



ÉPÍTŐANYAG

A Szilikátipari
Tudományos Egyesület
folyóirata

8

XXXVIII. ÉVFOLYAM
BUDAPEST, 1986. AUGUSZTUS
ÉPÍTŐANYAG, 38 (8) 225—256 (1986)

A mész- és cement-, az üveg-, a finomkerámia-, a téglá és cserép-, a kő-kavics- és betonipar, a szigetelőanyagok iparának tudományos szakirodalmi folyóirata

Szerkesztőbizottság:

elnöke:

Dr. Talabér József

Felelős szerkesztő:

Dr. Székely Ádám

tagjai:

Dr. Balázs György

Dr. Bálint Pál

Dr. Csizi Béla

Dr. Grofcsik Elemér

Iffy László

Dr. Jilek József

Dr. Kacsalova Lídia

Dr. Kertész Pál

Dr. Kovács Róbert

Dr. Kunvári Árpád

Lenkei György

Dr. Mátrai József

Dr. Mihócs Ferenc

Dr. Opoczky Ludmilla

Riesz Lajos

Sápi Lajos

Serédi Béla

Szentmártony Gusztáv

Dr. Tamás Ferenc

Trefil István

Dr. Träger Tamás

Wilwerger Ferenc

A rajzokat készítette
Loósz József

TARTALOM

<i>Opoczky Ludmilla – Verdes Sándor – Mrákovicsné T. Katalin:</i> Örlési technológia nagy-szilárdságú, nagykohósalaktartalmú cementek előállítására	225
<i>Bálint Pál – Kutassy László – Matyasovszky Zs. Tamás:</i> Téglagyagok égetési színét meghatározó tényezők vizsgálata	231
<i>Redler László:</i> Agyagásvány tartalmú nyersanyagok röntgen pordiffrakciós mennyiségi fáziselemzése számítógép alkalmazásával	235
<i>Turner Tiborné – Hencsei Pál:</i> Betonadalékszerek hatása az acélbetétek korróziójára	241
<i>Balázs György – Arany Piroska – Liptay András:</i> Kohósalakkötőanyagú beton	246
<i>Szudakasz L.:</i> Az ásványi fázisok állapota és a cementgyártás ellenőrzési rendszere ..	250
<i>Ivascsenko, Sz. I. – Filjuscenko, A. B. – Gorskova, I. V. – Benidiktov, V. N. – Puzürjöv, Sz. M.:</i> Módosított alumínátcement őrlhetőségének vizsgálata	253
A világ szilikátiparából	245, 252
Kitüntetések	230, 234

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Опoczky, Л. – Ш. Мраковичне, Т. К.:</i> Технология измельчения для получения высокопрочного цемента с повышенным содержанием доменного шлака	225
<i>Балинт, П. – Куташши, А. – Матьяшовски, Ж. Т.:</i> Испытания факторов, определяющих цвет обожженных кирпичных глин	231
<i>Редлер, Л.:</i> Количественный фазовый рентгендифракционный анализ сырьевых материалов, содержащих глиняные минералы, с применением вычислительной машины	235
<i>Турнер, Т. – не – Хенчеи, П.:</i> Влияние химических добавок на коррозию стальной арматуры бетона	241
<i>Балázs, Дь. – Арань, П. – Липтай, А.:</i> Бетон на вяжущем из доменного шлака	246
<i>Судакас, П.:</i> Состояние минеральных фаз и система контроля цементного производства	250
<i>Иващенко, С. И. – Филищенко, А. Б. – Горшкова, И. В. – Венедиктов, В. Н. – Пузырев, С. М.:</i> Исследование размоловости модифицированного глиноземистого цемента	253

INHALT

<i>Opoczky, Ludmilla – Verdes, Sándor – Frau Mrákovicsné Török Katalin:</i> Eine Mahltechnologie für die Herstellung von Zementen mit hoher Festigkeit und hohem Schlackengehalt	225
<i>Bálint, Pál – Kutassy, László – Matyasovszky Zs. Tamás:</i> Untersuchung der die Brennfarbe der Ziegeltonerden bestimmenden Parameter	231
<i>Redler, László:</i> Röntgen-Pulverdiffraktometrische, quantitative Phasenanalyse von tonmineralhaltigen Rohstoffen mit der Anwendung einer Rechnermaschine ..	235
<i>Frau Turner – Hencsei, Pál:</i> Der Einfluss von Betonzusatzmitteln auf die Korrosion der Stahleinlage	241
<i>Balázs, György – Arany, Piroska – Ziptay, András:</i> Beton mit Hochofenschlacke als Bindemittel	246
<i>Szudakasz, L.:</i> Der Zustand mineralischer Phasen und das Kontrollsystem der Zementproduktion	250
<i>Ivascsenko, Sz. I. – Filjuscenko, A. B. – Gorskova, I. V. – Venidikto, V. N. – Puzürev, Sz. V.:</i> Untersuchung der Mahlfähigkeit des modifizierten Tonerdezements	253

CONTENTS

<i>Opoczky, Ludmilla – Verdes, Sándor – Mrákovicsné T. Katalin:</i> Grinding Technology for the Manufacture of High-Strength Cements Containing High Amounts of Blastfurnace Slag	225
<i>Bálint, Pál – Kutassy, László – Matyasovszky-Zsolnay, Tamás:</i> Factors influencing the Fired Colour of Brick Clays	231
<i>Redler, László:</i> Phase Analysis of Raw Materials Containing Clay Minerals by Quantitative X-ray Diffraction	235
<i>Turner, Tiborné – Hencsei, Pál:</i> Effect of Concrete Admixtures on the Corrosion of Steel Reinforcement	241
<i>Balázs, György – Arany Piroska – Liptay András:</i> Blastfurnace Slag Concrete	246
<i>Szudaljas, L.:</i> State of the Mineral phases and Control System for the Cement Production	250
<i>Ivashchenko, S. I. – Filjushchenko, A. B. – Gorshkova, I. V. – Venidiktov, V. N. – Puzyrev, S. M.:</i> Grindability of Modified High-Alumina Cements	253

Örlési technológia nagyszilárdságú, nagy kohósalaktartalmú cementek előállítására*

OPOCZKY LUDMILLA—VERDES SÁNDOR—MRÁKOVICSNÉ T. KATALIN
Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

Bevezetés

A kohósalak-cementek a cementtermelésben világszerte jelentős részt képeznek. A kohósalak-cementet együtt- vagy különőrléssel lehet előállítani. A legtöbb országban a kohósalakcementek előállítása együtt-őrléssel történik. Ez az eljárás egyszerűsége folytán számos előnyt nyújt, mivel a malom itt egyidejűleg homogenizátorként is működik.

Felvetődik a kérdés, tekinthető-e az együttőrlési technológia optimálisnak a kohósalak-cement minősége, ill. szilárdsága szempontjából?

Kutatásaink során elsősorban erre a kérdésre kívántunk elvi választ adni. Munkánk gyakorlati célkitűzése volt: nagy szilárdságú, nagy kohósalaktartalmú cement előállítása és vizsgálata.

Kísérleti anyagok és vizsgálati módszerek

Kísérleteinkhez a következő anyagokat használtuk:

- váci cementgyárban előállított klinker (K), ill. 450 pc (PC) (K: $C_3S = 57,06\%$; $C_2S = 15,92\%$; $C_3A = 9,62\%$; $C_4AF = 12,84\%$ PC: $C_3S = 42,57\%$; $C_2S = 27,02\%$; $C_3A = 12,05\%$; $C_4AF = 9,74\%$);
- dunaújvárosi kohósalak (H) ($M_{DIN 1164} = 1,48$; $M_{ASTM C 205-53} = 1,48$; $BM_{GOSZT 3476-52} = 0,22$)

Megjegyezzük, hogy a hazai kohósalakok kevésbé bázikus jellegűek és gyenge minőségűek, ami a kohászati üzemek technológiai adottságainak következménye.

A klinker és kohósalak őrlhetőségét Zeisel- és Bond-féle módszerrel határoztuk meg. A laboratóriumi őrlési kísérleteket egy vegyes töltésű (20 kg acélgolyó: 27 db $\varnothing 38$ mm; 57 db $\varnothing 25$ mm; 201 db $\varnothing 19$ mm), $\varnothing 305 \times 305$ mm méretű, 70/min fordulatszámú golyósmalomban végeztük. A klinker- és kohósalak előkészítése pofás-, ill. kalapácsostörőn (3,4 mm-es felső mérethatár) történt.

Félüzemi kísérletek során a kohósalakot egy $\varnothing 860 \times 2580$ mm méretű, 2000 kg acélcylpebsszel töltött dobmalomban őrltük. A cement és a kohósalak-örlemény keverését „forgó kapás” porhomogenizálóban végeztük.

Az örlemények szemcseméretét CILAS 715 típusú lézer-granulométerrel határoztuk meg. A szemcseméret-eloszlás leírására a Rosin–Rammler–Sperling–Bennett egyenletet (RRSB-egyenlet), illetve annak két paraméterét, a finomsági mérőszámot (\bar{x}), valamint az egyenletességi tényezőt (n) használtuk.

Az örlemények diszperzitásfokát a permeabilitásmérési módszerrel meghatározott „külső” (Blaine-szám) (a_s), valamint a nitrogénadszorpciós izotermákból a BET-egyenlet segítségével számított „összes” fajlagos felülettel (a_s) jellemeztük.

Az őrlési folyamat kinetikai jellemzésére a rögzített időpontban felvett őrlési sebesség – szemcseméret $\dot{D}_t(x)$ -görbéket, valamint az örleményre vonatkozó ún. átlagos őrlési sebességet [$v_a(t)$] használtuk (1).

* A Nürnbergi 1. Részecsketechnológia Világkongresszuson (6. Európai Aprítási Symposium) 1986. ápr. 17-én elhangzott előadás

Az őrlési sebesség alatt az áthullásfüggvény idő szerinti első differenciál-hányadosát értjük:

$$\frac{\partial D(x,t)}{\partial t} = \frac{\partial R(x,t)}{\partial t} \quad (1)$$

Az adott szemcseméret-tartományra vonatkozó átlagos őrlési sebességet a sebesség – szemcseméret görbék segítségével értelmeztük. Eszerint az átlagos őrlési sebesség $[v_a(t)]$ azzal az adott mérettartományban (x_a, x_f) állandónak feltételezett sebesség-értékkel azonos, amely az adott őrlési időnél a tényleges őrlési intenzitást eredményezi:

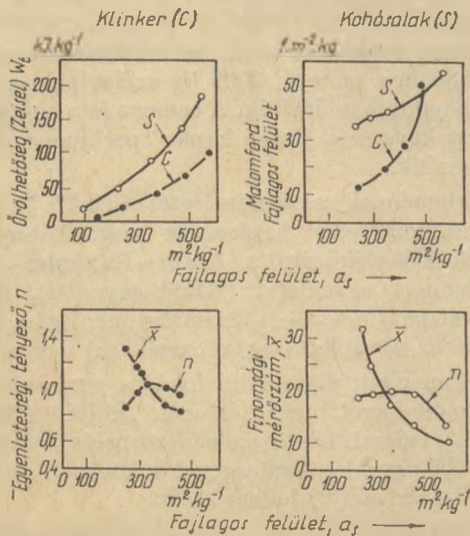
$$v_a(t) = \frac{\int_{x_a}^{x_f} \dot{D}_t(x) dx}{x_a - x_f} \quad (\% h^{-1}) \quad (2)$$

A klinker + kohósalak keverék-örlemények vizsgálatára az általunk kidolgozott félkvantitatív módszert alkalmaztunk, mely LINK-típusú, 35° detektálási szögű energiadiszperz mikroszkop feltétel kiegészített pásztázó elektronmikroszkóp alkalmazásán alapul. E módszer segítségével az őrleményben meghatározható a szemcseméret mellett annak összetétele is (2).

A kohósalak-örlemények hidraulikus aktivitását 9:1 arányú kohósalak/mészhidrát keverékben MSZ 523-4-75 sz. szabvány szerint vizsgáltuk. Ezen kívül elvégeztük a kohósalak-örlemény oldáshőjének meghatározását, valamint az infravörös-spektroszkópiai vizsgálatokat is.

Kísérleti eredmények

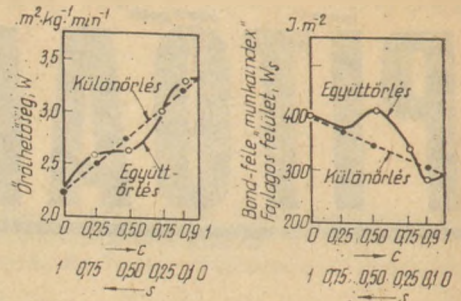
Az 1. ábrán a Zeisel-féle őrölhetőségi szám (W_1) a felületegységre vonatkoztatott malom fordulat és a szemcseméret-closzolás paramétereinek (n és \bar{x}) változása látható a klinker és kohósalak őrlése esetében.



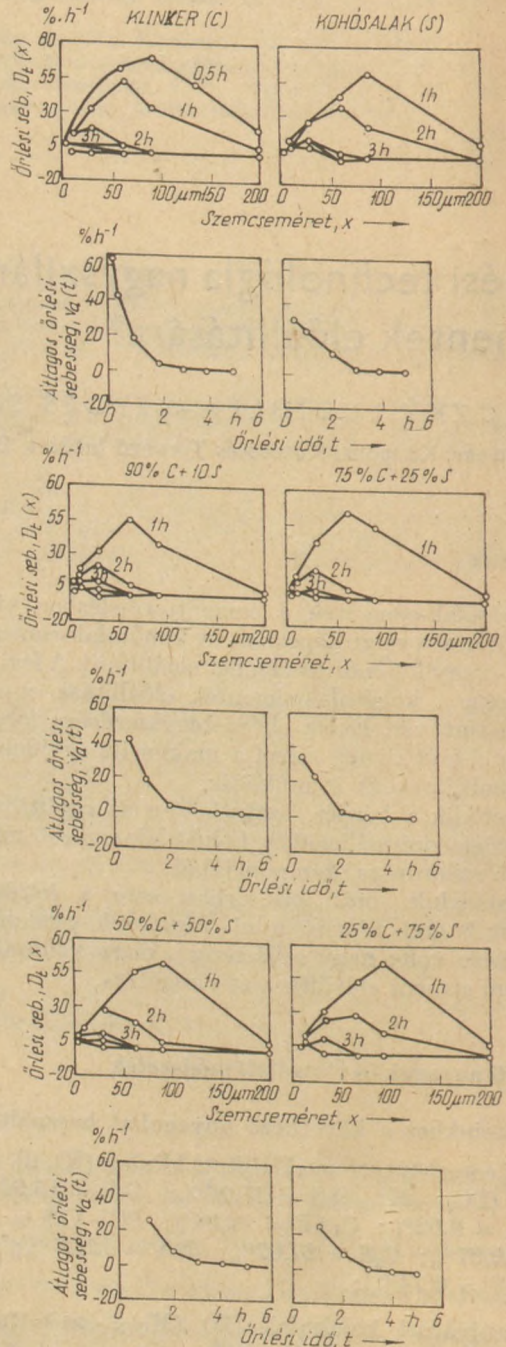
1. ábra. Klinker és kohósalak őrölhetősége és RRSB-egyenlet paramétere (n – egyenletességi tényező, \bar{x} – finomsági mérőszám)

C – klinker

S – kohósalak



2. ábra. A klinker + kohósalak keverékek őrölhetősége C – klinker S – kohósalak



3. ábra. A rögzített időpontban felvett őrlési sebesség $[\dot{D}_t(x)]$ változása a szemcseméret valamint az átlagos őrlési sebesség $[v_a(t)]$ változása az őrlési idő függvényében

C – klinker

S – kohósalak

Megállapítható, hogy a kohósalak nehezebben őrlődik, mint a klinker. A klinker-őrlemény egyenletességi tényezője n kb. $320 \text{ m}^2/\text{kg}$ fajlagos felületnél éri el a maximális értéket ($n = 1,036$), majd ezt követően csökken, ami a részecske-kölcsönhatás (aggregáció) fellépésével hozható összefüggésbe (3). A kohósalak-őrlemény ugyanakkor kb. $400 \text{ m}^2/\text{kg}$ fajlagos felületig gyakorlatilag aggregációmentesen őrlődik.

A klinker + kohósalak keverékek őrlhetőségét az időegység alatt képződött felülettel (W), valamint a felületegységre vonatkoztatott Bond-féle munka-indexel (W_s) jellemeztük. A kohósalak mennyiségét 25–90 tömeg% között változtattuk (2. ábra).

Látható, hogy az őrlhetőség (W), illetve a munka-index (W_s) a kisebb (< 25 tömeg%) és a nagyobb (> 75 tömeg%) kohósalak-hányad esetében az együtt-őrlésnél, a középső szakaszon (25–75 tömeg% között) pedig a különőrlésnél a kedvezőbb.

A 3. ábrán a klinker, a kohósalak, valamint a klinker + kohósalak keverékek őrlési sebességének [$\dot{D}_t(x)$] a szemcseméret függvényében való változása, ill. az őrlemény átlagos őrlési sebességének [$v_a(t)$] időbeli alakulása látható.

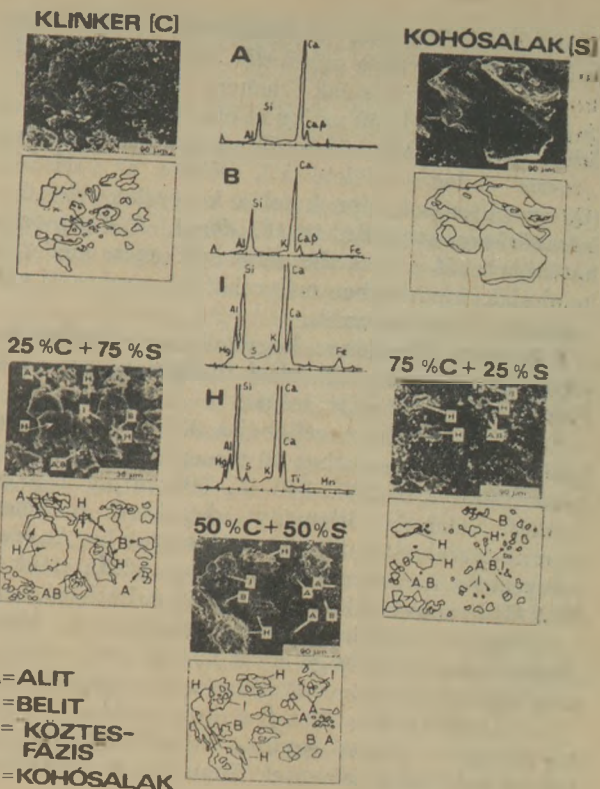
Az őrlési sebesség – szemcseméret görbék [$\dot{D}_t(x)$] maximummal rendelkező görbék. A hosszabb őrlési időnél a görbék egyre laposodnak, sőt a klinker esetében átlépnek a negatív értéktartományba is, ami a részecske-kölcsönhatás következménye. A maximum a görbék laposodásával egyidejűleg eltolódik a csökkenő méretek felé. A klinker és kohósalak esetében az őrlési sebesség maximumai azonos őrlési időnél különböző szemcseméretnél jelentkeznek. Így az 1 órás őrlésnél a klinker esetében legnagyobb őrlési sebességgel a $60 \mu\text{m}$ -es, kohósalak esetében a $90 \mu\text{m}$ -es, 2 órás őrlésnél klinker esetében a $25 \mu\text{m}$ -es, kohósalak esetében pedig a $60 \mu\text{m}$ -es frakció őrlődik.

A klinker finomodása nagy átlagos őrlési sebességgel [$v_a(0,25 \text{ h}) \sim 64$; $v_a(0,50 \text{ h}) \sim 41$] indul, majd 1 és 2 óra között hirtelen lecsökken, ezután gyakorlatilag megszűnik. A kohósalak finomodása ugyanakkor kisebb átlagos őrlési sebességgel [$v_a(0,50 \text{ h}) \sim 30$; $v_a(1 \text{ h}) \sim 24$] kezdődik, viszont a kohósalak kb. 4 óráig mérhető őrlési sebességgel aprózódik.

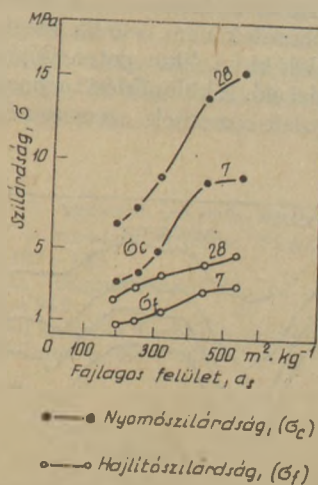
A klinker + kohósalak keverék őrlésének kinetikája a két komponens arányának függvényében alakul: a kisebb (10 ill. 20 tömeg%) kohósalak adagolásánál a klinkerre jellemző őrlési sebesség görbéket [$\dot{D}_t(x)$] kapjuk, de a finomodási folyamat meghosszabbodik (a kohósalak gátolja a klinker-részecskék összetapadását). A 25%-nál nagyobb kohósalak adagolás esetében az őrlési sebesség [$\dot{D}_t(x)$] görbéi (maximum helyei) és az átlagos őrlési sebesség [$v_a(t)$] értékei már inkább a kohósalak-görbéinek jellegét mutatják.

A 4. ábrán a klinker és kohósalak, valamint a klinker + kohósalak együttőrléssel előállított őrlemények elektronmikroszkópi felvételei láthatók a hozzátartozó etalon-röntgenspektrumokkal. A klinker-részecskék [alit (A), belit (B) és „köztes fázis” (I)] azonosítása a Ca/Si, illetve Ca/Al csúcsarány értéke, a kohósalak-szemcséké (H) pedig a Mg és S csúcsok alapján történt.

Megállapítható, hogy a kohósalak-szemcsék általában durvábbak, mint a klinker-szemcsék. Így például



4. ábra. Klinker, kohósalak és klinker + kohósalak keverékek elektronmikroszkópi felvételei, ill. etalon-röntgenspektrumi



5. ábra. A kohósalak-őrlemény hidraulikus aktivitása

az 50% klinker + 50% kohósalak keverékben a kohósalak-szemcsék (H) átlagos mérete $70-80 \mu\text{m}$, a klinker-szemcséké (A, B, I) $10-40 \mu\text{m}$.

A klinker és kohósalak együttőrlésekor – mivel a kohósalak nehezebben őrlődik, mint a klinker – olyan szemcseméret-eloszlású őrleményt kapunk, mely tartalmaz finomabb klinker és durvább salakrészecskéket.

Felvetődik a kérdés, hogy az őrlési finomság növelése milyen mértékben befolyásolja a kohósalak hidraulikus aktivitását?

Az 5. ábrán a különböző finomságra őrölt kohósalak hidraulikus aktivitása látható.

