év fejlődését is figyelembe véve. Így a feladat meghatározásának mértéke, illetve annak viszonylagos pontossága jelentős mértékben függ a tervjavaslatot összeállítók, illetve jóváhagyók szakmai ismeretétől.

### *A termelőkenységtervezés módszerének fejlesztése*

A jelenlegi gyakorlat gyökeres megváltoztatása megfelelő előkészítés nélkül nem lehetséges, mert az sok esetben még jelentős többletmunka árán sem hozna pontosabb eredményt a mainál. Fejlődést ezen a téren fokozatosan lehet csak elérni.

Célszerűnek látszik olyan gyakorlat kialakítása, amely a különböző szinteken folyó termelőkenység tervezésnél nem kívánja meg azonos módszer alkalmazását. Az átszervezés során létrehozott nagyvállalatoknak — figyelembe véve az egyes iparágak szakmai adottságait — jelentős szerepük van atekintetben, hogy a saját területükre vonatkozóan meghatározzák az egyes gyáraknál,

szükséges munkaerő megfelelő szakmai összetételben és területi elosztásban rendelkezésre álljon.

Az utóbbi évek tapasztalatai arra hívták fel a figyelmet, hogy a biztosított létszámkeretet egyes területeken, különösen egyes időszakokban, a termelő szervezetek nem tudták feltölteni, s így létszámihiány akadályozta a termelési feladatok megvalósítását.

Ezen tapasztalatok alapján szükségesnek látszik, hogy a tervkészítés során munkaerő-mérleget készítsenek a gazdasági szervek. A munkaerő-mérleg készítésénél mélyrehatóan elemezni kell az egyes területeken az elmúlt évek során szerzett munkaerő-gazdálkodási tapasztalatokat. Különös tekintettel kell lenni az érintett területeken létező azon állandó jellegű munkaalkalmakra, amelyek az idényjellegű termelő üzemek munkaerő-ellátását befolyásolhatják. A szilikátipar egyes termelő üzemeinél az idényszerűség miatt a munkaerő-szükséglet erősen hullámzik. Ez legnagyobb mértékben a téglaiiparban érezhető, ahol pl.

január hónapban az éves átlagos létszám 67 százalékát

július hónapban az éves átlagos létszám 121 százalékát

foglalkoztatják. Ilyen nagymértékű létszámingadozás esetén az országos foglalkoztatottság javulása mellett fokozott gondot jelent a szükséges munkaerő biztosítása. Az égetettmész-termelést egyes üzemeknél megfelelő munkaerő hiánya miatt több esetben nem tudták biztosítani annak ellenére, hogy a szükségletek a termelő berendezések által elérhető maximális termelést indokolták volna.

*Csizmeg Lajos: Termelékenységtervezés módszerei a szilikátiparban.*

A termelékenységtervezés jelenleg alkalmazott módszerénél részletesebb számítási módszer kidolgozására vonatkozó általános irányelvek kerültek összefoglalásra különös tekintettel a meglévő adottságokra.

A javasolt módszer rövid idő alatt bevezethető és alkalmas a termelékenységtervezés megfelelő megalapozására, továbbfejlesztésére. Az állandóan szűkülő munkaerő-források megkövetelik, hogy a termelés fejlesztéséhez szükséges munkaerő-szükségletet a termelőszövetkezetek elsősorban belső tartalékból fedezzék. A terme-

lékenységi tartalékok feltárása és minél jobb kihasználása fontos tényezője a termelőtevékenység gazdaságosságának javítása szempontjából, amely további gyors előrehaladásunk kulcskérdése.

*Л. Чизмег: Методы планирования производительности труда в силикатной промышленности.*

В статье обобщаются общие директивы разработки нового метода расчета планирования производительности труда, с учетом имеющихся возможностей.

Предлагаемый метод может быть в течение короткого времени внедрен в практику, и пригоден для соответствующего обоснования и развития планирования производительности труда.

Постоянно убывающие источники рабочей силы ставят перед производственными кооперативами задачу обеспечения рабочей силой за счет собственных внутренних ресурсов. Раскрытие этих ресурсов и их лучшее использование является важным фактором с точки зрения повышения производительности труда.

*Csizmeg, Lajos: Methoden der Produktivitätsplanung in der Silikatindustrie.*

Es werden die allgemeinen Richtlinien zusammengefaßt in Bezug auf eine eingehendere Rechenmethode als die zur Zeit bei der Produktivitätsplanung angewandte ist. Es werden dabei die konkreten Gegebenheiten besonders berücksichtigt.

Die Vorgeschlagene Methode kann kurzerhand eingeführt werden, sie bietet hinreichende Grundlage zur Produktivitätsplanung und zum weiteren Entwickeln derselben. Das dauernde Versiegen der Quellen der Arbeitskräfte erfordert, daß der beim Fördern der Produktion unentbehrliche Bedarf an Arbeitskraft aus den inneren Reserven der Produktionsgenossenschaften gedeckt werde. Der Aufschluß der Reserven und die bessere Ausnutzung sind wichtige Faktoren betreffend der Wirtschaftlichkeit, deren Förderung eine Schlüsselfrage der weiteren Entwicklung darstellt. (S. G.)

*Csizmeg, Lajos: Methods of Productivity Planning in the Silicate Industries*

General principles of productivity planning, giving more detailed computation methods are discussed with special regard to present conditions. The recommended method can be easily introduced and is suitable to support and develop productivity planning. The lack of trained personnel makes the use of internal reserves imperative. The prospecting and better utilization of hidden reserves is an important factor to improve production economics.

LAPUNK PÉLDÁNYONKÉNT MEGVÁSÁROLHATÓ:

V., VÁCI UTCA 10.

