302.935

ÉPÍTŐANYAG

A SZILIKÁTIPARI
TUDOMÁNYOS EGYESÜLET
FOLYÓIRATA

7

XX. ÉVFOLYAM · BUDAPEST 1968. JÚLIUS

2

A mész- és cementipar, az üvegipar-, a finomkerámia-, a tégla-, cserép- és kő-kavicsipar tudományos szakirodalmi folyóirata

*

Főszerkesztő:
Dr. Talabér József

*

Felelős szerkesztő:
Dr. Hinsenkamp Alfréd

*

Szerkesztő bizottság:
Dr. Beke Béla
Dr. Déri Márta
Erdély Imre
Dr. Grofcsik János
Dr. Knapp Oszkár
Dr. Kovács Róbert
Kudelka Dénesné
Lenkei György
Magyar István
Dr. Soltész Gáspár
Szabó Elek
Szentmártony Gusztáv
Dr. Tamás Ferenc
Dr. Tóth Kálmán

*

Szerkesztőség:
Budapest V., Szabadság tér 17
Telefon: 124-438

*

Kiadja:
Lapkiadó Vállalat,
Budapest VII.
Lenin körút 9—11
Telefon: 221-285

*

Felelős kiadó:
Sala Sándor

Megjelenik havonként

Terjeszti a Magyar Posta. — Előfizethető a Posta Központi Hírlap Irodánál (Budapest V., József nádor tér 1. Telefon: 180-850) és minden postahivatalnál. A folyóirat külföldre előfizethető: „Kultúra" P. O. B. 149. Budapest 62. Előfizetési díj: ¼ évre 22,50.— Ft; félévre 45 — Ft; egyes szám ára: 7,50,— Ft. — Csekkszámlaszám egyéni 61.252; közületi 61.066 vagy átutalás az MNB 8. sz. folyószámlájára

68.7., 7426 Révai Nyomda, Budapest V., Vadász utca 16. F. v.: Povárny Jenő

Index: 25,250

A SZILIKÁTIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

TARTALOM

Korach M.—Fülöp J.: Az alagútkemencék egy hőtechnikai effektusáról ... 245
Zagyvai I.: Az Építőanyagipari termelésnövekedés és tényezőinek vizsgálata korszerű matematikai módszerekkel ... 253
Ragozina, T. A.—Ahmedov, M. A.: A kalcium-szulfát hatása a klinkerégetés során lejátszódó ásványképződési folyamatokra ... 259
Gémesi J.—Szőllősi J.: Üvegolvasztó kádak áramlási viszonyainak vizsgálata rádioizotópokkal ... 264
Figus, W.: Alumíniumszegény különleges cementek előállításának fizikai-kémiai feltételei ... 270
Könyvismertetés ... 275
Bernolák B.—Udvardi M.: Az elektronsugaras röntgenmikroanalizátor a szilikátipari anyagvizsgálat új műszere ... 276
Egyesületi élet ... 277
Korelova, A. J.: A P_2O_5 adalék hatása a litiumszilikát-üveg kristályosodására, valamint a kristályos termék szerkezetére és egyes mechanikai tulajdonságaira ... 278
A világ szilikátiparáról ... 283
Külföldi Lapszemle ... 284

СОДЕРЖАНИЕ

Корах, М.: О теплотехническом эффекте туннельных печей ... 245
Задьваи, Имре: Исследование роста производства и влияющих на него факторов в области строительных материалов с помощью современных математических методов ... 253
Рагозинат, Т. А.—Ахмедов, М. А.: Влияние сульфита кальция на ход минералообразовательных процессов при обжиге цементных смесей ... 259
Гемеши, И.—Сэллеши, И.: Исследование режимов течения в стекольных ваннах с помощью радиоактивных изотопов ... 264
Фигуш, В.: Физико-химические условия получания специальных малоалюминатных цементов ... 270
Бернолак, Бела—Удварди, Миклош: Микроанализатор рентгеновский — новый аппарат для изучения материалов силикатной промышленности ... 276
Корелова, А. И.: Влияние добавок P_2O_5 на кристаллизационную способность литиевосиликатного стекла и на структуру и некоторые механические свойства продуктов его кристаллизации ... 278

INHALT

Korach, M.—Fülöp, J.: Über einen thermotechnischen Effekt bei Tunnelöfen ... 245
Zagyvai, I.: Die Untersuchung der Produktionssteigerung und deren Faktoren in der Baustoffindustrie mittels matematischer Methoden ... 253
Ragosina, T. A.—Achmedow, M. A.: Einfluß des Kalziumsulfats auf den Vorgang der Mineralbildung beim Brennen von Zementmischungen ... 259
Gémesi, J.—Szőllősi, J.: Die Untersuchung der Strömungverhältnisse in Glasschmelzwannen mit Hilfe von Radioisotopen ... 264
Figus, W.: Die physikalisch-chemischen Bedingungen der Fabrikation von aluminatarmen Spezialzementen ... 270
Bernolák, B.: — Udvardi, M.: Elektronenstrahl-röntgenmikroanalysator, neues Instrument der Stoffuntersuchung in der Silikatindustrie ... 276
Korelova, A. I.: Effekt von P_2O_5 additiven auf die Kristallisierungsmöglichkeit und den Aufbau von Litium-Silikat-Glas. Einige mechanischen Eigenschaften der Glaskristallisationsprodukte ... 278

CONTENTS

Korach, M.: A power engineering effect of tunnel kilns ... 245
Zagyvai, I.: Investigation of Production Increase and its Affecting Factors by op-to-date Mathematical Methods ... 253
Ragozina, T. A.—Akhmedov, M. A.: The influence of calcium sulfate on the mineral formation process in cement mix firing ... 259
Gémesi, J.—Szőllősi, J.: Investigation of the flow rates of glass melting tanks by means of radioactive isotopes ... 264
Figus, W.: The phyco-chemical conditions of the production of special aluminate-poor cement types ... 270
Bernolák, B.—Udvardi, M.: Electron Microprobe Analysis, a New Tool for Silicate Examination ... 276
Korelova, A. I.: Effect of P_2O_5 additives on the crystallization and structure of lithium silicate glasses-mechanical properties of glass crystallization products ... 278

ÉPÍTŐANYAG

20. ÉVFOLYAM, 7. SZÁM

Az alagútkemencék egy hőtechnikai effektusáról

KORACH M., FÜLÖP J.
MTA Műszaki Kémiai Kutató Intézete, Budapest

1.

A MTA Műszaki Kémiai Kutató Intézetében egy modellkemencében kísérletsorozatot [1] végeztünk annak kivizsgálására, hogy kis léptékben és szigorú laboratóriumi körülmények között igazolódnak-e azok az üzemi és elméleti eredmények az ún. „szendvics"-égetésre vonatkozólag, amelyekről több publikációban [2 és 4] beszámoltunk. A kísérletek minőségi és mennyiségi bizonyítékát szolgáltatták előző megállapításaink helyességének. Ezen felül sikerült a szokványosnál gyorsabb tolási sebességeknél fellépő eltolódást a kemencetér legmelegebb helye és a maghőmérséklet maximumhelye között — amit a maghőmérséklet „hiszterézisének" neveztünk el — mennyiségileg meghatározni és ugyanakkor számítani is.

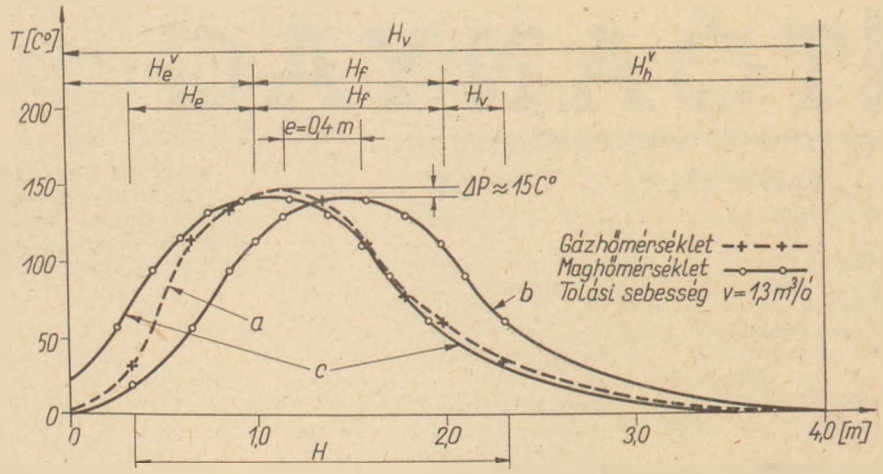
Miután ez az effektus a hagyományos nagy keresztmetszetű alagútkemencéknél elhanyagolható, a szakirodalom eddig ezzel nem foglalkozott. A probléma azonban nyomban érdekessé vált, amikor a szendvicskemencében történő égetésnél a hagyományosnál tízszer is gyorsabb melegedést sikerült elérni, és így a tolási sebességet is mintegy tízszeresre fokozni.

A klasszikus, 50 m-től 150 m-ig terjedő hosszúságú alagútkemencékben a rakomány viszonylag nagy szelvénye és magassága miatt az égetési idők hosszúak: a hőkezelendő rakomány és a kemenceméretek függvényében 2,5—10,0 nap között változnak. Ilyen körülmények között, vagyis a legfeljebb 1 m/ó sebességgel haladó rakomány esetében a rakomány felületének és magjának hőmérsékletgörbéi erősen eltérőek ugyan, de a hőmérsékletmaximumok a kemencehossz mentén gyakorlatilag majdnem ugyanazon keresztmetszetben helyezkednek el (vö. 4. és 8. ábra). Ha azonban a sebesség növekszik, a két maximum távolodik egymástól hosszirányban, mégpedig úgy, hogy a felületi hőmérséklet már csökken, amikor a maghőmérséklet még emelkedik. Az 1. ábrán bemutatott hőmérséket-görbéket az (1) alatt jelzett közleményben leírt kísérletek során kaptuk, s az ábrán látható, hogy a gázhőmérséklet (a) görbéje (amely közel áll a rakomány felületi hőmérsékletéhez) a maghőmérséklet (b) görbéjéhez képest az *e* hosszal hamarább éri el a maximumot, de a két görbe, ha a (b) görbét az *e* hosszal balra toljuk (l. az 1. ábrán a *c* görbét), gyakorlatilag összeesik, s a maximumok közt csupán mintegy 15°C hőmérsékletkülönbség van. A maghőmérséklet jelzett hiszterézise éppen ennek a két — (a) és (b) — hőmérsékletgörbének egymáshoz viszonyított eltolódása.

2.

2—1. Ennek a tünetnek egy viszonylag még alacsony — 1,3 m/ó — rakománysebességnél is, feltűnő volta, amely az 1. ábrán bemutatott hőmérséklet-eloszlás esetében szerepelt, arra késztetett bennünket, hogy elméletileg is tanulmányozzuk a kérdést, mégpedig úgy, hogy kiszámítjuk — adott kemenceméretek és rakomány, valamint égetési feltételek mellett — különböző áttolási sebességparaméterekkel — a felületi és a maghőmérséklet-görbéket annak a megállapítása végett, mekkora lesz az áttolási idő csökkenésével, vagyis az áttolási sebesség növekedésével a hiszterézis növekedése, és milyen mértékben nő egyúttal a maghőmérséklet visszamaradása a felületi hőmérséklethez viszonyítva; a visszamaradás várható, mert hiszen végtelen nagy áttolási sebességnél a kemence egész hosszában a maghőmérséklet nyilván egybeesik a kezdeti hőmérséklettel, vagyis nem változik. Számításainkat egy olyan modellre vonatkozóan végeztük el (2. ábra és 1. táblázat), amely egy normális méretű (40 m hosszú), szendvics típusú ipari alagútkemencének felel meg, s amelyben egy tömör, 15 cm vastagságú és tetszőleges szélességű rakományréteget tételeztünk fel. Így várható volt, hogy a hasonló alakú, de tízszer kisebb méretű modellkemence *mért* és a 2. ábra modelljéből *számított* adatok következtetéseket fognak lehetővé tenni a léptékhatásra, valamint az ún. „technológiai hasonlóság"-ra (3) vonatkozólag (lásd itt a 3—2. alfejezetben a 7. pontot).

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KÖNYVTÁRA



1. ábra. Kísérleti kemencemodell hőmérsékletgörbéi a kemencehossz függvényében

1. táblázat

$C = 0{,}2$ kcal/kp °C	$H = 40$ m
$C' = 0{,}24$ kcal/kp °C	$k = 0{,}71$ kcal/m²°Có
$h = 0{,}15$ m	$Q = 60$°C/m
$h' = 0{,}1$ m	$T_0 = T_0' = T_k = 0$°C
$H_1 = 10$ m	$\gamma = 1500$ kp/m³
$H_2 = 10$ m	$\gamma' = 1{,}3$ kp/m³
$H_3 = 10$ m	$\lambda = 1{,}0$ kcal/mó°C

A többi állandó a 2. táblázatban található.

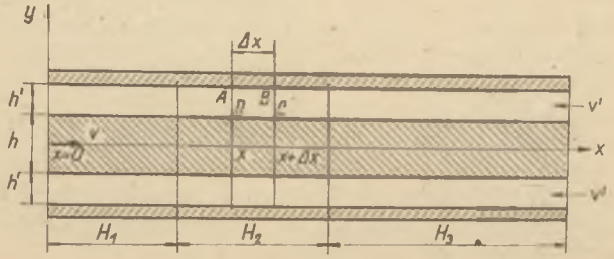
A rakomány és a gáz ellenáramban mozognak. Az előmelegítő szakaszba belépő rakományt az égető szakaszból kilépő levegő előmelegíti, mialatt a levegő lehűl, és így a kemence hővesztesége csökken. A fűtőszakaszban történik a tüzelőanyag elégetése vagy az elektromos fűtés, ami az áramló levegő hőtartalmát növeli. A hűtőszakaszba beáramló hideg levegőt a fűtőszakaszban felmelegedett anyag melegíti elő, ezáltal a rakomány is lehűl, és így a kemence végén kilépő rakomány hőtartalma, vagyis a kemence hővesztesége itt is csökken.

A matematikai modell a következő egyszerűsítő feltevéseket tartalmazza:

a) Mivel a rakomány hosszirányban nem összefüggő, ilyen irányú hővezetést nem vettünk figyelembe.

b) Mivel a rakomány magassága aránylag kicsi, a rakomány oldalirányú hőátadását elhanyagoltuk.

E korlátozó feltételezésekből kiindulva, a fizikai folyamatot egy készülékelemre vonatkozó energiamérlegből lehet mind az anyagra, mind pedig a gázra vonatkozóan felírni, és ennek alakja egy részben parciális kéttagú differenciálegyenletrendszer.



2. ábra. Elméleti kemencemodell

2—2. Vizsgáljuk a gáztér ABCD elemi térfogatának hőmérsékletét (2. ábra). Az oda bemenő hőmennyiség (az AB metszetnek megfelelő T', ill. a BC metszetnek megfelelő $T' + \Delta T'$ hőmérsékletekkel kifejezve:)

$$\Delta q_b = 2v'h'c'\gamma'[T' + \Delta T'] + 2qh'\Delta x. \qquad (1)$$

Az onnan kilépő hőmennyiség:

$$\Delta q_k = 2v'h'\gamma'T' + 2\alpha\Delta x[T' - T(x, h/2)] + \\ + 2k\Delta x[T' - T_k]. \qquad (2)$$

Mivel

$$\Delta q_b = \Delta q_k,$$

akkor

$$\frac{\Delta T'}{\Delta x} = \frac{\alpha}{v'h'c'\gamma'}[T' - T(x, h/2)] + \\ + \frac{k}{v'c'h'\gamma'}[T - T_k) - \frac{q}{v'c'\gamma'},$$

ill. határátmenetet képezve:

$$\frac{dT'}{dx} = b[T' - T(x, h/2)] + \frac{bk}{\alpha}[T' - T_k] - Q \qquad (3)$$

adódik, ahol

$$b = \frac{\alpha}{v'c'\gamma'h'} \qquad (4)$$

$$Q = \frac{q}{v'c'\gamma'}. \qquad (5)$$

A rakományban a hőmérséklet-eloszlásnak ki kell elégíteni a Fourier-féle differenciálegyenletet:

$$\frac{\partial T}{\partial x} = a\frac{\partial^2 T}{\partial y^2}, \qquad (6)$$

ahol

$$a = \frac{\lambda}{c\gamma v}.$$

A gáz és a rakomány felületén a Newton-féle peremfeltétel érvényes:

$$\lambda\frac{\partial T(x, h/2)}{\partial y} = \alpha[T' - T(x, h/2)]. \qquad (7)$$

Mivel a hőmérséklet-eloszlás az x tengelyre szimmetrikus:

$$\frac{\partial T(x, 0)}{\partial y} = 0. \qquad (8)$$

2. táblázat

Sz	v	α	a	b	$\frac{a\Delta x}{\Delta y^2}$	$h^*=\frac{\alpha}{\lambda}$	$h^*\Delta y$	$\frac{1}{1+h^*\Delta y}$	$b\Delta x$	$Q\Delta x$	v'	Δx
1	1,0	50	3,333	2,00	0,2963	50	0,75	$\frac{1}{1,75}$	0,04	1,2	801,282	0,02
2	1,0	100	3,333	4,00	0,2963	100	1,5	$\frac{1}{2,25}$	0,08	1,2	801,282	0,02
2	2,0	50	1,667	1,00	0,3704	50	0,75	$\frac{1}{1,75}$	0,05	3,0	1602,564	0,05
4	2,0	100	1,667	2,00	0,3704	100	1,5	$\frac{1}{2,25}$	0,10	3,0	1602,564	0,05
5	4,0	50	0,833	0,50	0,3704	50	0,75	$\frac{1}{1,75}$	0,05	6,0	3205,128	0,1
6	4,0	100	0,833	1,00	0,3704	100	1,5	$\frac{1}{2,25}$	0,10	6,0	3205,128	0,1
7	8	50	0,4167	0,250	0,1852	50	0,75	$\frac{1}{1,75}$	0,025	6,0	6410,256	0,1
8	8	100	0,4167	0,50	0,1852	100	1,5	$\frac{1}{2,25}$	0,05	6,0	6410,256	0,1

A kezdeti feltételeket az anyag és gáz belépő hőmérséklete adja:

$$T'(H)=T'_0 \tag{9}$$

$$T(0, y)=T_0. \tag{10}$$

Az előbbi egyenletekből alkotott, részben parciális differenciálegyenlet-rendszer és a hozzátartozó peremfeltételek szolgáltatják a probléma matematikai modelljét a fűtőszakaszban.

Az előmelegítő és hűtőszakaszban teljesen hasonló differenciálegyenletek érvényesek azzal a különbséggel, hogy az előbbi (5) egyenletben szereplő $q=0$.

Így tehát három differenciálegyenlet-rendszer kapcsolódik egymáshoz ott, ahol az előmelegítő és égető, ill. az égető és hűtő szakasz találkozik.

Jelölje az 1 index az előmelegítőszakasz, 2 index a fűtőszakasz és végül a 3 index a hűtőszakasz függvényértékeit. Az x tengely irányítása egyezzen meg az anyag haladási irányával. Az alábbi csatlakozási feltételek azt fejezik ki, hogy mind a gáz, mind az anyaghőmérsékleti görbe folytonos:

$$T'_1(H_1)=T'_2(H_1) \tag{11}$$

$$T_1(H_1, y)=T_2(H_1, y) \tag{12}$$

$$T'_2(H_1+H_2)=T'_3(H_1+H_2) \tag{13}$$

$$T_2(H_1+H_2, y)=T_3(H_1+H_2, y). \tag{14}$$

Ezek egyben az égetőszakasz differenciálegyenlet-rendszerének y irányú peremfeltételei és részben peremfeltételei az előmelegítő szakasz és a hűtőszakasz differenciálegyenlet-rendszerének is.

2—3. A (3) — (14) egyenletek alapján most már felírhatjuk a kemence három szakaszára érvényes differenciálegyenleteket és peremfeltételeket:

Előmelegítő szakasz:

$$\frac{dT'_1}{dx}=b[T'_1-T_1(x, h/2)]+\frac{bk}{\alpha}[T'_1-T_k] \tag{3_1}$$

$$\frac{\partial T_1}{\partial x}=a\frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \tag{6_1}$$

y irányú peremfeltételek:

$$\frac{\partial T_1(x, h/2)}{\partial y}=h^*[T'_1-T_1(x, h/2)] \tag{7_1}$$

$$\frac{\partial T_1(x, 0)}{\partial y}=0 \tag{8_1}$$

x irányú peremfeltételek:

$$T_1(0, y)=T_0 \tag{10_1}$$

$$T'_1(H_1)=T'_2(H_1) \tag{11}$$

Fűtő szakasz:

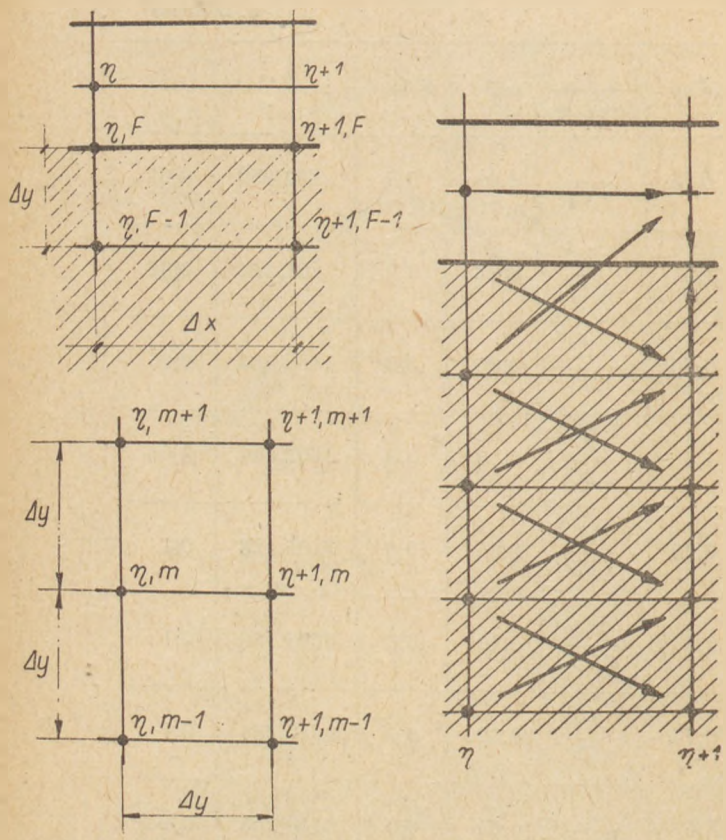
$$\frac{dT'_2}{dx}=b[T'_2-T_2(x, h/2)]+\frac{bk}{\alpha}[T'_2-T_k]-Q \tag{3_2}$$

$$\frac{\partial T_2}{\partial x}=a\frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \tag{6_2}$$

y irányú peremfeltételek:

$$\frac{\partial T_2(x, h/2)}{\partial y}=h^*[T'_2-T_2(x, h/2)] \tag{7_2}$$

$$\frac{\partial T_2(x, 0)}{\partial y}=0 \tag{8_2}$$



3 a, b, c ábra

x irányú peremfeltételek:

$$T_1(H_1, y) = T_2(H_1, y) \tag{12}$$

$$T'_2(H_1 + H_2) = T'_3(H_1 + H_2). \tag{13}$$

Hűtő szakasz:

$$\frac{dT_3}{dx} = b[T'_3 - T_3(x, h/2)] + \frac{bk}{\alpha}[T'_3 - T_k] \tag{3$_3$}$$

$$\frac{\partial T_3}{\partial x} = a\frac{\partial^2 T_3}{\partial y^2} \tag{6$_3$}$$

y irányú peremfeltételek:

$$\frac{\partial T_3(x, h/2)}{\partial y} = h^*[T'_3 - T_3(x, h/2)] \tag{7$_3$}$$

$$\frac{\partial T_3(x, 0)}{\partial y} = 0 \tag{8$_3$}$$

x irányú peremfeltételek:

$$T_3(H_1 + H_2 + H_3) = T'_0 \tag{9}$$

$$T_2(H_1 + H_2, y) = T_3(H_1 + H_2, y) \tag{14}$$

2—4. Az itt felállított kapcsolat parciális differenciálegyenlet-rendszer analitikus megoldása, mint az előzőekben említettük, igen nehéz és áttekinthetetlen képletekhez vezet. Ezért választottuk a közelítő megoldást. A differenciálegyenlet-rendszert a véges differenciák bevezetésével differenciaegyenlet-rendszerré alakítottuk át.

Mivel a rendszer stacioner, a kemence egy tetszőleges helyén minden időben akár az anyag, akár a gáz hőmérséklete állandó. Ez teszi lehetővé, hogy a rendszert egy rácsháló val borítsuk be, és keressük a rácspontokban a megfelelő anyag- és gázhőmérsékletet. A módszernél leteszünk arról, hogy megismerjük $T = T(x, y)$-t és $T' = T'(x)$-t, mint (x, y), ill. (x) folytonos függvényét, és megelégszünk azzal, hogy ezen két függvény értékeit csak a (diszkrét) rácspontokban ismerjük.

A rácsháló konstrukciójához megfelelő Δx és Δy értékeket kell felvenni. Olyan képletet keresünk, amely lehetőséget ad arra, hogy ha egy x_0 keresztmetszetben ismerjük a hőmérséklet-eloszlást a rakományban, és tudjuk a gáz hőmérsékletét, akkor ugyanezen értékeket az $x_0 + \Delta x$-ből számítani tudjuk.

Nyilvánvaló, hogy a gáz és a rakomány érintkező síkja mellett felvett rácspontokra más összefüggés érvényes, mint a rakomány belsejének rácspontjaira. A felület szomszédságában felvett rácspontsorra vonatkozó számított hőtranszportban a felületi hőátadás is szerepet játszik, míg a rakomány belsejében elhelyezkedő rácspontsorok között csak a hővezetés.

Ennek megfelelően legyen a felület szomszédságába eső rácspontok jelölése a 3/*a* ábra, a rakomány belsejébe csőké a 3/*b* ábra:

A következőkben a (3), (6), (7) és (8) differenciálegyenleteket fogjuk átalakítani differenciálegyenletekké a véges differenciák módszerével. Az átalakításhoz szükséges a

$$\left(\frac{\partial T}{\partial y}\right), \quad \left(\frac{\partial^2 T}{\partial y^2}\right) \text{ és } \left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)$$

differenciálhányadosok közelítő meghatározása. Ezek kiszámításához a Taylor-sorok összefüggését használjuk fel. Közelítőleg:

$$T_{\eta, m+1} = T_{\eta, m} + \left(\frac{\partial T}{\partial y}\right)_{\eta, m} \Delta y + \frac{1}{2}\left(\frac{\partial^2 T}{\partial y^2}\right)_{\eta, m} \Delta y^2 \tag{15}$$

$$T_{\eta, m-1} = T_{\eta, m} - \left(\frac{\partial T}{\partial y}\right)_{\eta, m} \Delta y + \frac{1}{2}\left(\frac{\partial^2 T}{\partial y^2}\right)_{\eta, m} \Delta y^2 \tag{16}$$

A (15) és (16)-ból:

$$\left(\frac{\partial T^2}{\partial y^2}\right)_{\eta, m} = \frac{1}{\Delta y^2}[T_{\eta, m+1} + T_{\eta, m-1} - 2T_{\eta, m}] \tag{17}$$

A rakomány belsejében fekvő pontokra:

$$\left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)_{\eta, m} = \frac{T_{\eta+1, m} - T_{\eta, m}}{\Delta x} \tag{18}$$

A (16) és (17) összefüggéseket helyettesítve (6)-ba:

$$T_{\eta+1, m} = \frac{a\Delta x}{\Delta y^2}[T_{\eta, m+1} + T_{\eta, m-1}] + T_{\eta, m}\left[1 - 2\frac{a\Delta x}{\Delta y^2}\right] \tag{19}$$

Mivel a felület közelében közelítőleg:

$$\left(\frac{\partial T}{\partial y}\right)_F = \frac{T_{\eta, F} - T_{\eta, F-1}}{\Delta y} \tag{20}$$

(7) egyenletből következőleg:

$$T_{\eta, F} = \frac{T_{\eta, F-1} + h^* \Delta y T'_\eta}{1 + h^* \Delta y} \tag{21}$$

gázban közelítőleg:

$$\left(\frac{dT'}{dx}\right)_\eta = \frac{T'_{\eta+1} - T'_\eta}{\Delta x}$$

ezt (3)-ba helyettesítve:

$$T'_{\eta+1}=T'_{\eta}\left[1+b\Delta x+\frac{bk}{\alpha}\Delta x\right]-$$

$$-b\Delta x T_{\eta,F}-\left[Q\Delta x+\frac{bk}{\alpha}T_k\right] \qquad (22)$$

adódik. A (21)-ből a $T_{\eta,F}$ értékét helyettesítve (22)-be:

$$T'_{\eta+1}=T'_{\eta}\left[1+\frac{b\Delta x}{1+h^*\Delta y}+\frac{bk}{\alpha}\Delta x\right]-$$

$$-\frac{b\Delta x}{1+h^*\Delta y}T_{\eta,F-1}-\left[Q\Delta x+\frac{bk}{\alpha}T_k\right] \qquad (23)$$

Mivel (21) bármely keresztmetszetben igaz:

$$T_{\eta+1,F}=\frac{T_{\eta+1,F-1}+h^*\Delta y T'_{\eta+1}}{1+h^*\Delta y} \qquad (24)$$

adódik.

A (19) (23) és (24) összefüggések lehetőséget adnak arra, hogy, ha egy η keresztmetszetben ismert a hőmérsékleteloszlás, akkor az $\eta+1$ keresztmetszetben ki tudjuk számítani a hőmérsékleteket a rácspontokban az alábbi szkéma szerint (3c ábra).

Az ábra azt mutatja, hogy az η-keresztmetszet pontjainak hőmérsékletéből az $\eta+1$ keresztmetszet melyik pontjainak hőmérsékleteit lehet kiszámítani.

A (8) összefüggést úgy vettük figyelembe, hogy a rakomány középvonalához legközelebb szimmetrikusan fekvő rácspont-hőmérsékleteket azonosnak tételeztük fel.

A rekurzív formulák segítségével nyolc konkrét feladat kiszámítását gépen elvégeztük. Az adatrendszer állandóit és ralexációs állandóit a 1. és 2. táblázat tartalmazza.

A v és v' összetartozó értékeit úgy határoztuk meg, hogy a rendszerbe időegység alatt belépő anyag és gázkapacitások hányadosa

$$p=\frac{v\gamma ch}{2v'\gamma'c'h'} \qquad (25)$$

állandó $p=0{,}9$ maradjon. Ennek megfelelően

v	1,0	2,0	4,0	8,0	m/ó
v'	801,28	1602,56	3205,13	6410,26	m/ó

A betáplált q hőmennyiség a rakomány tolási sebességével arányosan növekszik, így a

$$Q=\frac{q}{c'\gamma'v'}=\text{áll.}=60°\text{C/m} \qquad (26)$$

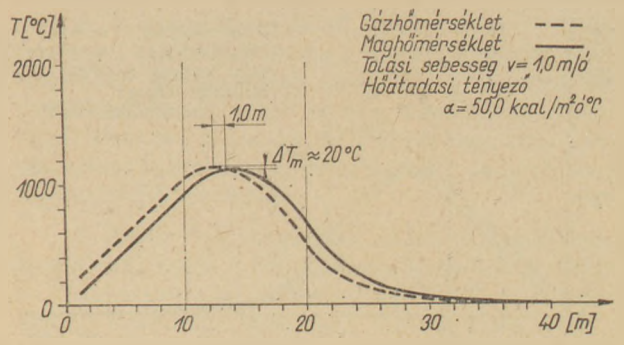
3—1. A gépi számítás eredményei alapján megszerkesztettük a különböző áttolási sebességeknek megfelelő hőmérséklet-görbéket (4., 5., 6., 7., 8., 9. és 10. ábra).

Az ábrák egyértelműen mutatták a következő effektusokat:

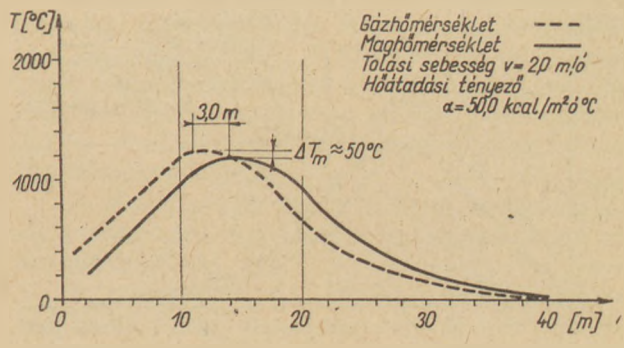
1. A maghőmérséklet maximuma az áttolási sebességgel növekvő e előtolódást mutat a gázhőmérséklet maximumához viszonyítva (3. táblázat és 11. ábra).

