

302.935

ÉPÍTŐANYAG

*A SZILIKÁTIPIARI
TUDOMÁNYOS EGYESÜLET
FOLYÓIRATA*

5

16. ÉVFOLYAM • BUDAPEST, 1964. MÁJUS

A SZILIKÁTIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

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

*

Főszerkesztő:

Dr. Korach Mór

*

Szerkesztő:

Hinsenkamp Alfréd

*

Szerkesztőbizottság:

Dr. Beke Béla

Dr. Déri Márta

Erdély Imre

Dr. Grofcsik János

Kemény István

Dr. Knapp Oszkár

Lohner Ernő

Dr. Soltész Gáspár

Szentmártony Gusztáv

Dr. Tamás Ferenc

*

Szerkesztőség:

Budapest, V., Szabadság

tér 17

Telefon: 124-438

*

Kiadja:

Műszaki Könyvkiadó,

Budapest, V.,

Bajcsy-Zsilinszky út 22

Telefon: 113-450

*

Felelős kiadó:

Solt Sándor

Megjelenik havonként

Index: 25.258

TARTALOMJEGYZÉK

	Oldal
<i>Gyarmathy Gyula — Kilián József — Székely István: Klinker- ásványok szilárdulási jellemzőinek vizsgálata különös tekin- tettel az izometrikus érlelésre</i>	161
<i>Csutor János: Betontömörítés pörgetéssel</i>	175
<i>Alice E. Moore: Portlandcement periklasztartalmának meghatáro- zása röntgendiffrakcióval</i>	181
<i>Nagy MgO tartalmú portlandcement</i>	183
<i>Vajda László: A nagykamrás robbantás tervezése</i>	187
<i>Cságoty Zsuzsanna: A korszerű beton-pudlóburkolatok anyagai</i>	198

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
<i>Дярмату Дюла—Килиан Йозеф—Секей Ишван: исследование твердения клинкерных минералов с особым учетом влия- ния изо гермической обработки</i>	161
<i>Чутор Янош: Уплотнение бетона методом вращения</i>	175
<i>Мооре, Алис Е.: оплотнение содержания периклаза в портланд- цементе с помощью рентгенодифракции</i>	181
<i>Мышляеса В.: высокомагнезиальный портландцемент</i>	183
<i>Вайда Ласло: Проектирование взрывов большими камерами ...</i>	187
<i>Цаготй Сшзанна: материалы современных бетонных облицовок для полов</i>	198

CONTENTS

	Page
<i>Gyula Gyarmathy—József Kilián—István Székely: The Investigation of Hardening Characteristics of Clinker Minerals with Special Reference to Isothermal Curin</i>	161
<i>János Csutor: Concrete Compacting by Centrifugation</i>	175
<i>Alice E. Moore: Quantitative Determination of the Periclase Content of Portland Cement Using X-ray Diffraction</i>	181
<i>Myshlyayeva, V.: High-Magnesia Portland Cement</i>	183
<i>László Vajda: The Design of Coyote Tunnel Blasting</i>	187
<i>Zsuzsanna Csagoly: Materials of Modern Concrete Pavings</i>	198

INHALT

	Seite
<i>Gyarmathy, Gyula—Kilián, József—Székely, István: Untersuchung der Erhärtungsziffer von Klinkermineralien, mit besonderer Rücksicht auf das isothermische Reifen</i>	161
<i>Csutor, János: Verdichtung des Betons mittels Schleuderverfahren</i>	175
<i>Moore, Alice E.: Bestimmung des Periklasgehaltes im Portland- zement vermittels Röntgendiffraktion</i>	181
<i>Müsljeva, V.: Portlandzement mit hohem Magnesiumoxyd Gehalt</i>	183
<i>Vajda, László: Planung des Sprengens beim Kammervverfahren</i>	187
<i>Csagoly, Zsuzsanna: Die Grundstoffe der zeitgemässen Fussboden- beläge</i>	198

ÉPÍTŐANYAG

16. ÉVFOLYAM 5. SZÁM

Klinkerásványok szilárdulási jellemzőinek vizsgálata különös tekintettel az izotermikus érlelésre

GYARMATHY GYULA — KILIÁN JÓZSEF — SZÉKELY ISTVÁN

1. Bevezetés

A nagyszilárdságú betonok gyártására irányuló kívánalmak egyre gyakrabban felhívják a figyelmet arra, hogy az egyes klinkerásványok és az előállított cementek szilárdsági jellemzői közötti összefüggések még mindig nincsenek megfelelően tisztázva. Általánosan elfogadottnak tekinthetjük azt a megállapítást, hogy a hidraulikus kötőanyagok kezdeti nagy szilárdságát a nagy trikálciumszilikát (főleg alit), továbbá a trikálcium-aluminát biztosítja. Ugyanakkor a jelentős mértékű utószilárdulás hordozója, a trikálciumszilikát (főleg alit) mellett a dikalciumszilikát. A cement-klinkerekben jelenlevő vasvegyületek szerepét illetően megoszlanak a vélemények és az irodalomban számos ellentmondás található.

Munkánk elindulásánál általában a nagyszilárdságú betonok és elsősorban is a nagyszilárdságú autokláv-betonok előállítási feltételeit kívántuk körülhatárolni, azonban a vizsgálataink közben olyan jelenségek is felmerültek, melyek megkövetelték a klinkerásványok tulajdonságainak közelebbi megismerését. Ezért — az előbb ismertetett kutatás keretén belül — kiterjesztettük vizsgálatainkat a 4 legfontosabb klinkerásványra.

Természetesen tudatában vagyunk annak, hogy a tiszta, kristályos állapotban előállított vegyületek jellemzői és tulajdonságai az esetek többségében nem egyeznek meg a nagyüzemi, vagy akár laboratóriumi körülmények között előállított klinkerekben levő ásványokéval. Ez természetes is, minthogy a klinkerekben a kristályok kifejlődése nem lehet független egymástól, az egyes vegyületek beépülnek mások rácsszerkezetébe, így mind a kristályok alakját, mind a rácsszerkezetet tekintve „torzulások” jönnek létre.

Az ilyen összetett rendszerek tanulmányozása igen bonyolult feladat és sok esetben nem is oldható meg a rendelkezésünkre álló eszközökkel. A hidratációs folyamatok végbemenetelének vizsgálatánál a nehézségek még növekszenek. Csak példaként említjük meg, hogy a trikálciumszilikát (C_3S) hidratációja során $Ca(OH)_2$ kiválása mellett dikalciumszilikáthidráttal ($C_2S \cdot nH_2O$) képződik első lépésben éppen úgy, mint a dikalciumszilikát (C_2S) kristályaiból. Egy C_3S-C_2S rendszerben tehát a hidratáció során keletkező $C_2S \cdot nH_2O$

mennyiségéből nem tudnánk következtetést levonni a hidratáció mélységére. Ilyen megfontolások alapján tartottuk célszerűnek a vizsgálatok elvégzését tiszta klinkerásványokkal is.

1.1. A vizsgálatok célja

Feladatul tűztük ki magunk elé annak körülhatárolását, hogy — ha megfelelő mennyiségben előállíthatók tiszta klinkerásványok — milyen körülmények között megy végbe szilárdulásuk, és milyen hidrátvegyületek keletkeznek belőlük különböző szilárdítási módok mellett. Vizsgálni kívántuk azt is, hogy az egyes klinkerásványok mennyiségi arányának változtatása a belőlük előállított „mesterséges” cementek tulajdonságaira milyen hatást fejt ki.

Tudatában voltunk annak, hogy mérőeszközaink és berendezéseink teljesítő képessége erősen korlátozott, s éppen ezért abszolút értékek helyett sok esetben meg kellett elégednünk összehasonlító adatokkal és néhány esetben csupán a tendenciák kimutatásával.

Az sem volt kétséges — a bevezetőben elmondottak alapján — hogy a 4 fő-klinkerásványból keveréssel előállított cement tulajdonságai nem azonosak az ugyanolyan oxidos kémiai összetételű normál cementével, amelyet a szokványos technológiai módszerekkel állítottak elő. Eddigi munkánk során nem nyílt lehetőség arra, hogy akár nagyüzemi, akár kísérleti üzemi szinten meghatározott program szerint változó összetételű cementeket gyártunk és azok tulajdonságait vizsgáljuk az izotermikus érlelés viszonylatában. Ezt a feladatot a későbbiekben kívánjuk megoldani.

Tisztában voltunk azzal is, hogy a klinkerásványok definiált összetételét és szerkezetét csak megközelíteni tudjuk, hiszen az égetési hőmérsékletek ingadozásai, valamint a mikroszennyeződések a szerkezetváltozások szinte elkerülhetetlen okozói.

1.2. Alkalmazott módszerek

A klinkerásványok előállításánál csak termikus eljárást alkalmaztunk (1.: 2. fejezet). A gyártott vegyületek azonosítására a klasszikus kémiai analitikai módszerek nem felelnek meg. Ehelyett röntgenanalitikai eljárást alkalmaztunk éppen

úgy, mint a hidratációs termékek meghatározásánál is. Ez utóbbi célt szolgálták még a differenciál-termogravimetriai vizsgálatok is, míg a hidratáció mélységére direkt $\text{Ca}(\text{OH})_2$ és p_H méréseket végeztünk.

A megszilárdult termékek szerkezetéről — elektronmikroszkóp hiányában — főként röntgenográfiai vizsgálatokkal kívántunk képet nyerni. Természetesen munkánk során minden esetben kiinduló bázisnak tekintettük a mechanikai szilárdsági jellemzőket, s az egyéb módszerekkel kapott adatokat ezek függvényében ábrázoltuk.

2. A vizsgálatok ismertetése

A bevezetőben adott rövid célkitűzés és problémakör meghatározás után térünk rá az elvégzett vizsgálatok ismertetésére és azok eredményeinek áttekintésére.