V., BAJCSY ZSILINSZKY ÚT 76. SZÁM ALATTI

H Í R L A P B O L T O K B A N

# Üveglasztó kemencék hőszigetelése

GLASER, WALTER  
Didier-Művek, Wiesbaden, NSZK

Minden iparágon, ahol jelentős méretű kemencéket üzemeltetnek, arra törekszenek, hogy az üzem közben felszabaduló, a költségeket jelentősen megemelő hővesztéseket a minimálisra csökkentsék. Ezért mind az üveg-, mind a téglá- és cementiparban keresik az utat ennek a jelentős hőmennyiségnek a csökkentésére.

Üveglasztó kemencéknél különösen a boltozat sugároz nagy mennyiségű hőt. A kemencébe vezetett hőmennyiség 10—12%-a vész el szigeteletlen boltozatokon. Kielégítő szigeteléssel ennek a sugárzó veszteségnek 35—65%-a megtakarítható. A szigetelés anyaga és munkaköltségei jelentéktelenek, és e költségek már az üzemmenet néhány hete után amortizálódnak.

Az üveglasztó kemence boltozatának szigetelésével elérhető gazdaságosság több tényezőtől függ. Szerepet játszik a boltozat belső hőmérséklete, a boltozat vastagsága, a szigetelőtégla minősége és az, hogy a szigetelést egy, két vagy esetleg három rétegben rakják fel.

300 mm vastag szilikatégla-ból készült boltozat hővesztéseit négyféle belső hőfok mellett az 1. ábra mutatja. Az ábrán az „a” jelzés a szigetelés nélküli boltozat hővesztését, a „b” jelzés egyrétegű, a „c” jelzés kétrétegű és a „d” jelzés háromrétegű szigetelésre vonatkozik. Az első réteg kvarcit nyersanyagot tartalmaz, térfogatsúlya 1,2—1,3 és alkalmazási határa 1550°C. A második réteg samott nyersanyagokat tartalmaz, térfogatsúlya 1,0—1,1 és alkalmazási határa 1350°C. A harmadik réteg szintén samottot tartalmazó szigetelőtégla, térfogatsúlya 0,7—0,8 és alkalmazási határa 1300°C.

Általában csak új boltozat szigetelhető.

A szigetelés sikere az alábbi tényezőktől függ:

- a kívánt szigetelési hatástól,
- a kemence olvasztóterében uralkodó hőmérséklettől,
- A kemence szerkezeti felépítésétől,
- A kemenceégők típusától, kivitelétől és beállításától, valamint a lánghossztól,

e) a keverék porzási mértékétől, vagyis a szállópor alkáli mennyiségétől,

f) az olvasztandó üveg fajtájától.

Kádkemence boltozatának szigetelésénél előfeltétel a megfelelő minőségű szilikatégla, az alkalmazott habarcs alumíniumoxidtól való mentessége, és hogy az egyes téglák közötti fugák minimálisak legyenek. A hőszigetelés következtében a szilikatboltozat belső felületén a hőmérséklet 8—15°C-szal emelkedik. Egyidejűleg a boltozat külső hőmérséklete is jelentősen nagyobb lesz. Normális esetben, szigetelés nélkül ez az érték 240 és 360°C között van, viszont szigetelt boltozatoknál — a szigetelés módjától függően — 680 és 1280°C közötti hőmérsékletre megy fel. A szigetelőréteg alatt ezért a boltozat gyakran vörösén sugárzó. Szigetelésre alkalmas szilikával szembeni követelmények a következők:

a) a kvarc alkotórész messzemenő, és egyenletes átalakulása és 1490°C-on, az utánnövekvés csaknem teljes megszűnése;

b) nagy nyomás alatti tűzállóság ( $T_a = 1680^\circ\text{C}$ )

c) alacsony falysúly (2,52—2,34);

d) kismértékű gázáteresztő képesség (nyitott pórusok 20—23%)

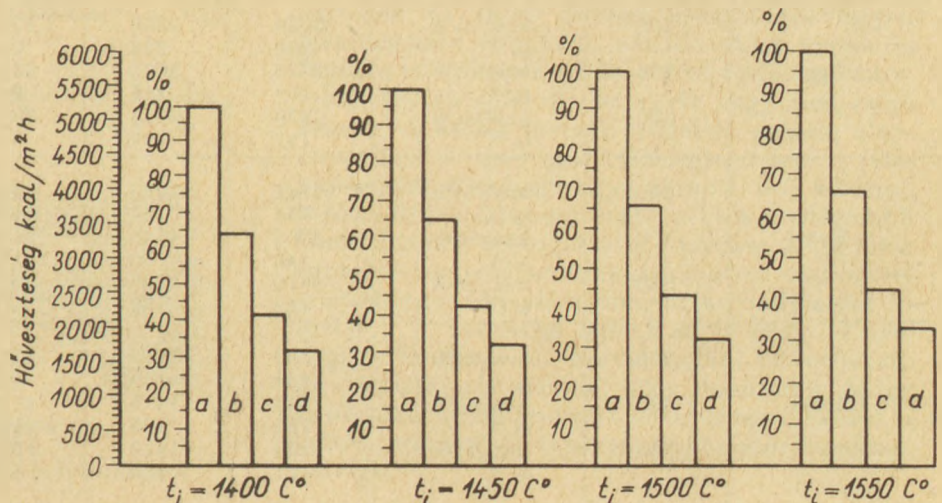
e) kis mérettűrés ( $\pm 2\%$ )

Különleges esetekben a mérettűrésen belül, utólagos kalibrálással ki lehet választani a közel azonos mérettűrésű téglákat, amelyekkel a száraz boltozat rakása, és a szoros fugaképzés lehetővé válik.