A 11. ábra görbéje a következő empirikus összefüggést mutatja e és v között:

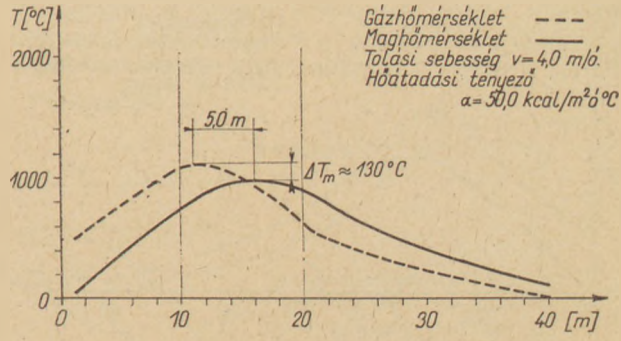
$$e\approx\sqrt{\frac{v-0{,}85}{0{,}12}} \qquad (27)$$



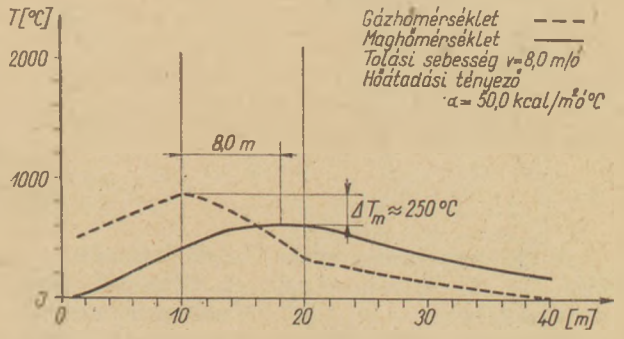
4. ábra. Számított hőmérsékletgörbék:
$v=1$ m/ó
$\alpha=50$ kcal/m²°Có



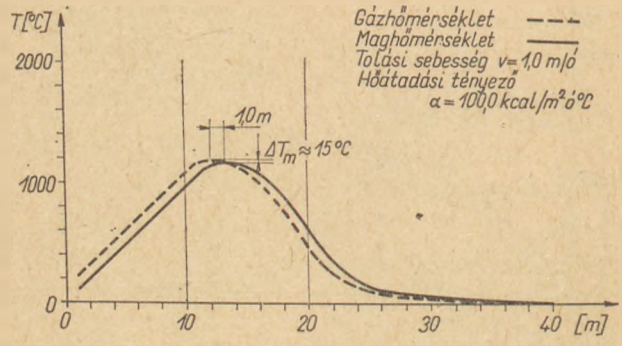
5. ábra. Ua.
$v=2$ m/ó
$\alpha=50$ kcal/m²°Có



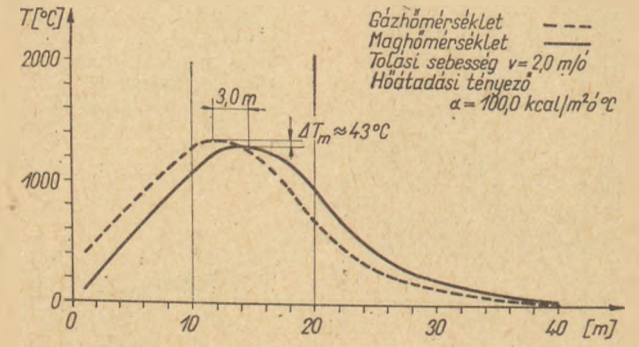
6. ábra. Ua.
$v=4$ m/ó
$\alpha=50$ kcal/m²°Có



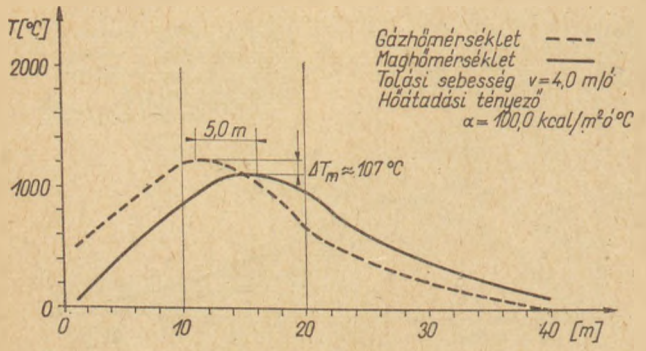
7. ábra. Ua.
$v=8$ m/ó
$\alpha=50$ kcal/m²°Có



8. ábra. Ua.
v = 1 m/ó
α = 100 kcal/m²°Có



9. ábra. Ua.
v = 2 m/ó
α = 100 kcal/m²°Có

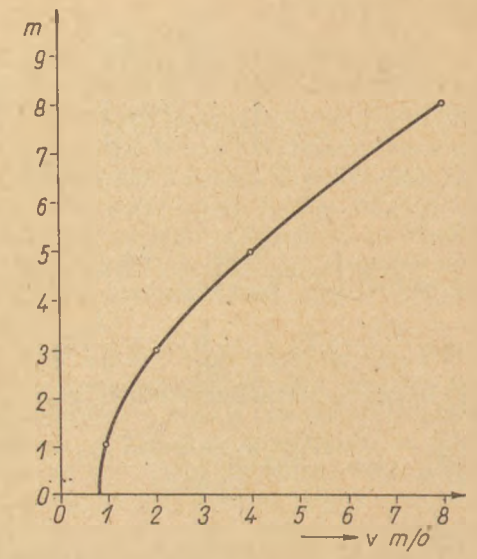


10. ábra. Ua.
v = 4 m/ó
α = 100 kcal/m²°Có

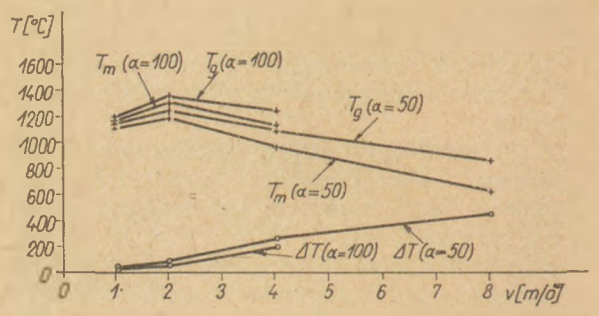
3. táblázat

v m/ó	e m
1	1
2	3
4	5
8	8

A (27) egyenlet a számításhoz használt modellre (11. ábra) vonatkozik és feltehető, hogy $v \to \infty$ esetében $e \to \infty$. A (27) összefüggés parabolikusnak látszik, de levezetése az alapegyenletekből csak azok analitikai megoldása után fog a kérdésre választ adni.



11. ábra. A maximumok eltolódásának számított görbéje az empirikus egyenlet alapján



12. ábra. A mag- (T_m) és gázhőmérséklet (T_g) alakulása az áttolási sebesség függvényében. Paraméter a hőátadási tényező

2. A maghőmérséklet 2 m/ó sebességnél maximumot mutat, de azután a sebesség további növekedésével csökken (12. ábra).

3. Ugyanilyen lefutású a gázhőmérséklet maximuma (u. o.).

4. A gáz- és a maghőmérséklet maximainak különbsége annál nagyobb, minél nagyobb az áttolási sebesség (uo.).

5. A hőátadási tényező (α) növekedésével mind a gáz, mind a maghőmérséklet azonos áttolási sebességénél nő. A két hőmérséklet maximumai között a különbség csökken, ha α értéke nő.

6. A számítás lehetővé teszi a maghőmérséklet legnagyobb megengedhető hiszterézisének, s ezzel a legnagyobb megengedhető áttolási sebességnek a megállapítását. Az itt kiszámított példa esetében ha pl. α=100 kcal/m²ó°C, és ~100°C hőmérséklet-különbség a mag és a gáz között megengedhető (10. ábra), akkor 4 m/ó áttolási sebesség fölé nem mehetünk. A számított példában azonban tömör rakományt tételeztünk fel. Könnyű edényáru esetében a térfogatsúly (amibe az üres részek térfogata is beleszámítandó), kb. egyötöde csak az előbbinek, vagyis $\gamma \approx 300$ kp/m³. Akkor a (6) egyenletben az $a = \frac{\lambda}{c\gamma v}$ értéke állandó maradhat,

változatlan λ és c esetében, ha ν a γ-val fordított arányban nő. Így az előbbi példában ν ötszörösére, vagyis 20 m/órára növelhető. Érthető tehát, hogy az ipari edényégető szendvicskemencékben a fentinél lényegesen jobb hőmérséklet-kiegyenlítődést lehetett elérni még 10 m/ó előtolási sebességgel.

3—2. Ha egymás fölé helyezzük az 1,3 m/ó előtolási sebességgel mért (13/a ábra), ill. számított (13/b ábra) hőmérsékletgörbéket úgy, hogy a hosszak léptékei az ellőbbinél 1:200, az utóbbinál 1:20, a hőmérsékletek léptékei az előbbinél 10 mm=250°C, az utóbbinál 10 mm=25°C (vagyis, ha a két ábra léptékviszonya 1:10), a számított és mért görbék lefutása szemléletesen összehasonlítható. E célból az ábrán a kísérleti kemence ún. „virtuális hosszát" is feltüntettük. (Virtuális hossznak nevezzük azt a H'' kemencehosszat, amely a számított kemence mértani arányaival egyezik. A kísérleti modellt a gyakorlatban szokásos arányoknál rövidebbre vettük, mégpedig a H_h hűtőszakasz a gyakorlati kemencéknél szokásosnak csak az egyötöd része volt. A modellnél ugyanis csupán az előmelegítő- és a fűtőszakaszon, valamint a hűtőszakasz elején volt érdekes a görbék lefutása. A gyakorlatban technológiai okokból — törések megelőzése — meghosszabbított hűtőszakaszon a H'' virtuális hossznak megfelelő görbék kicsengése könnyen rekonstruálható, mint azt a 13. ábra is mutatja.) A 13. ábrából a következők állapíthatók meg:

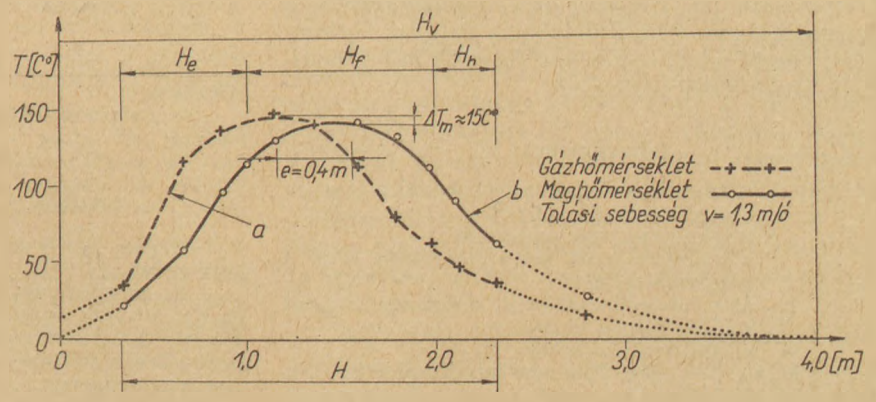
1. A gáz és a rakomány maghőmérséklet-görbéi mindkét esetben metszik egymást úgy, hogy a H_3 hűtőszakaszban a maghőmérséklet föléje kerül a gázhőmérsékletnek, míg a H_1 előmelegítő szakaszban a viszony fordított.

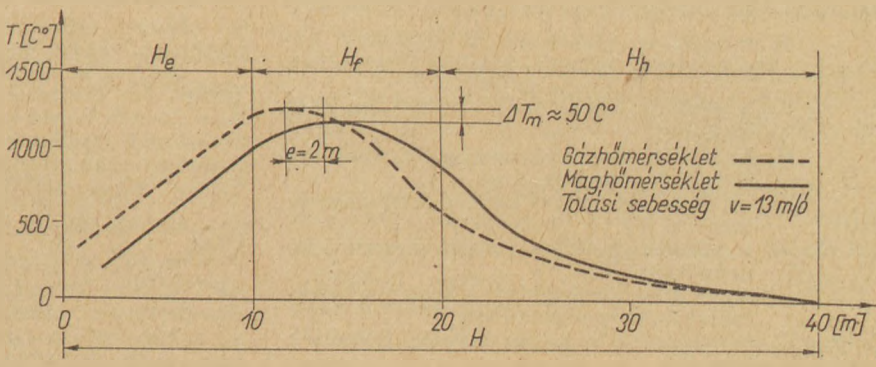
2. A maghőmérséklet maximuma mindkét esetben e eltolódást mutat a gázhőmérséklet maximumához viszonyítva, mégpedig a kísérleti kemencemodellnél $e=0{,}4$ m, míg a számított kemencénél $e=2$ m, tehát az előbbinek ötszöröse. Ez a számított rakomány mintegy ötször nagyobb vastagságával függ össze.

3. A gáz és a maghőmérséklet görbéi abban is hasonlóak, hogy a két görbe hőmérsékletei között a maximumoknál a különbség (15°C a kísérleti, 30°C a számított modellen) kisebb, mint a H_1 és H_3 szakaszokon. Jellemző, hogy a két görbe között a relatív eltérés nagyobb az alacsony (kb. 150°C) (modellkísérleti) hőkezelési hőmérséklet, mint a magas (kb. 1250°C) számított hőkezelési hőmérséklet esetében. Ez megfelel annak az általános hőtechnikai tapasztalatnak, hogy az alagútkemencében az égetési hőmérsékletgörbék a mag- és a gázra vonatkozóan annál közelebb kerülnek egymáshoz, minél magasabb a fűtőtér hőmérséklete, vagyis minél inkább túlsúlyba kerül a sugárzás a konvekcióhoz képest.

4. Ebből az következik, hogy az eltolási sebesség annál inkább növelhető, minél magasabb a fűtőtér hőmérséklete.

5. A számított hőmérsékletgörbe lefutása nyilván annál jobban összeesett volna a mért hőmérsékletgörbék lefutásával, minél közelebb eső fűtőtér hőmérsékleteket, ill. kemenceméreteket vettünk volna a számítás kiindulási alapjául. Feltűnő azonban, hogy a hőmérsékletlépték, és a hosszlépték viszonyát egyenlőnek (azaz 1:10-nek) választjuk, a görbék közelállók, annak ellenére, hogy az égetési hőmérséklet a modellnél a számított kemence égetési hőmérsékletének nem az 1/10-e,





13. a, b, ábra. A kísérleti (13ᵃ) és elméleti (13ᵇ) hőmérséklet-görbék összehasonlítása

Megjegyzés: A 13ᵇ ábrán a 4. ábra számított görbéi 1,3 m/ó sebességre vannak átszámítva az ugyanilyen sebességre vonatkozó 13ᵃ ábra görbéivel való összehasonlítás végett

Az ábrán a ——+——+— jelzés a mért,
a ———————— jelzés a számított *gáz*hőmérsékletnek,
a ——0——0—— jelzés a mért,
a ———————— jelzés a számított *mag*hőmérsékletnek felel meg.

hanem csak kb. az 1/8-a volt. Ha a kísérleti modell maximális hőmérsékletét a számított kemencehőmérséklet kb. 1/10-ének (v.i. 125°C-nak) vettük volna, könnyen belátható, hogy a gázhőmérséklet-görbék, 1/10 arányú fűtőszakasz és kemencehossznál, alig különböznének.

6. Ebből az következik, hogy Celsius-skálát használva az alagútkemencéknél a gázhőmérséklet-görbék mértani hasonlósága a mérethasonlósággal párhuzamos. Nem ugyanaz a viszony — mint az előbb láttuk — a maghőmérséklet-görbék esetében, mert ezek szükségképpen annál inkább távolodnak a gázhőmérséklet-görbétől, minél alacsonyabb a fűtőtér átlag hőmérséklete.

7. Mindebből azonban az következik, hogy az *alagútkemencék technológiai hasonlósága, vagyis a hőkezelési görbék viszonylagos azonossága, annál nagyobb eltéréseket von maga után a mértani jellemzőkben, minél tökéletesebb ez a technológiai hasonlóság.*

Végül megjegyezzük, hogy a számított kemencemodell görbéi minden esetben megfelelnek az ipari kemencékben kapott görbék lefutásának. Az *itt közölt számítási módszer* a rakományra vonatkozó hőátadási és hővezetési tényező, valamint c fajhő és γ térfogatsúly (amit kísérletileg kell megállapítani a különböző rakományoknál), ezenkívül a fizikai kemence- és gázparaméterek ismeretében immár *lehetővé teszi az égetési hőmérséklet-görbék számítását* adott kemenceméreteknél és égetési hőmérsékletmaximumnál.

* * *

A tanulmányban szereplő kísérleteket Gácsiné Boldog Piroska folytatta le, Nagy Sándorné közreműködésével. A kísérleti kemencét Stehl György intézeti műszerész szerkesztette. A kísérletek lefolytatásában dr. Németh Jenő osztályvezető, a matematikai rész felülbírálásában Sasvári György osztályvezető adott segítséget. Szerzők mindannyiuknak köszönettel tartoznak.

Jelmagyarázat

c a rakomány fajhője, kcap/kp °C
c' a gáz fajhője, kcal/kp °C
h a rakomány vastagsága, m
h' a kemence nyílt keresztmetszete, ahol a gáz áramlik, m
H_1 az előmelegítő szakasz hossza, m
H_2 a fűtő szakasz hossza, m
H_3 a hűtő szakasz hossza, m
$H = H_1 + H_2 + H_3$ az egész kemence hossza, m (*)

(*) A 2. ábrán. A többi ábrán a H_e, H_f és H_h előmelegítő, fűtő és hűtő szakaszhosszak szerepelnek a fenti jelzések helyett.

H^v virtuális kemencehossz, m
k a kemence falának hőátbocsátási tényezője, kcal/m²°Có
q a fűtőszakaszban betáplált hőmennyiség, kcal/m³ó
Δq_b az ABCD elemi térfogatba (2. ábra) bemenő hőmennyiség, kcal
Δq_k az elemi térfogatból kimenő hőmennyiség, kcal
$T = T(x, y)$ a rakományhossz és vastagság szerinti hőmérséklete, °C
$T' = T'(x)$ a gáz átlaghőmérséklete a kemence hosszmenti keresztmetszetében, °C
$T(o, y) = T_0$ a rakomány homogén belépési hőmérséklete, C°
T'_0 a gáz belépési hőmérséklete, °C
T_k a környező levegő hőmérséklete a kemencén kívül, °C
v a rakomány tolási sebessége, m/ó
v' a gáz áramlási sebessége, m/ó
α a konvekciós hőátadási tényező, kcal/m²°Có
γ a rakomány térfogatsúlya, kp/m³
γ' a gáz fajsúlya, kp/m³
λ a rakomány hővezetési tényezője, kcal/mó°C
$a = \dfrac{\lambda}{c\gamma v}$ a hőmérsékleti tényező, m

$$b = \frac{\alpha}{v'c'\gamma'h'} \qquad h^* = \frac{\alpha}{\gamma}$$

$$Q = \frac{q}{v'c'\gamma'} \qquad p = \frac{v\gamma ch}{2v'\gamma'c'h'}.$$

Futóindexek:
x a kemence hosszirányú futókoordinátája, m
Δx a rácsháló x irányú osztása, m
y a kemence keresztirányú futókoordinátája, m
Δy a rácsháló y irányú osztása, m
η a hosszirányú futóindex
m a keresztirányú futóindex

IRODALOM

[1] *Korach, M.:* „Résultats d'éxperiences Aérodynamiques et Thermiques sur Modelés de Fours Tunnel", World Power Conference, Tokyo — 1966.
[2] *Korach, M.:* „Théorie du four-tunnel et cuisson rapide „sandwich I."
Korach, M.: Essais sur modèles de fours-tunnel théoriques, Acta Technica Ac. Sci. Hung. XI. 1955. 161—184.
Korach, M.: Ua. II. XXV. 1959. 25—62.
Korach, M.: Ua. III. XXXIII. 3—4. 1961. 327—350.
[3] *Korach, M.:* Léptékhatás a kémiai technológiában. (L'effet d'échelle dans la technologie chimique) MTA Kémiai Tudományok Osztályának Közleményei 11. 2. 205. Budapest, 1959.
[4] *Korach, M.:* „Sandwich"-Schnellbrennen und Wirtschaftlichkeit der Tunnelöfen, Berichte der Deutschen Keramischen Gesellschaft, *39.* 1962. 12, 583—588.

Korach M.: **Az alagútkemencék egy hőtechnikai effektusáról**

A tanulmány az alagútkemencék hőmérséklet-eloszlásának egy eddig figyelembe nem vett effektusát: a gáz- és maghőmérséklet maximumainak a rakomány áttolási sebességével növekvő eltolódását elemzi kísérleti és elméleti úton.

Корах, М.: **О теплотехническом эффекте туннельных печей.**

Были проведены работы по изучению по эффекта распределения температуры в туннельных печах: а именно экспериментальные и теоретические исследования смещения максимумов температуры газа и ядра, увеличивающегося по мере повышения скорости передвижения загрузки.

Korach, M.—Fülöp, J.: **Über einen thermotechnischen Effekt bei Tunnelöfen.**

Die Studie behandelt einen bisher nicht beachteten Effekt der Temperaturverteilung bei Tunnelöfen: die zunehmende Verschiebung der Temperaturmaxima des Gases und des Kerns mit der Durchschubgeschwindigkeit der Ladung wird auf experimentativem und theoretischem Wege geprüft.

Korach, M.: **A power engineering effect of tunnel kilns.**

The paper analyzes theoretically and experimentally a hitherto neglected effect of the temperature distribution of tunnel kilns, the displacement of the maximum values of gas und core temperatures increasingwi th the thrustover rate of the charge.

Az építőanyagipari termelésnövekedés és tényezőinek vizsgálata korszerű matematikai módszerekkel

ZAGYVAI IMRE
ÉVM Közgazdasági Főosztály

Az építőanyagipar termelésnövekedés-tényezőinek vizsgálatát egyrészt elméleti, másrészt gyakorlati szempontok indokolják. A téma szorosan kapcsolódik a gazdasági növekedés elméletéhez, melynek jelentőségét olyan kérdések határozzák meg, mint a gazdasági fejlődés üteme, a nemzeti jövedelem növekedése, a nemzeti jövedelem optimális felosztása, valamint a gazdaság szerkezeti változása.

Az építőanyagipar termelésnövekedés-tényezőinek vizsgálata a mikro- és makroökonomia határterületére esik. Ezért egyes megállapítások az ágazatra vonatkoznak, mások pedig hasznos útmutatásokat adnak a vállalatoknak célkitűzéseik előirányzásához.

Ágazati szinten, az elemzés során szerzett tapasztalatok felhasználhatók a közgazdasági szabályozó eszközök meghatározásánál, a központi fejlesztési alap iparágak közötti szétosztásánál. A termelés és tényezői közötti összefüggések megismerése módot ad extrapolációs úton, ágazati szintű hosszú- és középtávú fejlesztési koncepciók konzisztens kialakítására.

A dinamikus jellegű gazdaságban meglevő bonyolult összefüggések, tendenciák csak a matematika modern fejezeteinek alkalmazásával mutathatók ki. Az alkalmazott módszerek; a matematikai statisztika, a termelési függvények és a népgazdasági mérlegelemzések. Hangsúlyozom, hogy a matematikai módszerek közgazdasági alkalmazásának kísérletéről van itt csupán szó, ágazati és iparági szinten, és nem a matematikai módszerek továbbfejlesztéséről. A téma döntően ökonometriai kutatási kísérletek közé tartozik.

I.
A gazdasági növekedés elmélete

A gazdasági növekedés elmélete alapvetően azt a feladatot tűzte maga elé, hogy megállapítsa, milyen tényezőktől függ a nemzeti jövedelem növekedése. A szocialista közgazdászok körében általános az a vélemény, hogy a gazdaság fejlődését egyrészt a termelő erők fejlődése, másrészt az adott társadalom termelési viszonyai befolyásolják. A vizsgálatok kiterjednek arra is, hogy a termelési viszonyok és azok alapján létrejövő gazdasági mechanizmus hogyan befolyásolja a fejlődést meghatározó tényezőket.

A gazdaság növekedése a munkafolyamat oldaláról vizsgálva, függ a munkaerő mennyiségétől és az eleven munka termelékenységétől. A termelő alapok szempontjából a fejlődést az eszközök bővítése, és az új alapok hatékonyságának alakulása befolyásolja. Amennyiben a gazdaság növekedését döntő mértékben a munkaerő és a termelő alapok bővítése idézik elő, úgy extenzív fejlődésről, ha viszont a munka- és állóeszköz-igényesség csökkenése jobban érvényesül, akkor intenzív fejlődésről beszélhetünk. Népgazdasági szinten a növekedést akkor nevezhetjük optimálisnak, ha a fejlődés tartósan gyorsütemű, a termelés hatékonysága növekvő és a népgazdaság szerkezete a szükségletekkel arányosan változó.

Az egyszerű és bővített újratermelési folyamat feltételei szempontjából Marx a Tőke II. kötetében fejtette ki összevontan az érték öszetételét $(c+v+m)$, valamint a termelés megoszlását termelési eszközökre és fogyasztási cikkekre. Az 1920-as évektől kezdve a népgazdaság fejlődésének a feltételeit szerkezet szempontjából az ágazatok közötti kapcsolatok horizontális és vertikális elemzése alapján próbálják meghatározni.

Az utóbbi időben megélénkült a polgári közgazdászok érdeklődése is a gazdasági növekedés iránt. Régebben a gazdasági fejlődést kizárólag a tőke bővítésének tulajdonították. A legújabb vizsgálatok során a fejlődést előidéző tényezők között a munkaerő bővítését, a termelékenység növekedését, valamint a termelés megszervezését is szerepeltetik. Az úgynevezett „neoklasszikus" növekedési elmélet képviselői a gazdasági fejlődés és tényezői közötti kapcsolatokat termelési függvényekkel elemzik. A polgári közgazdaságtan legfőbb hiányossága, hogy az adott társadalmi viszonyok között élő embert és kapcsolatait kirekeszti a vizsgálódás köréből. A fejlődést pusztán anyagi-technikai tényezőknek tulajdonítja.

A polgári közgazdaságtan hiányosságainak felismerése mellett rá kell mutatni, hogy van bizonyos létjogosultsága annak, hogy a termelési viszonyokat adottnak tekintve, a gazdasági fejlődés technikai jellegű tényezői közötti összefüggések vizsgálatára sor kerüljön. Ma már nem elégséges a tényezők lexikális felsorolása, szükség van a kölcsönös függés felismerésén túlmenően arra is, hogy az együttes hatásban milyen szerepe van az egyes tényezőknek.

Az utóbbi években hazánkban a gazdasági fejlődés tényezőinek szerepét szintén termelési függvények felhasználásával próbálják felderíteni. A számítások népgazdasági, ágazati és iparági szinten arra irányulnak, hogy

— kimutassák a volumen hozadékát, tehát azt, hogy milyen mértékben növekszik a termelés, ha mind az állóeszköz, mind a munkaráfordítás azonos viszonylagos mértékben növekszik,

— meghatározzák a helyettesítési határarányt, azaz, hogy az egyik féle ráfordítás adott csökkenése esetén mennyivel kell növelni a másik fajta ráfordítást ahhoz, hogy a termelés változatlan szinten maradjon,

— meghatározzák a helyettesítési rugalmasságot, azaz, hogyan változik a helyettesítési határ-

arány, ha megváltozik a technikai felszereltség (állóeszközérték/létszám),

— meghatározzák az állóeszközökben megtestesült és a meg nem testesült műszaki fejlődést.

A gyakrabban használt termelési függvények Cobb-Douglas, valamint a CES függvény típusokon alapulnak. A függvények a homogenitás fokában, a helyettesítés rugalmasságában, a meg nem testesült műszaki fejlődés alkalmazásában térnek el döntően egymástól.

Népgazdasági szintű számítások eredményei

A témával kapcsolatosan az eddigiek során a legtöbb vita a munka- és állóeszköz-igényesség körül folyt. A munka- és állóeszköz-igényesség alakulásával kapcsolatos számítási eredmények nemzetközi és hazai viszonylatban eléggé eltérőek egymástól. A tendencia iránya országonként és ágazatonként elsősorban attól függően különbözik, hogy az illető gazdasági egység milyen fejlettségi szintű és mik a fő feladatai.

Az eddigi számítások különösen az állóalapok és a termelés nagysága között fennálló összefüggésekre irányultak. A gazdasági fejlődés lényeges kérdése, hogy a termelés folyamata mennyi értéket tart lekötve. Az eszköz és a termelés hányados növekedése általában a társadalom szempontjából kedvezőtlen, mert az élő munka egyre nagyobb részét kell holtmunkában lekötött eszközként elvonni a közvetlen fogyasztástól.

Népgazdasági szinten az állóeszköz és a termelés mérésére elméletileg az állóeszközök nettó újratermelési értéke, valamint a nettó termelési érték (nemzeti jövedelem) a legalkalmasabb. Gyakorlati számításoknál a tapasztalatok szerint megbízhatóbb az állóeszközök bruttó beszerzési értékének szerepeltetése. A bruttó és nettó érték között általában nincs tendenciózus eltérés, valamint a nettó érték csak igen bonyolultan, megbízhatatlanul mérhető. A bruttó érték mellett szól az a körülmény is, hogy az amortizáció és az eszközlekötési járulék a költségek között ennek alapján kerül elszámolásra.

A munka- és állóeszköz-igényesség méréséné a termelést ágazatonként a teljes termelési érték, és az anyagmentes termelési érték alapulvételével is mérik. A számítási eredmények szerint a teljes termelési érték és a nettó termelési érték dinamikája szintén megközelítően azonos. Külön problémát vet fel az a vizsgálati módszer, amikor a termelést és az állóeszközértéket nettó változatlan árszintű láncindexszel határozzák meg. Ez az eljárás nem adhat választ a termelés jövedelmezőségének alakulására.

A polgári közgazdaságtan irodalma szerint a tőke és a termeléshányados tendenciája lehet konstans, csökkenő és növekedő. A tőkeigényességet a kapacitások kihasználása, a találmányok, az álló tőke összetétele, valamint a beruházások jellege határozza meg. Népgazdasági szinten a hányados mozgása a részterületek mozgásából és egyéb tendenciákból átlagolódik. A tőke és a termeléshányados a kisáru termelés kiszorításakor, a gépi nagyipar megteremtése idején növekvő, majd a modern nagyipar uralkodóvá válása után csökkenő tendenciájú.

A termelés és tényezői közötti összefüggések vizsgálata két úton történik:

— az eleven munkaráfordítás és a termelés egybevetésével, azaz termelékenység alapján,

— az állóeszközökben megtestesülő átvitt munka tömege és a termelés nagysága közötti összefüggés, azaz az állóeszköz-igényesség figyelembevételével.

Az eddigi számítások a kétféle módszert egymástól függetlenül alkalmazták. A statisztikai idősorok azt igazolják, hogy a munka- és állóeszközigényesség lassú, de javuló tendenciájú. Ugyanez a tendencia tapasztalható a Szovjetunió és más szocialista országok fejlődésében is.

A KSH Információfeldolgozási Laboratóriumában számítások történtek ágazati szinten a termelésnövekedés tényezőinek kvantifikálása céljából. Az eredmények szerint jelentős eltérések mutatkoznak ágazatonként a műszaki fejlődés ütemében és a helyettesítési határarány nagyságában. A volumen hozadéka egyes ágazatoknál növekvő, más ágazatoknál csökkenő.

A népgazdasági és ágazati szintű vizsgálatok arra utalnak, hogy iparági mélységű és az állóeszközök fő csoportja szerint differenciált elemzésre van szükség. Az iparágak műszaki-gazdasági sajátosságainak feltárásával kaphatunk kellő magyarázatot a termelésnövekedés alakulását befolyásoló tényezők szerepéről.

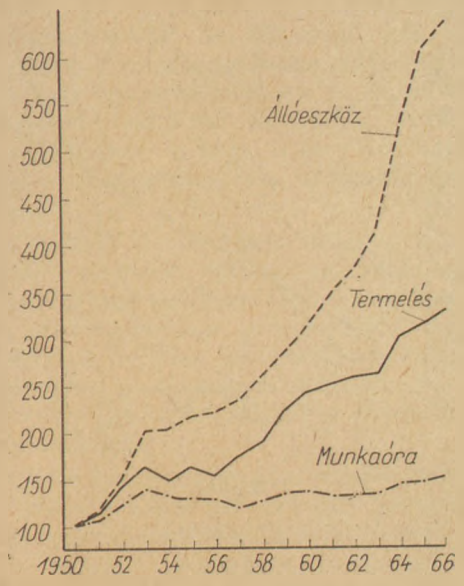
II.
Építőanyagipar helye a népgazdaságban és fő sajátosságai

Az építőanyagipar elsődleges feladata a szocialista építőipar és a lakossági építkezések építőanyagokkal való ellátása, másodlagosan a külkereskedelmi és a többi iparcsoport igényeinek kielégítése. Az ágazat termelési volumene az állami ipar termelésének 3,6%-át teszi ki.