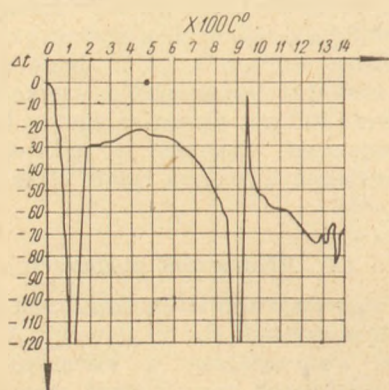
2.1. Tiszta klinkerásványok előállítása

A klinkerásványok sorából csupán a 4 „fő” ásvány, trikálciumszilikát (C_3S), dikalciumszilikát (C_2S), trikálciumaluminát (C_3A) és tetrakalciumaluminátferrit (C_4AF), vagy brownmillerit előállítására szorítkoztunk. Kiinduló anyagként 99% CaCO_3 -tartalmú lecsapott kalciumkarbonátot, 99,8% SiO_2 -tartalmú „aerosil” kovasavat, technikai minőségű timföldet és 98% Fe_2O_3 -tartalmú vasoxidot alkalmaztunk. Az egyes klinkerásványok oxidos kémiai összetételének megfelelő stöchiometrikus arányban kevertük a kiinduló anyagokat, majd golyósmalomban való összeőrléssel, illetve keveréssel homogenizáltuk.

A nyersliszttekből vízzel való nedvesítés után 100 kp/cm² nyomóerővel 50 mm magas és 50 mm átmérőjű hengeralakú testeket sajtoltunk, majd a kiszáritott anyagot villamos, illetve gáztüzelésű kemencékben égettük ki.

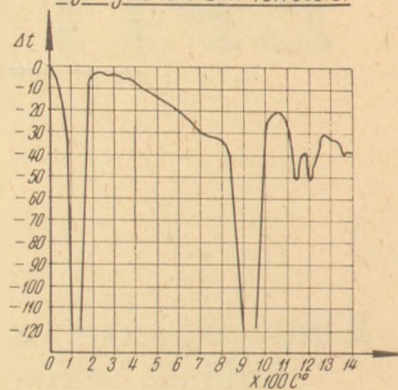
A szükséges égetési hőmérsékletek megállapítására elvégeztük a nyersliszttek differenciál-termoanalitikai és hevítési mikroszkópiai vizsgálatát is. Az utóbbinak főként a C_4AF égetésénél tulajdonítottunk jelentőséget, ahol a komponensek között végbemenő kémiai reakciók hőmérséklete már közel esik a lágyulási és olvadási hőmérséklethez. Az egyes klinkerásványok nyerskeverékeiről készített DTA felvételeket az 1—4. ábrán mutatjuk be.

C_2S nyersliszt DTA felvétele



2. ábra. C_2S nyersliszt DTA diagramja

C_3S nyersliszt DTA felvétele



1. ábra. C_3S nyersliszt DTA diagramja

Az 1. ábrán a C_2S nyersliszt diagramján 100—140 °C intervallumban jelentkezik a tapadó nedvesség eltávozásának, 780—910 °C intervallumban pedig a CaCO_3 dekarbonizációjának endoterm effektusa. Ezt követően az irodalmi adatokkal (1.) egyezően 930—950 °C intervallumban rendkívül éles exoterm effektus jelzi a C_2S képződés reakcióját. Kühl (2) megállapítja W. Dyckerhoff és L. Forsen után, hogy a klinkerásvány képződés megindul ugyan már a kalciumkarbonát disszociációjának hőmérsékletén is, de magasabb telítettségű vegyületek kialakulásához elengedhetetlen az olvadék fázis jelenléte (1350—1500 °C). A megállapításnak bizonyos mértékig ellentmond — mint Kühl megjegyzi — a nem zsugorított hidraulikus kötőanyagok létezése.

Véleményünk és az elvégzett kísérletek tanúsága szerint olvadékfázis megjelenése nélkül, vagy elenyészően kis mértékű fellépésével is előállíthatók CaO -val telített klinkerásványok. Természetesen figyelembe kell venni a felhasznált nyersanyagokban levő kb. 0,5—1,0% mennyiségű „szennyező anyag” hatását is és azt a körülményt, hogy a tiszta klinkerásványok előállítása csak többszörös hőkezeléssel és periódikus hidratáltatással sikerült.

A DTA diagramon 1350—1380 °C hőmérsékleten már a $\beta\text{-C}_2\text{S} \rightarrow \alpha\text{-C}_2\text{S}$ átkristályosodását jelző endoterm csúccsal találkozunk.

A 2. ábrán levő C_3S ásvány nyerslisztjének diagramján 100—140 és 890—950 °C hőmérsékleti intervallumban az előzővel azonos folyamatok mennek végbe. A C_2S képződés effektusa, amely törvényszerűen meg kell előzze adott feltételek mellett a C_3S kialakulását, már korántsem jelentkezik oly élesen, mint az az 1. ábrán látható. A hőkezelt keverékben C_2S mellett természetesen jelentős mennyiségű CaO is van jelen, s a lejátszódó kémiai folyamatok a hőmérséklet emelésével fokozatosan mennek végbe. Erre utalnak az 1120—1240 °C intervallumban jelentkező endoterm csúcsok, de még inkább az 1360 °C-nál levő maximummal rendelkező kis endoterm effektus, amely feltehetően a még mindig lekötetlen $\beta\text{-C}_2\text{S} \rightarrow \alpha\text{-C}_2\text{S}$ átalakulás eredménye. Ez a terület azonban már egybeesik a C_3S képződésének irodalmi adatok szerinti 1350—1450 °C hőmérsékleti területeivel (1. és 2.).

1. táblázat

A C₃S módosulatai egyes kutatók szerint

C ₃ S mó- dosulat	Stabilitási terület C°	Kristályforma	Szerző
α	1900—1350	Trigonális	Trojer, Jeffery
β	1350— 980	Alacsony szimetriájú trigonális (torzult)	Trojer, Jeffery
γ	980— 923	Monoklin v. triklin	Jeffery
δ	923 alatt	Triklin	O'Daniel és Hellner

G. Trömel és H. Möller (3) nagyhőmérsékletű röntgenberendezéssel — Debye—Scherrer módszer szerint — vizsgálták az olvadékból előállított C₃S kristályok szerkezeti változását. Megállapították, hogy 1700 C° hőmérsékleten új módosulatok lépnek fel, aminek alapján F. Trojer (4) feltételezi β és α C₃S létezését.

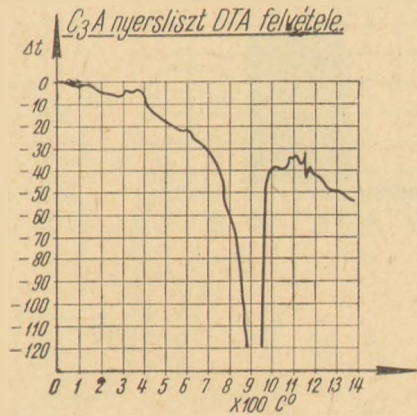
Különböző kutatási eredmények alapján Kühl (4) az alábbi C₃S módosulatokat sorolja fel (1. táblázat).

J. W. Jeffery (5) ismerteti R. W. Nurse és J. H. Welch differenciál termoanalitikai vizsgálatának eredményeit. Eszerint a C₃S képződés effektusa 1427 C° hőmérsékleten, az alitképződés effektusa pedig 1465 C° hőmérsékleten található endoterm csúcsok alakjában.

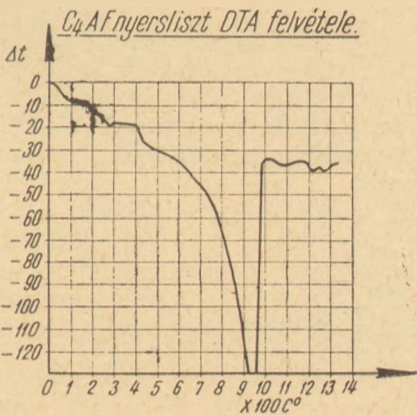
Anélkül, hogy részletekbe menően kívánnánk foglalkozni az „alit” problémával, röviden utalunk kell R. H. Bogue (6) megállapításaira. Igen sok kutató vizsgálta a C₃S és az alit szerkezete közötti összefüggést, de ma sem mondhatjuk határozottan, hogy a portlandcementek talán legfontosabb klinkerásványának kérdése tisztázott lenne. Annyi mindenestre megállapítható, hogy az alitképződésnél a C₃S rácsszerkezetébe Al₂O₃, Fe₂O₃, FeO, illetve MgO épülhet be, s kémiai képlete valószínűleg 54 CaO · 16 SiO₂ · Al₂O₃ · MgO szerint írható fel. Ezt a megállapítást F. Lea és C. Desh (7) is megerősítik.

A 3. ábrán a C₃A nyerslisztjének felvételén a CaCO₃ dakarbonizációja után, 1020—1050 C° hőmérsékletek között kezdődik a különböző kalciumaluminátok képződése. A reakciók intenzitás maximuma 1130—1170 C° területre esik, ami jól egyezik Lea—Desch (1) adataival (1100—1200 C°). A C₃A keletkezése is fokozatosan, a különböző alacsonyabb telítettségű aluminátokon (CA- C₅A₃- stb. C₃A) át megy végbe. Ezek képződése ugyancsak az említett szerzők szerint már 1000 C° hőmérsékleten megindul.

A 4. ábrán mutatjuk be a C₄AF nyerslisztjének DTA diagramját, az 5. ábrán pedig hevítési mikroszkópiai felvételét. Hangsúlyozzuk, hogy tudatunk — az egyszerűsítés céljából — beszélünk C₄AF-ről, melynek létezése önmagában is kétségbe vonható. Különböző szerzők megállapítása szerint ugyanis a C₄AF kalciumaluminátok és kalciumferritek elegykristályainak sorozatából épül fel. Ennek a kérdésnek vitatása messze túlhaladta volna célkitűzéseinket, de lehetőségeinket is. Ezért fogadtuk el a csoport jellemző képviselőjeként a C₄AF-et.



