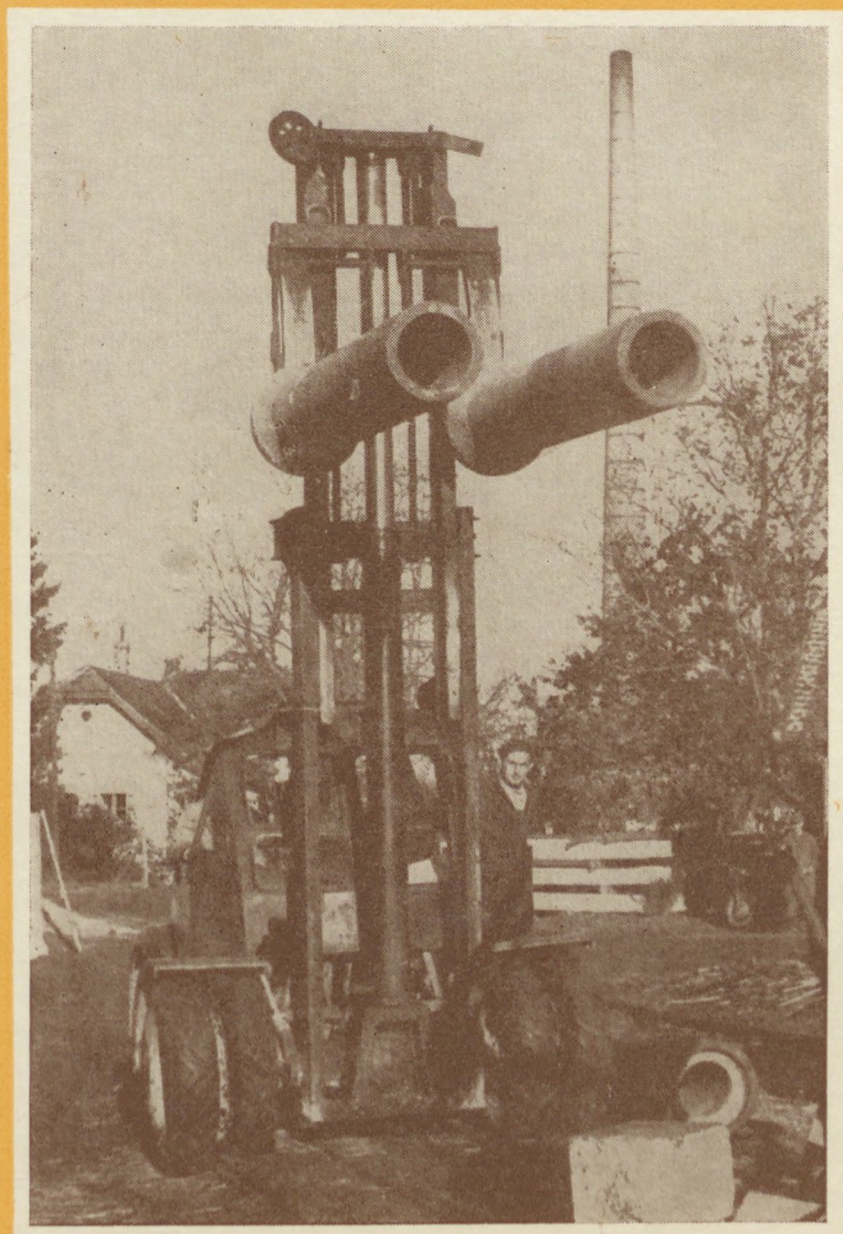


302.935

# ÉPÍTŐANYAG

CEMENT, MÉSZ  
TÉGLA, KERÁMIA  
ÜVEG ÉS KŐIPAR



**7.** SZÁM

A SZILIKÁTIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

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

★

Főszerkesztő:

dr. Korach Mór

★

Szerkesztő:

Hinsenkamp Alfréd

★

Szerkesztőbizottság:

Baritz Árpád

dr. Beke Béla

dr. Déri Márta

Erdély Imre

dr. Knapp Oszkár

dr. Lehmann Edit

★

Szerkesztőség:

Budapest, V., Szabadság  
tér 17

Telefon: 124-438

★

Kiadja:

Műszaki Könyvkiadó,

Budapest, V.,

Bajcsy-Zsilinszky út 22

Telefon: 113-450

★

Felelős kiadó:

Solt Sándor

TARTALOM

	Oldal
<i>Dr. Beke Béla</i> : Őrlési folyamatok lefolyása és egyensúlyi állapota .....	241
<i>Sasvári György</i> : Szénporhamufajták fizikai és technológiai tulajdonságai .....	253
<i>Cser Arisztid</i> : Új építési szempontok és irányzatok kemenceépítések-nél bázikus tüzelőanyagok felhasználásával .....	268
<i>Szuk Géza</i> : Előfeszített vasbetonaljak optimális gőzölési órafokszámának vizsgálata .....	274

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр
<i>Д-р Беке Бела</i> : Ход процессов помола и состояние равновесия ...	241
<i>Шаивари Дьердь</i> : Физические и технологические особенности некоторых видов пылеугольной золы .....	253
<i>Чер Аристид</i> : Новые взгляды и направления при строительстве печей с применением основных огнеупорных материалов ...	268
<i>Сук Геца</i> : Спределение оптимальной величины часовой-градусного фактора при пропаривании предварительно напряженных железобетонных оснований .....	274

I N H A L T

	Seite
<i>Dr. B. Beke</i> : Verlauf und Gleichgewichtszustand des Mahlvorganges	241
<i>György Sasvári</i> : Physikalische und technologische Eigenschaften der Staubkohlenaschen .....	253
<i>A. Cser</i> : Neue Gesichtspunkte und Entwicklungsrichtungen im Ofenbau mittels Verwendung basischer ff. Steine .....	268
<i>Géza Suk</i> : Untersuchung der optimalen verdeampfenden Uhrengradzahl der vorgespannten Stahlbetonschwellen .....	274

Helyesbítés: A 6-os szám címkéjének helyes szövege „Diszkulacs ug-rasztott türkizszínű mázzal”.

Címkép: Betoncsövek szállítása

# ÉPÍTŐANYAG

13. ÉVFOLYAM 7. SZÁM

## Őrlési folyamatok lefolyása és egyensúlyi állapota

Dr. BEKE BÉLA

### 1. Az őrlés energiafogyasztása és az őrlemény szemszerkezete

1.1 Az egységnyi térfogatú anyag  $x_1$  szemcseméretéről  $x_2$  szemcseméretre való aprításának energiafelhasználását a Rittinger-féle (vagy felületi) elmélet az

$$E = c_1 \left( \frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1} \right) \quad (1)$$

a Kick—Kirpicsov-féle (vagy térfogati) elmélet az

$$E = c_2 \ln \frac{x_1}{x_2} \quad (2)$$

a Bond-féle (vagy harmadik) elmélet pedig az

$$E = c_3 \left( \frac{1}{\sqrt{x_2}} - \frac{1}{\sqrt{x_1}} \right) \quad (3)$$

képlettel adja meg (1).

Bevezetve a képletekben a  $v = \frac{x_1}{x_2}$  aprítási fok értékét, kapjuk

$$E = \frac{c_1(v-1)}{x_1} \quad (1a)$$

$$E = c_2 \ln v \quad (2a)$$

és

$$E = \frac{c_3(\sqrt{v}-1)}{\sqrt{x_1}} \quad (3a)$$

Az (1a)—(3a) egyenletekből következik, hogy azonos aprítási fok mellett a háromféle elmélet a kiinduló szemcsenagyságtól függően más-más eredményre vezet: a Rittinger-féle hipotézis szerint az energiaszükséglet fordítva arányos a kiinduló szemcsemérettel, Bond szerint annak négyzetgyökével, Kick—Kirpicsov szerint pedig az aprítási fok a szemcsemérettől függetlenül, önmagában meghatározza a térfogategységre eső energiafogyasztást. Ez utóbbi megállapítás, legalábbis a finomórlés fokozatában nem egyezik a tapasztalatokon és méréseken alapuló, elterjedt felfogással.

Említésre méltó, hogy az (1) képletben szereplő  $\frac{1}{x_1}$  és  $\frac{1}{x_2}$  értékek a (szelvényekkel előállított

képzelt) csupa egyező méretű szemcséből álló halmaz térfogategységre eső fajlagos felületét adják meg.

A három egymásnak ellentmondó „elmélet” helytállóságának igazolása tárgyában több évtizeden át folytatott vizsgálatok a kérdés eldöntésére nem lehettek alkalmasak, mert

a) vegyes szemcsészetű halmazt jellemző szemcseméret meghatározására eddigi ismereteink szerint egyértelműen elfogadható eljárást nem ismerünk. Ha az európai gyakorlat szerint a Rosin—Rammner megoszlás  $\bar{x}$  paraméterét, vagyis a 36,8% maradékhoz tartozó szemcseméretet adjuk meg, éppúgy önkényesen járunk el, mintha az amerikai gyakorlat szerint a 80% áthulláshoz, vagyis 20% maradékhoz tartozó  $x(20)$  szemcsenagyságot választjuk.

Vizsgáljuk a  $v$  aprítási fok értékét két, egyenként az  $x_1$ ,  $x_1(20)$  és  $n_1$ , illetve  $\bar{x}_2$ ,  $x_2(20)$  és  $n_2$  paraméterekkel jellemzett halmazra (a három-három paraméter közül az eloszlásfüggvények valamelyikének érvényességét elfogadva csak kettőtől független). A Rosin—Rammner képlettel számítva, adódik, hogy

$$\left( \frac{x_1(20)}{x_1} \right)^{n_1} = \left( \frac{x_2(20)}{x_2} \right)^{n_2} \quad (4)$$

A

$$v = \frac{x_1(20)}{x_2(20)} = \frac{\bar{x}_1}{\bar{x}_2}$$

reláció csak abban az esetben áll fenn, ha  $n_1 = n_2$ , vagyis az aprítás során az egyenletességi tényező nem változik, a szemszerkezeti diagram az RRB hálón párhuzamosan tolódik el. Ez általában nem áll fenn, azaz az aprítási fok és az aprítási energia kiszámítása céljából sem az  $\bar{x}$ , sem az  $x(20)$  szemcsenagyság nem jellemző.

b) vegyes szemcsészetű halmazt egyetlen szemcseméret nem is jellemezhet, ahhoz legalább még egy paraméter (pl. az RRB megoszlás  $n$  egyenletességi tényezője) szükséges. Azonos jellemző szemcsemérethez (pl.  $\bar{x}$ -hez) nyilván végtelen sokféle (pl. változó  $n$  egyenletességi tényező)

zójú) halmaz tartozhatik. Az (1) és (3) képletekben az egyszemcséjűnek feltételezett szemcsehalmaz felületétől függő értékek szerepelnek, ugyanezt megkívánhatjuk a valóságban előforduló vegyes szemcsézetű halmazokra is, erre pedig lehetőséget ad még egy független paraméternek, esetleg az  $n$  egyenletességi tényezőnek az energiaszükséglet képletébe való bevezetése.

1.2 A legutóbbi években több kísérlet történt a valóságos (tehát heterogén) halmazok előállításának energiaszükségletére vonatkozó képlet felállítására.

Charles (2) és vele csaknem egyidejűleg Holmes (3) a kívánatos második állandót hatványkitevő alakjában javasolják a képletbe bevinni. Képletük differenciális alakban

$$dE = -c \frac{dx}{x^r} \quad (5)$$

Ha  $r = 1, 1,5$  és  $2$ , akkor az (5) egyenlet sorjában átmegy a Kick—Kirpicsov-féle (2), a Bond-féle (3) és a Rittinger-féle (1) egyenletbe.

Charles tanulmányozta az őrlemény szemcseeloszlásának és az  $r$  energiafogyasztási paraméternek összefüggését is. A szemszerkezet leírására az amerikai gyakorlatnak megfelelően a Schuhmann-féle, hatványtörvény szerinti képletet alkalmazta

$$D = 100 \left( \frac{x}{k} \right)^m \quad (6)$$

ahol  $D$  az  $x$  (mikron) méretnél kisebb frakció százalékos értéke; az összefüggés kétszer logaritmus tengelybeosztás mellett egyenessel ábrázolható, melynek dőlése  $m$ . Kísérletei alapján Charles azt a megállapítást tette, hogy

$$m - r + 1 \approx 0 \quad (7)$$

$$\text{vagyis } r \approx m + 1 \quad (7a)$$

Ebből pedig az következne, hogy  $m = 1$  iránytényező mellett a Rittinger-féle,  $m = 0,5$  iránytényező mellett a Bond-féle képlet volna érvényes, míg a Kick—Kirpicsov-féle csak az  $m = 0$  elő nem forduló esetben.

Az európai gyakorlat általában a Rosin—Rammler-féle szemcsemegoszlással számol. Ha azt (6)-tal összehangban a szokástól eltérően nem az  $R$  maradékra, hanem  $D$  áthullásra írjuk fel,

$$D = 100 \left( 1 - e^{-\left(\frac{x}{x_0}\right)^n} \right) \quad (8)$$

és sorbafejtjük, a

$$D = 100 \left[ \left(\frac{x}{x_0}\right)^n - \frac{1}{2} \left(\frac{x}{x_0}\right)^{2n} + \frac{1}{3} \left(\frac{x}{x_0}\right)^{3n} - \dots \right] \quad (9)$$

alakhoz jutunk (4), amiből világosan látszik, hogy a Schuhmann eloszlás a Rosin—Rammler félelől leszámaztatható, ha annak sorbafejtéséből csak az első tagot tartjuk meg. Ez megengedhető, ha  $x \ll x_0$ , azaz az eloszlásnak a finom szemcsékre eső tartományában.

E tartományban a kétféle megoszlás egyenletességi tényezője azonos, de  $k$  és  $x_0$  már nem cserélhető fel. ( $x_0$  a 36, 8% maradékhoz tartozó szemcseméret,  $k$  viszont a 100% áthulláshoz

tartozó szemcseméret volna, ha a Schuhmann-eloszlás ebben a szemcsetartományban egyáltalán érvényes volna.)

A gyakorlatban kimért diagramokon természetesen nagyobb szemcseméretetek is szerepelnek, másrészt a kimért pontok — bármelyik ábrázolásban is — csak erős közelítéssel jutnak egy egyenesre, az  $m$  ill.  $n$  értékek mindenkor bizonyos önkényességgel kerülnek megállapításra. A kétféle megoszlás lemérhető egyenletességi tényezői egymástól ezért eltérnek, a nagyobb frakciók hatására a Schuhmann-féle kevésbé meredek. Ilyen adatok találhatók Rammler idevágó közleményében is (5).

Minthogy azonban az őrlés energiafogyasztása szempontjából a kis szemcsék, illetve az azok által meghatározott fajlagos felület a mértékadó, a következőkben  $m$  és  $n$  számértékét egyezőnek vesszük.

(7a) figyelembevételével az (5) képletből  $r$  kiküszöbölhető és nyerjük

$$E = \frac{c}{n} \left( \frac{1}{x_2^n} - \frac{1}{x_1^n} \right) \quad (10)$$

Az őrlés kezdeti és végső állapotában azonban  $n$  értéke eltérő lehet. Ezt a következőképpen vehetjük figyelembe: Vezessük be Bond gondolatmenetével egyezően (1) a teljes energia fogalmát, amelyen a végtelen méretről  $x$  mérethe való aprítást értjük, ennek értéke

$$E_t = \frac{c}{n} \frac{1}{x^n} \quad (11)$$

az őrlési energiaszükséglet pedig a kezdeti és végső állapothoz tartozó teljes energia különbsége lesz, azaz

$$E = c \left( \frac{1}{n_2 x_2^{n_2}} - \frac{1}{n_1 x_1^{n_1}} \right) \quad (12)$$

Schumann az aprítási folyamatot nagyszámú egyedi behatás eredőjének tekinti, a folyamatról pedig feltételezi, hogy az egyedi behatások eredményeképp egymást követően létrejövő valamennyi résztermékre a szemcseeloszlás egyenletességi tényezője egyaránt és változatlanul  $n$  marad (6).

Levezetésének eredménye

$$E = c x^{-n} \quad (13)$$

és előbbi általánosító gondolatmenetünket ismételve

$$E = c (x_2^{-n_2} - x_1^{-n_1}) \quad (14)$$

A (12) és (14) képletek nagy haladást képviselnek, mert az (1)—(3) képletektől eltérően figyelembeveszik a szemszerkezet megoszlását és pedig a tapasztalatokkal, illetve a fennálló felfogással összehangban a kisebb  $n$  egyenletességi tényezőjű, azaz nagyobb szórású, nagyobb fajlagos felületű halmaznak nagyobb energiátartalmat tulajdonítanak. A képletek legfőbb hiányossága, hogy alapjukul a Schuhmann, vagy Rosin—Rammler-féle megoszlásfüggvények szolgáltak, ezek pedig épp a legfontosabb jellemző, a fajlagos felület mérőszáma tekintetében divergenciára vezetnek.

A képletek használhatóságát gyakorlati példákon kell ellenőrizni. Ebből a célból az Építőanyagipari Központi Kutatóintézetben több kísérletsorozatot végeztünk, amelyek leírása és eredményeinek összefoglalása a függelékben található.

Kísérleti eredményeink azt mutatják, hogy a (11) és (13) képletek az  $n$  egyenletességi tényező hatását túlértékelik, aminek következtében kis egyenletességi tényezőjű halmaz továbbörlése során a számított energiatartalom sok esetben csökkenne, ami nyilvánvalóan lehetetlen. Ez jelentkezett a (11) képlet tekintetében az 1, 2, 4, 6 és 12 sz. kísérleteknél, a (13) képlet tekintetében a 2 és 4 sz. kísérleteknél. Enyhébben bár, de ugyancsak mutatkozik az energiatartalom látszólagos csökkenése akkor is, ha Schuhmann-féle ábrázolással és az ott lemért  $m$  paraméterrel számolunk.

Kísérleteink alapján meg kell tehát állapítanunk, hogy a (12) és (14) képletek sem alkalmasak az aprítás energetikai folyamatainak nemcsak mennyiségi, de minőségi leírására sem.

1.3 A (11) és (13) képletek helyt nem állósága arra utal, hogy hatványtörvénnyel hiába próbálkozunk és más függvényfajtákkal kell a célt megközelítenünk.

Az örlés stochasztikus folyamat és így jogosnak tűnik a matematikai statisztika módszereinek alkalmazása.

Jelöljük az  $R(x)$  eloszlásfüggvény sűrűségfüggvényét  $p(x)$ -el

$$\left( \text{azaz } p(x) = -\frac{dR(x)}{dx} \right)$$

akkor a függvény átlaga

$$M_1 = \frac{\int_0^{\infty} x p(x) dx}{\int_0^{\infty} p(x) dx} = \frac{\mu_1(x)}{\mu_0(x)} \quad (15)$$

ahol

$$\mu_i(x) = \int_0^{\infty} x^i p(x) dx \quad (16)$$

a  $p(x)$  függvény  $i$ -ik momentuma, ahol  $i$  nem szükségszerűen pozitív egész szám.

Az átlag fogalma általánosítható:

$$M_i = \frac{\mu_i(x)}{\mu_{i-1}(x)} \quad (17)$$

vagy

$$M_i = \left( \frac{\mu_i(x)}{\mu_{i-j}(x)} \right)^{\frac{1}{j}} \quad (18)$$

Ha az eloszlás normálva van, azaz  $\mu_0(x) = 1$ , a Rosin-Rammler eloszlás átlaga (15) szerint

$$M_1 = \bar{x} \frac{1}{n}, \quad (19)$$

és általában  $i$ -ik momentuma

$$\mu_i = \bar{x}^i \frac{i}{n}, \quad (20)$$

$M_i$  (17) vagy (18) szerint számított értékét vizsgálva megállapíthatjuk, hogy a Rosin—Rammler-megoszlás esetében  $i < 0$  divergenciára vezet,  $i > 0$  esetén pedig  $n$  növekvő értékei mellett (a 0,5—1,5 előforduló határok között)  $M_i$  értéke csökken,  $i$  nagyobb értéke mellett nagyobb mértékben.

Ha az energiatartalom meghatározására az

$$E = \frac{1}{M_i} \quad (21)$$

képletet alkalmazzuk,  $n$  nagyobb értékei mellett  $E$  nagyobb értékeit nyernők, azaz a tappasztalattal ellentétes eredményre jutnánk. Kimondhatjuk tehát, hogy a statisztikai átlagok segítségével sem jutunk az energiaigény kiszámítására alkalmas módszerhez.

1.4 Ha elfogadjuk — a tapasztalatokkal egyezően, — hogy az energiaigény, ha nem is arányosan, de egyértelműen változik a fajlagos felülettel, továbbá, hogy az eloszlás szórása, ha nem is arányosan, de ugyancsak egyértelműen változik a fajlagos felülettel, akkor megkísérelhetjük az energiaigény kifejezését az eloszlás szórásának számításbavételével.

A számításainkban használt Rosin—Rammler-eloszlás paramétereinek figyelembe vételére célszerűnek látszik formailag az (1) képlet mellett meg-

1. táblázat

A momentumok és a variációs tényező értékei

$n$	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	2
$\frac{1}{n}$	2	1,667	1,428	1,250	1,111	1	0,909	0,833	0,769	0,714	0,667	0,5
$\frac{1}{n-1}$	2	1,508	1,265	1,133	1,052	1	0,965	0,940	0,923	0,911	0,902	0,886
$\frac{n}{2}$	4	3,334	2,856	2,500	2,222	2	1,818	1,667	1,538	1,428	1,334	1
$\frac{n}{2-1}$	24	9,261	6,023	3,323	2,478	2	1,702	1,505	1,366	1,265	1,191	1
$\frac{n}{v}$	21	7,245	4,493	2,057	1,374	1	0,772	0,625	0,520	0,443	0,387	0,228
$v$	4,583	2,691	2,119	1,434	1,172	1	0,879	0,791	0,721	0,666	0,622	0,475

A kísérleti eredmények összeállítása												2. táblázat	
Sor- szám	Örlemény és őrlejtést	$\bar{x}$	n	$\bar{x}^n$	$\frac{1000}{\bar{x}^n} \Delta E$ (13) szerint			$\frac{1000}{n\bar{x}^n} \Delta E$ (11) szerint		v	$x_E$ (24) szerint	$\frac{1000}{x_E} \Delta E$ (24) szerint	
							$\Delta E$		$\Delta E$				$\Delta E$
1.	Cement kiinduló	38	1	38	26,3	—	38	—	1	38	26,3	—	
	cilpebszel	19	1,06	23	43,5	17,2	41	3	0,928	20,5	48,5	22,2	
	acélgolyóval	17	1,28	38	26,3	0	21	—17	0,735	23	43	17	
	porcelángolyóval	23	1,12	34	29,4	3,1	26	—12	0,861	27	37,5	11,5	
2.	Cement-cilpebsz	1 000	0,55	45	22,2	—	40,5	—	3,6	280	3,6	—	
	0 óra	45	1,1	66	15,1	—7,1	13,7	—26,8	0,879	51	19,5	16	
	2 óra	35	1,2	71	14,1	—1	11,8	—1,9	0,791	44	22,5	3	
	3 óra	28	1,27	69	14,5	0,4	11,4	—0,4	0,74	38	26,5	4	
	4 óra	27	1,9	530	1,9	—12,6	1	—10,4	0,5	54	18,5	—8	
	5 óra	28	2	780	1,3	—0,6	0,7	—0,3	0,47	60	17	—1,5	
3.	Normálhomok- cilpebsz												
	1 óra	200	0,75	53	18,9	—	25,2	—	1,77	113	8,8	—	
	2 óra	60	0,85	32	31,2	12,3	36,8	11,6	1,30	46	21,7	12,9	
	3 óra	30	0,95	25	40	8,8	42,2	5,4	1,08	28	36	14,3	
	5 óra	18	1	18	55,5	7,8	55,5	6,7	1	18	55,5	9,8	
	9 óra	14	1	14	71,4	4	71,4	4	1	14	71,4	4	
	11 óra	12	0,98	11,5	87	7,8	89	8,8	1,03	12	85	6	
	15 óra	10	0,8	6,3	158	18	197	27	1,43	7	143	14,5	
	23 óra	40	0,5	6,3	158	0	316	15	4,58	8,7	115	—3,5	
4.	Normálhomok- acélgolyó												
	1 óra	250	0,6	27	37	—	62	—	2,69	93	10,8	—	
	2 óra	60	0,85	32	31,2	—5,8	36,6	—25,4	1,30	46	21,7	10,9	
	3 óra	30	1,1	42	23,8	—7,4	21,6	—15	0,88	34	29,3	7,6	
	4 óra	20	1,1	27	37	13,2	33,6	12	0,88	22,7	44	14,7	
	6 óra	15	1,15	22,5	44,4	3,7	38,6	2,5	0,83	18	55	5,5	
5.	Normálhomok- cilpebsz												
	2 óra	35	1,10	50	20	—	18	—	0,88	40	25	—	
	3 óra	25	1,10	34,5	29	9	26	8	0,88	28	35	10	
	4 óra	20	1,05	23,3	43	14	41	15	0,94	21	47	12	
	5 óra	17	1,05	19,6	51	8	48	7	0,94	18	55	8	
	7 óra	14	1,05	16	62	5,5	59	5,5	0,94	15	67	6	
	11 óra	12	0,9	9,4	106	11	117	15	1,17	10	100	8	
	13 óra	11	0,9	8,7	115	4,5	127	5	1,17	9,4	106	3	
	17 óra	10	0,7	5	200	21	285	40	2,12	4,7	210	25	
6.	Flintkő-cilpebsz szárazon												
	1 óra	170	0,8	61	16,4	—	20,5	—	1,43	120	8,4	—	
	2 óra	65	0,9	43	23,2	6,8	25,8	5,3	1,17	55	18	9,6	
	3 óra	40	1	40	25	1,8	25	—0,8	1	40	25	7	
	4 óra	27	1,1	37	27	2	24,6	—0,4	0,88	31	32	7	
	5 óra	21	1,15	33	30,3	3,3	26,5	2,1	0,83	25,4	39,5	7,5	
	9 óra	18	1,45	66	15,1	—4	10,4	—4	0,64	28,2	35,5	—1	
	11 óra	40	1,45	210	4,8	—5	3,3	—3,5	0,64	63	16	—10	
	15 óra	40	0,7	13	76,9	19	110	27	2,12	19	53	91	
	7.	Flintkő-cilpebsz nedvesen											
2 óra		45	0,9	31	32	—	35,5	—	1,17	38,4	26	—	
3 óra		25	1	25	40	8	40	4,5	1	25	40	14	
5 óra		18	0,95	15,5	65	12,5	68,5	14	1,09	16,5	60	10	
7 óra		22	0,8	12	83	9	103	17	1,43	15,4	65	2,5	
14 óra		200	0,4	8,3	120	5	300	28	10,6	18,8	53	—1,7	
16 óra		250	0,4	9,1	110	—5	275	—12	10,6	23,5	42	—5,5	
8.	Mészke-cilpebsz												
	1 óra	35	0,6	8,5	117	—	195	—	2,69	13	77	—	
	3 óra	17	0,63	6	166	25	263	34	2,52	6,8	148	35	
4 óra	15	0,63	5,5	182	16	288	25	2,52	6	175	27		
9.	Mészke-acélgolyó												
	0 óra	350	0,8	110	9	—	11	—	1,43	245	4,1	—	
	1 óra	27	0,8	14	71	62	89	78	1,43	19	53	49	
	2 óra	18	0,6	5,7	175	104	290	200	2,69	6,7	150	97	

2. táblázat folytatása

Sor- szám	Örlemény és őrlő test	$\bar{x}$	$n$	$\frac{1000}{\bar{x}^n}$			$\frac{1000}{n\bar{x}^n}$		$v$	$x_E$	$\frac{1000}{x_E}$	
				$\Delta E$	$\Delta E$	$\Delta E$	$\Delta E$					
				(13) szerint			(11) szerint		(24) szerint			
10.	Mészke- célpepsz nedv.											
	1 óra	27	0,7	10	100	—	14,3	—	2,12	12,7	78	—
	3 óra	120	0,45	8,7	115	7,5	255	120	6,6	18,2	55	-12
	4 óra	35	0,45	5	200	85	445	190	6,6	5,3	190	135
	5 óra	45	0,45	5,6	178	-22	395	-50	6,6	6,8	145	-45
	7 óra	50	0,3	3,2	312	67	1030	320	47	1	1000	430
	13 óra	100	0,3	4	250	-10	830	-30	47	2	500	-80
	15 óra	450	0,2	3,4	294	22	1470	320	1900	0,25	4000	1750
	33 óra	20 000	0,2	7,3	137	-9	685	-43	1900	10,5	95	-220
57 óra	50 000	0,25	15	67	-3	270	-17	200	250	4	-4	
11.	Mészke acélgolyó nedv.											
	1/2 óra	55	0,55	9	110	—	200	—	3,4	16	61	—
	1 óra	47	0,4	4,6	215	230	535	670	10,6	4,4	225	164
2 óra	42	0,35	3,3	300	85	1000	465	20,4	2,05	490	265	
12.	Cement közön- séges, nagykezdőszil.											
		38	1	38	26,3	—	26,3	—	1	38	26,5	—
		20	1,2	36,5	27,4	1,1	22,8	-3,5	0,79	25,3	39,5	13
13.	Kalc. flintke flintke nedves											
	0 óra	1 800	0,8	400	2,5	—	3,1	—	1,43	1250	0,8	—
	1 óra	90	1	90	11,1	8,6	11,1	8	1	90	11,1	10,3
	2 óra	50	1	50	20	8,9	20	8,9	1	50	20	8,9
	3,5 óra	33	1	33	30	6,7	30	6,7	1	33	30	6,7
	6 óra	22	1	22	45,5	6,2	45,5	6	1	22	45,5	6,2
	10 óra	15	1	15	66,7	5,3	66,7	5,3	1	15	66,7	5,3
	16 óra	11	1	11	91	4,1	91	4,1	1	11	91	4,1
	25 óra	8,5	1	8,5	117	2,9	117	2,9	1	8,5	117	2,9
	40 óra	6,5	1	6,5	153	2,4	153	2,4	1	6,5	153	2,4
65 óra	5	1	5	200	1,9	200	1,9	1	5	200	1,9	

maradni, a halmazt az  $\bar{x}$  szemcsemérettel megadni, az energiaigénynek az  $n$  egyenletességi tényező-től, illetve az eloszlás szórásától való függését pedig oly módon figyelembevenni, hogy az  $x$  méretet mindenkor elosztjuk  $v$ -vel, az  $x$ -re vonatkoztatott „variációs tényező”-vel, ahol  $v$  az  $x$ -re vonatkoztatott négyzetes eltérések négyzetgyökének,  $s$ -nek és  $\bar{x}$ -nek a hányadosa

$s$  és  $v$  a következőképpen számítható ki:

$$s^2 = \int_0^{\infty} (x - \bar{x})^2 p(x) dx =$$

$$= \int_0^{\infty} x^2 p(x) dx - 2\bar{x} \int_0^{\infty} xp(x) dx +$$

$$+ \bar{x}^2 \int_0^{\infty} p(x) dx = \mu_2 - 2\bar{x}\mu_1 + \bar{x}^2 =$$

$$= \bar{x}^2 \left( \frac{2}{n} - 2 \frac{1}{n} + 1 \right)$$

és

$$s = \bar{x} \sqrt{\frac{2}{n} - 2 \frac{1}{n} + 1} \quad (22)$$

$$v = \frac{s}{\bar{x}} = \sqrt{\frac{2}{n} - 2 \frac{1}{n} + 1} \quad (23)$$

végül az energiaigényre jellemző szemcseméret

$$x_E = \frac{\bar{x}}{v} \quad (24)$$

$n$  faktoriális függvényei és a  $v$  tényező értékei az 1. táblázatban találhatóak.

A kísérleti eredmények táblázatos összeállítása (2. táblázat) azt mutatja, hogy a (24) képlettel számolva az őrlés előrehaladásával az energiataralom mindenkor növekszik és pedig — a tapasztalatokkal egyezően — az őrlés kezdeti szakaszában általában gyorsabban. (Az őrlés végső szakaszában mutatkozó jelenségekkel a következő fejezetben foglalkozunk.)