A kohósalakcementek finomsági és szilárdsági jellemzői
(kohósalak/cement = 40:60%)

a. Finomság jellemzői						
Cement	Fajlagos felület m ² /kg		(a _s)	Kohósalak – cement		
	Cement*	Kohósalak* őrle- mény		RRSB-egyen- let para- méterei n	3 – 30 μm %	3 – 30 μm %
K ü l ö n ö r l é s						
C ₁	337	330	334	0,902	18	57
C ₂	337	500	412	0,933	16	64
E g y ü t t ő r l é s						
C ₃	–	–	300	0,855	21	57
C ₄	–	–	400	0,8398	12	60

* Különörlés

b. Szilárdság jellemzői						
Cement	Nyomószilárdság MPa			Hajlítószilárdság		
	3 nap	7 nap	28 nap	3 nap	7 nap	28 nap
K ü l ö n ö r l é s						
C ₁	17,0	27,6	44,8	3,52	5,18	7,34
C ₂	22,6	34,3	57,4	4,60	5,70	8,10
E g y ü t t ő r l é s						
C ₃	15,8	22,6	38,0	3,50	4,60	6,91
C ₄	19,6	30,2	50,2	4,47	5,44	8,04

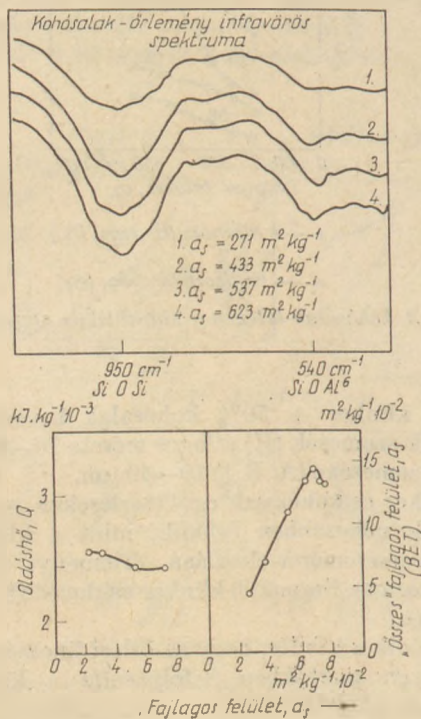
Az őrlési finomság növekedésével a kohósalak hidraulikus aktivitása növekszik, különösképpen akkor, amikor a kohósalak-őrlemény fajlagos felülete (a_s) 300 m²/kg-ról 450 m²/kg-ra emelkedik. Ebben az őrlési tartományban növekszik a kohósalak-őrlemény „összes” fajlagos felülete (a_s), csökken az oldáshője (Q) és változások lépnek fel a kohósalak-őrlemény infravörös-spektrumán is (6. ábra). A finomörlés hatására tehát a részecskeméret csökkenése mellett a kohósalak-őrleményben mélyrehatóbb szerkezeti változások is végbemennek.

A következő kérdés az, hogy milyen mértékben befolyásolja a kohósalak őrlési finomsága egy adott finomságú cement szilárdságát.

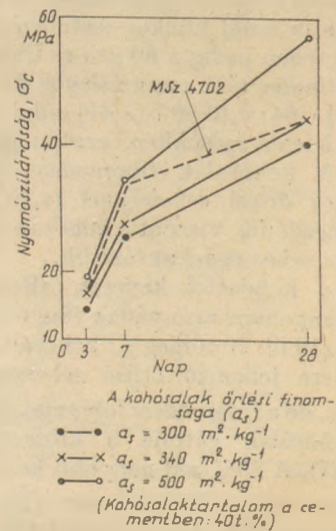
E kérdés tisztázása céljából a 337 m²/kg fajlagos felületű üzemi cementhez 40 tömeg% három különböző finomságú (300, 340 ill. 500 m²/kg fajlagos felületű) kohósalak-őrleményt adagoltunk. A cement gipszkő-tartalmát 5, ill. 6%-ra állítottuk be. Az eredményeket a 7. ábra mutatja, melyen feltüntettük az MSZ 4702 szabvány követelményeit is. Látható, hogy a kohósalak őrlési finomságának növelésével a kohósalak-cement szilárdsága egyre nő, sőt eléri a 450 pc. minőségű portlandcement szabványos szilárdságát.

Az 1. táblázatban összefoglaltuk a laboratóriumi körülmények között együtt- és különörléssel előállított kohósalak-cementek finomsági és szilárdsági jellemzőit.

A klinker és kohósalak együttörléssel előállított kohósalak-cementek szilárdsága kisebb, mint a különörléssel előállított, megközelítőleg azonos finomságú kohósalak-cementé. A klinker és kohósalak együttörlésekor a kohósalak nem őrlődik megfelelőképpen és ez a kohósalak hidraulikus potenciáljának jelentős veszteségét idézi elő. A különörlési technológiával előállított kohósalak-cementek szemcseméret-eloszlása



6. ábra. Az őrlés hatása a kohósalak egyes fizikai – kémiai tulajdonságaira

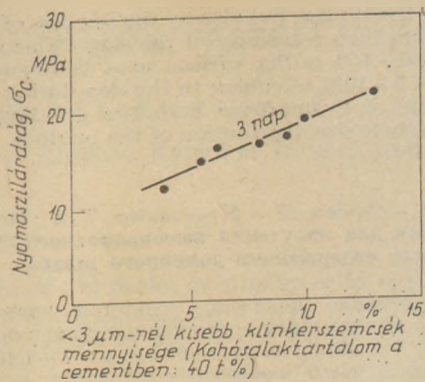


7. ábra. A különörléssel előállított kohósalak-cementek szilárdsága

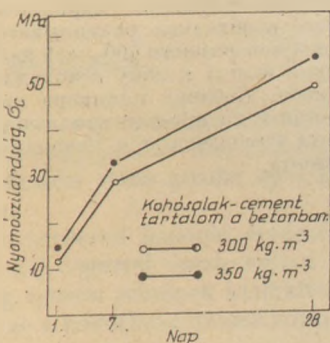
egyenletesebb (nagyobb az egyenletességi tényező, n) és nagyobb a 3 – 30 μm-es frakció tartalma is.

Megállapítottuk, hogy a nagy kohósalaktartalmú cement kezdeti szilárdságát (3 ill. 7 napos) a finom klinkerszemcsék (< 3 μm) aránya nagymértékben befolyásolja (8. ábra).

Ugyanakkor, amikor egy adott őrlési finomságú, ill. szemcseméret-eloszlású cementhez nagymennyiségű kohósalakot keverünk, akkor ezzel a finom klinker-



8. ábra. Összefüggés a $3 \mu\text{m}$ -nél kisebb klinkerszemcsék mennyisége és a kohósalak-cement 3 napos szilárdsága között



9. ábra. A különőrléssel előállított kohósalak-cementből készült beton szilárdsága

szemcsék arányát csökkentjük. A finom klinker-részecskék mennyiségének növelése céljából a kohósalakhoz őrléskor kis mennyiségű (5–10 tömeg%) klinkert adagoltunk. A kis mennyiségű klinker adagolása az őrlési folyamatot és a kohósalak-cement szemcseméret-eloszlását kedvezően befolyásolta (2. táblázat).

2. táblázat

Kohósalak-örlemény jellemzői
(Őrlés 5 literes laboratóriumi golyósmalomban)

Őrlési idő h	Klinker- mennyiség %	Fajlagos felület (a_s) m^2/kg	RRSB egyenlet paraméterei	
			n	$x \mu\text{m}$
2	—	220	0,9855	28
4	—	382	0,9196	15

2	5	233	1,0043	24
4	5	382	0,9357	14

2	10	244	0,9877	23
4	10	385	0,9331	13

A 9. ábrán a különőrlési technológiával előállított 40 tömeg% kohósalak-tartalmú cementből készült beton szilárdsága látható. A cementet felüzemi körülmények között állítottuk elő oly módon, hogy a kohósalakot először $440 \text{ m}^2/\text{kg}$ fajlagos felületűre megőröltük, majd az üzemi (váci) $450 \text{ pc-vel } 40:60$ tömeg %-os arányban összekevertük.

Megállapítható, hogy a 40% kohósalak-tartalmú, különőrlési technológiával előállított cementből 300 kg/m^3 adagolással B-40, 350 kg/m^3 adagolással B-50 minőségű beton biztonsággal előállítható.

Fontosabb következtetések

Laboratóriumi és félüzemi kísérletekkel igazoltuk, hogy a kohósalak-cementek előállítása együttőrléssel nem tekinthető optimálisnak sem cementminőségi, sem pedig energetikai szempontokból, különösen a nagy (> 25 tömeg%) kohósalak-tartalmú cementek előállítása esetében. Vizsgálataink szerint ugyanis a nagy salaktartalmú cementek szilárdságát — a klinker-hányad azonos finomsága mellett — a kohósalak-hányad finomsága nagymértékben befolyásolja. A kohósalak hidraulikus aktivitása ugyanakkor a finomőrléssel jelentősen megnövelhető. Ahhoz, hogy a kohósalak hidraulikus aktivitását kellőképpen kifejlesszük, a kohósalakot kb. $400\text{--}450 \text{ m}^2/\text{kg}$ fajlagos felületre kell megőrölni. (A fajlagos felület értéke a kohósalak minőségétől is függ.) A klinker és kohósalak együttőrlésekor ez a követelmény nem teljesíthető, ami a kohósalak hidraulikus potenciáljának jelentős veszteségét idézi elő.

A nagyszilárdságú, nagy kohósalak-tartalmú cementek előállítása szempontjából a különőrlési technológia a kedvezőbb, mert lehetővé teszi, hogy a kohósalakot előzetesen a szükséges nagy finomságra megőröljük. A kohósalakhoz őrléskor 5–10, esetleg 15 tömeg% klinkert adagolunk. A kismennyiségű klinker-adagolás az őrlemény szemcseméret-eloszlását és az őrlési folyamatot kedvezően befolyásolja, mérsékli a salakrészecskék koptató hatását.

A különőrlési technológia lehetőséget nyújt a gyenge minőségű, ill. hányósalakok cement-kiegészítőanyagként való felhasználásához.

IRODALOM

- [1] Opoczky, L. – Farnady Ferencné: Powder Technology, 39 (1984) 107–115
- [2] Opoczky, L. – Wojnárovitsné H. I.: Építőanyag 35 (1983) 241–245
- [3] Opoczky, L.: Particle Technology, Amsterdam (1980) Preprint Volume A, 302–315

Opoczky, Ludmilla – Verdes, Sándor – Mrákovicsné, T. Katalin: Őrlési technológia nagyszilárdságú, nagy kohósalaktartalmú cementek előállítására

Kísérletekkel igazoltuk, hogy a nagy kohósalak-tartalmú (> 25%) cementek előállítása szempontjából — cementminőségi és energetikai szempontból egyaránt — a különőrlési technológia a kedvezőbb. A nagy salaktartalmú cementek szilárdságát ugyanis — a klinker-hányad azonos finomsága mellett — a kohósalak finomsága is nagy mértékben befolyásolja. Ahhoz, hogy a kohósalak hidraulikus aktivitását kellőképpen kifejlesszük, a kohósalakot kb. $400\text{--}450 \text{ m}^2/\text{kg}$ fajlagos felületre kell megőrölni. A kohósalak őrlésekor 5–10% klinkert adagolunk. A klinker-adagolás az őrlési folyamatot és az őrlemény szemcseméret-eloszlását kedvezően befolyásolja.

Opoczky, Ludmilla – Verdes, Sándor – Frau Mrákovicsné Török Katalin: Eine Mahltechnologie für die Herstellung von Zementen mit hoher Festigkeit und hohem Schlackengehalt

Durch Versuche wurde bestätigt, dass zwecks der Herstellung von Zementen mit hohem Schlackengehalt (mehr, als 25%) – hinsicht der Zementqualität und der Energetik – die getrennte Mahltechnologie günstiger ist. Die Festigkeit der Zemente mit hohem Schlackengehalt ist neben der gleichen Feinheit des Klinkeranteils auch durch die Feinheit der Schlacke stark beeinflusst. Für die entsprechende Entwicklung der hydraulischen Aktivität der Schlacke muss sie auf eine spez. Oberfläche von ungef. 400 – 450 m²/kg gemahlt werden. Bei der Mahlung der Schlacke wird 5 – 10% Klinker zugegeben. Der Mahlvorgang und die Korngrößenverteilung wird durch Klinkerzugabe günstig beeinflusst.

Opoczky, Ludmilla – Verdes, Sándor – Mrákovicsné T. Katalin: Grinding Technology for the Manufacture of High-Strength Cements Containing High Amounts of Blast-furnace Slag

It is experimentally proved that from the point of energy consumption and cement quality a separate grinding of the slag is more advantageous than joint grinding in case of cements containing more than 25% of slag. The strength of these cements is controlled not only by the

fineness of the clinker, but also by the fineness of the slag. To develop a high reactivity of the slag a fine grinding, approx. 400 – 450 m²/kg surface area is required. The addition of 5 – 10% of clinker to the slag during grinding is beneficial as it improves both the grinding process and the particle size distribution of the product.

Опоцки, Л. – Вердем, Ш. – Мраковичне, Т. К.: Технология измельчения для получения высокопрочного цемента с повышенным содержанием доменного шлака

Экспериментально показано, что при изготовлении цементов с повышенным содержанием доменного шлака (более 25%) технология отдельного измельчения имеет преимущества как с энергетической точки зрения, так и с точки зрения качества цемента. Последнее связано прежде всего с тем, что на прочность цементов с повышенным содержанием доменного шлака — при неизменной тонкости клинкерной составляющей — определяющее влияние оказывает тонкость измельчения шлаковой составляющей. Для развития гидравлической активности шлака его необходимо размалывать по крайней мере до удельной поверхности 400—450 кг/м² по Блейну. При измельчении шлака к нему необходимо добавлять 5—10% клинкера. Добавка клинкера оказывает благоприятное влияние на процесс измельчения, зерновой состав продукта измельчения и начальную прочность шлакового цемента.

Kitüntetések

A Magyar Népköztársaság Elnöki Tanácsa

több évtizedes munkásmozgalmi és közéleti tevékenysége elismeréseként, 70. születésnapja alkalmából

Fock Jenőnek, az MSZMP Központi Bizottsága tagjának, a Minisztertanács nyugalmazott elnökének, a MTESZ elnökének a

MAGYAR NÉPKÖZTÁRSASÁG
RUBINOKKAL ÉKESÍTETT
ZÁSzlÓRENDJE

kitüntetéssel adományozta.

A kitüntetéshez tisztelettel gratulálunk és jó egészséget kíván

a Szilikátipari Tudományos Egyesület
Vezetősége

A Magyar Népköztársaság Elnöki Tanácsa

eredményes munkája elismeréseként

Juhász Elemérnek, az Üvegipari Művek Sajószentpéteri Üveggyára igazgatójának

MUNKA ÉRDEMREND
arany fokozata

kitüntetéssel adományozta.

A kitüntetéshez gratulál és további sikereket kíván, a

Szilikátipari Tudományos Egyesület
Vezetősége

Téglaagyagok égetési színét meghatározó tényezők vizsgálata

BÁLINT PÁL—KUTASSY LÁSZLÓ—MATTYASOVSKY ZS. TAMÁS

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

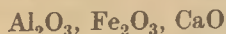
Bevezetés

A homlokzati-, burkoló- és klinkertéglák egyik fontos jellemzője a fagyállóság és a nagy nyomószilárdság mellett az esztétikus megjelenés. Ennek érdekében az ilyen téglákat egyes országokban nagy színválasztékban és különféle felületi kiképzéssel gyártják. A hazai gyártás fejlesztése érdekében néhány kiválasztott hazai téglagyagon vizsgáltuk az égetési szint meghatározó tényezőket.

Szakirodalmi összefoglaló

Seger [1] [3] számos agyag vizsgálata alapján megállapította, hogy az agyagok kémiai (oxidos) összetétele és az agyag égetési színe között igen szoros összefüggés áll fenn.

Később Zimmermann hasonló eredményre jutott. Zimmermann [2] Segerrel összhangban úgy találta, hogy az agyag égetési színének kialakításában a legfontosabb szerepe a következő oxidos komponenseknek van;



Seger és Zimmermann megállapításai szerint az agyag égetési színét lényegében az Al_2O_3 -nak és a CaO -nak a Fe_2O_3 -hoz viszonyított aránya határozza meg. A természetben előforduló agyagokból égetett testek színe fehér, sárga és vörös ill. ezek árnyalatai lehetnek,

– *fehérre égnék* a vasoxid (Fe_2O_3) mentes vagy vas-

oxid szegény (max. 1% Fe_2O_3) és min. 22% Al_2O_3 tartalmú agyagok (pl. kaolinok),

- *vörösre égnék* a 4% vagy ennél nagyobb vasoxid tartalmú, mészes vagy mészszegény (< 10% CaCO_3 tartalmú) agyagok, ill. ezek közül azok, amelyeknek Al_2O_3 tartalma kicsi (< 12%) és $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ aránya 3,0-nál kisebb,
- *sárgára égnék* a 2–3%-nál nagyobb vasoxid tartalmú, meszes (> 10% CaCO_3 tart.) agyagok ill. ezek közül azok, amelyeknek Al_2O_3 tartalma nagy, (> 12%) és $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ aránya 5,0-nél nagyobb, továbbá $\text{CaO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ aránya > 1,6.

A sárga égetési szín kialakításához a $\text{CaO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ arálynak Seger [1] szerint 2,0 felett kell lennie, Zimmermann [2] szerint viszont elegendő, ha ez az arány nagyobb, mint 1,66.

A téglagyagok csaknem kizárólag a vörösre vagy a sárgára égő kategóriába tartoznak.

Piltz [3] és Stefanov [4] szerint az égetési szín kialakításában a TiO_2 -nak is lényeges szerepe van. Min. 2,0% TiO_2 sárga égetési szint eredményez [4].

H. Lemke [5] és J. Fritsche [6] az Al_2O_3 , a Fe_2O_3 és a CaO komponenseknek a szín kialakításában játszott döntő szerepét oly módon hangsúlyozták, hogy a nyersanyagok ezen oxidjainak mennyiségét 100%-ra átszámítva, a kapott értékeket háromszög diagramban ábrázolták.

J. Fritsche kémiai tisztá oxidok 30 különféle keverékét vizsgálta, amely alapján az említett háromszögdiagramon bejelölte azokat a területeket, amelyek a különféle színűre égő agyagok oxidos össze-

1. táblázat

A vizsgált agyagok vízfelvétele és égetési színe

Az agyag megnevezése	900 °C			950 °C			1000 °C			1050 °C			1100 °C		
	vf. %	ég. szín		vf. %	ég. szín		vf. %	ég. szín		vf. %	ég. szín		vf. %	ég. szín	
		megn.	CEC		megn.	CEC		megn.	CEC		megn.	CEC		megn.	CEC
1. Lenti	–	v.	F10	11,7	v.	F10	10,6	b. v.	F11	8,1	b. v.	F12	3,4	v. b.	H9
2. Beled	18,1	v.	F10	17,0	v.	F10	13,8	b. v.	F11	10,2	b. v.	F11	6,5	v. b.	H10
3. Mezőtúr	13,3	t. v.	F10	13,5	t. v.	F10	13,1	t. v.	F10	11,5	b. v.	F11	0,3	v. b.	H10
4. Solymár II.	15,6	vil.	E8	16,7	vil.	E8	17,5	vil.	E8	17,2	vil.	E9	10,5	v. b.	H12
5. Törökbálint	14,1	v.	F9	17,3	v.	F9	18,2	t. v.	F10	17,3	b. v.	E9	12,0	v. b.	E11
6. Mátra- derecske	17,7	vil.	E9	18,8	vil.	E9	18,9	vil.	E9	18,2	vil.	E9	8,5	s. b.	D12
7. Órbottyán	20,7	b. v.	D9	21,0	b. v.	D9	20,7	vil.	D9	20,5	vil.	D9	17,7	vil.	D-C
8. Devecser 2.	–	–	–	26,0	vil.	E8	27,1	vil.	E8	26,7	s.	C7	21,0	s. b.	11 C10
9. Tata	20,3	v.	E8	23,1	v.	E8	24,2	vil.	E8	24,8	s.	C7	22,5	b. s.	C10
10. Devecser 1	–	–	–	26,8	vil.	E8	26,3	vil.	E8	26,8	s.	C7	21,1	b. s.	C10
11. Kerámia	27,5	vil.	E8	28,4	vil.	E8	28,8	vil.	E8	28,9	s.	C6	28,6	söt. okk.	C11

Jelmagyarázat: v = vörös; t = téglá; b = barna; s = sárga

A vizsgált agyagok eredeti oxidos összetétele és kalcit, dolomit tartalma

Az agyag megnevezése	Oxidok összetétel, %				Ásványi ö., %	
	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	kalcit	dolomit
1. Lenti	16,4	5,6	0,7	1,0	∅	∅
2. Beled	16,9	5,7	2,5	0,6	∅	∅
3. Mezőtúr	14,5	5,6	4,1	2,2	4	2
4. Solyvár II.	14,7	5,4	7,9	2,4	6	4
5. Törökbálint	16,3	5,9	10,1	2,8	9	3
6. Mátraderecske	14,8	5,9	10,6	3,6	9	6
7. Órbottyán	11,4	4,6	9,7	2,9	7	9
8. Devecser 2.	13,2	4,5	12,3	4,2	10	8
9. Tata	13,2	5,2	12,9	4,0	18	7
10. Devecser 1.	11,7	4,0	11,8	3,8	11	13
11. Kerámia	12,1	4,3	13,4	4,1	10	11

3. táblázat

A vizsgált agyagoknak a három oxidra átszámított összetétele és Al₂O₃/Fe₂O₃, CaO/Fe₂O₃ arányai

Az agyag megnevezése	Átszámított oxidos összetétel, %			Al ₂ O ₃ / Fe ₂ O ₃	CaO/ Fe ₂ O ₃
	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO		
1. Lenti	72,2	24,7	3,1	2,93	0,13
2. Beled	67,3	22,7	10,0	2,96	0,44
3. Mezőtúr	59,9	23,2	16,9	2,59	0,73
4. Solyvár II.	52,5	19,3	28,2	2,72	1,46
5. Törökbálint	50,5	18,3	31,3	2,76	1,71
6. Mátraderecske	47,3	18,8	33,9	2,51	1,80
7. Órbottyán	44,4	17,9	37,7	2,48	2,11
8. Devecser 2.	44,0	15,0	41,0	2,93	2,73
9. Tata	42,2	16,6	41,2	2,54	2,48
10. Devecser 1	42,5	14,5	43,0	2,93	2,95
11. Kerámia	40,6	14,4	45,0	2,81	3,12

tételét megadják. Ezenkívül egy vöröses sárgára égő agyagmárgából és egy vörösre égő agyagból, valamint az ezekből mészkő és kaolin adalékkal készített 3–3 nyersanyag keverékből próbatesteket formázott, s azok 1000 °C-os kiégetése után vizsgálta a kialakult színeket (lásd 1. ábra).

Gyakorlati tapasztalatok mutatják, hogy az agyagból formázott idomok égetési színe az égetési paraméterekkel változik. Albert [7] szerint a mészszegény agyagokból formázott testek 900 °C-on rózsaszínre vagy élénk pirosra égnek és színük az égetési hőmérséklet emelésével sötétedik, vörösbe és vörösbarnába megy át. A meszes v. márgás agyagok 900 °C-on ugyancsak rózsaszínűre égnek, színük további hőmérséklet emeléssel sárgás, majd zöldessárga lesz.

A meszes téglagyagok égetésekor keletkező sárga szín a kalcium – vas-szilikátok képződésére vezethető vissza.

Az agyag égetési színének kialakításában igen lényeges szerepe van az égetési atmoszférának is. E tekintetben az ún. oxidáló és redukáló égetés különböztethető meg. – Általában megállapítható, hogy a redukáló égetéssel sötétebb, élénkebb színek képződnek, mint az oxidáló égetéssel.