3. ábra. C₃A nyersliszt DTA diagramja

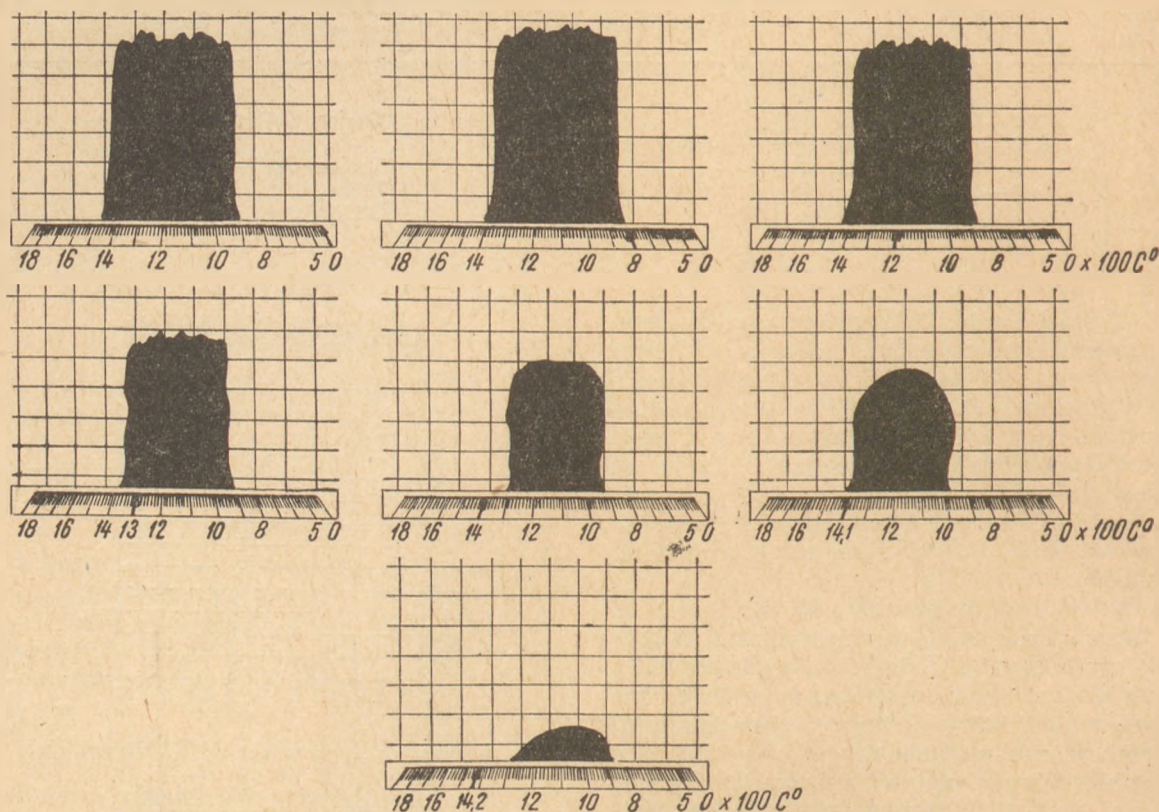


4. ábra. C₄AF nyersliszt DTA diagramja

A DTA diagram a dekarbonizációt jelző endoterm csúctól eltekintve rendkívül csúcszegény. Irodalmi adatok szerint (8) a C₄AF keletkezési területe 1100—1150 C° hőmérsékletre esik, míg mások szerint csak olvadékból állítható elő tisztán 1400 C° hőmérséklet fölött. A végzett DTA vizsgálatunknál a minta 1300 C° hőmérsékletig való felhevítésénél már olvadás jeleit mutatta, s ezért a nagyobb mennyiségű kísérleti anyag égetését sem végeztük 1300—1340 C°-nál nagyobb hőmérsékleten.

Az égetés után a kalciumszilikátok esetében gyors (vízben való) hűtést, míg a kalciumaluminát és browmillerit esetében lassú, levegőn való hűtést alkalmaztunk. A kiégetett klinkereket megőröltük, s meghatároztuk szabad CaO tartalmukat. Az égetés mindegyik esetben 4 óra időtartamú volt, s a 2. táblázat szerinti hőmérsékleteken végeztük. Mind a 4 klinkerásvány első

C₄AF hevítési mikroszkópi felvétele.



5. ábra. C₄AF nyersliszt hevítési mikroszkópi felvétele

égetése után jelentős mennyiségű (5—8%) lekötetlen CaO-t találtunk (etilénglikolos módszerrel meghatározva), s ezért azokat vízzel hidratáltattuk, újra megőröltük, granáliákká sajtoltuk és ismételtelen kiégettük.

Ezt az eljárást mindaddig folytattuk, míg a szabad CaO-tartalom 0,5% alá nem csökkent. Az égetési hőmérsékleteket és a szükséges égetések számát a 2. táblázaton tüntetjük fel.

2. táblázat

Klinkerásványok égetési hőmérséklete és az égetési periódusok száma

Klinkerásvány megjelölése	Az égetés hőmérséklete C°	Égetési periódusok száma
C ₃ S	1550—1600	5
C ₂ S	1350—1400	5
C ₃ A	1320—1340	6
C ₄ AF	1320—1360	3

Az égetési eljárás befejezése után a klinkerásványok klinkereit — melyekből 5—5 kg-nyi mennyiséget állítottunk elő az ÉaKKI-ban — R_{0,09} = 10% finomságra őrlöttük a további vizsgálatok céljára.

2.11. A klinkerásványok szerkezetének ellenőrzése

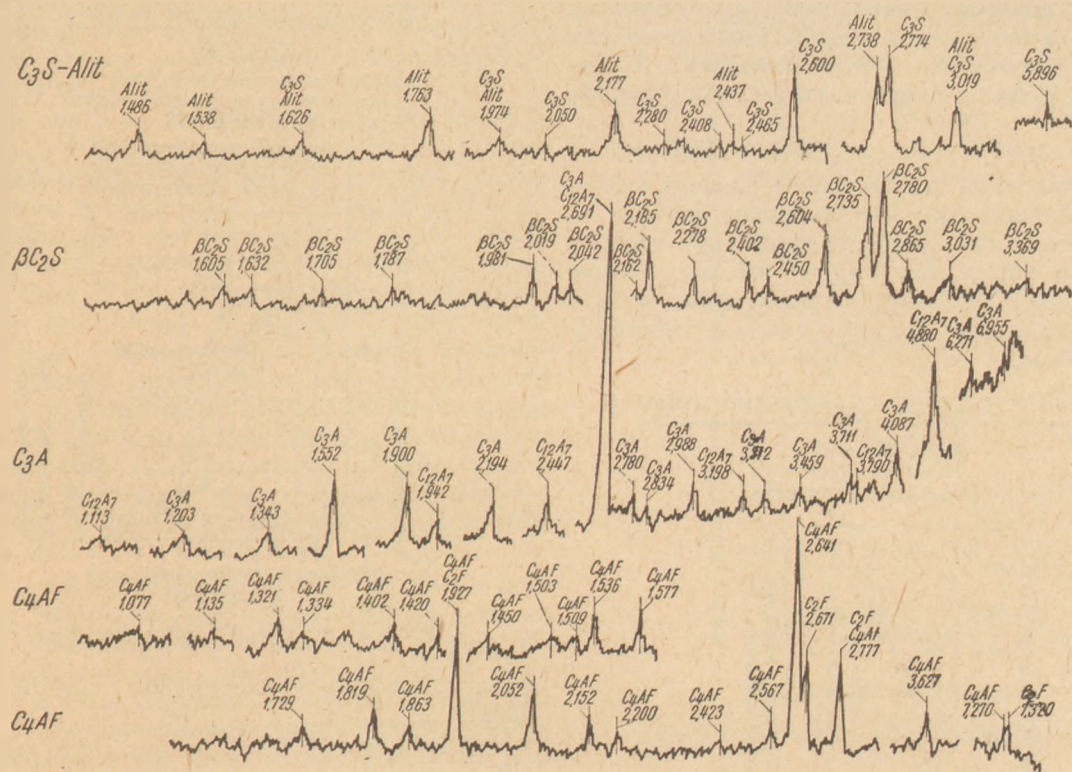
A klinkerásványok szerkezeti tisztaságának ellenőrzésére röntgenanalitikai módszert alkalmaztunk, amikor is mind a 4 vegyületet Müller Mikro

111 típusú diffrakciós röntgen berendezéssel vizsgáltuk meg. A röntgenfelvételek diagramjait — rövidített formában — a 6. ábra, a kapott értékeket pedig a 3. táblázat mutatja. Ezek szerint a 3CaO·SiO₂ összetételű klinkerásvány — feltehetően a nyersanyagokkal bevitt szennyezések hatására — jelentős mértékben alittá alakult, s egymás mellett egyértelműen kimutatható a C₃S és az alit. A 2CaO·SiO₂ összetételű ásvány vizsgálata egyértelműen β C₂S képét mutatja. A diagramon egyetlen nem azonosítható csúcs jelentkezett d k X = 2,671 értéknél, ami inkább C₂F-re lenne jellemző, azonban annak más, nagyobb intenzitású vonalait nem tudtuk megtalálni. Ettől eltekintve sem volt indokolt C₂F jelenléte. A 3CaO·Al₂O₃ összetételű vegyületek diagramjának értékelésénél a C₃A mellett C₁₂A₇ ásványra jellemző reflexiókat is találtunk, míg a 4CaO·Al₂O₃·Fe₂O₃ összetételre számított klinkerásványban a dikalciumferrit (C₂F) néhány jellemző csúcsa is megtalálható.

A röntgenográfiai vizsgálatok alapján a keletkezett fő klinkerásványokat kielégítő tisztaságúnak tekintettük a további vizsgálatok céljára.