Kimondhatjuk tehát, hogy a (24) képlet alkalmas az őrlés energiaigényének ellentmondásra nem vezető empirikus leírására.

Jegyezzük itt meg, hogy az őrlés energiafogyasztására vonatkozó valamennyi eddig ismert számítási eljárás és képlet, pl. az (1), (2), (3), (5), (13), stb.) éppúgy önkényes feltételezéseken alapul mint a (24) alatti.

### 2. Az őrlés előrehaladása és a szemszerkezet változása

2.1 Az őrlés előrehaladása során az őrlési szemmagyságának csökkenésével egyidejűleg változhatnak és többnyire változik is annak  $n$  egyenletességi tényezője, e változás természetes menete annak növekedését jelenti. Ezt beláthatjuk, ha meggondoljuk, hogy

a) az elméletileg megvalósítható legvégső aprítás a molekulaméretnek elérését jelentené, azaz csupa egyező, — molekulaméretű szemcsét eredményezne. Ez esetben  $n \rightarrow \infty$ ;

b) Smekal hibahelyelmélete (7) kimondja, hogy az aprítási folyamat a testek „hibahelyeiről” indul ki. Minthogy pedig kisebb testekben kevesebb a hibahelyek száma, látszólagos aprítási ellenállásuk megnő, azaz az aprózódó nagyobb szemcsék fokozatosan utolérlik a kisebbeket;

c) azonos átlagos szemcseméret mellett a nagyobb egyenletességi tényezővel bírónak kisebb a felülete és felületi energiája, azaz fokozatosan növekvő egyenletességi tényező mellett viszonylag kisebb energiaráfordítással juthat el kisebb átlagos szemcseméretre. Ugyanezt mondják ki a (12), (14) és (24) képletek is.

Golyósmalmokra vonatkozóan szerző korábbi dolgozatában (8) cementörlési kísérletei alapján a fenti elvvel összhangban levő alábbi képlettel fejezte ki az  $n$  egyenletességi tényező fokozatos növekedését:

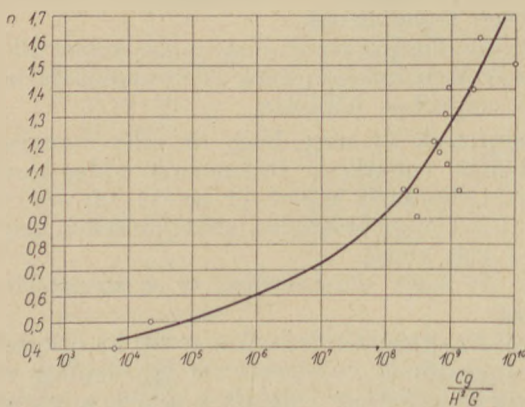
$$n = f\left(\frac{C_g}{H^2 G}\right) \quad (25)$$

ahol  $C_g$  az anyag áthaladási ideje alatt a malomtérben végbemenő őrlőtestbecsapódások összes száma,  $H$  a golyók esési magassága és  $G$  az őrlőtestek átlagos súlya. A (25) empirikus összefüggés egy klinkerfajtára az 1. ábrán látható.

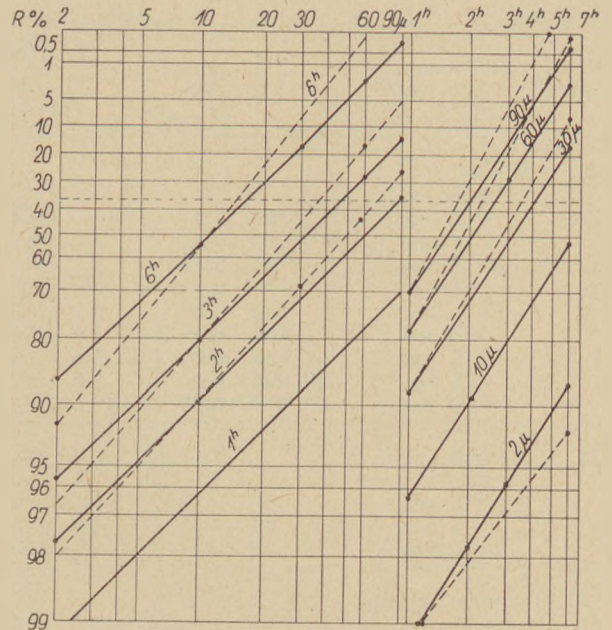
Rammler viszont idevágó tanulmányaiban (5, 9) bevezeti a „finomsági rend” fogalmát, amelyen a szemszerkezeti diagramm  $n$  iránytényezőjének változását érti. Ha az egyenes önmagával párhuzamosan tolódik el, a folyamatot 1. finomsági rendűnek, ha dőlése csökken, 2. és ha növekszik, 3. finomsági rendűnek nevezi. Rammler ismételt hivatkozik Andreasen egy kísérletsorozatára (10), ahol kalcinált flintet nedvesen őrltek, Rammler ennek eredményét 2. finomsági rendűnek ítéli.

A finomsági rend kérdését a függelékben ismertetett kísérleteink alapján igyekeztünk tisztázni. A kísérletek eredményeinek értékelésénél figyelembe kell venni, hogy általános érvényű következtetések levonását két körülmény teszi nehezzé:

1. mérési eljárásaink pontatlanok



1. ábra. Az  $n$  egyenletességi tényező alakulása az őrlőtestbehatások száma és azok energiája függvényében. Örlött anyag: forgókemence-klinker



2. ábra. A nagy és kis szemcsék fogyása  $n$  növekvő irányzatú (a természetes 3. finomsági rend) esetén

2. a szemszerkezet leírására használt Rosin—Rammler-megoszlás csak közelítő érvényű. Ebből a szempontból különösen figyelemreméltó Gebelein megállapítása (11), amely szerint a Rosin—Rammler egyenes egy a nagy szemcséknél felfelé és a kis szemcséknél lefelé elhajló görbének a közelítése.

A Rosin—Rammler-megoszlás ettől eltekintve is csak egy állandósult állapot jellemzője lehet. Számos kísérlet alapján tudjuk (12, 13), hogy a  $p(x)$  gyakorisági függvény maximuma az őrlési folyamat végbemenetele során nem egyszerűen balfelé vándorol, hanem az őrlőtest behatások jellegétől függően a kiinduló helyzetnek megfelelő maximum fokozatosan elsorvad, a későbbi „egyensúlyi” helyzetnek megfelelő maximum pedig fokozatosan kifejlődik. A gyakorisági diagramm tehát általánosságban kétmodusú, ez pedig a Rosin—Rammler-függvénnyel nem írható le.

E megjegyzések előrebocsátásával a függelékben ismertetett kísérletek adatai alapján a következő megállapítások tehetők:

1. Az  $n$  egyenletességi tényező alakulása a (25) képlet és 1. ábra értelmében az őrlőtestbehatások számának növekedésével nő, azok becsapódási energiájának növekedésével pedig csökken. A bemutatott szemszerkezeti ábrák arra utalnak, hogy az 1. ábra jobboldala a rajzon feltüntetett menetetől eltérőleg ellaposodik és az egyenletességi tényező számértéke határérték felé tart, a RRB diagramm eltolódása fokozatosan párhuzamossá válik.

2.  $n$  ezen határértéke a (25) képlet szerint a golyók becsapódási energiájának, adott malomméretreket esetén a golyóméretnek a függvénye.

Nagyüzemi őrlésnél az őrlőtestméretek az őrlés előrehaladásával fokozatosan csökkennek, ami a folyamat természetes alakulását előmozdítja, az őrlemény egyre egyenletesebbé válik,  $n$  értéke növekszik.



3. Laboratoriumi kísérletnél azonban előállíthatók ezzel ellentétes viszonyok is. Ha pl. az előőrlést 8—12 mm-es golyókkal, az utóőrlést 20—22 mm-es cilpebsszel végezzük, lehetővé válik az őrlés folyamán csökkenő egyenletességi tényező (a Rammler-féle 2. finomsági rend) is. Erre látunk példát az 5. sz. kísérletnél (F. 5. ábra).

Érdekes tanulságokkal szolgál a Rammler által taglalt és az imént említett Andreasen féle kísérlet (9, 10), (F. 13. ábra) elemzése.

A Rammler féle ismertetésben nem szerepel az Andreasen által megadott kiinduló (0 jelű) szemcsézet. Ha ezt is felrajzoljuk és semmiféle kiegyenlítést, vagy egyenessel való közelítést nem alkalmazunk (amely  $n$  Rammler szerinti látszólagos csökkenését kiváltja) akkor megállapíthatjuk, hogy 0 és 1 között  $n$  0,80-ról 1-re emelkedik, attól kezdve az 5 és 20 mikron közötti szakasz párhuzamos futású, az ennél nagyobb szemcséknél jelentkező felfelé elhajlás pedig Gebelein megállapításával (11) van összhangban.

Kimondhatjuk tehát, hogy az őrlés kezdő fázisában a Rammler-féle 3. finomsági rend, későbbi fázisában az 1. finomsági rend tekinthető általánosnak, a 2. finomsági rend pedig csak mesterkelt körülmények között, a finomabb őrlés fokozatában nagyobb őrlőtestek alkalmazásával állítható elő.

2.2 Az őrlési finomság növelésével az aprítás mellett és azzal párhuzamosan egyre jobban érvényre jutnak az agglomeráció jelenségei. Ezt a csökkenő szemcseméreték mellett túlsúlyba jutó felületi erők és a szemcséket egymáshoz sajtoló külső erők együttesen váltják ki.

Az agglomeráció lefolyását kísérleti adataink alapján tanulmányozva, a jelenségek és azok egymásutánja nagyon nehezen áttekinthetőnek bizonyul.

A szemszerkezeti diagramok ( $R(x)$ ,  $t = \text{konst.}$ : egymásutánja mellett az ábrákon feltüntetettük a maradványértékek időbeli lefolyását is, ( $R(t)$ ,  $x = \text{konst.}$ ) különböző (valódi és fiktív) szitanyílásokra vonatkoztatva.

Ideális esetben mindkét diagramsor párhuzamos egyenesekből áll (14). Ha a folyamat a természetes 3. finomsági rendet követi, a nagy szemcsék fogyása gyorsabb, mint az apróké (2 ábra).

Kísérleti adataink tanulmányozása azt mutatja, hogy bizonyos őrlési finomság elérésekor többnyire először a nagy szitanyílásra vonatkozó maradék csökkenése áll meg, sőt kezd újra növekedni, míg ugyanakkor a kis fiktív szitanyílásra vonatkozó maradék egy ideig még csökken és csak később változtatja irányzatát. Ez azt jelenti, hogy a kis szemcsék kezdetben nem egymáshoz, hanem a nagyobb szemcsékhez agglomerálódnak. A szemcsézeti diagram szempontjából ez a 2. finomsági rend érvényrejutását jelenti, majd ezt követően a szemszerkezeti vonal már jobbfelé tolódik el. Megállapításainkat jól jellemzik a 3, 9, 10 és 11 sz. kísérletek. Különösképpen figyelemreméltók a 11 sz. kísérlet eredményei: 17 mikron felett a szita-maradék az őrlési idővel növekszik, 17 mikron alatt csökken, 17 mikronnál pedig változatlan

marad. E méretnél tehát az aprózódás és az agglomeráció egyensúlyban van. A 10. sz. kísérlet bemutatója a nedves őrlésnél a víz hatását is: az ábrán jelzett újabb és újabb vízadagolás további finomodást tett lehetővé.

Az aprítás folyamatát tanulmányozva Papadakis azt a megállapítást tette, hogy annak alakulása az aprózás és az agglomeráció eredője (15). Az agglomeráció pedig Papadakis megfontolása szerint a becsapódási energiától függ, akár (25) képletünk szerint az egyenletességi tényező. Az agglomeráció tehát nagy szemszerkezeti szórással együttesen kell, hogy fellépjen, mint azt az imént láttuk is.

Itt kell megfontolnunk a gyakorlattal ellentétes őrlőtestcserével előállítható 2. finomsági rend kérdését is, amely az energiaráfordítás minimumával elérhető szemszerkezet természetes folyamatával ellentétben áll. Ennek magyarázatául a nagyobb golyók okozta agglomeráció szolgálhat.

Számos képletet ismerünk, amely a szemese és a golyóátmérő optimális összefüggését írja elő. Ezek közül a legerjedtebb a

$$cx = d^2 \quad (26)$$

Papadakis (15) a

$$cx^2 = Dd^3 \quad (27)$$

képletet használja, Bond javaslata pedig (16)

$$d = \sqrt{\frac{x}{c}} \sqrt[3]{\frac{\gamma W_i}{C_s \sqrt{D}}} \quad (28)$$

ahol  $x$  a szemese,  $d$  a golyó,  $D$  a malomátmérő,  $c$  állandó,  $W_i$  a Bond féle munkaindex és  $C_s$  a malom fordulatszámja a kritikus fordulatszám százalékában kifejezve,  $\gamma$  az anyag fajsúlya.

Ha az optimális [pl. a (26—28) képletek valamelyikével számított] golyómérettől felfelé eltérünk, az energiaközlés hatásossága, azaz a méretesökkenés — Papadakis gondolatmenete szerint az agglomeráció miatt — leromlik és ennek következtében más — kisebb egyenletességi tényezőjű — granulometria mellett éri el a maximális energiatartalmat.

Papadakis szerint Rittinger törvénye — és hozzátehetjük, a Kick, Bond, Charles, stb. törvények is — azért nem alkalmasak az aprítás tényleges energiaszükségletének meghatározására, mert az agglomeráció okozta energiaveszteséget nem veszik figyelembe. A szóbanlevő képletek és elsősorban (24) képletünk helyes értelmezésében nem is az energiaráfordítást, hanem az energiatartalom növekedést adják meg.

Kísérletsorozatunk táblázatos összeállításában az azonos időtartamú, általában az egy órai őrléssel előállított energiatartalom szerepel. A nagy kísérleti szórást is figyelembevéve megállapítható, hogy az agglomeráció fokozódásakor az energiatartalom növekedésének szabályossága megszűnik, negatív értékek, máskor pedig nagy többletenergiák jelentkeznek.

Az agglomeráció kifejlődésének szakaszában hirtelen jelentkező energiatöbblet magyarázatát Papadakis következő kísérlete szolgáltatja (15).

Egyazon klinkerből 20 ill. 30 mm-es golyókkal bolygóedényes malomban  $4500 \text{ cm}^2/\text{g}$  látszólagos felületű örleményt állított elő. Ezeket 3 mm-es öröltetekkel továbbörölve, megállapította, hogy azonos utóörlési idő elteltével a 30 mm-es golyókkal előörölt minta nagyobb látszólagos fajlagos felületet adott. Papadakis ezt azzal magyarázza, hogy a nagy golyókkal előörölt anyag azonos látszólagos fajlagos felülete mellett nagyobb előzetes aprítást, de egyidejűleg nagyobb agglomerációt szenvedett, majd pedig a 3 mm-es öröltetek az agglomeráció alacsonyabb rendű kötését bontották.

Az agglomeráció különböző rendű kötéseinek létrejötte és bomlása és főként azok egymásutánja nyilván sok paraméternek még ismeretlen és csak nagy fiziko-kémiai és kolloidikai felkészültséggel felderíthető következménye.

A folyamat uralhatatlansága, párosulva a tapadás okozta üzemviteli nehézségekkel viszont egyértelműen arra utal, hogy az örlés e késői fázisát technológiánkból száműzni kell.

2.3 Az aprítás előrehaladásával párhuzamosan jelentkező agglomeráció Hüttiget az örlés egyensúlyi állapotára vonatkozó tétel kimondására készítette (17). Repräsentatív kísérletük a következő volt: 112 mm b. átmérőjű, 1 liter űrtartalmú, 13 mm-es acélgolyókkal feltöltött porcelánmalomban 110 órán át finomszemcsés elektrolit-vörösrezt öröltek. Az örleményt 60 mikronos szitán szétválasztva, a finom és durva frakciót egyaránt 48—48 órán át újraörölve, a finom frakció agglomerálódása és a durva frakció aprózódása révén gyakorlatilag azonos szemszerkezet adódott. Hüttig közlése szerint az egyensúlyi állapot beálltát sikerült más anyagokra is, mint Zn, Al, Fe, üveg és márvány megállapítani. Plasztikus anyagoknál az egyensúlyi állapot nagyobb, rideg anyagoknál kisebb szemcsék tartományába esik. Ugyancsak függ az egyensúlyi állapot az öröltetméretektől is, kisebb öröltetek estén az egyensúlyi szemcseméretetek is kisebbek.

E kérdés elbírálásához vegyük tekintetbe saját kísérleteinket. A mészkőnek cilpebsszel való nedves örlésére vonatkozó 10 sz. kísérletnél a víztartalom növelésével az agglomeráció egyre fokozható volt anélkül, hogy teljes betapadás állt volna elő. A csapágygolyóval való nedves örlésnél pedig (11. sz. kísérlet) az agglomerációnak a szemcsenagyságtól való függését állapíthattuk meg.

Az örléstechnológia szempontjából tehát bennünket az örlés „végső állapota” érdekel. Ha ezt a Rosin-Rammler képlettel akarjuk megközelíteni, akkor azt kell mondanunk, hogy az  $n$  egyenletességi tényezőt (25) képletünk megadja, az  $x$  paraméter azonban sok változó ma még tisztázatlan függvénye. E kérdés oly módon vethető fel, hogy a malom mely szemcsEFRakciókat mily mértékben támad meg és az aprózódás eredményeként mely szemcsEFRakciók mennyisége mily mértékben növekszik. E problémakörrel főként Hüttig, Theimer és munkatársaik foglalkoznak. (13, 18, 19), bevezették az ún. „örlési függvények” fogalmát és analógiát keresnek a kémiai reakciókinetika megfontolásaihoz.

2.4 Láttuk az eddigiekben, hogy a gazdaságos örlést elsősorban az agglomeráció befolyásolja, ez pedig az öröltetméretektől függ. Papadakis bevezette a „hatásos öröltetméret” fogalmát (15), amely alatt az adott szemcseméret eltöréséhez szükséges legkisebb golyóátmérőt érti, meghatározására a (27) képlet szolgál. Papadakis laboratóriumi bolygóedényes malommal végzett kísérletei az öröltetek gyors egymásutánban kisebbekre történő kieserelésének fontosságát igazolták. Ugyanezt igazolják az üzemi malmokban az utóbbi években mindjobban teret nyerő „osztályozó páncclok” is.

Az agglomeráció fellépése nagy mértékben fékezhető felületaktív anyagoknak (pl. gyantaféleségeknek) az öröltérbe adagolásával. Ezek kedvező hatásai közismertek, számolni kell azonban azzal is, hogy a felületaktív adalék az örlemény anyagi tulajdonságait is — kívánatos, vagy nem kívánatos értelemben — befolyásolja. Ismeretes például, hogy az örlési viszonyok javítását célzó törekvés vezetett a közönséges cementektől eltérő tulajdonságú légpórusos cementek véletlen felfedezésére.

Gyökeresen kiküszöbölhetjük az agglomeráció káros hatásait úgy is, hogy nem adunk módot az örölteteknek az aprózódott, nagy felületű szemcsékkel való huzamos egymásrahatásra, azaz ha körfolyamatos örlést alkalmazunk.

Ebből a szempontból a körfolyamatos örlés jellemzőjének azt a körülményt kell tekintenünk, hogy a durva örlés fokozatában mindenkor és elkerülhetetlenül keletkező finom szemcséket leválasztjuk, az utóörlési fokozatra pedig, amely kizárólag finom frakciókat kedvezőtlen és bizonytalan körülmények között állít elő, sor sem kerül. Ez a megállapítás nagyüzemi malmokra, de különösképpen nagy átmérőjű, nagy teljesítményű malmokra fokozottan érvényes, mert a (27) vagy (28) képlet értelmében nagyobb átmérőjű malmoknál a finomörlés fokozatában kezelhetetlenül kis méretű örölteteket kellene alkalmazni.

## FÜGGELÉK

### Az örlési kísérletek leírása és elemzése

A tanulmány fejtegetéseinek alapjául szolgáló örlési kísérleteket az Építőanyagipari Központi Kutatóintézetben végeztük.

Kísérleti berendezésünk 5 liter űrtartalmú, 200 mm b.  $\varnothing$ -jű porcelánmalom volt, percenkénti fordulatszáma 68, töltése 8 kg kb. 20 mm-es cilpebsz, vagy 8—12 mm  $\varnothing$  acélgolyó, egy esetben 2,4 kg 30—35 mm  $\varnothing$  porcelángolyó volt.

Az örlemény szemcsézetének megállapítása 60 mikronig szitálással, az alatt Robinson—Köhnféle készülékben való szedimentálással történt. A szuszpendáló folyadék cement esetében alkohol, más anyagoknál desztillált víz volt, antikoagulensként nátriumpirofoszfát szolgált.

Az egyes kísérletek leírása a következő:

1. Cement utánörlése különféle malomtöltettel:

Kiinduló anyag: cement a következő adatokkal:

$$\bar{x} = 38 \mu, n = 1.$$

a) utánörlés cilpebsszel 6 órán át,  $Cg/H^2G$  kiszámított értéke

$$1,4 \cdot 10^9, \bar{x} = 19 \mu, n = 1,06$$

b) utánörlés acélgolyóval, 6 órán át,  $Cg/H^2G$  kiszámított értéke

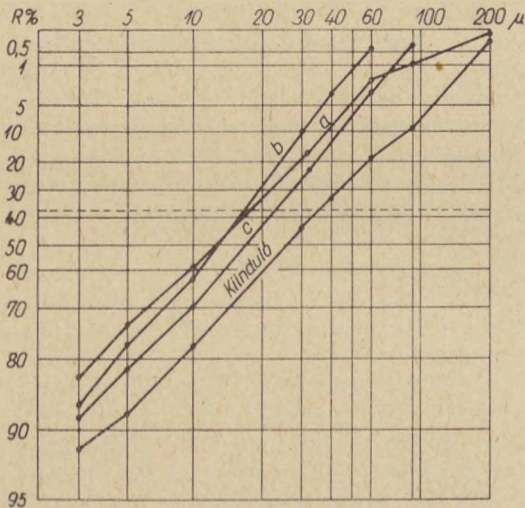
$$3,1 \cdot 10^{11}, \bar{x} = 17 \mu, n = 1,28$$

c) utánörlés porcelángolyóval 20 órán át,

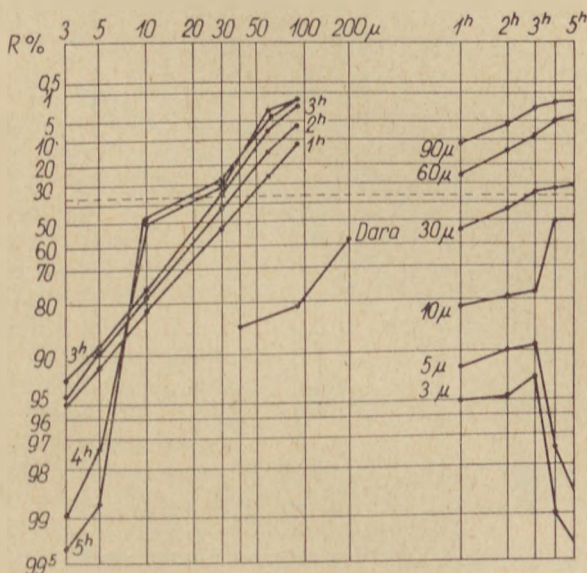
$$Cg/H^2G = 4 \cdot 10^9, \bar{x} = 23 \mu, n = 1,12$$

A 20 órai örlés energiafogyasztása — a surló-dási tényező esetleges változásának elhanyagolásával — a fajsúlyok arányában számítva azonos a) és b) alattival (F. 1. ábra).

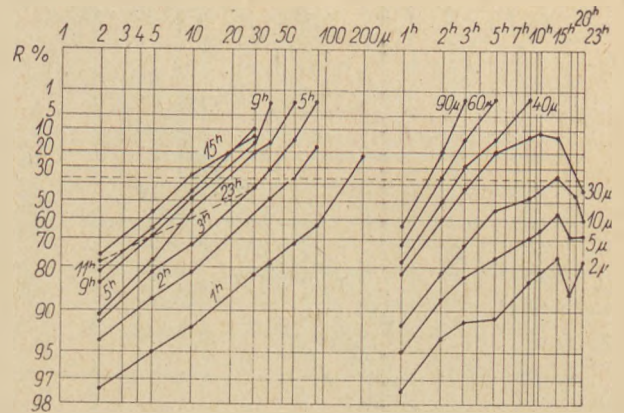
A (11) képlet szerinti számítás, az acélgolyóval és a porcelángolyóval való örlés során előálló energiataralomcsökkenés nyilvánvaló lehetetlenség,  $\Delta E$  (13) képlet szerinti értékei ugyancsak



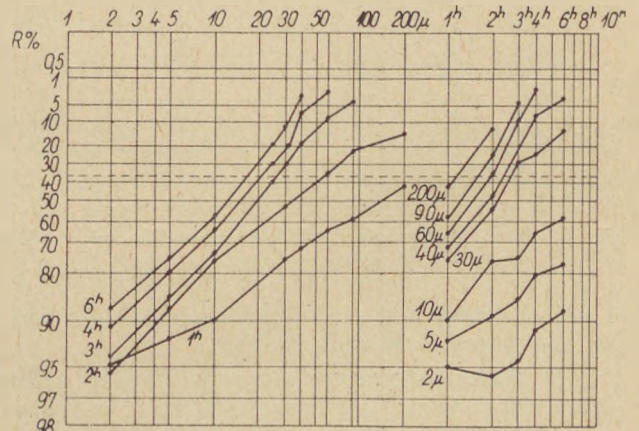
F. 1. ábra. Cement utánörlése a. 20 mm-es cilpebsszel, b. 8–12 mm-es acélgolyókkal, c. 30–35 mm-es porcelángolyókkal



F. 2. ábra. Klinker örlése cilpebsszel



F. 3. ábra. Normálhomok örlése cilpebsszel



F. 4. ábra. Normálhomok örlése acélgolyókkal

lehetetlenek, (24) képlet elfogadható értékekre vezet.

2. Kalapáctörőn előtört és 1,5 mm-es szitán átszitált klinker örlése cilpebsszel. Mintavétel óránként, 6 óra után a malom teljesen betapadt (F. 2. ábra).

A (11) és (13) képletek nyilvánvaló lehetetlenségre vezetnek. A (24) képlet szerinti eredmények elfogadhatók. A 4 és 5 órai örléshez tartozó diagramvonal nagymértékben eltér a RR. egyenestől, az idetartozó számértékek némileg önkényesek. A 4. és 5. órához tartozó negatív  $\Delta E$  értékek az agglomeráció túlsúlyra jutását jelzik.

3. Normálhomok örlése cilpebsszel. 11 óra után egyre erősödő tapadás jelentkezett, 27 óra után a malom teljesen betapadt (F. 3. ábra).

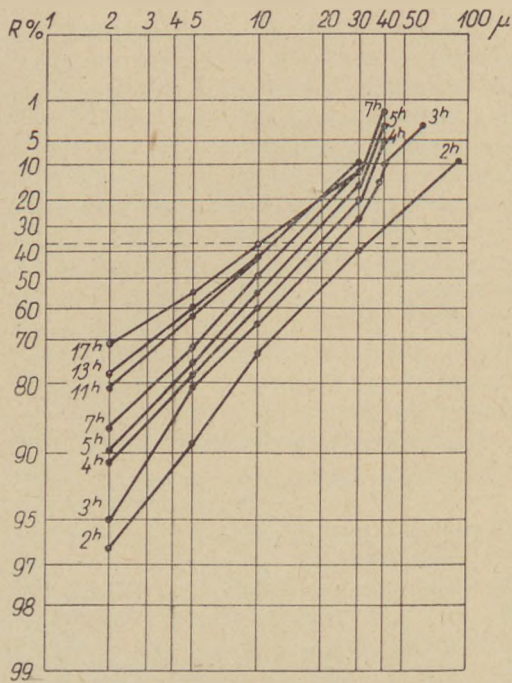
A kezdődő agglomeráció az egyenletességi tényező csökkenésével jelentkezik, 15 órai örlésnél a korábbi repedések érvényre jutnak, majd az energiataralom csökkenése teljes és betapadás következik.

4. Normálhomok örlése acélgolyókkal. Nyolc óra után a malom teljesen betapadt (F. 4. ábra).

Az örlés kezdeti szakaszára a (11) és (13) képlet szerinti energiaacsökkenés lehetetlen, a (24) képlet elfogadható eredményre vezet.

5. Acélgolyókkal 2 órán át előörölt normalhomok továbbörlése cilpebsszel. 19 óra után teljesen betapadt (F. 5. ábra).

Az acélgolyóval való előörlés 1,1 egyenletességi tényezője a cilpebsszel való örlés hatására



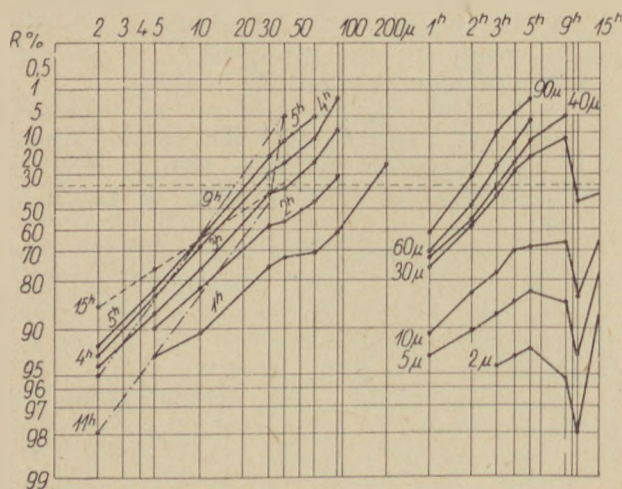
F. 5. ábra. Acélgolyóval előőrölt normálhomok továbbőrlése cilpebsszel

1 alá csökken, a további csökkenés (17 óra) már az agglomeráció következménye.

6. Kalapáctörővel előtört flintkő száraz őrlése cilpebsszel. Laza tapadás 5 óra után mutatkozott és 19 óra után a malom teljesen betapadt (F. 6. ábra).

Az agglomeráció 9 és 11 óra között a szemeszet általános növekedésében mutatkozik. Figyelemreméltó a 11 és 15 órai őrlés között, a teljes betapadás előtt, a korábban keletkezett repedések minden szemcseméretnél kedvező látszólagos energiafogyasztással jelentkező érvényre jutása. Vegyük itt figyelembe, hogy a nagyobb szemcsék az őrlőtestekhez és a falhoz tapadva, a mintavételnél nem juthattak szerephez.

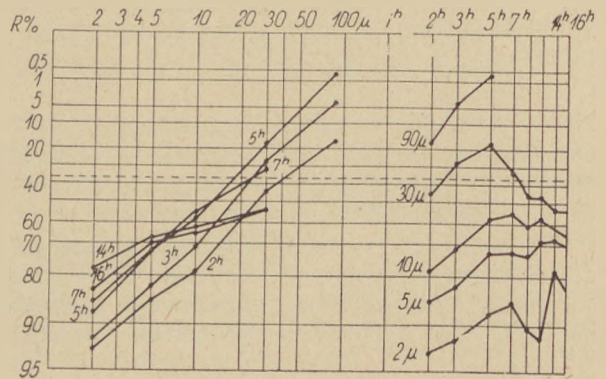
7. Kalapáctörővel előtört flintkő nedves őrlése. Az 1 kg flintkőhöz kezdetben 600 cm<sup>3</sup> vizet adtunk. 11 óra után erős tapadás mutatkozott, ekkor a vízadagot 800 cm<sup>3</sup>-re emeltük.



F. 6. ábra. Flintkő száraz őrlése cilpebsszel

Hasonlóan 16 óra után 1050 cm<sup>3</sup>-re, 22 óra után 1300 cm<sup>3</sup>-re és 26 óra után 1800 cm<sup>3</sup>-re kellett emelni tapadás miatt az őrlési vizet (F. 7. ábra).