Az építőanyagipar sajátosságaival van összefüggésben, hogy munka- és állóeszköz-igényessége nagyobb, mint az állami ipar átlagos szintje. Ennek megfelelően az ágazat részaránya az állami iparon belül az állóeszközök bruttó értéke és a foglalkoztatottak száma alapján 5,4—5,6%-os.

Az építőanyagiparban 1 millió Ft értékű termék előállítása — 1967. évi árszinten — 1,5 millió Ft értékű állóalap-lekötést és közel 15 ezer munkaóra-felhasználást igényel. Az építőanyagipar munka- és állóeszköz-igényessége több mint másfélszerese az állami ipar átlagos felhasználási hányadosának. A nehézipar állóeszköz-igényességét közel 30%-kal és munkaigényességét több mint 60%-kal haladja meg. A könnyűipar közismert munkaigényes termelésénél is magasabb az építőanyagipar fajlagos munkaóra-felhasználása, az állóeszköz-lekötés pedig közel két és félszeresét teszi ki a vizsgált ágazatban.

Az átlagosnál magasabb munka- és állóeszközigényességgel összefüggésben kell megemlíteni az ágazat azon sajátosságát is, hogy a technikai felszereltség (1 főre jutó bruttó állóeszköz-érték,

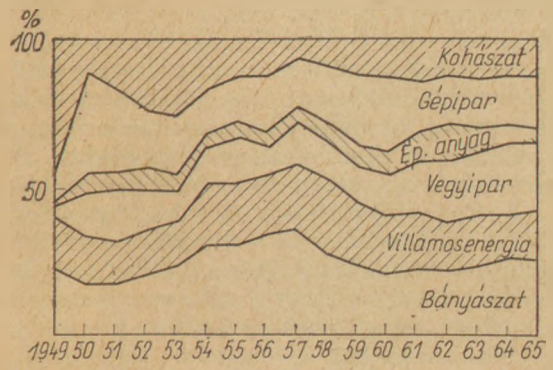


1. ábra

a nehéziparban mintegy 30%-kal, az állami iparban közel 10%-kal magasabb, mint az építőanyagiparban. Emellett az építőanyagiparban alkalmazott technológia következtében a termelés igen energiaigényes. Az állami ipar energiafelhasználásának közel 10%-át az ágazatban veszik igénybe.

Az építőanyagipar munka- és állóeszköz-igényessége következtében a bérjellegű, az értékcsökkenési leírás és az eszközlekötési járulék költséghányadok lényegesen meghaladják a fentiekben említett ágazatok és az állami ipar átlagos költségszintjét.

Az építőanyagiparon belül legnagyobb iparágak a tégla-, cserép- és tűzállóanyagipar, a mész- és cementipar, a betonelemgyártó ipar, valamint az üvegipar. A kő- és kavicsbányászat, a finomkerámia- és a csiszolókorongipar termelő potenciálja átlagos szinten mozog. Az ágazat legkisebb iparágai az azbesztcementipar, továbbá a hő,- hang- és vízszigetelőanyagipar. Jelentősen eltér az ágazatba sorolt iparágak munka- és állóeszköz-igényessége. A tégla- és cserépipar átlagosnál magasabb munkaigényessége következtében a termelés és állóeszközérték alapján 22%-os, a foglalkoztatottak számát figyelembe véve 30%-os részesedést képez. A mész- és cementipar viszont az állóeszközérték alapján 32%-os, a termelési érték figyelembevételével 21%-os, és a foglalkoztatottak számát illetően csak 12%-os arányt képez ágazaton belül.



2. ábra

A munka- és állóeszköz-igényesség vonatkozásában jelentős eltérések tapasztalhatók a minisztériumi, a tanácsi és szövetkezeti építőanyagipar között is. Az 1 főre jutó állóeszközérték a minisztériumi iparban közel négyszerese a tanácsi és mintegy húszszorosa a szövetkezeti ipar technikai színvonalát reprezentáló hányadosának.

Az állami ipar átlagánál magasabb munka- és állóeszköz-igényesség, a vázolt sajátosságok mellett az építőanyagipar fejlődésének jellegét az ágazat fejlődéstörténeti viszonyai is meghatározzák. Az államosítás idején az építőanyagipar korszerűség vonatkozásában az elmaradott ágazatok közé tartozott. A II. 5 éves terv végéig számítható olyan fejlődési periódus, amikor a korszerű gépi gyártás alapjainak a megteremtése valósult meg az építőanyagiparban.

Az építőanyagipar gyártáskorszerűsítése összefüggésében volt többek között a technológiai folyamat melegüzemi jellegével. A korszerű égető és olvasztó kemencék létesítése a termelékenység növelése mellett jelentős energiamegtakarítást is eredményeztek, különösen a szénhidrogének felhasználásának elterjedése idején.

Az eddigiek során az anyagkitermelés, szállítás és feldolgozás folyamatait a cement- és mészipar, a tégla- és cserépipar, valamint a kő- és kavicsbányászat az állami nagyüzemekben közel 100%-ban gépesítette. Ebben az időperiódusban jelentős beruházásokat kellett végrehajtani az egészségre ártalmas munkaterületek felszámolására, a nehéz fizikai munka gépesítésére, valamint a szociális és kulturális ellátás javítására.

Az építőanyagipar feladatai következtében 1949-től az élőmunka és holtmunka felhasználása szempontjából a fejlődés tendenciáját kettősség jellemzi. Ebben az időszakban a termelésnövekedés közel ¾ részét az élőmunka termelékenysége eredményezte, ugyanakkor az állóeszközök bruttó értéke számottevően meghaladta a termelésnövekedés mértékét. A termelés, az állóeszközvolumen és a munkaóra-felhasználás alakulását az *1. ábra* szemlélteti.

Ebben az időszakban az ágazat termelésnövekedése nagyságrendben megegyezik az állami ipar fejlődési szintjével. A vizsgált időperióduson belül az állóeszközök bővítése és a termelés növekedése ciklikus jellegű volt. A ciklikus jellegű gazdaságnövekedés megmutatkozik az iparági fejlesztéseknél is. A beruházásoknak a meglevő állóeszközök állományához viszonyított hányada évente 1%-tól közel 90%-ig szóródott.

Az államosítás ideje óta az építőanyagipar állóeszköz-fejlesztésének ütemében három szakaszt lehet megkülönböztetni. Az első 1953-ig, a második 1954—1959-ig és a harmadik szakasz a II. 5 éves terv idejére esik. Ez a tendencia a nehézipari beruházások megoszlásában is kifejezésre jut *(2. ábra)*.

Az építőanyagipar fejlődésének jellegére az ágazat strukturális változása lényegesen nem hatott, annak ellenére, hogy jelentős eltérések mutatkoznak iparáganként az állóeszköz-igényesség vo-

natkozásában. A szerkezeti változás mértékét reprezentáló termelésváltozási hányad csupán 6%-os. Az 1950—1966-os években az ágazat struktúrája olyan irányban változott, hogy lényegesen növekedett a betonelemgyártás és az üvegipar részaránya, ugyanakkor csökkent a tégla-, cserép- és tűzállóanyagipar termelésének részesedése.

III.
Az építőanyagipar 1960—1966. évi fejlődési tendenciájának elemzése

Az elemzések az építőanyagipari termelés mintegy ¾ részét kitevő ÉVM felügyelete alá tartozó szilikátipari termelő szervezetek 1960—1966. évi gazdasági mutatói alapján történtek. A vizsgálat végrehajtását az is indokolta, hogy a II. 5 éves terv idején elért nagyarányú iparfejlesztés mellett nem volt kielégítő a termelés hatékonyságának az alakulása. A keresztmetszeti adatokon nyugvó két változós lineáris korreláció- és regressziószámítások annak megállapítására irányultak, hogyan alakult a termelés hatékonysága iparáganként az állóeszköz értéknövekedésének mértékétől függően.

Jelölések

V_1 = A vizsgált időszak utolsó évi termelése (Ft)
V_0 = A vizsgált időszak első évi termelése (Ft)
K_1 = A vizsgált időszak utolsó évi állóalap értéke (Ft)
K_0 = A vizsgált időszak első évi állóalap értéke (Ft)
L_1 = A vizsgált időszak utolsó évi munkáslétszáma (fő)
L_0 = A vizsgált időszak első évi munkáslétszáma (fő)
Tcs = Tégla- és cserépipar
Cm = Cement- és mészipar
Kő = Kő- és kavicsipar
Üv = Üvegipar
F_k = Finomkerámiaipar
Szi = Szilikátipar

A számítások eredményei alapján a következő főbb megállapítások vonhatók le:

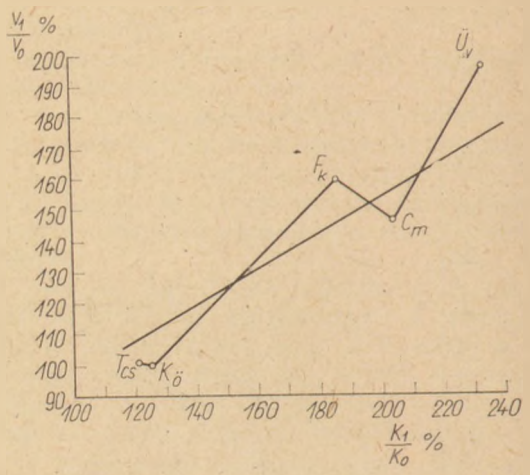
a) A termelés és az állóalapok bázisindexei 0,88-as korrelációs együtthatót eredményeztek. A szoros kapcsolat azt jelenti, hogy a termelés nagyobb mértékben növekedett azokban az iparágakban, ahol nagyobb mértékben bővült az állóeszköz-állomány. Ez nem azt jelenti, hogy a termelésnövekedést kizáróan az eszközbővítés eredményezte. Ezt a tendenciát a *3. ábra* szemlélteti.

b) A munkáslétszám a termeléssel 0,96-os, az állóalappal 0,82-es szorosnak mondható pozitív korrelációs kapcsolatban állt. A munkáslétszám és a termelés, valamint a munkáslétszám és az állóalapok kapcsolatát a *4. ábrán* bemutatott diagram, illetve a regressziós egyenesek szemléltetik.

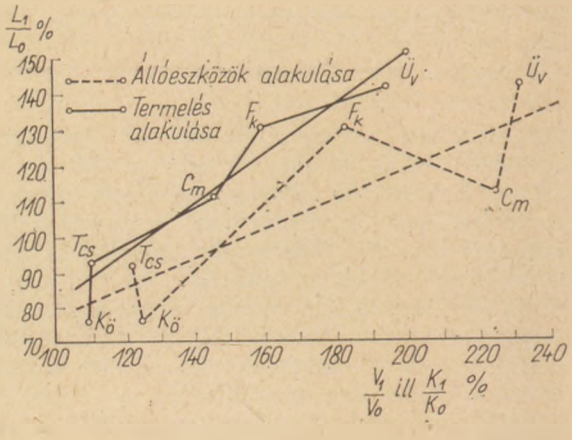
Az eredmény arra utal, hogy ahol jobban emelkedett az állóeszköz-állomány, ott a munkáslétszám is nagyobb mértékben növekedett, és így a termelésfelfutás nemcsak az állóalapok változásának tudható be.

c) A korrelációs együttható szerint a munkatermelékenység sem a termeléssel, sem az állóalappal nem volt jelentős kapcsolatban. A munkatermelékenység növekedésének mértéke a számítás eredménye szerint nem attól függött, hogy milyen mértékű volt az állóalapnövekedés. Azokban az iparágakban, ahol az állóeszköz-változás kisebb volt, csökkent a munkáslétszám és a termelékenység hasonló ütemben emelkedett, mint az extenzív módon fejlesztett iparágakban. A termelékenység alakulását az *5. ábra* szemlélteti.

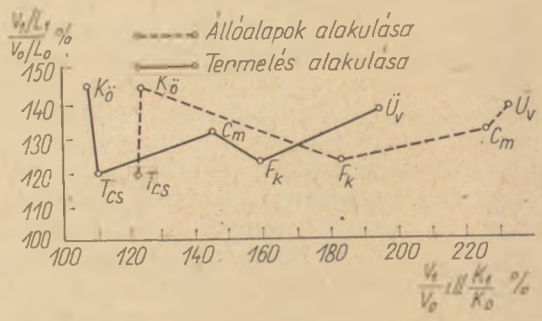
d) Egységnyi állóalapra jutó termelés és az állóalap idősora alapján a korrelációs együttható szignifikáns mértékben eltér a 0-tól negatív irányban. Ez azt jelenti, hogy azokban az iparágakban, ahol jobban növekedett az állóalap-állomány, ott egy adott arányban csökkent az egységnyi állóalapra jutó termelése.



3. ábra



4. ábra



5. ábra

A munkafolyamat oldaláról a termelésnövekedést több mint $^3/_4$ részben termelékenység emelkedése eredményezte. Az állóalapok szempontjából viszont a termelésemelkedés teljes egészében az eszközök bővítésének tudható be. Az élő és holt munka hatékonyságának ellentétes tendenciája abban jut kifejezésre, hogy a termelés egységére jutó összes munkaráfordítás minimális mértékben csökkent.

A korreláció- és regressziószámítás módszerével végzett vizsgálat eredményei arra utalnak, hogy a szilikátipar fejlődése a II. 5 éves terv ideje alatt az állóalap-bővítés szempontjából extenzív jellegű volt. A fejlődés tendenciája iparáganként olyan irányba tért el, hogy a nagyobb állóeszközbővítést végrehajtó iparágaknál az extenzív jelleg erősebben dominált.

Az építőanyagipari ágazat termelésének döntő részét előállító szilikátipar extenzív jellegű fejlődését a következő főbb okokra lehet visszavezetni:

— Az állami ipar átlagánál magasabb eszközigényesség mellett az állóeszközök és az ágazatban előállított termékek árviszonyaiban egyre nagyobb az eltérés. Ezzel kapcsolatos az a jelenség is, hogy a régi állóeszközök relatíve (teljesítményt figyelembe véve) alacsonyabb értéket képviselnek, mint az új állóeszköz-érték.

— Az állóeszköz-fejlesztések széles területén a kézi munka gépesítését célozták. Ugyanakkor a gépesített üzemekben a gyártás számos esetben gazdaságtalanabb lett, mint a régi üzemekben. Ez a kedvezőtlen tendencia egyrészt a holt és az élő munka nem megfelelő arányának tudható be.

— A II. ötéves tervben jelentős összegeket kellett fordítani a szilikátiparban az egészségre ártalmas munkaterületek megszüntetésére, a szociális és kulturális jellegű beruházásokra.

— Az üzembe helyezett új termelő kapacitások program szerinti kihasználása hosszabb idő után valósult meg.

— A beruházások hatékonyságát az is befolyásolta, hogy az állóeszköz-fejlesztéssel kapcsolatos vállalati érdekeltségi rendszer nem volt megfelelő. Ez egyrészt a beruházások „ingyenes" jellegével, másrészt a vállalatok szubjektív feladatmeghatározásával kapcsolatos. Itt kell megemlíteni azt is, hogy a beruházást folytató vállalatoknak számos vonatkozásban hátrányt jelentett az eszközbővítés.

Az 1950—1966. évi építőanyagipari gazdasági növekedés elemzése

A termelésnövekedés és tényezői közötti összefüggések, tendenciák elemzését a népgazdasági tervezés új rendje is szükségessé teszi. A tervezési munka a gazdaságban meglevő összefüggések és tendenciák feltárására, majd ennek alapján extrapollációk végrehajtására tolódott el.

Az extrapolláció lehetőségeinek felderítése céljából a minisztérium megbízást adott az Építésgazdasági és Szervezési Intézetnek, hogy hosszabb idősor alapulvételével végezzen vizsgálatokat. A hatványkitevős korreláció- és regressziós számítások egyrészt a termelékenység és tényezői, másrészt az állóeszköz-igényesség tendenciájára, ill. a termelés és az állóeszközérték kapcsolatának feltárására irányultak.

A munkaigényesség vizsgálata során számítások történtek annak megállapítására, hogy a munka termelékenységének növekedését milyen tényezők befolyásolták 1950—1966-os években. A munkatermelékenység időbeli változását a technikai felszereltségre, a műszaki alkalmazottak arányára és a foglalkoztatottak átlagos reálkeresetének alakulására vezették vissza.

A totális és a páros korrelációs együtthatók értékei szerint a munkatermelékenység és tényezői között szoros volt a kapcsolat. A tényezők iparáganként más- és más szerepet játszottak. Egyes esetekben az eredmények irreálisnak bizonyultak, amely abban jut kifejezésre, hogy a termelékenység a reálkeresettel szoros, a technikai felszereltséggel laza kapcsolatban állt.

Az 1950—1966-os időperiódusban az állóeszköz-igényesség erős ciklikus mozgás mellett növekedett. A regressziós együttható azt mutatja, hogy a termelés 1%-os növekedése közel 1,5%-os állóeszköz-bővítéssel járt. Ez azt jelenti, hogy az állóeszköz szempontjából az építőanyagipar fejlődése az államosítás ideje óta extenzív jellegű volt.

Megbízhatósági számítások történtek annak megállapítására, hogy a munkaigényesség és állóeszköz-igényesség extrapolációjára alkalmasak-e a megszerkesztett ökonometriai modellek. A kezdeti tapasztalatok azt igazolják, hogy az extrapolációra egyrészt a termelékenység és tényezői, másrészt a termelés és állóeszközérték 1958—1966-os évek idősorai nyújtanak megbízhatóbb prognosztizálási lehetőségeket.

A megszerkesztett extrapolációs modelleket a további kutatás során pontosítani lehet a műszaki-gazdasági hatásvizsgálatok mellett a várható fejlődési periódusnak megfelelő iparági idősor kiválasztásával.

Az építőanyagipar gazdasági tevékenységének prognosztizálására konzisztens modell szerkesztésével is lehetőség nyílik, ahol a termelés és tényezői egy függvényben kerülnének kifejezésre. Ezt a kutatást az építőanyagipar és iparágai termelési függvényeinek 1950—1966-os idősorai alapján kezdtük meg. A megszerkesztett ágazati, illetve iparági szintű termelési függvények egyrészt CES, másrészt COB-Douglas típusúak.

A kutatás során arra a kérdésre vártunk választ, hogy milyen volt a termelés és ráfordítás kapcsolata, valamint az állóeszköz és az élő munka egymással való helyettesítése. Az alapkutatás során megállapítást nyert:

— a termelési függvény jó közelítését adja a termelés alakulásának, az állóeszköz és az élő munka felhasználásváltozás kapcsolatában,

— az ágazat volumenhozadéka csökkenő és iparáganként eltérő,

— a két termelési függvénytípus más és más, egymást kiegészítő eredményeket adott,

— a helyettesítési határarány, valamint a helyettesítési rugalmasság korrelációs kapcsolatok miatt nem határozható meg.

A termelési függvénnyel kapott irreális eredményeket az agregáció problémájára, becsült állóeszközérték és munkaóra-felhasználás kiszámítására, valamint az árviszonyok bizonytalanságaira lehet visszavezetni.

*

Az építőanyagipari termelésnövekedés fontosabb tényezői témakörében az elméleti és gyakorlati kérdéseket illetően e cikk keretében csak vázlatos áttekintést igyekeztem adni a problémakör legfontosabb összefüggéseiről, és az eddig végzett kutatási eredményekről.

Nem volt célom olyan elméleti és gyakorlati kérdések ismertetése, amelyek a témához szorosan kapcsolódnak. Ezeknek a kérdéseknek a tisztázása azonban az új gazdasági mechanizmusban egyre sürgetőbbé válik. További kutatást igényel a gazdaságossági számítások módszertana, a fejlesztési alap felosztásának sorrendisége, az amortizációs rendszer, az anyagi érdekeltségi rendszer és annak kapcsolata az árrendszerrel stb.

Metodikailag a termelés és tényezőinek vizsgálata során tisztázni kell az árviszonyok tendenciáját is. Ez azért is aktuális kérdés, mert a vállalatok jövedelmezőségét a mindenkori folyó árak határozzák meg. Vállalati szinten a nyereség tömege és felosztásmódja következtében döntő jelentősége van az élő és holt munka helyettesítésének és arányának.

IRODALOM

Tankönyv: A szocializmus politikai gazdaságtana. Kossuth Könyvkiadó 1967.

Dr. Bródy András: A termelés tőkeigényessége a kapitalizmusban.

Rácz Jenő: Az állóalapok és a termelés összefüggése a magyar iparban. Akadémia Kiadó 1966.

Dr. Stark Antal: A magyar ipar. Kossuth Könyvkiadó 1966.

Dr. Szakolczai György: Beruházás és gazdasági növekedés. Közgazdasági Szemle. 1966. 6. szám.

Dr. Neményi István: A „gazdaságos növekedés" érvényesítése a harmadik ötéves terv beruházási politikájában. Ipargazdaság. 1966. 8—9. szám.

Dr. Bródy András: Gazdasági növekedésünk üteme 1924-től 1965-ig. Közgazdasági Szemle. 1967. 4. szám.

Dr. Mátyás Antal: A neoklasszikus növekedési elméletek néhány sajátossága. Közgazdasági Szemle 1967. 4. szám.

Dr. Szakolczai György—Stahl János: Ágazati termelési függvények a magyar iparban. Közgazdasági Szemle. 1967. 6. szám.

T. Sz. Hacsaturov: A Szovjetunió beruházásai 50 év alatt. Közgazdasági Szemle 1967. 11. szám.

ÉGSZI 1967/395. sz. tanulmánya: A termelékenység és tényezőinek összefüggései és a termelékenység-alakulás előrejelzésének makroökonómiai módszere az építőanyagiparban.

ÉGSZI 1967/390. sz. tanulmánya: Az állóeszköz-igényesség alakulásának tendenciái és előrejelzési lehetőségei az építőanyagiparban.

ÉGSZI 1967/404. sz. tanulmánya: Az építőanyagipar és iparágainak termelési függvényei.

Zagyvai Imre: **Az építőanyagipari termelésnövekedés és tényezőinek vizsgálata korszerű matematikai módszerekkel**

Задьваи, Имре: **Исследование роста производства и влияюших на него факторов в области строительных материалов с помощого современных математических методов**

Zagyvai, Imre: **Die Untersuchung der Produktionssteigerung und deren Faktoren in der Baustoffindustrie mittels matematischer Methoden**

Zagyvai, Imre: **Investigation of Production Increase and its Affecting Factors by up-to-date Mathematical Methods**

Kedves Olvasónk!

Negyedik éve már, hogy testvérlapunk, a SZILIKÁTTECHNIKA megjelenik. Színvonalas, jól szerkesztett és érdeklődésre számottartóan megírt cikkei a tégla- és cserépgyártásban, a finomkerámiaiparban, a cement- és mészgyártásban, a kő- és kavicsiparban, az üvegiparban dolgozó szakemberek mindennapi problémáival foglalkoznak.

A lap bemutatja azokat az eljárásokat, technológiákat, melyek a leghaladottabbaknak tekinthetők. Folyamatosan tájékoztatja olvasóit — technikusok, művezetők, szakmunkások munkájában is segítséget nyújtva — a világ szilikátiparában történtekről úgy, hogy a külföldi technológiák magyar viszonyokra való átültetésének lehetőségeit is taglalja. Hasznos és a mindennapok gyakorlatában feltétlenül hasznosítható ismereteket ad huszonnégy oldalon, négyforintos áron olvasóinak.

Szerkesztő bizottságunk feltétlenül hasznosnak tartja, ha olvasói ennek a lapnak, testvérlapunknak, a SZILIKÁTTECHNIKÁNAK is olvasói lennének. A folyóirat a Lapkiadó Vállalat gondozásában jelenik meg a Szilikátipari Tudományos Egyesület, az Építésügyi és Városfejlesztési Minisztérium, az Építő- Fa- és Építőanyagipari Dolgozók Szakszervezete, a Cement- és Mészipari Művek, a Finomkerámiaipari Művek, a Kő- és Kavicsipari Egyesülés, a Tégla- és Cserépipari Egyesülés, az Üvegipari Művek támogatásával.

Ha előfizetőnk a SZILIKÁTTECHNIKA folyóirat olvasója kíván lenni, keresse meg a szerkesztőséget, és kérjen csekket az előfizetéshez. A szerkesztőség címe: Technikalapok szerkesztősége, Budapest V., Báthory u. 12. Telefon: 115—000/271, 310—941, vagy Lapkiadó Vállalat Terjesztési Osztály Budapest VII., Lenin krt. 9—11.

A kalcium-szulfát hatása a klinkerégetés során lejátszódó ásványképződési folyamatokra*

RAGOZINA, T. A., AHMEDOV, M. A.
Az Üzbég Tudományos Akadémia Kémiai Intézete

A kalcium-szulfát ásványképző hatását a különböző cementek és klinkerásványok égetése során Budnyikov, Rojak, Okorokov, Korsunov és mások tanulmányozták [1—4]. Ezekben a munkákban megállapítást nyert a kalcium-szulfát intenzifikáló hatása.

Ragozina a kalcium-aluminátok és a gipsz között 900—1200°C körül lejátszódó reakciókat vizsgálva, valamint a timföld-belit cementek félüzemi égetése alkalmával első ízben mutatta ki a gipsz alkalmazásának lehetőségét a portlandcementklinker égetési folyamatának irányítására oly módon, hogy általa a C_3A és C_5A_3 felbomlik és kis bázicitású víztelen kalcium-szulfoaluminát keletkezik.

Vizsgálataink során a nyerskeverékekben szinte mindig jelenlevő, egyes gyárakban (Krasznojarszk-i, Dusanbe-i) pedig kifejezetten a klinker zsugorodási folyamatát elősegítő nyersanyag-adalékként felhasznált kalcium-szulfát szerepével foglalkoztunk. A kapott eredmények, melyeket más szovjet és külföldi szerzők adatai is alátámasztanak, arról tanúskodnak, hogy a klinkerégetés technológiai feltételeitől függően a $CaSO_4$ meghatározott irányban befolyásolja az ásványképződési folyamatokat.

Vizsgálatainkat az Üzbég Tudományos Akadémia Kémiai Intézetének szilikátkémiai laboratóriumában, a NIIcement kísérleti üzemében és üzemi szinten az Angrena-i cementgyárban végeztük. Munkánk eredményeiről már korábban más helyütt részben beszámoltunk [5—13].

A kutatás módszerei

A kémiai reakciók tanulmányozására $CaCO_3$, SiO_2, Al_2O_3 és Fe_2O_3 komponensekből $CaSO_4$ adalékkal, vagy anélkül nyerskeverékeket készítettünk és azokat különböző hőmérsékleteken kiégettük. A reakcióba lépett, illetőleg kötetlenül maradt oxidok mennyiségének meghatározására szokványos analitikai módszereket alkalmaztunk. A keletkezett új kristályfázisok elválasztására a különböző klinkerásványoknak a bór- és ecetsavban való eltérő oldhatóságát használtuk ki.

Az ásványok azonosítását immerziós mikroszkópi és röntgenanalítikai módszerrel végeztük. A mész-kovasav rendszerek vizsgálatára DTA-módszert is alkalmaztunk.

A cementek hidraulikus aktivitását, sós vizekkel szembeni ellenállóképességét és időállóságát az általánosan elfogadott szabványos módszerekkel vizsgáltuk: a normál és csökkentett méretű próbatesteket különböző körülmények között szilárdítottuk.

A $CaSO_4$ hatása a klinkerásványok keletkezésének sebességére

A klinkerásvány-képződés sebességének az égetési hőmérséklet és a $CaSO_4$-tartalom függvényében változó adatait az 1. táblázatban közöljük. Ezekből látható, hogy már 900°C-on jelentős sebességgel képződik a C_2S, C_2F és a C_4AF. 30 perces égetés

* A IX. Szilikátipari Konferencián elhangzott előadás.

1. táblázat

Klinkerásványok keletkezésének sebessége különböző hőmérsékleteken, a $CaSO_4$-tartalomtól függően

Sorszám	A keverékek molekuláris összetétele	A lekötött mész mennyisége a keverék összes CaO-tartalmának %-ában							
		900°	1000°	1100°	1200°	1220°	1300°	1350°	1400°
1.	$2\ CaO : SiO_2$	19,0	44,6	56,7	63,6	—	73,7	75,7	85,5
2.	$2\ CaO : SiO_2 : 0{,}15\ CaSO_4$	26,4	57,0	66,7	96,7	—	100,0	103,4*	—
3.	$3\ CaO : SiO_2$	—	—	32,7	33,2	—	46,4	58,2	68,7
4.	$3\ CaO : SiO_2 : 0{,}22\ CaSO_4$	—	—	37,6	44,5	—	61,7	70,4	79,4
5.	$CaO : Al_2O_3$	0,0	21,5	46,8	69,0	—	91,9	100,0	—
6.	$CaO : Al_2O_3 : 0{,}5\ CaSO_4$	4,2	59,5	100,0	100,0	—	—	—	—
7.	$5\ CaO : 3\ Al_2O_3$	—	39,4	40,4	62,2	—	79,3	—	—
8.	$5\ CaO : 3\ Al_2O_3 : 5{,}1\ CaSO_4$	—	56,4	61,5	60,5	—	59,9	—	—
9.	$3\ CaO : Al_2O_3$	—	9,4	18,0	29,6	—	48,2	86,2	—
10.	$3\ CaO : Al_2O_3 : 1{,}6\ CaSO_4$	—	19,9	33,1	33,4	—	31,2	33,5	—
11.	$2\ CaO : Fe_2O_3$	33,8	67,4	85,0	—	95,2	100,0	—	—
12.	$2\ CaO : Fe_2O_3 : 0{,}2\ CaSO_4$	58,7	85,1	94,4	—	100,0	100,0	—	—
13.	$4\ CaO : Al_2O_3 : Fe_2O_3$	19,3	49,9	71,7	—	80,8	100,0	—	—
14.	$4\ CaO - Al_2O_3 : Fe_2O_3 : 1{,}5\ CaSO_4$	23,3	63,5	81,1	—	86,6	100,0	—	—
15.	$6\ CaO : 2\ Al_2O_3 : Fe_2O_3$	—	39,2	53,4	—	71,9	98,1	—	—
16.	$6\ CaO : 2\ Al_2O_3 : Fe_2O_3 : 1{,}13\ CaSO_4$	—	57,5	65,0	—	77,4	80,4	—	—
17.	$8\ CaO : 3\ Al_2O_3 : Fe_2O_3$	—	33,2	47,8	—	68,4	96,9	—	—
18.	$8\ CaO : 3\ Al_2O_3 : Fe_2O_3 : 1{,}5\ CaSO_4$	—	61,8	64,3	—	69,4	68,6	—	—

* A keverékbe bevitt CaO-n kívül reakcióba lépett a $CaSO_4$ bomlásakor keletkező CaO is.

után a lekötött mész mennyisége rendre 19,0, 33,8 és 19,3%. Kalcium-szulfát jelenlétében a folyamat meggyorsul és a lekötött mészmennyiség 26,4, 58,7 és 23,3%-ra növekszik. A hőmérséklet 1000 fokra való növelése tovább gyorsítja az összes klinkerásvány-képződési reakciót. A $CaSO_4$-adalék előnyös hatása leginkább a Ca esetében mutatkozik meg: az ásvány képződése már 1100°C körül teljesen befejeződik, míg a $CaSO_4$ adalék nélkül ugyanezen a hőmérsékleten a lekötött mész mennyisége csak 46,8%-ot ér el. $CaSO_4$ nélkül a C_2F az elméleti mennyiség 85%-át, adalékkal pedig 94,4%-át teszi ki. Ugyanezek az értékek C_4AF esetében 71,7, illetve 81,1%, C_2S-nál pedig 56,7, illetve 66,7%.

1200°C-on még inkább megmutatkozik a $CaSO_4$ kedvező hatása a C_2S képződésre. A lekötött mész mennyisége 96,7%-ra növekszik az adalék nélkül kapott 63,6%-kal szemben. Hasonló kedvező hatás tapasztalható a C_3S keletkezésénél is. Meg kell azonban jegyeznünk, hogy számításainkban a SiO_2 által lekötött mész mennyiségének számításakor nem vettük figyelembe a bázikus kalcium-szulfát esetleges keletkezését. (P. P. Budnyikov szerint ugyanis e hőmérsékleten az SO_3-nak megfelelő ekvivalens mennyiségen felüli mészmennyiség bázikus kalcium-szulfát alakjában lekötődhet, és az így beépült mész a szokásos etilénglikolos módszerrel nem határozható meg.)