2.2 A klinkerásványok szilárdulási jellemzői

A „tisztá” klinkerásványok előállításának nehézségei miatt a szilárdulási jellemzők meghatározására csak korlátozott számú és kiterjedésű vizsgálatot tudtunk végezni, s az eredményeket — a normál tárolású 28 napos korú, az autokláv érlelésű



6. ábra. A négy fő klinkerásvány röntgendiagramja

1 napos korú próbatestekre vonatkoztatva — a 7., 8. és 9. ábrákon mutatjuk be. Az ábrákon levő szilárdulási diagramok tartalmazzák a finom őrlésű kvarc-homok hatásának vizsgálatánál kapott eredményeket is. A kvarchomok adagolását

szükségesnek tartottuk egyrészt, hogy a hidratáció folyamán felszabaduló Ca(OH)_2 -t lekössük, másrészt pedig hogy képet nyerjünk az ily módon elérhető szilárdság növekedésről, illetve kvarchomok igényről. A szilárdsági jellemzőket 3—3 db

3. táblázat

Az előállított négy fő klinkerásvány röntgenvizsgálatai adatai

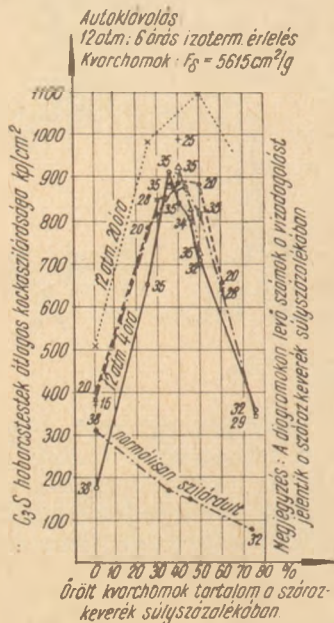
Trikalciumszilikát:	Dikalciumszilikát	Trikalciumaluminát	Tetrakalcium-aluminátferrit
d kX Azonosított vegyület	d kX Azonosított vegyület	d kX Azonosított vegyület	d kX Azonosított vegyület
5,896 C ₃ S	3,369 BC ₂ S	6,955 C ₃ A	7,32 C ₂ F
3,019 C ₃ S alit	3,031 BC ₂ S	6,271 C ₃ A	7,27 C ₄ AF
2,774 C ₃ S	2,865 BC ₂ S	4,880 C ₁₂ A ₇	3,627 C ₄ AF
2,738 alit	2,780 BC ₂ S	4,087 C ₃ A	2,777 C ₄ AF
2,600 C ₃ S	2,735 BC ₂ S	3,790 C ₁₂ A ₇	2,671 C ₂ F
2,465 C ₃ S	2,671 BC ₂ S	3,711 C ₃ A	2,641 C ₄ AF
2,437 alit	2,604 BC ₂ S	3,459 C ₃ A	2,567 C ₄ AF
2,408 ?	2,450 BC ₂ S	3,312 C ₃ A	2,423 C ₄ AF
2,280 C ₃ S alit	2,402 BC ₂ S	3,198 C ₁₂ A ₇	2,200 C ₄ AF
2,177 ?	2,278 BC ₂ S	2,988 C ₃ A	2,152 C ₄ AF
2,050	2,185 BC ₂ S	2,834 C ₃ A	2,052 C ₄ AF
1,974 C ₃ S alit	2,162 BC ₂ S	2,780 C ₃ A	1,927 C ₄ AF
1,763 alit	2,042 BC ₂ S	2,691 C ₃ A	1,863 C ₄ AF
1,626 C ₃ S alit	2,019 BC ₂ S	2,447 C ₁₂ A ₇	1,819 C ₄ AF
1,538 alit	1,981 BC ₂ S	2,194 C ₃ A	1,729 C ₄ AF
1,486 alit	1,787 BC ₂ S	1,942 C ₃ A	1,577 C ₄ AF
	1,705 BC ₂ S	1,900 C ₄ A	1,536 C ₄ AF
	1,632 BC ₂ S	1,552 C ₃ A	1,519 C ₄ AF
	1,605 BC ₂ S	1,343 C ₃ A	1,503 C ₄ AF
		1,203 C ₃ A	1,450 C ₄ AF
		1,113 C ₁₂ A ₇	1,420 C ₄ AF
			1,402 C ₄ AF
			1,334 C ₄ AF
			1,321 C ₄ AF
			1,135 C ₄ AF
			1,077 C ₄ AF

30 mm élhosszúságú kockán mértük. A próbatestek általában a szabványos normál konzisztenciának megfelelő mennyiségű vízzel készültek. A viz-tartalmat %-ban a diagramokra írt számok jelzik.

2.21. Normál körülmények közötti tárolásnál

Normál, vizes tárolás mellett meglepő módon a C_3S klinkerásvány — 28 napos korban — kedvezőtlenül kis szilárdsági eredményt adott, s nem lépte túl a 320 kp/cm² értéket. Finom kvarc-homok adagolásánál (fajlagos felület = 5615 cm²/g) a szilárdsági értékek lineárisan kissébbedtek (7. ábra).

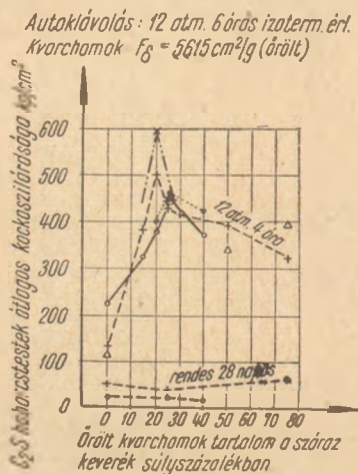
C_3S klinkerásvány autokláv-szilárdsága



7. ábra. C_3S szilárdulási görbéi

A C_2S klinkerásvány szilárdulása normál körülmények között már inkább a várakozásnak megfelelően kis szilárdságot, mintegy 60 kp/cm² értéket ért el 28 napos korra. Finom kvarc-homok adagolása nem csökkentette tovább az amúgyis kis szilárdságot, ami valószínűleg a próba-

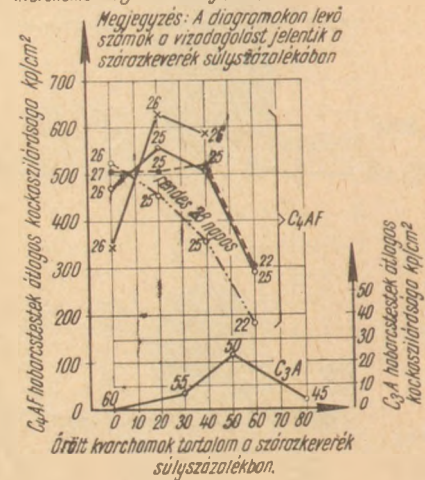
C_2S klinkerásvány autokláv-olása



8. ábra. C_2S szilárdulási görbéi

C_4AF és C_3A klinkerásványok autokláv-szilárdsága

Autoklaválás: 12 atm. 6 órás izoterm érlelés
A habarcszestek norm. konzisztenciával készültek
Kvarchomok: $F_g = 5615 \text{ cm}^2/\text{g}$ (őrölt)



9. ábra. C_3A és C_4AF szilárdulási görbéi

testek tömörség-növekedésének eredménye (8. ábra).

A C_3A és a C_4AF klinkerásványok szilárdsági jellemzőit a 9. ábrán tüntettük fel. A C_3A összetételű vegyület normál tárolás melletti szilárdulásnál nem adott mérhető eredményt, amiből arra következtetünk, hogy hidratációja már a bekeverés pillanatában végbement anélkül, hogy szilárdságot adó, hidratvegyületekből álló váz kialakulhatott volna. Erre mutatott a bekeverésnél jelentkező nagymértékű felmelegedés is.

Az előző hárommal szemben a C_4AF normál tárolás mellett 28 napos korra jelentős szilárdságot — 520 kp/cm² — eredményezett. A kvarc homok adagolására a szilárdság közel lineáris csökkentést mutat (9. ábra).

Az eredmények egyértelműen bizonyítják, hogy a hidratációs folyamatok végbemenetele eltérő a tiszta vegyületek esetében a nagyüzemi folyamatok során keletkező klinkerásvány elegyek hidratációs folyamatától.

2.22. Klinkerásványok szilárdulása autokláv érlelésnél

A tiszta klinkerásványok viselkedése autokláv érlelésnél nagymértékben eltér a normál körülmények között szilárdultakétól. A vizsgálatokat ez esetben is tiszta klinkerásványokkal és azonos fajlagos felületű finom kvarc-homok adagolással is elvégeztük.

A C_3S szilárdulása mintegy 35—50% kvarc-homok adagolásig meredeken emelkedő tendenciát mutat, ahol a növekedés függvénye az autokláv-olás intenzitásának is. A szilárdsági maximumnál 900—1100 kp/cm² nyomószilárdságot kapunk, ami kb. háromszorosa a normál szilárdulásnál kapott értékeknek (7. ábra).

Az autokláv érlelésű és finom homok adalékú C_2S klinkerásvány viszonylagos szilárdsága a normál tárolásnál elért szilárdulási értékhez

viszonyítva még nagyobb mértékű, mint a C_3S -é. Optimális homok adagolás (20%) és optimális autokláv kezelés mellett elértük a 600 kp/cm² értéket is (8. ábra).

Már nem tekinthetjük ilyen egyértelműnek a C_3A és C_4AF klinkerásványok szilárdulását autoklávos érlelésnél. A C_3A ásvány meglepő módon 50% finom kvarc-homok adagolásánál adott mérhető szilárdsági eredményt (23 kp/cm²). Ebből arra lehet következtetni, hogy a savanyú kémhatású finom kvarc-örlemény ilyen adagolás mellett, az autoklávolt hőmérsékletén már képes megbontani a bekeveréskor képződött kalcium-alumínáthidrát vegyületeket és a rendszerből $Ca(OH)_2$ -t von ki kalcium-szilikát-hidrátok képzése közben. A tömörség növekedésén kívül elsősorban a keletkező új hidrátvegyületek kell legyenek a szilárdság hordózi (9. ábra). A kérdés részletes vizsgálatát a kutatás ezen szakaszában nem tudtuk elvégezni.

A C_4AF esetében ugyancsak jelentős, de nem egészen határozott jellegű hatást fejt ki a finom kvarc-homok adagolása (9. ábra). Bár az elérhető maximális szilárdság (640 kp/cm²) itt is felülmúlja a normál körülmények között elért szilárdságot, fel kell tételeznünk, hogy fokozott mértékben következik be az amúgy is meghatározatlan összetételű hidrátvegyületek CaO -ban való szegényedése, s megindul a kalciumszilikáthidrátok képződése. A folyamat ilyen irányú végbemenetelét a röntgenográfiai vizsgálataink is igazolták.