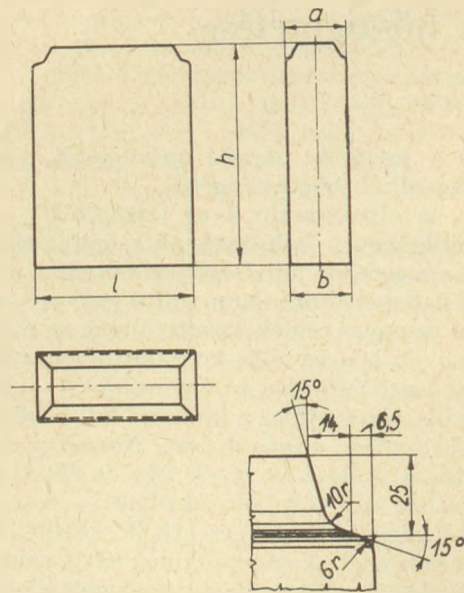
Tömör boltozat kivitelezése megköveteli, hogy a szilikatégla-k falazására nagy gondot fordítsanak. Üveglasztó kemencék boltozatának falazására háromféle módszert alkalmaznak:

a) száraz falazást. Ez esetben kis mérettűrésű, kalibrált téglákra van szükség, az egymáshoz illesztéshez a téglákat össze kell válogatni;

b) vakolókanalas módszert. Ennél többnyire széles fugák keletkeznek. Ez a módszer alkalmas arra, hogy a szilikatégla-k méreteltéréseit ha-



1. ábra. Szilikatégla-boltozat hővesztése különböző hőmérsékleteken



2. ábra. Szilika-ídomtégla intenzívebb tömítési lehetőség céljaira

barccsal ki lehessen egyenlíteni. A széles fugák azonban növelik a boltozat korai tönkremenésének veszélyét.

c) mártó és mázoló módszert. A téglákat először vízzel nedvesítik, majd utána híg habarcsba mártják. A híg habarcsot ecsettel is fel lehet hordani. Ennél az eljárásnál az egyszer lerakott téglák utólagos javítása nem lehetséges.

A szilikaboltozat és az első szigetelő réteg közötti érintkező felületen fellépő nagy hőmérsékletre tekintettel egyrészt a boltozat tömítettségé-

nek, másrészt az első szigetelő réteg jó tulajdonságainak van nagy jelentősége. A kívánt jó tömítést el lehet érni, ha a boltozat külső felületét utólag habarccsal kenik le 3 mm vastagságban. A tömítés még intenzívebbé tehető, ha a szilikatéglát a 2. ábra szerint formázzák. A téglá felső szélén körös-körül lesarkítás van, a kész boltozaton pedig a 25 mm mély üregeket habarccsal kitöltik.

A szigetelés felrakása akkor ajánlatos, amikor a felfűtés folyamán a boltozat belső felületén kb.  $700^\circ\text{C}$  uralkodik. Ebben a stádiumban éri el a szilikaboltozat a legnagyobb tágulást. Hideg állapotban is felrakható a szigetelés, ha a kemence boltozati fegyverzete rugós válltartókkal van felszerelve, a hideg felrakás azonban nem terjedt el, mert így a boltozat növekedését a felfűtés alatt nehezebb ellenőrizni, és a tömítőréteg sem kenhető fel.

A felfűtés ideje alatt  $700^\circ\text{C}$ -ig a szilikaboltozatra — annak egyenletes felmelegedése céljából — szokásos provizórikus szigetelés elhelyezése is. E célból a boltozatot egy 40—80 mm vastag, horganyzott drótháló közé erősített, üveggypapot paplannal fedik le. Ily módon a fugák külső része jobban zárul, és az erős résképződés elkerülhető. Ha szigetelés nélkül a rés 0,5 mm, üveggypapot paplannal szigetelt boltozaton 0,05 mm szélességű.

Ha a boltozat belső felülete elérte a  $700^\circ\text{C}$ -t, a paplant szakaszosan le kell szedni, a boltozatot pedig a szennyeződésektől és üvegszál-hulladékoktól letisztítani. Erre a műveletre a porszívó igen alkalmas. A megtisztított boltozatra azután vödörrel habarcsot öntenek, és azt seprővel elegyengetik.

Az első szigetelőréteget szárazon, a vállkövektől elkezdve kell kvarcit alapú szigetelő téglákkal

1. táblázat

Falhővesztések és falhőfokok kádboltozatokon

Szigetelőréteg	Falvastagság, mm	Mértékegység	Hővesztések és külső hőfokértékek, ha a belső hőfok, $^\circ\text{C}$				
			1200	1300	1400	1500	1600
Nines	250	kcal/m <sup>2</sup> h	4955	5490	6080	6680	7280
		$t_a$ $^\circ\text{C}$	289	305	322	340	357
	300	kcal/m <sup>2</sup> h	4225	4710	5205	5705	6225
		$t_a$ $^\circ\text{C}$	261	276	289	303	317
	350	kcal/m <sup>2</sup> h	3700	4095	4525	4955	5400
		$t_a$ $^\circ\text{C}$	240	254	268	283	297
Egy	250	kcal/m <sup>2</sup> h	3030	3365	3760	4165	4580
		$t_a$ $^\circ\text{C}$	209	223	238	252	268
	300	kcal/m <sup>2</sup> h	2725	3035	3350	3720	4095
		$t_a$ $^\circ\text{C}$	198	211	223	238	252
	350	kcal/m <sup>2</sup> h	2490	2765	3055	3360	3700
		$t_a$ $^\circ\text{C}$	187	199	210	223	236
Kettő	250	kcal/m <sup>2</sup> h	1845	2085	2330	2595	2855
		$t_a$ $^\circ\text{C}$	154	167	176	189	200
	300	kcal/m <sup>2</sup> h	1705	1945	2195	2435	2620
		$t_a$ $^\circ\text{C}$	146	160	172	184	190
	350	kcal/m <sup>2</sup> h	1610	1830	2030	2240	2455
		$t_a$ $^\circ\text{C}$	142	152	162	175	182
Három	250	kcal/m <sup>2</sup> h	1390	1575	1760	1935	2160
		$t_a$ $^\circ\text{C}$	134	139	144	159	169
	300	kcal/m <sup>2</sup> h	1335	1475	1655	1835	2050
		$t_a$ $^\circ\text{C}$	126	135	146	156	164
	350	kcal/m <sup>2</sup> h	1250	1410	1580	1750	1910
		$t_a$ $^\circ\text{C}$	121	130	139	149	157