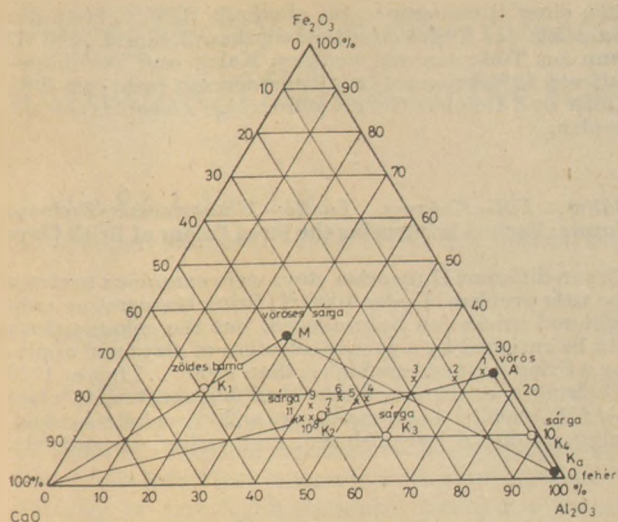
J. Wong [8] a vörösre égő Sydney agyagból 10–30% mészkő adalékkal, 1000–1050 °C-on végzett 6 órás égetéssel világos sárgára égő téglákat gyártott. Az elvégzett ásványtani vizsgálatok szerint, a mészkő

adagolás 10-ről 30%-ra növelésével a kiégetett téglamullit, hematit és kvarctartalma csökkent, míg a gehlenit és wollastonit tartalom fokozatosan nőtt. A minták anorthit tartalma 20% mészkő adagolásig nőtt, majd csökkent. A kellő színező hatás érdekében a mészkövet < 75 µm finomságra kell őrlni.

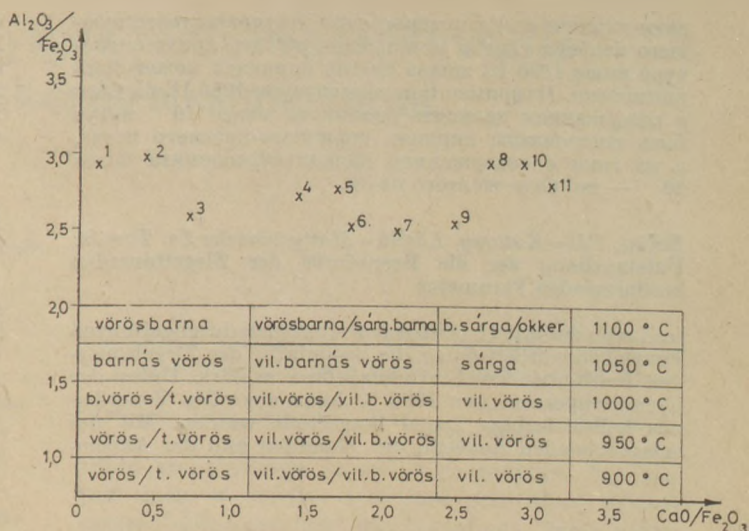
Kísérleti rész

A téglagyagok égetési színe kialakulásának vizsgálatára 11 hazai agyagot választottunk ki, elsősorban a különböző alkáliföldfémkarbonát tartalmak alapján. A kiválasztott agyagokból hagyományos nedves technológiával próbatesteket készítettünk és ezeket elektromos kemencében 900–1100 °C közötti hőmérsékleten oxidáló atmoszférában 150 °C/ó felfűtési sebesség és 1 ó hőntartás mellett égettük ki. Az égetett próbatesteken mértük a vízfelvételt és a színt, amelyet a szubjektív megnevezés mellett a „Kerámialap Gyártók Európai Szövetsége” a C.E.C (Fédération Européenne des Fabricants de Carreaux Ceramiques) által kiadott színskála alapján is megadtunk (1. táblázat).

Előzőeken kívül vizsgáltuk az agyagok kémiai és ásványi összetételét is, amelyekből itt csak az Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO, valamint a kalcit és dolomit tartalmakat közöljük, mivel a szín kialakulásában ezek játszanak döntő szerepet (2. táblázat).



1. ábra. A vizsgált hazai agyagok (x 1–11) ill. az irodalomban közölt [6] agyagok (O A, M, K₁) és keverékek (O K_{1–4}) elhelyezkedése a CaO-Al₂O₃-Fe₂O₃ háromszög-diagramban, valamint az irodalomban közölt agyagok és keverékek égetési színe 1000 °C-on. (A hazai agyagok színét lásd az 1. táblázatban.)



2. ábra. A vizsgált agyagok Al₂O₃/Fe₂O₃ aránya a CaO/Fe₂O₃ arány függvényében és az agyagok égetési színe

Összefoglalás

Az eredményeket értékelve megállapítható, hogy 1000 °C alatti égetés esetén az agyagok égetési színe csak kis mértékben különbözik egymástól és alig függ az égetési hőmérséklettől. 1000 °C felett a színterelődés megindulásával a meszes agyagok színe sárgává, majd sárgásbarnává válik míg a mészmentes ill. mészszegény agyagoké barnászvörös ill. vörösbarna lesz.

A különböző agyagok színének a kémiai összetételétől való függését oly módon szemléltettük, hogy a vizsgált agyagok eredeti Al₂O₃, Fe₂O₃ és CaO tartalmát J. Fritsche nyomán 100%-ra átszámítottuk (3. táblázat) és háromszög diagramban ábrázoltuk (1. ábra).

Az 1. ábra alapján megállapítható, hogy az Al₂O₃/Fe₂O₃ és a CaO/Fe₂O₃ aránytól függően a vizsgált 11 hazai agyagot jellemző pontok (1–11) a növekvő CaO tartalom szerint majdnem egy egyenesen helyezkednek el. Az 1050 °C-on égetett próbatestek színe is az ezen egyenesen látható számozás (1–11) sorrendjében változik: barnás vöröstől a sárgáig (lásd 1. tábl.)

Az 1. ábrán feltüntettük Fritsche [6] vizsgálati eredményeit is, melyek jó egyezést mutatnak a hazai vizsgálatok megfelelő eredményeivel.

A vizsgált agyagok égetési színskálájára hasonló sorrend alakul ki, ha az agyagok CaO/Fe₂O₃ arányát, az Al₂O₃/Fe₂O₃ arányuk függvényében ábrázoljuk. A 2. ábra alapján megállapítható, hogy az agyagok égetési színe (1050 °C-on) a növekvő CaO/Fe₂O₃ aránnak megfelelően, barnászvöröstől sárgáig változik.

Gyakorlati következtetésként megállapítható, hogy az 1000 °C-os égetési hőmérséklet alatt minden agyagból csak vil. vörös színű téglá gyártható. Az agyagok megfelelő kiválasztásával és 1000 °C feletti égetési hő-

mérséklet alkalmazásával a téglák színskálája növelhető. Pl. 1050 °C-on a < 10% kalcit+dolomit tartalmú agyagokból barnászvörös, a > 20% kalcit+dolomit tartalmú agyagokból sárga színű téglá gyártható.

IRODALOM

- [1] *Seger, H. A.*; Einige Untersuchungen über die Färbung von Ziegeln, Segers gesammelte Schriften, 1908, Verlag Tonind., Berlin
- [2] *Zimmermann*; Sprechsaal 92, 529 (1950)
- [3] *Piltz, G.*: Die Ziegelindustrie, 1960, 13. 474.
- [4] *Stefanov, St.*: Die Ziegelindustrie, 1977. 9. 418 –
- [5] *Lemke, H.*: Silikatechnik, 1964. 5. 152 –
- [6] *Fritsche, J.*: Sprechsaal, 1967. 18. 685 –
- [7] *Albert, J.*: Téglagyagok és felhasználásuk a durva-kerámiáiparban Akadémiai Kiadó, Budapest, 1967
- [8] *Wong, J.*: Journal of the Australian Ceramic Soc. 1985, 1. 19 –

Bálint, Pál – Kutassy, László – Malttyasovszky-Zs. Tamás: Téglagyagok égetési színét meghatározó tényezők vizsgálata

A kísérletek, amelyet 11 hazai agyaggal végeztek el, a téglagyagok égetési színét meghatározó néhány tényezőt tisztáztak. Az 1000 °C-os égetési hőmérséklet alatt minden agyagból csak vil. vörös színű téglá gyártható. Az agyagok megfelelő kiválasztásával és 1000 °C feletti égetési hőmérséklet alkalmazásával a téglák színskálája növelhető. Pl. 1050 °C-on a < 10% kalcit+dolomit tartalmú agyagokból barnászvörös, a > 20% kalcit+dolomit tartalmú agyagokból sárga színű téglá gyártható.

Балинт, П. – Куташии, А. – Маттяшовский, Ж. Т.: Испытания факторов, определяющих цвет обожженных кирпичных гли

На основании испытания 11 отечественных гли были выяснены некоторые факторы, определяющие цвет кирпичных гли после обжига. Было установлено, что при обжиге при температуре ниже 1000 °C все глины

дают кирпичи светлокрасного цвета. За счет соответствующего подбора глины и применения обжига при температуре выше 1000 °C шкала цветов кирпичей может быть расширена. Например при температуре 1050 °C из глины с содержанием кальцита/доломита менее 10% могут быть изготовлены кирпичи коричнево-красного цвета, а из глины с содержанием кальцита/доломита более 20% — кирпичи желтого цвета.

Bálint, Pál – Kutassy, László – Mattyasovszky Zs. Tamás:
Untersuchung der die Brennfarbe der Ziegeltonerden bestimmenden Parameter

Im Laufe der mit 11 heimischen Tonerden durchgeführten Versuchen wurden einige, die Brennfarbe der Ziegeltonerden bestimmenden Einflussfaktoren erklärt. Unter der Brenntemperatur von 1000 °C kann aus allen Tonerden nur hellrot-farbige Ziegel hergestellt werden. Mit der entsprechenden Auswahl der Tonerden und der Anwen-

dung einer Brenntemperatur oberhalb 1000 °C kann die Farbskala der Ziegel erweitert werden. Z.B. auf 1050 °C kann aus Tonerden mit wenigem Kalzit und Dolomitgehalt von 10% braunrot, aus Tonerden mit mehr, als 20% Kalzit und Dolomit Gehalt gelbfarbige Ziegel hergestellt werden.

Bálint, Pál – Kutassy, László – Mattyasovszky Zs. Tamás:
Factors Influencing the Fired Colour of Brick Clays

Eleven different Hungarian clays were examined to study the title problem. Under 1000 °C firing temperature only light red bricks can be produced, but the colour palette can be enriched by a proper selection of clays and applying a firing temperature higher than 1000 °C. Thus at 1050 °C firing the colour of low- and high-carbonate clays (< 10% calcite + dolomite, or > 20% calcite + dolomite) would be brownish-red, and yellow, respectively.

Kitüntetések

A Népköztársaság Elnöki Tanácsa

a kongresszusi és felszabadulási munkaversenyben, valamint a VI. ötéves tervidőszakban elért kiemelkedő eredményéért

a *Herendi Porcelángyár*

MSZMP KB KONGRESSZUSI ZÁSZLÓ,

valamint az MT–SZOT Elnöksége által adományozott

MT–SZOT VÖRÖS ZÁSZLÓ

kitüntetésben részesült.

Az építésügyi és városfejlesztési miniszter, az Építő-, Fa- és Építőanyagipari Dolgozók Szakszervezete Elnöksége az 1985. évi eredmények alapján az alábbi szervezeteknek adományozott

KIVÁLÓ VÁLLALAT

kitüntetést:

Épületkerámiaipari Vállalat,
GRÁNIT Csiszolószerszám- és Kőedénygyártó Vállalat

ELISMERŐ OKLEVÉL-ben

részesült

Alföldi Porcelángyár,
Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet

A kitüntetett vállalatoknak, vezetőinek, dolgozóinak további sikereket kíván a

Szilikátipari Tudományos Egyesület
Vezetősége

A Magyar Népköztársaság Elnöki Tanácsa

eredményes munkája elismeréseként, nyugdíjazása alkalmából

Dr. Pethő Szilveszternek, a műszaki tudomány doktornak, a Nehézipari Műszaki Egyetem egyetemi tanárának a

MUNKA ÉRDEMREND

bronz fokozata

kitüntetést adományozta.

Megérdemelt kitüntetéséhez gratulál és jó egészséget kíván a

Szilikátipari Tudományos Egyesület
Vezetősége

Agyagásvány-tartalmú nyersanyagok röntgen pordiffrakciós mennyiségi fáziselemzése számítógép alkalmazásával

REDLER LÁSZLÓ

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

1. Bevezetés

Az építőanyagok gyártásának fontos alapanyagai az agyagásvány-tartalmú nyersanyagok. A gyártás előtti és alatti minőségellenőrzésnek része az agyagásványkeverékek kristályos összetételének a meghatározása. Jelenleg az erre legalkalmasabb módszer a röntgen prodiffrakciós mennyiségi fáziselemzés. Az ilyen fáziselemzésre többféle módszer használható. Az újabb készülékek esetében szinte minden esetben a diffraktométerhez csatlakoztatott számítógép végzi az adatgyűjtést és a mennyiségi fáziselemzést. Miután az osztályunkon meglevő diffraktométerek régebbi beszerzésűek, a csatlakoztatás kiépítése és az adatgyűjtő-kiértékelő programok elkészítése a mi feladatunk volt. Ebben a cikkben egy, a röntgen pordiffrakciós mennyiségi fáziselemzésre a SZIKKTI-ben is használt módszer — Nárai Szabó és Péterné által kidolgozott módszer általunk módosított változata — segítségével ismertetjük az adatgyűjtést és a mennyiségi kiértékelést végző, saját készítésű számítógépes programokat.

2. A mennyiségi fáziselemzésre alkalmazott módszer

Nárai Szabó és Péterné szerint [1] egyetlen felvételtől valamennyi jelenlevő fázis mennyiségi meghatározása lehetséges a következő formula szerint:

$$w_j = \frac{K'_j \cdot I_j}{\sum_{i=1}^n K'_i \cdot I_i} \quad (j = 1, \dots, n)$$

ahol w_j a j -edik komponens tömegaránya a keverékben. I_i az i -edik összetevő egy kiválasztott (hkl) reflexiójának az intenzitása (mérőcsúcs-terület), a K'_i konstansok pedig azok a nevezetlen számok — Nárai Szabó konstansok — amelyek a primer röntgensugár intenzitásától, a diffraktométer geometriai paraméterétől és az i -edik komponens kristályszerkezeti adataitól függenek. A konstansokat az összetevők kristályszerkezetének az ismeretében kiszámíthatjuk. Ha a kristályszerkezeti adatok nem ismertek, a konstansok kísérleti úton is meghatározhatók.

A módszer nagy hátránya, hogy olyan ásványkeverékekben, amelyek rosszul kirstályosodott ásványokat egyenként kis, de összegükben jelentős mennyiségben tartalmaznak, továbbá ha a keverékben amorf komponens is van, a formula nem használható. Ezért vált szükségessé a módosítás. A módosítás lényege, hogy a minta kvarctartalmát egy más,

pontosabb módszerrel — belső standard módszer — is meghatározzuk, és a kétféle módon mért kvarctartalom hányadosával ($f = \frac{w_{kv}}{w_{Narai-Szabó}}$) szorozzuk a

többi komponensre kapott tömegarányt. Így kapjuk meg a minta tényleges kristályos ásványi összetételét, valamint amorf-tartalmát. Azért választottuk a kvarcot, mert elkülönült, jól mérhető reflexiókkal rendelkezik és minden agyagásványban megtalálható. Így nem szükséges pótlólagosan a mintába keverni a standardot.

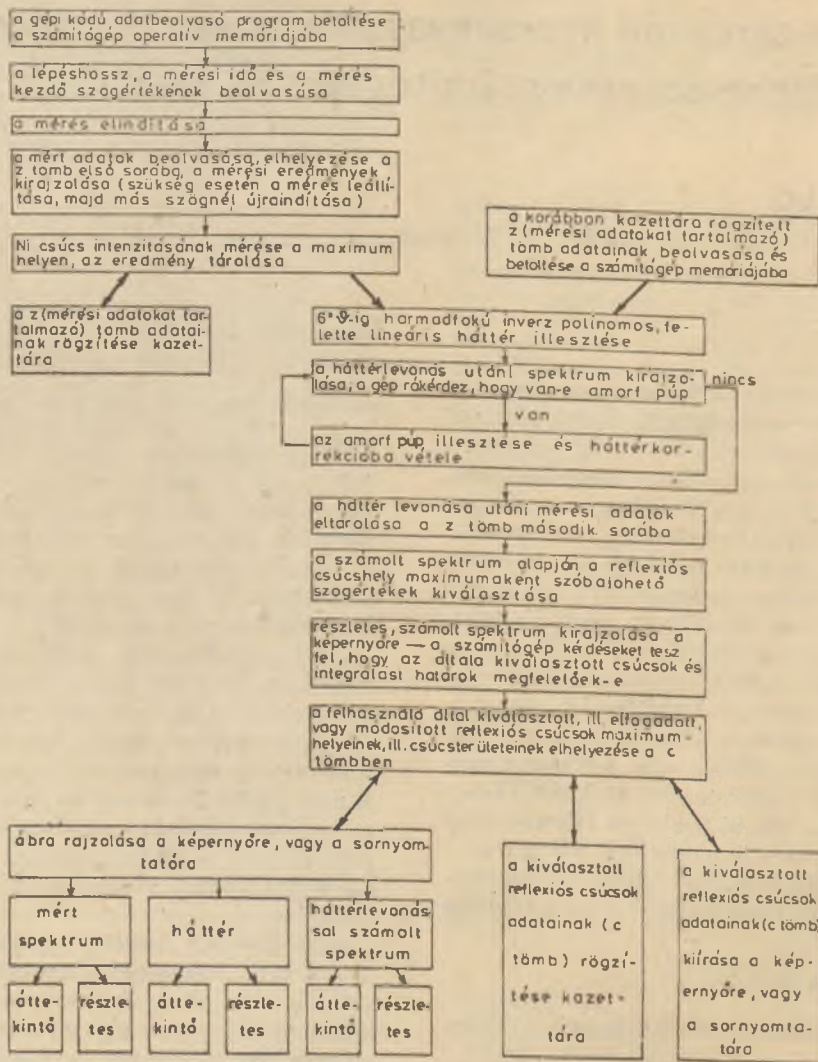
Az f értékét az ún. mérőgörbe segítségével határozzuk meg. A mérőgörbe felvétele kétkomponensű ásványkeverékek segítségével történik, melyek adott %-ban kirstályos kvarcot, maradék részükben pedig tökéletesen röntgenamorf anyagot tartalmaznak. A mérőgörbét illesztéssel kapjuk meg úgy, hogy valamely kiválasztott kvarc-reflexióra (leggyakrabban az 1.81 Å-ösre) a kétkomponensű keverékekben mért I_{Si} intenzitásokat ábrázoljuk a kvarctartalom függvényében.

Osztályunkon kísérletileg igazoltuk [2], hogy a minta tömegabszorpciós együtthatójával (μ_s) szorozott I_{Si} és a kvarctartalom között lineáris összefüggés van. Így a mérőgörbe a mért pontokra lineáris regresszióval illeszthető, az illesztés könnyen számítógépre vihető és a mennyiségi fáziselemzés során a minta kristályos összetételére pontosabb eredményt ad, mint a korábban alkalmazott illesztések. A μ_s értékét a kémiai elemzés eredményéből számíthatjuk ki.

A készülék long-time drift hatásának — ugyanazon mintán mért értékek az idő függvényében kissé eltérnek — kiküszöbölésére külső standard módszert is használunk (N_i). Ennek megfelelően a mérőgörbe felvételénél nem az I_{Si} -t, hanem az $R_{Si} = \frac{I_{Si}}{I_{Ni}}$ -t ábrázoljuk a w_{Si} függvényében, ahol I_{Ni} a külső standardként használt N_i lemez kiválasztott reflexiójának az intenzitása.

3. A mérési és kiértékelési folyamat automatizálása

Osztályunkon röntgen pordiffrakciós mennyiségi fáziselemzést az 1962-as beszerzésű RIGAKU-DENKI és az 1975-ös beszerzésű JEOL JXD-35 gyártmányú röntgen diffraktométereken végezhetünk. Alapkiépítésben egyik sem rendelkezik számítógépes csatlakoztatási lehetőséggel. A RIGAKU-71 készülék esetében a diffrakciós spektrum felvétele csak vonaliróval történhet, melyből a mérőcsúcsok területeit geometriai úton, kézi számolással határoz-



1. ábra. Az adatgyűjtést és a mérőcsúcsok területeinek meghatározását végző program (XPD-1) blokkdiagramja

hatjuk meg. A JEOL készülék viszont rendelkezik step-scanning rendszerrel, amely lehetővé teszi, hogy interface segítségével egy Sinclair Spektrum típusú személyi számítógépet csatlakoztassunk a diffraktométerhez. Ezzel egyirányú kapcsolat jött létre a diffraktométer és a számítógép között, amely az adatgyűjtésnek és az adatokból a mérőcsúcssterületek meghatározásának a számítógépen történő elvégzését tette lehetővé. A számítógép az összes tartozékaival (TV, magnetofon, sornymutató, ZX microdrive) együtt egy olcsó rendszer, amely a feladatnak tökéletesen megfelel.

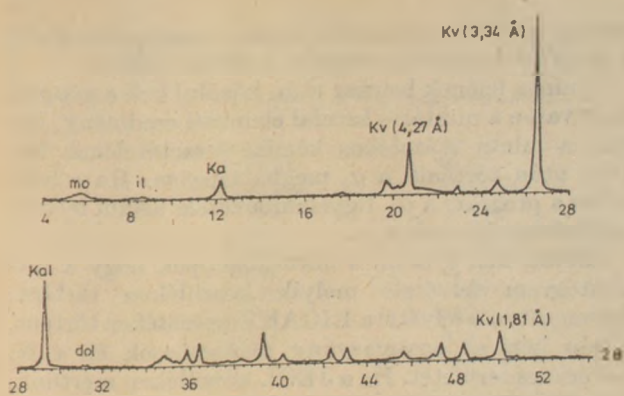
Amiatt, hogy a számítógép kapacitásához (48K RAM) viszonyítva nagyszámú bemenő adatra (cps) van szükségünk valamint, hogy a mennyiségi fáziselemzés mérőcsúcssterületek meghatározását követő része mindkét diffraktométer esetében hasonló módon gépesíthető, a teljes feladat elvégzésére két BASIC nyelven megírt számítógépes program készült. Az első program (XPD-1) a JEOL készülék esetében az adatgyűjtést és a mérőcsúcsok területeinek a meghatározását végzi, a második program (XPD-2) pedig a mérőcsúcsok területeinek és a mérőgörbék para-

métereinek az ismeretében mindkét készülék esetében elvégzi a tulajdonképpeni mennyiségi fáziselemzést.

A mennyiségi fáziselemzés számítógépre vitelével az egyes elemzések elvégzéséhez szükséges élőmunkaigényt jelentősen lecsökkentettük (mintánként max. 5 percre). Egyúttal megszüntettük a kiértékelés szubjektív tényezők okozta hibáját, valamint megalapoztunk egy a mennyiségi fáziselemzésre használható pontosabb módszer kidolgozását: a minta kémiai összetételének és az egyes mérőcsúcsok pontos helyének az ismeretében az egyes kristályos komponensek kémiai összetételét minden minta esetén külön meghatározzuk.