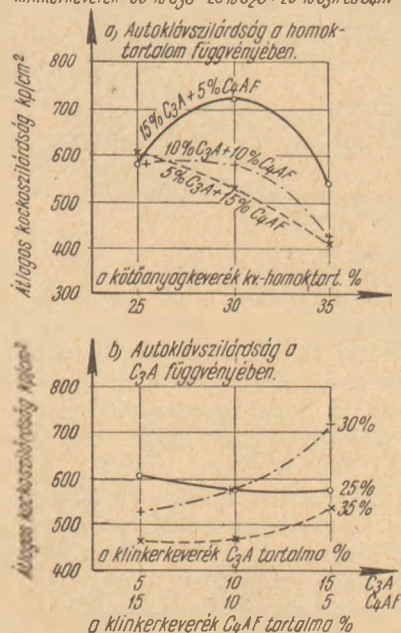
Az egyes klinkerásványoknak az autokláv kezelésnél kialakuló szilárdságra való hatása további tanulmányozására az előállított 4 fő klinkerásványból a normál portlandcementek összetételének megfelelő 3 féle keveréket állítottunk elő. A keverékek összetételét a 4. táblázat adja

4. táblázat
„Szintetikus cementek” összetétele

A keverék jelzése	I.	II.	III.
$C_3S\%$	60	60	60
$C_2S\%$	20	20	20
$C_3A\%$	15	10	5
$C_4AF\%$	5	10	15

meg. A keverékeken belül a $C_3S : C_2S$ arányt állandónak vettük, s változtattuk a $C_3A : C_4AF$ arányt. A keverékekből, mint cementekből készült habarcestestek autokláv érlelésénél kapott szilárdsági eredményeket a 10. ábrán közölt diagramok mutatják. Az eredmények értékelésénél a C_3S és C_2S ásványok szerepét ismertnek tekinthetjük, s elsősorban a $C_3A : C_4AF$ arány változtatásának hatását vizsgálva meglepő eredményeket kapunk. Eddigi ismereteink szerint ugyanis a C_3A jelenléte nem kedvező a hőérlelésű cementekben. A 10. ábrán közölt diagramok viszont azt mutatják, hogy a legnagyobb (15%) C_3A -tartalmú keverékeknél érhető el autokláv szilárdításnál a legnagyobb szilárdság.

A C_3A illetve a C_4AF hatása a szilárdságra.
Autoklávolt: 12 atm. 6 órás izoterm érleléssel.
Klinkerkeverék 60% C_3S + 20% C_2S + 20% C_3A és C_4AF



10. ábra. Klinkerásvány keverékek szilárdulási görbéi

Hangsúlyozzuk, hogy a vizsgált cementeket tiszta vegyületek keverésével állítottuk elő, s nem az azonos összetételnek megfelelő nyerslisztek égetése útján, ami természetesen döntő mértékben kihat a cementek tulajdonságaira.

Fel kell itt vetni — eredményeink alapján — az MgO szerepének kérdését, amit Dolezsai Károly (9) tudományos főmunkatárs kandidátusi értekezésében messzemenően elemzett, s kimutatta a MgO káros hatását a cement és beton egyes tulajdonságaira. Valószínűsíthetjük, hogy a nagy MgO -tartalom károsabb hatású, mint a C_3A , különösen ha utóbbi nem lépi túl a 15% mennyiséget.

2.3. A klinkerásványok hidratációjánál keletkező vegyületek vizsgálata

A cementek hidratációja során — normál nedves tárolás esetében is — a tárolási időtől függően változó összetételű, szerkezetű és kristályvíz tartalmú termékek sora keletkezik. A hidraulikus kötés és szilárdulás folyamán a keletkezett termékek fokozatosan jutnak el a gél állapotból a kristályos állapotig. Az átalakulás teljessége hosszú éveket vesz igénybe, amit bizonyít az is többek között, hogy a lekötött cementtestek szilárdsága a kezdeti rohamos növekedés után még hosszú ideig, bár lassan, de tovább növekszik. Természetesen ebben a folyamatban a kristályszerkezeti átalakulásokon kívül más fizikai és fizikai-kémiai tényezők is szerepet játszanak.

A tiszta klinkerásványok hidratációs folyamata sem mentes az említett problémáktól. Még ma is nagyon sok esetben feltevésekre kell támaszkodnunk és egyszerűsítéseket kell alkalmaznunk.

Kalciumszilikáthidrát vegyületek

5. táblázat

Összetétel	Thorwaldson (11)	Bessey (12)	Taylor (13)	Bogue (10)
$\text{CSH}_{1,1}$ $\text{C}_{1-1,5}\text{SH}_{1-2,5}$ $\text{C}_2\text{SH}_{0,9-1,25}$ $\text{C}_2\text{SH}_{1,1-1,5}$ $\text{C}_2\text{SH}_{0,1-1}$ $\text{C}_2\text{SH}_{0,67}$ $\text{C}_2\text{SH}_{2-4}$	C_2S hydr. (I) C_2S hydr. (II) C_2S hydr. (III)	C_2S α hydr. C_2S β hydr. C_2S γ hydr.	CSH CSH (I) C_2S hydr. C_2S β hydr. C_2S γ hydr. C_2S hydr. C_2SH (II)	CSH(A) CSH(B) $\text{C}_2\text{SH(A)}$ $\text{C}_2\text{SH(B)}$ $\text{C}_2\text{SH(C)}$ $\text{C}_2\text{SH(D)}$ C_2SH_2

Az irodalomban — mint Bogue (10) több más kutató véleményét összegezve megállapítja — nem kevesebb mint 22 féle kalciumszilikáthidrát vegyületet írnak le 39 féle képlettel jelölve. A kalcium-aluminátok és kalciumaluminátferritek hidratációjánál keletkező vegyületek sora sincs jobban definiálva.

Ez a helyzet lényegében megérthető, ha meggondoljuk, hogy egyes adott összetételű kalciumszilikátok változó hidratvíz tartalmú vegyületeket képeznek, vagy továbbmenve, az azonos tulajdonságokat felmutató hidratált termékekben a $\text{CaO}:\text{SiO}_2$ arány is változó lehet.

Különböző szerzők — annak kihangsúlyozásával, hogy sem a kristályos, sem pedig a gél állapotú kalciumszilikáthidrátok sora nem határozható meg teljes egyértelműséggel — a fontosabb kalciumszilikáthidrátokat a következőkben jelölik meg (5. táblázat).

Munkánk során az egyes klinkerásványok hidratációs termékeinek vizsgálatánál csak az autokláv kezeléssel készült vegyületeket vettük figyelembe. Nem kétséges, hogy a hidrotérmiális kezeléssel előállított vegyületek összetétele és szerkezete eltérő a normál körülmények között keletkezettétől, mégis ezt az utat választottuk a vizsgálati idők rövidítése céljából.

A 4 klinkerásványból készített és megszilárdult péptesteket 12 atm. gőznyomáson 6 órás izotermikus érlelésnek vetettük alá. Az autokláválás befejezése után a próbatesteket törtük, majd a tapadó nedvességet abszolút alkoholos kezeléssel távolítottuk el. A kiszáritott és elporított mintákból végeztük el a röntgenográfiai, DTG stb. vizsgálatokat.

2.31. Röntgenográfiai vizsgálatok.

A hidratáltatott 4 klinkerásvány röntgen-vizsgálati diagramjait és az egyes reflexiókkal jellemzett vegyületeket a 11. ábrán mutatjuk be.

A C_3S autoklávus kezelésénél nyert termék röntgendiagramja viszonylagosan nagy csúcsgazdagságot, bár kis intenzitású reflexiókat mutat. A reflexiók értékelése ez esetben éppen úgy, mint a többi klinkerásvány esetében sok bizonytalanságot hordoz, minthogy a keletkezett hidratvegyületek reflexiói sok esetben azonos szögértékek-nél jelentkeznek, s így nagy az átfedések száma. Figyelembe véve a reflexiók mért intenzitását, valamint az egyes vegyületek reflexióira irodalomban megadott intenzitási értékeket, több hidratvegyület azonosítható, vagy legalábbis való-

színűsíthető volt. (A diagramok értékelésénél főként az ASTM röntgen-kartonokra támaszkodtunk). A legfontosabb kimutatható vegyületek a következők:

$\text{C}_2\text{S}_3\text{H}_2$ Gyrolit (ASTM kartonszám: 9—449)
 C_2SH Hillebrandit (ASTM kartonszám: 11—594)
 $\alpha \text{C}_2\text{SH}$ (ASTM kartonszám: 9—325)
 $\text{C}_4\text{S}_5\text{H}_5$ Tobermorit
 $\text{C}_2\text{S}_3\text{H}_2$ Tobermorit (Bogue 14)
 Ca(OH)_2 Portlandit (ASTM kartonsz.: 4—0732).

A felsorolt és nagy valószínűséggel kimutatható hidratvegyületek mellett megtalálhatók a kiindulási anyag, a C_3S reflexiói is.