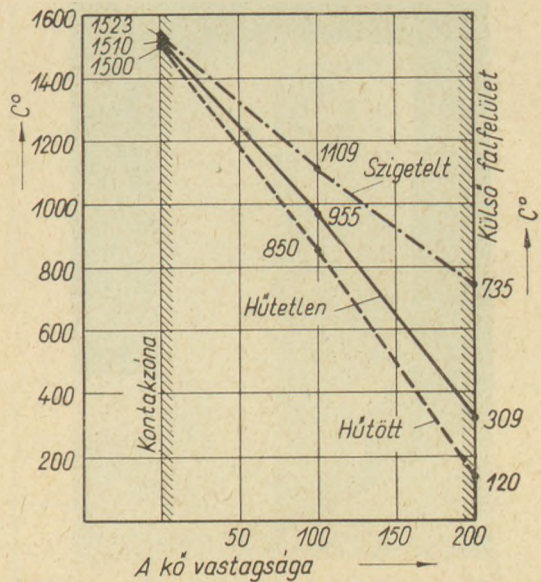
felrakni. A boltozat tetején, középen egy téglasor az utólagos hőtágulások felvételére nyitva marad. Ezt a nyitott hézagot akkor zárjuk le, amikor a kemencetér az üzemi hőmérsékletet elérte. A második és esetleg harmadik sort teljesen hasonló módon kell lerakni, ügyelni kell azonban arra, hogy az egyes téglasorok fedése kötésben legyen. Az elkészült szigetelést végül egy kb. 10 mm vastag habarcsréteggel kenik le. Ennek a habarcsnak kemény páncélzatot kell képezni, hogy megakadályozza a keverékpor behatolását a fugák közé, és hogy lehetővé tegye a boltozaton való járást.

Az 1. táblázat áttekinthetően összefoglalja az olvasztókád összes boltozati hőveszteségeit mind szigetelés nélkül, mind egy-, két- és háromrétegű szigeteléssel, 250, 300 és 350 mm vastag boltozatokra vonatkozóan.

A hőtágulási hézagok helyeit az egyes boltozati részek között, valamint a mérő téglaidomok helyét nem szabad szigeteléssel eltakarni. Célszerű azokat kónikusán kiképezni, és a felfűtés után szilika téglával külön letakarni. A hőtágulási hézag- és mérőhely-téglákat célszerűen úgy lehet kiválasztani, hogy azok a mellettük levő szigetelőrétegből kiemelkedjenek, miként azt a 3. ábra szemlélteti. Ha a kemence égőinek boltozata a főboltozathoz henyúlik, célszerű a kiváltó boltozatnál a szigetelést elhagyni, mert ily módon a meleg túlterhelés káros hatása elkerülhető. A szigetelés határa egy kb. 5 mm-es lemezből képezhető ki, és ehhez illeszthető a kiváltó téglaboltozat, ahogy azt a 4. ábra mutatja.

Fazekas kemencék boltozatának szigetelésénél rendszerint csak egy sor lapos kvarcit alakú téglát használnak.

A nagyteljesítményű üveglvasztó kemencék építésének fejlődése arra vezetett, hogy az olvasztókád oldalkövei túlnyomóan öntött kádkövekből készülnek. Az öntött kádkövek sűrűsége nagyobb mint a samott kádköveké, aminek következtében hővezető képességük is nagyobb. Tehát öntött kád-

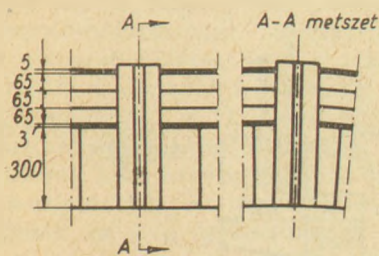


5. ábra. Hűtetlen, hűtött és szigetelt kádkő hőfokessége

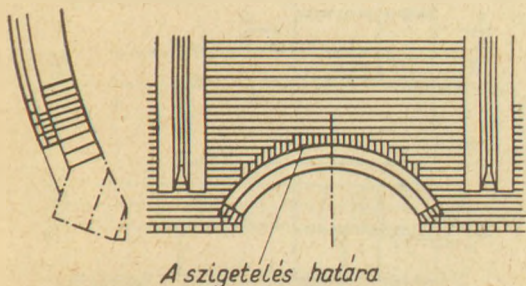
kövekből épített kád hővesztesége sugárzás útján jelentősen nagyobb. Ennek csökkentésére a kádköveket szigetelik. Az a feltevés, hogy az öntött kádkövek hőszigetelése a kövek elhasználódását növeli, téves. Egy szintelen üveglvasztó kád egyik oldalán a 300 mm vastag öntött kádköveket szigetelés nélkül, szabadon hagyták, míg másik oldalán az azonos vastagságú öntött köveket kétrétegű szigeteléssel látták el. A kemence 25 hónapos üzemeltetése után a korrózió mindkét oldalon csaknem azonos volt. A kemence élettartama a szigetelés következtében nem változott, és a szigetelés hatása csak a kemence kedvezőbb hőszükségletében mutatkozott.

Egy hűtetlen, egy hűtött és egy szigetelt öntött kádkő hőfokessését az 5. ábrán látjuk.