Jól mutatja, hogy a nedves őrlés csak kellő víztartalom esetén gátolja az agglomerációt és a szükséges víztartalom növekvő finomsággal egyre nő. A 14 és 16 órai őrlésnél az egyenessel való ábrázolás lehetetlenné válik,  $x$  és  $n$  értékei meg lehetőségen önkényesek.



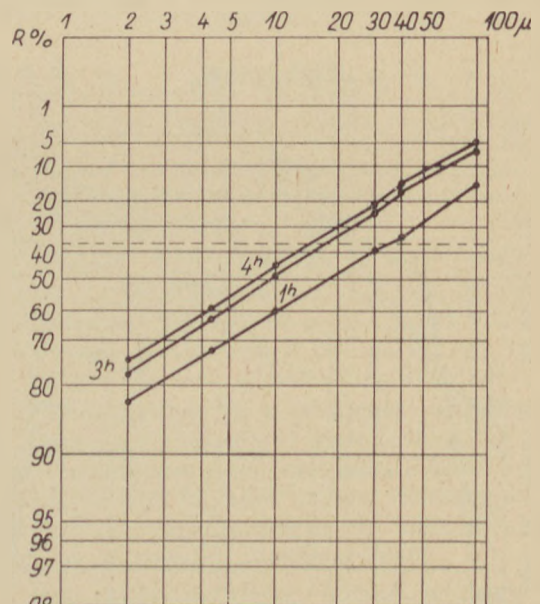
F. 7. ábra. Flintkő nedves őrlése cilpebsszel

8. Kalapáctörővel előtört mészkő száraz őrlése cilpebsszel. 6 óra után teljesen betapadt (F. 8. ábra).

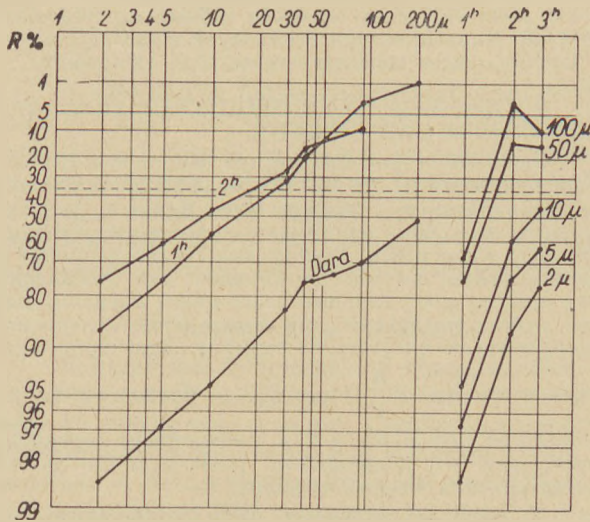
9. Kalapáctörővel előtört mészkő száraz őrlése acélgolyókkal. 3 óra után teljesen betapadt (F. 9. ábra).

Az agglomeráció 2 óra után  $n$  csökkenésében mutatkozik. Az  $R(t)$  diagram jól mutatja, hogy a kis szemcsék a nagy szemcsékhez tapadva azok mennyiségét növelik.

10. Mészkő nedves őrlése cilpebsszel. Vízmennyiség 1 kg mészkőre kezdetben 600 cm<sup>3</sup>, tapadás miatt 4 óra után 700, 7 óra után 800, 11 óra után 1050, 15 óra után 1300, 17 óra után 1550, 23 óra után 2050 cm<sup>3</sup>-re emelve. 57 óra után még őrlhető volt (F. 10. ábra).

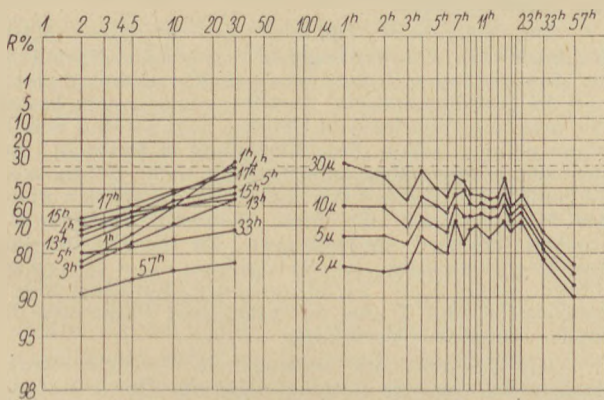


F. 8. ábra. Mészkő száraz őrlése cilpebsszel



F. 9. ábra. Mészkeő száraz őrlése acélgolyókkal

A vízmennyiség nagymérvű növelésével a teljes betapadás meggátolható, de az agglomeráció nem, 4 órai őrlés után a szemszerkezeti vonalak már a durvább felé tolnak el. A rendkívül kis egyenletességi tényező (nagy szórás) a RR. képlettel való számolást már teljesen formálissá teszi, annál is inkább, mert 30 mikron felett a görbék felfelé kanyarodnak (nagy szemcsék nincsenek).  $\bar{x}$  beírt értékei formális extrapolációval adódtak.



F. 10. ábra. Mészkeő nedves őrlése vízzel

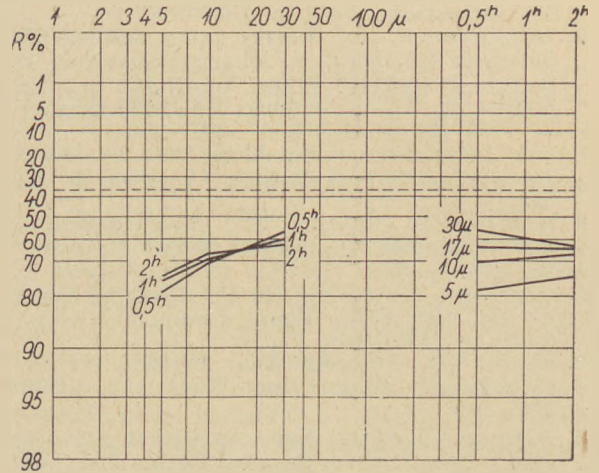
11. Mészkeő nedves őrlése acélgolyókkal. 600 cm<sup>3</sup> vízmennyiség mellett már 1 óra után jelentkezett a tapadás (F. 11. ábra).

A teljes kísérlet az agglomeráció tartományába esik. A 17 mikronos szemesékre az aprózás és agglomeráció teljes egyensúlyba kerül, azok mennyisége a kísérlet tartama alatt változatlan marad. A RR. képlet alkalmazása itt is csak formális.

12. Képzeletbeli kísérlet:  $n = 1$  és  $\bar{x} = 38 \mu$  adatokkal bíró cementből  $n = 1,2$  és  $\bar{x} = 20 \mu$  adatokkal bíró nagy kezdőszilárdságú cement előállítását utóőrléssel.

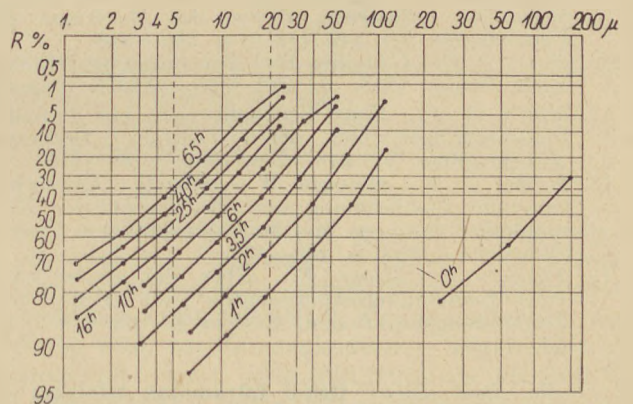
A gyakorlatban előforduló utóőrlés energetikai viszonyainak leírására csakis a (24) képlet alkalmas, a (11) és (13) nem használható.

13. Andreasen kísérlete (10). Kalcinált flintkővet nedvesen őrltek flintkőtöltésű malomban. A silexbélésű dob méretei: 1260  $\varnothing$  × 890 mm,



F. 11. ábra. Mészkeő nedves őrlése acélgolyókkal

fordulatszama kb. 36, a flintkőtöltés súlya 750 kg, a flintkő mérete 35–70 mm, 300 kg kalcinált flintkövet és 260 liter vizet töltöttek a malomba (F. 13. ábra).



F. 13. ábra. Kalcinált flintkő nedves őrlése, Andreasen kísérlete (10)

Andreasen klasszikus, nagy gonddal elvégzett kísérlete a malom- és őrlőtestméretek és a nedves-ségtartalom helyes megválasztása mellett az  $\bar{x} = 5$  mikron rendkívül finomsági eltérést is lehetővé tette. A számítás igen szépen mutatja Papadakis agglomerációs elméletének helytállóságát,  $\Delta E$  az egyes őrlési fokozatokban monoton esőkken.

A 0 és 1 óra közötti időre a viszonyokat csak (24) képletünk írja le elfogadhatóan.

IRODALOM

1. Bond F. C.: The Third Theory of Comminution Mining Engineering 1952. p. 484–494 (AIME Trans. vol. 193).
2. Charles R. J.: Energy-Size Reduction Relationships in Comminution Mining Engineering 1957. p. 80–88 (AIME Trans. vol. 208).
3. Holmes J. A.: A Contribution to the Study of Comminution — a Modified Form of Kick's Law. Trans. Instn. Chem. Engrs. Vol. 35. 1957. p. 125–156.
4. Schuhmann R. Jr.: Principles of Comminution Size Distribution and Surface Calculations. AIME T. P. 1189, 1940.
5. Rammler E.: Die Schuhmannsche Korngrößen-gleichung und Ihr Verhältnis zum Exponential-

- gesetz der Kornzusammensetzung. Z. VDI Beiheft Verfahrenstechn. 1942. p. 103—108.
6. *Schuhmann R. Jr.*: Energy Input and Size Distribution in Comminution. Mining Engineering 1960. p. 161—164 (AIME Trans. Vol. 214).
  7. *Smekal A.*: Grundvorgänge der Hartzzerkleinerung Z. VDI. Bd. 81. (1937) p. 1321—1326.
  8. *Beke B.*: Zementvermahlung im geschlossenen Kreislauf Zement-Kalk-Gips 11 (1958) p. 529—543.
  9. *Rammler E.—Glöckner E.*: Feinheitsordnungen des Mahlgutes Freiburger Forschungshefte A. 15. 1953. p. 521.
  10. *Andreassen A. H. M.*: On the Grinding Capacity of Flint-Ball Mills. Trans. Ceram. Soc. Vol. 29. (1930) p. 239—250.
  11. *Gebelein H.*: Beiträge zum Problem der Kornverteilungen. Chemie Ing. Techn. 28 (1956) p. 773—782.
  12. *Heywood H.*: Some Notes on Grinding Research. Journ. Imp. College Chemical Engng. Soc. London Vol. 6. 1950—52. p. 26—38.
  13. *Patat F.—Langemann H.*: Kinetik der Hartzzerkleinerung Chemie Ing. Techn. 31. (1959) p. 561—568.
  14. *Andrejev Sz. E.—Tovarov V. V.—Perov V. A.*: Zakonomernoszti izmeljesenija i iszcsiszlenie harakterisztik granulometrieseszkogo szosztava Moszkva, 1959. p. 192—193, 247—261.
  15. *Papadakis M.*: Contribution à l'étude des broyeur à boulets industriels. Revue des Matériaux de Construction No. 542. (1960) p. 295—308.
  16. *Bond F. C.*: Grinding Ball Size Selection. Mining Engineering, 1958. p. 592—595. (AIME Trans).
  17. *Hüttig G. F.*: Neue Beobachtungen bei Zermahlungsvorgängen und deren Deutung. Dechema Monographien Nr. 245—268, 1952. p. 96—115.
  18. *Hüttig G. F.—Ebersold W.—Sales H.*: Über eine sinnvolle Beschreibung und Beurteilung von Zermahlungsvorgängen und Mahlanordnungen. Radex Rundschau 1953. p. 489—493.
  19. *Theimer O.—Moser F.*: Über die Auswertung von Zermahlungsexperimenten mit Hilfe von Zermahlungsfunktionen. Kolloid Z. 128. (1952) p. 68—74).

#### Dr. Beke Béla: Örlési folyamatok lefolyása és egyensúlyi állapota.

A Rittinger, Kick—Kirpicsov és Bond-féle elméletek hibája, hogy csak a jellemző szemcsemérettel számolnak és nem veszik figyelembe a szemcsemegoszlást. A Charles, Holmes és Schuhmann-féle képletek az eloszlás szórását figyelembe veszik, de kísérleteink tanúsága szerint sok esetben az őrlés későbbi fázisára kisebb energiataralmat adnak. A közlemény javasolja az energiataralom meghatározására az  $x_E = \frac{\bar{x}}{n}$  jellemző szemcseméret bevezetését, ahol  $\bar{x}$  a 36,8% szitamaradékhoz tartozó szemcseméret és  $n$  a Rosin—Rammler megoszlás  $n$  egyenletességi tényezőjétől függő „variációs tényező”.

Kísérleteink során megállapítottuk, hogy az  $n$  egyenletességi tényező az őrlőtestbehatások számával lassuló ütemben növekszik, a behatások energiájának növelésével pedig csökkenthető. Papadakis szerint az őrlést fékező agglomerációt azonos paraméterek befolyásolják, a szemszerkezet alakulása és az agglomeráció tehát egyértelmű kapcsolatban vannak. Az agglomerá-

ció mérvének növekedése a folyamat egyensúlyi állapotát idézi elő és ez az őrlési időtartam határolását kívánja. Nagyfinomságú őrlémények előállítására ezért a körfolyamatos rendszer mutatkozik előnyösnek.

#### Д-р Беке Бела: ХОД ПРОЦЕССОВ ПОМОЛЫ И СОСТОЯНИЕ РАВНОВЕСИЯ.

Ошибкой теорий Риттингера, Киричсва-Кикса и Бонда является то, что они учитывают в своих расчетах только характерные размеры зерен формулы Карлеса, Хасмеса и Шумана принимают во внимание разброс в распределении зерен, однако, как свидетельствуют их эксперименты, во многих случаях для позднейших фаз помола дают меньшее содержание энергии. Данная работа предлагает для определения содержания энергии ввести следующую формулу характерного раз-

мера зерна  $X_E = \frac{X}{Y}$ , где  $X$  — размер зерна для

остатка на сите 36,8% и  $Y$  — „коэффициент вариации”, зависящий от коэффициента равномерности закона распределения Розин-Раммлера.

В ходе исследований было установлено, что коэффициент равномерности с увеличением числа помольных воздействий медленно увеличивается, а с увеличением энергии воздействий уменьшается. По данным Пападакиса на замедляющую помол агломерацию влияют те же самые параметры, таким образом, оформление зернового состава и агломерация находятся в одинаковой зависимости. Увеличение размеров агломерации приводит процесс в состояние равновесия и это требует ограничения продолжительности времени помола. На основании всего этого для получения продуктов помола повышенной тонкости преимущественной является система замкнутого цикла.

#### Dr. B. Beke: Verlauf und Gleichgewichtszustand des Mahlvorganges.

Die bekannten Theorien von Rittinger, Kick—Kirpitschew und Bond begehen den gemeinsamen Fehler, dass sie nur mit einer einzigen Korngrösse rechnen und die granulometrische Verteilung ausser acht lassen. Die neueren Theorien von Charles, Holmes und Schuhmann nehmen schon diese Verteilung in Betracht, ihre Formeln können aber zahlenmässig nicht richtig sein, da gemäss Verfassers Versuche sie für die spätere Phase des Mahlprozesses oft einen kleineren Energieinhalt ergeben. Es wird vorgeschlagen, für die Bestimmung des Energieinhaltes die Korngrösse  $x_E = \bar{x}/v$  einzuführen, wobei  $v$  ein Variationsfaktor, Funktion von  $n$  bedeutet.  $n$  und  $\bar{x}$  sind die bekannten Parameter der Rosin—Rammler Verteilung.

Im Verlaufe der vollzogenen Versuche wurde festgestellt, dass die Gleichmässigkeitssziffer  $n$  mit der Zahl der Mahlkörpereinwirkungen sich vergrössert und zwar in sich verlangsamendem Masse, mit der Einzelenergie der Einwirkungen aber sich vermindert. Gemäss der Versuche von Papadakis wird die den Mahlvorgang hindernde Agglomeration durch dieselbe Parameter beeinflusst, die Gestaltung der Granulometrie und die der Agglomeration sind demnach in einem einsinnigen Zusammenhang. Das Anwachsen der Agglomeration ruft einen Gleichgewichtszustand des Mahlvorganges hervor und verlangt die Begrenzung des Mahldauers. Für die Herstellung von Mahlprodukten grosser Feinheit ist demzufolge die Anwendung des Kreislaufverfahrens erwünscht.

# Szénporhamufajták fizikai és technológiai tulajdonságai

SASVÁRI GYÖRGY

A vizsgálatok hét szénporhamufajtára terjedtek ki. Ezek az ajkai, borsodi, komlói, pécsi, tatabányai, csepeli és mátrai erőművek melléktermékei voltak. A fizikai és technológiai tulajdonságok közül csak azokat vizsgáltuk, amelyek megítélésünk szerint lényeges jellemzői az építőanyagként történő felhasználás eredményességének.

## 1. Szénporhamu vizsgálatok

A kiindulási átlagmintát e vizsgálatokhoz az egyes erőművek szolgáltatták. A minták mennyisége kb. 100 kg volt. A minta a szolgáltató művek állítása szerint friss termelésű átlagminta volt, ez azonban a szénporhamu kinyerési technológiájának ismeretében friss terméknel kétséges. A pneumatikus pernyeleválasztással működő kazántepeknel ugyanis a keletkező pernyét egy ciklon közvetlenül egy meglehetősen nagy térfogatú gyűjtő szilónak adja át és ezen belül átlagolni nem lehet. Nagyjában hasonló a helyzet a hidraulikus pernyeleválasztással működő kazántepeknel is, ahol a kifolyó hízgagy átlagolása csak sokszori mintavétellel lehetséges és feltehető, hogy a művek ezt a bonyolult mintavételt nem végezték el. Itt kell megemlíteni azonban, hogy a szénporhamufajták értékelésénél a minták átlagosításának nincsen különösebb jelentősége, mert az átlag mindenkor csak a multra vonatkozhat és így a jövőben keletkező szénporhamu minőségére — ennek ismerete lenne tulajdonképpen fontos — alig ad támpontot.

### 1.1 Ömlesztett térfogatsúly.

Az egyes szénporhamufajtákból ismert súlyú és pontos beosztású üvegmenzurába 1 l. mennyiséget mértünk be. A mintát nem szárítottuk, úgy hogy az az uralkodó hőmérsékletnek és telítettségnek megfelelő egyensúlyi nedvességet tartalmazta. A beosztott edényt tartalmával együtt mértük és a mért érték, valamint az ismert edénysúly különbsége adta meg az ömlesztett térfogatsúlyt. Az ömlesztett térfogatsúly egyes pernyefajtákra vonatkozó értékei az 1. táblázatban láthatók.

1. táblázat

Hamufajták	Térfogatsúly kg/l		Fajsúly kg/l	Szemeseporozitás %	
	ömlesztett	szemesep		látszólagos	teljes
Ajkai . . . . .	0,712	2,765	2,788	0,52	0,5
Borsodvidéki . .	0,608	2,018	2,265	10,92	24,0
Csepeli . . . . .	0,695	1,787	1,991	10,22	32,5
Komlói . . . . .	0,615	1,886	1,964	3,98	29,0
Mátravidéki . .	0,700	1,790	2,379	24,79	32,5
Pécsi . . . . .	0,477	1,708	2,328	26,65	35,5
Tatabányai . . .	0,830	1,919	2,558	24,98	28,0

### 1.2 Szemeseporozatsúly.

A hamufajtákból 2 g körüli mennyiséget piknométerbe mértünk és vákuum alkalmazása nélkül

kiforralt desztillált vízzel fedtünk el, majd jelig töltöttük. A buborékokat enyhe rázással eltávolítottuk és mértük. A mérés eredménye azonban csak látszólagos térfogatsúlyt ( $T'$ ) eredményezett, mert nemcsak a szemcsék belső üregeiben hanem felületén is tapadt levegő. A tapadó levegőmennyiség meghatározása céljából azonos szemcsőösszetételre beállított kvarcórleményt használtunk. A kvarcórlemény fajsúlyát meghatároztuk piknométerben először vákuum alkalmazása nélkül, majd az előírással vákuumozás után. Miután a kvarcórlemény szemcséi az anyag természeténél fogva belső üregeket nem tartalmazhatnak, a két módszerrel meghatározott fajsúly különbségét csak a felülethez tapadó légréteg okozhatja. Ha a kvarcórleménnyel nyert kétféle fajsúlyt ( $S_K, S'_K$ ) egymással elosztjuk, akkor olyan tényezőhöz jutunk, amellyel a látszólagos térfogatsúly szorozva a tényleges térfogatsúlyt nyerjük. Képletben kifejezve:

$$T = \frac{S_K}{S'_K} \cdot T'$$

Háromszori párhuzamos méréssel a  $S_K/S'_K$  tényező 1,0298-ra adódott.

A fenti módszerrel meghatározott szemese-térfogatsúlyok a 1. táblázatban találhatóak.

### 1.3 Szemeseporozatsúly.

A hamufajtákból 2 g körüli mennyiséget piknométerbe mértünk, szárazon evakuáltuk, majd vákuum alatt választótölcsér segítségével desztillált vizet töltöttünk a piknométerben lévő anyag fölé, tovább evakuáltunk, végül kiforralt desztillált vízzel jelig töltöttünk és mértünk. A hamufajtákat a mérés előtt súlyállandóságig szárítottuk. Fajtánként két párhuzamos mérést végeztünk. A vákuumozás tartama száraz állapotban 5 perc, vízzel borított állapotban további 5 perc volt. Az alkalmazott vákuum mértéke 53 és 67% között ingadozott.

A mérés eredménye csak látszólagos fajsúlyhoz vezetett, mert az alkalmazott vákuum nem volt teljes és így a levegő egy része a test belső üregeiben rekedt. A vákuum hányad és a térfogatsúly ismeretében azonban az alábbi képlet megadja a szemeseporozatsúlyt:

$$S = S' + \frac{S' - T}{n}$$

ahol  $S$  a fajsúly kg/l

$S'$  a látszólagos fajsúly kg/l

$T$  a térfogatsúly kg/l

$n$  a vákuumhányad Hgmm/Hgmm

A fenti képlet alapján nyert fajsúlyok a 1. táblázatban találhatóak meg. Meg kell azonban jegyeznünk, hogy a fenti számítási mód is csak látszólagos fajsúlyértékeket ad, mert a szemcsék esetleges zárt porozitását nem veszi figyelembe.

### 1.4 Szemeseporozitás.

A látszólagos porozitást a fent leírt módon nyert térfogatsúly és fajsúly értékek segítségével

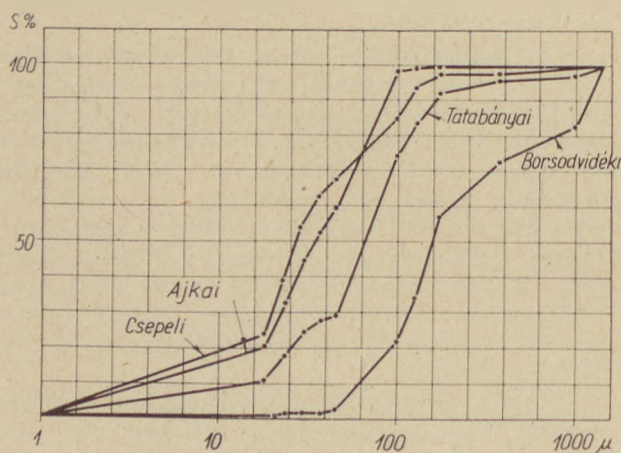
számítottuk. A teljes porozitásnál feltételeztük, hogy a szemese szilárd anyagának tényleges fajsúlya 2,7 kg/l. E feltételezés miatt engedhető meg, mert a szénporhamuhoz hasonló összetételű szilikátok tényleges fajsúlya ekörül az érték körül csak igen kis szórást mutat. Úgy a látszólagos, mint a teljes porozitás értékeit a I. táblázat tünteti fel.

Itt jegyezzük meg, hogy a pontos fajsúlymeghatározás szokásos módját, az igen finom por alakjában történő piknométeres meghatározást nem tudtuk alkalmazni, mert a pernyefajták még igen hosszú őrlés után sem álltak be állandó fajsúlyértékre és további őrléssel a látszólagos fajsúly, ha csekély mértékben is, de tovább fokozódott.

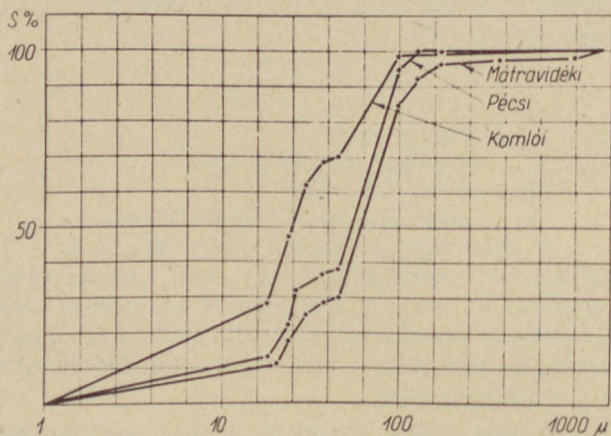
## 1.5 Szemcseeloszlás.

### 1.5.1 Szitaelemzés.

A szitaelemzést hétagú szabványos gépi működtetésű szitasorozatban végeztük. A sorozat a következő jelzésű szitákat tartalmazta: 1,40, 1,00, 0,63, 0,32, 0,20, 0,10, 0,06. A bemért mennyiség mindenkor 100 g, a szitálási idő 20 perc volt. Azt tapasztaltuk, hogy ez a szitálási idő a súlyállandóság eléréséhez szükséges időtartamnak minden pernyefajtára vonatkozóan több, mint háromszoros. A szitaelemzés eredményeit az 1/a és 1/b ábrákon látható szemcseeloszlási görbék mutatják.



1/a. ábra. Szemcse eloszlás



1/b. ábra. Szemcse eloszlás

### 1.5.2 Ülepítései szemcseméret meghatározás.

A vizsgálatot először az általában alkalmazott és közismert Andreasen pipettás módszerrel kezdtük meg, ez a módszer azonban az igen gyors ülepedés miatt a párhuzamos méréseknél igen nagy szórást eredményezett. Emiatt az alábbi módszerhez folyamodtunk.

Az egyes hamufajtákból mintegy 10% száraz anyagot tartalmazó szuszpenziót készítettünk. Eleinte vizes szuszpenziót alkalmaztunk, ez azonban valószínűtlenül nagy szemcseátmérőkhöz vezetett. A hiba nyilvánvaló oka az volt, hogy az egyes szemcsék felületén jelentős adhaerált vízburok keletkezett. Emiatt a szuszpenziót 5% vegytiszta kloroformot tartalmazó acetonnal készítettük el. Ugyancsak 10% szárazanyagának megfelelő koncentrációban. A szilárd rész természetesen csak az egyes hamufajták 0,06 szitaméretén áteső részéből állott, mert a mérés a szitaelemzés kiegészítése volt.

Egy 50 cm skálahosszú mikrobürettát megtöltöttünk a szuszpendáló folyadékkal és az így kialakult 58 cm-es folyadékoszlop hosszát papírjelzéssel 5 egyforma hosszúságú szakaszra osztottuk. Egy szakasz hossza 11,6 cm-re adódott. Ezután a szuszpenzió mintegy 0,5 cm<sup>3</sup>-nyi mennyiségét a bürettában levő tiszta folyadék fölé rétegeztük, 60 másodpercig ülepedni hagytuk, majd 5 másodpercenként papírjeltől papírjelig ürítettük a bürettát. Az 5 szuszpenzió részletet szárított és bemért G4-es téglékben fogtuk fel. A tégléket leszívatták után súlyállandóságig szárítva mértük és ezzel meghatároztuk hamutartalmuk súlyát. Az 5 téglé tartalma együttesen adta a 100%-ot.

Az ülepedési utak és idők ismeretében a Stokes féle ellenállási tényező figyelembevételével az átlagos szemcseátmérőt az alábbi képlet adja meg:

$$d = \sqrt{\frac{18 v \gamma_l l}{g (\gamma - \gamma_l) t}}$$

ahol  $v$  a kinematikus viszkozitás m<sup>2</sup>/sec

$\gamma_l$  a folyadék fajsúlya kg/m<sup>3</sup>

$l$  az ülepedés útja m

$g$  a földi gyorsulás m/sec<sup>2</sup>

$\gamma$  az ülepedő szemcse térfogatsúlya kg/m<sup>3</sup>

$t$  az ülepedési idő sec

Fajtánként 3 párhuzamos mérést végeztünk. A módszer a párhuzamosoknál jó egyezést adott és általában ilyen gyors ülepedés esetében használhatónak bizonyult. A módszer igen érzékeny arra, hogy a büretta pontosan függőleges irányban helyezkedjék el, mert a legkisebb ferdelet zavaró turbulenciához vezet. A fenti módon végzett mérések eredményét az 1/a és 1/b ábrák szemléltetik.

A szemcseösszetétel a borsodi, tatabányai és mátravidéki hamuknál rendellenes görbéhez vezet, amelyen kb 1 mm átmérőnél éles törés mutatkozik. A többi hamufajta eloszlási görbéje nagyjából normális lefolyású.

### 1.6 Gőzadszorpció telített levegőből.

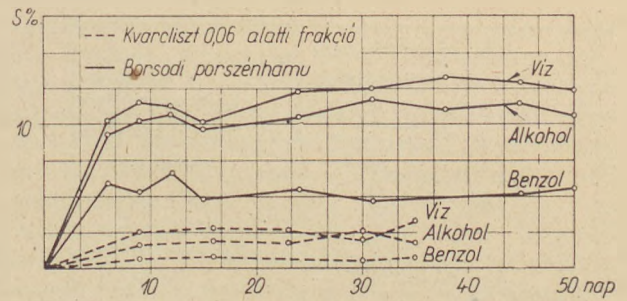
Az állandó hőmérsékleten lefolyó gőzadszorpcióból következtetni lehet a porok belső felületére. Emiatt megmértük a szénporhamufajták gőzad-



szorpcióját állandó hőmérsékleten háromféle anyag gőzével telített szobahőmérsékletű légtérben. A három alkalmazott szobahőmérsékleten is nagy tenziójú folyadék a víz, az etilalkohol és a benzol volt. Azért választottuk ezt a hármat, mert a vízmolekula bipoláris, a benzolmolekula pedig nem poláros. Miután azonban feltételezhető, hogy a szénporhamu vízzel reagáló oxidokat szabad állapotban is tartalmazhat, emiatt egy másik bipoláris és nagytenziójú folyadékot is figyelembe vettünk és erre a célra az etilalkoholt választottuk.

Minden adszorbeálendő gőzhöz a hamufajtákból két párhuzamos mintát mértünk be. A bemérés becsiszolt fedelű szárítóedénybe történt. A bemérés előtt a hamufajtákat 105 C°-on súlyállandóságig szárítottuk. Ezután a minták olyan exszikkátorba kerültek, amelynek légmentes zárásáról meggyőződöttünk és amelynek alsó öblében néhány centiméteres rétegben a telítőfolyadékot helyeztük el. A bemért mintákat többnapos időközönként analitikai pontossággal mértük. Az adszorbeált anyagból származó súlyszaporulat és az adszorpciós idő összefüggését a vizsgált hamufajtáknál a 2/a, 2/b és 2/c ábra mutatja be.