3.1 Az XPD-1 jelű program ismertetése

A program az adatgyűjtést és a mérőcsúcsok területeinek a meghatározását végzi el a JEOL készülék használata esetén. A program több, egymástól független részfeladatot old meg, melyek tetszőlegesen sorrendben elvégezhetők. Természetesen csak annak van értelme, ha ezeket egy adott sorrendben végeztetjük el. A program blokkdiagramja az 1. ábrán látható.



2. ábra. A SZIKKTI-ben előállított kísérleti keverék „részletes”, háttérlevonás utáni diffraktogramja a mérőcsúcsok feltüntetésével

Az első feladat a röntgendiffrakciós spektrum felvétele. A programnak ez a része először a gép kódú, adatbeolvasó programot tölti be a számítógép operatív memóriájába. Utána a választott mérési paramétereket (step-scanning rendszer lépéshossza, az egyes szögértékeknél a mérési idő, mérés kezdő szögértéke) kell közölni a géppel. Agyagásványok mennyiségi fázis-elemzése esetén a szokásos értékek $0,02^\circ 2\theta$, 8 sec ill. $4,02^\circ 2\theta$. Nem változtatható mérési paraméterek a 40 kV-os gyorsítófeszültség és a 40 mA-os fűtőáram. A paraméterek beállítása után a mérés indítása kézzel történik. A mérés során az 1 másodpercre eső beütésszámok (cps) egy tömbbe kerülnek, valamint 0,2 fokként a képernyőn megjelenik egy az összbeütéssel arányos szakasz. A mérés $0,02^\circ 2\theta$ -os lépéshossz használata esetén $32^\circ 2\theta$ -nél automatikusan leáll. Ez esetben $48,06^\circ$ és 52° közötti szögtartományban további mérésre van lehetőség. A közölt szögtartományokon belül a mérés bármely s szögértéknél leállítható, majd egy másik szögértéknél újraindítható, vagy végleg befejezhető. A mérés befejezése után történik a Ni intenzitás mérése oly módon, hogy a Ni kb. $44,50^\circ 2\theta$ -nál levő reflexiójának a maximális intenzitású helyén kézi úton 7-szer egymás után 10–10 s-ig méretjük a Ni lemezzről jövő összbeütésszámot, majd az eredményt átlagoljuk.

A következő feladat a háttérkorrekció elvégzése és a mennyiségi kiértékelés szempontjából fontos reflexiók helyeinek és területeinek a meghatározása. Itt a gép először a 4 és 12 fok közötti szögtartományra harmadfokú inverz polinomos, a diffraktogram többi részére pedig lineáris háttérrel illeszt. Ezután kirajzolja az így számolt háttér levonása utáni diffraktogramot és rákérdez, hogy van-e amorfpúp, és ha igen, kb. hány foknál. Az amorfpúp illesztése és háttérkorrekcióba vétele után megkeresi a háttérlevont, számolt diffraktogramban a reflexiók csúcsokat, majd a képernyőn megjelenő részletes diffraktogramon bemutatja az általa számolt reflexiók maximumhelyeit és az integrálási határokat. Erre példa a SZIKKTI-ben referencia-minta céljára előállított keveréknek egy ilyen részletes, számolt diffraktogramja, amely a 2. ábrán látható a mérőcsúcsok feltüntetésével. A felhasználó ilyen ábrák segítségével dönti el, hogy a bemutatott reflexiók csúcsok közül melyekre van a továbbiakban szüksége, valamint, hogy módosítja-e a csúcsok javasolt kezdőszögértékét ill. végszögértékét.

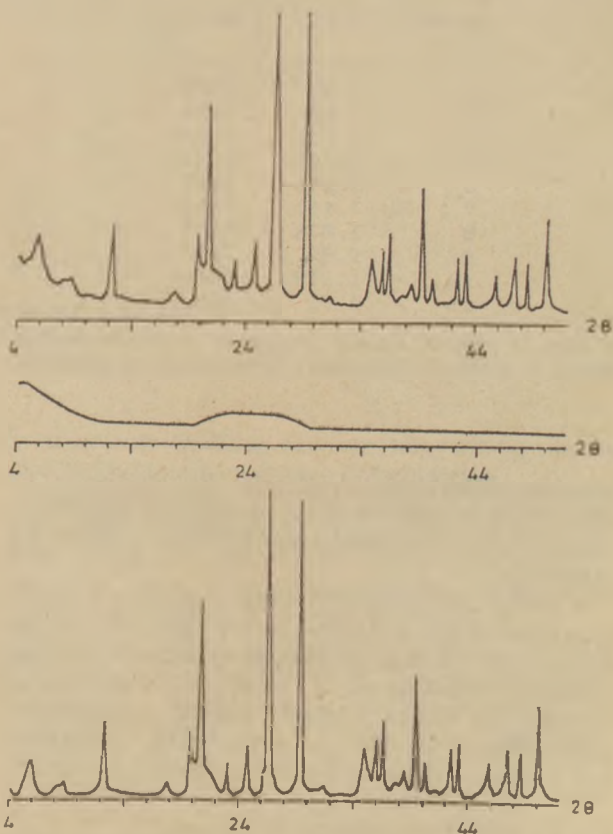
Ennek eredményeképpen jön létre a „Reflexiók Táblázata (RT)”, amely a szükségesnek tartott reflexiók maximumhelyeit és a csúcs alatti területeit tartalmazza.

A következő lehetséges feladat ábrák rajzoltatása. A programnak ez a része a felhasználó választásának megfelelően kirajzolja a képernyőre vagy a sornymotatóra a mért diffraktogramot, a kiszámolt háttérrel ill. a háttérlevonással kapott diffraktogramot összegzett vagy részletes ábra – a képernyőn a teljes diffraktogram több részletben jelenik meg – formájában. A 3. ábrán az előző keverék mért diffraktogramja, a számolt háttér görbéje és a háttérlevonással kapott diffraktogramja látható összegzett ábra formájában.

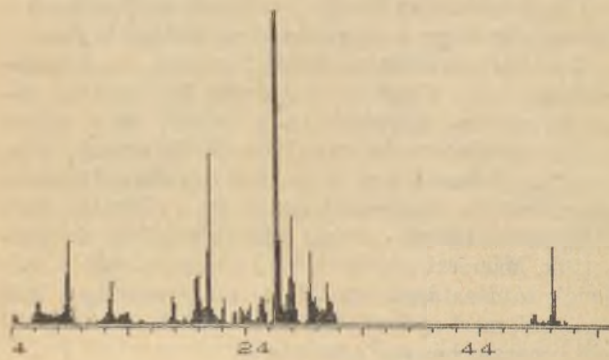
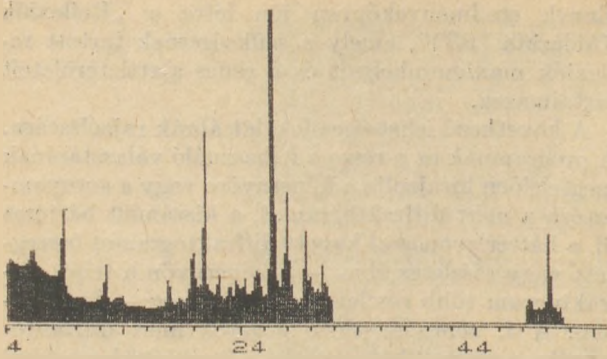
Újabb lehetséges feladat a reflexiók táblázatának a képernyőre vagy a sornymotatóra történő kiírása.

További lehetőség az adatok rögzítése. A „mágnesszalagra való rögzítés” üzemmód két esetben engedhető. Egyrészt ha a mérést és a csúcs-terület meghatározást nem közvetlenül egymás után akarjuk elvégezni, a mért cps-eket tartalmazó tömböt kimenthetjük mágnesszalagra és így a diffraktogram kiértékelést tetszés szerinti más időpontban elvégezhetjük. Másrészt a kiértékelés befejezése után a reflexiók táblázatának adatait is mágnesszalagra kell rögzíteni, mert ezek az adatok szolgálnak az „XPD-2” jelű program bemenő adataiként.

Amennyiben korábban felvett és mágnesszalagra rögzített diffraktogramot akarunk kiértékelni, a „magnókazettáról” jelű üzemmóddal beolvashatjuk a



3. ábra. A mért diffraktogram, számolt háttérgörbe és háttérlevonással kapott diffraktogram „összegzett” ábra formájában (a 2. ábrán bemutatott keverékre)



NEV: Meztouri atlag

sorsz	d[Å]	terület
1	14.256	2151
2	9.959	6504
3	7.07	3426
4	4.258	11214
5	3.346	51267
6	3.246	1519
7	3.195	7468
8	3.034	4644
9	2.89	2633
10	1.819	5066
11	4.72	336

4. ábra. A mért ill. számolt „összegzett” diffraktogram, valamint a „Reflexiók Táblázata” (számítógépes megjelenítés)

rögzített diffraktogram adatait. Ez esetben a kiértékelés ugyanúgy történik, mintha azt megelőzően történt volna a diffraktogram felvétele a JEOL készüléken.

Végül az XPD-1 jelű program kapcsán elmondottakat illusztrálja a 4. ábra, amely egy olyan agyagásvány mért ill. számolt összegzett diffraktogramját, valamint reflexióinak a táblázatát tartalmazza, melyben az összes általunk vizsgált agyagásvány megtalálható. Ezeket az ábrákat ill. táblázatot minden egyes vizsgálat esetén kinyomtat a program.

3.2 Az XPD-2 jelű program ismertetése

A program mindkét diffraktométer használata esetén elvégzi a mérőcsúcsok területeinek az ismeretében a

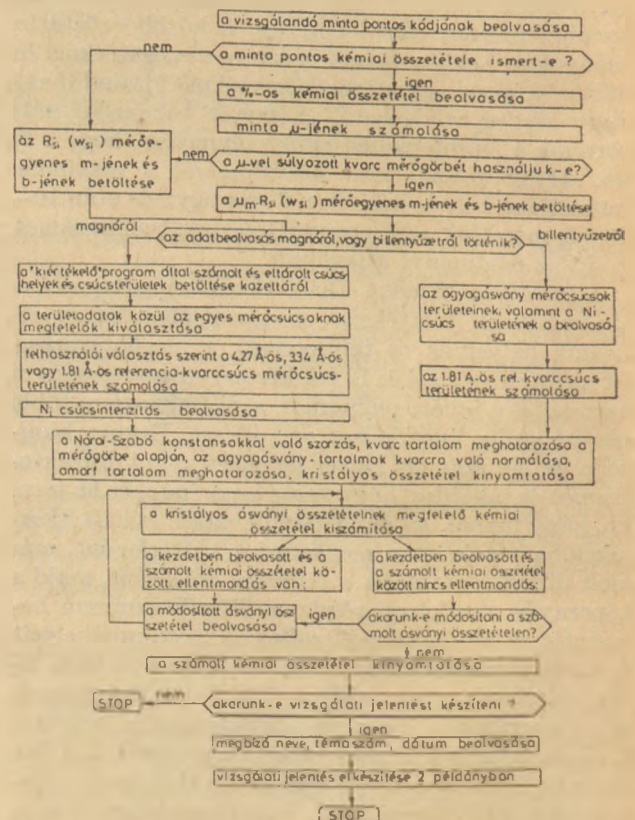
minták kristályos összetételének a meghatározását. A program blokkdiagramja az 5. ábrán látható.

A minta jelének beírása után közölni kell a géppel, hogy van-e a mintáról kémiai elemzési eredmény. Ha van, a minta százalékos kémiai összetételének beírása után történik a μ_s meghatározása. Ha nincs, akkor a program a μ_s figyelembevétele nélkül felvett mérőgörbét használja.

Ezután kell közölni a számítógéppel, hogy a diffraktogram felvétele melyik készüléken történt. Amennyiben a felvétel a RIGAKU készüléken történt, a gép kéri az agyagásvány mérőcsúcsok és a Ni mérőcsúcs területét. Ha a JEOL készüléken mértünk, a mérőcsúcssterület adatok kézi bevitelére nincs lehetőség. Ez esetben a program mágnesszalagról olvassa be az XPD-1 jelű program által rögzített reflexiók táblázatának adatait. Utána a reflexiók táblázatából kiválogatja az egyes agyagásványok mérőcsúcsainak megfelelő területeket.

Innentől kezdve a kiértékelés mindkét készülék használata esetén egyformán folytatódik, egyetlen különbség az, hogy míg a RIGAKU készülék esetében csak az 1.81 Å-os, a JEOL készülék esetében a 4.27 Å-os, a 3.34 Å-os és az 1.81 Å-os kvarc-mérőcsúcsra illesztett mérőgörbék bármelyikét használhatjuk.

A tulajdonképpeni mennyiségi fáziselemzés első lépése a kristályos összetétel meghatározása a Nárai Szabó konstansokkal való szorzás és százra való normálás útján. A következő lépés az f érték meghatározása a megfelelő kvarc-mérőgörbe segítségével. Utána az f-fel való szorzás útján megkapjuk a tényleges ásványi összetételt és a minta amorftartalmát,



5. ábra. A minták kristályos összetételének meghatározását végző program (XPD-2) blokkdiagramja

A Mezőtúri Átlag jelű minta kristályos agyagásvány-tartalmának meghatározása:

A minta %-os összetétele:

SiO ₂ :	59.9
TiO ₂ :	0.81
Fe ₂ O ₃ :	5.4
Al ₂ O ₃ :	14.15
CaO:	3.93
MgO:	2.39
K ₂ O:	2.44
Na ₂ O:	1.59
SO ₃ :	0.2
H ₂ O:	4.6
CO ₂ :	4.6

mű-minta = 48.726999

A használt mérőgörbe: mű-vel súlyozott

Felvétel a JEOL-on step-scanning üzemmódban:

A referencia kvarccsucs: 1.81 angström

Nikkel intenzitás: 19557 cps

alkotó	d (Å)	terület	m%
montmorillonit	14.256	2416	2.5
illit	9.959	6504	12.7
kaolinit	7.07	3186	5.9
klorit	4.72	336	0.6
kvarc	3.346	37626	39.6
kálföldpát	3.246	1527	1.5
plagioklász	3.195	7468	7.4
kalcit	3.034	4644	4.6
dolomit	2.89	2633	2.8
rtg.amorf	0	0	22.4

	Si	Al	Fe	Ca	Mg	Na	K	H ₂ O
montmorillonit	20	7						14
illit	96	48					16	32
kaolinit	46	23						46
klorit	2	2	2		2			4
kvarc	660						3	
kálföldpát	18	3						
plagioklász	84	14				14		
kalcit				46				110
dolomit				15	15			72
<hr/>								
	56.04	9.89	0.32	3.42	0.68	0.87	1.79	5

6. ábra. A mennyiségi fáziselemzés során az XPD-2 jelű program által kinyomatott információk

mely eredményeket a gép kiírja a képernyőre és a sornyomtatóra.

Ha kezdetben megadtuk a minta mért kémiai összetételét, akkor a következő lépés a kapott ásványi összetételnek megfelelő kémiai összetétel számítása és kiírása a képernyőre. Ez összehasonlítható a beadottal. Amennyiben a számolt érték valamely elemre nagyobb a kezdetben beadott értéknél, a képernyőn a megfelelő helyeken villogás figyelmeztet rá, hogy melyek azok a kémiai elemek (oxidok), amelyek a kiszámolt ásványi összetétel mellett nagyobb százalékban lennének a mintában, mint ahány százalékban valójában vannak. Ezekből a jelzésekből némely ásvány kémiai összetételéről kaphatunk információt. Pl., hogy a mintában Na-montmorillonit helyett Ca-montmorillonit van, vagy hogy a mintában jelenlevő földpát az albit-anortit elegykristálysor mely tagja.

Ilyen esetben lehetőség van arra, hogy ezt figyelembe véve módosítsunk az ásványi összetételel.

Utolsó lépésként a minta néhány jellemzőjének (megbízó neve, témaszám, vizsgálat ideje) a megadása után a gép két példányban elkészíti a vizsgálati jelentést. Ezek után újabb elemzést végezhetünk, vagy megállíthatjuk a program futását.

Végül az XPD-2 jelű program kapcsán leírtakat illusztrálja a 6. ábra, melyen az előző program során bemutatott „Mezőtúri agyag” minta konkrét mennyiségi fáziselemzésekor a program által kiírt összes információ megtalálható. Az ábra alján látható a kristályos összetételből visszaszámolt kémiai összetétel. Ezt kell összehasonlítani a beadott kémiai összetétellel, és szükség esetén az előzőekben leírtak szerint eljáráni.

4. Összefoglalás

A közölt eredmények alátámasztják, hogy a régebbi gyártású, számítógéppel nem rendelkező röntgen-diffraktométereken is — viszonylag szerény anyagi ráfordítással — korszerűsíthetők a mérési és kiértékelési eljárások. A diffraktométer számítógéppel való összekapcsolása és a kiértékelő programok elkészítése könnyen megoldható. A mérési és kiértékelési folyamat számítógépre vitelével csökkent a minták fázis-elemzéséhez szükségessé élő munka-igény, megszűnt a kiértékelés szubjektív tényezők okozta hibája és a kapott eredmények pontosabbak lettek.

A minta kémiai összetételének és a számítógépes kiértékelés során kapott pontosabb mérőcsúcs-pozíciók és területek ismeretében a számítógépes kiértékelés fejlesztésével a kapott eredmények továbbfinomíthatók. Az ezekhez kapcsolódó programok kidolgozása folyamatban van.

IRODALOM

- [1] I. Nárai Szabó — É. Péter (1967): Acta Geologica 11 (4).
- [2] Redler L.: Mennyiségi pordiffrakciós módszerek továbbfejlesztése JEOL-diffraktométeren, SZIKKTI Kutatási jelentés, Bp., 1983. dec.

Redler László: Agyagásvány-tartalmú nyersanyagok röntgen pordiffrakciós mennyiségi fáziselemzése számítógépes alkalmazásával

Az újabb röntgen-diffraktométereknél a készülékhez csatlakoztatott számítógép végzi az adatgyűjtést és a mennyiségi fáziselemzést. Mivel a meglévő diffraktométerek régebbi beszerzésűek, a csatlakoztatás kiépítése és az adatgyűjtő-kiértékelő programok elkészítése a mi feladatunk volt. A diffraktométer step-scanning rendszeréhez interface segítségével csatlakoztatott személyi számítógéppel megvalósult a gépi adatbevitel. Az adatfeldolgozás elvégzésére két BASIC nyelven megírt számítógépes program készült. Az első program végzi az adatgyűjtést, a háttérlevonást és a mérőcsúcs-területek meghatározását. A második program határozza meg a minta tömegabszorpciós együtthatóját, ásványi összetételét és amorf-tartalmát. Végül összehasonlítja az ásványi összetételtől visszaszámolt kémiai összetételt az RFA segítségével mérttel.

Redler, L.: Количественный фазовый рентгендифракционный анализ сырьевых материалов, содержащих глиняные минералы, с применением вычислительной машины

У новых типов рентгенодиффрактометров сбор данных и количественный фазовый анализ производит вычислительная машина, подключенная к прибору. Задачей автора было решение проблемы подключения вычислительной машины к рентгенодиффрактометрам старого образца, а также разработка соответствующих программ. С помощью ручной вычислительной машины, подключенной к степ-сканирующей системе диффрактометра с помощью пинпенна, было осуществлено машинное принятие данных. Для проведения обработки результатов были разработаны две программы на языке ВАСИС. Первая программа проводит сбор данных, вычисление фона и определение площади пиков измерения. Вторая программа определяет массовый абсорбционный коэффициент пробы, минералогический состав и содержание аморфной фазы. В заключение проводится сравнение химического состава, рассчитанного из минералогического состава, с химическим составом, определенным путем измерения.

Redler, László: Röntgen-Pulverdiffraktometrische, quantitative Phasenanalyse von tonmineralhaltigen Rohstoffen mit der Anwendung einer Rechnermaschine

Bei den neueren Röntgendiffraktometern werden die Datensammlung und die qualitative Phasenanalyse durch einen zum Gerät angeschlossenen Rechner durchgeführt. Zu dem Step-Scanning-System des Diffraktometers mittels interface angeschlossene Personal-Rechner verwirklichte den maschinellen Dateneintrag. Für die Durchführung der Datenverarbeitung wurden zwei Rechnerprogramm auf BASIC-Sprache gefertigt. Das erste Programm macht die Datensammlung, den Hintergrundabzug und die Bestimmung der Mess-Spitz-Oberflächen. Das zweite Programm bestimmt den Massenabsorptionskoeffizient, den Mineralbestand und das Amorphgehalt des Musters. Endlich wird die aus dem Mineralbestand berechnete chemische Zusammensetzung mit den RFA-Messwerten verglichen.

Redler, László: Phase Analysis of Raw Materials Containing Clay Minerals by Quantitative X-ray Diffraction

Novel X-ray diffractometers are equipped with a computer-controlled data acquisition and processing system to determine the phase composition quantitatively. In case of older apparatus a personal computer can be linked to the step scanning system of the diffractometer. Two programs were written (in BASIC) for data processing, the first doing data collection, background subtraction and peak area determination, while the second calculates the mass absorption coefficient of the sample and the mineralogical composition (including amorphous content). Finally the program recalculates the chemical composition on the basis of the mineralogical composition and compares it with the actual values obtained by X-ray fluorescence.

Betonadalékszerek hatása az acélbetétek korróziójára

TURNER TIBORNÉ*—HENCSEI PÁL**

* Építőipari Korrózióvédelmi Bázis, Földmérő és Talajvizsgáló Vállalat, Budapest

** Budapesti Műszaki Egyetem Szeretlen Kémia Tanszék

1. Bevezetés

A beton és vasbeton szerkezetek készítésénél egyre fokozódó mértékben alkalmaznak adalékszereket. A fejlett építőiparral rendelkező országokban a betonszerkezetek 50–60%-a, hazánkban 12–13%-a készül adalékszerrel. Az adalékszerek hatóanyagai, a szeretlen sók (kloridok, nitritek, nitrátok, foszfátok, stb.) vagy szerves vegyületek (fehérjék, gyanták) vízoldható komponensei a beton pórusvizébe jutva módosíthatják az acélbetétet körülvevő beton tulajdonságait (1).

A jóminőségű betonban (pH érték: 11,5–13,2) az acélbetétek passzív állapotban vannak, melyet a fém felületén kialakuló jól tapadó, összefüggő vasoxidból és mészből álló passzív réteg biztosít (2).

A passzív állapot megszűnését sok tényező befolyásolja, melyek közül a legfontosabbak: a cement minősége, a beton minősége (pórustérfogat, tömörség), a betonfedés mértéke, külső környezeti hatások (3).

Kísérleteink során a sok tényező közül az adalékszereknek az acélbetétekre kifejtett korróziós hatásait tanulmányoztuk.