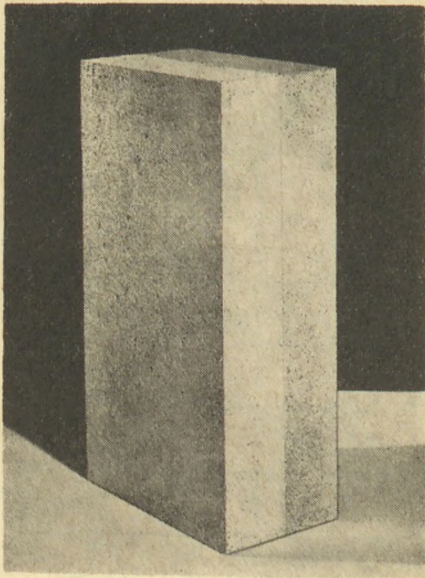
Ha öntött kádkövet szigetelünk, az üvegszinttől a fenépig fellépő hőmérsékleteseztől függően az üvegszint alatt egy bizonyos részt szigeteletlenül kell hagyni. Ez a szigeteletlen rész fehérüveges kemencéknél 200 mm és színesüveg kemencéknél 150 mm. Úgyisintén a függőleges és vízszintes fugákat is szigetelés nélkül kell hagyni, hogy azok a szigetelés megbontása nélkül megfigyelhetők legyenek és adott esetben levegőhűtés legyen alkalmazható. Ugyanez vonatkozik a vízszintes fugákra is. Célszerű, ha az öntött kádkövek szigetelése két rétegből áll, az egyik nagy tömörségű samott, a másik könnyű szigetelő samott alapanyagú. A 6. ábra egy különlegesen erre a célra kidolgozott kétrétegű lapot ábrázol. Jól felismerhető a sötétebb kemény samott (b) és a világosabb könnyű samott (a) szigetelő komponens. A két réteg egymással szilárd keramikus kötésben van, mivel közösen egy formában dögölték, szárították és égették. A kétrétegű lapnak az is nagy előnye, hogy a kövekről üzemszavar nélkül eltávolítható és visszarakható anélkül, hogy összetörne, és így az üzemi ellenőrzést lehetővé teszi. Ezeket a kettős hőszigetelő lapokat megtalált lapoknak nevezik.



3. ábra. Mérőtégla-idomok elhelyezése a boltozaton

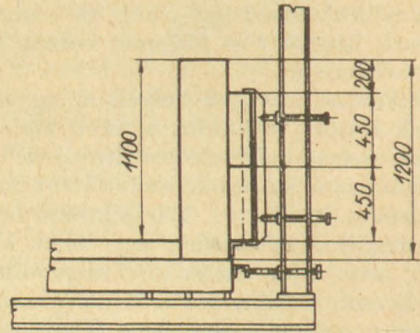
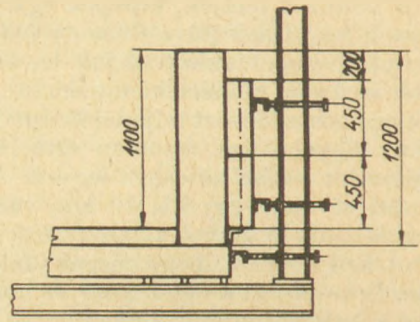


4. ábra. A szigetelés határa az égőboltozaton



6. ábra. Megtalpalt szigetelő kádkő: a — samottalapú, b — kvarcitalapú réteg

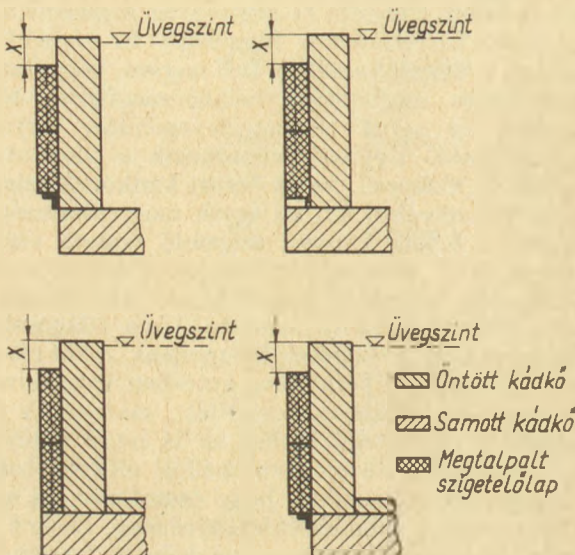
A megtalalt lapokat úgy kell elhelyezni, hogy az öntött kádkő felületével a samottos oldal érintkezzék. Ha a kádfenekköveket külön fenéklap borítja, a kádfenekő és az oldalkő közötti fuga veszélytelenül szigetelhető. A szigetelés különböző változatait a 7. ábra vázolja megtalalt hőszigetelő lapokkal. E lapokat szögvasra, téglalapra vagy a kiugró fenékkőre lehet elhelyezni. Ha a megtalalt lapokat téglalapra helyezik, az oldalkő és a téglalap között levegő csatorna hagyandó. A megtalalt szigetelő lapokat kellő nagyságú nyomólemezzel vagy szögvas segítségével nyomják a kádkőhöz a 8. ábra szerint. A megtalalt lapok vastagsága egyrészt a kádoldalkő és a vasszerkezet közötti rendelkezésre álló helytől, másrészt a kívánt hőszigetelő hatástól függ. Az együttes vastagság 120, 150, 180 és 200 mm. A szigetelőlap szélességi mérete 20 mm-rel kisebb, mint a szigetelő kádkő szélessége. A szigetelés magassága



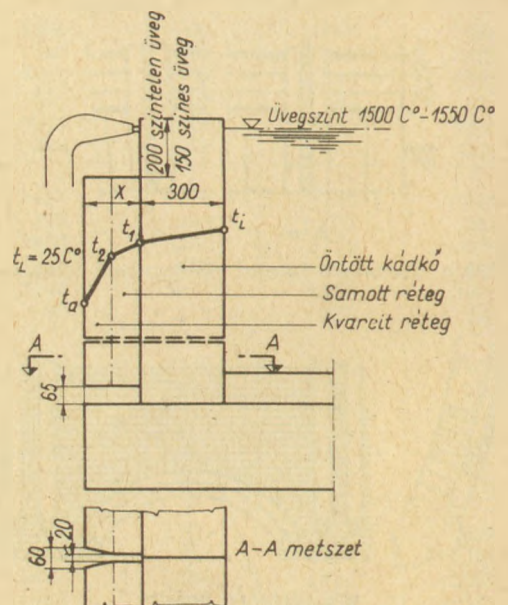
8. ábra. Megtalpalt szigetelő lapok felerősítése

az üvegszinttől és a kádfenek szigetelési módjától függ. Általában 800 mm magas oldalkő szigetelése szintelen üveg olvasztókádnál 535 mm, színes üveg olvasztókádnál 585 mm, ha a kádfenek borítás nincs. Kádfenek borítása esetében ez az érték 600 illetve 650 mm.