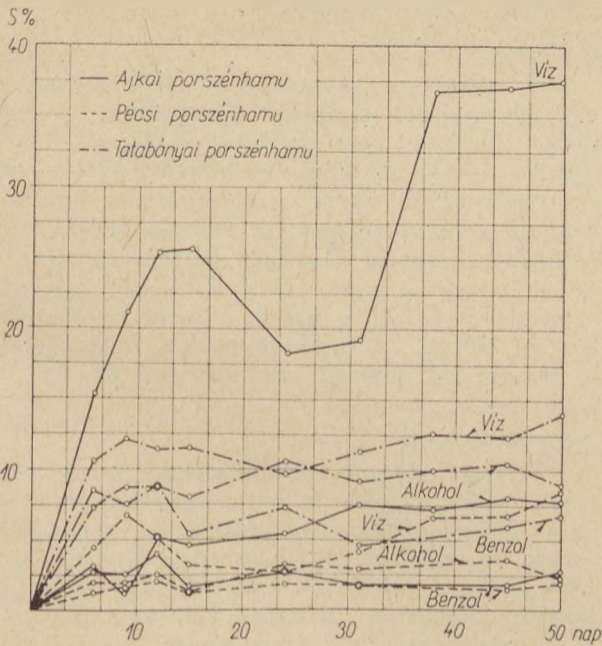
A teljes mérés időtartama 50 nap volt. A mérés alkalmatlan abszolút értékek meghatározására és csak összehasonlítási alapot ad. Ilyen összehasonlító méréseket végeztünk kvarcliszttel, mint olyan porral, amelynek belső tagozottsága nincs,



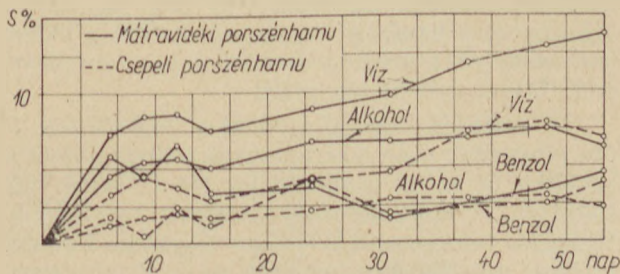
2/c. ábra. Adszorpciós egyensúly szobahőmérsékleten

továbbá szilikagéllal, amely mint adszorbens, igen nagy belső tagozottságú por. Mindkét összehasonlító anyagnál olyan porkeveréket alkalmaztunk, amely szemcseösszetétel tekintetében megközelítette az átlagos szénporhamu-összetételét.

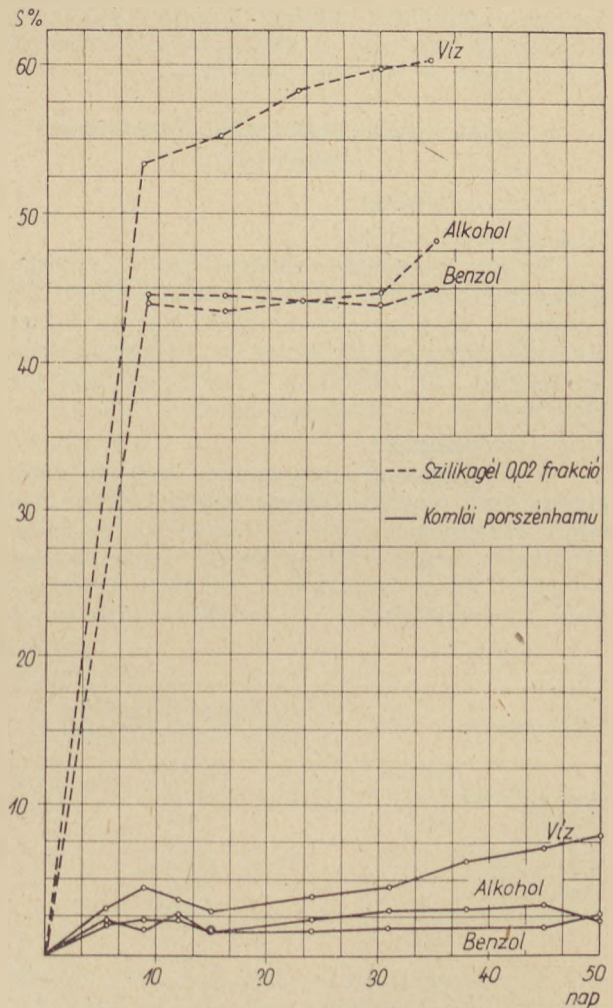
A mérések azt bizonyították, hogy a pernyeszemcsék belső pórusfelülete a külső felületnek 2—5-szöröse. Megállapítható volt ezenfelül, hogy minden vizsgált pernyefajta a vizsgált nem tisztán fizikai adszorpció, hanem kemoszorpció útján köti meg, mert a két organikus gőz esetében a minták mintegy 20 nap alatt telítődtek, víz esetében ezzel szemben az 50 napos mérési idő alatt a legtöbb minta nem jutott el a telítettséig és a görbe végig emelkedő tendenciát mutatott.



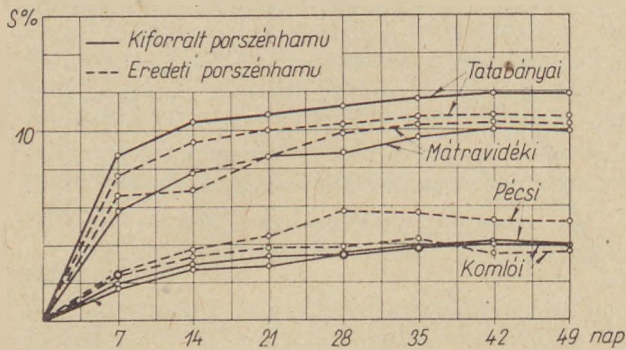
2/a. ábra. Adszorpciós egyensúly szobahőmérsékleten



2/b. ábra. Adszorpciós egyensúly szobahőmérsékleten



2/d. ábra. Adszorpciós egyensúly szobahőmérsékleten



2/e. ábra. Vízgőz adszorpció telített levegőből szobahőmérsékleten.

1.7 A vizoldható sótartalom hatása a szénporhamufajták vízgőzadszorpciójára.

Az egyes szénporhamufajtából nagyobb mennyiséget, mintegy tízszeres mennyiségű vízben 3 órán át forraltunk. A forralás után szűrtünk és hideg desztillált vízzel többször mostunk, 105 C°-on súlyállandóságig szárítottunk és az így kapott anyagból három párhuzamosban 2 g körüli mintákat becsiszolt fedelű szárítóedényekben mértünk.

Ellenőrzésképpen az eredeti szénporhamufajtából is hasonló mintákat mértünk be. A kétféle mintasorozatot ezután légmentesen záró és vizet tartalmazó exsikkátorba helyeztük. A súlyszaporulatot hetenként mértük. A teljes mérés időtartama 49 nap volt. A súlyszaporulat és az időösszefüggését a 2/d ábra szemlélteti.

2. Égetett mésszel kötött szénporhamutestek vizsgálata

2.1 Nyomószilárdság.

2.1.1 Masszaösszetétel.

Kétféle összetételt alkalmaztunk. Az első a száraz szénporhamu súlyára vonatkoztatva 15%, a második 25% kereskedelemben kapható 0.1 szitán áteső mésszporthoz tartozott. Az égetett mészpor szabad CaO tartalma — amelyet állandóan ellenőriztünk — átlagosan 85 s.% volt.

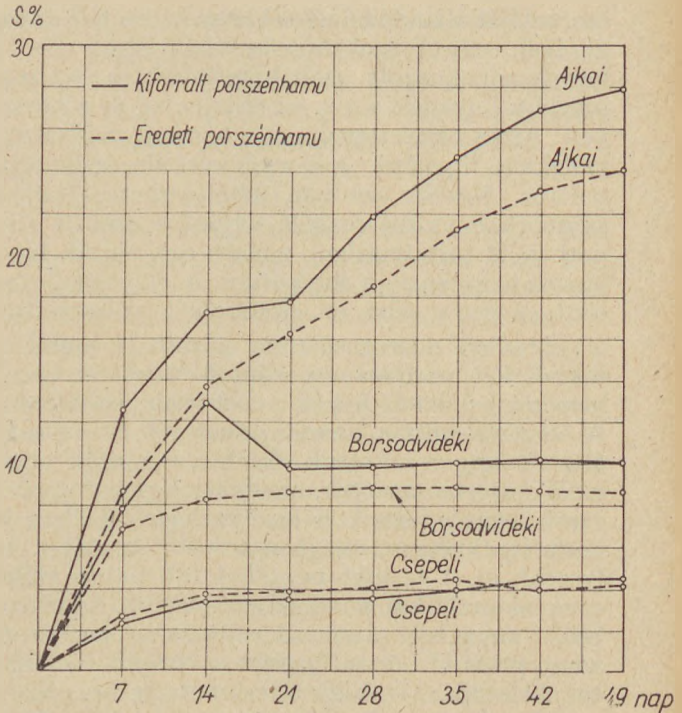
2.1.2 Masszakészítés.

A szénporhamu és az égetett mészpor bemért mennyiségét porcelántálban szárazon elkevertük, majd részletekben állandó keverés közben hozzátöltöttük a formázáshoz szükséges vízmennyiséget. A legjobb formázhatósághoz szükséges vízmennyiséget hamufajtánként a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat

Hamufajta	Optimális vízmennyiség a száraz hamu s.%-ában
Borsodvidéki ..	41,6
Csepeli .....	50,0
Komlói .....	50,0
Mátravidéki ...	54,1
Pécsi .....	50,0
Tatabányai ....	50,0

A nedves massza az elkeverés után szobahőmérsékleten addig pihent, amíg a mész oltása következtében mintegy 70 C°-ról kb 30 C°-ra le nem



2/f. ábra. Vízgőz adszorpció telített levegőből szobahőmérsékleten.

hűlt. A kétféle összetételben szereplő különböző mésszmennyiség nem befolyásolta észrevehetően a formázási vízszükségletet.

2.1.3 Formázás.

A lehűlt nedves masszából acélformában 20 mm élhosszúságú kockákat döngöltünk. A forma csiszolt felületeit nem olajoztuk és szappanoldatot sem alkalmaztunk, hogy elkerülhessük az így esetleg bekövetkező zavaró hatásokat. A formázás kezdi döngöléssel történt. A formába púpozottan betöltött masszára fakockát helyeztünk és erre fakalapáccsal 15 ütést mértünk. Ezután a formát megfordítottuk és a másik oldalon a döngölést megismételtük. A masszafelülelet letisztítottuk és az így kiformázott próbatesteket 24 órán át pihentettük.

2.1.4 Szilárdítás.

Kétféle módszert alkalmaztunk. Az első esetben a próbatesteket 24 óra pihentetés után 100 C°-os telített gőztérbe helyeztük. Itt 12 órát töltöttek. E célra egy 50 l hasznos térfogatú sterilizáló kazán szolgált. A testeket nem egymásra raktuk, hanem egy rétegben tálcákon helyeztük el. A gőz hatása így egyenletesen érvényesülhetett. 12 óra letelte után a próbatesteket ismét kétféleképpen kezeltük. Egyrészt 24 órás pihentetés után nyomószilárdságvizsgálat alá került, a hátralévő mennyiség viszont csak 40 napos szobalevegőn történt pihentetés után.

A második kezelési módnál a próbatestek 24 óra pihentetés után 8 at nyomású telített gőztérbe kerültek és az itt uralkodó kb 180 C°-on 8 órát töltöttek. A autoklávólást a Csepeli mészhomok-téglagyár üzemi autoklávjaiban végeztük. Laboratóriumi autoklávban ugyanis az volt a tapasztalat, hogy a hőelemes vezérlés túlságosan nagy

nyomásingadozást okozott és a nagy relatív nyomásesések alkalmával a próbatestek már a kezelés elején kiszáradtak. Ennek következtében víztartalmuk annyira leszállt, hogy a kötést okozó vizet igénylő reakció csak kismértékben tudott lejátszódni.

Az autoklávban szilárdított sorozatoknál csak a gőzölés utáni szilárdságot határoztuk meg 24 órai pihentetés leteltével. Úgy gondoltuk ugyanis, hogy a 100 C°-on szilárdított próbatesteknél vizsgált 40 napos pihentetés után mért szilárdsági érték eléggé általános következtetéseket enged meg.

### 2.1.5 Mérés.

A nyomószilárdság meghatározását egy AKV gyártmányú Sz 5-1 típusú univerzális nyomó-húzó-hajlító szilárdságmérő készüléken végeztük. A próbatest befogása előírásosan gömbcsuklós aljzattal történt. A nyomóorsó emelkedési sebessége 12 mm/perc volt, valamivel magasabb a próbatest

méreteire vonatkoztatott vizsgálati szabvány szerinti értéknél. Ennek az lehet a következménye, hogy a kapott nyomószilárdságértékek valamivel magasabbak a valóságos értéknél, de az értékek egymás között helyes arányt mutatnak. A rendelkezésre álló készülék ugyanis nem engedett meg ennél kisebb emelkedési sebességet. Egy vizsgált sorozat a szabványnak megfelelően mindenkor 10 próbatestből állt. Az egyes hamufajtákra vonatkozó mérések eredményeit a 3/a és 3/b táblázat mutatja.

### 2.2 Térfogatsúly.

A vizsgálatot a nyomószilárdság megállapításához készített próbatesteken végeztük. A mérés a hőkezelt és pihentetett próbatesten történt annak széttörése előtt. A próbatesteket mindhárom térbeli irányban a felület három pontján mikrométerrel mértük és az így kapott méretekből számítottuk ki a próbatestek térfogatát. A próbatestek súlyának megállapításához egy 10 próbatestből álló sorozatot együttesen mértünk meg. A hossz mérés

3/a. táblázat

Hamufajták	Porszenhamu + 15 s.% CaO-dal készült próbatestek átlagos nyomószilárdság kg/cm <sup>2</sup>			
	100 C°-on szilárdítva gőzölt állapotban	100 C°-on szilárdítva súlyállandóságig szárítva 105 C°-on	100 C°-on szilárdítva gőzölés után 40 nappal szabadlevegőn tárolva	180 C°-on szilárdítva autoklávolt állapotban
Ajkai .....	Szétrepedt	Szétrepedt	Szétrepedt	Szétrepedt
Borsodvidéki ..	25,35	24,61	22,66	3,20
Csepeli .....	61,65	95,98	86,33	55,53
Komlói .....	29,83	29,72	32,92	50,93
Mátravidéki ..	80,04	96,74	73,74	37,16
Pécsi .....	7,88	13,67	12,29	21,10
Tatabányai ..	18,50	37,98	18,91	34,09

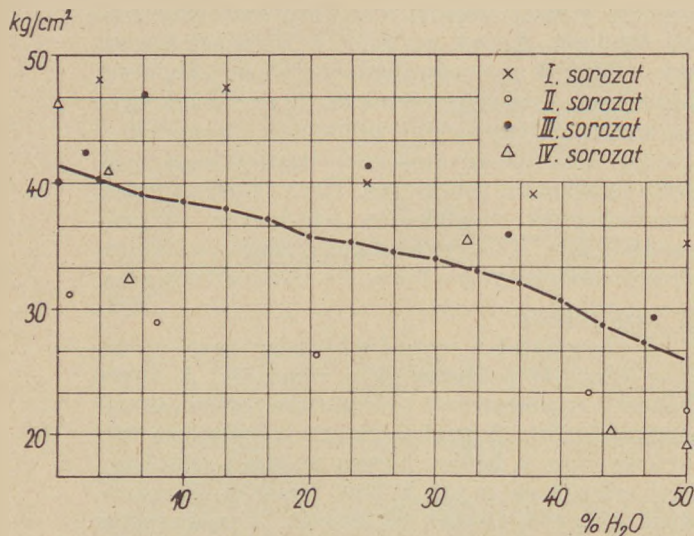
3/b. táblázat

Hamufajták	Porszenhamu + 25 s.% CaO-dal készült próbatestek átlagos nyomószilárdsága kg/cm <sup>2</sup>		
	100 C°-on szilárdítva gőzölt állapotban	100 C°-on szilárdítva súlyállandóságig szárítva 105 C°-on	180 C°-on szilárdítva autoklávolt állapotban
Ajkai .....	Szétrepedt	Szétrepedt	Szétrepedt
Borsodvidéki ..	14,54	9,57	14,06
Csepeli .....	33,84	47,68	66,43
Komlói .....	20,51	23,23	71,83
Mátravidéki ..	41,86	40,96	27,28
Pécsi .....	11,48	11,69	33,24
Tatabányai ..	13,54	14,90	57,91

### Termék térfogatsúly

4. táblázat

Hamufajták	Térfogatsúly kg/l <sup>-1</sup>							
	15 s.% CaO, 100 C°-on		25 s.% CaO, 100 C°-on		15 s.% CaO, 180 C°-on		25 s.% CaO, 180 C°-on	
	frissen hőkezelés után	frissen hőkezelés után	frissen hőkezelés után	105 C°-on szárítva	frissen hőkezelés után	105 C°-on szárítva	frissen hőkezelés után	105 C°-on szárítva
Ajkai .....	—	—	—	—	—	—	—	—
Borsodvidéki ..	1,260	1,047	1,085	0,980	0,885	—	1,046	—
Csepeli .....	1,216	1,031	1,075	0,959	1,140	—	1,217	—
Komlói .....	1,139	0,920	0,971	0,894	1,002	—	1,085	—
Mátravidéki ..	1,208	0,993	1,194	1,020	0,941	—	0,941	—
Pécsi .....	1,081	0,758	0,880	0,730	0,727	—	0,816	—
Tatabányai ..	1,364	1,106	1,091	0,954	1,057	—	1,169	—



3/a. ábra. Nyomószilárdság és nedvességtartalom összefüggése

0,01 mm a súlymérés 0,1 g pontossággal történt. Az egyes szénporhamufajtákra vonatkozó térfogatsúlyokat a 4. táblázat közli.

### 3. A csepeli szénporhamu részletes technológiai vizsgálata

A vizsgált hét szénporhamufajta közül a Csepeli Erőmű hamuját használtuk fel arra a célra, hogy építőanyagként történő felhasználás tekintetében részletes vizsgálatnak vessük alá. A csepeli hamu felhasználását az indokolta, hogy ezt az anyagot már több ízben és meglehetősen nagy mennyiségben alkalmazták előregyártott szénporhamubeton (pernyebeton) építőelemek készítésére. A Csepeli Vasmű közel 200 kétlakásos lakóházat épített ebből az anyagból.

3.1 A nyomó, ill. húzószilárdság és a víztartalom összefüggése.

3.1.1 A nyomószilárdság a víztartalom függvényében.

A Csepeli Erőmű szénporhamu-falpanel üzemében kötőanyagként égetett mész és portlandcementkeveréket alkalmaztak. E kísérleteknél igazodtunk az üzem massaösszetételéhez és oly keverékből indultunk ki, amely 120 g/l égetett meszet és 120 g/l portlandcementet tartalmazott. E masszából négy, egyenként tíz darabból álló próbakockasorozatot készítettünk. A próbatestek élhossza szabványszerűen 70 mm volt. A testeket a 2.1.3 szerint formáztuk, 24 órát pihentettük és a csepeli falpanel gyár érlelő vermeiben indirekt melegítéssel, kb. 50 C° átlagos hőmérséklet mellett 12 órán át szilárdítottuk. Az így nyert próbatesteket egy heti pihentetés után 3 órás forralással vízzel telítettük. Az első sorozatot (50 db) 0, 5, 12, 24 és 40, a másodikat 0,6, 15, 30 és 50, a harmadikat 0,4, 8, 12 és 16, a negyediket 0,4, 8, 12 és 16 órás 105 C°-on történt szárítás után nyomószilárdságvizsgálatnak vetettük alá. A víztartalmat a széttört próbakockák anyagából határoztuk meg. Az 5 × 4 sorozat átlagolt nyomószilárdságértékeit a víztartalom függvényében a 3/a ábra szemlélteti.

3.1.2 Húzószilárdság a víztartalom függvényében.

Az előző pontban ismertetett massaösszetételből indultunk ki. A próbapiskóták formázási módja is ugyanaz volt. A szilárdítást 100 C°-os gőztérben direkt gőzöléssel 12 órán át végeztük. Összesen 110 próbapiskóta készült. Ezek közül egy 60 tagú sorozatot 0, 2, 4, 6, 8 és 10 órás, egy 50 tagú sorozatot pedig 2, 5, 7, 10 és 26 órás 105 C°-on történt kezelés után vizsgáltunk húzószilárdság tekintetében. A méréshez szabványos sörétes terhelésű húzómérleget alkalmaztunk. Megfigyelésünk az volt, hogy a nedves állapotban húzott próbapiskóták a szakadás előtt 0,2–0,5 mm-t nyúltak. A húzószilárdság így nyert értékeit a víztartalom függvényében a 3/b ábra mutatja be.

A 3/a és 3/b ábra összehasonlításakor jól megfigyelhető, hogy a nyomószilárdság növekvő víztartalommal csökken, a húzószilárdság viszont — legalábbis látszólag — nő.

3.2 Az alkalmazott kötőanyagmennyiség és a nyomószilárdság kapcsolata.

3.2.1 A vizsgált massaösszetétel.

Kétféle kötőanyagot vizsgáltunk, és pedig a kereskedelmi minőségű égetett mészpórt 0,1-es szitán átbocsátva és a Tatabányai Cementgyár 500-as jelzésű portlandcementjét. Az adagolást mindkét kötőanyagnál 120 g/l-ről 40 g/l-enként 240 g/l-ig emeltük, eszerint 120, 160, 200 és 240 g/l összetételű masszák kerültek vizsgálat alá. Ellenőrzésképpen ugyanilyen kötőanyagadagolás mellett szénporhamu helyett hasonló szemcseösszetételű kvarciszttel is készítettünk sorozatokat.

3.2.2 Masszakészítés.

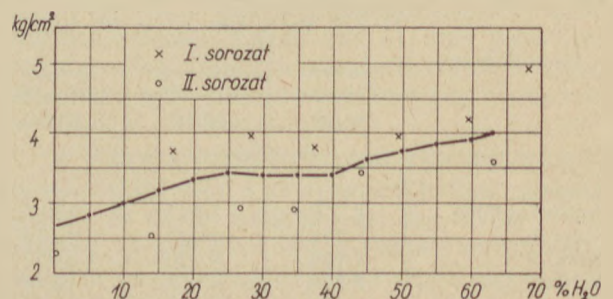
A 2. táblázat szerint a csepeli hamura vonatkozó legkedvezőbb vízmennyiséggel készítettük a masszákat. Egyébként ugyanazt a módszert alkalmaztuk, mint amelyet a 2.1.2 pontban már részletesen ismertettünk.

3.2.3 Formázás.

A készített próbatestek mérete tekintettel a nagyszámú sorozatra, csökkentendő volt. Emiatt megfelelő acélformában 20 mm élhosszú kockákat készítettünk. Az eljárás egyébként tökéletesen ugyanaz volt, mint a 2.1.3 pontban.

3.2.4 Szilárdítás.

A próbatesteket 24 órás pihentetés után 8 órán át 100 C°-os gőztérben szilárdítottuk. A szilárdítás céljára egy kb 50 l-es sterilizáló auto-



3/b. ábra. Szakitószilárdság és nedvességtartalom összefüggése

klávtot használtunk, ennek tálcáin a próbakockák egy rétegben helyezkedtek el. A gőzölés után 24 órát pihentettük.

### 3.2.5 Mérés.

A nyomószilárdság meghatározását egy R. Schopper, V.E.B. gyártmányú precíziós nyomógépen végeztük. A nyomóerő emelkedése  $2,2 \text{ kg/cm}^2\text{s}$  volt, így a szabványban meghatározott maximumon belül maradt.

Az emelkedő kötőanyagmennyiséggel kapott nyomószilárdságértékeket a 4/a ábra mutatja be.

A 4/a ábrából világosan látható, hogy az égetett mész hatásosabban köti a szénporhamut a portlandcementnél. E jelenséget nem magyarázhatja egyedül az égetett mész finomabb eloszlása, mert az ellenőrzésképpen kvarcliszttal készült próbatestek esetében a cement jobb kötést biztosított, pedig a mész az oltódás folyamán itt is igen finom porrá diszpergált és ilyen állapotban vette körül a kvarcsemcséket. Nyilvánvaló, hogy a mész mint kötőanyag aktiválja a szénporhamu rejtett hidraulikus sajátosságait és ennek eredménye a fokozott kötés. Az ellenőrző kvarcliszttel készült sorozatoknál a mézsmennyiség növekedésével a nyomószilárdság romlik, szénporhamu esetében azonban kezdetben nő, majd 200 g/l adagolás mellett kifejezett maximumot mutat. E jelenség magyarázata az lehet, hogy a kvarcsemcsék felületén csak a friss törésfelületen jelenlévő szabad vegyértékek reakcióképesek. Ezek aránylag kis száma miatt kevés mézsmolekula kötődik és így már csekély mézsfelület esetében is inert mézsréteg marad az egyes kvarcsemcsék között. Ezzel nyilvánvalóan romlik a próbatest kötöttsége és ezzel együtt nyomószilárdsága is. Feltehető, hogy az üveges szövetű szénporhamunál a szilárdítás hőmérsékletén nemcsak a felület kovásvmolekulái reagálnak, hanem lassú diffúzió útján az üveg szubsztancia mélyebben fekvő kovásvmolekulái is.

### 3.3 Az alkalmazott kötőanyagmennyiség és a térfogatsúly kapcsolata.

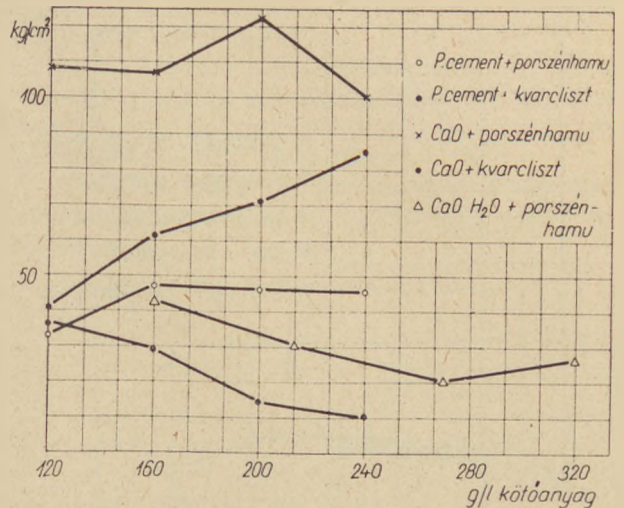
A massaösszetétel formázás és szilárdítási mód teljesen azonos volt a 3.2 alatt ismertetett módszerekkel.

A próbakockákat mind nedves, mind pedig  $105^\circ\text{C}$ -on súlyállandóságig szárított állapotban mikrométerrel pontosan lemértük. Háromirányú háromszori mérés átlagait összeszorozva kaptuk meg az egyes próbatestek térfogatát. A próbatestek súlyát úgy állapítottuk meg, hogy az egyes sorozatokat (10 próbatest) 0,1 g pontossáig mérleggel lemértük. A hossz-mérés 0,01 mm pontossággal történt. A térfogatsúly változását a kötőanyag változásának függvényében a 4/b ábra mutatja be.

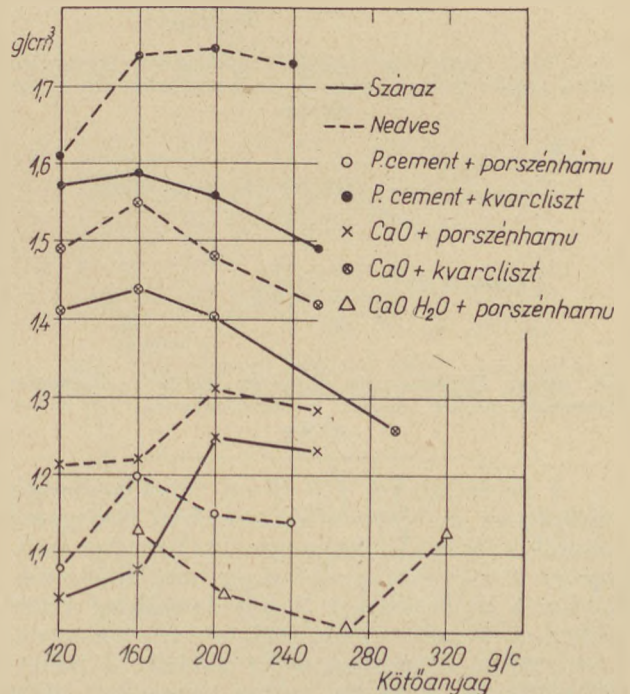
A mésszel kötött próbatestek térfogatsúlya nagyobb nyomószilárdságuk ellenére is jóval kisebb mint a cementtel készültké. E tekintetben tehát a mézskötés előnyös.

### 3.4 Az alkalmazott kötőanyagmennyiség és a hőkezelés folyamán bekövetkező duzzadás kapcsolata.

A massaösszetétel, formázás és szilárdítási módja teljesen azonos volt a 3.2 alatt ismertetett módszerekkel. A próbatesteket a gőzölés után azon



4/a. ábra. Nyomószilárdság növekvő kötőanyag mennyiség mellett csepepli porszénhamuval, ill. kvarcliszttel,  $100^\circ\text{C}$ -on gőzölve



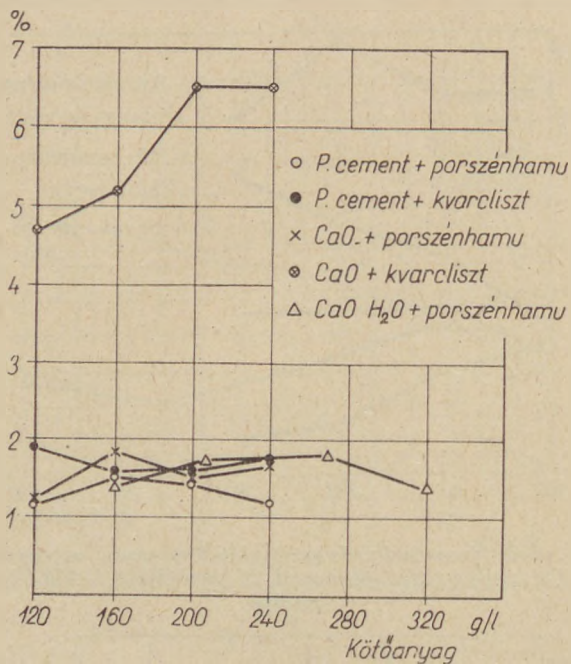
4/b. ábra. Térfogatsúly növekvő kötőanyag mennyiség mellett csepepli porszénhamuval, ill. kvarcliszttel,  $100^\circ\text{C}$ -on gőzölve

irányban mértük le, amely egybeesett a formázás alatti tömörítés irányával. A mérést három felületi ponton végeztük mikrométerrel. Az így kapott méretet a formázáshoz használt vassablon magassági méretéhez viszonyítva kaptuk a duzzadást, pontosabban lineáris tágulást. A lineáris duzzadás értékeit a változó kötőanyagmennyiség függvényében a 4/c ábra mutatja be.

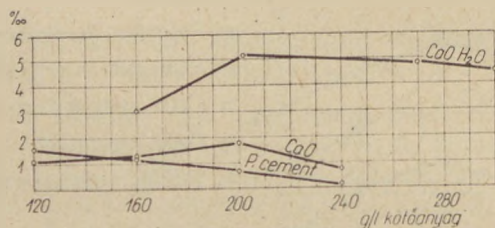
E tekintetben a mésszel kötött próbatestek kedvezőtlenebbül viselkedtek a cementtel kötött próbatesteknél, azoknál jobban duzzadtak.

### 3.5 Az alkalmazott kötőanyagmennyiség és a vízfelvétel hatására bekövetkező tágulás kapcsolata.

A massaösszetétel, formázás és szilárdítási mód megegyezett a 3.2 alatt ismertetett módszerekkel.