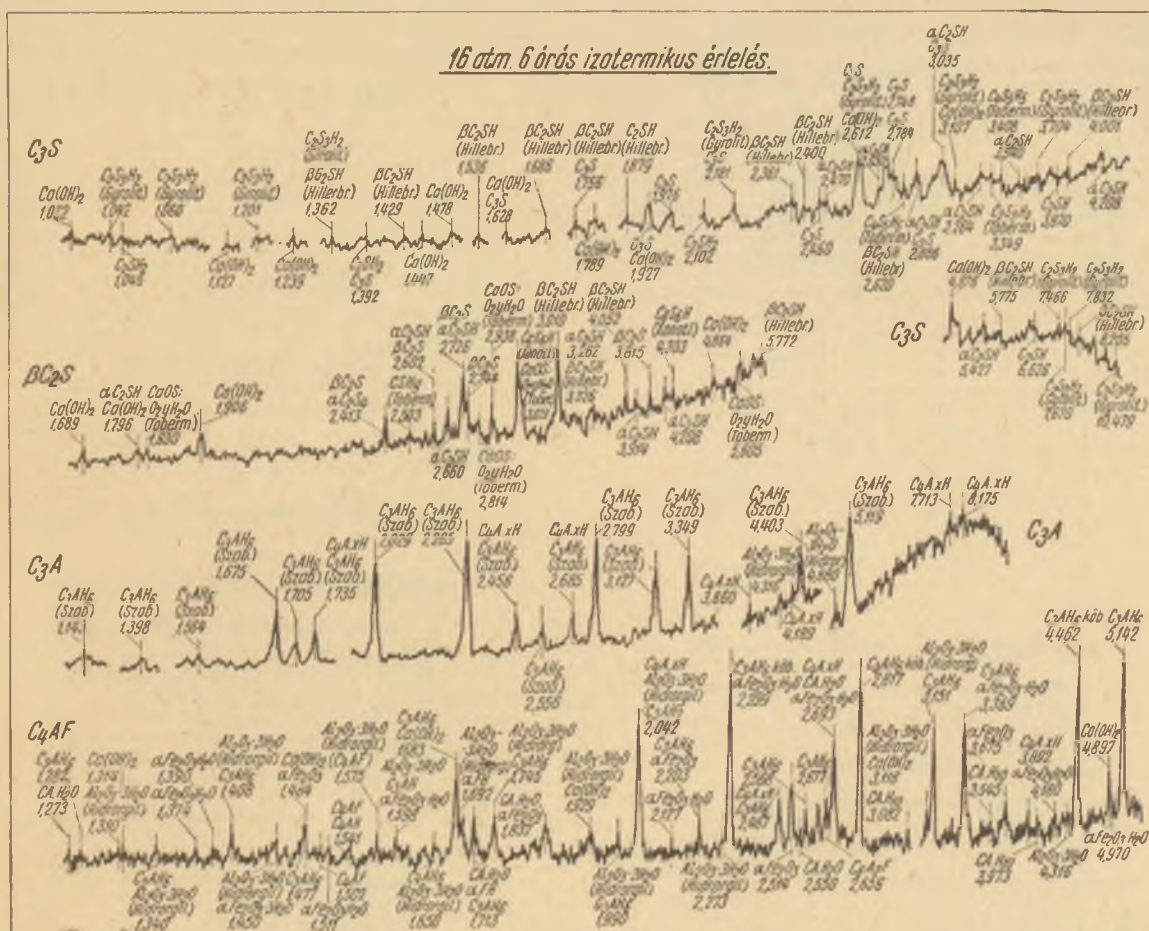
A C_2S -nek ugyancsak autoklávban való hidratáltatásánál keletkezett termék röntgendiagramja az előzőkhöz képest valamelyest csúcsszegényebb, de a reflexiók intenzitása nagyobb. Ugyancsak nagyobb a diagram alapgörbéje is, ami arra mutat, hogy jelentékeny mennyiségű röntgen amorf vagy legalábbis meghatározott reflexiókat nem adó vegyület keletkezett. A nagy alapgörbe miatt a kisebb szögtartományokban jelentkező reflexiók értékelésétől el kellett tekintenünk.

A C_2S hidratáltatásánál keletkezett vegyületek között a következőket tudtuk kimutatni, illetve valószínűsíteni:

$\text{C}_6\text{S}_6\text{H}$ Xonotlit (ASTM kartonszám: 10—448)
 $\alpha \text{C}_2\text{SH}$ (ASTM kartonszám: 9—325)
 C_2SH Hillebrandit (ASTM kartonszám: 9—51 és 11—594)
 CSH_y Tobermorit (ASTM kartonszám: 6—0359)
 Ca(OH)_2 Portlandit (ASTM kartonszám: 4—0732)
 Kimutatható volt C_2S jelenléte is.

A két kalciumszilikát vegyület (C_3S és C_2S) hidratációs termékeinek vizsgálata egyértelműen kimutatja, hogy a C_2S -ből jelentékenyen nagyobb mennyiségű xonotlit és tobermorit típusú hidratvegyület képződik, szemben a C_3S -al, melynél a dikalciumszilikáthidrát vegyületek keletkezése az uralkodó. Ez a jelenség megfelel az elméleti megfontolásoknak is.

A C_3A hidratációs termékének röntgendiagramja lényeges eltérést mutat az előzőekétől. Itt is nagy alapgörbét és viszonylag kisszámú reflexiót találunk, de reflexiók nagy intenzitásúak, élesek.



11. ábra. A hidratált négy fő klinkerásvány röntgendiagramjai

A keletkező hidratvegyületek száma is kicsi, s az alábbiak mutathatók ki:

C_3AH_6 szabályos (ASTM kartonszám: 2—1125),

$Al_2O_3 \cdot 3H_2O$ Hidrargillit (ASTM kartonszám: 7—324),

$C_4A \cdot H_x$ (ASTM kartonszám: 2—0072).

Utóbbi csak valószínűsíthető a $d_{KX} = 4,88$ és $4,316$ Å reflexiók alapján.

Míg a C_3A hidratációs termékei — autokláv érlelésnél — egyöntetűnek mutatkoznak, addig a C_4AF -kezelésnél keletkezett vegyületek sora igen széles határokat ölel át.

A C_4AF hidratációs termékeinek röntgendiagramja csekély alapgörbét, de sok és nagyintenzitású reflexiót mutat. A kimutatható és valószínűsíthető főbb hidratvegyületek:

C_3AH_6 szabályos (ASTM kartonszám: 2—1125)

CAH_{10} (ASTM kartonszám: 11—204)

C_4AH_x (ASTM kartonszám: 2—0072)

$Al_2O_3 \cdot 3H_2O$ Hidrargillit (ASTM kartonszám: 7—324)

$Ca(OH)_2$ Portlandit (ASTM kartonszám: 4—0732)

$Fe_2O_3 \cdot H_2O$ Szint. goethit. (ASTM kartonszám: 3—0262)

Fe_2O_3

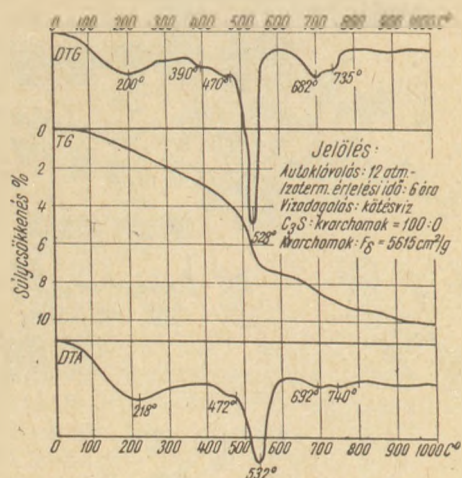
Valószínűsíthető még hidratálatlan C_4AF jelenléte is.

A 4 klinkerásvány hidratációs termékeinek sorát összevetve, a legmeglepőbb eredményeket a C_4AF esetében kapjuk. A végzett vizsgálat egyértelműen azt mutatja, hogy a kiinduló állapot teljes szétesése következik be, aminek során különböző $CaO:Al_2O_3$ arányt képviselő vegyületek keletkeznek. A talált Fe_2O_3 -tartalmú vegyületek között kalciumferritek, vagy ezek hidratjai nem mutathatók ki. Az Fe_2O_3 és $Fe_2O_3 \cdot H_2O$ keletkezése azt bizonyítja, hogy az alap vegyület-sor hidratációs bomlásánál a ferrit vegyületek rovására különböző CaO -tartalmú aluminát vegyületek keletkeznek, a labilissá váló kalciumferritek teljes lebomlása következik be, s az adott hidratációs folyamat során le nem kötött $Ca(OH)_2$ kristályos portlandit alakjában jelenik meg.

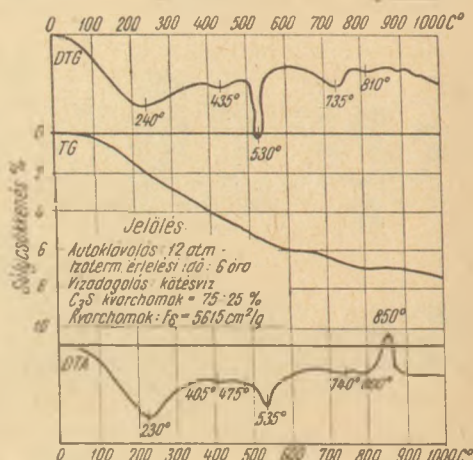
2.32. DTG vizsgálatok

A röntgenográfiai módszerrel kapott eredmények kiegészítése és egyes nyitott kérdések tisztázására több mintából végezti differenciál termogravimetriai méréseket is. (A vizsgálatokat dr. Boross Jánosné tud. m. t. végezte.)

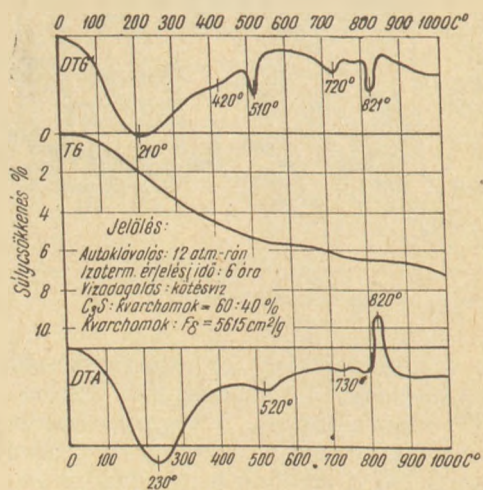
A DTG vizsgálatok során leginkább a különböző klinkerásványok hidratációjánál felszabaduló $Ca(OH)_2$ mennyiséget kívántuk meghatározni, illetve megállapítani a klinkerásványhoz adagolt finom kvarc-homok és a felszabaduló $Ca(OH)_2$ közötti reakció mértékét.