Vizsgálatainkat a hazai építési gyakorlatban felhasználásra kerülő, a kereskedelmi forgalomban beszerezhető szerekkel végeztük el. (1. táblázat)

1. táblázat

Vizsgált adalékszerek

Adalékszer neve	Hatása	Hatóanyaga	javasolt adagolás* tömeg%
Kalcidur NV-3	szilárdulás-gyorsító	NaCl, NaNO ₂	2–6
Tricosal S III	szilárdulás-gyorsító	CaCl ₂ , egyéb kloridok	1–12
Barra Frost	fagyásgátló	nitrátok	1–3
Polikalc	fagyásgátló	kloridok	3
Retardol F	kötéskésleltető	citromsav	1–2
Barralent	kötéskésleltető	foszfátok	0,5–3
Tricosal N	tömítő	hidrolizált fehérje	1
Barraplast 75L	légbuborék-képző	ligninszulfonát	0,3–0,5
Barra Fluid	képlékenyítő	ligninszulfonát	0,5–0,8
Plastol BF	képlékenyítő	ligninszulfonát	0,4–0,6
Viskoment V	folyósító	modifikált melamin gyanta	1,5

* A cement tömegére vonatkoztatva

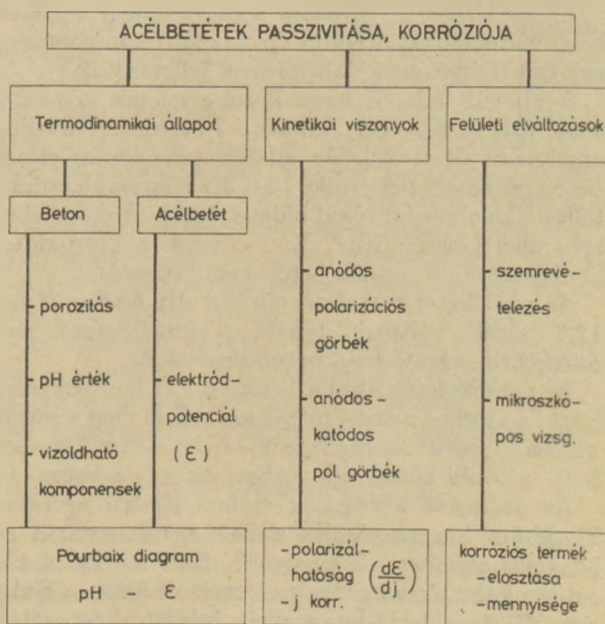
2. Vizsgálati program, vizsgálati módszerek

Az acélbetétek állapotát, a lejátszódó folyamatok kinetikáját az 1. ábrán vázolt vizsgálati programmal követtük.

A vizsgálatokat bebetonozott acélbetéteken, és a beton pórusvizét modellező telített kalcium-hidroxid oldatba helyezett acélbetéteken végeztük el. A beton próbatestek 4×4×12 cm méretű hasábok, 350 kspc. 20 cementből, folyamatos szemmegoszlású, max. 8 mm szemnagyságú adalékanyagból készültek, 0,56–0,6 vízcementtényező mellett. Az adalékszereket a gyártmányismertetőikben javasolt mennyiségben és ennek háromszorosában adagoltuk. A betonhasábok közepén helyeztük el a Ø 6 mm B 38.24 (MSz 339) minőségű s-K1 + TO (MSz 1891/1) felületi tisztaságú acélbetéteket. Modell-oldatoknál az adalékszereket tartalmazó kalcium-hidroxid oldatba merítettük az acélbetéteket.

A beton látszólagos porozitását a próbatestek vízfelvételeivel jellemeztük. A beton vízoldható komponenseit – mely a pórusvíz összetételére jellemző – a beton törése és vizes kirázása során kapott oldatból analitikai módszerekkel határoztuk meg.

VIZSGÁLATI MÓDSZEREK



1. ábra. Vizsgálati módszerek.

Az acélbetétek *nyugalmi elektródpotenciálját* árammentes állapotban, telített kalomel referencia-elektrodhoz viszonyítva mértük.

Az acélbetétek felületén lejátszódó elektródfolyamatok kinetikáját galvanodinamikus úton felvett *polarizációs görbékkel* tanulmányoztuk. Az acélbetétekre időben lineárisan változó áramsűrűséget adva, a fellépő feszültségváltozást folyamatosan regisztráltuk. Elektroltként beton próbatestek esetében telített kalcium-hidroxid oldatot, a szabadon levő acélbetéteknél modell oldatot használtunk.

A beton próbatesteket az elektrolittal való telítés biztosítása érdekében 72 óráig áztattuk.

Háromfajta polarizációs görbét vettünk fel:

- anódos polarizációs görbét 100 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ áramsűrűség értékig, 12 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ percenkénti áramsűrűség változtatás mellett;

- anódos polarizációs görbét 10 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ áramsűrűség értékig, 5 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ áramsűrűség változtatás mellett;

- anódos és katódos polarizációs görbét ± 50 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ értékhatárok között, 10 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ percenkénti áramsűrűség változtatás mellett.

Az acélbetétek felületén kialakult elváltozásokat a próbatestek széttrérese után – szabad szemmel és Opton IVB sztereomikroszkóppal 6-szoros és 32-szeres nagyítás mellett vizsgáltuk.

3. Kísérleti eredmények és értékelés

Az acélbetétet körülvevő beton jellemzése

A beton próbatestek vízfevétele 7,4–9,8% között változott. Ez az érték adja a beton látszólagos porozitását, mely korróziós szempontból jellemző. A pórusokba bejutó nedvesség oldja a beton vízdoldható komponenseit, az így kialakuló elektrolit veszi körül az acélbetéteket és idézheti elő a korróziós folyamatot.

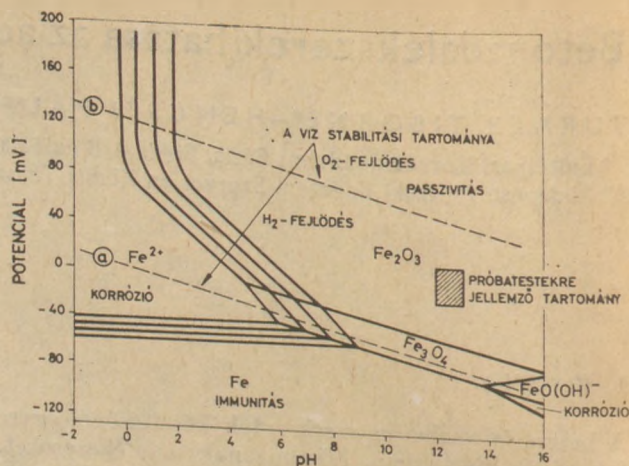
Az adalékszerek hatására a pórusvízben bekövetkező változásokat a beton vízdoldható komponenseinek és pH értékének változásával jellemeztük.

A vizsgált adalékszerek közel semleges kémhatásúak (pH = 6,0–8,7), kivéve a Retardol F anyagot, amelynek pH-ja 2,0. Az adalékszer nélküli, etalon beton próbatest pH értéke 12,8. Ez magasabb, mint a telített kalcium-hidroxid oldaté (12,4), mivel a jelenlevő alkáli-ionok (Na^+ , K^+) növelik a hidroxidion koncentrációját, azaz a beton védőképességét.

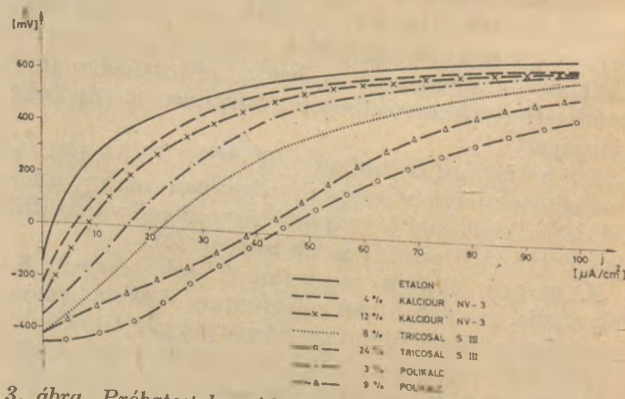
Az adalékszer tartalmú minták pH értéke 11,8–12,8 között változik, tehát az adalékszerek nem csökkentik jelentősen a beton lúgosságát.

Az adalékszerek által a betonba vitt komponensek közül a klorid-, nitrit-, nitrát-ion jelent meg a pórusvízben. A bevitt mennyiség 60–70%-a volt kimutatható, a többi kötött állapotban maradt a betonban.

Az acélbetét korróziója szempontjából agresszív klorid-ion koncentrációja a 24%-os Tricosal S III adagolás esetében a legnagyobb, 5000 mg/kg. A klorid-ion korrózió hatásának visszaszorítására a Kalcidur NV-3 a klorid-ion mellett inhibítorként nitrit-iont tartalmaz.



2. ábra. Próbatestek potenciál-pH értékei.



3. ábra. Próbatestek anódos polarizációs görbéi.

Az acélbetétek nyugalmi elektródpotenciálja

Az acélbetétek nyugalmi elektródpotenciálja –150 és –480 mV között változott. Az etalonnál negatívabb elektródpotenciált mutattak a Tricosal S III, Polikalc, Barralast és Barraplast 75 L adalékszer tartalmú próbatestek.

A mért értékeket több tényező (pl. acél felületelőkészítése, beton-inhomogenitás) is befolyásolja, azonban érvényesül az a tendencia, hogy minél negatívabb a fém nyugalmi elektródpotenciálja, annál nagyobb a korróziós hajlam.

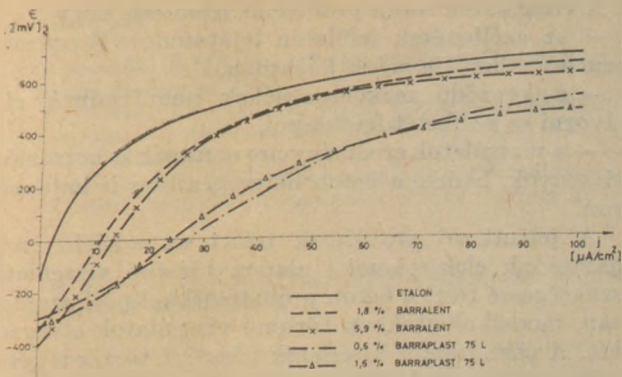
Az acélbetétek termodinamikai állapota

A beton pH értékének és az acélbetétek nyugalmi elektródpotenciáljának ismeretében a vizsgált próbatestek helyét a vas–víz rendszer Pourbaix diagramjában ábrázoltuk (4). (2. ábra).

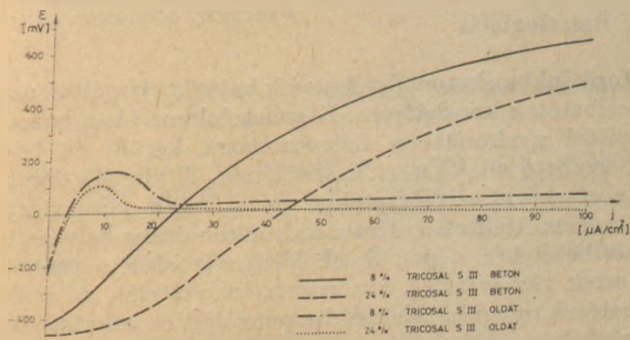
A minták helye megmutatja a passzív réteg képződésének termodinamikai lehetőségét. Esetünkben az összes próbatest a passzív tartományba került, azaz az acélbetétek felületén passzív film alakult ki.

Kinetikai viszonyok

Az acélbetét felületén képződött passzív rétegen is végbemennek időbeli átalakulások. Ezekre a folyamatokra a polarizációs görbék lefutásából következ-



4. ábra. Próbatestek anódos polarizációs görbéi



5. ábra. Próbatestek anódos polarizációs görbéi.

100 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ áramsűrűség értékig felvett görbék

Minél jobban polarizálható az acélbetét, azaz minél nagyobb az egységnyi áramsűrűség hatására létrejövő potenciálváltozás, annál védettebb állapotban van.

A beton próbatestek 100 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ áramsűrűség értékig felvett polarizációs görbéit a 3., 4. ábrák mutatják. Az etalon minta polarizálódott legjobban. Az etalonhoz közeli lefutásúak voltak a Barra Frost, Retardol F., Barra Fluid és Plastol BF adagolású minták (ezeket nem ábráztuk). Nehezen polarizálódtak a Tricosal S III, Polikalc és Barraplast 75L adalékszereket tartalmazó próbatestek.

Modell oldatban felvett polarizációs görbék eltérést mutattak a beton próbatestekhez viszonyítva. A klorid-ion tartalmú adalékszereknél a betonban lévő acélbetétek nagyobb védeltséget mutatnak. A beton a klorid-ion agresszív hatását még 24%-os Tricosal S III adagolásnál is részben vissza tudja szorítani, de oldatban a 8% adagolás is korróziót jelez. A Barraplast 75L léghaborekképző viszont csak betonban okozott korróziót, ami azt bizonyítja, hogy közvetett betontechnológiai hatása hozza létre a korrózió kialakulásának feltételét.

10 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ értékig felvett görbék

A beton próbatestek polarizációs görbéit az $\varepsilon = 0$, nyugalmi potenciálérték közelében a diagrammok

meredekségének számszerű meghatározásával a $\frac{dE}{dj}$ értékkel értékeltük.

2. táblázat

10 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ értékig felvett görbék meredeksége

Minták	$\frac{dE}{dj}$	$\left[\frac{\text{mV}}{\mu\text{A}/\text{cm}^2} \right]$
Etalon	47,2	
4% Kalcidur NV-3	34,4	
12% Barra Frost	32,2	
1,9% Barra Frost	38,8	
5,9% Tricosal S III	36,6	
8% Tricosal S III	19,4	
24% Polikalc	5,5	
3% Polikalc	23,3	
9% Retardol F	13,3	
0,9% Retardol F	35,5	
3% Barralent	33,3	
1,8% Barralent	30,0	
5,9% Tricosal	33,3	
0,8% Tricosal	42,2	
3% Barraplast 75L	42,3	
0,6% Barraplast 75L	5,5	
1,6% Barra Fluid	2,7	
0,6% Barra Fluid	37,7	
1,6% Plastol BF	33,3	
0,6% Plastol BF	38,8	
1,6% Viskoment V	41,6	
1,6% Viskoment V	44,4	
4,4% Viskoment V	46,2	

A felvett görbék meredekségét a 2. táblázat adja meg.

Kis meredekségűek, azaz nehezen polarizálhatóak voltak a Tricosal S III, Polikalc és Barraplast 75L adalékszereket tartalmazó próbatestek.

Anódos és katódos polarizációs görbék

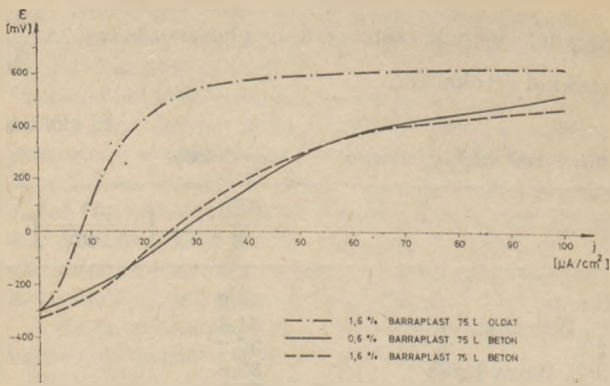
Az anódos és katódos polarizációs görbék ismeretében grafikusán határoztuk meg az ún. Tafel-egyeneseket az η -lgj. diagramban történő ábrázolással. (7. ábra.)

Az anódos és katódos Tafel-egyenesek a nyugalmi potenciál környezetében metszik egymást. A met-szésponthoz tartozó áramsűrűség mértéke lehet a korrózió-sebességnek. Az acélbetét-beton határfelületén lejátszódó anód és katód folyamatok több lépéshől állnak és nem ismertek pontosan. Továbbá az acélbetétek passzív állapotban vannak és a passzív rétegen bekövetkező változások során kapott áramsűrűség értékekből a korrózió sebessége nem határozható meg, csak a próbatestek korróziójának relatív összehasonlítása lehetséges.

Az etalonnál nagyobb áramsűrűség értéket mutatott a Tricosal S III, Polikalc adalékszer tartalmú próbatest, ami azt jelenti, hogy ezekben az acélbetét védeltsége kisebb, mint az etalon mintában.

Az acélbetét felületén fellépő elváltozások

A hathetes próbatestek acélbetéteinek felületén a klorid-ion tartalmú Tricosal S III, és Polikalc adalékszer lokálisan pontkorróziót okoztak, míg a Barraplast 75L léghaborekképző esetében összefüggő rozsdaréteg képződött.



6. ábra. Próbatestek anódos polarizációs görbéi.

4. Megállapítások

A vizsgálati eredmények értékelése alapján az adalékszereket *korrozíós hatás* szempontjából minősítve megállapítható, hogy:

– a klorid-ion tartalmú adalékszerek – Tricosal S III, Polikalca – az acélbetétek felületén kialakult passzív rétegen pontkorrozíót okoznak.

A Kalcidur NV-3 a klorid-ion mellett inhibitorként nátrium-nitritet is tartalmaz, ezért hatása kedvezőbb, mint azonos klorid-ion koncentrációjú adalékszereké. Pontkorrozíó csak a javasolt adagolás háromszoros mennyiségénél, 12%-nál jelentkezett.

– A Barraplast 75L adagolása az acélbetét felületén összefüggő, egyenletes rozsdaréteg kialakulását okozta. A Barraplast 75L légbuborékképző beton-technológiai hatása, hogy a betonban zárt pórusok kialakulását segíti elő. Ennek eredményeként a beton áteresztőképessége csökken, a külső agresszív anyagokkal szembeni ellenállása nő. Kísérleteinknél a próbatestek kézi bedolgozással készültek. Így lehetővé vált, hogy az acélbetét és beton között a légbuborékképződés miatt a tapadás lecsökkent. Azokon a helyeken, ahol az acélbetét a betonnal nem érintkezett, megindult a korrozíó. Ezért a Barraplast 75L vasbeton szerkezetben való alkalmazásánál fokozott gondot kell fordítani a beton jó bedolgozására.

– A többi vizsgált adalékszer gyakorlatilag nem volt kedvezőtlen hatással az acélbetét passzív állapotára.

Az adalékszerek között nem volt inhibitor hatású szer, mely az acélbetétek passzivitását az etalonhoz képest kedvezőbb irányba befolyásolná, azaz kedvezően hatna az acélbetét védelmére abban az esetben, ha a betonszerkezet nem képes a védelmet biztosítani (pl. könnyűbeton, kis betonfedés).

A kísérletek során alkalmazott vizsgálati rendszer lehetővé tette a betonban levő acélbetétek aktív-passzív állapotának vizsgálatát.

A fém/beton határfelületén fellépő elektrokémiai változások tanulmányozására a fém/oldat határfelületének vizsgálatára használt módszereket alkalmaztuk.

A vizsgálati eredmények alapján következtetni lehetett az acélbetétek betonban levő védettségére, a korrozíós folyamatok fellépésére.

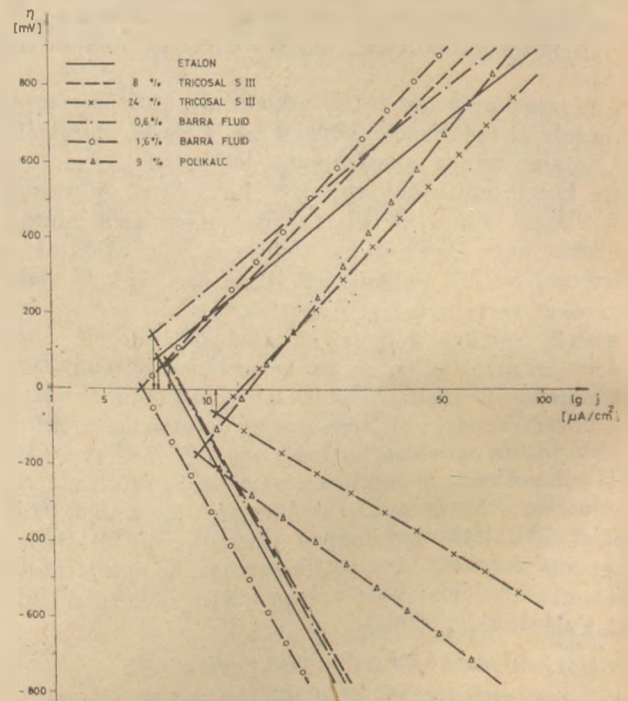
A vizsgálatok során problémát jelentett, hogy

- az acélbetétek felületén lejátszódó változások nem követhetők a mérés folyamán,
- a képződő reakciótermékek nem tudnak el-távozni az acélbetét felületéről,
- a vizsgálatok eredményeire nemcsak a korrozíós viszonyok, hanem a beton heterogenitása is hatással van.

A jelentkező problémák miatt az adalékszerek hatásának elektrokémiai alapon történő vizsgálata szükségessé teszi a beton próbatestekkel párhuzamosan, modell-oladatokban történő vizsgálatok elvégzését. A párhuzamos kísérletek lehetővé teszik a vizsgálati eredmények értékelésekor az adalékszerek közvetlen és közvetett hatásából eredő változások szétválasztását.

5. Összefoglalás

Munkánkban betonadalékszerek hatását vizsgáltuk az acélbetétek korrozíójára. Kísérleteinkhez 11, a hazai építési gyakorlatban felhasználásra kerülő és beszerezhető adalékszerrel használtunk. A vizsgálatokat bebetonozott acélbetéteken és a beton pórusvizét modellező telített kalcium-hidroxid oldatba helyezett acélbetéteken végeztük el. Meghatároztuk a próbatestek vízfelvételeit, a pórusvíz összetételét, az acélbetétek nyugalmi elektrodpotenciálját és polarizációs görbéket vettünk fel. Az acélbetétek felületén kialakult elváltozásokat sztereo-mikroszkóppal vizsgáltuk. Az eredményekből az adalékszerek korrozíós hatására, valamint az acélbetétek betonban levő védettségére következtettünk.



7. ábra. Acélbetétek anódos-katódos polarizációs görbéi.

IRODALOM

- [1] Kovács G.: Építőipari vegyianyagok. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1981.
- [2] Wieczorek, G.: Ochrona przed Korozja 21/1978/225.
- [3] Duffant, P., Dukona, L.: Annales de l'ITB TP 30/1973/101.
- [4] Pourbaix, M.: Atlas of Electrochemical Equilibria in Aqueous Solutions. Pergamon Press, Oxford, 1966.

Turner Tiborné–Hencsei Pál: Betonadalékszerek hatása az acélbetétek korróziójára

Kísérleteinkhez 11 adalékszert használtunk. Vizsgálatokat bebetonozott acélbetéteken és a beton pórusvizét modellező telített kalcium-hidroxid oldatba helyezett acélbetéteken végeztük el. Meghatároztuk a próbatestek vízfelvételeit, a pórusvíz összetételét, az acélbetétek nyugalmi elektródpotenciálját és polarizációs görbéket vettünk fel. Az acélbetétek felületén kialakult elváltozásokat sztereomikroszkóppal vizsgáltuk.

Турнер, Т. – не-Хенчеи, П.: Влияние химических добавок на коррозию стальной арматуры бетона

Было испытано 11 различные химических добавок. Испытания проводились на стальной арматуре в бетоне, а также на стальной арматуре, помещенной в насыщенный раствор гидрата окиси кальция, моделирующей жидкостью, содержащуюся в порах бетона.

Были определены водопоглощение состав жидкости в порах, электродный потенциал стальной арматуры и кривые поляризации. Изменения на поверхности стальной арматуры испытывались с помощью стереомикроскопа.

Frau Turner – Hencsei, Pál: Der Einfluss von Betonzusatzmitteln auf die Korrosion der Stahleinlage

Für die Versuche wurden 11 Zusatzmittel verwendet. Die Untersuchungen wurden auf betonierten Stahleinlagen, und auf, in der, das Betonporenwasser modellierenden Kalzium-Hydroxyd Lösung gelegten Stahleinlagen durchgeführt. Es wurden die Wasseraufnahme der Prüfkörper, die Zusammensetzung des Porenwassers bestimmt, das ruhende Elektrodpotential und die Polarisationskurven der Stahleinlagen aufgenommen. Die Veränderungen auf der Oberfläche der Stahleinlagen wurden durch Stereo-Mikroskop untersucht.