4/c. ábra. Duzzadás növekvő kötőanyag mennyiség mellett csepeli porszénhamuval, ill. kvarcliszttel 100 C°-on gőzölve



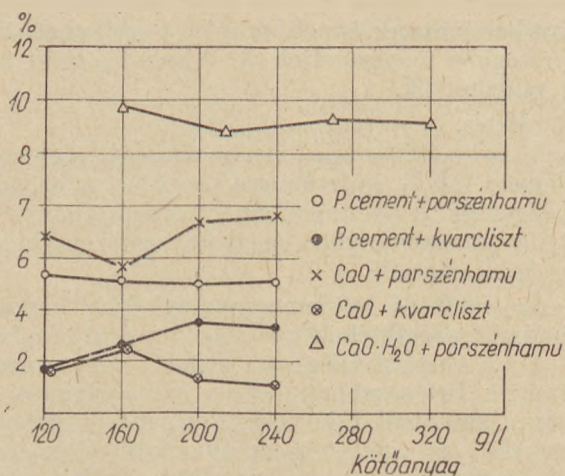
4/d. ábra. Tágulás víz hatására növekvő kötőanyag mennyiség mellett csepeli porszénhamuval, 100 C°-on gőzölve

A próbatesteket 105 C°-on súlyállandóságig szárítottunk és a tömörítés irányával megegyező méretüket három felületi ponton mikrométer segítségével 0,001 mm pontossággal meghatároztuk. Ezután a próbatesteket 3 órás forralással vízzel telítettük, víz alatt lehűtöttük és szobahőmérsékleten nedves állapotban ismét mértük. A méretkülönbség és a kocka száraz állapotban mért kiterjedésének hányadosa megadta a relatív tágulást. A víz hatására bekövetkező tágulás értékeit az alkalmazott kötőanyagmennyiség függvényében a 4/d ábra szemlélteti.

A mésszel kötött próbatestek vízfelvétel hatására jobban duzzadtak a cementtel kötött próbatesteknél és így kedvezőtlenebbül viselkedtek.

3.6 Az alkalmazott kötőanyagmennyiség és az egyensúlyi nedvesség kapcsolata.

A massaösszetétel formázás és szilárdítási mód megegyezett a 3.2 alatt ismertetett módszerekkel. A próbatesteket 105 C°-on súlyállandóságig szárítottuk, majd olyan légzáró exszikkátorba helyeztük, amelynek alsó öble vizet tartalmazott. Az exszikkátort lezártuk és addig hagytuk szobahőmérsékleten állani, amíg a benne tároló próbatestek már további súlyszaporulatot nem mutattak. Ez mintegy 20 nap alatt következett be. A telítődés után a próbatesteket ismét mértük. A súlyszaporu-

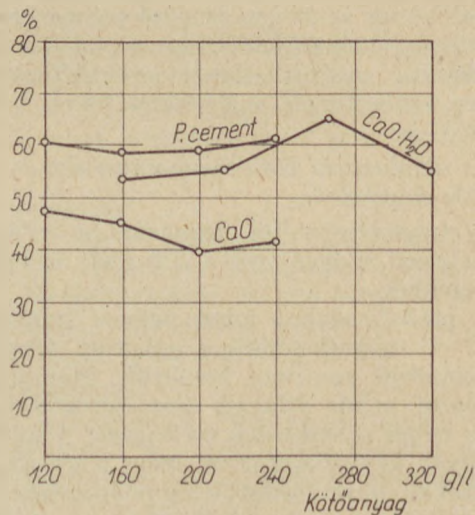


4/e. ábra. Egyensúlyi nedvesség növekvő kötőanyag mennyiség mellett csepeli porszénhamuval, ill. kvarcliszttel, 100 C°-on gőzölve

lat és a kocka száraz súlyának viszonyossága megadta az egyensúlyi nedvességtartalmat. A nedvességtartalom változását a kötőanyagmennyiség függvényében a 4/e ábra szemlélteti.

3.7 Az alkalmazott kötőanyagmennyiség és a látszólagos porozitás kapcsolata.

A próbatesteket 105 C°-on súlyállandóságig szárítottuk, szobahőmérsékletre hűtöttük és mértük. Ezután 3 órás forralással vízzel telítettük, víz alatt hűtöttük és újra mértük. A súlykülönbözétekből a szokásos módon meghatározható volt a látszólagos porozitás. A látszólagos porozitást az alkalmazott kötőanyagmennyiség függvényében a 4/f ábra szemlélteti.

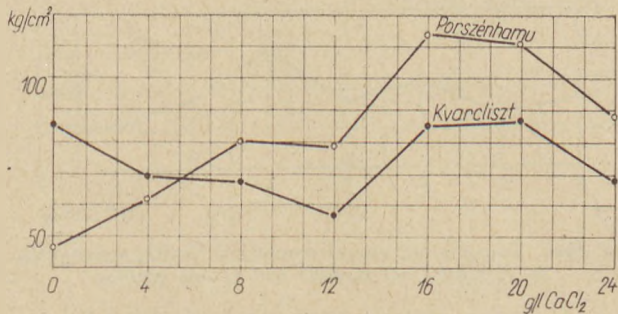


4/f. ábra. Porozitás növekvő kötőanyag mennyiség mellett csepeli porszénhamuval, 100 C°-on gőzölve

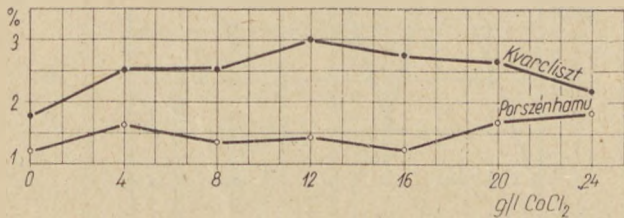
3.8 Vegyi adalékanyagok hatása mésszel, ill. cementtel kötött szénporhamutestek tulajdonságaira.

3.8.1 Növekvő CaCl<sub>2</sub> adagolás cementkötésű szénporhamutestek tulajdonságaira.

A próbatestek készítmódja teljesen megegyezett a 3.2 alatt ismertetett módokkal. A különböző mennyiségben adagolt CaCl<sub>2</sub>-t a formázási vízben oldva juttattuk a masszába. A kalciumklorid visz-



5/a. ábra. Nyomószilárdság növekvő CaCl<sub>2</sub> adalék és 240 g/l p. cement mellett 100 C°-on gőzölve



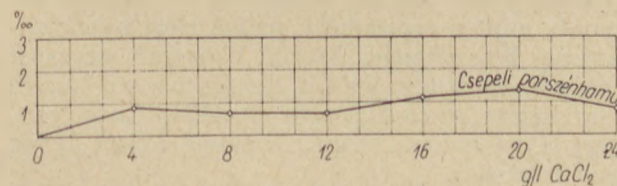
5/b. ábra. Duzzadás növekvő CaCl<sub>2</sub> adalék és 240 g/l p. cement mellett 100 C°-on gőzölve

nyiséget 4 g/l-től 4 g/l-ként egészen 24 g/l-ig emeltük. Ez a mennyiség a portlandcementadalék 2—10%-ának felelt meg.

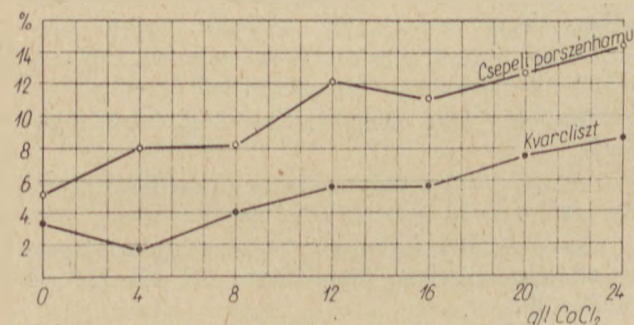
A CaCl<sub>2</sub> adalék emelésének hatását a próbatestek nyomószilárdságára 240 g/l portlandcement-adagolással készült próbatestek esetében az 5/a ábra mutatja be.

Az 5/a ábrából láthatóan a cementre vonatkoztatva 7% kalciumklorid adagolásánál szilárdsági maximum mutatkozott. A szilárdság fokozódása igen jelentős, mintegy háromszorosa a tisztán cementtel elért szilárdságnak. A kvarcliszttel készült ellenőrző sorozatnál a nyomószilárdság nem emelkedett a tiszta cementtel készült sorozat szilárdságához képest.

A kalciumklorid adalék növekedésének hatását a gőzölés alatti duzzadásra ugyancsak 240 g/l



5/c. ábra. Tágulás víz hatására növekvő CaCl<sub>2</sub> adalék és 240 g/l p. cement mellett 100 C°-on gőzölve

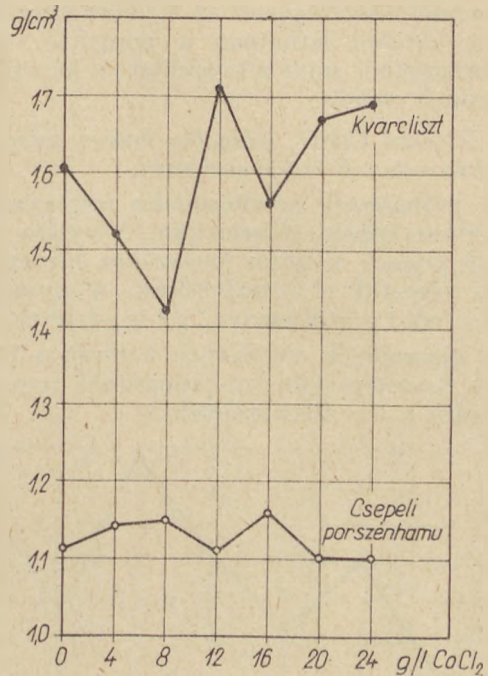


5/d. ábra. Egyensúlyi nedvesség növekvő CaCl<sub>2</sub> adalék és 240 g/l p. cement mellett 100 C°-on gőzölve

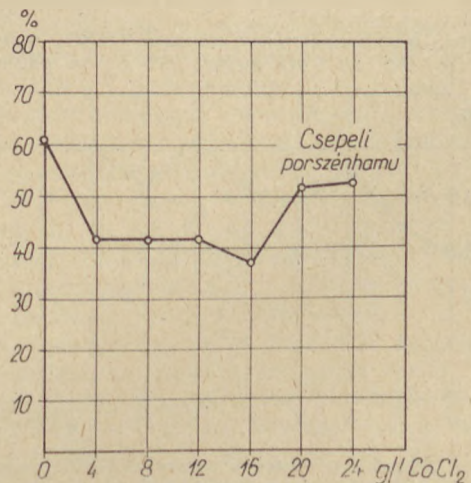
cementadalékkal készített próbatestek esetében az 5/b ábra szemlélteti.

Az 5/b ábrából láthatóan az adalék emelésével a duzzadás csekély mértékben fokozódik, de általában alacsony és még a maximális adalékmennyiség esetében is 2% alatt marad.

A víz hatására történő tágulást a növekvő kalciumkloridadalék az 5/c ábra szerinti módon befolyásolja.



5/e. ábra. Térfogatsúly növekvő CaCl<sub>2</sub> mennyiség és 240 g/l p. cement mellett 100 C°-on gőzölve



5/f. ábra. Porozitás növekvő CaCl<sub>2</sub> adalék és 240 g/l cement mellett 100 C°-on gőzölve

Az ábrából láthatóan az adalékmennyiség növelésével ugyancsak nő a relatív tágulás, de a max. adalékmennyiség mellett sem több 1.5‰-nél.

Az egyensúlyi nedvességet az emelkedő mennyiségű kalciumklorid adalék az 5/d ábra szerint befolyásolja.

Ennek emelkedése jelentékeny és a max. adagolás mellett meghaladja a 10%-ot. E tekintetben a kvarcliszttel készült próbatestek hasonló módon viselkednek, egyensúlyi nedvességük jelen-

tékenyen emelkedik, ugyanakkor a cementtel kötött kvarcliszttesteknél a kalciumkloridadalék növelése a gőzölés hatására bekövetkező duzzadást és a vízfelvétel hatására bekövetkező tágulást alig befolyásolja.

A próbatetek térfogatsúlyát a növekvő kalciumkloridadalék az 5/e ábra szerinti módon befolyásolja.

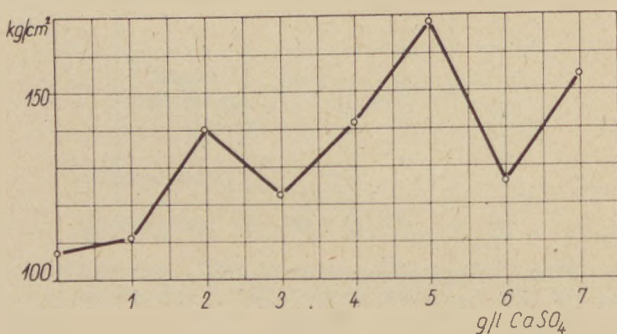
A látszólagos porozitás és a növekvő kalciumkloridadalék összefüggését az 5/f ábra szemlélteti.

Az ábrából láthatóan a porozitás, úgy a szénporhamuból, mint a kvarclisztből készült próbateteknél csekély.

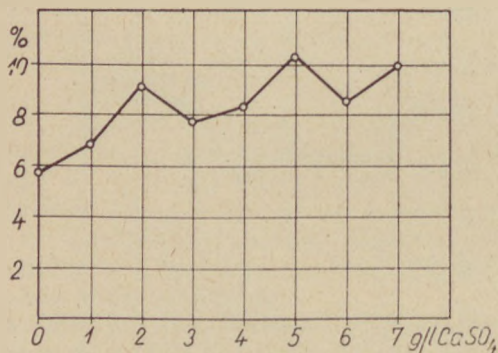
### 3.8.2 Növekvő $\text{CaSO}_4$ adagolás hatása mészkötésű szénporhamutestek tulajdonságaira.

A próbatetek készítmódja megegyezett a 3.2 pontban közölt módszerekkel. A bemért mennyiségű gipszet a száraz masszához kevertük és ezután végeztük el a nedvesítést. A gipszadalék mennyiségét 1 g/l-től kezdve 7 g/l-ig g-kint emeltük.

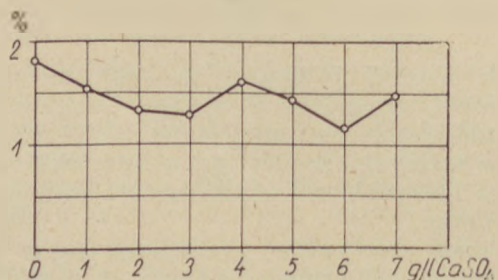
A gipszadalék emelésének hatását a 160 g/l égetett meszet tartalmazó próbatetek nyomószilárdságára a 6/a ábra szemlélteti.



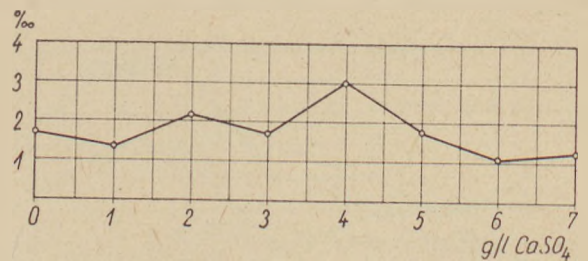
6/a. ábra. Nyomószilárdság növekvő  $\text{CaSO}_4$  mennyiség és 160 g/l CaO mellett 100 °C-on gőzölve



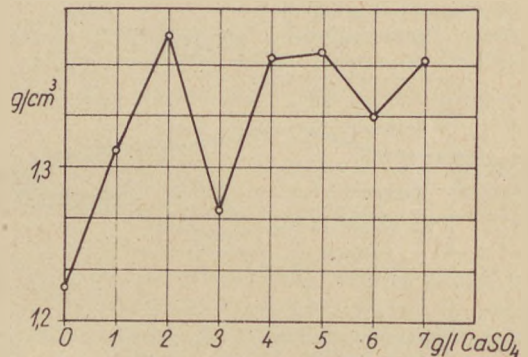
6/b. ábra. Egyensúlyi nedvesség növekvő  $\text{CaSO}_4$  mennyiség és 160 g/l CaO mellett 100 °C-on gőzölve



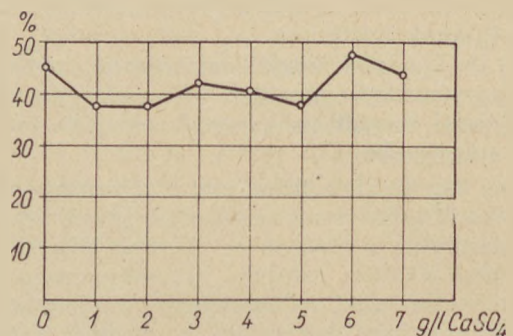
6/c. ábra. Porozitás növekvő  $\text{CaSO}_4$  mennyiség és 100 g/l CaO mellett 100 °C-on gőzölve



6/d. ábra. Tágulás víz hatására növekvő  $\text{CaSO}_4$  mennyiség és 160 g/l CaO mellett 100 °C-on gőzölve



6/e. ábra. Térfogatsúly (nedves) növekvő  $\text{CaSO}_4$  mennyiség és 160 g/l CaO mellett 100 °C-on gőzölve



6/f. ábra. Duzzadás növekvő  $\text{CaSO}_4$  mennyiség és 160 g/l CaO mellett 100 °C-on gőzölve

Az ábrából láthatóan a nyomószilárdság 5 g/l gipszadagolás mellett maximális és 70%-kal nagyobb, mint a gipszadalék nélkül elért nyomószilárdság. Kvarclisztből készült ellenőrző sorozatot nem alkalmaztunk, mert a tisztán mésszel készült kvarclisztes sorozatalapján megállapítható volt, hogy ilyen módon megfelelő tulajdonságú anyag nem nyerhető.

A gipszadalék növelésének hatását a gőzölés alatti duzzadásra a 6/f ábra szemlélteti.

A gőzölés alatti duzzadás a fenti ábra értelmében eléggé csekély, 2%-on belül marad.

A víz hatására bekövetkező tágulást a gipszadalék növelése a 6/d ábra szerint befolyásolja.

Ennek értéke eléggé magas, 2%-0 körül ingadozik.

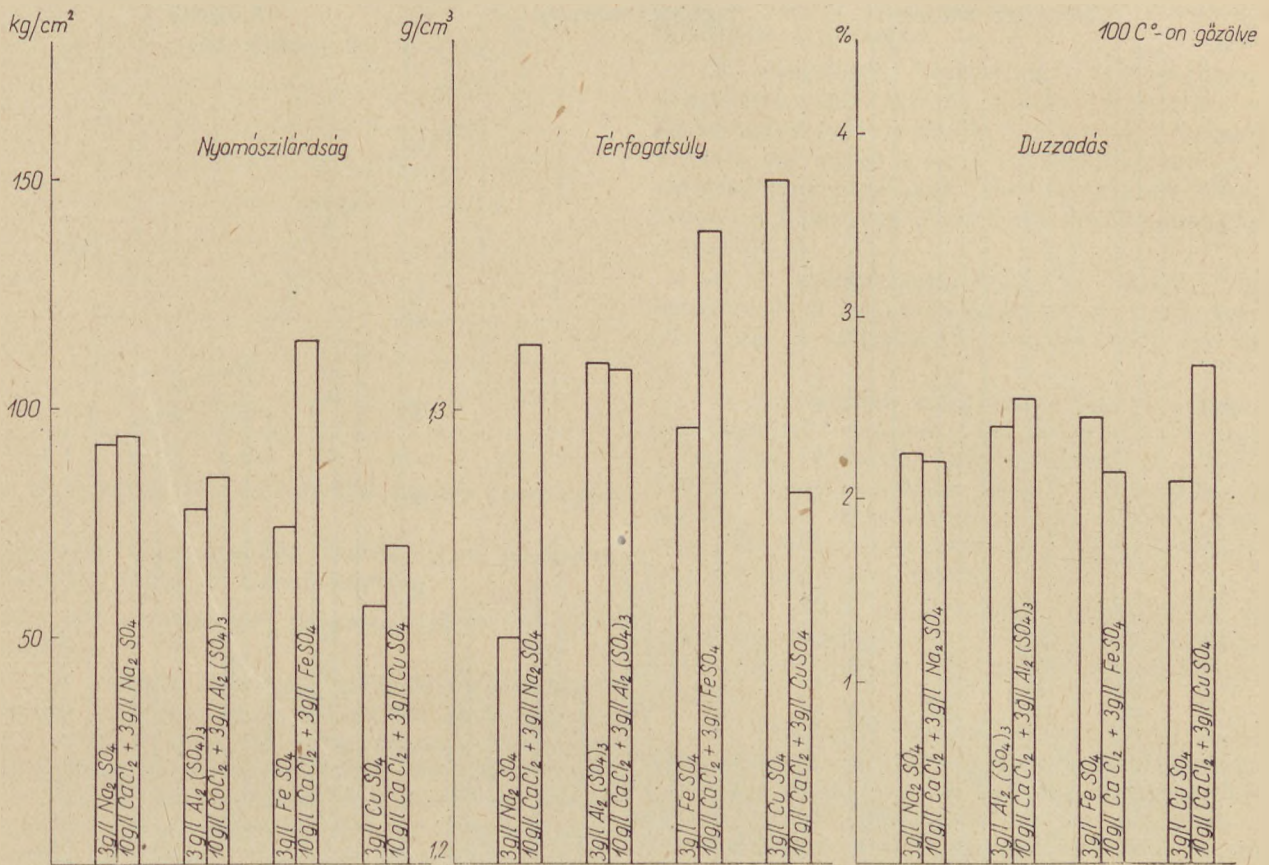
Az egyensúlyi nedvességét a gipszadalék növelése az 6/b ábra szerint befolyásolja.

Az egyensúlyi nedvesség értéke aránylag magas, az adalékmennyiség fokozásával 7%-ról 11%-ig emelkedik.

A próbatetek térfogatsúlyát a gipszadalék növelése a 6/e ábra szerint befolyásolja.



3g/l különféle fémsó hatása tisztán ill. 10 g/l  $\text{CaCl}_2$ -dal, 240 g/l p.cement mellett



7/a. ábra. Különféle fémsó hatása

Végül a látszólagos porozitásra a gipszadalék növelése a 6/c ábra szerinti hatást fejtí ki.

A porozitás alacsonynak tekinthető, elég egyenletesen 40% körül ingadozik.

### 3.8.3 Egyéb vízoldható fémsók hatása cementkötésű szénporhamutestek tulajdonságaira.

Vizsgáltuk a ferroszulfát, ferroklorid, vízüveg, nátriumszulfát, alumíniumszulfát, cinkszulfát és rézszulfát hatását a próbatestek tulajdonságaira. E szulfátokat és kloridokat a szakirodalom alapján választottuk ki. Számos közlemény jelent meg ugyanis, amelyekben a szerzők ezek szilárdságfokozó hatására hivatkoztak. A fémsókat 3 g/l koncentrációban alkalmaztuk 240 g/l cementadagolás mellett, egy sorozatban egyedül és egy második sorozatban 10 g/l kalciumkloriddal együtt. A vizsgált tulajdonságok a 3.8.1 és 3.8.2 pontoknak megfelelően a nyomószilárdság, a gőzölés hatására bekövetkező duzzadás, a víz hatására bekövetkező tágulás a térfogsúly, az egyensúlyi nedvesség és a látszólagos porozitás voltak.

A vizsgálat eredményeit a 7/a és 7/b ábra oszlopdiagrammjai szemléltetik.

A fenti ábrákból láthatóan kifejezett szilárdságfokozó hatást csak a ferroszulfát mutat kalciumkloriddal történő együttes adagolásnál. A többi fémsó az irodalmi adatokkal ellentétben csaknem hatástalannak bizonyult.

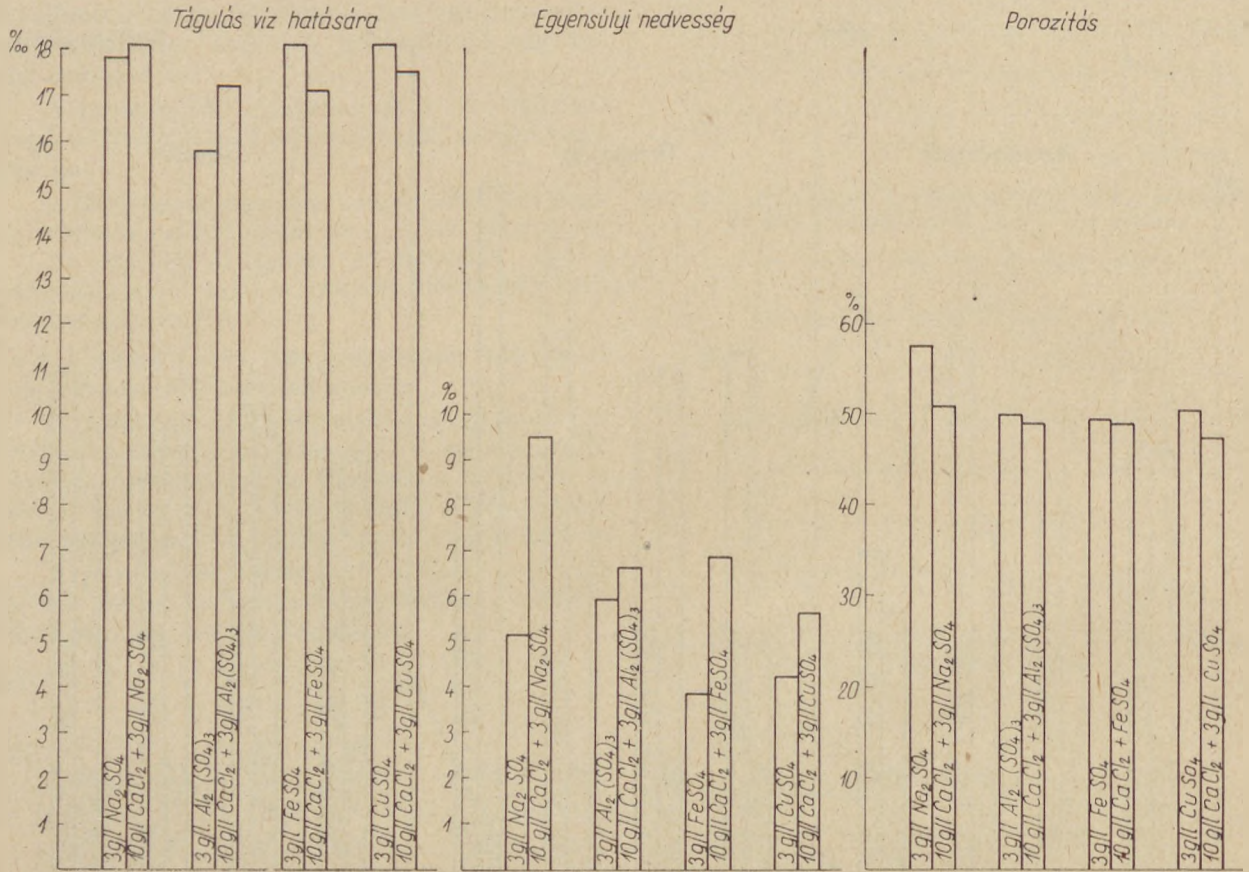
### 3.9 Szénporhamutestek szárítási tulajdonságai.

E vizsgálatnál a Csepeli Erőmű falpanelgyárának massaösszetételéből indultunk ki. Ennek értelmében 120 g/l portlandcement és további 120 g/l égetett mészadalékkal 7 cm élhosszú próbakockákat készítettünk és ezeket a gyár indirekt fűtésű érlelő vermeiben szilárdítottuk. E próbatestekből 6, 3 és 1 cm vastag lemezeket fűrésztünk. A lemezek 6, 3, ill. 1 cm széles határoló lapjait háromszori bevonás útján nitrolakkal vontuk be, hogy a száradás csak a két szemközti fekvő négyzetes határoló lapon át történhessék.

A mérésekhez két ellenőrző sorozatot is igénybevevünk. Kiscelli anyagból égetett téglából és cement-mészhabarcból készült testekből hasonló méretű testeket fűrésztünk ki és ezek megfelelő határoló lapjait ugyancsak belakkoztuk. Az alkalmazott ellenőrző habarcstest összetételében megegyezett a szénporhamutesttel, azzal a különbséggel, hogy benne a szénporhamut kvarchomok helyettesítette.

A három különféle anyagból készült próbatestsorozatok 3 órás forralással vízzel telítettük és a száraz súly ismeretében megállapítottuk vízfelvételeiket. A próbatesteket ezután 105 C°-os szárítószekrénybe helyeztük és a szárítás folyamán a 6 és 3 cm vastag testeket 2 óránként, az 1 cm vastag testeket pedig óránként lemértük. A fenti módon végzett méréseket a súlyállandóság beállításig folytattuk.

3 g/l különféle fém só hatása tisztán ill. 10 g/l. CaCl<sub>2</sub>-dal, 240 g/l p.cement mellett 100°-on gőzölve



7/b. ábra. Különféle fém só hatása

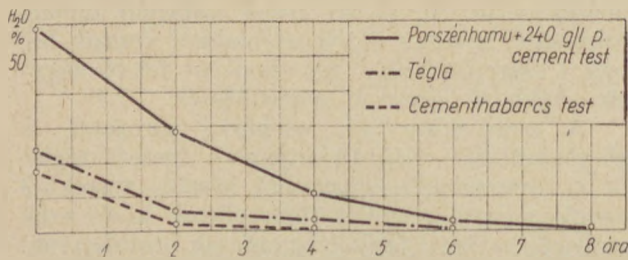
A vízvesztés iramát ill. az abszolút százalékos vízvesztéséget a szárítási idő függvényében a 8/a és 8/b valamint 8/c ábrák mutatják be.

Fenti ábrákon jól látható, hogy az egyensúlyi nedvesség elérése a görbék közel azonos hajlásszöge (ez a háromféle anyag közel azonos száradási sebességére utal) ellenére a szénporhamuból készült testek esetében azok többszörösen nagyobb

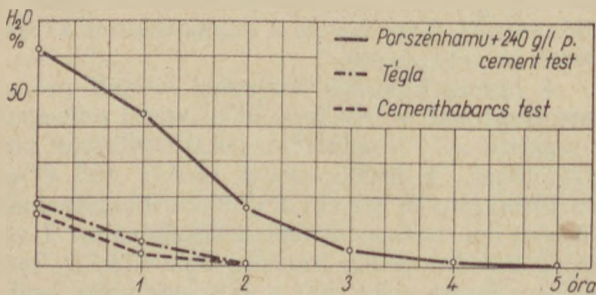
kezdeti víztartalma miatt többszörösen nagyobb időbe kerül.

A száradási sebesség és a hőmérséklet kapcsolatának meghatározásához ugyanolyan anyagból készült, ugyanúgy kezelt és ugyanolyan méretű próbatestekből indultunk ki, mint a vízvesztéséget iramának meghatározásánál. A forralással telített testek 105 C°-os szárítószekrénybe kerültek, ahol 3 órát töltöttek, majd pedig megállapítottuk vízvesztésüket. Ezek után a testeket újra telítettük és 80 C°-os szárítószekrénybe helyezve 3 óra után ismét megállapítottuk a súlyvesztéséget. Ezt az eljárást 60, 40, és 20 C°-on (ez utóbbit egyszerűen szobalevegőn állni hagyva) megismételtük. A 3 óra alatt elért vízvesztéséből számított száradási sebesség és az alkalmazott hőmérséklet összefüggését a 9. ábra szemlélteti.

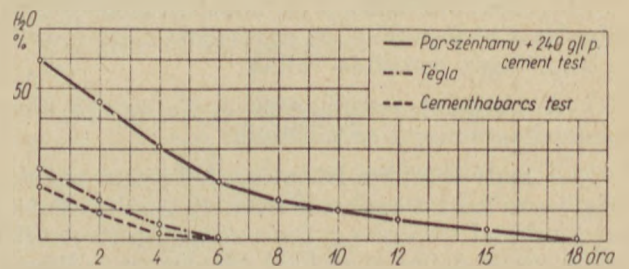
A 9. ábra világosan mutatja, hogy csökkenő hőmérséklettel a szénporhamutestek száradási



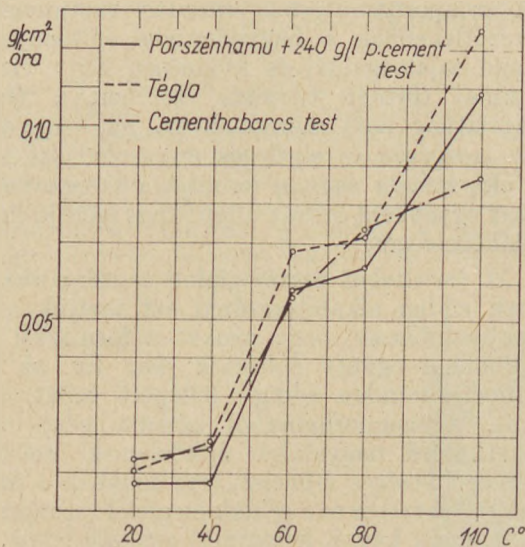
8/a. ábra. Vízvesztési görbék 1 cm vtg testeknél



8/b. ábra. Vízvesztési görbék 3 cm vastag testeknél



8/c. ábra. Vízvesztési görbék 6 cm vastag testeknél



9. ábra. Hőmérséklet és száradási sebesség összefüggése

sebessége fokozottabban romlik, mint az összehasonlító téglá, ill. habarestesteké.