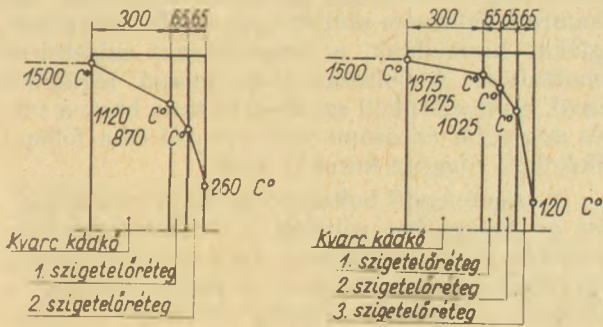
A megtalalt lapok egyszerű és könnyű cserélési lehetősége üzem közben lehetővé teszi a kádkövek gyors ellenőrzését. A lapok hidegjavítás után is felhasználhatók. A megtalalt hőszigetelő lapok alkalmazásával az energia-megtakarítás 4—5% kö-



7. ábra. Kádkő szigetelése megtalalt lappal



9. ábra. Megtalpalt lapok szigetelési hatása



Falvesztés  $q = 3000 \text{ kcal/m}^2\text{h}$     Falvesztés  $q = 1140 \text{ kcal/m}^2\text{h}$

10. ábra. Kvarckádkő szigetelésének hatása

rül van. A szigetelés alkalmazásának hatását a 2. táblázat adja meg, amelynek jelölései a 9. ábrán láthatók.

2. táblázat

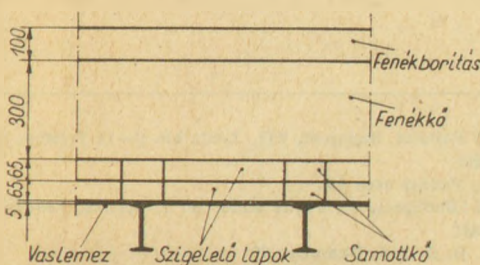
Megtalált lapok hőmérséklete és hőmennység-csökkentése

Vastagság, mm	$t_i$ °C	$t_1$ °C	$t_2$ °C	$t_a$ °C	Kcal/m <sup>2</sup> h
Nem szigetelt	1450	—	—	424	10 792
120	1450	1123	936	239	3 717
150	1450	1164	961	223	3 245
180	1450	1200	985	202	2 870
200	1450	1220	1000	198	2 646

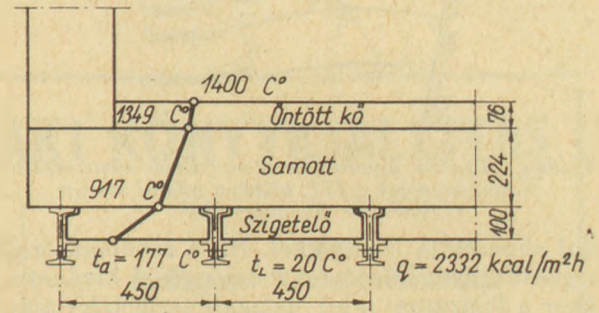
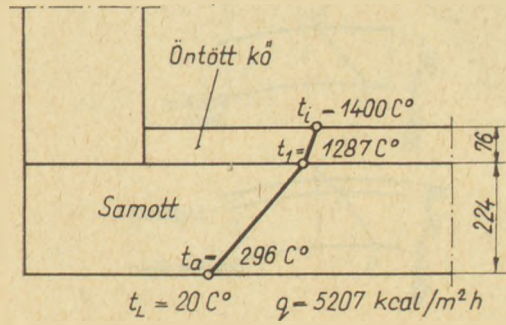
Kvarckádkövek teljes magasságukban szigetelhetők, a szigetelés a teljes üzemidő alatt megmarad. Ha a kvarckádkő 1100°C feletti tartós hevítés hatására elüvegtelenedett, kvarcit bázisú szigetelőréteget raknak fel, majd azt egy második, samottalapú szigetelőréteggel borítják. A szigetelés hatására bekövetkező hőfokok a 10. ábrán láthatók.

Az olvasztókád fenekének szigetelésénél azt vesszük tekintetbe, hogy annak hővesztése azonos a kemenceboltozatéval. A kádfenek hőszigetelésénél alapvető feltétel, hogy a csiszolt fenékövekre öntött fenéklapok kerüljenek. A szigetelés megfelelő megoldását a 11. ábrán látjuk. A kádkövek tartóira két sor samott normál téglák kerülnek, és a téglasorok közé kerülnek 5 mm vastag tartólemezen a szigetelő lapok. A szigeteléssel elért hőmérsékleteket és a hővesztésüket a 12. ábra mutatja.