A C_5A_3, C_3A és az $Al_2O_3 : Fe_2O_3 = 2$ és 3 mólviszonyú aluminátferritek a $CaSO_4$ jelenlétében kevésbé keletkeznek. A megfelelő összetételű keverékekben nagy mennyiségű lekötetlen mész marad vissza, ami már 1300°C-on jól megfigyelhető. Az elvégzett számítások szerint az aluminátos keverékekben a lekötött mészmennyiség alapján a CA, az aluminátferrites keverékekben pedig $C_4AF + CA$ keletkezik.

Az Al_2O_3-ot, CaO-ot és $CaSO_4$-ot tartalmazó nyerskeverékek égetése során keletkező termékeket 5%-os ecetsavval kezeltük, ami lehetővé tette $CaSO_4$-al $n \cdot CA \cdot CaSO_4$ összetételű vízmentes szulfoaluminát vegyületben kötött CA elválasztását a szabad mésztől és az anhidrittől. A párhuzamosan elvégzett kísérletekben előzetesen szintetizált C_3A, illetve C_5A_3 ásványok és anhidrit keverékeit hevítettük azonos hőmérsékletre, és azt az eredményt kaptuk, hogy szabad mész keletkezett, mégpedig a CA-tá való lebomlásnak megfelelő mennyiségben. E kísérletek során nem biztos, hogy a $CaSO_4$ és a kiindulási aluminátok közötti reakció teljes mértékben végbement, és így a keletkező $n \cdot Ca \cdot CASO_4$ összetételű szulfoaluminát mellett részben megmaradhattak az utóbbiak is, melyek a CA-tal ellentétben szobahőmérsékleten jól oldódnak az ecetsavban [14].

A bórsavoldat lehetővé teszi az anhidrit elválasztását a szabad mésztől. Az elvégzett elemzések és számítások eredményeképpen megállapítottuk, hogy az 1100°C-on nagy sebességgel keletkező vegyület összetétele $3CA \cdot CaSO_4$. E vegyület törésmutatója 1,567—1,569 és jellegzetes röntgenképet ad, melyen $d = 3,75$Å-nél pontos azonosításra alkalmas, igen intenzív vonal észlelhető.

Az anhidrittel együtt égetett aluminát-ferrit minták röntgen- és kémiai vizsgálatai alapján úgy találtuk, hogy a C_4AF-nél nem következik be a mész és szulfoaluminát keletkezésével együttjáró bomlás. A $CaSO_4$ teljes mennyiségben átmegy a bórsavas kivonatba, a röntgenfelvételen pedig nem találunk $d = 3,75$Å-nél vonalat, viszont megtalálható az anhidrit $d = 3,49$Å-os vonala. A $C_6A_2F + CaSO_4$ és a $C_8A_3F + CaSO_4$ keverékek hevítési termékeiben megtaláltuk a szulfoaluminátot: a röntgenfelvételeken jól észlelhetők a 3,75Å-nek megfelelő vonalak, ugyanakkor jelentős mértékben gyengültek az anhidrit vonalai (3,49Å). A bórsavban oldhatatlan, lekötött szulfát mennyisége a C_4AF-té, illetve $3CA \cdot CaSO_4$-tá való ekvivalens átalakulásnak felel meg.

Vizsgálataink eredményeit alátámasztják a más kutatók (Krülov, Budnyikov, Okorokov, Halstead) által kapott adatok is [15—18].

A cement-nyerskeverékek égetésekor végbemenő ásványképződési folyamatoknál a $CaSO_4$ jelenlétében fellépő változások

A $3CA \cdot CaSO_4$ összetételű szulfoaluminát képződésének komoly jelentősége van a nagy Al_2O_3 tartalmú és kis bázicitású nyerskeverékek égetésénél. Ez esetben a CaO megoszlása a szilikát és aluminát ásványok között nagymértékben megváltozik, mégpedig oly módon, hogy több C_3S keletkezik a termékben. Ha a keverék bázicitását úgy állítjuk be, hogy C_2S és CA ásványokból álló ún. timföld-belit cementet nyerjünk, akkor különösen fontos a $CaSO_4$ jelenléte, mert így — mint azt korábban Budnyikov [1] kimutatta — megakadályozható a gehlenit-képződés.

A szokványos portlandcement-nyerskeverékekben, melyekre az alacsony aluminátmodulus és nagy telítési tényező a jellemző, a $CaSO_4$ kedvező hatása a zsugorítózóna előtt lejátszódó mészlekötési folyamatok gyorsításában mutatkozik meg. A mész teljes lekötését azonban gátolja a kisebb mésztartalmú ásványok keletkezése, valamint a kalcium-szulfát jelentős mértékű disszociációja 1350 fok feletti hőmérsékleten. Ezért a nagyobb mennyiségű gipszet tartalmazó iszapok összetételének számításakor figyelembe kell venni a bázikusság csökkenését, különösen akkor, ha az aluminátmodulus 1-nél nagyobb. A laboratóriumi vizsgálatok alapján a portlandcement nyerskeverékek égetése esetén az ásványképződési folyamatok hatékonyan befolyásolhatók, ha a telítési tényező 0,80, illetve 0,85, az aluminátmodulus pedig 1,4 értékek körül van, 5% gipszadagolás mellett. A kémiailag meghatározott fázisösszetétel alapján kiszámítottuk az ásványi összetételt. A bórsavas kivonatba került a C_3S, C_2S, a szabad mész és a $CaSO_4$. A kísérleti és számítási eredményeket a 2. táblázatban közöljük.

Az, hogy a $CaSO_4$ teljes mennyiségben megtalálható a bórsavas kivonatban, azt bizonyítja, hogy az égetés során nem keletkezik $3CA \cdot CaSO_4$. Az olvadékból valószínűleg egy másik szulfáttartalmú ásványi fázis — feltételezésünk szerint, $n \cdot C_2S \cdot CaSO_4$ összetételű szulfoszilikát képződik. A kalcium-szulfát tartalmú klinkerekben a $C_3S:C_2S$

2. táblázat

Angrena-i nyersanyagból laboratóriumi körülmények között, 1400°C-on 30 percig égetett klinkerek összetétele

A minta jele	Az iszap TT-je	Kémiai összetétel, %					Ásványi összetétel, %				Aluminátferritek	
		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	SO_3	CaO_{sz}	$CaSO_4$	C_3S	C_2S	összetétel	%
1.	0,80	24,5	5,1	3,5	64,7	0,4	0,38	0,7	40,3	36,3	$C_{7,0}A_{2,27}F$	17
2.	0,80	23,0	4,5	3,3	63,8	3,8	0,25	6,5	47,7	26,0	$C_{6,65}A_{2,20}F$	14,7
3.	0,85	23,6	5,0	3,6	66,0	0,4	0,0	0,7	54,3	23,6	$C_{7,1}A_{2,12}F$	17,5
4.	0,85	21,8	4,4	3,2	64,8	3,5	0,21	5,9	60,1	13,6	$C_{6,75}A_{2,15}F$	15,2

arány nagymértékű növekedése arról tanúskodik, hogy a $CaSO_4$ elősegíti az alitképződést. Ez annak lehet a következménye, hogy kedvezően hat a C_2S és CaO között végbemenő reakcióra, gátolva a C_3A keletkezését.

Szulfoszilikát-képződés a $CaSO_4$-ot tartalmazó mész-kovasav rendszerekben

A $2CaO + SiO_2 +$ anhidrit összetételű és a β—$C_2S + CaSO_4$ összetételű keverékek DTA-vizsgálata nem azonos görbéket eredményez. Az első keverék DTA-görbéjén az 1210°C-nál megfigyelhető, az anhidritre jellemző mendoter csúcs mellett 1240°C-on éles exoterm csúcsot találunk, ami nem figyelhető meg a második keveréknél. Figyelembe véve, hogy $CaCO_4$ jelenlétében 1200°C-on a C_2S képződés gyorsan végbemegy (1. táblázat) és ez az ásvány jól kristályosodik, az említett csúcs véleményünk szerint három egyidejűleg lejátszódó folyamatot fejez ki: 1. a CaO és SiO_2 reakcióját, 2. a kalcium-szilikát és a $CaSO_4$ reakcióját és 3. a szulfoszilikát kristályosodását. A bórsavanhidriddel stabilizált kristályos β-C_2S-ból a szulfoszilikát valószínűleg kisebb sebességgel és jelentősebb hőkiválás nélkül keletkezik, s ezért nem találni nyomát e folyamatnak a második keverék DTA-görbéjén.

A β—$C_2S +$ anhidrit kiégetett keverékének röntgen- és mikroszkópi elemzése alátámasztja a közöttük végbemenő reakciót. Kis $CaSO_4$-tartalom (10—20%) esetén az égetés után az anhidrit fázis eltűnik, ugyanakkor a szilikátkristályok fénytörése 1,69—1,70-re csökken. Ugyancsak csökken a kettős törésük is. A szemcsék burka a reakció következtében elváltozik. Nagyobb mennyiségű anhidritadagolásnál az anhidrit egy része megmarad.

A nem kiégetett keverék röntgenfelvételén már 10% anhidrittartalom is jól megfigyelhető. Félórás égetés után a d = 3,49 Å vonal eltűnik, 20% anhidrittartalom esetén pedig ez a jellegzetesen erős anhidritvonal alig észlelhetővé válik. Ha az anhidrit mennyiségét 40%-ig növeljük a keverékben, úgy röntgenvizsgálattal jól követhető az égetés során e vegyületre jellemző vonalak intenzitásának csökkenése. A DTA-görbén ugyancsak jól látható a 20—40% anhidritet tartalmazó keverékek égetése során az 1210°C-os endoterm csúcs csökkenése. A nyert eredmények arról tanúskodnak, hogy a kalcium-ortoszilikát a szulfáttal reakcióba lép, aminek következtében szulfoszilikát keletkezik. Ennek összetétele előzetes adatok szerint $3C_2S \cdot CaSO_4$ (20,8% $CaSO_4$-tartalommal).

Érdekes, hogy a szulfáttartalmú kettős sók keletkezésében bizonyos törvényszerűségeket lehet megfigyelni: e sók összetétele

$$3CA \cdot CaSO_4,\ 3C_2S \cdot CaSO_4,\ 3C_3P \cdot CaSO_4,$$

vagyis mindegyikben egy szulfátmolekula kötődik három-három mésszel telített Al_2O_3, SiO_2 és P_2O_5 molekulához.

Szulfoaluminát és szulfoszilikát képződése a cement-nyerskeverékek égetése alkalmával

Ha a nyerskeverék jelentős mennyiségű (5%-nál több) $CaSO_4$-ot tartalmaz, akkor az égetés különböző szakaszaiban az ásványképződési folyamatokat a szulfátnak az aluminátokkal és szilikátokkal lejátszódó reakciója fogja meghatározni a keverék összetételétől függően.

A sok alumíniumoxidot tartalmazó keverékekben 1000—1250°C közötti hőmérsékleten elsősorban szulfoaluminát keletkezik, amely tiszta állapotban igen ellenálló a magas hőmérsékletekkel szemben.

C_2S jelenlétében a klinker zsugorodása alkalmával (1300—1400°C körül), mikor az anyag kb. 30%-a olvadékot képez, a szilikátásványok kristályosodása hamarabb megy végbe, mint a köztes anyagé (celité), s így ismét kialakulnak a szulfoszilikát-képződés feltételei. A szulfoszilikát megjelenhet a zsugorodási hőmérséklet alatt is, ha a $CaSO_4$ mennyisége meghaladja a $3CA \cdot CaSO_4$ keletkezéséhez szükséges mennyiséget. A nagy mennyiségben jelenlevő szulfoszilikát kedvezőtlenül befolyásolja az alitképződést, és ezért a magas telítésű keverékekben sok szabad mész marad vissza. Ilyen esettel találkoztunk az Angrena-i cementgyárban, mikor a szokványos összetételű iszapba kb. 10% gipszet adagoltunk.

Az alitmentes cementek esetében, melyek CaO tartalmát CA és C_2S ásványok keletkezésére állítjuk be, mind a szulfoszilikát, mind a szulfoaluminát képződése kedvező, mert meggyorsítja az égetést (1200°C-ra csökkentve az égetési hőmérsékletet), és nő a termék aktivitása. A NIIcement kísérleti berendezésén az Angréna-i nyersanyagból (elhomokosodott kaolinos agyag, mészkő) 10% gipszkő hozzáadásával végzett timföld-belit cement égetések bebizonyították, hogy 1200°C hőmérsékleten is lehet nagy kezdőszilárdságú, jó minőségű cementet előállítani. Ez a cement időálló és még az erősen agresszív magnéziumos oldatokban is szulfátálló. Ha a nyerskeverék CaO-tartalmát tovább növeljük, az égetési hőmérséklet 1450°C-ra növekszik, a $CaSO_4$ jelentős mértékben disszociál,

3. táblázat

Timföld-belit cementek összetétele és mechanikai szilárdsága

A minta jele	Égetési hőmérséklet	A klinker kémiai összetétele, %					Földnedves habarcs, cement : homok = 1 : 3																	
							Húzószilárdság, kp/cm^2									Nyomószilárdság, kp/cm^2								
							Nedves tárolás, nap					vízben tárolva, nap		levegőn tárolva, nap		Nedves tárolás, nap					Vízben tárolva, nap		Levegőn tár., nap	
		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	SO_3	1	3	7	28	90	28	90	28	90	1	3	7	28	90	28	90	28	90
1.	1200°	26,4	11,0	0,75	56,9	4,2	23,7	25,6	31,7	33,4	37,3	34,5	38,0	37,7	37,7	301	403	444	479	500	455	479	630	627
2.	1350°	24,1	9,5	0,75	60,4	3,9	8,7	13,3	14,3	25,2	45,5	36,5	42,5	24,2	21,1	166	158	190	600	726	600	715	301	278
3.	1450°	23,2	9,5	0,68	62,9	2,5	22,7	29,5	33,1	34,6	41,5	35,5	41,0	40,4	47,4	310	383	413	500	610	530	585	600	627

C_3A és szabad mész keletkezik. Az ilyen klinker nehezen őrölhető, ugyanakkor az 1200°C-on égetett alit nélküli klinker igen könnyen egész nagy fajlagos felületre őrölhető. A nagyobb bázicitású timföld-belit cementek nagy mechanikai szilárdsággal rendelkeznek, de önmagukban nem stabilok. A vonatkozó vizsgálatok eredményeit a 3. táblázatban közöljük.

Sokat ígérőnek tűnik a timföld-belit cementeket 1200—1250°C-os égetéssel kis vastartalmú nyersanyagból (kaolinitos agyagok, mészkő, gipszkő) előállítani, melynek szilikátmodulusa kicsi és kevés CaO-t tartalmaz. Erre a célra sikeresen használhatók az egyéb célra nem alkalmas 27—30% Al_2O_3-ot tartalmazó kaolinitos agyagok és bauxitok, ami nagymértékben bővíti a cementipar nyersanyagbázisát.

IRODALOM

[1] *Budnyikov, P. P., Szologubova, O. M.:* Dokladü Akademii Nauk SZSZSZR 85, 5, 1952.
[2] *Rojak, Sz. M., Gersman, M. I., Miloszlavszkij, K. F., Nagerova, E. I.:* Zsurnal Prikladnoj Himii 7, 1933.
[3] *Korsunova, A. I., Pod'jacseva, I. B.:* Novoje v nauke i technike o cementye, 66 Giprocement, Leningrád, 1956.
[4] *Okorov, Sz. D., Golünko-Volfszon, Sz. L., Kornyejev, V. I.:* Trudü Leningradszkogo Technologicseszkogo Insztyituta, 56. kötet, 1960.
[5] *Ragozina, T. A.:* Zsurnal Prikladnoj Himii, 1957.
[6] *Ragozina, T. A.:* Uzbekszkij Himicseszkij Zsurnal, 6. köt. 1958.
[7] *Ahmedov, M. A.:* Uzbekszkij Himicseszkij Zsurnal, 3. köt. 1959.
[8] *Ahmedov, M. A., Ragozina, T. A.:* Uzbekszkij Himicseszkij Zsurnal, 6. köt. 1961.
[9] *Ragozina, T. A., Ahmedov, M. A.:* Uzbekszkij Himicseszkij Zsurnal, 2. köt. 1962. a.
[10] *Ragozina, T. A., Ahmedov, M. A.:* Uzbekszkij Himicseszkij Zsurnal, 4. köt. 1962. b.
[11] *Ahmedov, M. A., Ragozina, T. A.:* Uzbekszkij Himicseszkij Zsurnal, 1. köt. 1963.
[12] *Ahmedov, M. A.:* Kandidátusi disszertáció tézisei, 1964.
[13] *Ahmedov, M. A., Ragozina, T. A., Szurovkin, V. M., Kelganov, B. A.:* Uzbekszkij Himicseszkij Zsurnal, 5. köt. 1967.
[14] *Ragozina, T. A.:* Dokladü Akademii Nauk Uzbekszkoj SZSZSZR, 5. köt. II. 1954.
[15] *Krülov, G. M.:* Dokladü Akademii Nauk Uzbekszkoj SZSZSZR, 10. köt. 1959.
[16] *Budnyikov, P. P., Kuznyecova, I. P.:* Trudü Moszkovszkogo Himiko-Tyehnologicseszkogo Insztyituta im Mendelejeva 36. 1961.
Naucsnüe szoobcsenyija NIICementa, 12 (43) Ekonomizdat, Moszkva, 1961., Zsurnal Prikladnoj Himii, 35. 5, 1962.
[17] *Okorokov, Sz. D., Golünko-Volfszon, Sz. L., Jarkina, T. N., Csepik, R. A.:* Zsurnal Prikladnoj Himii, 35, 2, II, 1962, Trudü Leningradszkogo Technologicseszkogo Insztyituta, LXIV. köt. 1963.
[18] *Halstead, P. E., Moore, A. E.:* Jowr. Applied Chem. vol, 12. 1962.

Ragozina, T. A.—Ahmedov, M. A.: **A kalciumszulfát hatása a klinkerégetés során lejátszodó ásványképződési folyamatokra**

Az Al_2O_3—CaO—$CaSO_4$ és a (6—8) CaO- (2—3) Al_2O_3—Fe_2O_3 keverékekben vízmentes 3 CA · $CaSO_4$ képződik, ami az egyetlen stabil vegyület, és amely 1100°C hőmérsékleten CA-ból és $CaSO_4$-ból könnyen előállítható. A nagy aluminát modulusú és kis mésztelítettségi tényezőjű cementkeverékekben kalciumszulfát jelenlétében az égetési folyamat CA és nagymennyiségű C_2S képződése közben játszódik le. Az anhidrit és a C_2S kö-

zött 1240°-on exoterm reakció játszódik le, amelyet szulfoszilikát —$nC_2S \cdot CaSO_4$ képződése kísér. Ennek összetételét eddig még nem állapítottuk meg. Fénytörési mutatóit meghatároztuk. A nagymennyiségű $CaSO_4$-ot tartalmazó portlandcement klinker zsugorodásakor az ásványok kristályosodását — a technológiai viszonyoktól függően — főleg szulfoszilikát, nem pedig szulfoaluminát képződése kíséri. A zsugorodási övezet előtt viszont ellenkezőleg, az ásványképződés szulfoaluminát kialakulásával jár. Távlati elképzelésük — aluminát-belit cementeket előállítani 1200—1250°C-in kis vastartalmú nyersanyagból kis mésztelítettségi tényező és kis szilikátmodulus mellett, 8—10% gipsz bevitelével. A kismértékben zsugorodó klinker nagyon könnyen megőrölhető nagy fajlagos felületűre. Az ilyen klinkerből kapott cement nagy aktivitással és nagy levegőállósággal rendelkezik és kicsi a zsugorodása; ha szulfát és magnéziumtartalmú vízben szilárdul meg, komoly mérvű tartóssággal rendelkezik.

Рагозина, Т. А.—Ахмедов, М. А.: **Влияние сульфата кальция на ход минералообразовательных процессов при обжиге цементных смесей.**

Нами было установлено образование безводного 3 CA . $CaSO_4$ единственного устойчивого соединения в смесях Al_2O_3—CaO—$CaSO_4$ и (6—8) CaO—(2—3) Al_2O_3—Fe_2O_3, легко получаемого при температуре 1100° из CA и $CaSO_3$. В цементных смесях с высоким ГМ и низким КН известью, в присутствии сульфата кальция, процесс обжига протекает в сторону образования CA и большего количества C_3S. Нами было выявлено также наличие экзотермической реакции между ангидритом и C_2S, происходящей при 1240°C с образованием сульфосиликата —nC_2S . $CaSO_4$, его состав пока не установлен, определены коэффициенты светопреломления. При спекании портландцементного клинкера, содержащего значительное количество $CaSO_4$, кристаллизация минералов будет протекать в зависимости от технологических условий, преимущественно с образованием сульфосиликата, а не сульфоалюмината. До зоны спекания наоборот, ход минералообразования будет обуславливаться получением сульфоалюмината. Перспективно получать глиноземисто-белитовые цементы при 1200—1250° из маложелезистого сырья с низким СМ и КН, вводя 8—10% гипса. Малоспекшийся клинкер очень легко измельчается до высокой удельной поверхности. Полученный из него цемент характеризуется высокой активностью, большой воздухостойкостью и очень малой усадкой; при твердении в сульфатных и магнезиальных водах он ведет себя исключительно стойко.

Ragosina, T. A.—Achmedow, M. A.: **Einfluß des Kalziumsulfats auf den Vorgang der Mineralbildung beim Brennen von Zementmischungen.**

In den Al_2O_3—CaO—$CaSO_4$ und (6—8)CaO-(2—3) Al_2O_3-Fe_2O_3 Systemen entsteht wasserfreies 3CA · $CaSO_4$, das die einzige beständige Verbindung darstellt, welche bei 1100° leicht hergestellt werden kann aus CA und $CaSO_4$. In Zementmischungen mit hohem Tonerdemodul und geringem Kalksättigungsfaktor spielt sich der Brennvorgang in Gegenwart von Kalziumsulfat, unter Bildung von CA und von großer Menge C_3S ab. Zwischen dem Anhydrit und dem C_2S verläuft bei 1240° eine exotherme Reaktion, die von der Bildung des Sulfosilikats $nC_2S \cdot CaSO_4$ begleitet wird. Die genaue Zusammensetzung desselben wurde einstweilen nicht festgestellt, die Kennwerte seiner Refraktion wurden bestimmt. Während des Sinterns des hohen Anteil von $CaSO_4$ enthaltenden Portlandzementklinkers wird die Kristallisation der Minerale — in Funktion der technologischen Verhältnisse — vorwiegend von der Bildung von Sulfosilikaten, und nicht etwa von Sulfoaluminaten, begleitet. Vor der Sinterzone aber ist die Mineralbildung an die Entstehung von Sulfoaluminaten geknüpft. Unsere Absicht ist, künftig bei 1200—1250° aus Rohstoffen mit geringem Eisengehalt — bei niedrigem Kalksättigungsfaktor und Silikatmodul, unter Zusatz von 8—10% Gipses—Aluminat-Belitzemente herzustellen. Der nur in geringem Maße sinternde Klinker kann recht leicht zu einem Mahlgut von großer spezifischer Oberfläche vermahlen werden. Der aus solchem Klinker gewonnene Zement verfügt über hohe Aktivität und Luftbeständigkeit, bei äußerst geringer Schrumpfung. Erfolgt die Verfestigung in sulfat- und magnesiumhaltigem Wasser, dann wird dieser Zement nennenswerte Festigkeiten zeigen. (S. G.)

Ragozina, T. A.—Akhmedov, M. A.: **The influence of calcium sulfate on the mineral formation process in cement mix firing.**

In Al_2O_3—CaO—$CaSO_4$ and (6—8)CaO-(2—3) Al_2O_3—Fe_2O_3 mixtures there will be anhydrous 3 CA · · $CaSO_4$ produced, as the only stable compound which can be readily obtained from CA and $CaSO_4$ at a temperature of 1100°C. In cement mixtures of high aluminate modulus and low calcium saturation coefficient, with calcium sulfate present, the firing process takes place during the formation of large CA and C_3S quantities. At a temperature of 1240°C, anhydrite and C_2S will have an exothermic reaction completed there between, followed by sulfosilicate-($nC_2S \cdot CaSO_4$)formation. Its composition has not been determined, as yet, but is refraction indices could be determined. During the shrinkage of Portland cement clinker containling a high $CaSO_4$ quantity, minera crystallization is associated with the formation of mainly sulfosilicate, and not sulfoaluminate, depending on the technological conditions existing. Prior to the shrinkage, however, mineral formation involves sulfoaluminate production. Our long-range objective is to produce aluminate-belite cement types, at a temprature of about 1200 to 1250°C, by making use of a low iron content raw material, with a low calcium saturation coefficient and low silicate modulus, and through the addition of 8 to 10 per cent gypsum. The clinker of only a slight shrinkage is readily ground to have a large specific surface. The cement produced of such a clinker type will possess high activity and high weathering capacity but will hard exhibit any shrinkage. Hardening in sulfate and magnesium content water, it will be extremely durable.

LAPUNK PÉLDÁNYONKÉNT MEGVÁSÁROLHATÓ:

V., VÁCI UTCA 10.

V., BAJCSY-ZSILINSZKY ÚT 76. SZÁM ALATTI

HÍRLAPBOLTOKBAN

Üvegolvasztó kádak áramlási viszonyainak vizsgálata rádioizotópokkal*

GÉMESI J., SZŐLŐSI J.
ÉVM Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

Nagyszámú tanulmány ismerteti és magyarázza azoknak a vizsgálatoknak eredményeit, amelyeket üvegolvasztó kádakban, és modelleken az olvadék áramlási viszonyainak feltásárára és az áramlási sebesség meghatározására végeztek [1—10]. Mindezek ellenére maradtak vitatható és megoldatlan kérdések, s nem mondhatjuk, hogy — néhány alapvető általános megállapításon kívül — az olvasztókádak áramlási viszonyai ismertek.

Vitatkozni lehetne azon, hogy a gyártmányok minősége szempontjából milyen mértékű konvekciós áramlás megengedett, foglalkozni lehetne azzal, hogy a homogenizálódás szempontjából milyen jellegű áramlások kedvezőek, számszerű adatokat lehetne szolgáltatni az olvasztókádak aktív térfogatának pontos kiszámításához, sőt meg lehetne pontosan határozni a kádak kedvező mélységét — ha az egyes olvasztókádak áramlási viszonyai minden szempontból ismeretesek lennének.

A következőkben ismertetett vizsgálatok alapján a fenti kérdésekre még nem adható határozott, egyértelmű válasz. Az eddigi eredmények szerint azonban a radioizotópos mérési módszerek olyan lehetőségeket tárnak elénk, hogy a jövőben egyes kádakban nemcsak az áramlási viszonyok teljes feltérképezése valósulhat meg, hanem ennek tudatos és tervszerű kézbentartásával esetleg a kifogástalan minőségű termékek leggazdaságosabb előállítása is megvalósítható.

Az eddigi rádioizotópos vizsgálatok részben az áramlási sebesség meghatározására, a keresztirányú áramlások kimérésére vonatkoztak. Megállapították, hogy az olvadék több önálló áramban különböző sebességgel áramlik előre, felszínén igen vékony rétegben az áramlás sebessége 18—20 m/óra és itt halad az olvadék 0,15%-a, stb. (Barker R. S. 1958). Egyes mérések szerint 12 tonnás olvasztókád esetében a munkakádban a beadagolt anyag 11—12 óra múlva jelentkezik, az olvadék 30%-a 20 óra alatt, 48%-a pedig 40 óra alatt áramlik át az olvasztókádon (Dubrovszkij V. A. 1957). Ezek a jórészt kvalitatív értékű eredmények a mérési módszer kidolgozásakor végzett mérésekből származnak.

Nem tisztázták a helyzetet a legújabb adatok sem (Krusowsky, Sarna 1967).

A Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézetnek az elmúlt években a tokodi, sajószentpéteri, orosházi és salgótarjáni üveggyárakban végzett vizsgálatai szerint a radioizotópos méréseknél az alábbi nehézségek merültek fel:

1. az olvasztókádakból nem lehet tetszőleges helyen mintát venni. Az adagoló nyílás után általában csak a tisztuló térnél lehet az olvasztókádhoz hozzáférni;

2. az olvadék belsejéből vett minták mintavételi helye bizonytalan. A mélységi mintavételt — előzetes modellkísérlet után — a megfelelő mélységre lenyomott, majd megszívott acélcsövekkel megoldottuk. A befagyott üveg kivételével és a mintavétellel járó nehézségek miatt azonban ez csak kvalitatív ellenőrzésre használható;

3. a külső detektálás — a vizsgáló fejek megfelelő hűtése esetén is — csak arra ad választ, hogy a mérőhely előtt vonul-e el sugárzó anyag. Arról, hogy a jelzett anyag a faltól milyen távol áramlik, az abszorpció mértékéből csak erősen kvalitatíve lehet következtetni.

A tájékozódó mérések és számítások alapján kidolgozott mérési módszerünk az alábbi fázisokból áll:

1. a vizsgált olvasztókád méreteinek megfelelő aktivitású radioaktív izotópot (Na-24 vagy Cr-51) kb. 1 kg-nyi homokkal kis fajlagos aktivitásra hígítjuk. Erre a célra a folyékony Na_2CO_3 és Cr_2O_3 jobban megfelelt, mint a Na_2CO_3 por vagy tabletta. Az így nedvesített homokot szárítottuk.

A szárított homokszemcsék felületét a jelzett anyag finom filmszerű réteggel vonta be. Az 1 kg-nyi jelzett homokot 5 kg, majd 10 kg homokkal hígítottuk. Az így jelzett és összekevert homok került a keverőházba, ahol 300—1000 kg-nyi nyersanyagba kevertük.

2. Az olvasztókád adagoló nyílásain kb. 300—1000 kg-nyi homogenizált nyersanyagot vittünk be. Az adagolás kb. 20—30 percig tartott.

3. A beadagolás után 15 percenként az adagoló környékén, a tisztuló térben, az előkamrában, a gépeknél stb. minimálisan 15 helyen felszíni mintákat vettünk. A mintákat porrá törtük, szitáltuk és NK-108 szelektív számlálóval üreges kristályban mértük az átszitált üvegpor aktivitását.

4. Egyes helyeken (a tisztuló tér környékén, az olvasztókád tetején) ratemeterrel automatikus szintjelzéssel jegyeztük a sugárzás szintjét. A vizsgáló fejül használt szcintillációs kristályt ólomkollimátorral láttuk el, és a káros melegedés ellen vízhűtéssel védtük. A kollimálás lehetővé tette, hogy az olvasztókád kívánt mélységében levő jelzett anyagot észleljük. A kollimátor megfelelő állításával el lehetett érni, hogy az előrehaladó jelzett anyagnak adott pontra történő érkezéséről is tájékozódjunk.

5. Kritikus helyekről 20, 30, 40 és 50 cm mélységből vett minták aktivitásának mérésével egészítettük ki a méréseket.

Az üvegiparban az a felfogás, hogy a jó üveg a keverőházban készül, méréseinket ezért minden esetben homogenizálási vizsgálattal is kiegészítettük. Az itt szerzett tapasztalatainkról is beszámo-

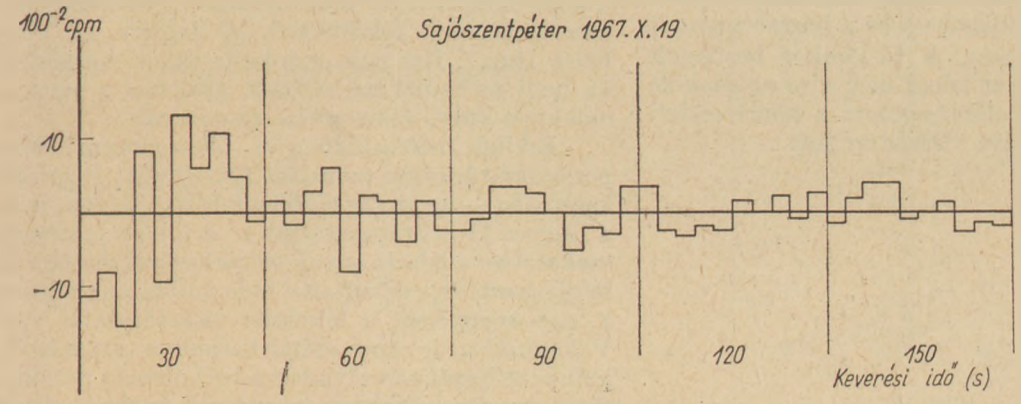
* A IX. Szilikátipari Konferencián elhangzott előadás.

lunk. Az *1. ábrán* a Sajószentpéteri Üveggyár kísérleti keverőjén végzett homogenizálási ellenőrzés adatait foglaltuk össze. A jelzett anyagot a szokásos módon fehérvárcsurgói homokba kevertük. A keverőgépet félpercenként leállítottuk és minden egyes alkalommal 10 mintát vettünk. A diagram a félpercenkénti eredményeket mutatja. Az ábrán a középértéktől mért eltéréseket rajzoltuk fel 100 cpm egységben. Mint látható, 2,5 percig a homogenizálódás javul. A *2. ábrán* a további keverés eredményei láthatók. Az adatok eloszlása nagymértékű fajtázódásra nem mutat, de a homogenizálás mértéke határozottan romlik. Ezt mutatják a négyzetes eltérések és a Gauss-görbe folytonos ellaposodása is.