### 3.10 Nedvességeloszlás porszénhamutestekből épült falakban.

A csepeli lakótelep szénporhamuelemekből épített 2 lakásos háza a vizsgálat előtt mintegy 4,5 évvel épültek. A szénporhamupanelek friss állapotban az előregyártóüzem recepturája szerint 35–40 súlyszázalék formázási vizet tartalmaztak. Annak elbírálására, hogy beépített állapotban a szénporhamufalak igen nagy kezdeti víztartalmukat az eltelt 4,5 év alatt milyen mértékben veszítették el, magfúró segítségével számos ház különféleképpen tájolt külső falaiból mintákat vettünk. A mintavétel módja az volt, hogy a 28 cm vastag fal minden 4 cm-es rétegéből mintát emeltünk ki és így egy fal 6–7 mintát adott. Az így nyert törmelékes mintákat a helyszínen becsiszolt fedelű mérőedényekbe helyeztük, majd laboratóriumban meghatároztuk azok nedvességtartalmát. A kapott eredményeket az ugyanazon tájolású falaknál átlagoltuk. Ez úgy értendő, hogy több azonosan tájolt fal minden 4 cm-es rétegét sorrend szerint külön-külön átlagoltottuk. Az ilyen módon rétegenként megállapított átlagos nedvességtartalmakat az égtájak szerint a 10. ábra szemlélteti.

A 10. ábrából jól látható, hogy az idő folyamán a szénporhamufal nedvességtartalma a vastagság irányában egyenlőtlené válik. A falnak van olyan rétege, ahol a nedvességtartalom lényegesen kisebb, de van olyan rétege is, ahol a víztartalom lényegesen nagyobb, a kezdeti egyenletes eloszlású formázási víztartalomnál. Az eloszlást a fal égtáj szerinti helyzete, valamint a lakáson belül elhelyezett fűtőberendezés helyzete jelentősen befolyásolja.

Ha az átlagolást a falak vastagsága szerint is elvégezzük, akkor megállapítható, hogy a falak az eltelt 4,5 év alatt nem veszítettek többet a formázási víz 10%-ánál. Ez annyit jelent, hogy ilyen magas kezdeti víztartalom mellett beépített

szénporhamutestek gyakorlatilag sohasem száradnak ki.

### 3.11 A csepeli porszénhamun végzett vizsgálatok indokolása és értékelése

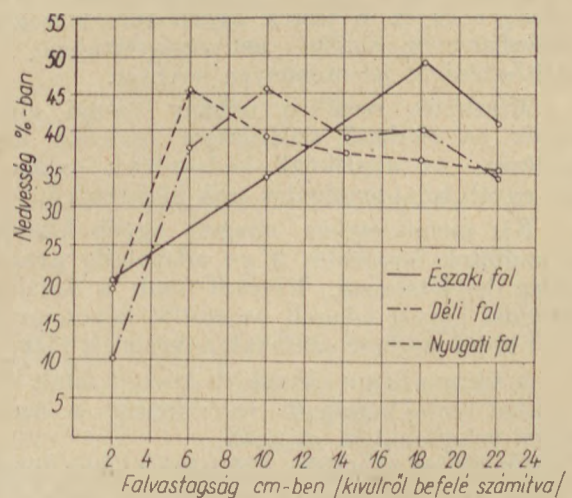
E vizsgálatok végzésekor a szénporhamu-vizsgálatok már számos helyen, elsősorban az Építéstudományi Intézetben közel egy évtizede folytak. Az üzemi méretű és beépítési próbák a szénporhamu panelekre, illetőleg falakra vonatkozóan a következő jelentősebb tökéletlenségeket mutatták ki.

a) A szénporhamutestek az esetek egy részében évek folyamán szilárdságuk nagy részét elveszítik. A szilárdság a kezdeti érték fele alá száll le.

b) A beépített szénporhamuelemek inhomogén szerkezetű falaknál, vagy fűdémeznél a nagy-szilárdságú téglából, vagy vasbetonból készült merevítő szerkezetekhez képest elmozdulnak és ezáltal, vagy megrepednek, vagy pedig hasadék képződik a tartószerkezet és a szénporhamuból készült kitöltő elem között.

c) A szénporhamutestek vakolattartása az esetek egy részében rossz. A rávitt vakolat néhány hónap után átreped, kitáskásodik és előbb-utóbb lehullik.

A vizsgálatok összeállításánál abból indulunk ki, hogy az a) pont alatti szilárdságcsökkenést nem kémiai, hanem fizikai természetű okok idézik elő. A szénporhamufajták általában a cementkötés számára megengedhető oldható szulfát-tartalomnál jóval többet tartalmaznak és így kalciumaluminátszulfátkristályok (cementbacilus) kétségtelenül keletkezhetnek. Ezzel kapcsolatban azonban az a véleményünk, hogy ezek ennyire lazasövetű testben sokkal veszélytelenebbek, mint a teljesen rideg és tömör kavicsbetonban. A pernyetestbe igen vastag szögeket repedésveszély nélkül lehet beverni és így nem valószínű, hogy a sokkal kisebb feszítést előidéző esetleges cementbacilus-képződés a test szövetének szétporlásához vezessen. Valószínűnek tartottuk, hogy az utólagos szilárdságcsökkenés az igen nagy víztartalmú, nagy testek egyenlőtlen száradása, az ezt esetleg



10. ábra. Nedvességeloszlás pernyebeton falban

követő egyenlőtlen zsugorodás és az ezzel együttjáró jelentékeny feszültségek repeszthetik, ill. morzsolhatják szét. Emiatt vizsgáltuk a cementtel, ill. mésszel kötött testek érlelés alatti, ill. a víztartalom változásával együttjáró dilatációját. Az érlelés alatti duzzadás következtében fellépett feszültségek jóval a beépítés után is kifejthetik romboló hatásukat, az esetleges nedvességvándorlás a falban fellépett hőradiens következtében ugyancsak olyan feszültségek léphetnek fel, amelyek a fal elmorzsolódását vonhatják maguk után.

Tisztázni kívántuk ezenfelül, hogy indokolt-e a portlandcement és az égetettmész együttes alkalmazása kötőanyagként és tisztázni kívántuk azt is, hogy a kétféle kötőanyag közül minden vizsgált szempont figyelembevételével melyik az előnyösebb.

Végül tisztázásra szorult szerintünk a szakirodalom számos egymással ellentmondó adata, amelyek szerint különféle vegyiadalekok jelentősen javíthatják a szénporhamutestek szilárdságát.

Vizsgálataink eredménye röviden a következőképpen értékelhető:

#### a) *Kötőanyagok*

A szénporhamu természetes kötőanyaga az égetett mész és nem a portlandcement. Meszes kötés esetében kb. 160 g/l égetettmész adagolásnál szilárdságmaximum lép föl és ugyanekkor a többi tulajdonság is aránylag kedvezőnek tekinthető. Megállapítható volt, hogy a mészkötésű hamutestek duzzadás és dilatáció szempontjából kedvezőtlenebbül viselkednek a cementkötésű testeknél.

#### b) *Adalékanyagok*

Ezek alatt kis mennyiségben hozzákevert és a gipsz kivételével vízzoldható kémiai adalékanyagokat értünk. Cementkötés esetében kalciumklorid adagolásával a szilárdság többszörösére fokozható. A tisztán cement kötőanyaggal készült testek földes tapintású és morzsolódó szövetét a kalciumklorid adagolás kőszerű tapintásúvá és csaknem kagylós törésűvé változtatja. Ehhez azonban eléggé nagymennyiségű kalciumklorid szükséges és ez a testek egyéb tulajdonságait, elsősorban egyensúlyi nedvességtartalmát és száríthatóságát jelentősen lerontja.

Méskötés esetében néhány %-nyi gipsz-adalék az elérhető szilárdságot csaknem megduplázza. Az adaléknak kedvezőtlen hatása a test egyéb tulajdonságaira csak kismértékű.

Kis mennyiségben adagolt egyéb kloridok és szulfátok legalábbis 3 g/l adagolásig gyakorlatilag hatástalanok. Kivételt csak a kalciumkloriddal együtt adagolt vasszulfát képez, amely további jól mérhető szilárdságnövekedést idéz elő.

A szénporhamu elemekből készült falak kedvezőtlen tulajdonságait valószínűleg a testek alábbi tulajdonságai okozzák.

d) A nedvességtartalom változásával kapcsolatos tágulás vagy zsugorodás nagyobb az építőanyagoknál megengedhető értéknél.

e) A szénporhamutestek száradási tulajdonságai kedvezőtlenebbek a hagyományos építőanyagok hasonló sajátságainál és különösen nagy víztartalommal történt beépítés esetében a testek gyakorlatilag nem száradnak ki. Ez nemcsak a falak mozgását és esetleges morzsolódását idézheti elő, hanem nagyon lerontja a szénporhamufalazat egyébként száraz állapotban igen jó hőszigetelő képességét.

Az észlelteket összefoglalva a szénporhamu-elemek eddigi alkalmazásánál azt tartjuk a legnagyobb hibának, hogy azokat a formázási víztartalommal együtt építették be. Ez az egy körülmény minden eddig fellépett hibát indokolhat. A szénporhamuból készült mész- vagy cementkötésű nagyalakú építőelemek szárítása nehéz és költséges művelet, erre azonban a beépítés előtt, ha tartós és a célnak megfelelő szerkezeteket kívánunk kapni, feltétlenül szükség lenne.

Végezetül megjegyezzük, hogy e közleményben a közlemény első részét képező hétféle magyar szénporhamufajtát érintő vizsgálati eredményeinkhez értékelést nem adtunk, mert ez az értékelés az „Építőanyag” 1961. évi 4. számában megjelent, Dr. Korach Mór akadémikussal társszerzőségben készült közleményünkben már szerepelt. Ugyanott soroltuk fel az irodalmi hivatkozásokat is, amelyekre jelen munka támaszkodik.

#### *Sasvári György: Porszénhamufajták fizikai és technológiai tulajdonságai.*

A közlemény hét magyar szénporhamufajta néhány fizikai tulajdonságára vonatkozó vizsgálati eredményeit közli. Táblázatos formában megadja a vizsgált hamufajták ömlesztett térfogatsúlyát szemcsetérfogatsúlyát, fajsúlyát, porozitását és grafikus alakban a szemcseeloszlást. Ugyancsak táblázatos formában közli a hétféle hamuból mészkötéssel készült próbatestek nyomószilárdság- és térfogatsúly értékeit.

A közlemény további részében az előzőekben is szereplő csepeli szénporhamu részletes technológiai vizsgálatát ismerteti. Eredményeket közül különféle mennyiségben alkalmazott kötő- és kémiai adalékanyagok hatására vonatkozóan. Részletesen elonozza a csepeli szénporhamuból készült testek száradási tulajdonságait. A csepeli hamura vonatkozóan értékelést ad és foglalkozik a gyakorlatban eddig észlelt tökéletlenségek valószínű okaival.

#### *Шашивари Дьердь: ФИЗИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ПЫЛЕУГОЛЬНОЙ ЗОЛЫ.*

В статье изложены результаты испытаний некоторых особенностей 7 видов венгерской пылеугольной золы. Величины насыпного веса, объемного веса зерен, удельного веса и пористости представлены в таблице, а зерновой состав дается в графической форме. Величины предела прочности при сжатии и объемного веса образцов, изготовленных из 7 видов золы на известковой связке, также приведены в таблице.

Подробно изучены технологические испытания для чепельской пылеугольной золы. В дальнейшем приводятся результаты, полученные в процессе испытаний влияния применяемых в различном количестве вяжущих и химических добавок. Подробно изложены особенности высыхания изделий, изготовленных на основе чепельской пылеугольной золы. Статья дает оценку чепельской пылеугольной золы и приводит возможные причины наблюдаемых недостатков.

## 1961-es Kossuth-díjas: Sövegjártó János

Az ezévi Kossuth-díjasok közt van dr. SÖVEGJÁRTÓ JÁNOS, Egyesületünk alapítási évétől, 1949-től aktív tagja, választmányunk munkájának aktív részese. A kitüntető, kiemelő elismerést, a Kossuth díj koszorúját a krómmagnezit téglá minőségének tökéletesítésére, a vegyileg kötött bázikus tűzállóanyagok gyártási technológiájának kidolgozására, a dolomit stabilizációja és a magnezit ércék, valamint a dolomitok zsugorítására vonatkozó tanulmányaiért kapta.



Sövegjártó János

Dr. SÖVEGJÁRTÓ JÁNOS pozsonyi származású. Bécsben szerezte meg — amint ez az első világháború után szokássá vált — vegyészmérnöki oklevelét. Ausztriában és Csehszlovákiában a Ditmar—Urbach vállalat üzemében mint üzemmérnök, majd olaszországi tűzállógyárakban mint főmérnök dolgozott. 1940-ben került mint főmérnök a budapesti Magnezit-*ipar* vállalathoz, mint a budapesti, jolsvai, nyustyai, kassai üzemek főmérnöke. Az államosítás után a Tűzállóanyagipari Központ igazgató helyettese lett, majd az átszervezés után visszakerült a Gyömrői úti üzembe, ahol ma a kutató-laboratórium és kísérleti üzem vezetője.

A kitüntetett egyesületi tagunk Egyesületünkben kifejtett munkáját mindannyian jól ismerjük. A durva-kerámiai szakosztályon belül fejti ki szakosztályi munkáját, előadásai az osztályon belül, az Egyesület konferenciáin magas szinten képviseli a tűzállóanyag-tudományt; lapunkban az elmúlt évek folyamán öt érdekes cikket jelent meg.

Egyesületünk alapító tagjának tekintjük. Néhány közvetlen munkatársával, maga részéről még a magasabb vezetésben is, aktívan vesz részt Egyesületünk életében — sajnos, hogy a tűzállóanyagipar többi szakembere nem Egyesületünkben találta meg helyét és valójában a szilikátipari technológia tudományától távol álló Egyesületbe kényszerült. Már pedig más technológiai feladatkör a tűzállóanyagok előállítása — és más a felhasználása. Az adott helyzettel meg nem elégedve,

örülünk, hogy ezen szilikátipari tudományág legkiválóbb tagja köztünk van, közöttünk találja meg szellemi kincseinek érvényesülési területét és bizton számíthatunk a jövőben is reá.

Dr. SÖVEGJÁRTÓ munkájának egyik kiemelkedő bizonyítéka az az elsősorban bázikus tűzállóanyagokkal foglalkozó munka, amelyik a Kohászati Encyklopédia 11/b köteteként jelent meg. A könyv megjelenéséről már tettünk lapunkban említést; a részletes ismertetésre lesz még alkalmunk.

A kitüntetett tagtárs munkájával kapcsolatban kiemelem, hogy a Veszprémi Vegyipari Egyetem szilikátipari mérnökképzése során a tűzállóanyagipari technológia magasabb szinten való előadását már három öven át vállalta; ezzel is hozzájárulva a kerámiai szakon ágazati képzésben részesülő vegyészmérnökök képzéséhez.

Az Egyesület elnöksége, választmánya és minden tagja nevében kívánok a kitüntetettnek további sikereket és jó egészséget.

Dr. Bereczky Endre

Folytatás a 266. oldalról

György Sasvári: **Physikalische und technologische Eigenschaften der Staubkohlenaschen.**

Die Arbeit teilt die Prüfungsergebnisse 7 ungarischer Flugaschensorten mit. Es werden Tabellen mitgeteilt, auf welchen das Schüttgewicht, Kornvolumgewicht, spezifisches Gewicht und Porosität der untersuchten Aschen angeführt sind. Die Kornverteilung von jeder Asche wird grafisch dargestellt. Nachher folgen Tabellen, welche die Druckfestigkeits- und Volum-

gewichtswerten von aus Asche und Kalk hergestellten Probekörpern anführen.

Der zweite Teil vorliegender Arbeit erstreckt sich auf die ausführliche technologische Untersuchung der Csepel-er Asche. Hier wurde der Einfluss verschiedener hydraulischer Bindemittel und chemischen Zusatzstoffe untersucht. Schliesslich wurden die Trocknungseigenschaften der aus Csepel-er Asche hergestellten Probekörper geprüft.

# Új építési szempontok és irányzatok kemenceépítéseknel bázikus tüzelőanyagok felhasználásával

CSER ARISZTID

A nagyértékű olvasztóberendezések, kemencék fokozottabb kihasználása, a felhasznált nagymennyiségű tüzelőanyag minél gazdaságosabb értékesítése, tehát a gazdaságosság és termelékenység kérdései elsősorban a megfelelő minőségű tüzelőanyag felhasználásán múlnak.

Az új építési irányzatokat az ezzel járó emelkedő kemence üzemeltetési hőmérséklet és a fokozott korróziós hatások tették szükségessé. A fokozott igénybevételnél a tüzelőanyagok közül nagy méretű létesítményeknél már csak a bázikus és különleges (korund,  $ZrO_2$  stb.) tüzelő anyagok jöhetnek számításba.

A felsorolt tüzelőanyagok közül a bázikus féleségek tűnnek ki viszonylagos olcsóságukkal és megfelelő gyártás esetén kitűnő hőmérsékleti tulajdonságokkal. A bázikus tüzelőanyagok fejlesztése során ma már nagyüzemi méretekben előállítanak vasszegény alapanyagokból 95–98% MgO tartalmú termékeket. Ezek közül közlök néhány kémiai analízist.

	Görög	Angol	USA
$SiO_2$ .....	2,17	1,7	2,01
$Al_2O_3$ .....	0,22	0,5	0,20
$Fe_2O_3$ .....	0,16	1,8	1,46
$CaO$ .....	1,28	2,5	0,71
MgO .....	96,7	93,5	95,62

Mint látható, ezek vastartalmát az eddig használatos középeurópai magnezitokkal szemben jelentősen sikerült leszállítani és jórésztük ma már az üvegipar  $Fe_2O_3$ -al szemben támasztott igényeit is képes kielégíteni. (Pl. fehérkövek élettartamának növelése magnezittéglákkal való lehoritással.)

A közölt kémiai analízisek mindegyike nagyüzemi méretekben gyártott, piacon kapható gyártmányok analízise, viszonylagos olcsóságuk pedig a többi, hasonló tisztaságú nyersanyagokkal szemben fokozott felhasználásukat indokolja a kohászati iparon kívül is.

Az eddigi kemencekonstrukcióknál minden további nélkül nem vezethetők be a bázikus tüzelőanyagok. A fokozott igénybevételnek megfelelően újabb szerkesztési alapelvek váltak szükségessé, melyek a bázikus tüzelőanyagok mechanikai tulajdonságait messzemenően tekintetbe veszik.

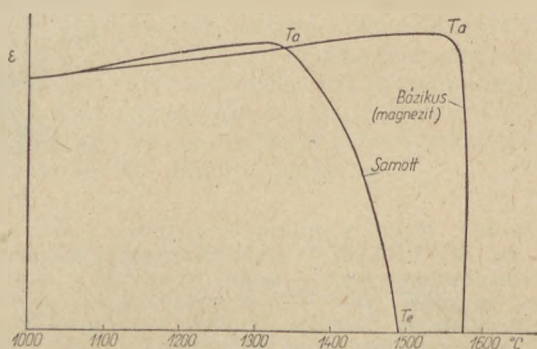
Ezért a bázikus tüzelőanyagok néhány olyan tulajdonságát szeretném előljáróban megemlíteni, melyek a felhasználás szempontjából döntőek és nem általánosan ismertek.

Tüzelőanyag vizsgálatánál a felhasználás szempontjából döntőnek tartották a terhelés alatti lágyulási viselkedést. Ismeretes, hogy elsősorban a bázikus tüzelőanyagok, különösen nagy tisztaság esetén, csupán kristályos alkatrészeket tartalmaznak, üveges fázis bennük nem található. Ez a szer-

kezeti felépítésük a tulajdonképpeni magyarázata viselkedésüknek.

Magasabb hőmérsékletre melegítve a kristályos fázis egy része eltűnik és a szennyezések olvadékat alkotnak. Ennek az olvadéknak a mennyisége nagytisztaságú anyagok esetén kevés ahhoz, hogy lágyulást okozzon, hiszen ehhez általában 16–40% olvadék szükséges. Az olvadék viszkozitása, eltérően a samott és szilika gyártmányoktól, igen kicsi, tehát higanyfolyós magasabb hőmérsékleten.

Amikor ezeknek az anyagoknak lágyuláspontját határozzuk meg 2 kg/cm<sup>2</sup> terhelés mellett, tulajdonképpen azok nyomószilárdságát állapítjuk meg, vagyis azt a hőmérsékletet, amelynél a fenti terhelés a szilárdsága a vizsgált tüzelőanyag-



1. ábra

Az 1. ábra egy samott és egy bázikus termék a „lágyuláspont” diagramját mutatja.

A próbatestek alakja is szemléltetően mutatja a különbséget a 2. ábrán.

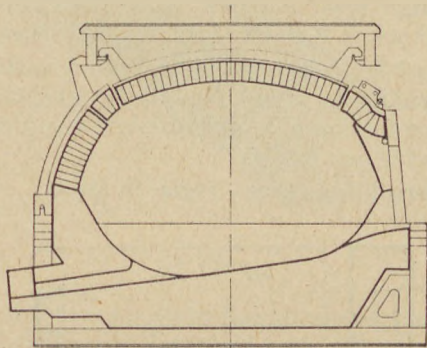
Jól látható a samott és szilikatéglánál szokásos hordóalak, mely valóban meglágyult próbatestekre jellemző, majd a bázikus tüzelőanyag jellegzetes kettős kúp alakú törése, mely a nyomószilárdság vizsgálatokra jellemző.



2. ábra

Mivel dilatációs feszültségek ébredése miatt a  $2 \text{ kg/cm}^2$  terhelés felléphet, kézenfekvő a gondolat, hogy a nagy tisztaságú tűzállóanyagokat a legnagyobb mértékben feszültségmentesíteni kell a különböző szerkezetekben, hogy terhelésüket csökkenthessük.

Felmenő függőleges falazat önterhelése, vagyis a legalsó téglára nehezedő nyomás egy 5 m, tehát viszonylag magas fal esetén, ha egy normál méretű téglát  $6 \text{ kg.}$ -nak vesszünk,  $1,5 \text{ kg/cm}^2$ . Ez a terhelés már viszonylag magas érték, melyre újabban — pl. a März-Boelens acéolvastó kemencéknél — a megfelelő rögzítési megoldás meg is született. Ezt a kemenceprofil mutatja a 3. ábra.



3. ábra

A kemence különlegessége, hogy az oldalfal befelé dülő paraboloid tükörfelület. Ez által biztosítják, hogy a fal hőszigetelését a beolvasztandó anyagra összpontosítja, így módon tehát javul a hőátadás és a hőhasznosítás is. Egyidejűleg a lángterelés és hőkoncentráció is nagyobb a felső égőtérben, tehát ezzel is megjavítható a hőátadás.

A bázikus tűzállóanyagok hővisszaverő képessége különben is kedvezőbb a jelenleg használt szilikatéglánál, annak ellenére, hogy a hővezető képessége nagyobb.

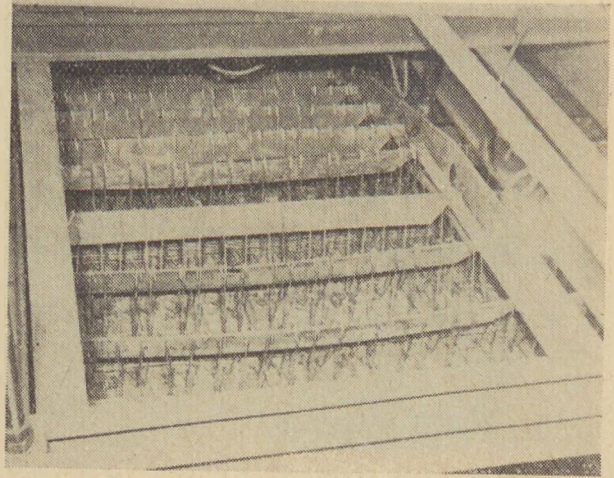
A hőszigetelő képesség alakulását a különböző tűzállóanyagok esetén a 4. ábra szemlélteti.



4. ábra

A boltozat súlyának hordására is csak a teljesen függesztett megoldás hozott megnyugtató megoldást. Az acélgyártó kemencéknél kialakult függesztett boltozattípust, mely ott jelentős eredményeket hozott, mutatja be az 5. ábra.

Igen jól megfigyelhető, hogy minden egyes téglán külön van felfüggesztve, amely azt biztosítja, hogy az egyes téglák csak önsúlyuk hordására



5. ábra

lehessenek igénybevéve. A boltozat csak olyan mértékben van oldalról megfogva, feszítve, hogy a kemencében uralkodó térfolyás el ne mozdíthassa őket, ill., hogy tökéletesen záródjanak a hőigénybevételi oldalon.

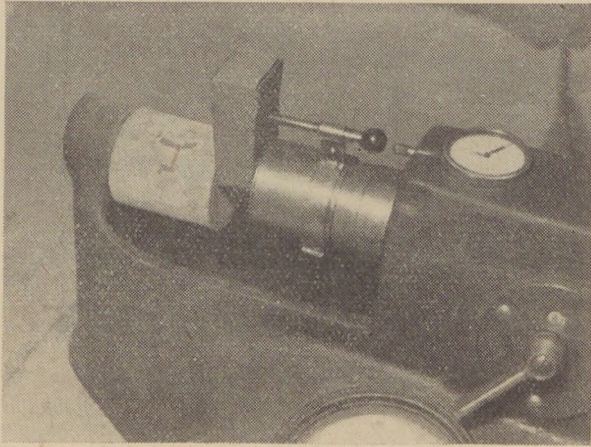
Az oldalirányú feszültségek ugyanis viszonylag nagy erők fellépését okozhatják, melyek néha  $5 \text{ kg/cm}^2$  nagyságrendet is elérnek, sőt rossz építés esetén túl is léphetnek. Ezért lényeges szerepet játszik a terhelések, mechanikai igénybevételek csökkentése szempontjából a dilatációból származó hatások kiküszöbölése bázikus téglákból épült boltozatok esetében.

Az oldalirányú erők fellépését igen jól megfigyelhetjük a boltozati téglák megrepedésében. Egy ilyen bázikus boltozati téglát jellegzetes repedését mutatja be a 6. ábra.



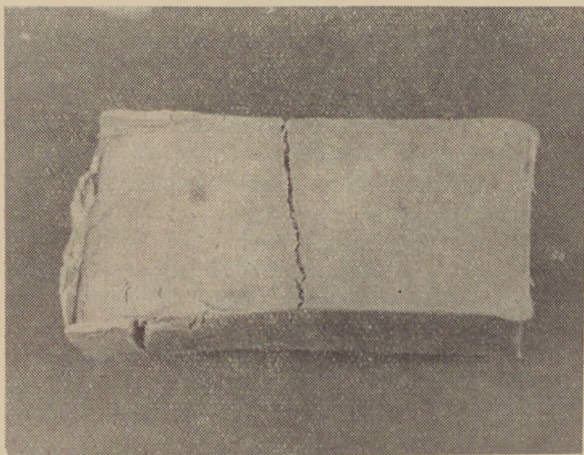
6. ábra

Annak ellenőrzésére, hogy valóban oldalirányú erők okozzák-e ezt a jellegzetes repedést és nem a duzzadás vagy más komplex folyamat, laboratóriumban plasztilínból készült téglamoddellen vizsgáltuk a jelenséget. A repedés fellépését itt is könnyen elértük azzal, hogy a téglamodell alsó részét féloldalasan terheltük, mely megegyezik a boltozatokban végbemenő folyamattal. A vizsgálati módszert szemlélteti a 7. ábra, mely a befogás módját mutatja be a készülőkébe.



7. ábra

A modellen jól látható a vizsgálat után fellépő feszültség hatására keletkezett repedés, mely összehasonlítva a 6. ábrán látható téglával, azonosnak mondható. A modell fényképe a 8. ábrán látható összehasonlítás céljából.



8. ábra

Mivel a boltozaton belül, sőt a téglákon belül is hasonló feszültségek lépnek fel, egyetlen téglá sem tekinthető teljesen homogénnek. A szakemberek a boltozat, ill. téglák belsejében esetleg fellépő ilyen jellegű hatásokat igyekeznek kiküszöbölni.

Ezek a különleges téglatípusok már nem gyárthatók le a szokásos módszerekkel és ezért lényegesen megnőtt a vegyikötésű téglák gyártása.

Nagy tisztaságú tűzállóanyagok csak abban az esetben gyárthatók égetett minőségben, ha a téglá égetési hőmérséklete meghaladja az  $1700\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot.

Mivel jelenleg megfelelő üzemi méretű kemencék ilyen magas hőmérsékleten nem működnek sehol sem, a vegyikötés az egyetlen használható gyártási módszer ilyen tiszta termékek számára.

A vegyikötésű téglák helyzete tehát a mai fejlesztési irányzat és az ipari adottságok miatt megszilárdult és jelenleg a vegyi kötés az egyetlen gyártási módszer, mely lehetővé teszi a kívánt tisztaságú termékekből a nagyüzemi gyártást.

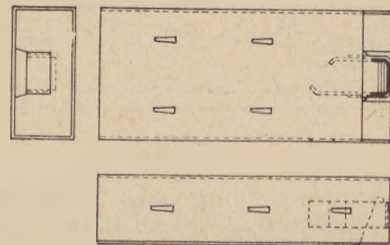
Ma már minden tűzállóanyagból gyártható megfelelő nagytisztaságú vegyikötésű téglá. Ez a lehetőség a kemenceszerkesztőket előnyös helyzetbe hozta.

Lehetővé vált számukra, hogy olyan kemenceszerkezeteket tervezhessenek, amelyek égetett termékekből csak nehezen vagy egyáltalán nem képezhetők ki.

A fent említett feszültségmentes boltozatok, ill. téglák készítése azért vált lehetségessé, mert a téglák gyártásánál a hőkezelési hőmérséklet sohasem haladja meg az  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ -t, leggyakrabban azonban már  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$  is elegendő a kémiai kötés létrehozására és ez által a kellő szilárdság biztosítására. Így vált lehetővé tetszés szerinti alakú fémrészeknek a téglába történő besajtolása.

Ezt a lehetőséget igen nagy számú szabadalom ki is használja és a legkülönbözőbb gyártási megoldásokhoz folyamodik. Jelentőségre tulajdonképpen három téglatípus jutott:

1. Ferroklipp-típusú téglá (9 ábra).

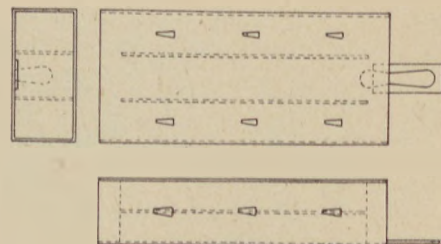


9. ábra

Ennél a téglafajtánál egy U alakú fület sajtolnak a téglá egyik oldalába, a téglá sajtolásával egy menetben. Mivel kohászati kemencéknél használják, vaslemez burkolattal szokták ellátni. Ez volt az első függeszthető vegyikötésű téglatípus.

Rögzítéskor I alakú fegyverzetre erősítik kettős horog segítségével úgy, hogy a téglá sajtolta nyílásokat egymás felé fordítják. A regenerátorkamrákból jövő ún. felszállók esatornáit képezik ki belőle, vagy nagyméretű, közel függőleges falazatokban használják.