Turner, Tiborné–Hencsei, Pál: Effect of Concrete Admixtures on the Corrosion of Steel Reinforcement

Eleven concrete admixtures were tested to study the title problem, in form of steel rods embedded into the concrete or immersed in $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -saturated water. Water uptake, the composition of the pore fluid, stationary electrode potential and polarisation curves were measured. The changes in the surface structure of steel rods were examined by a stereomicroscope.

A világ szilikátiparából

Csökkenő titán-dioxid készletek

Az amerikai bányászati minisztérium tanulmányából kitűnik, hogy az olcsó rutilforrások készlete a világon jelentősen csökken, ami oda vezet, hogy a jövőben a drága titán-dioxid forrásokhoz kell nyúlni. 63 bányát és telephelyet vizsgáltak, amelyek összesen 838 Mt titán-dioxid készletet jelentettek rutil, ilmenit, leukoxén és amatáz formájában. A tanulmány szerint kb. 200 Mt titán-dioxid termelhető gazdaságosan ha az összes titántartalmú ásványokat, vagy nehézasványokat az 1984. évi januári dollár áron lehetne megvásárolni (beleértve a 15% tökeviszátérülést). A koncentrátumok tekintetében ez kb. 11 Mt rutilt, 187 Mt ilmenitet, és 3 Mt leukoxént, 13 Mt szintetikus rutilt, (az ilmeniten felül) és 89 Mt titánsalakot jelentene. A titánforrások növelése érdekében a tanulmány javasolja, hogy a jövő beruházásait a költséges rutilkészletek termelésének fokozására tervezzék, így a brazilian anatóz források kitermelésére, a titánsalak termelés növelésére és a szintetikus rutilnak ilmenit készletekből történő előállítására.

(Industrial Minerals, 1986. április.)

A kerámiamotor még utópia

A Volkswagen Művek Kutatási főnöke Ulrich Seiffert nyilatkozatában közölte, hogy a kerámiamotor, bár sok szó esik róla, még csak az utópia területére sorolható. Ennek ellenére ő is nagy jövőt jósol a kerámia motoralkatrészeknek, amelyek különleges hőtulajdonságokkal rendelkeznek. A kerámia termékek szinte korlátlanul rendelkezésre állnak, rendkívül hőlökésállóak, jó hőszigetelők és kopásállóak.

Az új termékek bevezetésében az USA és Japán járnak az élen. Japán 1981-ben indított 10 éves kutatási programjában az ipari anyagkutatás céljaira a költségek több mint felét fordítja. Az Egyesült Államokban az új anyagok kutatására fordított összeget közel 1 Mrd USD-re becsülik. A nyugatnémet kutatás az elkövetkező 10 évre 1,1 Mrd DEM összeget fordít. A német tudósok számára egyértelmű az NSZK elmaradása Japánnal és az USA-val szemben, ezt a lemaradást szeretnék minél előbb behozni. Az 1986. évi hannoveri vásáron „Új szerkezeti anyagok” címen külön kiállításon mutatták be a nyilvánosságnak az új anyagok kutatása terén elért eredményeket.

(Frankfurter Ztg., Blick d.d. Wirtschaft, 1986. április 16.)

Kohósalakkötőanyagú beton*

BALÁZS GYÖRGY*—ARANY PIROSKA*—LIPTAY ANDRÁS**

* Budapesti Műszaki Egyetem Építőanyagok Tanszék

** Betonútépítő Vállalat

1. A kohósalak

Cementjeink jelentős része kohósalak-portlandcement. A 250 kspc 60 kohósalaktartalma 40–60 m%. Indokolt ezért megvizsgálni, hogy milyen a kohósalak szerepe a cementszilárdságban. Jelen kutatásban azt vizsgáltuk, hogy a kohósalak önmagában hogy szilárdul.

A röntgendiffrakciós vizsgálat szerint a kísérlethez használt dunaújrési kohósalak főtömegét üveges fázis alkotta és csak nyomokban tartalmazott kristályos fázist. (1. ábra).

A salak kémiai összetétele: 38,56 m% SiO₂, 40,80 m% CaO, 4,35 m% MgO, 10,76 m% Al₂O₃, 0,7 m% Fe₂O₃, 2,97 m% SO₃, 1,2 m% izzítási növekedés.

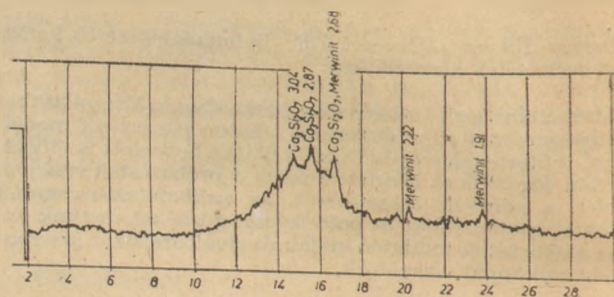
SMOLCZYK [2] összefoglalta a granulált kohósalakok hidraulikus tulajdonságait kifejező, az irodalomban megtalálható 12 faktort. A legjobban ismert az F₃ jelű faktor, amely beépült a különböző országok szabványába is. Az F₃-ra az NSZK-ban 1,0-et, Japánban 1,4-et írnak elő alsó határként. Vizsgált salakunk megfelel ezeknek az előírásoknak, mivel F₃ = 1,45.

A kohósalak fajlagos felülete — jelen kísérlet során — kb. 1000–8000 cm²/g Blaine szerinti fajlagos felület között változott. A szemmegoszlási görbéket, amelyeket részben szitavizsgálattal, részben hidrometrálással határoztunk meg, a 2. ábrán tüntettük fel.

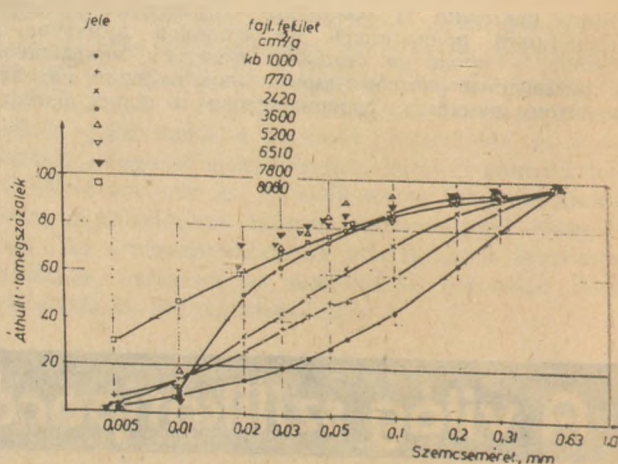
2. Habarcskísérletek

A tiszta kohósalakkal, mint kötőanyaggal, ill. 90 m% kohósalak és 10 m% méshidrátpor keverékével mint kötőanyaggal habarcskísérleteket végeztünk az MSZ 523 szerint. A szabványtól annyiban tértünk el, hogy a konzisztenciát az MSZ 16000 szabvány szerinti területtel 12–14 cm-re állítottuk be, emiatt a keverővíz kissé változott. Továbbá a habarcszesteket nem 1 napos, hanem csak 5 napos korban helyeztük vízbe, mert különben a vízben a kisebb őrlési finomságú kohósalakkal készített habarcsok szétestek. A vízből kivett, eltört próbatesteknek kékes színe és kénes szaga volt.

A vizsgált 660 napig a tiszta kohósalakkal készített habarcsok nyomószilárdsága a habarcs kora logaritmusának a függvényében ábrázolva (3.a ábra) közel lineárisan nőtt, a hajlító-húzószilárdság — log.kor függvény azonban annál jobban eltért az egyenestől, minél nagyobb volt a kohósalak fajlagos felülete (3.b



1. ábra. A kohósalak röntgendiffrakció diagramja (SZIKKTI felvétele).

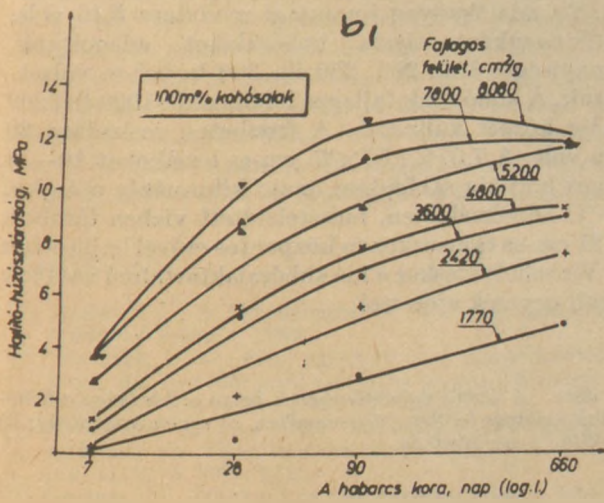
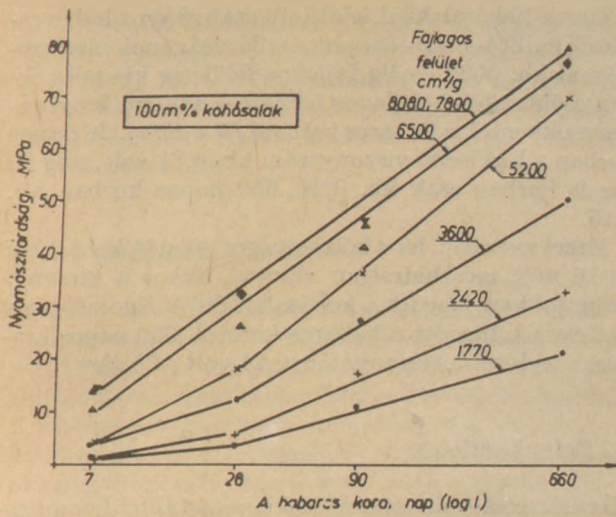


2. ábra. A kohósalak szemmegoszlása.

ábra). A két ábra összehasonlítása jól szemlélteti, hogy 28 napos korig nagyobb volt a kohósalak hatása a hajlító-húzó-, mint a nyomószilárdságra. A habarcs korának a növekedésével ez a tendencia annál inkább megváltozott, minél nagyobb volt a habarcs kora és a kohósalak őrlési finomsága. E kísérlet is mutatja, hogy a nagy kohósalaktartalmú cement, ill. a vele készített beton minősítése a 28 napos szilárdság alapján félrevezető mind a húzó- mind a nyomószilárdság alapján. Abban általában mindenki egyetért, hogy annál gyorsabb a hidratáció, minél előbb szétromboljuk a salak üvegszerkezetét. Nagy szilárdság tételezhető fel, ha a kristályos alkotó elemek homogén eloszlásúak [2].

A salakhidratáció legjellemzőbb aktivátorai a Ca(OH)₂ és az SO₃. VOJNOVITCH és DRON [3] szerint azonban szerepük nemcsak az üveges szerkezet megtámadása, hanem egyúttal résztvesznek a hidratációban is [4]. Ha a rendszerben nincs Ca(OH)₂, csak SO₃, akkor a reakció mechanizmusát úgy magyarázzák, hogy a reakció kezdetén CSH keletkezik és egyidejűleg Al₂O₃ szabadul fel. A CaSO₄ ezzel lassan

* A XIV. Szilikátipari és Szilikáttudományi Konferencia anyagából

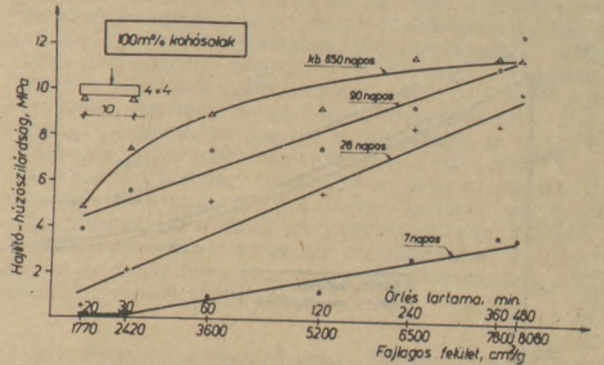
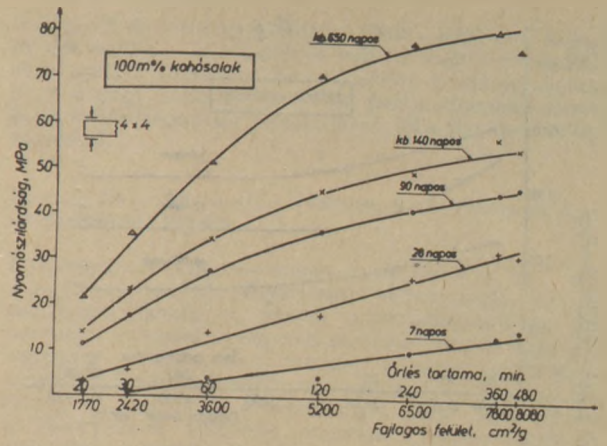


3. ábra. A habarcsok szilárdsága koruk függvényében. a) nyomószilárdság; b) hajlító-húzószilárdság.

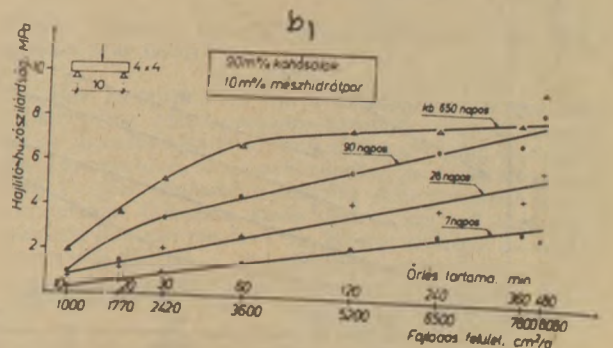
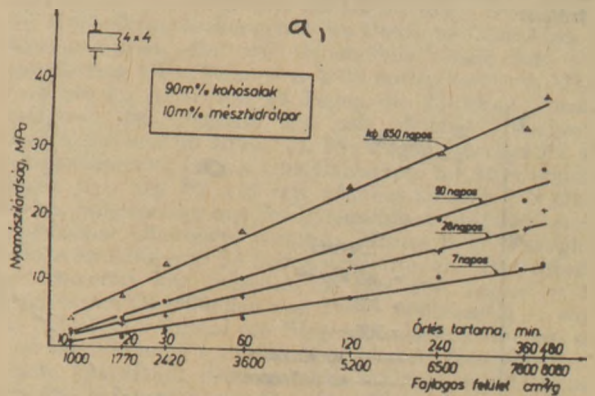
reagál [5., 6]. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ jelenlétében a reakció a kezdeti fázisban meggyorsul.

Tiszta kohósalakkal jobb eredményt értünk el, mint amikor a kötőanyaghoz méshidrátport adagoltunk. A 10 m% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ már lényegesen gátolta a hidratációt (5.a és 5.b ábra). Tiszta kohósalak-kötőanyag esetén az aktivátor a SO_3 volt. A $\text{Ca}(\text{OH})_2$ hidratációt fékező hatására vonatkozó tapasztalat egybevág DAIMON és munkatársai [4], valamint CALE és munkatársai [7] kísérleti eredményeivel, amely szerint az 5 m% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ lényegesen kevésbé töltötte be az aktivátor szerepét.

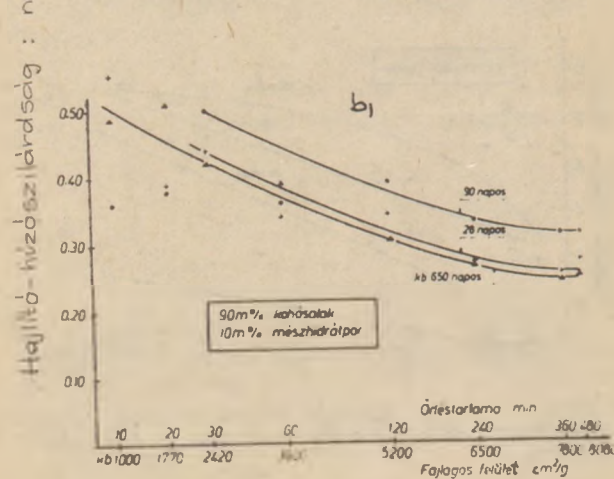
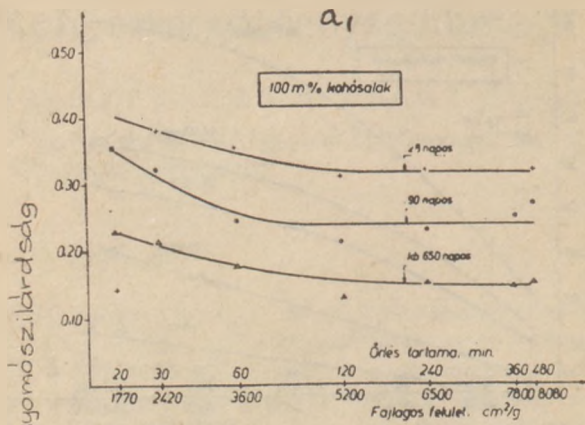
A salakok hidratációja hasonló a cementkéhez [4, 2, 8, 9]. A különbség az, hogy a salakok üveges állapotúak és a hidratációjuk igen lassú. Többen hangsúlyozzák, hogy a cementköve tömörebb, mint a cementé, mert a kapilláris porozitása kisebb [8]. A granulált kohósalak a belitcementhez hasonlóan viselkedik. Utószilárdulás révén a 28 napos szilárdságnak többszörösét is eléri.



4. ábra. A habarcs nyomószilárdsága a salak fajlagos felülete függvényében. a) nyomószilárdság; b) hajlító-húzószilárdság



5. ábra. 10 m% méshidrátpor tartalmú habarcs szilárdsága a salak fajlagos felülete függvényében. a) nyomószilárdság; b) hajlító-húzószilárdság.



6. ábra. A hajlító- húzó- és a nyomószilárdságok viszony-
számai. a) 100 m% salak; b) 90 m% salak + 10 m% mészhidrátpor

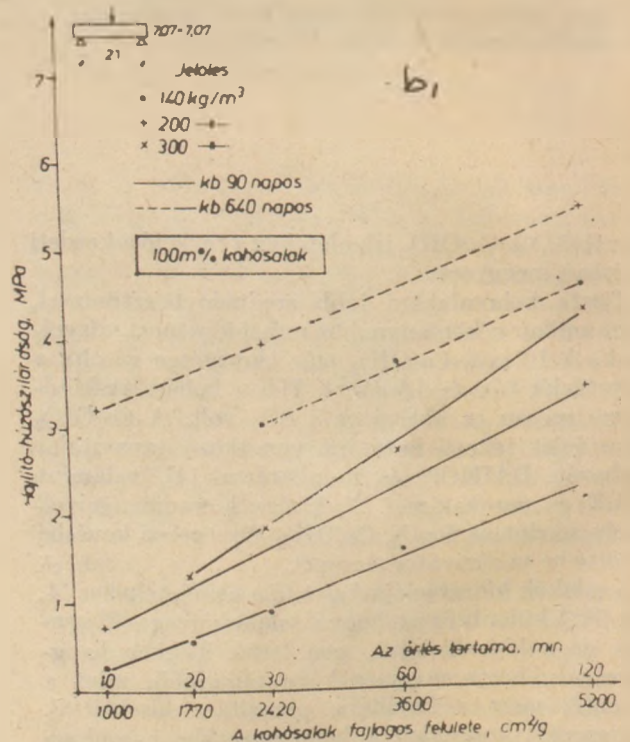
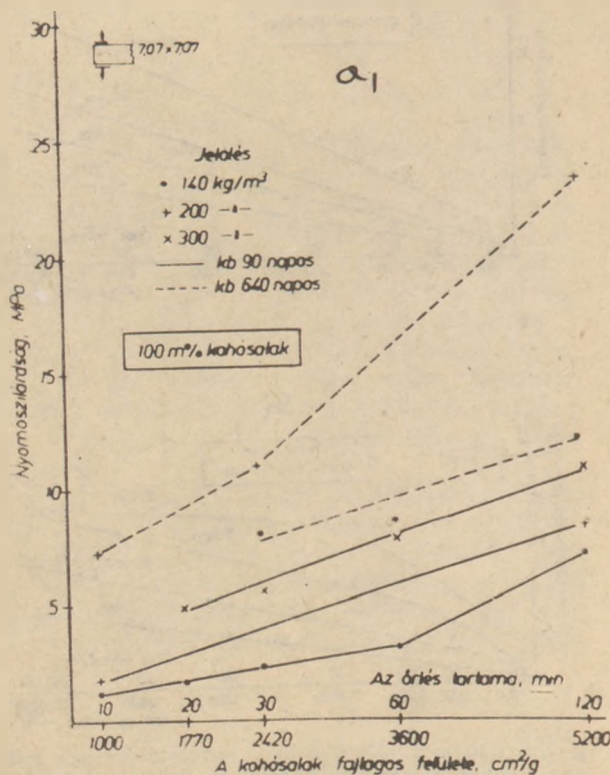
Tiszta kohósalakkal készített szabványos habarcs-
testek hajlító- húzó- és nyomószilárdságának viszony-
számai kb. 5000 cm²/g fajlagos felületig kis mérték-
ben csökkentek a fajlagos felülettel, viszont lényege-
sen csökkentek a habarcs korával (6.a ábra). 28 napos
korban a legkisebb viszonyszám kb. 0,31 volt, míg 90
napos korban csak kb. 0,24, 650 napos korban kb.
0,15.

Ezzel szemben, ha a kötőanyagot 90 m% kohósalak
és 10 m% mészhidrátpor alkotta, akkor a viszony-
szám jobban függött a kohósalak őrlési finomságától
és kevésbé függött a habarcs korától. 650 napos kor-
ban a legkisebb viszonyszám 0,24 volt (6.b ábra).

3. Betonkísérletek

Természetes, túlnyomórészt kvarctartalmú homokos-
kavicsal készítettünk kis szilárdságú útalapbetono-
kat. Az adalékanyag finomsági modulusa 5,16 volt,
Kötőanyagként tiszta kohósalakot adagoltunk,
mennyiségét 150, 200, 250 ill. 300 kg/m³-re válaszo-
ttuk. A kohósalak fajlagos felülete kb. 1000 és 5200
cm²/g között változott. A frissbeton roskadása 20
mm volt. A 7,07×7,07×25 cm-es hasábokat 10–14
napos korukig sablonban, majd kiformázás után kb.
20 °C hőmérsékleten, mésztelenített vízben tároltuk
és 21 cm-es támaszközön központos erővel hajlítottuk
el. Vízbehelyezéskor a kis kohósalaktartalmú hasábok
közül egyesek szétestek.

7. ábra. A kohósalakkötőanyagú beton szilárdsága a kohó-
salak fajlagos felülete függvényében. a) nyomószilárdság; b)
hajlító-húzószilárdság.



A kísérleti eredmények szerint a betonnak mind a nyomó- (7.a ábra), mind a hajlító- húzószilárdsága (7.b ábra) nőtt a kohósalak fajlagos felületével, a beton korával és a kohósalaktartalommal. A betonok szilárdsága 640 napos korra a 28 napos szilárdság többszörösét érte el.