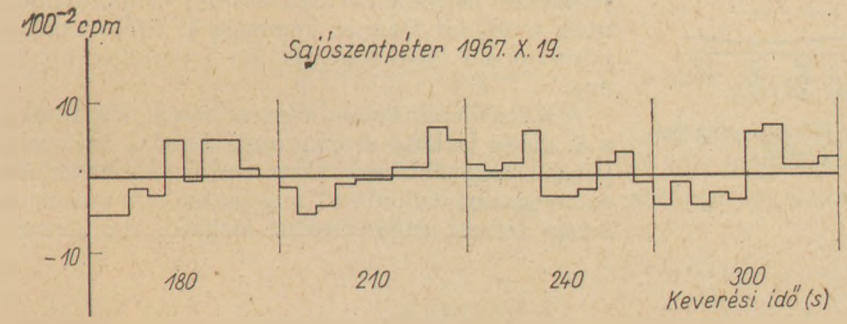
A salgótarjáni és a tokodi üveggyárakban végzett mérések eredményei is hasonlóak voltak. Ugyanez a helyzet, ha a sugárzó anyagot a szódába keverjük. A következő *3. ábrán* a Salgótarjáni Síküveggyárban 10 percig, percenkénti leállással végzett keverés eredményét mutatjuk be. A szóda lengyel import volt. Mint látható, a keverék gyakorlatilag a második perctől homogén.

A homogenizálás mértéke 7 percig alig változik, a 8—10 percben némileg romlik. Jellemző azonban, hogy kitűnő minőségű finomszemcséjű szódával végzett kísérletnél a homogenizálás a második perctől majdnem tökéletes volt, s később sem változott.

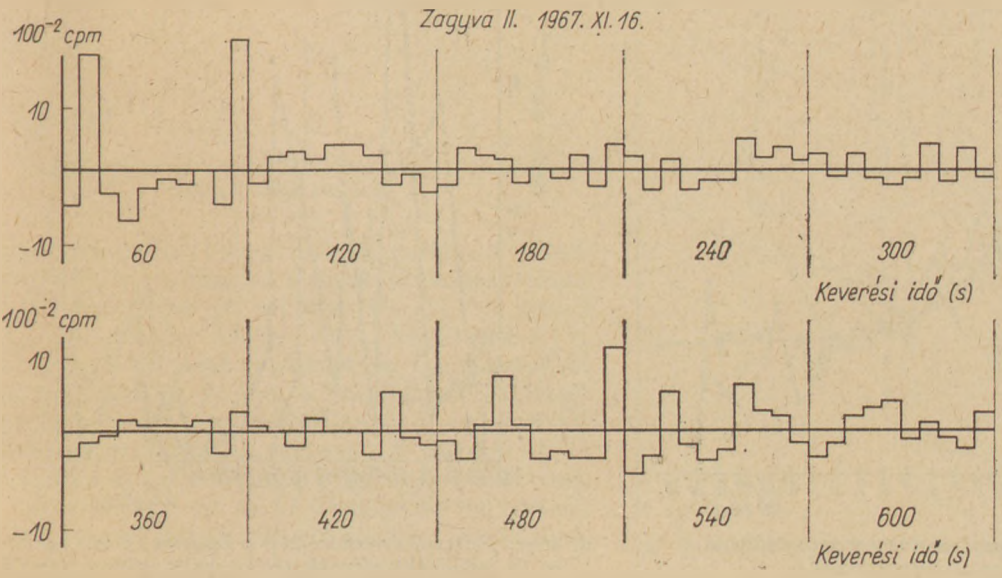
Úgy látszik, hogy a szükséges keverés idejét a



1. ábra. Nyersanyag homogenizálása a Sajószentpéteri Üveggyár Eyrich keverőjében I.



2. ábra. Nyersanyag homogeizálása a Sajószentpéteri Üveggyár Eyrich keverőjében II.



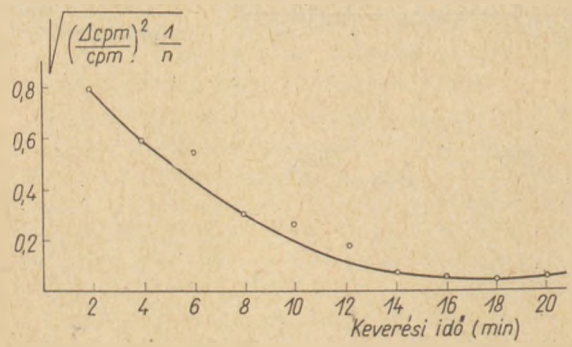
3. ábra. Nyersanyag homogenizálása a Salgótarjáni Síküveggyár Eyrich keverőjében

használt szóda szemcsemérete is befolyásolja. Ezt mutatta az ellenőrző kémiai analízis is.

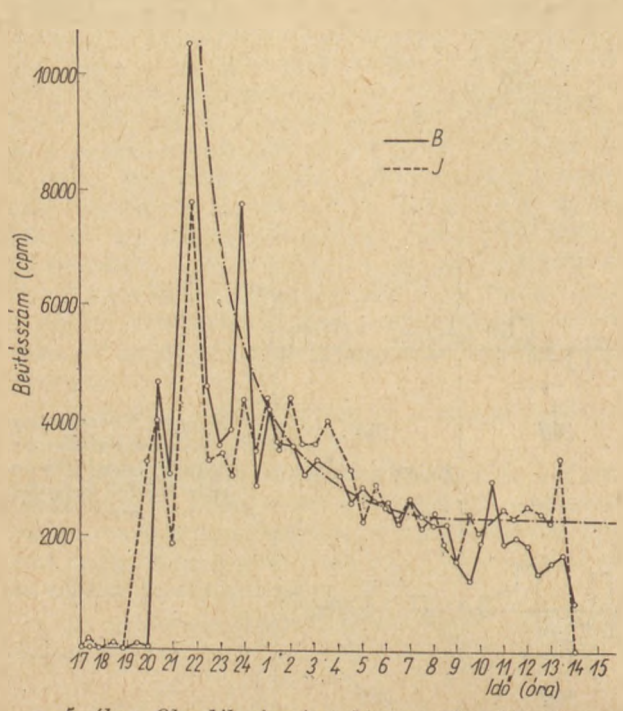
A Tokodi Üveggyár „Saxonia" keverőjének homogenizálásáról tájékoztat a következő *4. ábra.* A vízszintes tengelyre itt is a keverési időt, a függőleges tengelyre a beütésszámok négyzetes szórását mértük fel.

Mint látható, a homogenizálódás a 14. percig javul, azután gyakorlatilag alig változik.

A következő ábrákon felületi mintákon végzett mérésekből néhány jellegzetes áramlási jelenségről tájékozódhatunk. Az *5. ábrán* látható diagram az Orosházi Üveggyár olvasztókádjának adagoló nyílásaitól 2 m-re áramló anyagról készült. A vízszintes tengelyre az időt, a függőleges tengelyre a felületről vett minták aktivitását mértük fel cpm-ben. 17 órakor adagoltuk be a jelzett anyagot az olvasztókád közepén. A 17 órakor beadagolt jelzett anyag 19 órakor jelent meg újra az adagoló térben. Úgy látszik, előreáramlott a hőmérsékleti maximumig, majd újra visszaáramlott.



4. ábra. Homogenizálódás javulása az idő függvényében (Tokodi Üveggyár „Saxónia" keverő)

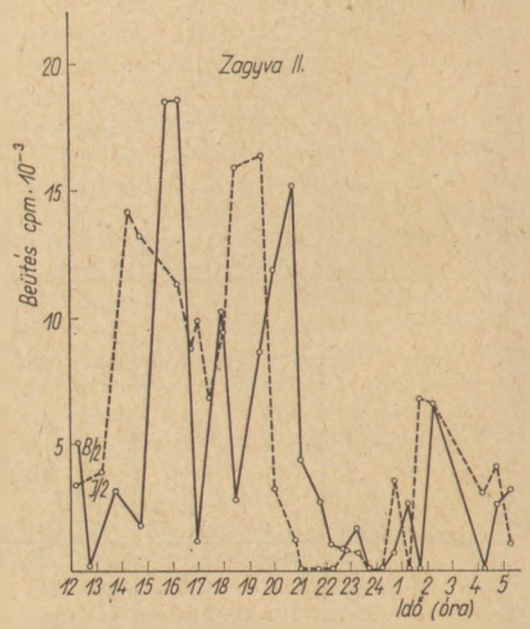


5. ábra. Olvadék visszáramlása az adagolóknál (Orosháza II. olvasztókád)

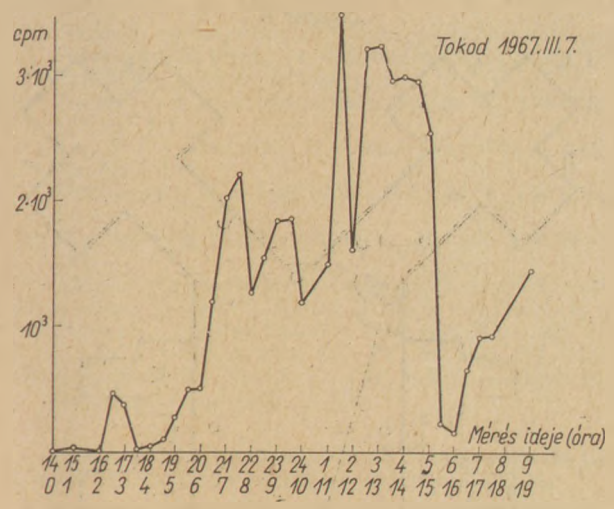
Az áramlás teljes periódusa a későbbiekben is kb. 2 óra volt. Később az aktivitás nagymértékben csökkent, ami bizonyos mértékű keveredésre utalt. A visszaáramlott jelzett anyag mennyisége fokozatosan csökkent, s 22 óra múlva az adagoló előteréből gyakorlatilag eltűnt. Minthogy közben az olvasztókád normálisan üzemelt, arra lehet következtetni, hogy normális üzemi körülmények között az adagoló előteréből a beadagolt nyersanyag ennyi idő alatt távozik el. Az eltávozást jellemző burkoló görbe exponenciális. A *6. ábra* a Zagyva II. tisztuló teréből vett felületi minták összefoglaló diagramja. Mindhárom gép üzemelt. Az 1. és 3. gép 1450, ill. 1470 m^2 a középső kb. 1700 m^2-nyi üveget húzott. Ennek ellenére a jelzett olvadék kb. 1 órával előbb érkezett a bal oldali mintavevő hely közelébe, mint a jobb oldaliba. Ez aszimmetria egyébként más méréseinkből is igazolódott. A Zagyva II. kissé balra „húz". Ezt nem indokolja teljes mértékben az, hogy az épület bal oldalán ajtó van, s ezen az oldalon a külső hőmérséklet alacsonyabb.

Eddigi méréseinkben a hőmaximum előtti periodikus áramlás pontosan tükröződik. Ez a szakaszosság — az anyag előrehaladását illetően, mint a Zagyva II-nél tapasztaltuk — a főként lamináris szakaszban a jelzett anyag megérkezését illetően ad felvilágosítást, s egyáltalán nem valószínű, hogy az 5. égő környékén a felszínen visszaáramlás van. Valószínűleg az úszó előtti turbulens áramlásból időnként leszakadó olvadék a turbulencia periódusától függően időnként jelzett, ill. inaktív. Ilyen jellegzetes periódicitás tapasztalható a hőmaximum után a tokodi Danner kemence 4. égője után is, mint ezt a *7. ábra* mutatja. Itt a periódus kb. 1,5 óra.

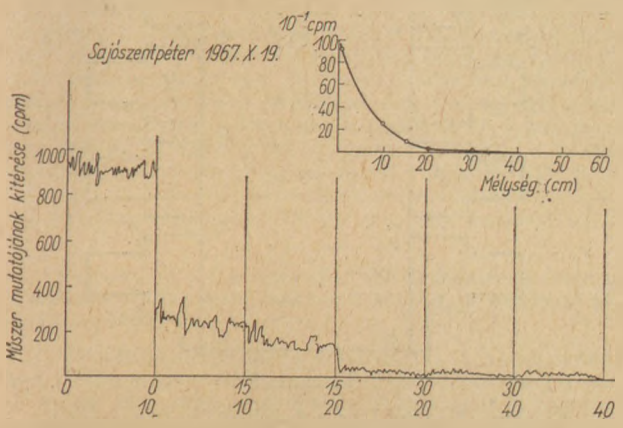
Külső detektálással végzett mérésről számol be a *8. ábrán* látható diagramunk. Ezen a Sajószentpéteri Üveggyár kísérleti kemencéjének jobb oldalán az üvegszínt különböző magasságában automatikusan felvett sugárzásszint látható. Az olvasztó



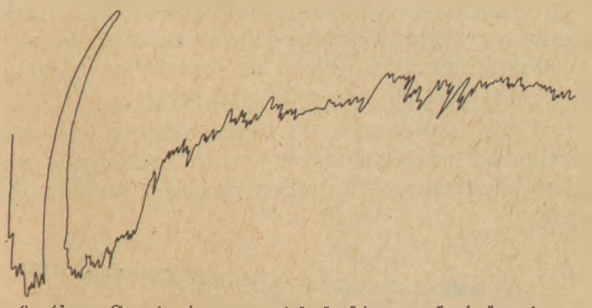
6. ábra. Felszíni áramlási kép a Zagyva II-ben, az 5. égőnél vett minták aktivitása alapján



7. ábra. A rádioizotóp áthaladása a 4. égő után (Tokod, Danner-kemence)



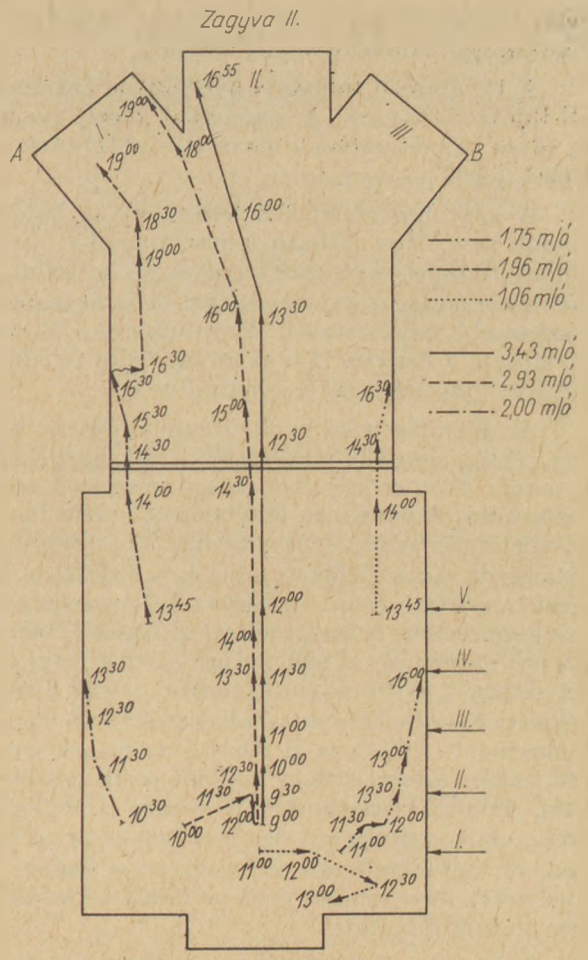
8. ábra. A sugárzó anyag mélységi eloszlása a Sajószentpéteri Üveggyár olvasztókádjában külső detektálással



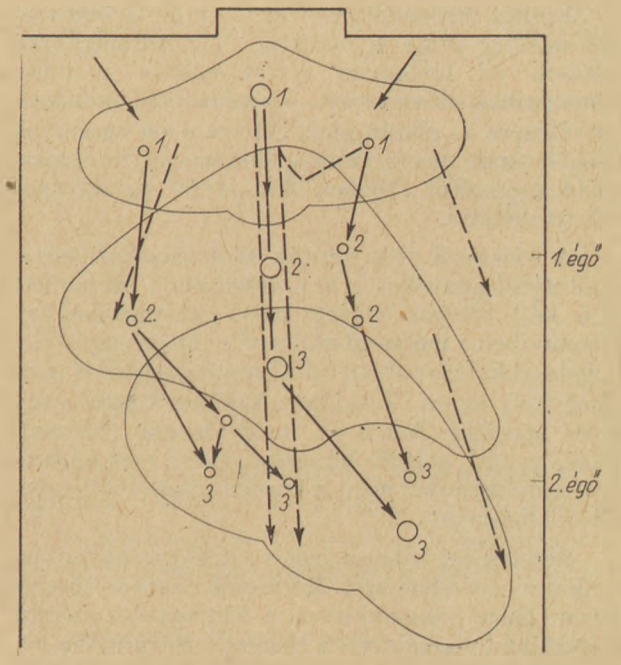
9. ábra. Sugárzó anyag áthaladása az 5. égő után külső detektálással

kádat stacionárius állapotban vizsgáltuk. A jelzett anyag 62%-a — mint az a diagramról leolvasható — a felszín felső 10 cm-ében 10—15 cm között 19%, 15—20 cm között 12%, 20—30-ig 3,1% áramlott, 40 cm alatt gyakorlatilag jelzett anyagot nem találtunk. A *9. ábra* a Salgótarjáni Síküveggyár Zagyva II. olvasztókádjának 5. égőjénél áthaladó jelzett anyagot mutatja. A felvétel kb. 10 percig tartott, a kollimátor függőleges állású volt.

A következő *10.* és *11. ábrákon* az úsztatással és olvasztókád tetején végzett méréssel adódó eredményeinket hasonlítjuk össze. Mint látjuk, az úsztatás a behelyezett úszó testek helyzetét adja meg az idő függvényében és az anyag előrehaladását jelzi egy-egy áramvonal mentén. Egy helyen mutat



10. ábra. Zagyva II-ben úsztatással kimért áramlási kép



11. ábra. A Zagyva II. tetején végzett külső detektálással kirajzolt áramlási kép

némi visszaáramlást is. A 10. ábra a Salgótarjáni Síküveggyár adatai alapján készült.

A 11. ábrán 1 tonnányi nyersanyag áramlásáról tájékozódhatunk. A számokkal jelzett pontok az egyes időpontokban a maximális aktivitású helyeket jelzik.

A folytonos vonalak a jelzett anyag határát vonják meg. Mint látható, a maximumokat összekötő (folytonos) egyenesek jól egyeznek az úsztatással kapott (szaggatott) vonalakkal, de az áramlásról részletesebb tájékoztatást nyújtanak. Az ábráról jól látható a Zagyva II-n az anyag balra tolódása, amelyet más mérésekkel is igazoltunk.

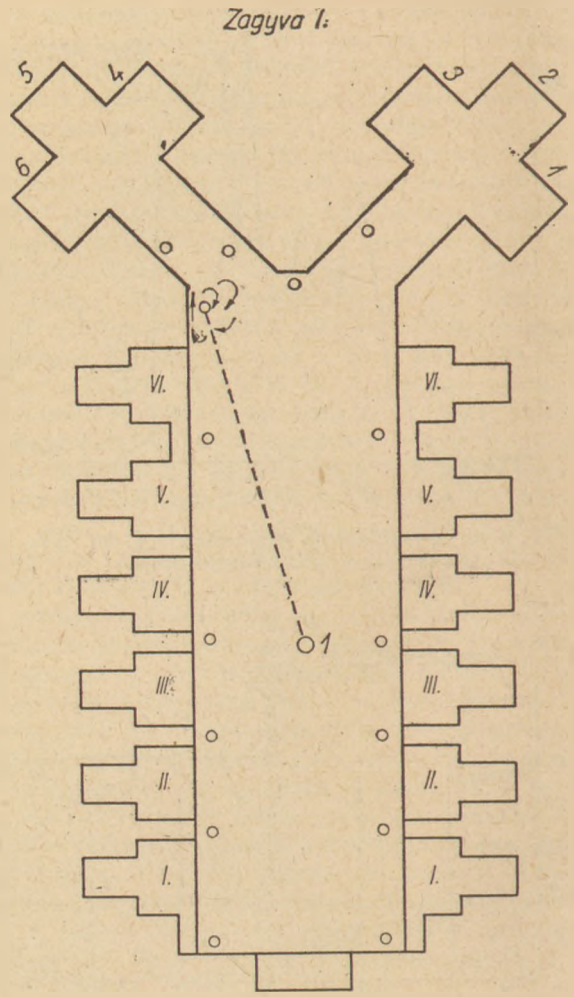
Az áramlási viszonyok tanulmányozása közben néhány speciális kérdés is felmerült. Így például a tokodi Danner-kemence pangó részeinek meghatározása. A pangónak feltételezett helyre bevitt jelzett anyag helyzetének vizsgálatából a kérdésre határozott választ lehetett adni. Egy érdekes jelenséget tapasztaltunk pl. a Zagyva I. hőmaximumának keresésekor. A bevitt jelzett anyag a *12. ábrán* látható pályán rövid néhány óra alatt a megjelölt helyre került s ott vízszintes tengely körüli forgást végzett. Ezen a helyen az olvasztókád rövidesen tönkrement. A Zagyva II tisztító zsebeinek szerepét külön tanulmányban szándékozzuk összefoglalni. Eddigi tapasztalataink szerint a felületen úszó szennyeződések egy részének befogására alkalmas, de a feltételezett mélységi áramlásokat — amelyek az üveg minőségének javítását célozták — nem tudtuk kimutatni.

A következő *13. ábrán* az 5. égőnél a faltól 0,5 m-re bevitt radioizotóp útját látjuk mintavétel és külső detektálás alapján. A radioizotóp döntő része a zseb előtt elvonult. Egy kisebb része a szemben levő fal közelébe került, majd onnan a külső falhoz fordult, s tovább nem jutott.

Eddigi méréseink szerint — mint a bemutatott néhány példa is mutatja — a radioizotópos mérések az üvegipari olvasztókádak áramlási viszonyainak vizsgálatára — a mintavételi nehézségek ellenére — alkalmasak. Az áramlási viszonyok vizsgálatánál, mérési módszerünk szerint, az olvasztókád méretétől függően 300—1000 kg anyagot kell megjelölni.

A felszínről vett minták aktivitásának méréséből nyert adatokat ki kell egészíteni a fal mellett és a kád tetején végzett külső szintmérésekkel. Amennyiben a mélységi mintavétel megnyugtatóan megoldódik, helyenként adott mélységekből is mintákat kell venni. Általános tájékoztatásra vagy egyes speciális feladatok megoldására (hőmaximum, pangó helyek kimérése, van-e visszaáramlás a munkakádból stb.) a felszíni mintavétel egyedül is alkalmas.

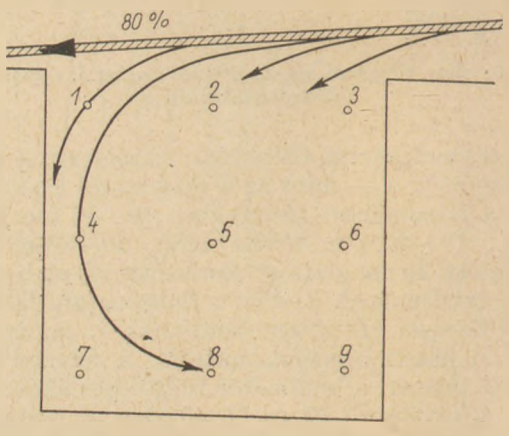
Befejezésül néhány szót a szükséges aktivitásról és a sugárvédelemről. Méréseink és számításaink szerint hazai viszonylatban a legnagyobb méretű olvasztókád vizsgálatához elegendő 200 mCi Na-24, vagy 500 mCi Cr-51. Mindkettő gammasugárzó, a Na-24 gammaenergiája 1,4, ill. 2,4 MeV a krómé



12. ábra. Zagyva I-be a 3 égőnél bevitt sugárzó anyag útja

0,3 MeV. Ilyen aktivitású anyag az olvasztókádban, ahol zárt sugárforrásként kezelhető, Na-24 esetén a 15 órás felezési időt is számításba véve, a termékben nem jelent az ívóvízben megengedett aktivitásnál nagyobb aktivitást.

Cr-51 esetében a 28 napos felezési idő miatt biztonsági rendszabályokra van szükség, s ez a terméknek max. 1 hónapos tárolását teszi szükségessé.



13. ábra. A Zagyva II. tisztító zsebének felszíni áramlási képe a zsebből vett minták aktivitása alapján

IRODALOM

[1] *Balla B.:* A Salgótarjáni Síküveggyár Zagyva I. olvasztókádján áramlási vizsgálatok Cr-51-gyel (Tudományos jelentés, kézirat) 1966.
[2] *Barker, S. R. S. J.:* Sec. Glass. Techn. 42. 1958. pp. 109—118.
[3] *Cox, S. F., Laing, K. M.:* Glass. Ing. 35. 4. 1954. pp. 183—184.
[4] *Dubrovszkij, V. A.:* Szteklo i Ker. 14. 6. 1957. pp. 1—6.
[5] *Fanderlik, M.:* Szklar a Ker. 5. 11. 1955. pp. 244—247.
[6] *Földiák, G.:* Magy. Kém. Lapja 1964. pp. 398—399.
[7] *Kunisz, S.:* Szkle i. Ker. 6. 6. 1955. p. 113—114.
[8] *Peyches, I.:* Silicat Ind. 17. 1952. pp. 241—246.
[9] *Unger, L.:* Glasst. Ber. 3. 3. 11. 1960. pp. 415—421.
[10] *Krusewski, K., Sarna, J.:* Int. Konf. On Building Mat. Warszawa 1967. p. 125.

Gémesi József—Szőlősi József: **Üvegolvasztó kádak áramlási viszonyainak vizsgálata rádioizotópokkal.**

A szerzők modellkísérletek és üvegipari kádkemencéken végzett méréseik alapján kimutatják, hogy a rádioizotópokkal az üvegolvadék áramlása jól követhető. A szokásos mintavételekkel a felszíni áramlásokról pontos, míg a mélységi viszonyokról csak tájékoztató adatok nyújthatók. Bemutatják az általuk kidolgozott mintavételi eljárást, és az így vett mintákon végzett méréseket. Na^{24} radioizotóppal az üvegolvasztó kádak esetleges pangó részei pontosan körülhatárolhatók. Az így nyert adatok nemcsak a kádkemencék tervezésénél használhatók, hanem az időszakos vizsgálatok alapján a kádak áramlásában bekövetkező esetleges változások is ellenőrizhetők. A vizsgálatok eredményei lehetőséget nyújtanak az olvasztókádak aktív térfogatának kiszámítására.

Гемеши, И.—Сэллеши, И.: **Исследование режимов течения в стекольных ваннах с помощью радиоактивных изотопов.**

Пурем экспериментов на моделях и промышленных печах авторы показывают, что с помощью радиоактивных изотопов можно хорошо проследить режимы течения стекломассы. При обычном отборе проб можно узнать точные данные только о течении в верхних слоях, в то время, как режимы течения нижележащих слоев остаются неизвестными. Описываются разработанные авторами методы отбора проб и результаты исследованияэ тих проб. С помощью радиоактивного изотопа Na^{24} можно полностью определить неработающие участки стекольных ванн. Полученные таким образом данные могут использоваться не только при проектировании стеклоплавильных печей, но также и при периодической проверке возникающих в ходе эксплуатации ванн изменений течений стекломассы. Результаты исследований дают возможность для расчета активного объема стекольных ванн.

Gémesi, J.—Szőlősi, J.: **Die Untersuchung der Strömungsverhältnisse in Glasschmelzwannen mit Hilfe von Radioisotopen.**

Die Verfasser beweisen auf Grund von Modellversuchen und Messungen an Glas-Wannenöfen, daß die Strömung der Glasschmelze mit Hilfe von Radioisotopen gut zu verfolgen ist. Die Methoden der Probenahme werden bekanntgegeben. Nach Ansicht der Verfasser geben die üblichen Probenahmen von den Strömungen an der Oberfläche ein genaues, jedoch von den Verhältnissen in der Tiefe nur ein informatives Bild. Sie legen das von ihnen erarbeitete Verfahren der Probenahme und die Messungen an den auf diese Weise genommenen Proben dar.

Gemäß der Messungen der Verfasser können die stagnierenden Stellen in den Glasschmelzwannen mit Hilfe des Radioisotops ^{24}Na genau festgelegt werden. Die auf diese Weise gewonnenen Daten können nicht nur beim Entwurf der Wannenöfen verwendet werden, sondern sie ermöglichen auch auf Grund der periodischen Untersuchungen eine Kontrolle der etwaigen Veränderungen der Strömungsverhältnisse in den Wannen. Die Untersuchungsergebnisse geben die Möglichkeit zur Errechnung des Aktivvolumens der Schmelzwannen.

Gémesi, J.—Szőlősi, J.: **Investigation of the flow rates of glass melting tanks by means of radioactive isotopes.**

On basis of measurements with radioactive tracers carried out on models of and in industrial tank furnaces authors state that the flow of the glass melt can well be followed by this method. Exact information with the usual sampling method can be achieved only on surface flow whereas regarding the deep flow only approximate data are available. Sampling procedures elaborated and measurements carried out on samples thus obtained are given.

Some eventually slack parts of the tanks can be exactly located by a Na—24 radioactive tracer. Data obtained in this way can be used when projecting tank furnaces; some eventual changes in the flow characteristics of the tanks can be controlled on basis of periodical investigations. Investigation results render it possible to calculate the active volume of melting-tanks.

Hírek a Fínomkerámiaiparból

A Budapesti Porcelángyárban május második felében megkezdődik a generátorgáz tüzelésű alagútkemencék földgáztüzelésre történő átállítása. Mind a csempeégető, mind a szaniter termékek égetésére szolgáló kemence átállítása lengyel szakemberek irányításával és közreműködésével történik. Ezzel a FIM budapesti gyáraiban befejeződik a földgáztüzelésre történő átállás, és mind a három gyár korszerű energiahordozóval üzemelteti kemencéit.

Az épülő városlődi majolika üzemben villamos fűtésű, 12 csatornás, toló-lapos kemence kerül felállításra. A 12 csatorna egymás fölött 3 szinten helyezkedik el, és mindegyik szint különböző hőmérséklettel üzemeltethető.

A maximális üzemi hőmérséklet 1250°C. A kemence mázas majolika áruk és lángálló edényféleségek égetésére szolgál. A kemencét az olasz SITI-cég szállítja.

Aluminátszegény különleges cementek előállításának fizikai-kémiai feltételei*

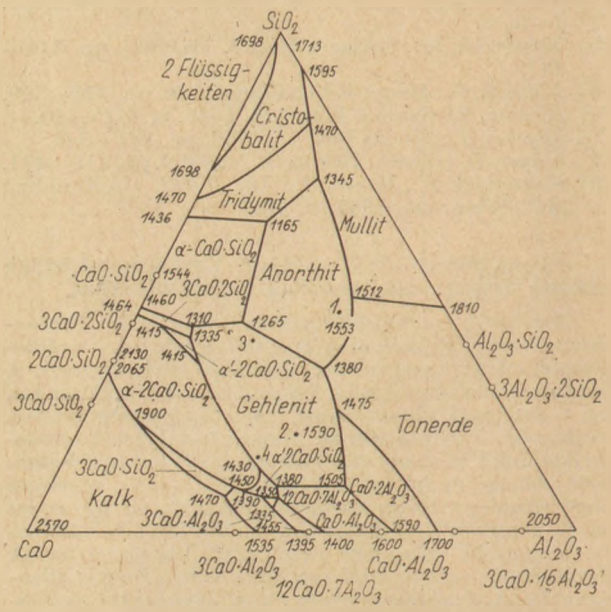
FIGUŠ, W.
Szlovák Műszaki Egyetem, Bratislava

Szokványos cementjeink, ha ásványi összetételük megfelelő (hozzávetőleg 55% C_3S, 16% C_2S, 15% C_4AF és 13% C_3A mutatható ki bennük), általában kielégítik a szabványkövetelményeket, de minden tekintetben mégsem megnyugtató minőségűek. Ha cementjeink szilárdságát elfogadhatónak is nevezhetjük, térfogatváltozásaik okoznak olykor nehézségeket a beton előállításnál, ezért különleges célokra speciális cementfajtákat alakítottak ki, amelyek aztán a követelményeknek többé-kevésbé meg is feleltek. Ha a cementelőállítás fizikai-kémiai alapjait behatóbban tanulmányozzuk, és az előnytelen tulajdonságok okait elemezni igyekszünk, akkor érdekes momentumok merülnek fel. Ezek annak lehetőségével kecsegtetnek, hogy módosított technológia segítségével olyan új cementfajtát dolgozhatunk ki, amely eddigi normál-cementjeinknél közelebb áll az ideális „univerzális" cementtípushoz.