A kemence alapépítményének szigetelésénél regeneratív kamráknál csak azokat a részeket lehet

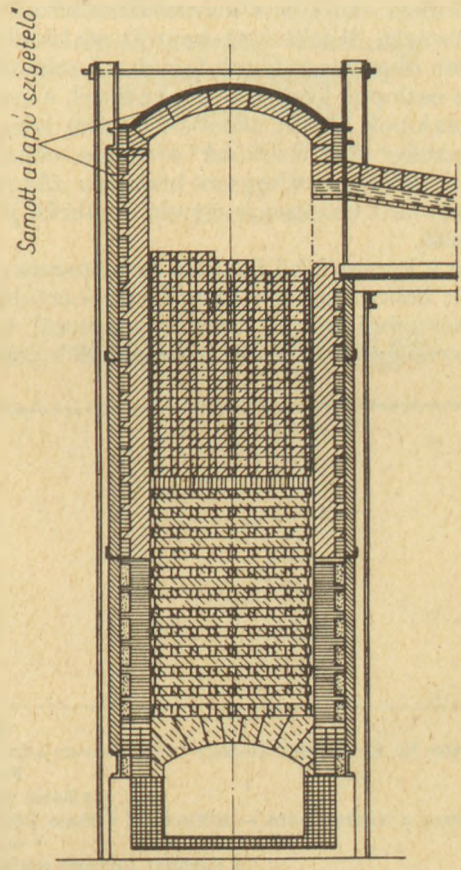


11. ábra. Kádfenek szigetelése

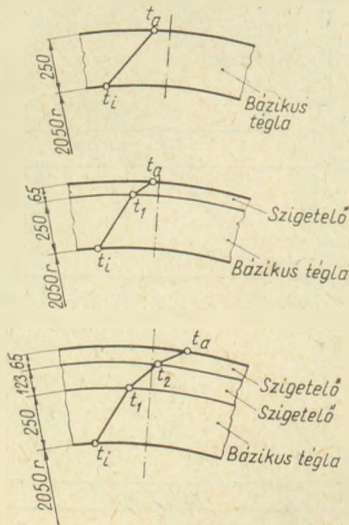


12. ábra. Kádfenek szigetelésének hatása

szigeteléssel ellátni, amelyek szerkezeti szempontból arra lehetőséget adnak. Rekuperatív kamráknál a szigetelés döntő tényezője a belépő füstgázak hőmérséklete. Ha ez alacsony, akkor a lehúzó járatokat csak kis mértékben kell szigetelni, pél-



13. ábra. Kamrafal és kamraboltozat szigetelése



14. ábra. Bázikus kamraboltozatban fellépő hőmérsékletek és hőveszteségek a III. táblázat adatai szerint

dául alumínium lemezekkel. Ha a rekuperátornál magasabb füstgázbelépési hőmérséklet kívánatos, akkor a falazatnál a legvastagabb szigetelés ajánlatos. Lényeges továbbá a regeneratív kamrák boltozatának hatékony hőszigetelése.

Mai irányzat, hogy a kamrarács felső része, a felső kamrafal és a kamraboltozat bázikus téglából készüljön. Ebben az esetben — eltérően a szilikaboltozat alkalmazásától, — az egyes részeket erősebben kell szigetelni. A 13. ábrán a teljes kamrafalat 375 mm vastagságban egy szigetelőréteg borítja, amelyet a kamrafalhoz tűzálló kittel ragasztottak. A felhúzott kamrát statikailag merőlegesen idomvaszlopok fogják. A szigetelő téglafal az oszlopok között helyezkedik el, a szigetelés és az oszlopok között azonban 50 mm hézag van. A szigetelés stabilitásának növelése céljából az oszlopok közé merőlegesen bizonyos távolságokban szögvasat erősítenek, amely az ábrán jól megfigyelhető.

Ha a kamra felső falazata és boltozata szilika, akkor a boltozatra egy rétegű kvarcirtalmú szigetelőanyagból készült normáltégla kerül, tetejére habarcsréteggel. A kamrafalazatot előnyösen 125

mm vastag kvarcittégla falazattal szigetelik. Ha a kamra felépítésére samott vagy timföld tartalmú téglákat használnak, a kamrafalazat szigetelése samottalapú, a boltozat kvarcitalapú téglákból készül. Szem előtt kell azonban tartani, hogy a túl-erős szigetelés az üzemi viszonyoktól és a fellépő hőfokoktól függően káros is lehet.

A szigetelendő boltozat egyenletes felmelegedése és hőtágulása céljából a boltozatszigetelés első sorát, annak letisztítása után, ajánlatos hideg állapotban szárazon felrakni. A téglák felrakása a vállkötőtől a boltozat tetejéig történik, a tetőn egy téglasor nyitva marad. Az üzemi hőmérséklet elérése után, a boltozat közepén az utolsó sort elhelyezik és végül az egész szigetelést tűzálló kittel lekenik.

A 14. ábra mutatja a bázikus kamraboltozatban fellépő hőmérsékleteket a 3. táblázat segítségével, amely a hőveszteségek értékeit is megadja.

3. táblázat

Bázikus kamraboltozat hőmérsékletei és hőmennyiségei

Szigetelés	$t_i$ °C	$t_1$ °C	$t_2$ °C	$t_a$ °C	Kcal/m <sup>2</sup> h
Nincs	1400	—	—	399	10 383
	1500	—	—	412	10 878
Egy	1400	1016	—	212	3 169
	1500	1069	—	221	3 403
Kettő	1400	1174	664	144	1 656
	1500	1243	701	153	1 825

Összefoglalva a fentieket, megállapítható, hogy az üveglvasztó kemencék falazata által leadott hőveszteség, amely a bevezetett hő 60—70%-a, hőszigeteléssel jelentősen csökkenthető.

Glaser, W.: Üveglvasztó kemencék hőszigetelése.

В. Глазер: Теплоизоляция стеклоплавильных печей.

Glaser, W.: Wärmeisolierung von Glasschmelzöfen.