Autoklávolt C_3S +kvarchomok DTG vizsgálata

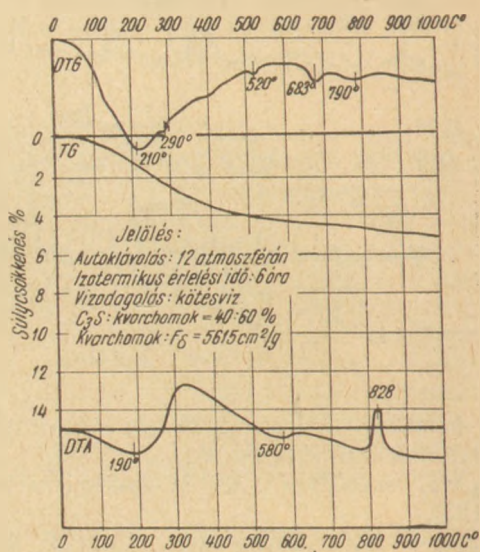
a)

Autoklávolt C_3S +kvarchomok DTG vizsgálata

c)

Autoklávolt C_3S +kvarchomok DTG vizsgálata

b)

Autoklávolt C_3S +kv-homok DTG vizsgálata

d)

12. ábra. C_3S : homok keverékek hidratációs termékeinek DTG felvétele

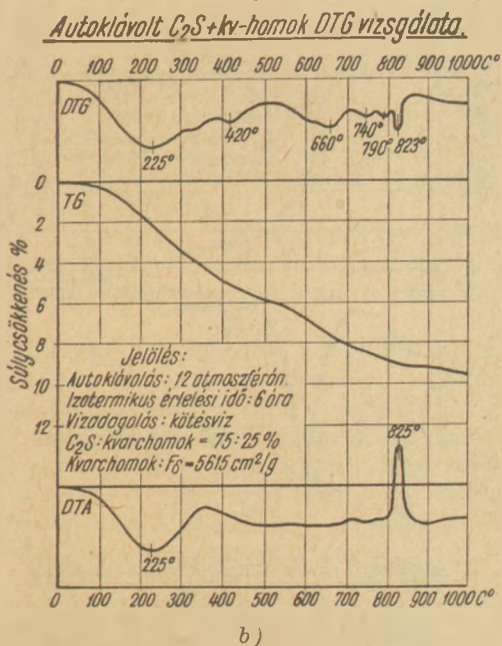
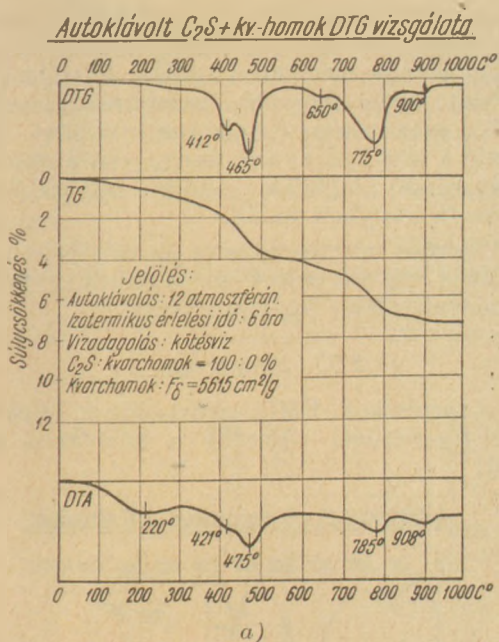
A 12. ábrán négyféle C_3S : homok keverék autokláv érlelésénél kapott anyagok DTG vizsgálati diagramját adjuk.

A négy felvétel összehasonlításánál megállapíthatjuk, hogy míg a keletkezett kalciumszilikáthidrátok sem a DTA, sem a DTG görbén nem mutatnak jellemző, meghatározott effektust, addig a felszabaduló $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dehidratációs csúcsa élesen, jól definiált hőmérsékleten (518—530 °C) jelentkezik. A vizsgált minták $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -tartalma a homokörlemény adagolásának függvényében csökken. Azonos, 6 órás 12 atm. gőznyomás melletti izotermikus érlelésnél a következő változásokat mértük a vizsgált mintákkal, amikor a $\text{Ca}(\text{OH})_2$ tartalmat a felhasznált C_3S mennyiségére vonatkoztattuk:

C_3S : homok	mért $\text{Ca}(\text{OH})_2\%$
100:0	13,47
75:25	4,62
60:40	2,75
40:60	1,03

Figyelemre érdemes a DTA diagramok 820—850 °C hőmérséklet intervallumában jelentkező és a homok adagolással együtt növekvő exoterm effektusa, mely feltevésünk szerint a C_2S újraképződését jelzi. A nyerslisztek DTA felvételeihez (2. ábra) viszonyítva ez az effektus mintegy 100 °C-al alacsonyabb hőmérsékletnél éri el maximumát, ami megítélésünk szerint egyrészt a reakcióba lépő komponensek szerkezetében levő különbségek, illetve a CaCO_3 dekarbonizációs effektusának hatására vezethető vissza.

A C_2S és C_2S -finom kvarchomok habarcsok esetében $\text{Ca}(\text{OH})_2$ felszabadulást jelző dehidratációs csúcsot nem találtunk. (13. ábra). Ehelyett 412 és 465 °C-nál jelentkező súlycsökkenési effektusok a DTG görbén, melyek valószínűleg a különböző kalciumszilikáthidrátok dehidratációs csúcsai. A C_2S -finom kvarchomok 80:20 arányú keveréke adta a legkedvezőbb szilárdsági jellemzőket, a DTG vizsgálatoknál 75:25 arányú keveréket vizsgálva az előbb említett effektusok



13. ábra C_2S : homok keverékek hidratációs termékeinek DTG felvétele

szinte teljesen eltűntek, s ismét fellép 825 °C-nál a DTA diagramon az exoterm csúcs. Ezek a jelenségek együttvéve megerősítik több kutatónak azt a megállapítását, hogy a C_2S hidratációjánál eleinte zömmel $C_2S \cdot H_2O$ hidratvegyületek képződnek.

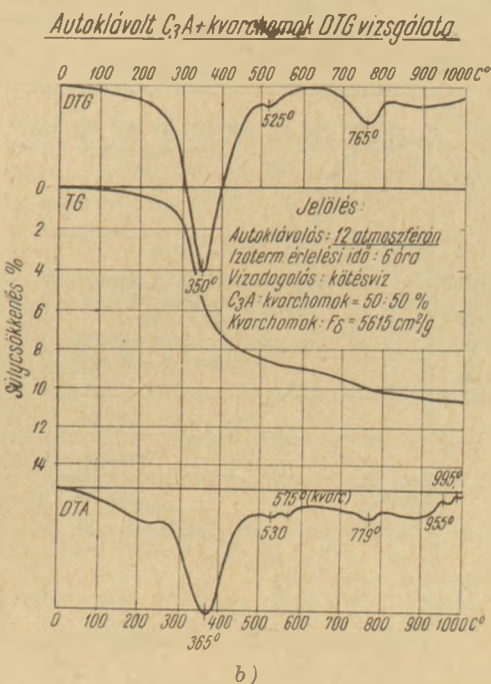
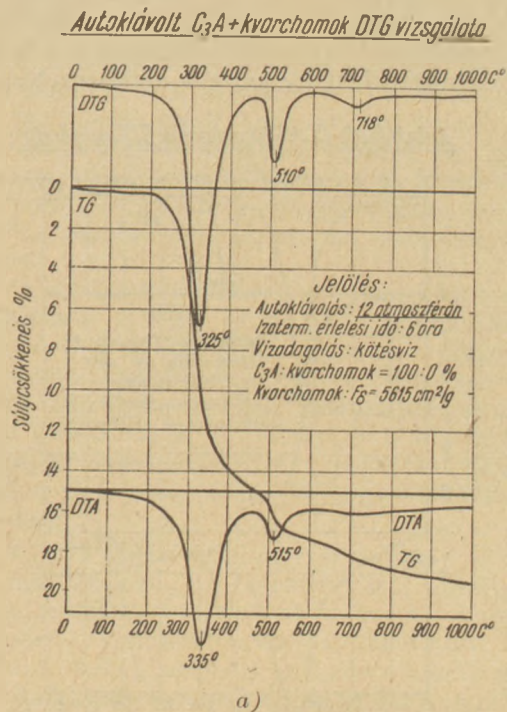
A C_3A és C_3A -finom kvarchomok keverékek vizsgálatánál (14. ábra — ellentétben a röntgenográfiai felvételekkel — egyértelműen jelentkezett a $Ca(OH)_2$ dehidratációs csúcsa 510—525 °C hőmérsékletnél, melynek nagysága a SiO_2 adagolással csökken a C_3A tényleges mennyiségére vonatkoztatva. 325—350 °C hőmérsékletnél azonos intenzitással jelentkező endoterm effektus a $C_3A \cdot 6H_2O$ és a különböző módosulatú $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$ vegyületek dehidratációját jelzik.

A C_4AF és C_4AF -finom kvarchomok keverékek hidratációs termékeinek DTG felvételénél több

endoterm csúcs között — szintén határozottan fellelhető a $Ca(OH)_2$ dehidratációját jelző, 510—530 °C-os csúcs, amelynek intenzitása kvarelszt adagolás függvényében csökken (15. ábra). 320—340 °C intervallumban — a C_4AF tényleges mennyiségére vonatkoztatva — állandó intenzitással jelentkezik a kalciumalumináthidráto, $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$ módosulatok és feltehetően $Fe_2O_3 \cdot xH_2O$ vegyületek dehidratációja.

Ez utóbbi eredmények teljes összhangban vannak a röntgenvizsgálatok eredményeivel.

A C_3A és C_4AF alapú habarcsok hidratációs termékeinek vizsgálatánál a következő $Ca(OH)_2$



14. ábra C_3A : homok keverékek hidratációs termékeinek DTG felvétele

mennyiségeket határoztuk meg DTG vizsgálatokkal:

Habarcs	Ca(OH) ₂ %
C ₃ A 100%	9,24
C ₃ A 50%: homok 50%	4,11
C ₄ AF 100%	2,30
C ₄ AF 80%: homok 20%	2,50
60%: homok 40%	2,00
40%: homok 60%	0,75

A kapott számértékek nem egyértelműek. Nehezíti az értékelést, hogy az Al(OH)₃-nak van olyan módosulata, melynek dehidratációs hőmérséklete összeesik a Ca(OH)₂ bomlási hőmérsékletével. Ugyanakkor arra lehet következtetni, hogy a hidratáció folyamata és a keletkező termékek jelentős mértékben függenek a rendszer bázikus,

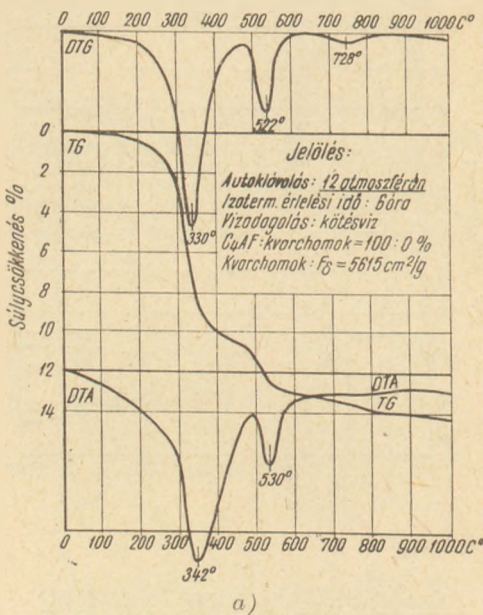
vagy savanyú jellegétől. Pl. a C₄AF hidratációs termékeinél a 60% C₄AF: 40% homok keverési arányig azonos mértékű Ca(OH)₂ felszabadulást észleltünk, míg nagyobb homokadagolásnál a Ca(OH)₂ mennyisége rohamosan csökkent. Eszerint míg a savanyú kvarc részére van a rendszerben elvonható „tartalék”, addig a folyamat meghatározott irányban halad.