A fogyasztóknak a nagy szilárdság, de mindenekelőtt a nagy kezdőszilárdság iránti igényét tudvalevőleg úgy igyekeznek kielégíteni, hogy fokozzák a cement őrlésfinomságát, vagy alit-tartalmát növelik a lehetőség felső határáig. Azonban a cement feldolgozása során következő térfogatváltozások nem módosulnak a kívánatos irányban, és egyéb tulajdonságai — mindenekelőtt agresszív vizekkel szembeni ellenállóképessége — sem javulnak megfelelő mértékben.

A következőkben elméleti megfontolások alapján olyan cement előállításának lehetőségét mérlegeljük, amely nemcsak különleges célra szolgál, hanem egyszersmind jó általános tulajdonságokat is mutat, és alkalmas arra, hogy „univerzális" cementként használják fel.

Ismeretes, hogy az Al_2O_3 és a Fe_2O_3-tartalom aránya számottevő mértékben befolyásolja a megkötött cement zsugorodását és duzzadását. Ha C_3A-alakban van jelen az Al_2O_3, akkor a tapasztalat szerint viszonylag jelentős zsugorodást mutatnak a nagy alumíniumoxid-tartalmú cementek. Ez a befolyás csökken, ha az Al_2O_3 szilárd oldat alakjában van jelen, és a legkisebb az az alumíniumoxid-hányad hatása, amely a vasoxiddal együtt a ferrit-fázist képezi. Valamennyi klinker-ásvány közül ez utóbbi befolyásolja legkevésbé a zsugorodási és duzzadási folyamatokat, ami egyúttal magyarázatát adja annak a ténynek is, hogy az aluminátszegény cementek jóval kisebb mértékben zsugorodnak, mint a szokásos egyéb fajták. Minthogy a megkötött cement zsugorodása a beton repedésére vezethet, ezért a nemkívánatos tünet gyakorlati jelentősége nem csekély.



1. ábra. A Rankin-féle diagram

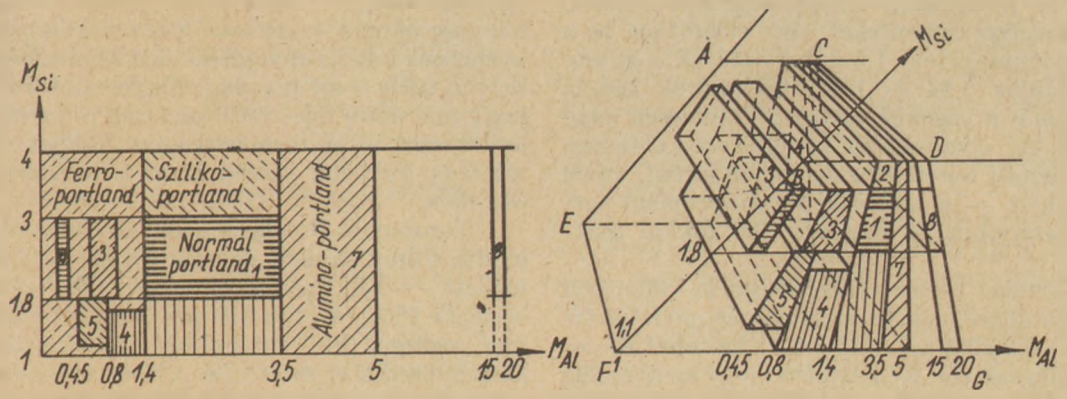
Ha a Rankin-féle diagramból indulunk ki *(1. ábra)*, a klinkerégetésnél jelentkező nehézségek határt szabnak annak a mezőnek, ahová a kis Al_2O_3-tartalmú portlandcementek, a különösen jó tulajdonságú cementek esnének. Azoknál a cementeknél, ahol a $SiO_2 : R_2O_3$-arány számottevően kisebb, mint 1,5, és a jelentős R_2O_3-tartalom Fe_2O_3 jelenlétére utal, ott a $SiO_2 : R_2O_3$-aránynak nagyobb mértékű csökkentése is megengedhető, mert a C_4AF nem mutat olyan gyors szilárdulást, mint a C_3A.

Érccementeknél a szilárdság lassabban növekszik, de a folyamatokat TiO_2 jelenléte által figyelemre méltó mértékben meg lehet gyorsítani, s ez annál is inkább fontos, mert egyes agyagok és agyagpalák tartalmaznak titándioxidot. Ugyanis a TiO_2 jelenlétében kisebb a CaO-igény, tehát elegendő CaO marad a szilikátok bázikus telítésére.

Vasoxidok jelenléte megkönnyíti és nagymértékben meggyorsítja a reakció folyamatát a klinkerégetés kezdeti stádiumában, ahol ferrites elegyfázis alakul ki, s ennek keletkezése tudvalevőleg különös jelentőségű a klinkerképződési folyamat létrejötténél. Ki kell itt emelni, hogy a portlandcement-klinkerben — a C_4AF-en kívül — $2FeO \cdot SiO_2$ is keletkezik (Fayalit), főképpen akkor, ha a vastartalmú alkatelemek nagyobb mennyiségben vannak jelen.

Az egyes cementtípusok kölcsönös vonatkozásait Solacolu nyomán lehet legkifejezőbben ábrázolni olyan derékszögű koordináta-rendszerben, ahol az abszcisszatengelyre az aluminát-modulust, az ordinátára a szilikát-modulust visszük fel

* A IX. Szilikátipari Konferencián elhangzott előadás.



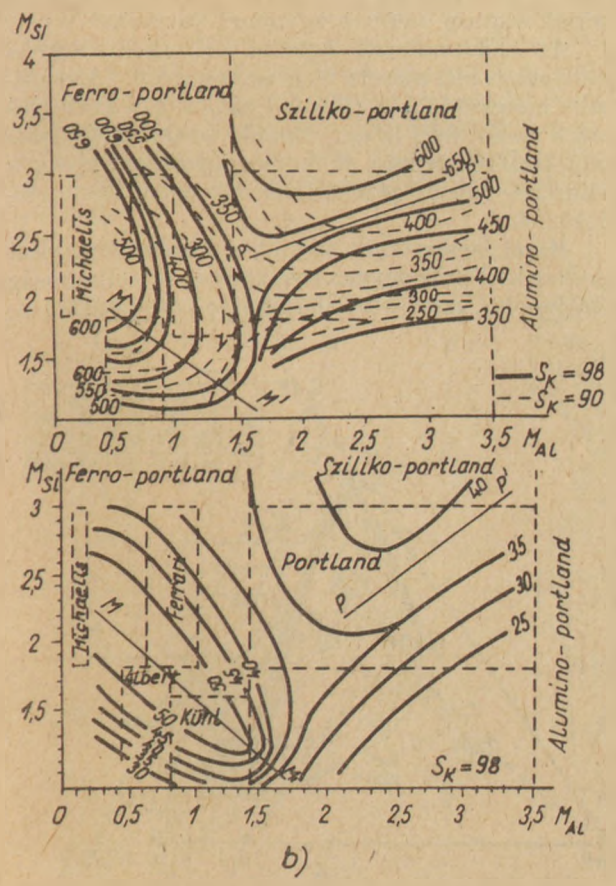
2. ábra. A portlandcement molekuláris osztályozása

(2. ábra). Ebben a diagramban a bal oldalra esnek a ferrocementek, amelyek a normál-portlandcementektől az aluminát-modulus értékében térnek el (AM>1,4). Ez az érték determinálja az „aluminátszegény cement" fogalmát.

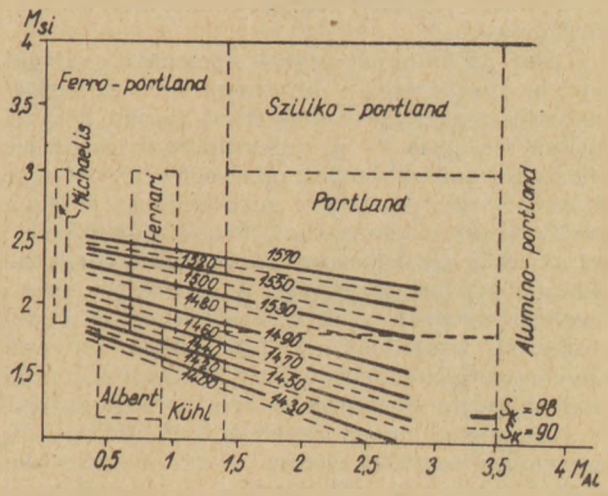
Az említett mutatószám szoros kapcsolatban van a klinkerégetés során beálló fázisegyensúllyal, nevezetesen a folyékony fázis keletkezése és a megszilárdulás dinamikájával. A szilárd fázist C_3S, C_2S és C_4AF képezi, ahol a cement tulajdonságait — C_3S és C_2S mellett — a C_4AF determinálja — nem úgy, mint a szokványos portlandcementeknél —, a fázisegyensúly eltérései alapján. A C_4AF-hányad annál nagyobb, minél kisebb az AM-érték, maximumát pedig AM=0,64 értéknél éri el. Mai tudásunk szerint aluminátszegény cementeknél az SM-érték optimuma 1,1 és 2,5, s az AM-érték optimuma 0,2 és 1,15 határok közé esik.

Ha a cementek tulajdonságai és a modulusok közötti összefüggést behatóbban tanulmányozzuk, megmutatkozik, hogy az aluminátszegény cementek szilárdulási görbéi merőben eltérnek a normálcementek görbéinek lefutásától. A *3. ábra* diagrammjából leolvasható, hogy az aluminátszegény cementek szilárdsági értékei az AM-érték csökkenésével növekszenek. A görbesereg maximuma az M—M' egyenes mentén fekszik; az egyenes azokat az értékrelációkat érzékelteti, amelyeknél a cementek szilárdsága optimális

A *4. ábrán* látható, hogy a tapadék- és gyűrűképződés az SM-érték növelésével paralizálható, ha AM=0,64 érték megközelítésére törekszünk. Magasabb AM-érték esetében viszont kisebb SM-értéket kell választani, hogy a C_4AF-hányadot a maximumra lehessen fokozni. Ezáltal számos értékes tulajdonságra tesznek szert a cementek, mint amilyen a nagy kezdőszilárdság, kis zsugorodás, alacsony kötéshő és nagy ellenállóképesség agresszív vizekkel szemben. Előnye még e cementeknek a kis égetési hőmérséklet.



3. ábra. A portlandcement mechanikai tulajdonságainak változása a modulusok függvényében (Solacolu)



4. ábra. A portlandcement klinker-keletkezési hőmérsékletei (Solacolu)

Kiváló szilárdsági tulajdonságokat mutató aluminátszegény cementeket lehet előállítani, ha a szilikát-modulus értéke 1,0 és 1,5 határok, s az aluminát-modulus 0,64 és 1,5 értékhatárok között marad, ahol is a vasoxid tartalom tetemesen megnövekszik. Az olvadékfázis növelésével különösen kedvező égetési feltételeket lehet teremteni, mivel a hőmérséklet — a szokásos portlandcement égetéshez viszonyítva — mintegy 100 fokkal csökkenthető.

Igen értékes cementek keletkeznek, különösen nagy szulfátállósággal, ha az aluminát-modulus értéke 0,25—0,5 közé esik (MS=2,4), ha tehát ércecementet állítanak elő. Kétségtelen, hogy az ilyenféle nyerskeverék égetésénél nehézségek lépnek fel, mert timföldben hiány mutatkozik, azonban tűzkő hozzáadásával kedvező hatás érhető el. (A szilikátmodulus 2,4 értéken tartandó.)

Ha lehetőleg alacsony zsugorodási érték elérése a fő célkitűzés, akkor ajánlatos a szilikát-modulus értékét 1,4, az aluminát-modulusét 0,64 érték körül tartani. Nagyobb szilárdság érhető el csekély zsugorodási hajlam mellett, ha a szilikátmodulus 1,9 és az aluminát-modulus 0,80 értékű.

Ha az Al_2O_3-komponenst Fe_2O_3-dal helyettesítik, színes cement állítható elő; ha a vasoxidon felül mangánoxid is kerül a keverékbe, akkor csaknem fekete színű klinker képződik, éspedig annál sötétebb, minél több színes olvadék keletkezik — foszfát és fémhalogenid folyósító felhasználása révén — s ha ezenfelül redukáló áramban történik az égetés.

Jóllehet az említett ércecementek hidraulikus tulajdonságai viszonylag gyengébbek, de — az aluminátszegény cementek egyéb jó tulajdonságainak megtartása mellett — jobb szilárdságok érhetők el Brownmiller-cementekkel, amelyek a Ferrari-típusba tartoznak. Közismert, hogy ezek a cementek igen jól feldolgozhatók nagyon alacsony víz-cementtényező alkalmazása esetén is, és kitűnnek jó kezdőszilárdságukkal, jó általános kötőképességükkel, alacsony kötéshőjükkel. Igen kedvező a vashoz való tapadásuk, jól tárolhatók, és kiválóan alkalmasak puzzolán- és salakcementek előállítására. Olyan tulajdonságok ezek, amelyek alapján az „univerzális cement" megjelölés megilleti ezeket a kötőanyagokat.

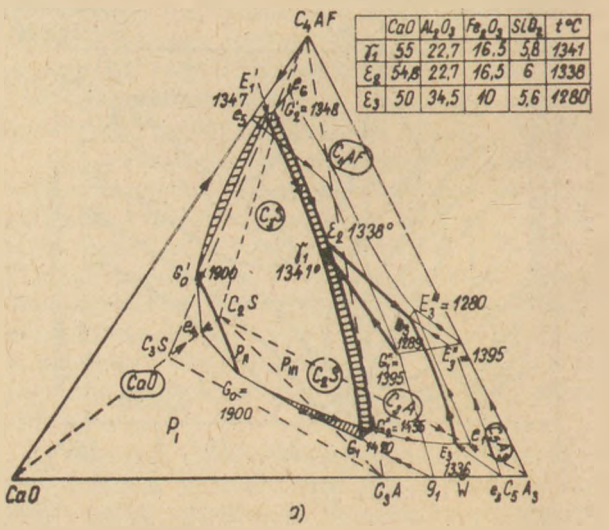
Bár az aluminátszegény cementek gyártásának bevezetésével — minthogy ezek a legtöbb nagyszilárdságú kötőanyag iránt táplált követelményt kielégítik — a cementiparnak módjában állna a legmagasabbrendű minőségi ismérvek egyesítése termékeiben, mégis mind ez ideig a legnagyobb üzemi nehézségekbe ütközött előállításuk, s ezt az eddig rendelkezésre állott eszközökkel csak nehezen lehetett elhárítani. A nehézségek már a megfelelő nyersanyagok kiválasztásánál és feldolgozásánál kezdődnek. A hidraulikus tényezők összehangolásához három-négy nyersanyagkomponens szükséges, és a nyerskeverék homogenizálására a legmesszebbmenő figyelmet kell fordítani. Az egyenletes összetétel elérése — ami a zavartalan üzem legfontosabb előfeltétele — a legmodernebb technológiai berendezések segítségével megvalósítható. A döntő nehézséget ez ideig a nyersanyagok egyenetlenségével szemben tanúsított túlzott érzékenység okozta, mert ezen a réven könnyen keletkezhetnek lokális anyagfészkek a klinkerben, s ezek helyén túlég a nyersanyag. Figyelembe kell venni, hogy már 1280 fok körül sor kerül a ferritfázis keletkezésére. — A tüzelőanyag-szükséglet rendesen mintegy 10%-kal kisebb, mint a portlandcement esetében.

Toropov és Bondar közlése szerint a nagy vasoxidtartalmú cement égetése során — C_3S és C_2S mellett — C_2F, C_4AF és magnetit ($FeFe_2O_4$) is keletkezik 1550 és 1600 fokon. Csökkenő CaO-tartalom esetén (kis mésztelítés mellett) több C_2S kristályosodik ki, mint C_3S, 0,75-ös mésztelítés esetén pedig csakis C_2S keletkezik. Nagy C_2S-kristályok keletkezése — amelyeket C_3S-kristályok vesznek körül — gátolja a diffúziós folyamatot és az egyensúlyi állapot bekövetkeztét. 1550 és 2000 fok közötti hőmérsékleten következik be a C_2S és C_3S feloldódása és kristályosodása, s ez a reakció a C_3S túltengő keletkezése felé hajlik. E tekintetben azt is megállapították, hogy a keletkező kristályok minőségét nagyobb mértékben befolyásolja a hőmérséklet változása, mint az égetés időtartama, ha az égetés állandó hőmérsékleten megy végbe. A klinkerégetés alapvető előfeltétele a minél tökéletesebb nyersanyagkeverés.

A messzemenő egyenletességi követelmény teljesítésére igen alkalmas a nedves nyersanyag-előkészítés, különösen akkor, ha több komponens feldolgozása szükséges; de napjainkban már száraz előkészítés és megfelelő őrlésmód segítségével is elő tudnak állítani valóban egynemű keveréket.

Az előkészítésnél ügyelni kell arra, hogy a kvarc-szemcsék mérete 60 μ alatt legyen. (Az optimális méret 20 μ.) A célnak leginkább a körfolyamatos őrlés felel meg. Ennek során egyenletes szemcseméret érhető el; homogenizálásra pedig a kvadráns- vagy a gejzírcljárás bizonyult legmegfelelőbbnek.

Mivel ismereteink szerint a klinkerképződést mindenekelőtt az egyenletesség és az őrlésfinomság befolyásolja, ezért kinetikájukat e szempontból fi-



	CaO	Al_2O_3	Fe_2O_3	SiO_2	t°C
γ_1	55	22,7	16,3	5,8	1341
ε_2	54,8	22,7	16,5	6	1338
ε_3	50	34,5	10	5,6	1280

5. ábra. A CaO—C_2S—C_5A_3—C_4AF-rendszer ternér diagramja (Lea, Parker)

gyelve kell nyomon követni, ami különösen fontos éppen az aluminátszegény cementek előállításánál. Így intenzívebbé tehető az olvadékfázis-képződés, s ez a folyamat elsősorban az olvadék viszkozitásától és felületi feszültségétől függ. A folyamat — egyébként azonos körülmények között — annál intenzívebb, minél kisebb a viszkozitás és a felületi feszültség.

Ebben a vonatkozásban figyelemre méltó a $CaO—C_2S—C_5A_3—C_4AF$-rendszer termikus egyensúlydiagramja *(5. ábra)*, amelyen követni lehet a folyékony és szilárd fázisok mennyiségi arányát a hőmérsékletváltozások során. A négyösszetevős rendszer egyes szektorainak elemzése lehetővé teszi annak megállapítását, milyen mértékben változik a folytonosan emelkedő hőmérsékleteken a folyékony fázis összetétele és mennyisége az égetett termékben. Megmutatkozik, hogy ez az aluminátmodulustól és az eredeti nyersanyagkeveréktől függ. Olyan keverékben, ahol az $Al_2O_3:Fe_2O_3$-arány kisebb mint 1,38, az 1338 fokos eutektikus keverékben a C_4AF már nem oldódik fel egészen, és a C_3A egészében átmegy az olvadékfázisba. Ezeknek a keverékeknek 2—6 poise a viszkozitásuk a klinkerégetés során. Az égetési hőmérséklet 40—50 fokkal csökkenthető, ami fokozza a gyűrűképződés veszélyét, annál is inkább, mert eközben növekszik az olvadékfázis mennyisége (több mint 30%-kal!).

Fontos ezen felül a folyékony fázis fizikai jellemzőinek ismerete is. A C_3S-nek az olvadékból való kiválásakor az olvadékfázis alacsony viszkozitása lehetővé teszi a komponensek diffúzióját, nemkülönben kikristályosodását is. Ezzel szemben a kevéssé viszkózus olvadékok — mint már említettük — megnehezítik a klinkerégetést. Ez olvasható le Endell és Hendricks diagramjából (Zement 1942, 287—396. és 416—419. oldal), amely feltünteti a folyékony fázis és a folyósítószer tömegének izokomáit.

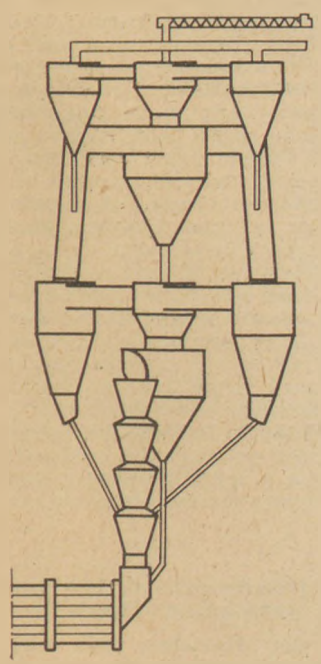
Ilyen klinkerégetésre a klasszikus forgó- és aknakemencék nem nagyon alkalmasak. Zavartalan égetés lehetősége inkább várható a *diszperz hőcserélőkkel* működő *rövid forgókemencéktől*, éspedig leginkább azoktól, amelyek párhuzamosan futó ciklonokkal működnek, mint a Wedag-rendszerűek *(6. ábra)* és Dopol-rendszerűek *(7. ábra)*, aminek persze a hőmérséklet, a nyomás és a gázok szigorú ellenőrzésével kell együttjárnia, hogy a gyűrűképződés vagy tapadékképződés veszélye minimumra csökkenjen.

Hasonlóképpen jó eredményt lehet remélni a *Smith-rendszerű*, párhuzamos tengelyű, kettős-ciklonú kemencerendszertől *(8. ábra)*. E rendszernél tudvalevőleg a kettős-ciklon kisebbikét a nagyobb magába zárja. A kemencéből a gázok a külső ciklonba lépnek be, s ebből jutnak a belsőbe. Az előmelegített nyersanyag mindkét ciklonból egymástól elkülönítve jut a kemencébe.

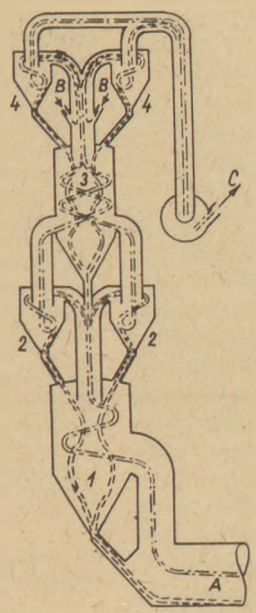
Ez a kemence igen alkalmas olyan cement nyersanyagok feldolgozására, amelyek nem bírnak el nagyfokú előmelegítést, mert fellágyulnak és tapadnak. Szemben a Wedag- és a Dopol-rendszerrel, a Smith-kemence nem igényel különösebben magas építményt, de kisebb a belépő gáz hőmérséklete, ezért hosszabb forgókemencét kell elébekapcsolni.

Ha ebből a nézőpontból vizsgáljuk a különböző kemencerendszereket, meg kell állapítani, hogy nem minden tekintetben felelnek meg a célnak. Úgy kellene megszerkeszteni az égető berendezéseket, hogy egyrészt optimális mértékben feleljenek meg a tulajdonképpeni technológiai folyamat céljainak, másrészt legyenek teljes összhangban a termodinamika törvényeivel.

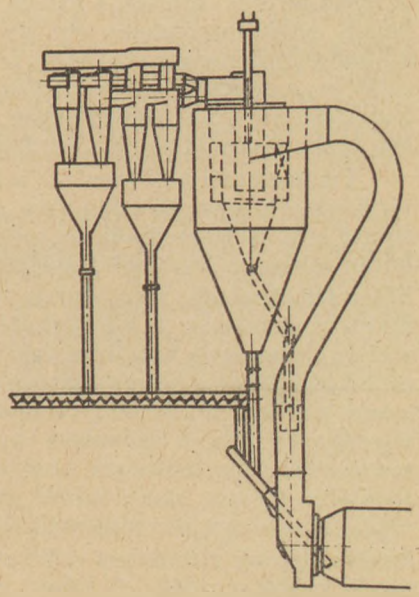
E követelményből kiindulva a Brno-i Építőanyagkutató Intézet megtervezte a cementégetés három fokozatú technológiájának elvi elrendezését, ami azon alapszik, hogy a nyerskeveréket nem melegítik előre teljes mértékben, s egy a forgó-



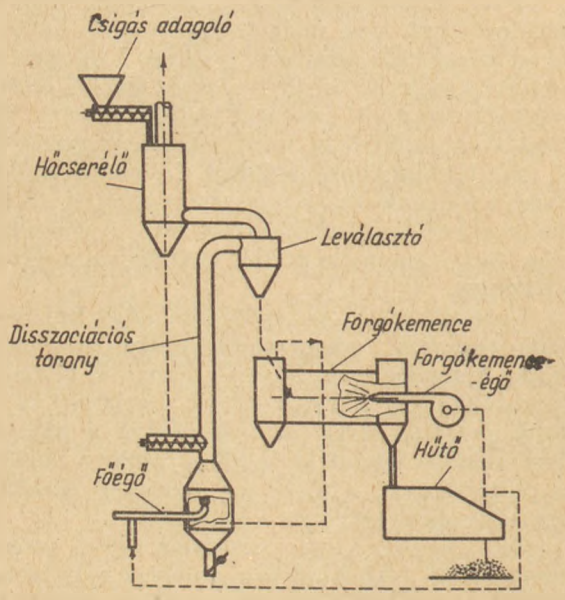
6. ábra. Wedag-rendszerű diszperziós hőkicserélő



7. ábra. Dopol-féle diszperziós hőkicserélő



8. ábra. Smith-rendszerű kettős diszperziós hőkicserélő



9. ábra. A klinkerégetés háromfokozatú technológiája

kemence és a tulajdonképpeni hőkicserélő közé iktatott disszociációs-torony a nyersanyagok teljes disszociálódását teszi lehetővé *(9. ábra)*. Az új technológia alapvető elvét a klinkerképződés három elhatárolt termikus zónára való széttagolása képezi. A 0°—800° közötti hőmérsékleti tartományra, ahol a nyersanyagokat erre a hőfokra hevítik, a 800° körüli hőmérsékletű zónára, ahol a $CaCO_3$ disszociációja megy végbe, végül a 800—1450° közötti tartományra, ahol mindenekelőtt az exoterm reakciók folynak le. A nyersanyagoknak e három fokozatban való feldolgozása lehetővé teszi a folyamatok pontos hőellátását és a forgókemence helyettesítését álló berendezéssel. A közbekapcsolt torony előnye, hogy a nyersanyagkeverék nem jut el abba a hőmérséklet-tartományba, ahol már piroplasztikus tulajdonságai is kezdenek érvényesülni. A nyerskeverék, miután a három fokozaton végighaladt, rövid forgókemencébe kerül, amelybe csak a klinkerképződéshez szükséges hőmennyiséget vezetik be, s ennek révén hőmegtakarítás is lehetséges. Ilyen módon a klinkerégetés minden tekintetben optimális feltételek mellett hajtható végre.

Figyelemmel kell lenni itt a kristályosodás és viszkozitás közötti összefüggésre, arra, hogy milyen típusú egyensúly-megbomlást okoz a klinkerben a hűtési sebesség. Nagyobb figyelmet kell szentelni a hűtés feltételeinek, mert ezekre a folyékony fázis fölöttébb érzékeny. A klinkerhűtés eddig alkalmazott módozatainak hátránya, hogy a forgókemence utolsó zónájában a hőmérséklet csak lassan süllyed, s ezért a részleges kikristályosodást nem lehet megakadályozni. Ezért szükséges lenne a kemencék szerkesztését úgy alakítani, hogy a hűtőzóna minél rövidebb legyen, mert minél gyorsabban megy végbe a legnagyobb hőmérsékletről való lehűtés, annál nagyobb mértékben csökken ez a nem kívánatos kristályosodás. A hűtés meggyorsulásával együtt jár az üveges fázis növekedése is a klinkerben, amihez az alit stabilizálódása is járul, és a klinker könnyebben is válik őrölhetővé.

Az elmondottakból kitűnik, hogy aluminátszegény cementek előállítása különösebb nehézség nélkül volna lehetséges, ha speciális fázis-eloszlásukra tekintettel lennének, és az egész technológiát ehhez alkalmaznák. Az ilyen cement előnyei — egybevetve a normál-portlandcementek tulajdonságaival — nyilvánvalóak, mert mind fizikai, mind mechanikai sajátságai kedvezőbbek, s így univerzális jellegű cement állna rendelkezésre, amely az építőipar követelményeinek minden tekintetben megfelel.

Figuš W.: **Aluminátszegény különleges cementek előállításának fizikai-kémiai feltételei**

Abból a tényből kiindulva, hogy szokványos cementjeink általában nem felelnek meg az átvevők valamennyi igényének — főleg a térfogatváltozások tekintetében — behatóbban tanulmányoztuk a cementgyártás fizikai-kémiai alapjait, és behatóan elemeztük az egyes kedvezőtlen tulajdonságuk okait — ezen az alapon remélhetjük, hogy kifejleszthetünk oly különleges cementet, melynek tulajdonságai (elsősorban agresszív vizekkel szembeni ellenállóképessége) jobban meg fogják közelíteni az ideális univerzális cementet, mint ahogyan ezt a mai normál cementeknél tapasztaljuk.

E szempontnak megfelelően keressük a Rankin-féle diagramban azt a mezőt — éspedig a kis alumínium-oxid-tartalmú oldalon (Al_2O_3) —, ahol a különlegesen jó tulajdonságokkal rendelkező cementek lehetnek. Itt a megfelelő oxidarányokat oly módon változtatjuk, mely a legkönnyebben célhoz vezethet.

A problematikát nem csupán elméleti, hanem technológiai szempontból is tárgyaljuk. A gyártás során előfordult nehézségeket elemezzük, és kiküszöbölésük módozatait megvitatjuk. Mindenekelőtt rámutatunk újabb technológiai alkalmazási lehetőségekre, mégpedig a különleges cementnek a brnoi kutatóintézetben kifejlesztett háromlépcsős agregátban történő klinkerégetés lehetőségére. Ennek segítségével szemléltetjük a megvitatott probléma megoldhatóságát.

Фигуш, В.: **Физико-химические условия получания специальных малоалюминатных цементов.**

Так как обычные цементы, как правило, не удовлетворяют всем требованиям потребителей — особенно в отношении постоянства изменения объема — подробно изучались физико-химические основы производства цемента, и глубоко анализировались причины некоторых неблагоприятных свойств его. На этом основании считается возможным получения специального цемента, который по своим свойствам (в первую очередь устойчивости к воздействиям агрессивных вод) будет ближе к идеальному универсальному цементу, чем существующие обычные цементы. С этой точки зрения стараемся найти на диаграме Ранкина поле — а именно на стороне с малым содержанием окиси алюминия (Al_2O_3) — в котором могут лежать составы цементов, обладающих особенно хорошими качествами. Соответствующие соотношения окисей будем изменять таким образом, чтобы легче добились цели. Проблематика рассматривается не только с теоретической, но также и технологической точки зрения. Анализируются трудности производства и обсуждаются методы устранения этих трудностей. Прежде всего указываются новые возможности применения технологии, а именно обжиг клинкера в трехступенчатом агрегате, разработанном в брнянском научно-исследовательском институте.

Figuš, W.: **Die physikalisch-chemischen Bedingungen der Fabrikation von aluminatarmen Spezialzementen.**

Ausgehend von der Tatsache, daß unsere gewöhnlichen Zemente im allgemeinen allen Anforderungen der Abnehemer nicht entsprechen — vor allem der Raumänderungen betreffend —, wurde ein eingehendes

Studium der physikalisch-chemischen Grundlagen der Zementherstellung durchgeführt und die Ursachen mancher ungünstigen Eigenschaften näher analysiert, auf welcher Grundlage eine Aussicht besteht einen Zement mit Spezialeigenschaften (vor allem mit einer höheren Beständigkeit gegen agressive Wässer) zu entwickeln, der einem idealen Universalzement näher steht, als es die heutigen normalen Zemente.