2. Füles téglá (10. ábra)



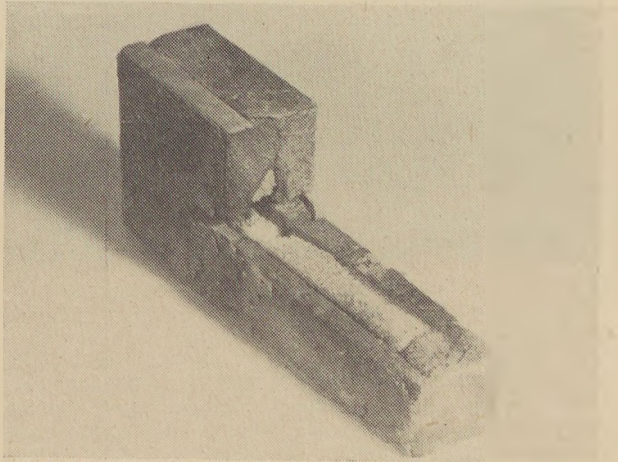
10. ábra

Ez a téglatípus az előzőtől annyiban tér el, hogy az említett függesztő szerkezet kihajthatóan van kiképezve és a téglába sajtolva. A fül lyukkal van ellátva, amelynél fogva felfüggeszthető. Felfüggesztő fegyverzetként szögvasat vagy laposvasat használnak, melyre a téglát kampókkal erősítik fel.



Az értékes tűzállóanyag 5—10%-át lehet ezzel a megoldással a Ferroclipp téglával szemben megtakarítani. Főleg boltozatok kiképzésére használják, de megfelelő merev rögzítő megoldással függőleges falazatok is építhetők belőle.

### 3. Betétes téglá (11. ábra).



11. ábra

A korábban említett feszültségmentes vegykötésű téglatípus kialakítását tette lehetővé. Elvileg bármelyik előző típussal gyártható, rendszerint azonban füles téglának képezik ki.

Ennél a típusnál vagy kiolvadó fémbetétet sajtolnak a téglába, bár csőnek képezik ki a betétet és olyan módon járnak el, hogy a betétben levő tűzállóanyag a hőtágulásnál valamivel nagyobb mértékben zsugorodjon. Ilyen módon nemcsak a boltozat feszültségmentesíthető, hanem ezen belül az egyes téglák is. Ez pedig — mint azt a bevezetőben már kifejtettem — igen lényeges szempont a nagytisztaságú tűzállóanyagok használatánál.

Anélkül, hogy a részletekre kitérnék, a vegykötés fejlődéséről is kell néhány szót mondanom.

Ezt a gyártási módot jelenleg nagyüzemi méretekben jóformán csak bázikus tűzállóanyagoknál alkalmazzák, vagy vegykötéssel mindenféle tűzállóanyag gyártható. Ennek az az oka, hogy jelenleg a bázikus tűzállóanyagokkal szemben a legnagyobb igénybevételek. Ezek gyártásánál merült fel legelőször az igen magas hőmérséklet alkalmazása a gyártás során (1600—1750 °C).

Az ilyen magas hőmérséklet előállítása költséges és a kemencetervezés sem tudott megfelelően lépést tartani az igényekkel. Hozzájárult elterjedéséhez az is, hogy a vegykötés kivitelezése ezeknél az anyagoknál a legegyszerűbben volt keresztülvihető. Alapja ma is az ún. „Sorell-cement” képzés, vagyis oxiszulfát kötés. Ez a kötésfajta az építőiparban a múlt században már ismert volt és alkalmazásánál csupán megfelelő módosításokra volt szükség.

A többi tűzállóanyagnál, pl. a korundnál, SiC-nál, ZrO<sub>2</sub>-nál, stb. a foszfátkötés bizonyult a legjobbnak. Ezt a kötési módot a fogászati cementek készítésétől vette át a tűzállóanyagipar. Előnyös használhatóságának felismerése mindössze 10 éves.

Ma már nincsen olyan tűzállóanyag, amelyből vegykötésű téglá ne lenne gyártható, de ezek a felhasználó ipar előtt részben ismeretlenek, részben valószínűleg még nem érett meg a helyzet ezek általános bevezetésére.

A haladás kétségkívül előbb-utóbb szükségessé teszi alkalmazásukat.

A tűzállóanyagoknál mutatkozó haladás olyan irányúnak látszik jelenleg, hogy miután olcsó, nagy tisztaságú alapanyagok állanak rendelkezésünkre, minden gyártmánynál az elérhető maximális tömörség lesz a fejlesztés célja. Ennek első lépcsője a csak zárt pórusokkal rendelkező tűzállóanyagok csoportja, melyeknek tehát vízfelvételük gyakorlatilag nincs. Ennek további folytatása az elképzelhető legtömörebb anyag, melynek térfogatsúlya megegyezik a fajsúlyával.

A kitűzött cél két úton érhető el:

1. Kerámiai úton zsugorítással.
2. magas hőmérsékleten történő olvasztással.

A kerámiai úton történő gyártás tökéletesítése mind külföldön, mind hazánkban megindult, alkalmazásának azonban határt szab a megfelelő hőmérsékletű nagyüzemi kemencék hiánya. Az azonban várható, hogy a termékek igen kitűnő eróziós és korróziós tulajdonságokkal fognak rendelkezni és belső feszültségektől mentesíteni lehet a téglákat az égetési körülmények helyes megválasztásával.

A magas hőmérsékleten történő olvasztás jelenleg elektromos úton, ívfénykemencékben történik. Az így olvasztott kövek elsősorban kopásállóságukkal tűnnek ki. Erózióval és korrózióval szembeni ellenállásuknak köszönhetik állandóan fokozódó alkalmazásukat. A korábban említett feszültségmentes kemenceszerkezetek ezekből nem gyárthatók. Igen gyakori az is, hogy az egyes téglákon belül oly nagyok a feszültségek, melyek a gyártás, ill. hűtés természetéből folynak, hogy már enyhe melegítés hatására szétpattannak. Ezen csak úgy lehet segíteni, ha az öntés utáni gondos temperáláson kívül olyan olvasztó adalékanyagokat használnak, amelyek az egyébként kitűnő termikus tulajdonságokat lerontják, vagy kristálymagokat hoznak létre nagy számban és amelyek az aprókristályos szerkezet kialakítását teszik lehetővé.

Az adalékanyagok egy része olyan hatású, mint azt már említettem, — hogy lényegesen lerontja a tűzálló tulajdonságokat. Ez érthető, hiszen az olvasztás magas hőmérsékletének leszállítására törekednek egyrészt, másrészt pedig a fémötveteknél is ismert tapasztalatot hasznosítják, u. i. hogy az eutektikumok közelében dolgozva jobb mechanikai tulajdonságok érhetők el a többalkotós rendszerekben.

Másik módja a feszültségek csökkentésének az a körülmény, hogy aprókristályos szerkezet kialakítására törekednek. Ezért gyakran az olvadéban nem oldódó anyagokat adagolnak a kemencébe, melyek ezután kristálygócként szolgálnak az olvadék kristályosodásánál.

Jobban kézben tartható ily módon a temperálási folyamat, a mechanikai tulajdonságok tehát megjavulnak.

Tiszta anyagok alkalmazásánál látható, hogy lényeges előnyöket mutat fel a kerámiai módszer, végső fokon azonban az együttes energia fogyasztás fogja eldönteni a két módszer közötti versenyben az elsőséget. Tény, hogy kerámiai úton egyszerűbbnek látszik a fajsúlyt megközelítő tömörségű termék előállítás, mert gázárványok fellépésére nem kell számítani.

Végül szokásos még az olvasztott anyag gyors lehűtése és őrlése, majd kerámiai módszerekkel történő feldolgozása, ismételt égetése is. Ilyenkor az olvasztás célja az, hogy a kiindulási anyagot kohászati módszerrel, rendszerint redukcióval tisztítsák meg a szennyeződésektől.

Magas árúk mellett talán ez a magyarázata annak, hogy ezek a tűzállóanyagok nem terjedtek el. Vegyikötéssel kombinálva, vagy más eljárással, pl. rendkívül magas hőmérsékletek alkalmazásával mindenesetre ezek az anyagok komoly fejlődés előtt állanak és a továbbiakban sok újdonság várható ezen a téren. Tény az, hogy ezeknek az anyagoknak a fejlődése megtorpant és évek óta ez a gyártási mód egy helyben topog.

A kemencék üzemének gazdaságosságát jelentősen növeli a regenerátorkamrák üzemeltetési körülményeinek megjavítása. Ez három úton érhető el:

1. Emelkedő rácshőmérséklet alkalmazásával,
2. hőkapacitás fokozásával,
3. hőátadás megjavításával.

Bázikus tűzállóanyagok alkalmazásával mindhárom tényező jelentősen megjavítható.

Az emelkedő rácshőmérséklet alkalmazása bázikus téglánál különösebb akadályba nem ütközik, mert a samott és szilikátégláknál lényegesen ellenállóbb a  $Fe_2O_3$  és alkália tartalmú szállóporokkal szemben. Használatánál nem kell leolvadtól tartani, ily módon az alsó sorok nem tömődnek el a lecsurgó olvadéktól.

Megfelelő hőingadozást tűró gyártmányok rendelkezésre állanak, ily módon nincs nehézség bevezetésüknél.

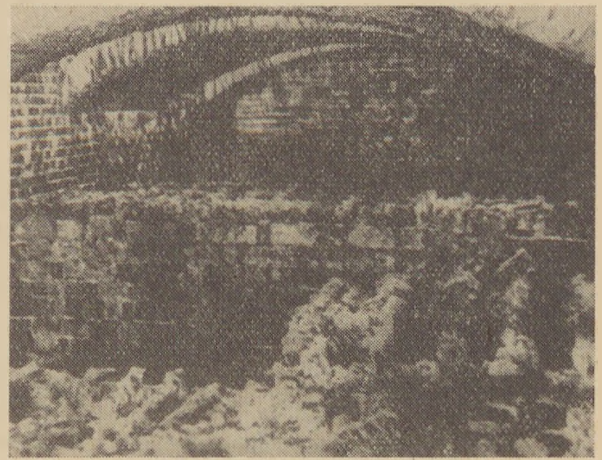
A bázikus anyagok már csak nagyobb térfogatsúlyuk révén is több hő tárolására képesek, amihez hozzájárul, hogy a rácshőmérsékletet is emelni lehet. Még azonos hőmérsékleten is kb. 50%-kal nő a hőkapacitásuk, amit egyszerű módon számíthatunk a fajhőből és térfogatsúlyukból.

$$0,283 \times 2,8 = 0,792 \quad 167\% \text{ bázikus téglánál,}$$

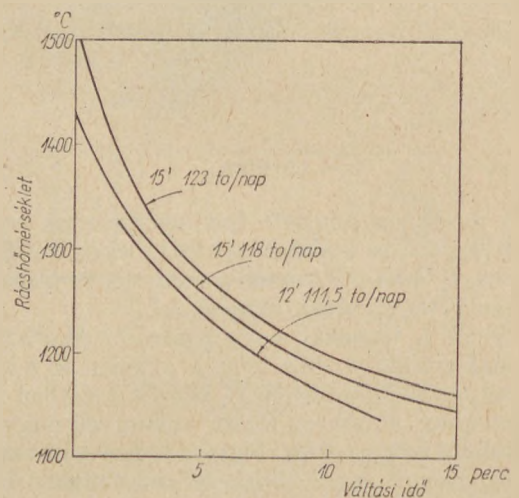
$$0,265 \times 1,9 = 0,503 \quad 100\% \text{ samott-téglánál.}$$

A hőátadás megjavítását több tényező teszi lehetővé. A bázikus téglá felülete a szállópor ellenére is érdes marad, így a hőfelvétel és hőleadásnál kedvezőbbek a körülmények, szemben a samott és szilika gyártmányokkal, melyek felülete zománcossá, fényessé válik már rövid üzemeltetés után is.

Mivel rácsolevadás, összedőlés nincs, ezért a keresztmetszet gyakorlatilag nem változik meg. Ily módon közel állandó hőátadó felületek állnak rendelkezésünkre. A lerakódott szállópor üzem közben levegő fuvatással eltávolítható, illetve felrakódás esetén a felső 3–4 sor eltávolítása után a regenerátor-kamra újra üzemeltethető.



12. ábra



13. ábra

A felsorolt tényezők végeredményben előnyösen hatnak a kemence üzemére és az a tény egymaga, hogy az égők magasabb hőmérsékletű, egyenletesebb hőfokon előmelegített levegőt kapnak 10–15%-kal növeli az olvasztási teljesítményt vagy csökkenti a tüzelőanyag fogyasztását.

A bázikus üveglvasztó kemence regenerátor kamrájának képét mutatja két évi üzemeltetés után a 12. ábra. Az előtérben samott, a háttérben magnezit-téglából készült rácsháló látható.

A levegőhőmérséklet alakulását mutatja a váltási idő függvényében a 13. ábra.

A felsorolt alapelvek ezidáig acélgyártó kemenceknél kerültek felhasználásra igen jó eredménnyel.

Reméljük, hogy a szilikátipari kemencék építésénél is hasonló jó eredménnyel fogják a kemence-tervezők az ismertetett tűzálló építőanyagokat és szerkesztési elveket alkalmazni. Segítségükkel igen nagymértékben megjavulhat a kemencék fajlagos teljesítménye és termikus hatásfoka.

*Cser Arisztid:* Új építési szempontok és irányzatok kemenceépítésnél, bázikus tűzállóanyagok felhasználásával.

A bázikus, főképpen magnezitalapú téglák elterjedése egyre fokozódik, nemcsak a kohászatban, hanem a többi iparágban is. A feszültségmentes kemencekonstrukciók lehetővé teszik a nagytisztaságú tűzálló

anyagok magasabb hőmérsékleten történő üzemeltetését.

A nagy tisztaságú tűzállóanyagok gyártása vegyikötésű téglafajtákkal oldható meg csak az ipar jelenlegi fejlettségi fokán.

Az olvasztott és öntött tűzállóanyagok nagyobb mérvű elterjedése csak nagy erózióknak és korrózióknak kitett részeknél várható, más kemenceszerkezetekben, jelenlegi állapotukban, nem jönnek számításba.

Igen fontos a nagy tisztaságú magnézitek alkalmazása, melyek főképp az üvepiparnál javíthatják meg a kemencék üzemeltetési körülményeit.

Használatukkal mind a fajlagos termékenységi mutatók mind a fajlagos tüzelőanyagfogyasztás javul, ily módon gazdaságosabb üzeműekké válnak a kemencék és az önköltség leszorítható.

*Чер Арустид*: НОВЫЕ ВЗГЛЯДЫ И НАПРАВЛЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПЕЧЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОСНОВНЫХ ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ.

Распространение основных кирпичей, главным образом, на магнезитовой основе, все увеличивается не только в металлургии, но также и в других отраслях. Свободная от напряжения конструкция печей дает возможность эксплуатировать огнеупоры повышенной чистоты при более высоких температурах. Производство огнеупоров высокой чистоты в виде различных видов кирпичей на химической связке может быть разрешено только в условиях современного развития промышленности. Применение плавящихся и литых огнеупоров ожидается только в частях, подвергаемых сильному механическому и коррозионному воздействию, в других частях печи в их настоящей форме, к применению не намечаются. Применение

магнезитов высокой чистоты очень важно, главным образом, в стекольной промышленности, где они значительно улучшают условия эксплуатации печей.

В результате применения магнезитов улучшаются показатели удельной производительности и удельного расхода топлива, таким образом печи работают более, экономично и себестоимость считается.

*A. Cser*: Neue Gesichtspunkte und Entwicklungrichtungen im Ofenbau mittels Verwendung basischer ff. Steine.

Die basischen, vor allen die magnetischen Steine finden immer breitere Verwendung, u. zw. nicht nur im Hüttenwesen, sondern auch in anderen Industriezweigen. Die spannungsfreien Ofenkonstruktionen ermöglichen die Verwendung von ff. Materialien höchster Reinheit bei gesteigerten Temperaturen.

Die Produktion gesteigerten reiner ff. Materialien lässt sich beim gegenwärtigen Entwicklungsstand der Industrie nur durch die Herstellung chemisch gebundener Steine lösen.

Die breitere Verwendung der ff. Schmelzgussmaterialien kann nur an Stellen erwartet werden, welche starker Erosion und Korrosion ausgesetzt sind, an den übrigen Ofenteilen kommt sie — beim heutigen Stand — nicht in Betracht.

Es erscheint als besonders wichtig die Verwendung reiner Magnesite, da hierdurch die Betriebsverhältnisse der Öfen vorwiegend in der Glasindustrie — verbessert werden können.

Durch ihre Verwendung können günstigere Produktivität und Wärmebedarf erzielt werden, die Wirtschaftlichkeit der Öfen steigt an und es ergibt sich eine Ersparnis an Selbstkosten.

## NAGY ISTVÁN

1960. december 4-én, 63 éves korában meghalt Nagy István, a Hejőcsabai Cementgyár volt főtechnológusa.



*Nagy István*

Egyszerű ember volt egész életében. A munkában kiváló, magatartásában mélyen emberi. 1912-ben Tatabányán laboratóriumi próbahordóként kezdte a cementiparban munkásságát. Mint mészegető munkás fia a munkája mellett nagy szorgalommal tanult, mert

az akkor induló gyárban világosan látta az ipari szak-képzettség fontosságát. Elsajátította a német és angol nyelvet, s így lehetősége lett a külföldi szakirodalom olvasására. 1919. márciusában, amikor hazánkban kiiktották a proletárdiktatúrát, mint a nép hő fia részlet vett a helyi tanács munkájában.

Az ő számára 1919. augusztus 1. után a meghurcoltatás, felelősségrevonás következett, majd egy fél éven keresztül internáló táborban szenvedett. Büntetésből munkahelyről elbocsátották, majd a Budai Cementgyárhoz került laboránsnak. 1928-ban ismét visszakerült Tatabányára és az akkor induló Bauxit Cementgyár főlaboránsa lett. Annak ellenére, hogy 1919-i magatartásáért megbélyegezték, még ellenségei is elismerték nagy szakmai képzettségét.

A felszabadulás után kétszeres erővel dolgozott a megrongált és kifosztott cementgyárak üzembehelyezésén és fáradságot nem ismerve mint a Cementipari Igazgatóság szakelőadója segítette az üzemek vezetőit és dolgozóit.

Mint a nép és a párt hő fia, éveken keresztül vezette, mint főmérnök a Hélapátfalvai Cementgyárat, 1951-től pedig a Hejőcsabai Cementgyár építésén és üzembehelyezésén fáradozott 1957-ig, míg nyugdíjba nem vonult. De még ezután sem szakadt el munkatársaitól, kik őt szerették és megbeesülték, mint műszaki könyvtáros tovább tanította a nyomába lépő fiatal munkatársait.

Az Építőanyagipari Tudományos Egyesületnek megalakulásától aktív tagja, és az Egyesület munkájában fáradhatatlanul tevékenykedett.

Nagy István eltávozott közülünk. Mikor búcsúznunk tőle, barátunktól, tanítónktól, példaképünktől, attól, aki egy fél évszázadon keresztül a magyarországi cementipart bölcsőjétől hűen gondozta és nevelte, megfényesedik szemünk, pedig tudjuk, hogy amíg élünk, közöttünk marad.

# Előfeszített vasbetonaljak optimális gőzölési órafokszámának vizsgálata

SZUK GÉZA

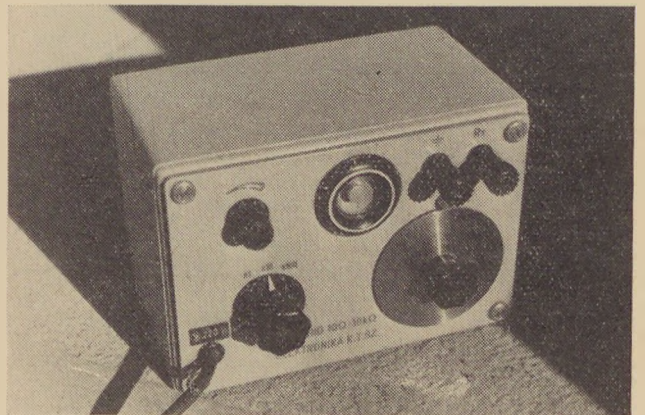
Az ÉTI-ben kidolgozott konduktometrikus módszert alkalmaztuk a 4. Épületelemgyár által gyártott előfeszített vasbetonaljak legkedvezőbb gőzölési órafok-számának meghatározására. A módszer kidolgozása alatt azt észleltük, hogy az alacsony nyomású hőkezelés alatt álló betontest elektromos ellenállása meghatározott hőfokon bizonyos ideig növekszik, majd egy maximális érték után csökken (1). A maximális ellenállásérték megjelenésének időpontja azt az optimális kezelési órafokszámot jelzi, amelynél a próbatest a legnagyobb 28 napos törőszilárdságot adja. A konduktometrikus módszerrel végzett méréseket törési kísérletekkel és roncsolásmentes (szónikus) vizsgálattal ellenőriztük gőzölés utáni állapotban és 28 napos korban. Kísérleteink szerint a módszerrel megállapított optimális órafokszámig gőzölt vasbetonaljak szilárdsága nagyobb, mint az üzemben eddig szokásos ideig gőzölték.

## Mérési módszer

Az elektromos ellenállást elektronikus ellenállás-mérőhíddal mérjük. (Mérési feszültség 6,3 V; frekvencia 50 Hz). A  $10 \times 50 \text{ mm}^2$  nagyságú, 1 mm vastag vörösréz elektród párt, közvetlenül a gőzkamrába helyezés előtt, a beton felszínéhez viszonyítva hosszabbik oldalukkal párhuzamosan és merőlegesen helyezük el a sablonban levő betonban (1. ábra). Az elektródok egymástól való távolsága függ a beton adalékanyagának maximális szemnagyságától. A lábatlani kísérleteknél ez a távolság kb. 60 mm volt. Az elektródok a ráforasztott gumikábelrel a gőzkamra ajtaján fűrt lyukon keresztül csatlakoztak a mérőműszerhez (2. ábra).

A műszer leolvasása a gőzkamrába helyezéstől számított negyedórás időközökben történt. A gőzölés tartama alatt a kezelés órafokszámát negyedóránként számítottuk és felrajzoltuk mind a gőzölési diagrammot, mind a betontest elektromos ellenállás-diagrammot. Az első méréseknél a nyolc órai hőkezelést végig mértük, tehát a diagramban

jelentkező optimumot jelző pont után is mértünk. A későbbi méréseknél, midőn ugyanazon betonfajtánál az optimális órafokszámok csak kis mértékben különböztek egymástól, vagy a jelentkező optimumig vagy az optimum körüli tartományban mértünk.



2. ábra. Mérőműszer

## Vasbetonaljak vizsgálata

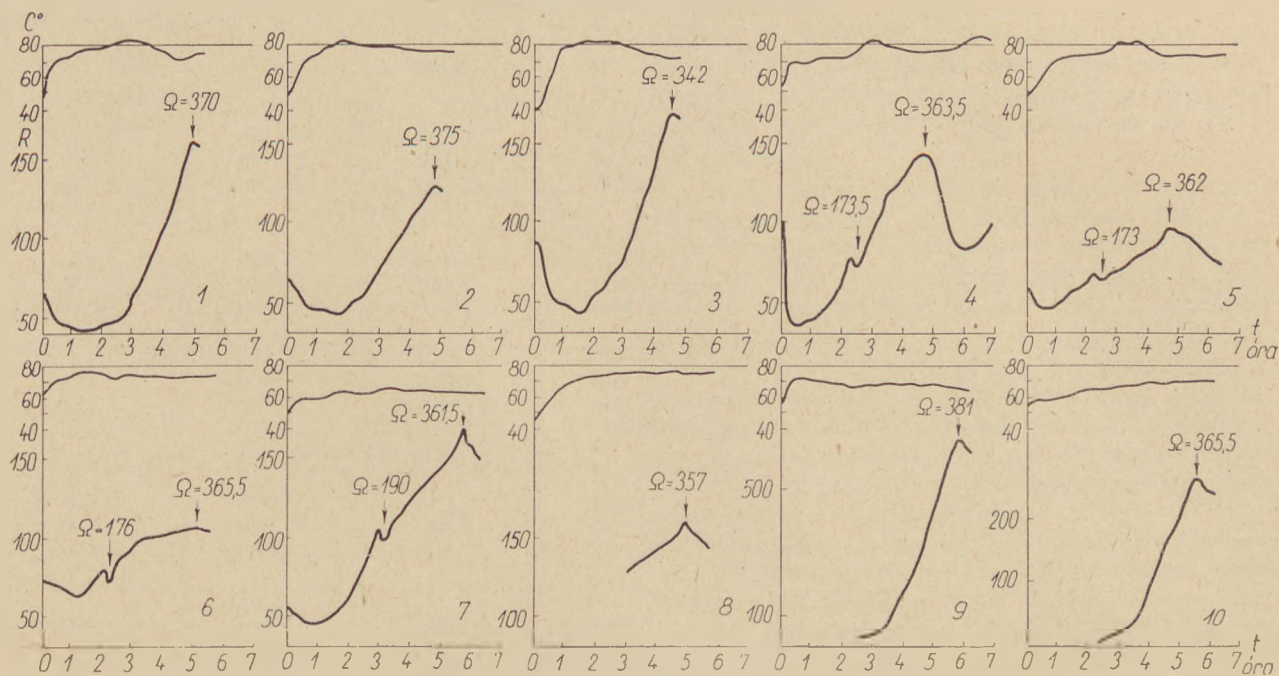
A gőzölési kísérletek alatt 310 mérést végeztünk. 10 kísérlet diagramját a 3. ábrán mutatjuk be. A felső görbe a gőzölési diagramot mutatja. Amint láthatjuk, a hőfok a gőzölés alatt kis mértékben változott. A mérések alatt negyedóránként számítottuk a pillanatnyi helyzetnek megfelelő órafokszámot. Mint a 3. ábra diagramjaiból is kitűnik, az optimális órafokszám  $\Omega = 342 - 381$  között változott. Legtöbb esetben 365  $\Omega$  körül kaptuk az ellenállásérték maximumát. A diagramok különböző meredekségű lefutása a különböző elektródtávolságnak tulajdonítható. Ez a maximális adalékzemesek elhelyezkedésének függvénye. A mérés szempontjából az abszolút ellenállás mérése lényegtelen, mert az indikáció felismeréséhez elegendő a lefutó hullámalak.

A  $3/6$  ábrán például az optimumot jelző maximum egészen lapos hullámalakot mutat. Ennél a mérésnél (valószínűleg a 3. órában) a betontest a lecsapódó kondenzvíz következtében víz alá került. Ennek ellenére az indikációt 365,5 órafoknál ebben az esetben is megkaptuk. Figyelemre méltó a  $3/4$ ,  $3/5$ ,  $3/6$  és  $3/7$  diagram, ugyanis megfigyelhetjük, hogy ezeknél  $2\frac{1}{4} - 2\frac{1}{2}$  óra elteltével ( $\Omega = 173 - 190$ -nél) egy éles minimum jelentkezik. Bár a gőzölés kiértékelése szempontjából lényegtelen, meg kell említenünk, hogy ez a minimum a cementpép lekötésének végét jelzi, melyet előző kutatásainkból jól ismerünk (2). Hogy ez a többi kísérleteknél nem figyelhető meg, annak tulajdonítható, hogy a méréseket  $1/4$  óránként végeztük és ez a jellegzetes pont két mérés közé esett.



1. ábra. Elektródok behelyezése

Feszített vasbetonaljak optimális gőzölési ideje



3. ábra. Gőzölés folyamatának konduktometrikus diagramjai

Az optimumot jelző pontokat törési kísérletekkel és roncsolásmentes szónikus méréssel ellenőriztük. Ezeket a vizsgálatokat a gőzölés után azonnal és 28 napos korban végeztük.

A kísérleteknél egyidejűleg mindig két-két betonalj sorozatot készítettünk. Az egyik sablonban egy betonaljon mértük az elektromos ellenállást. Ezt a sablont az általunk megállapított optimális órafokszámnál vettük ki a gőzkamrából. (A sorozatot 0 számmal jelöltük.) A másik sablont az üzemben szokásos 8 órai gőzölés után vettük ki a kamrából (jelzése 8). Az eredmények a következők:

Törési kísérlet friss állapotban

Jel	Sorszám	A teher helye	Támász. köz., cm.	$P_{rep}$ kg	$P_{törő}$ kg
I. 20 0	I.	K F	150	4 220	5 030
		Sa B	70	12 720	17 540
		Sa F	70	11 670	13 780
	II.	K F	150	3 680	4 490
		Sa B	70	11 150	14 830
		Sa F	70	10 880	16 180
	III.	K F	150	3 410	4 220
		Sa B	70	9 820	12 720
		Sa F	70	11 150	12 990
I. 20 8	I.	K F	150	2 610	4 220
		Sa B	70	10 620	13 870
		Sa F	70	8 990	11 150
	II.	K F	150	3 950	4 760
		Sa B	70	10 360	14 040
		Sa F	70	10 090	13 510
	III.	K F	150	3 410	4 490
		Sa B	70	10 360	13 780
		Sa F	70	9 820	12 720

(Jelmagyarázat: K = középen, Sa = sín alatt, F = fordítva, B = beépített helyzetben.)

Meg kell jegyeznünk, hogy a 8/III keresztalj törésénél a nyomóorsó elhajlott, így a mért értékek bizonytalanok. A törés előtt szónikus, roncsolásmentes vizsgálatot végeztünk. A vizsgálat időpontja a gőzkamrából való kivétel után kb. a 30. percben történt.

A szónikus eredmények a következők:

Jel	Sorszám	A teher helye	Beton-nyomószilárdság kg/cm <sup>2</sup>
I. 20 0	I.	Középen beépítési helyzetben	460
	II.		370
	III.		440
I. 20 8	I.	Középen beépítési helyzetben	310
	II.		417
	III.		393

Az optimális órafokszámig gőzölt sorozat átlag nyomószilárdsága  $\sigma_0 = 390$  kg/cm<sup>2</sup> a 8 órát gőzöltéké  $\sigma_8 = 371$  kg/cm<sup>2</sup>

A sín alatti terhelésnél a tönkremenetel a huzalok megesusvása és a beton nyírása miatt következett be. A középső terhelésnél a tönkremenetel a beton morzsolódása miatt történt.

A 28 napos törési kísérlet előtt végzett szónikus vizsgálat eredménye a következő:

Jel	Sorszám	A teher helye	Beton-nyomószilárdság kg/cm <sup>2</sup>
XII. 17 0	I.	Középen fordított helyzetben	540
	II.		606
	III.		440
XII. 17 8	I.	Középen fordított helyzetben	440
	II.		430
	III.		540

## Törési kísérlet 28 napos korban

Jel	Sorszám	A teher helye	Támaszköz cm	$P_{rep}$ kg	$M_{rep}$	$P_{törő}$ kg	$M_{törő}$ kg m
XII. 17. 0	I.	K F	150	5 000	1 870	6 300	2 360
		Sa B	70	18 000	3 140	27 800	4 850
		Sa B	70	12 800	2 240	19 200	3 360
	II.	K F	150	3 500	1 310	5 920	2 220
		Sa B	70	14 000	2 450	19 220	3 370
		Sa B	70	13 800	2 410	19 000	3 360
	III.	K F	150	2 800	1 050	4 900	1 850
		Sa B	70	11 900	2 080	22 400	3 920
		Sa B	70	13 800	2 410	23 340	4 080
XII. 17. 8	I.	K F	150	3 200	1 200	5 720	2 140
		Sa B	70	12 800	2 240	17 920	3 140
		Sa B	70	14 000	2 450	24 880	4 350
	II.	K F	150	3 200	1 200	5 240	1 970
		Sa B	70	12 800	2 240	24 240	4 240
		Sa B	70	12 800	2 240	22 000	3 850
	III.	K F	150	3 800	1 430	5 400	2 020
		Sa B	70	12 800	2 240	21 320	3 730
		Sa B	70	12 800	2 240	23 200	4 050

A O III jelű keresztalj betonja szivacsos volt, így ennek vizsgálati eredménye nem megbízható.

Az optimális órafokszámig gőzölt sorozat 28 napos

átlag-nyomószilárdsága .  $\sigma_0 = 526,6 \text{ kg/cm}^2$

A 8 órát gőzöltéké . . . . .  $\sigma_8 = 470,0 \text{ kg/cm}^2$

Összehasonlítva a friss és 28 napos törési és szónikus eredményeket, a következő táblázatot kapjuk.