4. Az eredmények értékelése

A granulált kohósalakok égetési hőmérséklete és hidratációja hasonló a klinkeréhez. Lényeges különbség, hogy a kohósalakok üveges szerkezetűek. Szilárdulásuk leginkább a belitcementekéhez hasonló. A kísérlet azt igazolta, hogy a salak és a vele készített habarcs ill. beton önmagában is megszilárdult és annál nagyobb szilárdságú lett, minél nagyobb volt a salak őrlési finomsága, a beton kohósalaktartalma és kora. A salakhidratáció aktivátora a salakban levő SO_3 volt. Ha a kohósalakhoz 10 m% $Ca(OH)_2$ -ot adagoltunk, akkor az már lényegesen gátolta a hidratációt és csökkent a szilárdság. Ez egybevág Daimon, Cale és munkatársaik kutatási eredményeivel. A kísérlet is alátámasztotta, hogy nagy kohósalaktartalmú portlandcementek utószilárdulása olyan nagy, hogy az a 28 napos szilárdsággal nem jellemezhető.

IRODALOM

- [1] Balázs Gy.: A betonstruktúra elemzése. Akadémiai doktori értekezés, 1982.
- [2] Smolczyk, H. G.: Slag structure and identification of slags. 7th International Congress on the Chemistry of Cement, Paris, 1980, III-1., 1-17.
- [3] Voinovitch, I. A. - Dron, R.: Action des differents activants sur l'hydratation du laitier granulé. Silic. Ind. 41, 1976, 209-212.
- [4] Daimon, M.: Mechanism and kinetics of slag cement hydration. 7th International Congress on the Chemistry of Cement, Paris, 1980. Sub-Theme III-2a, 1-9.
- [5] Smolczyk, H. G.: Hydration products of cements with high contents of blast-furnace slag. Zement-Kalk-Gips, 18, 1965, 238-246.
- [6] Schwiete, H. E. - Ludwig, U.: Crystal structure and properties of cement hydration products (hydrated calcium aluminates and ferrites). Proceedings of 5th International Symposium on the Chemistry of Cement, Tokyo, 1968, Vol. II. 37-38.
- [7] Cale, R. D. - Wolhuter, C. W. - Jochens, P. R. - Howat, D. D.: Cementitious properties of metallurgical slags. Cement and Concrete Res. 3, 1973, 81-92.
- [8] VI. Internationaler Kongress über Zementchemie. Zement-Kalk-Gips, 28, 1975, 5, 189-213.
- [9] Kondó, R. - Ueda, S.: Kinetics and mechanisms of the hydration of cement. Proceeding of 5th International Symposium on the Chemistry of Cement. Tokyo 1968, Vol. II-4, 203-255.

Balázs György - Arany Piroska - Liptay András: Kohósalakkötőanyagú beton

A kísérlethez használt kohósalak nagyobb mint 90%-ban üveges szerkezetű volt. A kísérlet azt igazolta, hogy a salak és a vele készített habarcs, ill. beton megszilárdult és szilárdsága annál nagyobb lett, minél nagyobb volt a salak őrlési finomsága, a beton kohósalaktartalma és kora. A 3600 cm^2/g fajlagos felületű kohósalakkal készített habarcs 90 napos korban érte el az azonos fajlagos felületű 250-es cement, 660 napos korban az azonos fajlagos felületű 450 pc 28 napos, szabványos szilárdságát, de a 6500 cm^2/g fajlagos felületű kohósalakkal készített habarcs már 28 napos korban. A nyomószilárdság növeked-

ménye 28 és 660 nap között - 2000-5000 cm^2 fajlagos felület esetén - 5-6-szoros volt, a hajlító-húzószilárdságé csak 2-3-szoros. Ez a kísérlet is alátámasztotta, hogy a nagy kohósalaktartalmú portlandcementek tényleges szilárdsága nem jellemezhető jól a 28 napos szilárdságukkal.

Bалаж, Дь. - Арань, П. - Липтай, А.: Бетон на вяжущем из доменного шлага

Примененный для испытания шлак имел на 90 стеклянную структуру. Испытания подтвердили, что при твердении шлага, а также изготовленного из него раствора и бетона прочность повышается с повышением тонкости измельчения шлага, шлако содержания и возраста бетона. Раствор на вяжущем из доменного шлага с удельной поверхностью 3600 cm^2/g только в 90-суточном возрасте достигает нормативной 28-суточной прочности цемента марки „250” с аналогичной удельной поверхностью и в возрасте 660 суток нормативной 28 суточной прочности портландцемента марки „450” аналогичной поверхности. Раствор на доменном шлаке с удельной поверхностью 6500 cm^2/g уже в 28-суточном возрасте достигает предусмотренную прочность. Прочность на сжатие в интервале от 28 до 660 суток при удельной поверхности 2000-5000 cm^2/g повысилась в 5-6 раз, причем прочность на растяжение при изгибе только в 2-3 раза. Данные испытания свидетельствуют о том, что действительная прочность портландцемента с высоким содержанием доменного шлага не может быть надежно охарактеризована значением 28-дневной прочности.

Balázs, György - Arany, Piroska - Liptay, András: Beton mit Hochofenschlacke als Bindemittel

Über 90% der im Versuch benützten Hochofenschlacke waren in glasigem Formzustand. Durch den Versuch wurde bestätigt, dass die Schlacke und der mit dieser bereitete Mörtel bzw. Beton erhärteten und die Festigkeit umso höher war, je grösser die Mahlfineinheit der Schlacke, der Hochofenschlackengehalt im Beton und das Alter des Betons waren. Der mit Hochofenschlacke mit einer spezifischen Oberfläche von 3600 cm^2/g bereitete Mörtel erreichte im Alter von 90 Tagen die 28-tägige Normalfestigkeit des Zements 250 mit gleicher spezifischer Oberfläche und im Alter von 660 Tagen jene des PZ 450 mit gleicher spezifischer Oberfläche und im Alter von 660 Tagen jene des PZ 450 mit gleicher spezifischer Oberfläche, während der mit Hochofenschlacke mit 6500 cm^2/g spezifischer Oberfläche bereitete Mörtel diese Festigkeit bereits im Alter von 28 Tagen erreichte. Der Druckfestigkeitszuwachs war zwischen 28 und 660 Tagen - bei spezifischen Oberflächen von 2000-5000 cm^2/g - ein 5 bis 6 facher, während die Biegezugfestigkeit nur um das zwei bis dreifache zunahm. Auch durch diesen Versuch wurde bekräftigt, dass sich die tatsächliche Festigkeit von Portlandzementen mit hohem Hochofenschlackengehalt durch die 28-tägige Festigkeit nicht befriedigend kennzeichnen lässt.

Balázs, György - Arany, Piroska - Liptay, András: Blast-furnace Slag Concrete

Concrete samples were made of ground, vitreous blast-furnace slag and aggregate (gravel), without cement. These samples hardened well if the grinding fineness of the slag was high, and the hardening time was adequately long. Cement-containing samples were prepared too, for comparison. Concrete made with a slag of 3600 cm^2/g grinding fineness reached the 28-day strength of samples made with 250-blend and 450-blend cement of equal surface area after 90 and 660 days, respectively. Using very finely ground slag (6500 cm^2/g) these times were drastically reduced. The increase of compressive and flexural strength from 28 to 660 days was six- and twofold, respectively. It is proved again that the actual strength of cements cannot be characterised well by their 28-day strength alone.

Az ásványi fázisok állapota és a cementgyártás ellenőrzési rendszere*

SZUDAKASZ, L.

Giprocement, Leningrád

A cementipar fejlődésének jelenlegi szakaszában a kialakult ellentmondások leküzdése van soron. Ilyen ellentmondások tapasztalhatók a termelés általános és a termelőegységeknél megnyilvánuló koncentrációja között, a tüzelőanyag-megtakarítás és a termékminőség javításának szükségessége, illetve a nyersanyagok, a kiegészítőanyagok és a tüzelőanyagok egyre romló technológiai tulajdonságai között stb.

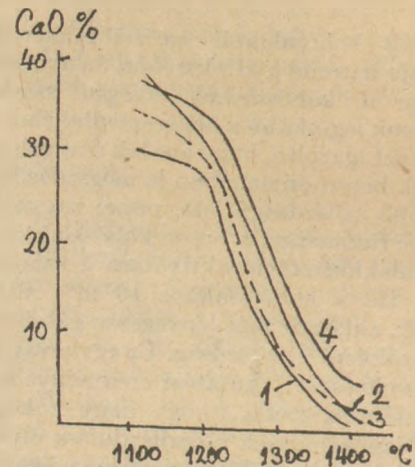
Ezért különös jelentőséget kap az anyagáram összetevőinek megelőző és operatív ellenőrzése, mivel csak ezen az alapon lehet megteremteni a zavarmentes folyamatos termelés előfeltételeit és megoldani optimalizálását.

A három alapvető anyagjellemző — a kémiai összetétel, a tényleges ásványi összetétel és az ásványi fázisok állapota — közül a cementtechnológiában az ellenőrzésnél gyakorlatilag csak a kémiai összetétel vizsgálatát alkalmazzuk. Az új körülmények között ez már nem tekinthető elegendőnek. Ennek következménye, hogy nem eléggé hatékony a nyersanyagkészletek kihasználása, az égetési folyamat időnkénti előreláthatatlan destabilizálódása, a klinker minőségének ingadozása és esetenkénti váratlan leromlása.

A Giprocement intézetben végzett laboratóriumi és üzemi szintű kutatások lehetővé tették, hogy több változtatást javasoljunk a megelőző és a gyártásközi ellenőrzési rendszerben. E változtatások elve a másik két anyagjellemző: az ásványi összetételnek és az ásványi fázisok állapotának gyakorlati alkalmazása. Az utóbbi alatt egyensúlyi helyzetük különböző aspektusait értjük: a fázisok módosulását, morfológiáját, a rácshibák mennyiségét és a szennyezőanyagok összetételét.

Nyersanyagok és keverékek

A nyersanyagkeverékek karbonátos összetevőjének egyik legfontosabb kiszámíthatatlan tulajdonsága a dekarbonizáció kinetikája. Wächtlen 1980-ban összefoglaló kritériumként a dekarbonizációs folyamat E_a látszólagos aktiválási energiáját javasolta alkalmazni. Ezen jellemző tényleges ingadozásait a Novoszpasszki cementgyár litológiai tarka nyersanyag bázisán vizsgáltuk. Megállapítottuk egyrészt, hogy a karbonátos összetevő Coats és Redfern módszerével meghatározott E_a ingadozása 29–42 kcal/M értékek között ingadozik, másrészt azt, hogy az égetési folyamat destabilizálódása már a 4–5 egységnyi E_a ingadozást mutató nyersanyagra való hirtelen áttéréskor



1. ábra. A nyerskeverék paraméterek hatása a mészlekötés sebességére

- 1 - $TT = 0,92$; $E_a = 30$ kcal/M; az agyag kvarctartalma = 24%
 2 - $TT = 0,96$; $E_a = 30$ kcal/M; az agyag kvarctartalma = 24%
 3 - $TT = 0,92$; $E_a = 30$ kcal/M; az agyag kvarctartalma = 51%
 4 - $TT = 0,92$; $E_a = 40$ kcal/M; az agyag kvarctartalma = 51%

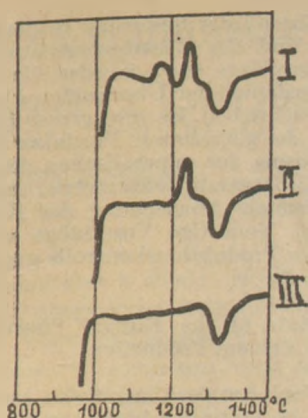
fellép, azaz ilyen esetben az égetési paramétereket megváltoztató beavatkozásra van szükség.

Az anyagok ásványi összetételének a nyerskeverékek technológiai tulajdonságaira gyakorolt hatásával már számosan foglalkoztak. Egy-egy adott gyár esetében gyakran fordul elő az anyag kvarctartalmának változása, amit röntgendiffraktometriával lehet követni (a 3,34 Å-ös csúcs mennyiségi értelmezésével).

Az 1. ábrán összehasonlítjuk a karbonátos és agyagos összetevők sajátosságainak a mészlekötés dinamikájára gyakorolt hatását a nyerskeverék telítési tényezője a technológiai tilott tartományban való ingadozásának hatásával. Az ábrából megállapítható, hogy e hatások mértéke egymással össze mérhető, következésképpen ezek a gyakorlatban nem elhanyagolhatók.

Végül nagyszámú nyerskeverék 1200 °C feletti hőmérsékleten, termikus elemzési eszközökkel végzett vizsgálatával megállapítottuk, hogy a DTA görbék három típusa jelölhető meg, melyek tükrözik az átalakulások és a termikus hatások sorrendjében mutatkozó lényegbevágó különbségeket (2. ábra). Ugyancsak kimutattuk, hogy a különbségek természete nemcsak a mészkő-kréta-belitiszap típusú nyerskeverékek alkotórészei összetételében mutatkozó elvi különbségekkel lehet összefüggésben, hanem az adott gyárban reálisan előforduló körülményekkel is, mint

* A XIV. Szilikátipari és Szilikátudományi Konferencia anyagából



2. ábra. Különböző gyárakból származó nyersanyagok (nyerskeverékek) jellegzetes hevítési (DTA) görbéi.

pl. az agyagok fajtája, a nyersanyag homok- és gipsz szennyezettsége, a korrekciós adalékanyagok fajtája és minősége, stb.

Figyelembe véve, hogy az ásványképződési hő a hőmérleg számottevő tételét képezik, e hő ellenőrizhetetlen eloszlás változása zónánként szintén a kemence üzemeltetés nehézségeinek fokozódásához vezet.

Klinker. A cementgyárak működését elemezve két fontos körülmény deríthető fel. Az első, hogy az egyes gyárak klinkereinek aktivitása széles határok (42–58 MPa) között változik, holott az egymáshoz közeli aktivitású klinkereket előállító gyárak csoportjában a főbb paraméterek (a TT, az SM és AM) átlagértékei gyakorlatilag nem különböznek egymástól. A második körülmény az egyik üzem működésével van összefüggésben, és azt jelzi, hogy az egyedileg kivett klinkerminták hidraulikus aktivitásának ingadozása tartománya a vizsgálat tárgyát képező kémiai összetétel közeli értékei esetén 10 MPa és akörüli érték lehet. Mindkét körülmény azt igazolja, hogy nem elegendő a klinkerégetést csak kémiai elemzéssel ellenőrizni.

Már a XIII. Siliconf-on javasoltuk a klinkerégetés követésére a mikroszkópi vizsgálat alkalmazását, melynek főbb elveit ott ki is fejtettük. Ezt most kiegészítjük az egyéb fizikai–kémiai vizsgálati eszközök felhasználásának szükségességével. A röntgen fáziselemzés lehetővé teszi például az alit fázis állapotában mutató eltérések megbízható meghatározását. A 70 gyárból származó klinkerminták elemzése során az ipari alitok 5 fő típusát különböztettük meg, melyek az 51–52,5° közötti szögterületben eső csúcsok alakjában térnek el egymástól. Különböző vizsgálatokkal kimutattuk, hogy az egyik módozatlalból a másikba (a mi osztályozásunk szerint például a „b”-ből a „c”-be) való átmenet a klinkerek aktivitásának, azaz szilárdságának lényeges (max. 8 MPa-t kitevő) változásával jár.

A klinker várható aktivitása előrebecslésének céljait szolgálhatja adataink szerint az ipari klinkerek infravörös spektrumainak értékelése is. E módszernek több fontos előnye van, mivel egy spektrum értékelése során lehetőség nyílik a szilikátos fázisösszetétel összevetésére az állapotról jellemző mutatóval (a

spektrum diffúz voltának mértékével), valamint az aktivitást befolyásoló lúgos és kéntartalmú vegyületekből álló szennyező anyagok mennyiségével. Az utóbbi időben az infravörös spektrumok számítógépes értékelése segítségével az infravörös spektrum fajtája és a klinker aktivitása között 0,85 értékű korrelációs együtthatót sikerült elérni (ugyanazon gyár klinkerénél).

A fizikai–kémiai ellenőrzési eszközök alkalmazása lehetővé tette, hogy sikeresen oldjuk meg a klinker aktivitásában évszakonként mutató ingadozások problémáját. Több gyárban, különösen az élesen kontinentális klíma zónájában fekvő gyáraknál, nyári időszakban rendszeresen 2–5 MPa értékkel szokott csökkenni a klinker aktivitása. A klinker-ásványok állapotára vonatkozó adatokat felhasználva, illetve összevetve azokat a hőmérleg adatokkal, sikerült feltárnunk e szilárdságsökkenés okát. A nyári hónapokban ugyanis a hőmérleg egyes tételei átrendeződnek: nagyobb részt képvisel az alacsonyabb hőmérsékletű hőbevetél (levegő, anyag, víz), csökken viszont a magasabb hőmérsékletű, ezzel összefüggésben pedig csökkennek a klinker fázisok állapot kondíciói.

A fentebb leírtakkal kapcsolatban javaslatunk a technológiai ellenőrzés eszközeire és rendszereire vonatkozóan a következők:

- a) a megelőző ellenőrzésnek, beleértve az előhomonizálást is, ki kell terjednie a nyersanyag komponenseknek nemcsak a teljes kémiai összetételére, hanem a karbonátos közeteknél a dekarbonizáció kinetikájának, az agyagos közeteknél pedig az ásványi összetételnek a vizsgálatára is.
- b) a klinkerégetés irányítását feltétlenül a klinker ásványi fázisainak állapot vizsgálata s nem pedig a jelenleg általánosan használatos mészkötés vizsgálat (szabadmész tartalom meghatározás) alapján kell végezni. Az erre való megfelelő átállás biztosítja majd a cementtechnológia további fejlődését.

Szudakasz, L.: Az ásványi fázisok állapota és a cementgyártás ellenőrzési rendszere

Figyelmet fordít a nyersanyagok ásványi összetételének stabilizálására, ismerteti a nyersanyagkomponensek és keverékek megelőző ásványtani ellenőrzésének tapasztalatait, illusztrálja, mihez vezet ezen tényezők figyelmen kívül hagyása. Bemutatja a nyersanyagkeverékek elvileg eltérő viselkedését zsongorításuk során, összetételük sajátosságainak és a komponensek állapotának függvényében és leírja az ellenőrzés és átlagosítás eszközeivel és szervezésével kapcsolatos elképzeléseket. Nagy gyakorlati jelentőséget tulajdonít az égetett termék fázisállapota operatív ellenőrzésének, és pedig az ásványtani adatok kiegészítésként figyelembe veszi a diffraktometriai módszerek és IK-spektroszkópia alkalmazásának lehetőségét és tapasztalatait. Illusztrációként tárgyalja a klinkeraktivitás szezonális ingadozásának problémáját. Javaslatokat közöl a gyártásközi ellenőrzési rendszer új alapokon történő megszerzésére.

Судакас, П.: Состояние минеральных фаз и система контроля цементного производства

В статье обобщаются результаты оригинальных физико-химических и опытно-промышленных испытаний по стабилизации и повышению качества продукции на

цементных заводах. Рассматривается недостаточность валово-химического подхода в цементной технологии, связанной с ростом мощности заводов и агрегатов, задачами автоматизации производства, применением разнообразных по природе сырьевых материалов и отходов и пр. Показано принципиальное различие поведения сырьевых смесей при спекании в зависимости от специфики состава и состояния компонентов сырьевых шихт и высказываются соображения о средствах и организации контроля и усреднения. Большое практическое значение придается вопросам оперативного контроля за состоянием фаз в продуктах обжига, причем в дополнение к петрографическим данным предусмотрены возможности и опыт применения диффрактометрических методов и ИК-спектроскопии.

Szudakasz, L.: Der Zustand mineralischer Phasen und das Kontrollsystem der Zementproduktion

In der Arbeit wird auf die Stabilisierung des Mineralbestandes der Rohstoffe gestrebt, die Erfahrungen des vorgehenden petrochemischen Kontrollsystems von Rohstoffkomponenten und Mischungen dargelegt, und illustriert, wozu führt die äusserliche Achtung dieser Parameter. Es wird auf das theoretisch abweichende Verhalten der Roh-

mischungen während der Sinterung in der Abhängigkeit des Zustandes und der Zusammensetzung der Einzelkomponenten dargelegt, sowie werden die Organisationsvorstellungen bezüglich der Überwachung und Vergleichsmässigung abgeschrieben. Es wird grosse Bedeutung dem Phasenkontroll des gebrannten Produkts beigelegt, und zwar als Ergänzung der mineralischen Angaben die Erfahrungen der Röntgendiffraktometrie, und IR-Spektroskopie. Die saisonale Abweichung der Klinkeraktivität wird illustriert. Neuartige Vorschläge werden für die Organisation des Produktionskontrollsystems gegeben.

Sudakas, L.: State of the Mineral Phases and Control System for the Cement Production

The mineralogical composition of the cementitious raw materials must be continuously controlled and kept constant as far as possible. The best method of control is thermochemical analysis. By the knowledge of the mineralogical composition the clinkering behaviour can be predicted, homogenisation optimised. The mineralogical composition of the clinker is very important too; for its investigation, X-ray diffraction and infrared spectroscopy are recommended. Suggestions are given to operate a control line in cement factories.

A világ szilikátiparából

Digitális hőmérsékletmérők

7600-as szériaszámon laboratóriumi és üzemi mérésekre is alkalmas, hordozható, hőmérsékletmérő műszert fejlesztett ki a Channel Electronics Ltd. (GB). A nagyméretű gázkiszüléssel kijelző tiszta és éles leolvashatóságot biztosít, $-220\text{ }^{\circ}\text{C}$ -tól $1750\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ig terjedő hőmérséklettartományban.

Az e célra tervezett (Mos)LSI chip, amelyet egyedi linearizáló modulal illesztettek az érzékelőhöz, a rendkívüli pontosság mellett hosszú élettartamot és nagy megbízhatóságot kölcsönöz a műszernek.

A készülék kilenc alaptípusban kapható hőelemekkel és egyéb tartozékokkal. Minden egységet kívánásra linearizált kimeneti csatlakozóval látnak el, amely 1 mA-es kimenő jelet biztosít. Lehetőség van egy választékkapcsoló beépítésére is, amely alkalmas max. 6 hőelem ellenőrzésére.

(Metallurgia, 1986. 3.)

Pilkington Brothers megvásárolja a Libbey-Owens Ford céget

Anglia egyik legjelentősebb üvegyártója a Pilkington Brothers tárgyalásokat folytat a LOF (Libbey-Owens Ford) céggel az Ohio-i gyár megvásárlására. Ezzel az angol cég a világ egyik legnagyobb autóüveg előállítója lesz. Jelenleg a LOF az USA harmadik legnagyobb autóüveg gyártója és 690 M USD értékű eladásának több mint fele a General Motors-hoz irányul.

A LOF cég kilenc üzemben 7486 munkatársat foglalkoztat az USA-ban, de van gyára Kanadában és a tengerentúlon is. Az autóüveg kivül a LOF csoport jelentős mennyiségű síküveget, bútor- és tükörüveget is termel.

(Financial Times, 1986. február 28.)

Kerámiai repedések előrejelzése

Az Albuquerque-i US Sandia National Laboratories több évig folyó kísérleteket végzett szilícium és oxigén atomokat tartalmazó modellvegyületekkel és a kutatási eredmények alapján képesek előre jelezni milyen feszültség- nedvesség, vagy vegyi behatások eredményeképpen következnek be repedések az üvegyipari, vagy kerámiai anyagokban. A modellvegyületekkel a szilícium-oxigén kötések fizikai jellegét szimulálták, a repedések indulásakor. A kísérletek kimutatták, hogy a repedéskor vízmolekulák jutnak a feszültség alatt levő üveg már előzőleg is létező mikrorepedéseibe, a víz azután reagál a szilíciummal és oxigénnel és a szilícium-oxigén-szilícium kötés megbonlásához vezet. A kutatás eredménye lehetővé tette a Sandia tudósainak, hogy előre jelezzék azokat a szilikeket, csomókat, amelyek még nem vezetnek repedés kezdéséhez, és így előre mérhető, hogy az optikai szálgyártás számára hasznos útmutatások nyerhetők.