Unter diesem Gesichtspunkte wird im Rankin'schen Diagramm jenes Feld gesucht — und zwar auf der Seite mit niedrigem Al_2O_3-Gehalt —, wo Zemente mit besonders guten Eigenschaften liegen können. Hierbei werden die entsprechenden Oxidverhältnisse in der Weise geändert, die am leichtesten zum Ziele führen können.

Die Erörterung dieser Problematik wird nicht nur auf der theoretischen Grundlage, sondern auch vom Standpunkt der Technologie behandelt. Die Schwierigkeiten der Herstellung werden analysert und die Möglichkeiten ihrer Behebung diskutiert. Vor allem wird auf neue technologische Applikationen, und zwar auf die Möglichkeit des Klinkerbrennens dieser Spezialzemente in dem im Forschungsinstitut in Brno entwickelten dreistufigen Aggregat hingewiesen. Hiedurch wird die Realisierbarkeit der diskutierten Problematik vor Augen gestellt.

Figuš, W.: **The physico-chemical conditions of the production of special aluminate-poor cement types.**

Starting from the fact that our usual cement types generally do not meet all the requirements set by the customers, particularly as far as volume changes are concerned, a thorough investigation was conducted on the physico-chemical principles of cement production, and the reasons of some of its unfavourable characteristics were exhaustively analyzed. This is how the development of a special cement type may be expected, the properties of wich (particulary its resistance to aggressive water varieties) might better approximate those of the ideal universal cement than experienced with the normal cements available at present.

The field where the cement types of particularly favourable characteristics might be found are, accordingly, sought for at the low alumina side of the Rankin diagram. Here the relevant oxide ratios are varied in the possibly most successful way.

The problems are discussed both from theoretical and technological aspects. The difficulties encountered in course of production are analyzed, and the possibitities of their elimination studied. Above all, the latest fechnical possibilities are pointed out, such as the leasibility of clinker firing in three-stage aggregates as developed by the research institute in Brno, whereby the solution of the problem discussed can be best illustrated.

Könyvismertetés

Lengyel Béla—Boksay Zoltán—Csákvári Béla: **A szilikátok elektromos tulajdonságai.** Akadémiai Kiadó. 1966. 200 oldal, 181 ábra, 16 táblázat, 340 irodalmi adat.

A szerzők könyvének megírását az teszi aktuálissá, hogy hasonló témájú monográfia, Littleton és Morey: Electrical Propwerties of Glass 1933-ban jelent meg és az üveg elektromos tulajdonságainak időközben megismert eredményeit azóta szakkönyv nem ismertette. Pedig az elmúlt több mint három évtized alatt sok, a tárgykörrel foglalkozó publikáció jelent meg, amelyek közül a szerzők kutatási eredményei jelentékenyek és sok tekintetben hézagpótlóan kiegészítik az eddigi kutatásokat.

A monográfia négy csoportban tárgyalja a szilikátüvegek elektromos tulajdonságait. Az első csoport az elektrolízis és a diffúzió jelenségeit tárgyalja az elektromosság szállítása szempontjából. A második csoport az elektromos vezetőképesség ismereteit foglalja össze. Először a vezetés mechanizmusát, továbbá a hőmérséklet, kristályosodás, térerősség, szerkezet és az idő tényezők befolyását ismerteti. Majd részletesen tárgyalja a vezetőképesség és a vegyi összetétel összefüggését kvarcüvegre, egy-, két- és több értékű, valamint alkálimentes üvegekre vonatkozóan. Ezt követi a felületi vezetőképesség tárgyalása. A harmadik csoport a dielektromos tulajdonságokat, a veszteség fajtáit és az állandó és a veszteség összefüggését a vegyi összetételtől ismerteti. Az utolsó csoport a fázishatár-potenciálokra vonatkozó ismereteket, az üvegelektródákon fellépő potenciálok alapjelenségeit, a hidrogénion és az alkáliion funkciójának értelmezését, az üvegösszetétel befolyását, az üvegelektród elektromos ellenállását, a pH és fémion funkciós üvegelektródákat, azok negatív hibáit, a hőmérséklet függését, az üvegelektród viselkedését nemvizes- és sóoldatokban írja le. A monográfia a kvarcüveg és az elektrolitoldatok között fellépő fázishatár-potenciálok tárgyalásával fejeződik be.

A monográfiának nemcsak az a célja, hogy az üveg elektromos tulajdonságait írja le, hanem az is, hogy az elektromosság hordozóinak természetével ismertesse meg az olvasót. Az elvi, elméleti kérdések mellett azonban súlyt helyez gyakorlati szempontokra is, figyelembe véve azt a körülményt, hogy az üvegelektród alkalmazása mind nagyobb tért hódít. *(Dr. Knapp)*

Az elektronsugaras röntgenmikroanalizátor a szilikátipari anyagvizsgálat új műszere

BERNOLÁK BÉLA — UDVARDI MIKLÓS
ÉVM Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet

Az elektronsugaras röntgenmikroanalizátor az 1950-es évek elejétől az anyagvizsgálat fontos műszerévé vált és egyre jobban elterjedt.

Az elektronsugaras röntgenmikroanalizátor (továbbiakban ERMA) működési elve a következő: a műszer egy elektronforrásból kilépő elektronnyalábot nagy feszültséggel gyorsít, elektronoptikai rendszerrel a vizsgálandó minta felületére vetít. A megvilágított felületen röntgensugárzás keletkezik. A kiváltott röntgensugárzás hullámhossza a megvilágított felületen levő elemek rendszámától függ, így azt röntgenspektrográfban vizsgálva, az elemek minőségére és mennyiségére következtetni lehet.

Az elektronsugárforrás és az elektronoptikai rendszer kialakítása lehetővé teszi az elektronsugárnyaláb intenzitásának és méretének széles tartományban történő változtatását, ily módon lehetséges a vizsgálandó felület mikrométer nagyságrendű részének vizsgálata.

Az ERMA-t az anyag összetételének vizsgálatánál Castaing és munkatársai (1) alkalmazták először. A módszer analitikai felhasználása egészen új terület, melyben hatalmas lehetőség és számtalan probléma áll ma még a kutatók előtt. Az elektronsugár nem roncsoló reagens, melyet a kutatásban fémek, ötvözetek, ásványok, tűzálló anyagok, üvegek, félvezetők vizsgálatánál lehet felhasználni, de alkalmazza a biológiai és orvosi tudomány is. Mindenekelőtt ott van nagy jelentősége, ahol egy próbán belül az egyes elemek eloszlásának megállapítása a feladat. Ez a probléma csak egy azok közül, melyeket az ERMA segítségével meg lehet oldani, de ez az egy is rávilágít arra, hogy a szilikátipar területén is milyen új lehetőségek nyílnak az analitikusok számára.

Ismert az üvegipari szakemberek előtt az üvegkészítmények fátyolosodása, huzalosodása és kövesedése. Ezen hibák okainak vizsgálata során klasszikus kémiai analízis révén sok esetben nem tudunk eredményt elérni, mert már a mintavételnél problémák mutatkoznak. Az ERMA alkalmazása e tekintetben eredményesnek mutatkozik. Adams és Rawson (2) ERMA-t használnak magnézium-alumínium-szilikát üvegeken kicsapódott UO_2 vizsgálatára, valamint boroszilikát üvegekben az alumíniumtartalom ingadozásának mérésére. Löffler (3) üvegek fátyolosodását vizsgálta az Al_2O_3-tartalom függvényében ERMA-val. Megállapítása szerint a fátyolosodást ebben az esetben az Al_2O_3 mennyiségének inhomogén eloszlása okozta. Dörr (4) üvegszál kémiai összetételét vizsgálta ERMA-val és összehasonlította az alapüveg összetételével. A kapott relatív koncentrációkülönbségek ismerete hasznos segítséget adott az üzemi technológusok számára. Wohlleben és Konopicky (5) a síküvegekben levő golyó alakú zárványok okozta inhomogenitásokat vizsgálta ERMA-val.

A cementipar területén Moore (6) végzett vizsgálatokat portlandcement klinkerek összetételének pontos meghatározására. Petterson (7) portlandcement klinkerek szennyezőit vizsgálta ERMA-val.

Történtek kísérletek ásványok nyomszennyezőinek felderítésére ERMA felhasználásával. Wohlleben és Rosenau (8) pedig nemfémes anyagok beépülését vizsgálta acélokba és más fémekbe.

Ez a néhány utalás is bizonyítja, hogy az ERMA megjelenése a kémiai anyagvizsgálatok történetében egy új fejezetet nyitott. A módszerek és eljárások még kezdeti stádiumban vannak (főleg 1965 óta publikálnak külföldi szerzők), de az eddig elért eredmények azt mutatják, hogy ismét tovább lehet lépni az anyagi összetétel megismerésének útján.

Az ÉVM Szilikátipari Kutató és Tervező Intézet Szilikátkémiai Osztálya szovjet gyártmányú MAR-1 típusú műszerrel rendelkezik, mely alkalmas fémek, ötvözetek, ércek, salakok, ásványok, szilikátok és egyéb szervetlen vegyületek vizsgálatára. A műszerrel az alábbi feladatok végezhetők el:

1. lokális minőségi analízis;
2. lokális mennyiségi analízis;
3. inhomogenitás vizsgálata;
4. felületen az elemek eloszlásviszonyainak vizsgálata;
5. diffúziós vizsgálatok;
6. több mérési adatból átlag kémiai összetétel megállapítása.

A készülék által elemzett felület átmérője kisebb mint 2 μm. Az elektronsugárzás hatására keletkezett röntgensugárzást két egymástól függetlenül működő röntgenspektrográf méri (az egyik vákuumspektrográf, a másik légköri nyomáson dolgozik). A vákuumröntgenspektrográf kvarc- és csillámkristállyal van ellátva, mindegyik kristályhoz külön számlálócső tartozik. A másik spektrográf egy kvarckristályt és a hozzátartozó számlálót foglalja magába. A spektrográfok „optikai részei" 500 mm átmérőjű Rowland-körön helyezkednek el. A gerjesztést 10—50 kV feszültséggel gyorsított elektronsugár végzi, melynek paramétereit szabályozható elektromágneses kondenzor és objektív lencse határozza meg. A szükséges vákuumot egy mechanikus és egy diffúziós szivattyú biztosítja, a szelepelést beépített vezérlőmű végzi.

A készülék az elemzési feladatokat a 12. rendszámú elemtől a 92. rendszámú elemig tudja elvégezni. A műszer az egyes elemek által kibocsájtott karakterisztikus primer röntgensugárzást írószerkezet segítségével regisztrálja, illetve a pilla-

natnyi sugárintenzitás leolvasható és a meghatározott idő alatti impulzusokat számláló segítségével rögzíti.

Standard anyagok segítségével az elemzések 0,1—100% koncentrációhatárok között elvégezhetők.

IRODALOM

[1] *Castaing, R.:* Anal. Chem. *25.* (1953) 724.
[2] *Adams, S., Rawson, H.:* Glass Techn. *3.* (1966) 98.
[3] *Löffler, Ch.:* Glastech. Ber. *7.* (1966) 333.
[4] *Dörr, H.:* Glastech. Ber. *3.* (1966) 141.
[5] *Wohlleben, K., Konopicky, K.:* Glastech. Ber. *7.* (1966) 329.
[6] *Moore, E.:* Silicates Ind. (1965) 445.
[7] *Petterson, O.:* Zement, Kalk, Gips, *2.* (1967).
[8] *Wohlleben, K., Rosenau, M.:* Radex Rundscauh (1965) 524.

Bernolák Béla—Udvardi Miklós: **Az elektronsugaras röntgenmikroanalizátor a szilikátipari anyagvizsgálat új műszere**

Бернолак, Б.—Удварди, М.: **Микроанализатор рентгеновский — новый аппарат для изучения материалов силикатной промышленности.**

Bernolák, Béla—Udvardi, Miklós: **Elektronenstrahlröntgenmikroanalysator, neues Instrument der Stoffuntersuchung in der Silikatindustrie.**

Bernolák, Béla—Udvardi, Miklós: **Electron Microprobe Analysis, a New Tool for Silicate Examination.**

Egyesületi élet

A *Kő-kavics szakosztály* április 22-én tartott ülésén *Vajda László* „Mobil üzemek alkalmazása a kőbányászatban" címen tartott előadást. A hazai útfenntartó vállalatok az ötvenes évekig alkalmaztak olyan kisteljesítményű, transzportábilis pofástörő-hengerrosta aggregátumokat, amelyekkel javítás alatt álló útszakaszok közelében kitermelhető terméskövet fenntartási zúzottkővé aprítottak. Az utóbbi években a Kő- és Kavicsipari Tröszt tett kísérletet egy közepes teljesítményű vándorüzem berendezéseinek importálására. Hazai vándor-kőbányaüzemek létesítésének indokai között szerepelt az a tény, hogy állami kőtermelésünk 82%-át 8 nagyobb, 18%-át 22 kis üzem szolgáltatja, és a kőanyag átlagosan 136 km vasúti szállítással kerül a beépítés helyére. Mivel a kő árához viszonyítva a vasúti szállítás költsége jelentékeny, az átlagos szállítási távolságot ésszerű lenne helyi kőanyag alkalmi kitermelésével csökkenteni. Az Építésgazdasági és Szervezési Intézet mintegy évi 600 000 tonnára becsüli a helyi kőanyagok hasznosíthatóságát.

Az előadó a külföldön kialakult vándorüzem-típusokat két osztályba sorolta: *mobil* (önjáró) és *transzportábilis* (szállítható) típusokba. A mobil üzem lehet összevont, amikor egyetlen nagy aggregátumba épültek össze a törő-, osztályozó-, esetleg mosóberendezések az adagolóikkal és szállítóeszközeikkel egyetemben, és lehet megosztott. A transzportábilis üzem mindig megosztott, és lehet *vontatható* (kerekes alvázú) vagy csak *alapvázra szerelt*, amikor tehergépkocsira, trélerre emelve szállítható. Elképzelésünk szerint a vándor kőbánya-berendezést legalább 100 t/óra teljesítményre kell előirányozni ahhoz, hogy a kőjövesztés és rakodás is racionálisan gépesíthető legyen. Két-három ilyen vándorüzemmel át tudnánk hidalni a még fennálló zúzottkőhiányt, és kielégíthetnénk néhány nagyobb útépítésünk helyi anyagszükségletét is. Csehszlovákiában már üzemelnek ilyen, Franciaországból származó, Dragon-gyártmányú berendezések, de gazdaságosságukról még nincsenek megfelelő részletes információink.

Reznák László (UKI) felvázolta az útépítőipar igényeit a vándorüzemekkel szemben. Kiemelte, hogy azoknak igen rugalmasaknak kell lenniök ahhoz, hogy nemcsak az új szabvány követelményeinek tegyenek eleget, hanem a fejlődést is követve, képesek legyenek a nyújtott frakciók és a folytonos szemeloszlású frakciók előállítására is. Rámutatott arra, hogy bár a vándorüzemek termelésének gazdaságossága elmarad a telepített üzemekével szemben, a népgazdaság részére azonban a különbözet a felhasználóknál megtérül, a szállítási költségek csökkenése következtében.

László József (SZIKKTI) megemlítette, hogy országunkban ez idő szerint az országos vállalat mellett mintegy 150 termelőszövetkezet is foglalkozik kavicstermeléssel, és kb. évi 3 millió m^3-t forgalmaz. Ennek a terméknek minősége javítható lenne mobil üzemek segítségével. Intézete — külföldi megrendelésre — foglalkozik idevágó berendezések tervezésével, főleg nyerges vontatóval szállítható transzportábilis kavicsfeldolgozó egységeket ajánl, amelyek hazai gépgyárakban előállíthatók. Utána *Szabó Ferenc* (SZIKKTI) vetítette és ismertette egy sor ilyen berendezés rajzát.

Az előadás témájának aktualitása a felkért hozzászólókon kívül még számos jelenlevő megjegyzéseit váltotta ki. Végül is Vajda László abban foglalta össze a megbeszélés eredményét, hogy egy próbaüzem mielőbbi beszerzésével módot kell nyerni a vándorüzemek hazai alkalmasságának kikísérletezésére.

*

A Durvakerámiai Szakosztály április 17-i ülésén dr. Bálint Pál a Szilikátipari Központi Kutató- és Tervezőintézet tudományos munkatársa tartott előadást a gyors és hibamentes szárításról.

Az előadó ismertette a tökéletes szárítás elvi alapjait, valamint az utóbbi években elterjedt legismertebb gyorsszárító berendezéseket. Beszámolt továbbá azon kísérletek eredményéről, amelyeket az elmúlt három évben 17 téglaagyaggal, ill. az ezekből formázott nyersgyártmányokkal a SZIKKTI-ben végeztek.

*

Egyesületünk *Filmbizottságának* május 2-án rendezett vetítésen öt ismeretterjesztő film került bemutatásra. A meisseni porcelán történetével és előállításának módjával foglalkozó film a gyár múzeumokban őrzött legszebb produktumainak káprázatos seregszemléjében csúcsosodott ki. Érdekes és tanulságos témának bizonyult a fotocella működését, tudományos és gyakorlati alkalmazását bemutató film, csakúgy, mint az ultrahang előállításával és felhasználásával foglalkozó film is. Osztatlan érdeklődés kísérte a hajóépítésnek vízellenállás csökkentésére irányuló, több évezredes törekvését röviden szemléltető szovjet filmet, amely a modern, áramvonalasan kiképzett hajótest ismertetésén túl, az első szovjet légpárnás hajó bemutatásáig vezetett. Megérdemelt sikere volt Kollányi Ágoston ragadozó növényekkel foglalkozó szép, színes filmjének. Az érdekes és szórakoztató műsor film-válogatása *Mattyasovszki Tamásnak*, a bizottság vezetőjének jó munkáját dicséri. *E. I.*

A P_2O_5 adalék hatása a lítiumszilikát-üveg kristályosodására, valamint a kristályos termék szerkezetére és egyes mechanikai tulajdonságaira*

KORELOVA, A. J.
A Szovjet Tudományos Akadémia Szilikátkémiai Intézete, Leningrád

A munka célja a kiindulási anyagul szolgáló, illetve a kristályosított üvegek összetétele, szerkezete és egyes mechanikai tulajdonságai közötti összefüggések vizsgálata volt. A kutatás céljaira a lítium-diszilikát stöchiometrikus összetételének megfelelő, illetve ahhoz közelálló kétösszetevős lítiumszilikát-üvegeket választottunk ki. Ezeknek az üvegeknek a fő kristályos alkotórésze, mint ismeretes, a lítium-diszilikát, mely viszonylag alacsony hőmérsékleten kristályosodik, és egész magas hőmérsékleten is megőrzi stabilitását.

Az ilyen összetételű üvegekben a lítium-diszilikát szferolitok alakjában kristályosodik. A szferolitos kristályosodás sok szilikátüvegnek, ásványi kőzetnek, olvasztott kőzetnek, valamint egy sor szerves anyagnak közös jellemvonása. Általában azt tartják, hogy a szferolitos szerkezet nem kedvező a nagy szilárdságú anyagok előállítása szempontjából, bár erre vonatkozóan csak kevés adat áll rendelkezésre.

A kutatás lefolytatásához kedvező mechanikai tulajdonságokkal rendelkező kristályos anyagokat kellett előállítanunk a Li_2O—SiO_2 rendszer üvegeiből. Ezért igen fontos volt a kristályosító anyag (oltóanyag), valamint a hőkezelési paraméterek megfelelő megválasztása, mert ezektől függ a nyert kristályos üveg homogén, finom kristályos szerkezete.

Patridge és McMillan (1963), továbbá Nagaoka, Hara és Tanaka (1961) kimutatták, hogy ha oltóanyagként kismennyiségű P_2O_5-ot alkalmazunk, akkor Li_2O—SiO_2, Li_2O—Al_2O_3—SiO_2 és más rendszerek üvegjeiből homogén, finomkristályos, jó mechanikai tulajdonságokkal rendelkező pirokerám (oroszul: szitáll — a ford. megj.) állítható elő.

Phillips és McMillan (1965) szerint a P_2O_5-nak, mint oltóanyagnak a hatásmechanizmusa abban áll, hogy kiváltja, illetve elősegíti az üvegnek két különálló üvegfázisra való szétválását (likvációját). Ezáltal kedvező körülményeket teremt a két fázis határán nagyszámú kristályosodási centrum kialakulásához. Az említett szerzők a lítiumszilikát-üvegek elektromos tulajdonságainak mérései alapján kimutatták, hogy a hozzájuk kevert P_2O_5 lassítja a lítium-diszilikát kristályosodását. Ugyanakkor a kristályok méreteinek növekedését gátolja a Li_2O-ban gazdag matrix-oldatban a nagymennyiségű, majdnem tiszta SiO_2-ből álló, apró cseppecskék alakjában megfigyelhető zárványok jelenléte. Mindez elősegíti a termékekben a finom kristályos szerkezet kialakulását.

* A IX. Szilikátipari Konferencián elhangzott előadás.

Kísérleti rész

Az alábbi összetételű üvegeket készítettük el:

33,3 mól% Li_2O-t tartalmazó lítium-diszilikát üveg, oltóanyag nélkül;

32,4 mól% Li_2O-t és kb. 2 súly% P_2O_5-ot, valamint

27 mól% Li_2O-t és 0,5—1 súly% P_2O_5-ot tartalmazó üvegek.

Az üvegeket 1 literes kvarctégelyekben, 1400—1480°C-on, időszakos keverés mellett olvasztottuk, és 10—12 cm átmérőjű korongokat öntöttünk belőlük. A feszültségtelenítés után a korongból 20×20×5 mm-es próbatesteket vágtunk ki, melyeket a továbbiak során automatikus hőszabályozású tokoskemencében hőkezeltünk.

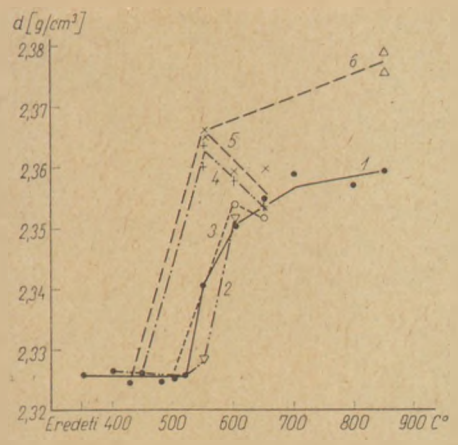
A hőkezelés paramétereit DTA-felvételek, illetve az üvegek gradiens-kemencében végzett előzetes próbakristályosítása alapján határoztuk meg. A kristályos üvegek mikroszerkezetét fény-, illetve elektronmikroszkóp segítségével vizsgáltuk. A keletkező kristályok összetételét röntgenográfiai úton állapítottuk meg.

A kiindulási üvegeknél dilatometrikusan meghatároztuk a transzformációs hőmérsékletet (Tg) és a terhelés alatti lágyuláspontot. A kiindulási és a kristályosított üvegek mikrokeménységét a PMT—3 típusú mikrokeménységmérővel, rugalmassági állandóikat az UZISz—7 ultrahangos készülékkel, az ütő- és kopási szilárdságot pedig Bokin P. Ja. kandidátus által laboratóriumunkban erre a célra kidolgozott (1965—67) készülékekkel vizsgáltuk. A próbatestek sűrűségét hidrosztatikus mérlegeléssel állapítottuk meg.

A kísérleti üvegekből készült, különböző paraméterek mellett hőkezelt próbatestek vizsgálata során kitűnt, hogy a leghomogénebb és a leginkább finomkristályos szerkezetű terméket a 27 mól% Li_2O-t és 0,5—1 súly% P_2O_5-ot tartalmazó keverékből lehet előállítani. Ezért a továbbiak során ennek mikroszerkezetét és mechanikai tulajdonságait vizsgáltuk részletesebben.

A kristályosodás folyamatát ezeknél az üvegeknél a sűrűségnek a hőkezelési hőmérséklet függvényében történő változása alapján követhetjük, amit az 1. ábrán mutatunk be. Mivel a keletkező kristályfázis sűrűsége nagyobb, mint a kiindulási üvegé, a sűrűség növekedése arányos az anyag kristályosodásának mértékével.

Az *1. ábrán* az abszcisszán a hőkezelés hőmérsékletét, az ordinátán pedig a kiindulási, illetve a kristályosított üveg sűrűségét tüntettük fel. Az alsó görbe az egyszeri hőkezelésnek alávetett próbatestek sűrűségét mutatja. Mint látható, a sűrűség 520°C-ig változatlan, utána nőni kezd. A sűrűségnövekedés a kiindulási üveghez képest mintegy



1. ábra. A kristályosított üveg sűrűségének változása a hőkezelés paramétereinek függvényében

2%. A röntgenelemzés adatai alapján ez a sűrűségváltozás a lítium-diszilikát kristályosodásának felel meg. Más próbatestek kétszeres hőkezelést kaptak: először alacsonyabb hőmérsékleten, 400—500°C között, 30—50°-os hőmérséklettartományban 12 órát vagy még hosszabb ideig, majd magasabb, 550—650°C-os hőmérsékleten. A sűrűség változását ebben az esetben a 2—5 jelű, szaggatott vonallal rajzolt görbék mutatják. A görbék kezdőpontja az első hőkezelés hőmérsékletén mért sűrűséget mutatja, majd a vonalak a kétszeres hőkezelés után mért sűrűségnek megfelelő pontokon haladnak keresztül.

Ezekből a görbékből látható, hogy 400°C-on történő előzetes hőkezelés (2. görbe) jóformán semmi hatást nem gyakorol az üveg további kristályosodására: a sűrűségi értékek az egyszeri hőkezelésnek megfelelő 1. görbe közelében fekszenek. Hasonló eredményt nyerünk, ha az előzetes hőkezelés 500°C hőmérsékleten történik (3. görbe).

Ugyanakkor viszont az üveg 430—460°C-on való előzetes melegítése a hőkezelés első fázisában jelentős mértékben befolyásolja a lítium-diszilikát kristályosodásának folyamatát: a folyamat alacsonyabb hőmérsékleten kezdődik és nagyobb mennyiségű kristályfázis válik ki. Erről tanúskodik a próbatestek jóval nagyobb mérvű sűrűségnövekedése (4—5. görbék). A kétszeres hőkezelés után ezeket a próbatesteket 4 órán keresztül 850°C-on melegítve további, bár kis mértékű — kb. 0,5%-os — sűrűségnövekedést tapasztaltunk (6. görbe).

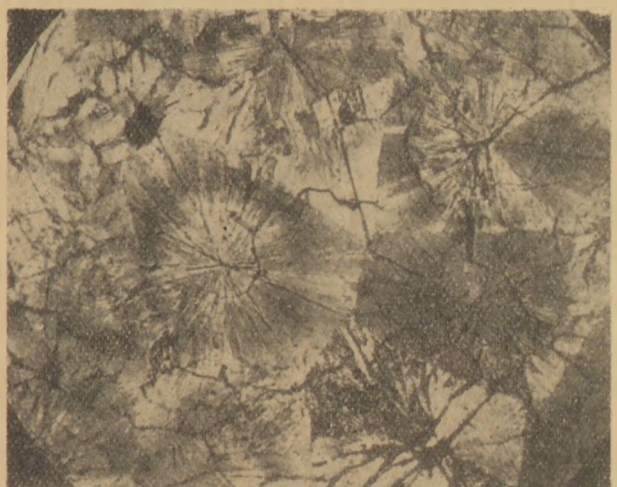
A röntgenvizsgálat szerint e hőmérséklettartományban megy végbe a megmaradt üveg kristályosodása a magashőmérsékletű kvarc kiválásával.

A kristályosított üvegek mikrostruktúrája

A vizsgált üvegből készített kristályosított próbatestek mikrostruktúrájának a hőkezelés paramétereinek függvényében való változását a *2—7. ábrákon* mutatjuk be. Ha az üveget 400—430°C-on 24 órát hevítjük, az átlátszó marad, és az eredeti állapotához képest változást nem tapasztalunk. A hőntartási idő 70—100 órára való meghosszabbítása az üveg könnyű opaleszkálását eredményezi. 450—480°C-ra növelve a hőmérsékletet, az opaleszcencia szemmel láthatólóg erősbödik, és már 12—24 órás hevítés után jelentkezik. Mint ismeretes, a 27 mól% Li_2O-t és 73 mól% SiO_2-t tartalmazó üvegnél metastabil likvációra való hajlamot tapasztalunk, amelyet a P_2O_5 hozzáadásának erősbítenie kell. Valóban, a 2. ábrán, mely a 430°C-on 70 órát hevített próbatest elektronmikroszkópi felvétele, világosan látható a likvációs mikrostruktúra, ahol a csepp alakú zárványok mérete 0,1mμ alatt van. Ebben az üvegben a röntgenanalízis segítségével lítium-diszilikát kristályok nem voltak kimutathatók.

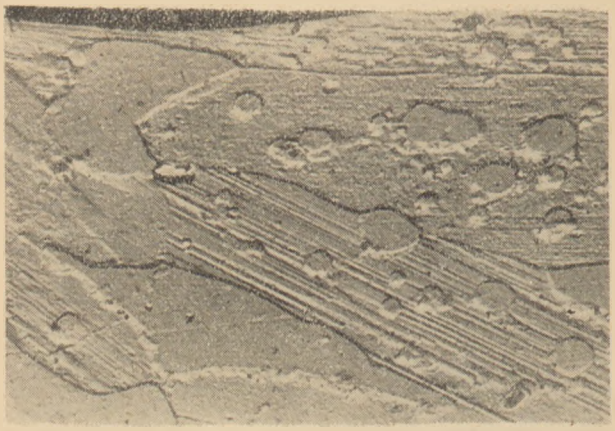
Az üveg egyszeri, 4 óráig tartó, 550°C-os hevítése során abban egyedi szferolitok jelennek meg, a hőmérséklet 600—700°-ra való növelésekor pedig teljesen kikristályosodik. Mint a 3. ábra mutatja, a litium-diszilikát az üvegben nagy, 150—200 mμ méretű szferolitok alakjában kristályosodik, jellegzetes, nagy repedésekkel átszőtt sugaras szerkezettel. A 4. ábrán, mely a 350°C-on 4 óráig egy ízben hevített próbatest mikrostruktúráját ábrázolja, látható, hogy a külalakjukat megőrző szferolitok belsejében sok apró kristály jelenik meg. Az elekt-

2. ábra. A 430°C-on 70 óráig hevített üveg likvációs szerkezete. 24 000-szeres nagyítás



3. ábra. Az üvegben 4 órás, 700°C-on történő egyszeri hőkezelés után keletkező nagyméretű lítium-diszilikát szferolitok. 300-szoros nagyítás

4. ábra. A szferolitos szerkezet diszperziós átalakulása 850°C-os, 4 óráig tartó egyszeri hőkezelés során. 640-szeres nagyítás



5. ábra. A szferolitos szerkezet diszperziós átalakulása 850°C-os, 4 óráig tartó egyszeri hőkezelés során. 17 000-szeres nagyítás

6. ábra. Kétszeres (430°C-on 70 órás és 550°C-on 12 órás) hőkezelés után keletkező kis lítium-diszilikát szferolitok. 800-szoros nagyítás

ronmikroszkópos felvétel *(5. ábra)* szerint ezeknek a kvarckristályoknak, melyek a lemezes lítium-diszilikát kristályok belsejében vagy határán helyezkednek el, gömbölyded alakjuk van és méretük 1—2 mμ.

7. ábra. A szferolitos szerkezet diszperziós átalakulása 850°C-os, 4 órás hőkezelés során. 17 000-szeres nagyítás

Az üveg kétszeres hőkezelése esetén, mikor az első hevítés a Tg-hez közeli hőmérséklettartományban, azaz 430—460°C körül, a második pedig lehetőleg minél alacsonyabb hőmérsékleten (550—600°C-on, azaz a termikus görbén a lítium-diszilikát kristályosodásának megfelelő exoterm csúcs felemelkedő ága kezdetének megfelelő hőfokon) történik, homogén, finomkristályos szferolitos szerkezet alakul ki *(6. ábra)*. A szferolitok mérete 10—15 mμ.