Jel	Sorszám	Friss		28 napos	
		$P_{törő}$ kg	Szónikus beton-nyomószilárdság $\text{kg/cm}^2$	$P_{törő}$ kg	Szónikus beton-nyomószilárdság $\text{kg/cm}^2$
0	I.	5030	460	6300	540
	II.	4990	370	5900	606
	III.	4220	340	(4920)	440
8	I.	4220	310	5720	440
	II.	4760	417	5240	430
	III.	(4490)	393	5400	540

A zárójelben levő értékek nem megbízhatóak frissen, hibás törőgép, 28 napos, szivacsos, fészkes beton.

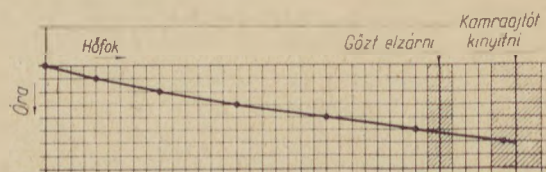
Az előzőekben ismertetett előkísérletek után a módszert 1960. májusában bevezettük a 4. sz. Épületelemgyár előfeszített vasbetonalj üzemében.

A módszer bevezetése után azonnal felmerült az ellenőrzés kérdése. Ez két részre oszlik. 1.) Időnként ellenőrizni kell a megállapított optimális órafokszámot. 2.) A megállapított órafokszámot a gőzölés alatt be kell tartani.

A keverőüzem technológiája jó. Ennek ellenére kisebb ingadozások előfordulhatnak a beton

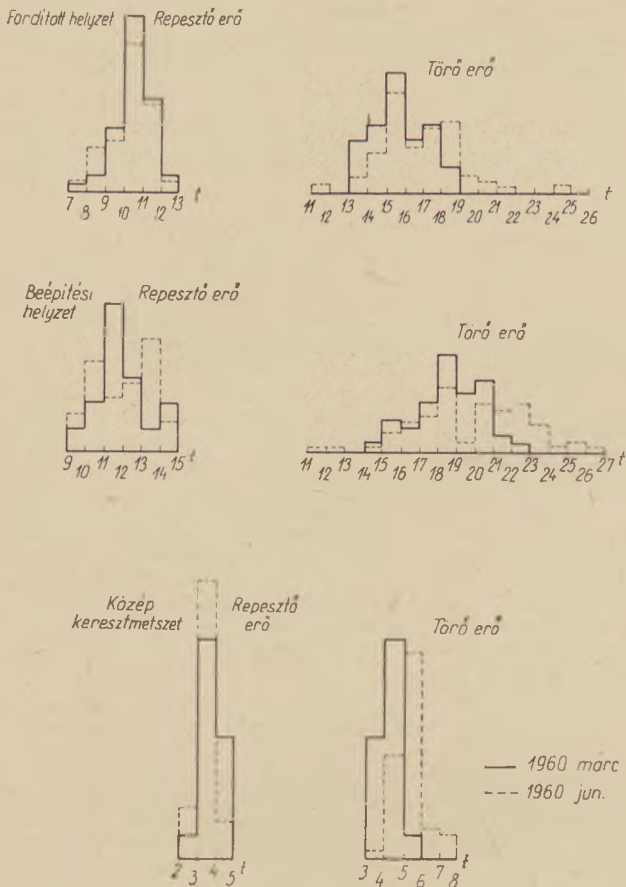
összetételében — pl. homokdúsabb finom frakció — és a cement minőségében. Ezek a körülmények befolyásolhatják a gőzölési időt. Ezért kell időnként ellenőrizni az optimális órafokszámot. Ez eddig úgy történt, hogy időnként ellenőrző méréseket végeztünk. Folytonos üzennél ez a módszer nehézkes, ezért az eljárást automatizálni kell. Itt meg kell jegyeznünk, hogy az ellenőrző mérések alkalmazásával az optimum ugyanazon tartományban jelentkezett.

A másik kérdés a gőzölési órafokszám betartása. Ennek biztosítására a gyár egy igen jó módszert dolgozott ki, amely egy diagramm felrajzolásából áll. A gőzölési jegyzőkönyv négyzetbeosztású diagramot tartalmaz (4. ábra). A háló



4. ábra. A gőzölés folyamatát ellenőrző diagram

vízszintes osztásai 10—10 °C-nak, függőleges osztásai 1—1 órának felelnek meg. Az órafok diagram felrajzolása a bal felső sarokban kezdődik. A gőzölési időt ellenőrző tolapkezelő dolgozó minden órában leolvassa a gőzkamra hőfokát és annyi 10 °C-nak megfelelő osztást számol le balról jobbra, amennyi a gőzkamra hőfoka. A végpontban húzott függőleges vonal és az egy órának megfelelő, függőlegesen lefelé számolt egy osztás metszés-



5. ábra. Törési eredmények százalékos eloszlása 1960. május és június hónapban

pontját bejelöli és az előző órában bejelölt ponttal összeköti. Az összekötő vonalak összege jelenti az elért órafokszámot.

A diagram felrajzolását ily módon addig kell folytatni, amíg elérjük a függőleges vonallal bejelölt optimális órafokszámot. A hálórendszerbe előre be van jelölve a gőzlezésnek időpontja, az optimális órafokszám és a kamraajtó kinyitásának az időpontja.

Ezzel a módszerrel a megfelelő órafokszám ellenőrzése óránként számított értékkel grafikusán történik. Átmeneti megoldásnak ez az eljárás megfelelő. Végső megoldás azonban ebben az esetben is csak az automatizálás lehet.

Az említett mérések automatizálása folyamatban van és a közeljövőben a folyamatokat ellenőrző Optiméter elnevezésű készülék felszerelésre kerül.

Az optimális gőzölési eljárás bevezetésének időpontjától nemcsak a régebben megállapított órafokszámot ellenőriztük, hanem összehasonlítottuk a régebbi és az új módszerrel gőzölt feszített aljak törési eredményeit.

A gyár törési jegyzőkönyve szerint felrajzolt hisztogramot az 5. ábrában közöljük. A folytonos vonallal rajzolt hisztogram a márciusi, a szaggatott vonal a júniusi eredményeket százalékos eloszlásban ábrázolja. Ezekből kétségkívül kiténik, hogy a módszer bevezetése után a törések nagyobb szilárdság-értékek felé szóródnak.

Kiértékelve az eredményeket, megállapítható, hogy a konduktometrikus módszerrel mért optimális órafokszámig gőzölt keresztaljak szilárdsága megfelelő, sőt ezek inkább magasabb értékek felé szóródnak. Ugyanakkor a gőzfelhasználás kb. 20%-kal kevesebb.

A kísérletek eredményei még arra engednek következtetni, hogy a lehűtési időszak elhagyása, a gőzfelhasználás csökkentése a gyártás gazdaságosságát jelentős mértékben befolyásolja a padforduló meggyorsítása és az ezzel kapcsolatos sablonszükséglet révén.

Az optimális gőzölési idő meghatározásának gyakorlati eredményei után felvetődik az a probléma, hogy tulajdonképpen mit mérünk? Kétségtelen, hogy fizikokémiai jelenségek elektromos regisztrálásáról van szó. Ha az anyag kiszáradását mérnénk csupán, úgy diagramunk állandó emelkedést mutatna. A diagram emelkedésének sebessége azonban bizonyos idő elteltével lelassul, majd megáll. Ez bizonyos fázis kialakulására utal. Külföldi szerzők kutatásait figyelembe véve, jelenleg nézetünk az, hogy az optimális pont megjelenése a beton végső szilárdságát biztosító tobermorrtszerű fázis kialakulását indikálja. Az erre vonatkozó elméletünket későbbi időpontban fogjuk közölni.

IRODALOM

1. Szuk G.: Determination of the Optimal Curing of Cement Pastes and Concrete at a given Temperature by a Conductometric Method. Act. Techn. Tom. XXIX. Fasc. 3—4. 1960.
2. Szuk G.: Konduktometrikus módszer a beton optimális gőzölési idejének meghatározására. Ép. tud. Tájékoztató 16. 1960.
3. Szuk G.: Conductometric Analysis of Setting of Cement Pastes under Isothermic Condition. Act. Techn. Tom. XX. Fasc. 1—3. 1958.

Szuk Géza: Előfeszített vasbetonaljak optimális gőzölése órafokszámának vizsgálata

A konduktometrikus vizsgálati módszert alkalmaztuk a 4. sz. Épületelemgyárban az előfeszített vasbetonaljak legkedvezőbb gőzölési órafokszámának meghatározására. A méréseket törési kísérletekkel és szonikus vizsgálattal ellenőriztük friss állapotban és 28 napos korban. A módszert 1960 májusától alkalmazzák a gyárban, amely minőségjavulás mellett többtermelést tesz lehetővé.

Сук Геза: ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ВЕЛИЧИНЫ ЧАСОВО-ГРАДУСНОГО ФАКТОРА ПРИ ПРОПАРИВАНИИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРАВЛЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОСНОВАНИЙ.

Для определения оптимального числа час × градб. пропаривания предварительно напряженных железобетонных шпал на заводе строительных элементов № 4 применяли кондуктометрический метод испытания. Контроль измерений был проведен испытаниями на разрыв и соническим методом испытаниями в свежем состоянии и в возрасте 28 дней. Этот метод на заводе применяется с мая 1960 года, который кроме улучшения качества даст возможность и на повышение производительности.

*Géza Szuk: Untersuchung der optimalen verdampfenden Uhrengradzahl der vorgespannten Stahlbetonschwellen*

In der Bauelementefabrik Nr. 4. wurde zur Bestimmung der günstigsten Stundengradzahl für die Dampfehandlung von vorgespannten Stahlbetonschwellen die konduktometrische Untersuchungsmetho-

de angewandt. Die Messungen wurden durch Bruchversuche und sonischen Untersuchungen im frischen Zustand und im Alter von 28 Tagen kontrolliert. Diese Methode wird vom Mai des Jahres 1960. an, in der Fabrik benützt wodurch ausser der Verbesserung der Qualität auch eine Mehrproduktion ermöglicht wird.

## AZ ÉPÍTÉSÜGYI DOKUMENTÁCIÓS IRODA KÜLFÖLDI LAPSZEMLÉJE

### BETON I ZSELEZOBETON

1961. 3. szám

*Iljina, N. F.: Előregyártott vasbetonszerkezetek az ipari építés számára.* (p: 99—105, á: 11, t: 1, b: 5)

A Szovjetunió Népgazdasági Tanácsa 1960. évi vívmánykiállításán számos új, előregyártott vasbetonszerkezetet és -elemet mutattak be. A közlemény többek között az új megoldású, kétoszlopos, előfeszített vasbeton tetőpaneleket, darupályagerendákat, tetőgerendákat, különböző szerkezetű ráctartókat, gyárkérményelemeket röviden ismerteti és ábrákon szemlélteti.

*Filina, T. A.: Beton és vasbeton minőségét ellenőrző és vizsgáló műszerek.* (p: 111—118, á: 18, b: 1)

A Szovjetunió Népgazdasági Tanácsa 1960. évi vívmánykiállításán számos új, szovjet gyártmányú ellenőrző és vizsgáló műszert mutattak be. A cikk ismerteti többek között ultrahanggal működő új szerkezetű, impulziós hangsebességmérőt, radioaktív sűrűségmérőket, betonszilárdságmérő stb. műszereket és ezeket ábrákon szemlélteti.

### BETON I ZSELEZOBETON

1961. 4. szám

*Mihajlov, V. V., Markarov, N. A.: Kúszás és üledés okozta feszültségvesztés meghatározására szolgáló módszer tökéletesítése.* (p: 156—161, t: 5, g: 5, b: 3)

Az előfeszített szerkezetek jelenlegi számítása során a szerkezetek feszültségi állapotának megváltozását befolyásoló következő veszteségeket vizsgálják: a beton üledése és kúszása, a vasalás relaxációja, a horgonyzások alakváltozása. Az elvégzett számos szovjet és külföldi vizsgálat eredménye lehetővé teszi a különböző anyagokból készült, különböző technológiával előfeszített szerkezetek kúszás és üledés okozta veszteségeinek pontos meghatározását.

### CEMENT

1961. 2. szám

*Matjatin, L. A., Zaharov, G. V.: Elektromos porszűrők automatikus vezérlése.* (p: 14—16, á: 2, t: 2)

Az elektromos szűrőket közel

kezelik, ezért a kezelő szubjektív befolyásolása folytán a szűrők nem dolgoznak a maximális teljesítménnyel. Intenzív szellőztetés ellenére annyira szennyezett a szűrőlevegő, hogy veszélyezteti a kezelőszemélyzet egészségét. Ezen ügy szoktak segíteni, hogy a vezérlőtáblát más helyiségben szerelik fel, ami növeli a beruházási költséget. Az automatizált vezérléssel a hiányosság megszüntethető és növekszik a szűrők hatása.

*Butt, J. M., Timasov, V. V.: Klinker-ásványok kötése, az égetési hőmérséklet és a kristályszerkezet függvényében.* (p: 17—22, t: 4, g: 2)

Szerző vizsgálja a különböző stabilizátorok és az égetési hőmérséklet befolyását a különböző klinker-ásványok hidraulikus aktivitására.

*Moroz, I. K., Szatarin, V. I.: Az USA cementiparának rövid áttekintése.* (p: 29—31, t: 3)

A múlt év végén szovjet szakemberek csoportja meglátogatta az USA legnagyobb cementgyárait, ahol megismerkedtek a termelés technológiájával és szervezésével. A cikk rövid áttekintést nyújt az amerikai cementipar jelenlegi helyzetéről.

### SZTROITELNŰE MATERIALŰ

1961. 4. szám

*Puhalszkij, G. V., Lepin, J. E.: Habsalakgyártás csurgató eljárásal.* (p: 13—14, á: 2)

A Szovjetunióban kidolgozott új eljárás szerint a habsalakot vályúkban gyártják. Ezek acélból hegesztett, négylépeső, lejtős vályúk. A vályú függőleges oldala mentén, perforált esővön át vizet juttatnak a lépesőkön lecsurgó anyagba. A prototípusként előállított berendezés évi teljesítménye 50 ezer m<sup>3</sup> habsalak.

*Lejkin, A. Sz., Purinszon, J. A.: Perklórvinil vízfestékek vasbeton- és egyéb panelek számára.* (p: 18—19, t: 3)

A műanyagbázisú festékekhez co-

mentet kevernek, miáltal a gyantaanyag a felére csökkenthető és a festék jobban tapad a nem teljesen kiszáradt betonhoz. A festék cementtartalmánál fogva hasonló tulajdonságú felhordott állapotban, mint a vakolt alap. A festékhez olyan szerek is keverhetők (pl. nátriunnitrát), amelyek a beton vasalását megvédik a korrózió hatásával szemben.

*Zsudzinszkij, V. G.: A mészhomok-masszakészítés hatékony módszere.* (p: 29)

Az új módszer abban tér el a hagyományostól, hogy 13—15% CaO-tartalmú masszát oltanak, azt homokkal soványítják. A meszet és a homokot együtt golyósmalomban őrlik. Az oltódobba 5,5 m<sup>3</sup> homokot és 3000 kg őrölt mészhomok keveréket adagolnak.

### SZTYEKLO I KERAMIKA

1961. 4. szám

*Ruga, A. Sz.: Módszerek az üvegolvasztókemencék teljesítményének fokozására.* (p: 3—6, á: 5, t: 1)

A kemencék többségében az olvasztó- és hűtőzóna területe közötti arány 0,65—0,9. A kidolgozásra kerülő olvadék megfelelő lehűtése végett az üzemek sokszor arra kényszerülnek, hogy az olvasztótér egy részét hűtőzónaként hasznosítsák. Az olvasztási térben az utolsó 1 vagy 2 éggőpárt kikapcsolják, miáltal csökken a kihozatal. A teljesítménynövelés kikísérletezésére egy kád-kemencét átalakítottak és különféle paraméterekkel folytatják a kísérleteket.

*Ginzburg, D. B., Hinkisz, M. Ja.: Hasznosításuk jobban az üvegolvasztó kemencék füstgázait.* (p: 7—11, á: 4, b: 9)

A Szovjetunióban áttérnek az olajos földgázüzelésű, nagyteljesítményű kemencék építésére. Ezzel kapcsolatban egyre nagyobb jelentőségű a füstgázok hasznosítása. Hőhasznosító kazánok alkalmazásával a távozó hő 50%-a visszanyerhető. A közvetlen fűtésű kemencéknél a füstgázokból visszanyert hő részaránya a 85%-ot is



elérhető. Szerző típus-hőhasznosító kazánok sorozatának a kidolgozását javasolja.

**Galdina, N. M.:** Nagy timföldtartalmú tűzállóanyagok élettartama a kádkemencékben. (p: 14—18, á: 7, t: 4)

A nagy timföldtartalmú kádkövek eléggé sűrű szerkezetűek, nehezen faraghatók, terhelés alatt csak magas hőmérsékleten szenvednek alakváltozást, mégis eléggé porózusak. A különféle tűzállóanyagok élettartamának összehasonlítása céljából egy kísérleti kemence különböző pontjaira különböző tűzállóanyagokat építettek be.

**Totes, A. Sz., Grigorjeva, L. F.:** Csiszolt és fényezett üvegek szilárdságvizsgálata. (p: 19—21, g: 3, t: 1, b: 5)

Az üveg szilárdsága nagymértékben függ a felületi megmunkálás jellegétől. Egyes szerzők szerint a tűzfényezett üveg szilárdabb a csiszolt vagy mechanikai úton fényezett üvegnél. A mechanikai megmunkálásnak alávetett üvegfelületen a csiszoláskor keletkezett karcokat ugyanis a fényezés nem szünteti meg teljesen. Különböző mélységben roncsolt felületű, 3—6 mm vastag, csiszolt és fényezett, függőlegesen húzott üvegek vizsgálatát és annak eredményeit ismerteti.

## SKLO I CERAMIKA

1961. 4. szám

**Bezborodov, M. A., Olczak, J.:** A középkori lengyel üveghuták néhány problémája. (p: 97—103, b: 37)

Szovjet és lengyel szakember együttes munkája során, amelyet a középkori üveghuták területén talált üvegmaradványokon folytattak, mint pl. az üvegek vegyelemzése stb. néhány olyan következtetést lehetett levonni, amely fényt derít a lengyel üvegipar kezdeti időszakának történelmére.

**Zapala, Z.:** Üvegtisztítási módszerek szirtalanító anyagok segítségével, ultrahanggal. (p: 103—106, t: 5, b: 2)

Külföldi tapasztalatokra támaszkodva kidolgoztak egy új tisztító-eljárást olyan üvegfelületekre, amelyekre vékony fémfilmet húznak rá. A tisztítást ultrahanggal végzik, mielőtt a filmet az üvegfelületre fémgőzök alakjában ráhordják.

**Zawadzki, A.:** Üveggyapot előállítás hő- és hőszigetelések számára. (p: 106—111, á: 4, g: 1, b: 8)

Új kísérletek ismertetése, amelyeket olyan üveggyapot hang- és

hőszigetelő anyagok gyártására folytattak, amelyek mind a lakóház- mind pedig az ipari építésben felhasználhatók.

**Nowakowska, J.:** Üvegolvadék viszkozitásának meghatározására szolgáló, koncentrikus hengerek forgásának alapján működő viszkoziméter. (p: 125—128, á: 4, t: 1, g: 2, b: 15)

A viszkoziméter  $10^2$ — $10^{4,5}$  poise viszkozitástartományon belüli mérésre alkalmas. Működési elve az üvegolvadék ellenállásának mérése a behelyezett forgó platinahengerrel szemben, amelynek forgómozgásából eredő nyomatéka ismert. A henger belsejében hőelem van, amely pontosan méri az olvadék hőmérsékletét.

## CEMENT WAPNO GIPS

1961. 3. szám

**Bastian, S., Grüner, M.:** A szállóhamu minőségének befolyása a cementpép és habares tulajdonságaira. (p: 57—68, t: 11, g: 5)

12 szállóhamut vizsgáltak, amelyek származásuk, szemeseösszetételük, térfogatsúlyuk és vegyi összetételük szempontjából eltérőek voltak. 30—40% cementet helyettesítettek szállóhamuval és megvizsgálták annak hatását a kötésre, a kötési hőre és a habaresok térfogatváltozására.

## STAVIVO

1961. 4. szám

**Bures, B., Pokorný, A.:** Az energia-termelés és az ipar hulladéktermékei, mint a könnyű építőanyagok nyersanyagai a CsSzsK-ban. (p: 111—115, á: 1, t: 8, b: 27)

A hulladékok tulajdonságai és hasznosításuk porózus és egyéb betonfajták adalékaként. Szerzők szerint főleg a szállóhamu és kohósalakok hasznosítása fontos és miután már a folyamatban levő öt éves tervben felhasználásuk szerepel, a kutatásokat folytatni kell.

**Pokorný, A., Srnský, L.:** A könnyű adalékok jelenlegi helyzete a CsSzsK-ban és a kutatás iránya. (p: 115—120, á: 6, t: 6, b: 31)

Szerzők a könnyű adalékok különböző fajtáival foglalkoznak, ezek között elsősorban a kohósalak habosításával és a szállóhamu zsugorításával. Az ilyen adalékanyagokkal készült könnyű betonok tulajdonságai.

**Hlaváček, J., Sychra, K.:** Habsalak és expandált pala felhasználásával készült betonok. (p: 120—124, t: 1)

Salakhabkő és duzzasztott pala felhasználásával készült könnyű betonokon folytatott kutatási mun-

kák eredményei. A kutatás a gyártástechnológiára és a termékek anyagtulajdonságaira terjedt ki. Az eredményekből szélesebb körre érvényes következtetéseket vontak le.

**Bures, B.:** Porózus betonok előállításának és a vonatkozó kutatásnak a jelenlegi helyzete és kilátásai a CsSzsK-ban. (p: 125—127, á: 5, t: 2)

A szerző a porózus betonfajták három csoportjával foglalkozik: habbetonnal, gázbetonnal és mikroporittal. Tárgyalja e három betonfajtával és a belőle készített elemekkel elért eredményeket. Részletesen ismerteti a csehszlovák gázszilikát tulajdonságait, végül összefoglalja a kutatás feladatait.

**Vasicek, J., Pume, D.:** Könnyű betonok használhatóságának és tulajdonságainak összehasonlíthatósága. (p: 128—134, t: 5, g: 2)

A már gyártott és a kutatás jelenlegi eredményei alapján a terlemésbe újonnan bevezetett fontosabb könnyű betonfajták mechanikai és fizikai tulajdonságainak áttekintése. Gyakorlati következtetések e betonfajták felhasználására vonatkozólag.

## SKLÁR A KERAMIK

1961. 3. szám

**Kotšmid, F.:** Az üveghomok előkészítésének technológiájáról a CsSzsK-ban. (p: 88—91, á: 3)

A Rheax és Simon—Kyrál-féle új rendszerű, üveghomok osztályozó sokkal nagyobb teljesítménnyel dolgozik, mint a korábban alkalmazott berendezések. Az új berendezéssel lényegesen jobb minőségű homok nyerhető, különösen az  $Fe_2O_3$ -tartalom és a szemese megoszlás tekintetében.

**Schill, F.:** Az új „Meopta PS 250” polarizskop. (p: 90—91, á: 3)

Az új üvegfeszültség vizsgáló készülékbe a kerek analizátort interferencialappal felszerelt, binokuláris analizátor-feltételt helyettesítették. A polarizátor átmérője 250 mm. A készülékben az 5 millimikron fáziskülönbségnek megfelelő fáziskülönbség még jól látható.

**Kubik, F.:** Egészségügyi kerámiail tárgyak gyártása. (p: 92—94, á: 6)

A Brno-i kiállításon elhangzott előadás részletei a gyártás jelenlegi helyzetét. Új formákat alakítanak ki, amelyek jól illeszkednek a lakásegységekhez és növelik a lakáskultúra színvonalát.

## SKLÁR A KERAMIK

1961. 4. szám

**Bartuska, M., Marušinová, S.:** Olvasztott bazalt kopásállósága. (p: 107—111, á: 9, t: 1, g: 3, b: 4)

Vizsgálták a kopásállóság, a struktúra, a fajsúly és a porózitás

összefüggéseit. Megállapították, hogy a kopásállóság a homogenitástól, a szöveti szerkezet finomságától és elsősorban a kristályosodás fokától függ. 6% porozitásig a kopásállóság a fajsúllyal arányosan változik. Az üzemi ellenőrzésben a fajsúlyból és a porozitásból közvetve megállapítható a kopásállóság.

*Plesnivý, F.*: Nyomokban jelenlévő szennyeződések meghatározása kvarcüvegben. (p : 112—114, g : 5)

Kalorimetrikus eljárást alkalmaznak vas, réz és alumínium meghatározására,  $10^{-5}\%$ -ig, titánra  $10^{-4}\%$ -ig, az összes alkáliatartalom  $10^{-3}\%$  értékig pedig polarográfiai módszerrel határozható meg.

*Dobes, I.*: Bór, foszfor és alkáliák meghatározása kvarcüvegben. (p : 114—116, g : 3, b : 9)  
A bórt kolorimetrikusan, a foszfort

ugyanesak kolorimetrikusan, az alkáliákat pedig lángfotométerrel határozzák meg. Az ismertetett eljárások segítségével a bór  $0,00005\%$ -tól, a kálium  $0,0003\%$ -tól, a nátrium ugyanilyen értéktől, a litium pedig  $0,0001\%$ -tól fölfelé mutatható ki.

#### SILIKATTECHNIK

1961. 4. szám

*Franke, W.*: Műanyaghabarcs és műanyagbeton feldolgozása. (p : 181—187, á : 15, t : 4, g : 2)

Sokoldalú tapasztalatok alapján kidolgozták a műanyaghabarcsok és betonok előállításának és bedolgozásának az irányelveit. Különös súlyt kell helyezni a helyes szemcseösszetételű adalékanyagok alkalmazására és a kivitelenhez szükséges műanyag mennyiségére. Az irányelvek foglalkoznak a megfelelő műanyag megválasztásával

és az adott viszonyoknak legmegfelelőbb keverési arány kérdésével, továbbá az utánkezeléssel.

#### BAUSTOFFINDUSTRIE

1961. 4. szám

*Schulze, W., Altner, W.*: Az osztályozott homok jelentősége az előállított beton minőségére. (p : 106—110, á : 8, g : 5, b : 10)

Olyan homokféléseket vizsgáltak, amelyek az előírások szerint betonkészítésre megfelelőek. Amikor ezeket iszapolással portalanították, 10%-os szilárdságnövekedés volt megállapítható és a vízcement tényező  $0,6$ -ról  $0,58$ -ra volt csökkenthető. A bedolgozhatóság ennek ellenére javult. Miután emellett a felhasznált cement mennyiségét is csökkenteni lehetett  $25 \text{ kg/m}^3$  beton értékkel, ajánlatos minden nagy betonépítkezéshez iszapolóberendezést létesíteni.

## A Műszaki Könyvkiadó hirdetések felvesz az alábbi díjszabás szerint:

Egészoldalas hirdetés ára .....	1440,—Ft
Féldoldalas hirdetés ára .....	720,—,,
Negyedoldalas hirdetés ára .....	360,—,,

HIRDESSEN AZ

## É P Í T Ő A N Y A G B A N

A hirdetések az alábbi címre küldendők:

MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ, BUDAPEST, V., BAJCSY-ZSILINSZKY ÚT 22

Telefon : 112-273

Befizetéseket az MNB 46 egyszámlára kérjük

#### É P Í T Ő A N Y A G

őszerkesztő: Korach Mór. Szerkesztő: Hinsenkamp Alfréd — Kiadja a Műszaki Könyvkiadó, V., Bajcsy-Zsilinszky út 22. Telefon : 113-450  
Felcélós kiadó: Solt Sándor — Megjelent 780 példányban  
61-0005-089/2 - Révai-nyomda Budapest V., Vadász utca 16.

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

Előfizetési díj: 1/4 évre 18.—Ft., félévre 36.—Ft., egyes szám ára: 6.—Ft. — Csakkszámlaszám: egyéni: 61.252. közületi: 61.066

# Felhívjuk figyelmét az alábbi szakkönyvekre :

Gyengő—Menyhárd: <b>Vasbeton szerkezetek</b>	kötve 93,— Ft
Preisich Gábor: <b>Budapest városépítésének története</b>	kötve 77,— Ft
Novák—Fejes: <b>Épületszerkezetek védelme korrózió ellen</b>	kötve 76,— Ft
Sárosi—Soha—Kelemen: <b>Bentonit az építőiparban</b>	fűzve 14,50 Ft
Knapp Oszkár: <b>Építészeti és üveg</b>	kötve 53,— Ft
Granasztói Pál: <b>Város és építészeti</b>	kötve 46,— Ft
Major Máté: <b>Építészettörténet 3. kötet</b>	kötve 98,— Ft
Andai Pál: <b>A mérnöki alkotás története</b>	kötve 57,— Ft
Biczók Imre: <b>Betonkorrózió — betonvédelem</b>	kötve 41,50 Ft
Preisich—Reischl—Vadász: <b>A városi családi ház</b>	kötve 41,— Ft
Széchy Károly: <b>Alapozás I.</b>	kötve 87,— Ft
Borsos—Sodor—Zádor: <b>Budapest</b>	kötve 125,— Ft
ÉTÉGI—ÉÁKI: <b>Építés helyi anyaggal</b>	fűzve 17,50 Ft
Rác István: <b>Méret és nagyságrend</b>	kötve 20,40 Ft
Szentkirályi—Détshy: <b>Az építészeti rövid története</b>	kötve 74,— Ft
Zakar Pál: <b>Bitumen zsebkönyv</b>	kötve 49,— Ft
Rudnai Gyula: <b>Könnyűbeton</b>	kötve 45,— Ft
Rubanyenko: <b>Korszerű lakótelep építése</b>	kötve 48,— Ft
Nyárády—Szilágyi—Vásárhelyi: <b>A világ műszaki múzeumai</b>	fűzve 18,50 Ft

Fenti könyvek beszerezhetők, illetve megrendelhetők az

**ÁLLAMI KÖNYVTERJESZTŐ VÁLLALAT** könyvesboltjaiban

**SZAKBOLT :**

**TECHNIKUS KÖNYVESBOLT**

Budapest, XI., Bartók Béla út 25

## *Pályázat*

A SZILIKÁTIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET  
PÁLYÁZATOT HIRDET  
AZ EGYESÜLET ÁLTAL ALAPÍTOTT

# *„Petrik Lajos”*

PÁLYADÍJRA

1. A cement, mész, finom-, durvakerámia (tűzállóipari), üveg és kőbányászat területén olyan tudományos vagy műszaki kérdés kidolgozására, mely a második ötéves terv termelési vagy kutatási feladatainak teljesítését elősegíti, vagy amely az építőanyagipar műszaki fejlesztési céljait szolgálja.

2. A pályamű terjedelmére vonatkozólag nincsen kikötés, az elbírálásnál a pályamű tudományos, ill. műszaki értéke kerül mérlegelésre.

3. A pályázat jeligés. A jelige a pályamunkán feltüntetendő, valamint egy zárt borítékra írva, melyben pontos név-, cím- és munkahely-megjelölés szükséges.

A pályázaton a Szilikátipari Tudományos Egyesület tagjai vehetnek részt.

4. A pályázat beadásának határideje: *1961. augusztus 1.*

5. Az Egyesület Választmánya által kiküldött bíráló bizottság a beérkezett pályaműveket 1961. október 30-ig felülbírálja és az eredményt nyilvánosságra hozza.

6. A jutalmak legnagyobb összege 4000,— Ft — a legkisebb összeg 1000,— Ft. A jutalmak megosztva is kiadhatók.

7. A jutalomban részesített pályaművek az Egyesület tulajdonát képezik. Amennyiben a bíráló bizottság a pályamunkát az Építőanyag c. folyóiratban közlésre javasolja, megjelenés esetén a szerzőnek szerzői díj kerül kifizetésre.

Budapest, 1960. október hó.

*Szilikátipari Tudományos Egyesület*