(Industrial Minerals, 1986. április)

Módosított aluminátcement őrlhetőségének vizsgálata*

IVASCSENKO, SZ. I.—FILJUSCSENKO, A. B.—GORSKOVA, I. V.—
 BENEDIKTOV, V. N.—PUZÜRJOV, SZ. M.
 NIICement, VZISzI, Moszkva

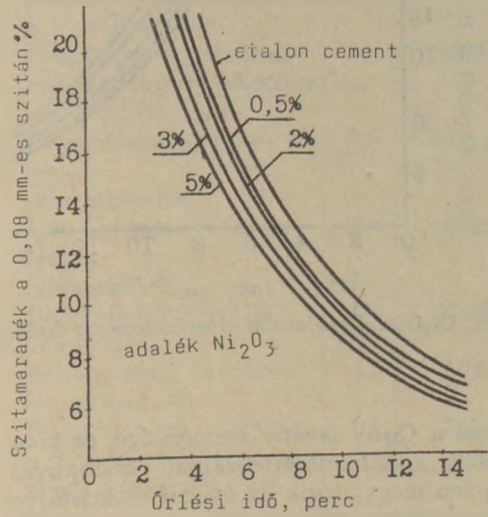
Az aluminátcementet a döntő részben alumínium-kalcium- és szilíciumoxidot tartalmazó nyerskeverék olvasztásával vagy zsugorításával állítják elő. A rendszerben jelenlevő kismennyiségű szennyező elem feltétlenül kihat a kristályosodási és ásványképződési folyamatokra, aminek következtében megváltozik a zsugorított, ill. olvasztott termék hidratációs aktivitása. Ezzel a kérdéssel azonban csak kevés kutató foglalkozott. Butt és Timasov (1980) adatokat közölnek az Fe_2O_3 , MgO , TiO_2 , Na_2O , K_2O , P_2O_5 és Cr_2O_3 szennyezéseknek az aluminátcement hidratációs aktivitására gyakorolt hatásáról, Kravcsenkó és mások (1979) pedig a fluor-, vas-, króm-, mangán- és titán ionok befolyását vizsgálták az aluminátcementet képező egyes ásványok néhány tulajdonságára.

A jelen munkában különböző szervesetlen adalékok hatását vizsgáltuk az olvasztással előállított aluminátcement őrlhetőségére. A módosított aluminátcement mintákat a következőképpen készítettük. Az egyik cementgyárban olvasztott aluminátcement klinkert (aluminátsalakat) $300 \text{ m}^2/\text{kg}$ fajlagos felületű porrá őrltük. Ehhez a cementhez adagoltunk 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; és 5,0% vegytiszta K_2CO_3 , Na_2CO_3 , BaO , SrO , Li_2CO_3 , ZnO , CaO , PbO , Cr_2O_3 , TiO_2 , Ca_2O_3 , Ni_2O_3 , Mn_2O_3 , V_2O_5 , WO_3 , Fe_2O_3 , CdO , SnO_2 , B_2O_3 , CaCl_2 , MoO_3 , CaF_2 , NH_4Cl , NH_4F szennyező anyagot (oxidra, ill. a halogének esetében elemre átszámítva).

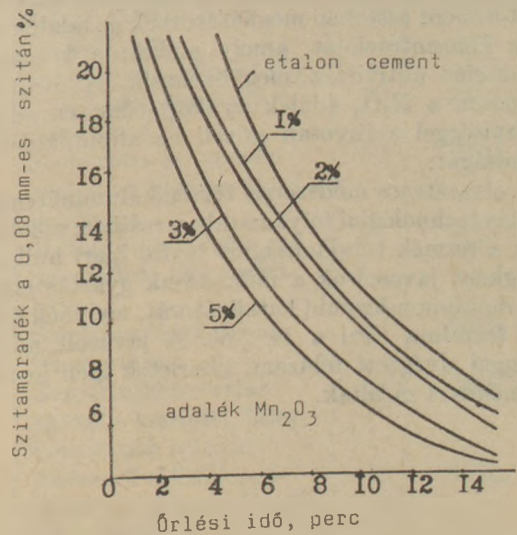
A keverékeket korund tégelyben $1530\text{--}1550^\circ\text{C}$ hőmérsékleten, redukáló közegben, a maximális hőfokon 1 óras hőntartással olvasztottuk meg. A kiindulási aluminátsalak kémiai összetétele (tömeg%) az alábbi volt: CaO -40; Al_2O_3 -47; SiO_2 -10; a többi összesen 3. A mintákban az olvasztás után megmaradó adalék mennyiségét kémiai analízissel és Perkin-Elmer 306 típusú atomabszorpciós spektrométerrel ellenőriztük. Mind a kiindulási anyagot, mind a módosított összetételű mintákat röntgen fáziselemzéssel, kristálymikroszkóppal és elektronmikroszkóppal vizsgáltuk. Az etalonanyag olvasztás utáni ásványi összetétele főként a következő ásványokból tevődik össze: CA, C_{12}A_7 , C_2S , C_2AS .

Az olvasztott mintákat APR-1 típusú készülékkel 7–8% 80 μm -es szitamaradékkal jellemzett finomságra őrltük, majd meghatároztuk az így kapott cementek építéstechnikai tulajdonságait, és különböző fizikai–kémiai elemzési módszerekkel vizsgáltuk a hidratációs termékeket.

Ebben a cikkben a króm-, mangán- és nikkeloxid-dal módosított aluminátsalak őrlhetőség vizsgálati eredményeit közöljük (1–3. ábra). Mint az ábrából



1. ábra. Ni_2O_3 -dal módosított aluminátcement őrlhetősége

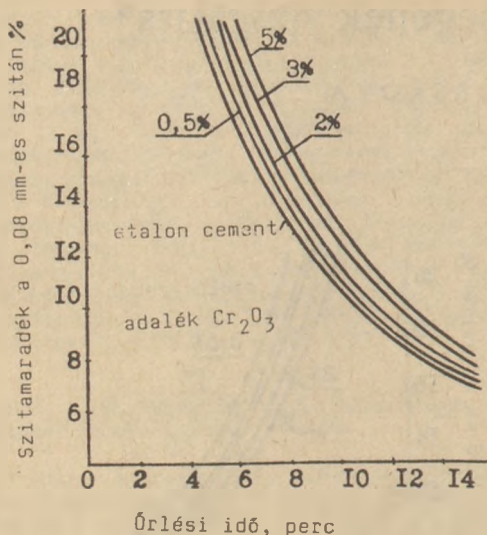


2. ábra. Mn_2O_3 -dal módosított aluminátcement őrlhetősége

látható, a Ni_2O_3 és a Mn_2O_3 jelenlétében lényegesen javul az aluminátsalak őrlhetősége, ugyanakkor a Cr_2O_3 módosító anyagot tartalmazó salak nehezebben őrlhető, mint az adalék nélküli (etalon) anyag. Megfigyelhető volt egy olyan törvényszerűség, hogy az őrlhetőség javulása (illetve romlása) arányos a bevitt módosító adalék mennyiségével.

Az őrlhetőség javulása az optikai- és elektronmikroszkópi, ill. a röntgen fáziselemzés alapján az aluminátsalak ásványi összetételének változásával magyarázható: az adalékok jelenlétében csökken a

* A XIV. Szilikátipari és Szilikáttudományi Konferencia anyagából



3. ábra. Cr₂O₃-dal módosított aluminátcement őrlhetősége

salakban a C₁₂A₇ ásvány mennyisége, és kissé megnövekszik a kalcium-ortoszilikát részaránya. Ezen túlmenően megváltozik az üveges és kristályos fázisok egymáshoz viszonyított aránya, továbbá a kialakuló kristályok alakja és méretei is. Feltehetően az említett okokkal magyarázható a módosított aluminátcement 4–30 MPa értékkel nagyobb szilárdsága is az etalon cementhez képest. A króm-oxiddal módosított cement esetében meghatároztuk az adalék optimális koncentrációját, amely mellett a kötőanyag hidratációs aktivitása megnövekszik. A Mn₂O₃ és különösen a N₂O₃ adalék gyakorlatilag az adagolt mennyiséggel arányosan növeli az aluminátcement szilárdságát.

Az olvasztásos módszerrel történő aluminátcement gyártás technológiai folyamatában reálisan alkalmazható, a termék tulajdonságait javító ipari hulladékanyagként javasoltuk a műkaucuk gyártás elhasznált alumínium-kromid katalizátorát, melynek króm-oxid tartalma eléri a 14%-ot. A javasolt adalékanyaggal elvégzett félüzemi kísérletek igen kedvező eredménnyel zárultak.

IRODALOM

- [1] Butt, Ju. M. – Szucsov, M. M. – Timasov, V. V. (1980) Kötőanyagok kémiai technológiája, 472. Vüszsaja Skóla, Moszkva.
- [2] Kravcsenko, I. V. és mások (1979): Különleges cementek kémiai és technológiája, 208. Sztrojizdat, Moszkva.

Ivacszenko, Sz. I. – Filjusczenko, A. B. – Gorskova, I. V. – Benidiktov, V. N. – Puzürjöv, Sz. M.: Módosított aluminátcement őrlhetőségének vizsgálata

A timföldtartalmú cement olvasztási módszerrel való nyerésekor összetételében 0,5–5% Na, K, Li, Mg, Sr, Ba, Cu, Ti, Zn, Cr, Co, Ni, V, W, Sn, B, P, Cd, Mo, Mn, oxidot, valamint S, F, és Cl ionokat juttatunk. Közvetlen és röntgenfázis elemzési módszerekkel kiküzdöttük a kapott modifikált timföldtartalmú cementek ásványtani összetételét. Tanulmányoztuk a modifikált timföldtartalmú cementek őrlhetőségét. Kimutattuk, hogy a timföldtartalmú cement összetételébe való néhány adalékanyag bevitelével jelentősen növelhető őrlhetősége. Javaslatot tettünk konkrét, a timföldtartalmú cement őrlésének javasolt katalizátorait tartalmazó hulladékokra.

Ивашенко, С. И. – Филлусценко, А. Б. – Горикова, И. В. – Венедиктов, В. Н. – Пузырев, С. М.: Исследование размолоспособности модифицированного глиноземистого цемента

При получении глиноземистого цемента методом плавления в его состав вводили 0,5–5 оксидов Na, K, Li, Mg, Sr, Ba, Cu, Ti, Zn, Cr, Co, Ni, V, W, Sn, B, P, Cd, Mo, Mn, а также ионов S, F и Cl. Петрографическим и рентгенофазным методами анализа был исследован минералогический состав полученных модифицированных глиноземистых цементов. Изучена размалываемость модифицированных глиноземистых цементов. Показано, что введением некоторых добавок в состав глиноземистого цемента возможно значительно улучшить его размалываемость. Предложены конкретные отходы, содержащие рекомендуемые катализаторы помола глиноземистого цемента.

Ivacszenko, Sz. I. – Filjusenko, A. B. – Gorskova, I. V. – Venidiktov, V. N. – Puzürev, Sz. V. Untersuchung der Mahlfähigkeit des modifizierten Tonerdezements

Bei der Herstellung von Tonerdezement durch das Schmelzverfahren führte man 0,5–5% Oxyde von Na, K, Mg, Sr, Ba, Cu, Li, Zn, Ti, Cr, Co, Ni, W, V, Sn, B, P, Cd, Mo, Mn und auch Ionen S, F und Cl in seine Zusammensetzung ein. Die mineralogische Zusammensetzung der bekommenen modifizierten Tonerdezemente wurde durch die petrographische und röntgenphasische Analysen untersucht. Die Mahlfähigkeit der modifizierten Tonerdezemente wurde erlernt. Es wurde gezeigt, dass die Einführung einiger Zusätze in die Zusammensetzung von Tonerdezement seine Mahlfähigkeit bedeutend verbessern lässt. Die konkreten Abfälle, die empfehlende Katalysatoren der Mahlung von Tonerdezement erhalten, sind vorgeschlagen.

Ivashchenko, S. I. – Filyushchenko, A. B. – Gorshkova, I. V. – Venidiktov, V. N. – Puzirev, G. M.: Grindability of Modified High-Alumina Cements

Several sorts of modified high-alumina cements were prepared by admixing compounds containing cations as Na, K, Li, Mg, Sr, Cu, Zn, Ti, Cr, Co, Ni, V, W, Sn, B, P, Cd, Mo, Mn, as well as anions, as S, F or Cl. The level of additions was between 0.5–5.0 mass per cent. The mineralogical composition of these cements was studied by X-ray diffraction and microscopic petrography. The admixtures usually improved the grindability of the clinkers.

A GÉPIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET
1986. szept. – 1987. június között induló
MŰSZAKI TOVÁBBKÉPZŐ TANFOLYAMAINAK
áttekintése

Tanf. sorsz.	Tárgykör	Óra-szám	Részvételi díj
1.	Középfokú emelőgép- ügyintéző tanfolyam (vizsgaköteles)	76	Utókalk.
2.	Nagyarányú költség- csökkentést eredmé- nyező anyagellátás és raktározás módszertana	48	2500, –
3.	Emelőgépek műszaki állapotának meghatá- rozása – emelőgép vizsgálók és ügyintézők szemináriuma	76	3300, –
4.	Mikroszámítógépes rak- tári árnyilvántartás	40	2100, –
5.	A darabáru raktározás korszerű módszerei – raktárvezetők szeminá- riuma	40	2100, –
6.	Számítástechnika helye és szerepe az anyagmoz- gatás irányításában (Integrált gyártórend- szer bemutatásán ke- resztül)	40	1900, –
7.	Feszültség- és nyúlás- mérés	59	1960, –
8.	Szerelő és célgépek automatizálása, Progra- mizálható Logikai ve- zérlőkön alapuló El- Pneu rendszerekkel	24	1370, –
9.	Előkészítő tanfolyam a vállalati és üzemi kör- nyezetvédelmi megbí- zottak és felelősök részére	30	1570, –
10.	Hidraulikus elemek ja- vításának lehetőségei és módszerei	20	1300, –
11.	Elektronika az építő- iparban és az építőgép- peken	30	1780, –
12.	Hidraulikus vezérlés, hajtás és erőátvitel az építőgépeken	50	2700, –
13.	Gyártóeszközgazdálko- dás tervezése, szervezése és gyakorlata	48	2170, –
14.	Gyártóeszközök nyil- vántartásának, elszámó- lásának számítógépes megoldása	36	1620, –
15.	Szerszámgyártási tech- nológiák	30	1450, –
16.	Korszerű hőkezelés- technológiák	90	3270, –
17.	Számítógépes grafika a műszaki rajz készítésé- nek szolgálatában I.	60	3100, –
18.	Számítógépes grafika a műszaki rajz készítésé- nek szolgálatában	60	3560, –
19.	Gépszerkesztő tanfo- lyam (vizsgaköteles)	180	Utókalk.
20.	Műszaki rajzoló tanfo- lyam (vizsgaköteles)	200	Utókalk.
21.	Belső ellenőri tovább- képző tanf. I.	66	3040, –
22.	Belső ellenőri tovább- képző tanf. II.	42	2180, –
23.	Piaci döntések megala- pozásának és kivitelezé- sének marketing mód- szerei	60	3470, –
24.	Piaci használati érték- elemzés (Műszaki-gazdasági értékelemzés)	50	2370, –
25.	Gazdasági és egyéb kalkulációk (képesített kalkulátori)	50	2370, –
26.	Árpolitika-árelmélet (Árszakértői)	50	2370, –
27.	Szocialista tervgazda- ság – szocialista piac- gazdaság	50	2370, –
28.	Hidraulikus rendszerek üzemvitele diagnosztika- ja	52	2110, –
29.	Szerszámgépek üzem- fenntartása	84	3310, –
30.	Gépjárműfenntartás aktuális kérdései, kifej- lesztésének irányai	84	3460, –
31.	Korszerű szikraforgá- csoló gépek és technoló- giák alkalmazása a szerszám gyártásban	42	1970, –
32.	Műanyagalakítás kor- szerű szerszámjai	48	2220, –
33.	Gyártmánytervezés és a képlékenyalakító szer- számok	50	2200, –
34.	Festési technológiák és azok megvalósítása	27	1100, –
35.	Korszerű felületvédelmi technológiai megoldások	27	1100, –
36.	Az alumínium anódos oxidációjának elmélete és gyakorlati kivitele	30	1500, –

Tanf. sorsz.	Tárgykör	Óra-szám	Részvételi díj
37.	Gyártásközi és szállítási korrózióvédelem	24	1280, —
38.	Minőségellenőrök II. középfokú szaktanfolyama (vizsgaköteles)	120	Utókalk.
39.	Minőségellenőrök III. alacsony fokú szaktanfolyama (vizsgaköteles)	180	Utókalk.
40.	Ipari termékek korszerű csomagolásának tervezési, technológiai, szervezési és minőségellenőrzési követelményei	72	2650, —
41.	Üzemvezetők minőségre orientált feladata, hatásköre és vezetéstechnikája a vállalati minőség szabályozás rendszerében	84	3050, —
42.	A konstruktőr és technológus szerepe a minőség szabályozás rendszerében	72	2930, —
43.	A korszerű vállalati minőség szabályozás rendszere	50	2150, —
44.	A KGST minőség előírásai, tevékenysége az ipari termékek gazdasági integrációjában	30	1570, —
45.	A minőség ellenőrzés ügyvitelének korszerű rendszere és technikai eszközeinek alkalmazása	60	1740, —
46.	A „Minőségi körök” tervezése, szervezése, működtetése	42	1730, —
47.	Vállalati minőség orientált műszaki fejlesztés és minőség szabályozás	36	1640, —
48.	Szerződések minőség előírásai és az idegen áru ellenőrzés tevékenysége	48	2100, —
49.	Gépipari termékek mennyiségi és minőségi kifogásainak ügyintézése	36	1640, —
50.	Vállalati selejtvesztések csökkentése selejtstatisztikai és analitikai és statisztikai módszerek alkalmazásával	78	2610, —

Tanf. sorsz.	Tárgykör	Óra-szám	Részvételi díj
51.	„Mondd! Hogy csináljátok?” (cél tanfolyam)	22	2410, —
52.	Laboratórium vezetői szaktanfolyam	72	2270, —
53.	Geometriai mérés technikai szaktanf.	60	2010, —
54.	Szemelvények a korszerű erősített műanyagok és technológiák tárgyköréből	48	1960, —
55.	Műanyagok a gépszerkesztésben	32	1640, —
56.	Hidraulikus rendszerek üzemeltetése és karbantartása	36	2170, —
57.	Pneumatikai rendszerek üzemeltetése, karbantartása	42	1960, —
58.	Pneumatikus rendszerek	72	2670, —
59.	Szabványügyi intézői középfokú képesítő tanfolyam (vizsgaköteles)	60	3200, —
60.	Gépipari szabvány alkalmazói továbbképző tanfolyam	12	831, —
61.	Forgácsolástechnológiai folyamatok tervezése az NC gépek programozása mikroszámítógéppel	60	2420, —
62.	Rugalmas gyártórendszerek tervezése és üzemeltetése	36	1650, —
63.	Gépkenés-gépmentés	36	1780, —
64.	Járművek, építőipari gépek, belsőégésű motorok kopása kenése élet tartam növelése, különös tekintettel az anyag és energiagazdálkodásra	48	2300, —
65.	Ipari porrobbanások és a porrobbanás elleni védekezés	28	1500, —
66.	Középfokú tűzvédelmi tanfolyam (vizsgaköteles)	252	Utókalk.

Jelentkezési határidő: 1986. június 20.

A tanfolyammal kapcsolatos részletes felvilágosítás és tájékoztató füzet kapható a GTE oktatási osztályán Telefon: 534-985 Bp., V. Kossuth L. tér 6-8. III. em. 330. szoba Pete Ildikó Levélcím: Gépipari Tudományos Egyesület, 1372 Bp. Pf. 451

A szerkesztésért felel:

Dr. Székely Ádám

Szerkesztőség:

Budapest VI., Anker köz 1 – 3. 1368

Telefon: 226-497

Felelős kiadó:

Dr. Varga György igazgató

Kiadja:

Delta Szaklapkiadó és Műszaki Szolgáltató Leányvállalat
Budapest VII., Garay u. 5. 1442

Telefon: 415-583, 215-440

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető a Hírlapkészbesítő Hivataloknál és a Posta Hírlapelőfizetési és Lapellátási Irodáján 1900 Budapest, V., József nádor tér 1. vagy átutalással a 215-06 102 pénzforgalmi jelzőszámra. Egy szám ára 26,- Ft, Előfizetés egy évre 312,- Ft.
Külföldön terjeszti a Kultúra, 1389 Budapest, Pf. 149 és a Magyar Média, 1392 Budapest, Pf. 86-253



86/2533 Franklin Nyomda, Budapest
Felelős vezető: Mátyás Miklós igazgató

INDEX: 25250

HU ISSN 0013—970 X

TÁJÉKOZTATÓ

A NEMZETKÖZI HŐKEZELŐ SZÖVETSÉG és a GÉPIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET
Budapesten rendezi meg 1986. október 20–24. között az

5. NEMZETKÖZI HŐKEZELŐ KONGRESSZUST

A kongresszuson elhangzó előadások *többnyelvű* (angol, francia, német, orosz) gyűjteményes kiadványa 2 kötetben 1986. III. negyedévben elkészül és 1400–1500 Ft-os irányáron megrendelhető.

A kiadvány tartalmazza a nemzetközi testület által jóváhagyott és a kongresszuson elhangzó kb. 50 szóbeli és 200 poszter előadást az eredeti nyelven.

Elkészül a kongresszuson szóban elhangzó kb. 50 előadás, kb. 400–500 oldalas *magyar nyelvű* kiadványa is, amely 600–650 Ft-os irányáron szintén megrendelhető.

A kiadványok megrendelhetők:

GÉPIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET –
DELTA MŰSZAKI SZOLGÁLTATÓ IRODA
1372 Budapest, Pf. 451

A kiadvány személyesen megvásárolható csekkel történő fizetés ellenében Budapesten, II. ker. (1027) Fő u. 68. III. em. 339. sz., a kiadványraktárban. Telefonon érdeklődni lehet a 154-090/583 számon.

A KIADVÁNYOKAT AJÁNLUJUK:

- Műszaki igazgatóknak, főmérnököknek, műszaki vezetőknek, főkonstruktőröknek, főtechnológusoknak, kutatóknak, fejlesztőknek, tervezőknek, technológusoknak, üzemvezetőknek, művezetőknek, anyagvizsgálóknak és minőségellenőrök részére,
 - hőkezelő berendezéseket, eszközöket gyártó, üzembehelyező, szerelő, kivitelező és értékesítő vállalatok/szövetkezetek szakemberei részére,
 - hőkezelt termékek diagnosztizálásával foglalkozó szakemberek részére,
 - műszaki könyvtárak részére,
 - fentiekén túl a kiadványok tájékoztatást és munkájukhoz segítséget nyújthatnak azoknak a szakembereknek, akik a rendezvényen nem vettek részt.
-

Szíves megrendelésüket várjuk.