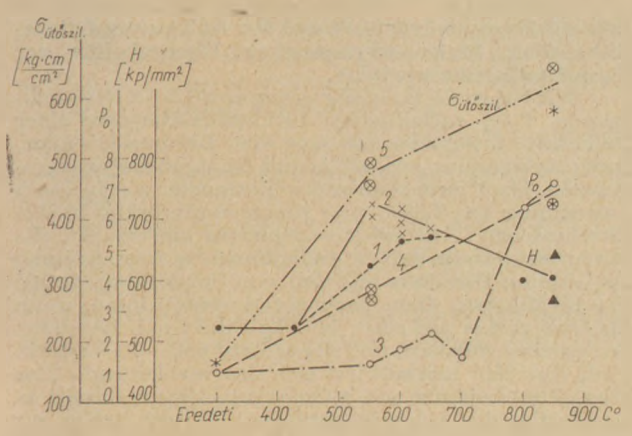
Abban az esetben, ha a fentebb leírt feltételek mellett végzett kétszeres hőkezelés után az üveget 850°C-on hevítjük, szintén megfigyelhető a szferolitos szerkezet átalakulása. A szferolitok belsejében a lemezes lítium-diszilikát kristályok mellett sok apró, 0,5—1 mμ-nél nem nagyobb kvarckristály jelenik meg *(7. ábra)*. A 850°C-on egyszer hőkezelt próbatest szerkezetéhez képest (5. ábra) itt a lítium-diszilikát- és kvarckristályok mérete kisebb, elhelyezkedésük iránya tetszőleges, és sok esetben élesen körülhatárolt lapokkal rendelkeznek.

A kiindulási és a kristályosított üvegek mechanikai tulajdonságai

A kiindulási, illetve a különböző feltételek között kristályosított üveg próbatestek egyes mechanikai tulajdonságait a 8. ábrán mutatjuk be. Az abszcisszán a hőkezelés hőmérsékletét tüntettük fel; egyes pontok az egyszeres, más pontok a kétszeres, illetve háromszoros hőkezelésnek felelnek meg. Az ordinátán a mikromennyiségi értékeket az összecsiszolási szilárdságot és az ütő-nyomószilárdságot mértük fel.

A *8. ábrán* az 1. és 2. görbék az üveg mikrokeménységének változását mutatják a kristályosodás folyamán. A lítium-diszilikát kristályok kiválásakor a mikrokeménység a kiindulási üveghez képest 25—30%-kal növekszik. Eközben egyszeri hőkezeléssel, amikor nagyméretű szferolitok keletkeznek, 650 kg/mm^2 (1. görbe), kétszeri hőkezeléssel pedig, amikor a szferolitok mérete 10—15 μm, 750 kg/mm^2 (2. görbe) maximális szilárdságot mértünk.

A 850°C hőmérsékleten fellépő, a kvarckristályok kiválásával és a lítium-diszilikát átkristályosodásával összefüggő szerkezetátalakulás eredmé-



8. ábra. A mechanikai tulajdonságok: mikrokeménység, összecsiszolási szilárdság és ütőszilárdság változása a hőkezelési paraméterek függvényében

nyeképpen a mikrokeménység bizonyos mértékben (600 kp/mm²-ig) csökken, ez azonban, mint a továbbiakból kitűnik, még növeli is a szilárdságot. Ezt az ellentmondást nemegyszer tapasztaltuk az üvegek magashőmérsékletű hőkezelése esetében, mikor azokban egyszerre több, egymástól eltérő tulajdonságú kristályfázis jelenik meg. Lehetséges, hogy itt az eltérő hőtágulási együtthatójú kristályok határfelületén fellépő mikrofeszültségek hatására a keménységmérő tű által hagyott lenyomat kitágul, továbbreped. Ez esetben a mikrokeménység látszólagos csökkenésével állunk szemben. A kérdés tisztázására az ilyen körülmények között kristályosított üvegek mikrokeménységét valamilyen más módszerrel is meg kell határozni.

Az üveg kopási szilárdságának változását a hőkezelés folyamán a 3. és 4. görbék mutatják. A 3. görbéhez tartozó értékek az 550—700°C-on történő, egyszeri hőkezelésre vonatkoznak, amikor nagykristályos szferolitos szerkezet keletkezik. A finomkristályos szferolitos szerkezet kialakulását eredményező kétszeri hőkezelés már jelentősebb —3,5-szeres — szilárdságnövekedést okoz az eredeti üveghez képest. Az üvegek 850°C-ra való hevítésekor a két görbe összefut. Az egyszeri és a háromszori hőkezeléssel egyaránt 6,5—7-szeres szilárdságnövekedést érünk el. Valószínűleg a szferolitok diszperziós szétesése következtében fellépő szilárdságnövekedés olyan nagymértékű, hogy e szempontból lényegtelen az, hogy előtte nagykristályos vagy finomkristályos volt-e a szferolit. A lítium-diszilikát átkristályosodásakor és a kvarckristályok kiválásakor valószínűleg erősen csökkennek a szferolitok határfelületén a gyors növekedés közben keletkezett feszültségek, sőt, még a korábban kifejlődött repedések, rácshibák is „begyógyulnak".

Hasonló jellegű az ütőszilárdság és a Young-féle modulus változása is. Finomkristályos szferolitos szerkezet mellett az ütőszilárdság az eredeti üveghez képest 3-szorosára növekszik, ha pedig magashőmérsékletű hevítést alkalmazunk, ami a mikrostruktúra további diszpergálódását váltja ki, akkor a szilárdságnövekedés 4—4,5-szeres (5. görbe).

A Young-féle modulus értéke a kiindulási üvegnél 7400 kp/mm², a kis szferolitokban kristályosodott üvegeknél 8500 kp/mm², a finoman diszperz szerkezetű üvegeknél pedig 9600 kp/mm².

Tehát a munka eredményei azt mutatják, hogy az oltóanyag ésszerű kiválasztása és a hőkezelés optimális feltételeinek megállapítása esetén a lítium-szilikát üvegekből olyan homogén, finomkristályos, szferolitos szerkezetű kristályosított terméket lehet előállítani, melynek szilárdsága jóval nagyobb, mint az eredeti üvegé.

A legnagyobb mértékű szilárdságnövekedés azonban akkor tapasztalható, mikor a magasabb hőmérsékleten lejátszódó szekunder folyamatok következtében a szferolitos szerkezet diszperziósan átalakul, miközben a lítium-diszilikát átkristályosodik, a maradék üveg pedig apró, magashőmérsékletű kvarckristályok alakjában kristályosodik ki.

Összefoglalás

Ha a 27 mól% Li_2O-t és 73 mól% SiO_2-t tartalmazó üveghez 0,5—1% P_2O_5-ot adunk, akkor erősödik az üveg mikrolikvációra való hajlama 430—480°C hőmérsékleten való hevítéskor. A likvációs jelenségek elősegítik a későbbiek során a lítium-diszilikát finomkristályos alakban való kristályosodását. Kimutattuk, hogy ha az első hevítés 430—460°C-on, azaz az üveg transzformációs hőmérsékletének (Tg) közelében, a második pedig 550—600°C-on történik, akkor a lítium-diszilikát 10—15 mμ átmérőjű szferolitok alakjában válik ki.

Az ilyen feltételek között kristályosított anyagok mechanikai tulajdonságai az eredeti üvegéhez képest nagymértékben javulnak: a mikrokeménység 30%-kal, a felületi szilárdság 3,5-szeresére, az ütőszilárdság pedig háromszorosára növekszik.

A magasabb hőmérsékleten lejátszódó szekunder folyamatok eredményeképpen a maradék üvegfázis magashőmérsékletű-kvarc kristályok alakjában kristályosodik ki, és végbemegy a lítium-diszilikát átkristályosodása. Ezzel együtt jár a szferolitos szerkezet diszperziós átalakulása, miáltal tovább javulnak a kristályosított anyag szilárdsági tulajdonságai: a felületi szilárdság az eredeti üvegének 6—7-szeresére, az ütőszilárdság pedig 4—4,5-szeresére nő.

IRODALOM

[1] *Bokin, P. Ja., Govorova, R. A.:* (1965) Sztrukturnüe prevrascsenija v szteklah pri povüsennüh temperaturah. Moszkva—Leningrád.

[2] *Bokin, P. Ja.:* (1967) Optiko-mehanicseszkaja promüslennoszty.

[3] *Nagaoka, K., Hara, M., Tanaka, H.:* (1961) Osaka Kogyo Gijutsu Shikensko Kiho *12*, 162.

[4] *Partridge, G., McMillan, P. W.:* (1963) Glass Techn. *4*, 173.

[5] *Phillips, S. V., McMillan, P. W.:* (1965) Glass Techn. *6*, 46.

Korelova, A. I.: **A P_2O_5 adalékok hatása a lítium-szilikát üveg kristályosodására, valamint a kristályos termék szerkezetére és egyes mechanikai tulajdonságaira**

DTA és röntgenelemzési módok alkalmazásával, továbbá tömörségméréssel vizsgáltuk a lítium-diszilikát-

hoz hasonló összetételű, 0,5—2 súlyszázalék P_2O_5-ot tartalmazó lítium-szilikát üveg kristályosodását. Fény- és elektronmikroszkóp alkalmazásával különböző kristályosodási szakaszokban vizsgáltuk az üvegminták mikroszerkezetét. Megállapítottuk, hogy 10—15 mikron nagyságú szferolitek formájában a lítium-diszilikát legteljesebb kiválása akkor figyelhető meg, ha az üveget előzőleg a tg-ponthoz közelálló hőmérsékleten, azután pedig 550—600°C-on tartjuk. 850°C-on a megmaradó üveg α-kvarc kiválása mellett kikristályosodik, ami a szferolitstruktúra tönkremenetelét eredményezi. Megállapítottuk továbbá, hogy amikor az üvegben a lítium-diszilikát legfeljebb 10—15 mikron nagyságú szferolitek alakjában kristályosodik ki, a mikrokeménység 30%-kal, a felületi szilárdság 3,5-ször, az ütő-nyomószilárdság pedig 3-szor nagyobb, mint a kiindulási üvegnél. Később a kvarc kikristályosodása során a fent említett mechanikai tulajdonságok értékének további növekedése tapasztalható.

Корелова, А. И.: **Влияние добавок P_2O_5 на кристаллизационную способность литиевосиликатного стекла и на структуру и некоторые механические свойства продуктов его кристаллизации.**

Методами дифференциально-термического и рентгенофазового анализа, а также путем измерения плотности исследовалась кристаллизация литиево-силикатного стекла, близкого по составу к дисиликату лития и содержащего P_2O_5 в количестве 0,5—2 вес.%. С помощью светового и электронного микроскопов изучалась микроструктура образцов стекла на различных стадиях кристаллизации. Показано, что наиболее полное выделение дисиликата лития в виде сферолитов величиной 10—15 мк наблюдается при предварительном прогревании стекла при температурах, близких к tg, и последующем — при 550—600°C. При 850° происходит кристаллизация остаточного стекла с выделением высокотемпературного кварца, что приводит к разрушению сферолитовой структуры. Установлено, что при кристаллизации в стекле дисиликата лития в виде сферолитов величиной не более 10—15 мк микротвердость возрастает по сравнению с исходным стеклом на 30%, поверхностная прочность — в 3,5 раза, прочность на ударное сжатие — в 3 раза. При последующей кристаллизации в стекле кварца наблюдается дальнейшее увеличение значений указанных выше механических свойств.

Korelova, A. I.: **Effekt von P_2O_5 additiven auf die Kristallisierungsmöglichkeit und den Aufbau von Litium-Silikat-Glas. Einige mechanischen Eigenschaften der Glaskristallisationsprodukte.**

Wir haben die Kristallisierung von 0,5—2 Gewichtsprozent P_2O_5 enthaltenden Lithium-Silikat-Glas einer ähnlichen Zusammensetzung wie Lithium-Disilikat, durch Anwendung von DTA und Röntgenanalysen untersucht. Die Mikrostruktur der Glasmuster wurde durch Anwendung von Licht- und Elektronmikroskop in den verschiedenen Kristallisierungsphasen untersucht. Es wurde festgestellt, daß die vollkommenste Ausscheidung des Lithium-Disilikats in From von Spheroliten, Größe 10—15 Mikrons, dann beobachtet werden kann, wenn das Glas vorher auf einer dem Tg-Punkt naheliegenden Temperatur gehalten, und danach auf 550—600° erhitzt wird. Auf 850° kristallisiert sich das verbleibende Glas nebst Ausscheidung von α-Quarz und dies resultiert in den Zerfall der Spherolit-Struktur. Weiters haben wir festgestellt, daß wenn das Lithium-Disilikat im Glas in Form von Spheroliten in einer Größe von maximum 10—15 Mikrons kristallisiert, dann erhöht sich die Mikrohärte 30%, die Oberflächenhärte auf das 3,5-fache die Schlag- und Druckfestigkeit auf das 3-fache. Später, im Laufe der Auskristallisierung des Quarzes, erfährt man eine weitere Verbesserung der obenerwähnten mechanischen Eigenschaften.

Korelova, A. I.: **Effect of P_2O_5 additives on the crystallization and structure of lithium silicate glasses — mechanical properties of glass crystallization products.**

The crystallization of lithium disilicate glass containing 0,5—2 wt. % of P_2O_5 was investigated by DTA and X-ray analysis as well as density measurements. The microstructure of the glass sample in different stages of crystallization was observed by light- and electron microscopes. The full precipitation of lithium disilicate crystals in form of 10—15 μm spherolites can only be observed if the glass has previously been kept at a temperature close to the Tg-point followed by a 550 600°C treatment. At 850°C however the remaning glass gets crystallized yielding high-quartz; this process results in the destruction of the spherolite structure. If Li-disilicate crystals are present in the glass as spherolites of 10—15 μm, microhardness is increased by 30%, surface strength 3,5 times, impact and compressive strength 3 times higher than in the base glass. Mechanical properties are still increased by quartz crystallization.

A világ szilikátiparából

Az NSZK-ban a kővagyon meghatározásához egyre nagyobb mértékben veszik igénybe a geofizikai kutatási eljárásokat — olvasható a Die Naturstein-Industrieben —. Ez az eljárás lényegesen kevésbé költséges, mint a kutatófúrás, bár nem szolgáltathat egyenértékűen megbízható adatokat.

A geofizikai módszerek részletes ismertetéséből kitűnik, hogy kőzet-előfordulások kutatásához milyen mértékben és milyen megbízhatósággal alkalmazhatók, beleértve az elektromos ellenállásmérés és az elektromos szondák alapelvét és alkalmazhatóságát is.

*

A külszíni fejtés feltárásával kapcsolatos gazdaságossági kérdések mérlegelésének előfeltételét képezi az előfordulás nagyságának és helyzetének ismerete.

A Montan-Elektra GmbH által kidolgozott tektonometer eljárás — melyhez a cég a szükséges berendezést is gyártja — lehetőséget nyújt a tektonika és az előfordulással kapcsolatos adatok meghatározására. A berendezés lényegében egy hordozható, egyenáramú, ellenállásmérő készülék. Főleg tektonikus zavarok meghatározására alkalmas.

A Wenner-féle egyenáramú ellenállás-eljárás előnyösen kombinálható a tektonométerrel. Az ismertetett gyakorlati vizsgálatok bizonyítják az eljárás alkalmasságát.

*

A Brit Kerámiai Társaság 19 tagja az USA-ban számos téglaipari kutatóintézetet, laboratóriumot és üzemet látogatott meg. Az amerikai téglaipar megközelítően hasonló nagyságú, mint az angol; 9200 millió standard téglát termelnek évente. Ezer darab standard tégla 36 dollár, a mázas téglák ára ezer darabonként 130 dollár.

A nyolc megtekintett nagyvállalat közül a legnagyobb gyártó kapacitással a General Shale Products Corporation rendelkezik, 19 üzeme évi 420 millió standard téglát állít elő.

A Tennessee-beli nagyüzem 630 000 téglát gyárt hetenként. A kisméretű üreges téglát egysoros rakású alagútszárítóban 11 óra alatt szárítják, az égetést 442 láb hosszúságú Harrop kemencében 7 óra 20 perc alatt végzik el. A tüzelőanyag: földgáz.

A széntüzelésű szakaszos kemencék Angliában a

kerámiai iparban teljesen a háttérbe szorultak, míg a gáz- vagy elektromos fűtésűek egyre inkább elterjednek. Igen számottevő mértékben növekedett a folyamatos működésű kemencék száma. Ezeknél is főleg a gáz- és elektromos fűtésűek kerültek előtérbe.

A finomkerámiai termékek, edényáruk, burkolólapok gyors és gazdaságos égetésére igen elterjedt a Sitikemence.

Az NSZK-ban a Riedhammer-cég vékony falú áruk égetésére igen rövid időt biztosító mozgó betétes kemencét állított elő..

Angliában a Gibbons-cég edényáruk égetésére gáztüzelésű, görgős árumozgatással ellátott csőkemencét gyárt.

Két tűzálló agyag kémiai és ásványi összetételét, szemszerkezetét, továbbá égetés előtti kerámiai és égetés utáni technológiai tulajdonságait vizsgálták. Az NSZK-beli melsbachi (Westerwald) agyagban kaolinit, illit, kvarc és kevés földpát mellett rutil, alunit és halloysit is előfordul.

A breitscheidi agyag montmorillonitot is tartalmaz. A vizsgált agyagokban az 1 mikron-nál kisebb méretű szemcsék részaránya többnyire 80% felett van.

Mindkét agyagnál a megmunkálási víz és a száradási zsugorodás az Al_2O_3-tartalommal nő. Az égetési zsugorodás, a hajlítószilárdság és a térfogatsúly az égetési hőmérséklettel nő, majd kb. 1200°C-tól csökken.

A westerwaldi agyagbányászat haladópásztafejtési eljárásánál mindinkább fejlesztik a gépesítést. Ezt a kitermelő- és rakodógépek szükséges számban való alkalmazásával kívánják megoldani.

Az agyagmaró és- szállító gépeknek alkalmazkodniok kell méreteik és teljesítményeik tekintetében a mindenkori helyi adottságokhoz, és ezért a különböző cégek gépeit ezeknek a szempontoknak megfelelően választják ki, természetesen a gazdaságosság messzemenő figyelembevételével.

*

A grossröscheni durvakerámiai intézet kidolgozta a gipszkötésű előgyártott kerámiai elemek előállítási technológiáját. A gipszkötésű elemek legnagyobb hátránya, hogy viszonylag sok vizet vesznek fel, ezért csak belső falakként használhatók.

A vízfelvétel csökkenthető: hydraulikus anyagokkal, szilikonat-oldatokkal, erőművi szénhamuval. A gipsz kötésidejét proteintojásfehérje koncentrátummal egy órára növelik. Az elemek előállítási technológiája a szokásosnak felel meg.

Fontosabb műszaki jellemzők: törőszilárdság 40—50 kp/cm³, térfogatsúly 1,2 kg/dm³. A gipsszel szembeni lényegesebb követelmények: 100 kp/cm³-es nyomószilárdság, megfelelő kötésidő.

*

Az Eisenbach környéki agyagok mineralógiai szempontból igen hasonlóak, kerámiai tulajdonságaik azonban erősen eltérnek. Az okker agyag fontosabb jellemzői: kevés szabad kvarc, megmunkálási víz 16%, száraz hajlítószilárdság kicsi, zsugorodás 960°C-on 2,2%, agyagásvány-tartalom 23,1%. Önmagában használható.

Az agyagpala fontosabb jellemzői: hajlítószilárdság kicsi, száradási zsugorodás 1,2%, égetési zsugorodás 960°C-on 1,5%, agyagásvány-tartalom 48,2%. Klinkergyártásra is alkalmas. Téglaagyagok szilárdságnövelő adalékaként is használható.

A l'Industrie Céramique 1968. évi márciusi számában beszámoló olvasható Hiebel R.-től, amelyben ismerteti a tégla- és cserépipar fejlődése szempontjából fontos műszaki tényezőket. A cikk érdekes adatokat tartalmaz a francia téglaiparról.

Franciaországban

1921-ben 3000,

1936-ban 1700,

1950-ben 1000,

1965-ben 500 téglagyár működött. Számuk 1970-ben valószínűleg 350—400 lesz.

Az 1950. évben termelt 3,9 millió tonna 1965. évben kb. 8 millió tonnára növekedett, a növekedés ellenére a munkaerő-szükséglet (kb. 22 000 személy a kereskedelmi és adminisztrációs alkalmazottakkal együtt) nagyjából ugyanaz maradt.

A munkaerő-kihasználás jellemzésére a legalkalmasabb az a tény, hogy egy régi berendezésű gyárban 1 tonna eladásra kerülő áru készítéséhez 4—5 munkaóra szükséges, ugyanakkor egy modern üzemben erre 1—1½ óra elegendő.

*

A duzzadóagyag hagyományos előállítási módszerei csökkentik minőségi tulajdonságaikat, állapítja meg Demert a Silikat Journal-ban. Az ilyen anyag optimális tulajdonságait az újonnan kifejlesztett égetési eljárással — keringető-áramlási eljárással — lehet elérni.

Az így előállított duzzadóagyag könnyű, és emellett magas szilárdsággal rendelkezik. Maga a berendezés viszonylag olcsó, alacsony hőszükséglettel dolgozik és könnyen kezelhető.

*

A duzzasztott kerámiai adalékanyagok egyre nagyobb teret hódítanak az NSZK építőiparában. A jó duzzaszthatóság legfontosabb előfeltételei: kevés mész és homok, elég vas és sok szerves anyag. A nyersanyagelőkészítés félnedves vagy száraz technológiával történhet. A leggyakrabban alkalmazott duzzasztóberendezés a forgókemence. Emellett azonban az aknakemencés, a zsugorító rostélyos és a legújabban terjedő cirkulációsáramlásos eljárásokat is használják.

A forgókemencékben duzzasztott termékek: haydite, leca, keramzit. Ezen termékek durvább frakcióinak litersúlya: 500—600, 270—400, illetve 350—450 kp/m³. A duzzasztott keramikus adalékanyagok legfontosabb alkalmazási területei: szigetelés és szerkezeti betonok.

*

Az NSZK cementiparának a három legjellemzőbb adata: a tüzelőanyag-fogyasztás, az áramfogyasztás és a munkaráfordítás alakulása köré csoportosítva vizsgálták.

A nedves eljárás nagy tüzelőanyag-fogyasztása miatt mindinkább háttérbe szorul. A gépegységek nagyságának 1 millió t/év teljesítményig történő növelésével bizonyos határok között csökkent a fajlagos tüzelőanyag- és áramfogyasztás.

A munkaráfordítás elsősorban a fejlettebb automatizálású gyárakban 0,5 óra/t-ra, az önköltség, viszonylag kis beruházási költséggel, 25%-kal csökkent.

A nagyobb gépegységek térhódítására jellemző, hogy az utóbbi 12 év alatt a kemencék száma mintegy 35%-kal csökkent, ugyanakkor a klinkertermelés 100%-kal növekedett.

KÜLFÖLDI LAPSZEMLE

CEMENT

Leningrad, 41. k. 1. sz. 1968.
ETO: 666.94(47) „1968"

A szovjet cementipar 1968. évi feladatai, p: 1—2.

A jelenleg folyó ötéves terv végére (1970) a szovjet cementipar termelési terve 101 millió t lesz. Ebből a mennyiségből 2,3—2,5 millió to-t fog kitenni a szulfátálló-, 1,5 millió t-t az útépítési, 1 millió t-t a tamponázs-, 175 ezer t-t a fehér-, és 125 ezer to-t a színescementtermelés. 1968-ban a teljes cementtermelés 89,32 millió t lesz, ebből az Építőanyagipari Minisztérium felügyelete alá tartozó üzemek 83,43 millió, a színes fémkohászat 4,135 millió, a vegyipar 1,015 millió, a vaskohászat 470 ezer, a nehézipari építővállalatok pedig 140 ezer t-t gyártanak. Az összmennyiségből 23,2 millió t lesz a salakportlandcement. Jelenleg 30 különböző cementfajta gyártása folyik. Az 1968. évben termelésbe lépő új technológiai vonalak teljesítménye 3,063 millió t. Mintegy 700 ezer t cementtöbbletet érnek el mineralizátorok, plasztifikátorok stb. alkalmazásával.

ETO: 666.94.041.57: 662.614

Szatarin, V. I., Vorobejcsikov, L. T.:

A forgókemencék hőveszteségének hasznosítása, p: 10, á: 2.

A nagyméretű forgókemencék (4,5×170 m, 5×180 m) köpenyhőmérséklete általában több mint 100 m-es szakaszon meghaladja a 130°-ot. Ez lehetőséget ad a hőveszteség egy részének hasznosítására. A „Juzsgiprocement" által kidolgozott módszer a kemenceköpeny vízhűtésén alapszik. Az így nyert hő fűtési, vagy egyéb kommunális célokra, esetleg abszorbciós készülék közbeiktatásával hűtésre is használható.

ETO: 666.94.041.57

Soroh, L. N. és társai: **Őrölt salak adagolása forgókemencébe,** p: 14, á: 1.

A zdolbunovszki cementgyárban, a rusztavszki üzem példájára, a 4,5×170 m-es forgókemencébe a tüzelőanyaggal együtt őrölt kohósalakot fúvatnak be. Ennek következtében megjavulnak a hőátadási viszonyok, intenzívebben játszódnak le a klinkerképződési folyamatok, anélkül, hogy a kemencében romlanának a látási viszonyok, vagy növekedne a gyűrűképződési veszély. Az átalakítás hatására a klinkertermelés 51-ről 54,1 t/ó-ra nőtt, a kalóriafelhasználás 1530-ról 1505 kcal/t-ra csökkent. A klinkerből 550 kp/cm² GOSZT 310—60 szerinti szilárdságú cement készíthető.

ETO: 666.943.3: 620.193

Morozov, I. N., Azarina, Z. V.:

A salakportlandcement korrózióállósága, p: 15, t: 2.

Az enakievszki cementgyárban gyártott, a GOSZT-10178-62 szerint 200-as (68,6% salak, 4% gipsz) és 300-as (47% salak, 5% gipsz) kohósalakcementek korrózióállóságát vizsgálták. Ennek során a GOSZT-310-60 szerint készített próbatesteket közönséges csapvízben, mesterséges tengervízben és 3%-os Na_2SO_4 oldatban tárolták egy éven keresztül. A szilárdság mindhárom közegben mindkét cementfajtánál egyenletesen növekedett. Különösen kicsi az elért szilárdságok közti különbség a 200-as cement esetében, ami igazolja, hogy a korrózióállóság a salaktartalommal növekszik.

CEMENT

Leningrád, 41. k. 2. sz. 1968.
ETO: 666.94.041.57

Szemendaev, A. F., Civileva, E. I.:

A „kétszeres" kemencetáplálás a cementgyártás fokozásának fontos eszköze, p: 1—2, t: 2, á: 1.

A „kétszeres" kemencetáplálás lényege, hogy száraz, őrölt salakot, pernyét vagy más, előzetesen égetett anyagot juttatnak a tüzelőanyag befúvócsővel párhuzamos befúvócsövön a kemencébe. Ennek hatására javul a sugárzási hőátadás, a kemence termelékenysége és a kalóriaszükséglet. Gáz- vagy olajtüzelésre való átállás esetén a salak (vagy egyéb anyag) előkészítésére a korábbi szénelőkészítőberendezések is felhasználhatók. Az elérhető termelésnövekedés 12—20%, az önköltségcsökkenés 3—8 százalék.

ETO: 666.94.041.57: 662.933

Tomtamodzsaev: **Porszénhamu felhasználása a forgókemence pótlólagos táplálására,** p: 3, t: 2.

A porszénhamu nyersanyagkomponensként való adagolása esetén kevesebb hőt igényel a klinkerégetés során. A „Kuvaszajszk"-i cementüzemben „kétszeres" nyersanyagbeadagolást valósítottak meg, melynek során a kemencefejnél befúvónyíláson át mintegy 8,5% porszénhamut juttattak a kemencébe. Az így előállított klinker kedvezőbb tulajdonságú, mint a porszénhamu nélkül készített klinker.

OGNEUPORŰ

Moszkva, 33. k. 2. sz. 1968
ETO: 66.041.5.5: 662.614.

Abbakumov, V. G.: **Az áru felhevítésének és lehűtésének számítása nagyhőmérsékletű alagútkemecében,** p. 16—22, é: 5, b: 6.

Összefüggéseket dolgoztak ki az alagútkemencék pontos hőtechnikai számításának elvégzésére. Elemezték a nagyhőmérsékletű alagútkemence hőüzemét és megállapították a kisugárzás komoly szerepét. Célszerűnek tartják a nagyhőmérsékletű alagútkemencék égető és hűtőzónájának meghosszabbítását a hevítőzóna rovására.

ETO: 666.764.1

Noszova, Z. A.—Ljubina, T. M.:

Habkerámia magnéziumoxidból, p. 50—53, á: 2, t: 3, b: 4

Meghatározták azokat a feltételeket, amelyek között a magnéziumoxid hidratációja annyira csökken, hogy habosító-módszerrel vizes szuszpenziókból 0,5—2,0 g/cm³ látszólagos tömörségű porózus gyártmányok állíthatók elő. A magnéziumoxidból habosítással előállított porózus kerámiai tárgyak valamivel nagyobb nyomószilárdsággal rendelkeznek, mint a kiégetett adalékkal készülők. A látszólagos tömörség növekedésével a hőlökésállóság is nő.

SZTROITEL'NÜE MATERIALÜ

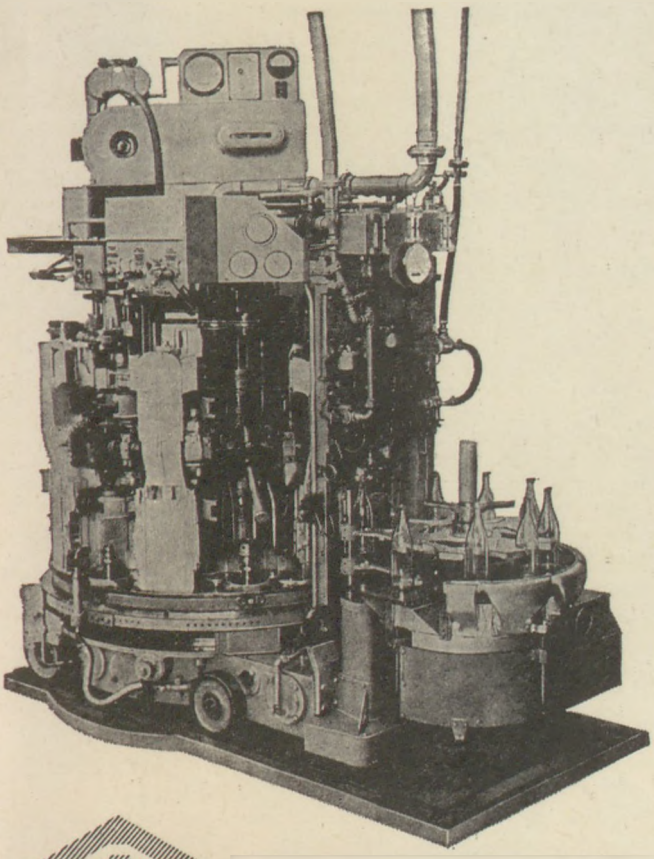
Moszkva, 14. k. 2. sz. 1968.
ETO: 666. 3. 022. 97

Taran, V. B.—Trutnev, V. Á.:

A nyerstégla kiszedésének és felrakásának gépesítése a Moszkva környéki téglagyárban, p: 5—7, t: 1

23 téglagyárban gépesítették és részben automatizálták a nyerstégla kiszedését és felrakását. 26 automata berakóberendezést szerkesztettek és szereltek fel. Az automata gépsor átvevő szállítóberendezésből, vágókészülékből, a keretet előtoló szállítóból, kétfokozatú gyorsító görgősjáratból, tolókocsiból és emelőből áll. Az automata berendezés műszaki jellemzői: Óránkénti teljesítménye 5000—10 000 db. tégla, a keretek hossza 1020—1380 mm, a keretekben elhelyezhető téglák száma 10—20, a berendezés súlya 3950—4500 kg. Az egyes berendezések működésének ismertetése.

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KÖNYVTÁRA



Világszerte gyártják a

ROIRANT

típusú gépek százai a különféle üvegeket, palackokat, ballonüvegeket... stb.

•

250 darab R7 típusú gép
(lásd a képen)
került eladásra 10 éven belül
palackok és hasonló tárolóedények
nagy szériában való gyártására
UTOLÉRHETETLENÜL
ALACSONY ÁR!

o

Kívánatra részletes ismertetőt küld:

ATELIERS J. HANREZ S.A.

MONCEAU-SUR-SAMBRE - CHARLEROI - BELGIQUE - ☎ (07) 31.44.00

HIRDESSEN AZ

Építőanyag-ban

A hirdetések az alábbi címre küldendők:

LAPKIADÓ VÁLLALAT, BUDAPEST VII., LENIN KÖRÚT 9—11

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

A különböző ágazatok sokrétű igényeinek megfelelő

**legfrissebb
szakmai információkat**

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

Anyagmozgatás — Csomagolás

Nélkülözhetetlen minden érdekelt gazdálkodó szerv számára!

Megjelenik kéthavonta, 48 oldal terjedelemben

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

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