Glaser, W.: Insulation of Glassmelting Kilns

É P Í T Ő A N Y A G

Főszerkesztő: Dr. Korach Mór. Szerkesztő: Hinsenkamp Alfréd — Kiadja a Lapkiadó Vállalat, Budapest, VII., Lenin krt. 9—11 Telefon: 221-285

Felelős kiadó: Sala Sándor

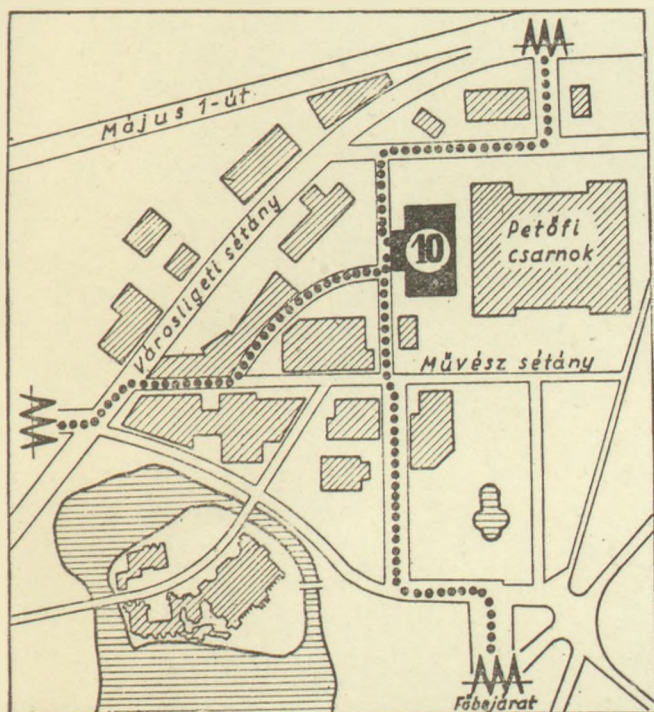
66.5., 918 Révai Nyomda, Budapest, V., Vadász utca 16.

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: „Kultura” P. O. B. 149. Budapest 62

Előfizetési díj: ¼ évre 18,—Ft; félévre 36,—Ft; egyes szám ára: 6,—Ft. — Csekk számlaszám egyéni 61.252; közületi: 61.066 vagy átutalás az MNB 8. sz. folyószámlájára

## VII. NEMZETKÖZI MŰSZAKI KÖNYVKIÁLLÍTÁS



⑩ NEMZETKÖZI MŰSZAKI KÖNYVKIÁLLÍTÁS

1966 május 20—30. között

a

Budapesti Nemzetközi Vásár  
10. számú pavilonjában

•

Anglia, Bulgária, Csehszlovákia,  
Egyesült Államok, Hollandia, Jugoszlávia,  
Lengyelország, Magyarország,  
Német Demokratikus Köztársaság,  
Német Szövetségi Köztársaság,  
Románia és a Szovjetunió  
kiadóinak legújabb  
műszaki könyveit  
és folyóiratait  
állítjuk ki.

•

MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ

# MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ

## ÚJDONSÁGOK:

*Dr. Talabér József szerk.:*

**CEMENTIPARI KÉZIKÖNYV**

750 oldal, 410 ábra, kve. 129,— Ft.

*Hodorov, E. I.:*

**CEMENTKLINKER ELŐÁLLÍTÁSÁNAK  
KORSZERŰ TECHNOLÓGIÁJA**

164 oldal, 31 ábra, fve. 16,— Ft.

*Czagány István:*

**A BUDAVÁRI PALOTA ÉS A SZENT GYÖRGY  
TÉRI ÉPÜLETEK**

194 oldal, 214 ábra, kve. 35,— Ft.

*Dr. Havas Judit—Kocsis Ferenc:*

**KORSZERŰ ÉPÍTÉSSZERVEZÉS**

164 oldal, 47 ábra, fve. 20,— Ft.

*Lewicki, Bohdan:*

**LAKÓHÁZAK ÉPÍTÉSE ELŐREGYÁRTOTT  
NAGYELEMEKBŐL**

588 oldal, 522 ábra, kve. 99,— Ft.

*Palotás László szerk.:*

**MÉRNÖKI KÉZIKÖNYV 5. kötet**

1216 oldal, 1255 ábra, kve. 180,— Ft.

*Sámsondi Kiss Béla:*

**SZÖVETSZERKEZETES ÉPÜLETEK**

160 oldal, 106 ábra, kve. 61,— Ft.

*Szentkirályi Zoltán—Détszy Mihály:*

**AZ ÉPÍTÉSZET RÖVID TÖRTÉNETE**

3. javított kiadás

536 oldal, 1260 ábra, kve. 76,— Ft.

*Twarowski, Mieczyslaw:*

**NAPFÉNY ÉS ÉPÍTÉSZET**

176 oldal, 372 ábra, kve. 65,— Ft.

## A KÖZELJÖVŐBEN MEGJELENIK:

*Makkos Alajos—Sasfi Imre:*

**ÉPÍTŐIPARI ANYAGMOZGATÓ GÉPEK**

Ipari Szakkönyvtár

kb. 400 oldal, fve kb. 24,50 Ft,

kve. kb. 26,— Ft.

*Timoshenko, S.—Weinowsky-Krieger, S.:*

**LEMEZEK ÉS HÉJAK ELMÉLETE**

kb. 580 oldal, kve. kb. 100,— Ft.

*Volkonszkij—Konovalov—Makarev:*

**MINERALIZÁTOROK A CEMENTIPARBAN**

kb. 180 oldal, kve. kb. 35,— Ft.

*Szapozsnyikov, M. Ja.:*

**VASBETONSZERKEZETEK ÉS HŐSZIGETELŐ  
PANELEK GYÁRTÓ BERENDEZÉSEI**

kb. 210 oldal, kve. kb. 40,— Ft.

Beszerezhető:

**AZ ÁLLAMI KÖNYVTERJESZTŐ VÁLLALAT  
KÖNYVESBOLTJAIBAN**

*Hír Alajos:*

**ÉPÍTŐK ZSEBKÖNYVE**

kb. 720 oldal, kve. kb. 50,— Ft.

Szakkbolt:

Budapest, XI., Bartók B. út 15.  
**TECHNIKA KÖNYVESBOLT**

# MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