A kérdés megközelítésére az előzőekben leírt mintákból pH-méréseket is végeztünk, melyek eredményeit alább foglaljuk össze.

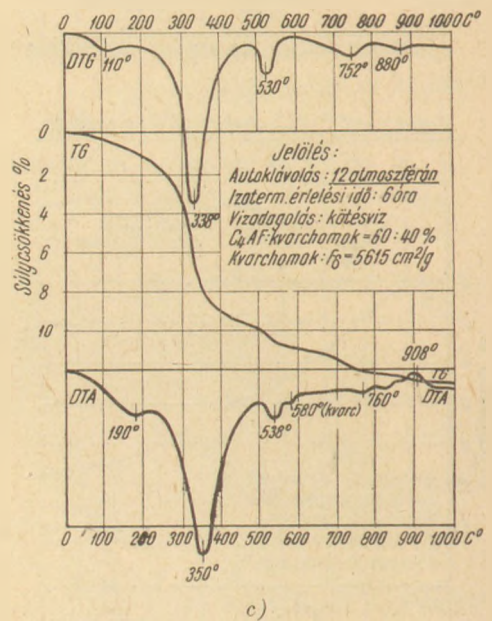
2.33. pH-mérések

A méréseket EMG gyártmányú, elektroncsöves pH-mérővel végeztük a következő módszerrel:

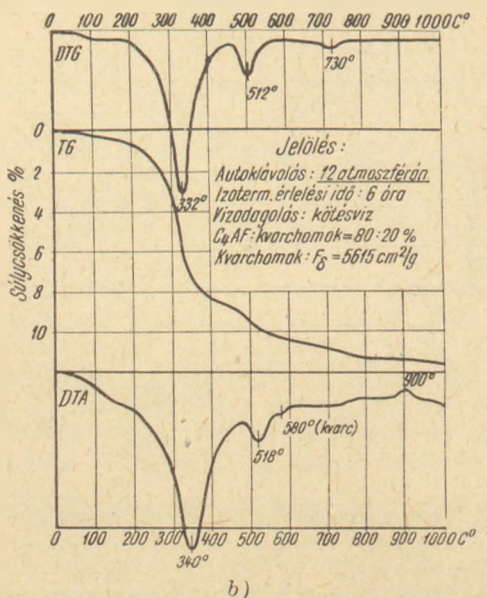
Autoklávolt C₄AF+kvarchomok DTG vizsgálata



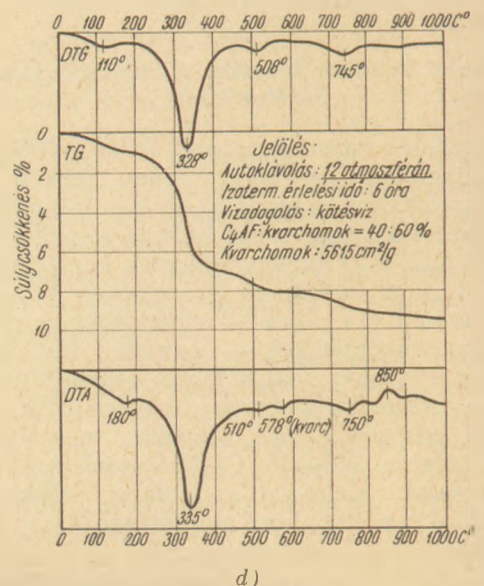
Autoklávolt C₄AF+kvarchomok DTG vizsgálata



Autoklávolt C₄AF+kvarchomok DTG vizsgálata



Autoklávolt C₄AF+kvarchomok DTG vizsgálata



15. ábra. C₄AF klinkerásvány: homok keverékek hidratációs termékeinek DTG felvétele

Az autoklávolt próbatestekből vett minták hidratációs folyamatát alkoholos kezeléssel megállítottuk, s a mintákat $R_{0,09} = 0\%$ finomságúra porítottuk. A poralakú száraz mintákat 40% vízzel pépesítettük és 3 perces keverés után végeztük el a méréseket.

A mérési eredményeket a 6. táblázat tartalmazza.

6. táblázat

Autoklávolt habarestestek pH-értékének változása

Kötőanyag	Kötőanyag ; kvarcőrlemény aránya	Mért pH-érték
C_3S	100 + 0	12,8
	75 : 25	12,5
	60 : 40	12,4
	50 : 50	12,2
βC_2S	100 : 0	12,3
	60 : 40	11,4
C_3A	100 : 0	12,3
	70 : 30	12,5
	20 : 80	12,3-
C_4AF	100 : 0	12,8
	80 : 20	12,7
	60 : 40	11,8
	40 : 60	11,4

A mérési eredmények alapján az alábbi megállapításokat tehetjük:

a) A 0–50% kvarcőrleményt tartalmazó C_3S testek adott intenzitású autoklávós kezelése mellett a pH-érték nem változik jelentős mértékben.

b) A C_2S -ből készült habaresoknál ugyanakkor már 40% kvarcőrlemény adagolásánál jelentős mértékű csökkenés tapasztalható.

c) A C_3A testek növekvő kvarcadagolás esetén is változatlan pH-ja arra mutat, hogy hidrotermális kezelésénél nem válik szabadlá $Ca(OH)_2$ és a hidratvegyületek bázicitása — minthogy SiO_2 -vel reakcióba lépő komponens nincs jelen — változatlan marad.

d) A C_4AF péptestek pH-ja a finomhomok mennyiségétől függően csökkenő tendenciát mutat. Ugyanakkor a 9. ábra szerint a testek 20% finom homokőrlemény adagolásánál, kismértékű szilárdságnövekedést mutattak, de 40%-nál nagyobb adagolásnál már csökkenés következett be. A jelenség magyarázatát abban látjuk, hogy a C_4AF hidratációja során egy labilis, mészhányos rendszer alakul ki. Ebbe a rendszerbe viszünk be SiO_2 -t, melynek affinitása nagyobb kell legyen az erős bázicitású CaO -hoz, mint a Fe_2O_3 -é. Így feltehető, hogy hidrotermális kezelésnél a kémiai reakció $CaO-SiO_2$ irányba tolódik el, s $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ válik szabadlá. A felszabaduló $Ca(OH)_2$ egyrésze $C_3A \cdot 6H_2O$ képzése közben kötődik meg, másrésze pedig a SiO_2 mennyiségétől függően kalciumszilikáthidrátokat képezhet.

2.4. Megállapítások és következtetések

Az elvégzett vizsgálatok alapján — befejezésül — néhány megállapítást tehetünk, melyek ha nem is újak több vonatkozásban, mégis további

következtetések levonását teszik lehetővé a portlandcementek összetétele és néhány tulajdonsága között.

Az elmondottak szerint a C_3S péptestek autokláv kezelése során szabadul fel a legtöbb $Ca(OH)_2$, tehát autokláv-szilárdítású betonoknál a nagy C_3S -tartalmú cementből nagyobb rész helyettesíthető kvarcőrleménnyel, szemben a kis C_3S -tartalmú cementekkel. Nagy intenzitású hőkezelés esetén a kötőanyag 50%-a helyettesíthető kvarc-homokkal a maximális szilárdság elérése céljából.

A normális hőmérsékleten nagyon lassan szilárduló C_2S klinkerásvány autokláválás esetén gyorsan hidratál, s nagy relatív szilárdságot adnak a C_2S -homok péptestek. Vizsgálataink szerint a C_2S hidratációja bekövetkezhet $Ca(OH)_2$ felszabadulás nélkül is és általában kevés $Ca(OH)_2$ kiválására lehet számítani, amit az autoklávolt C_2S habaresok kis kvarchomok igénye is igazol. Savanyú adalék jelenlétében a C_2S mészleadása meggyorsul és kb. 20% kvarchomoknál eredményez az autoklávolt habaresban szilárdságmaximumot.

Az elvégzett vizsgálataink nem bizonyultak elegendőnek a C_3A és C_4AF klinkerásványok szerepének és a cementekre gyakorolt hatásának egyértelmű tisztázására. A C_3A-SiO_2 keverékek autokláválás után is csak jelentéktelen szilárdsággal rendelkeznek. Ugyanakkor a klinkerásványokból keveréssel előállított „szintetikus” cementeknél a C_3A adagolással (15%-ig) növekedett a szilárdság.

A C_4AF hidrotermális kezelése során — mint erre már utaltunk — véleményünk szerint egy labilis, mészhányos rendszer alakul ki, melyet a rendszerrel szemben savanyú kémhatású SiO_2 megbont. A SiO_2 adagolás hatására a kisebb stabilitású kalciumferrihidrát vegyületek $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ vegyületté bomlanak le és a fennmaradó $Ca(OH)_2$ képes kalciumszilikáthidrátokat képezni.

Az elvégzett munkánk még igen sok kérdést hagy megválaszolatlanul. De nem is tűzhattük ki célul a teljesség elérését, s meg kell elégednünk annyival, hogy néhány szemponttal hozzájárulhattunk a cementek viselkedésének megközelítéséhez az autoklávós érlelés során.

IRODALOM

- [1] F. M. Lea—C. H. Desch: The Chemistry of Cement and Concrete (London, 1956) p. 115—117.
- [2] Dr. H. Kühl: Zement-Chemie, B. II. p. 226 (Berlin 1951).
- [3] G. Trömel, H. Möller: Zement-Kalk.-Gips, 5, Nr. 8 (1952).
- [4] Dr. H. Kühl: Zement-Chemie, B. II. p. 97—99 (Berlin 1958).
- [5] J. W. Jeffery: 3 Sympos. Chem. Cem. S. 30 (London 1952).
- [6] R. H. Bogue: Chemistry of Portland Cement, p. 152—160, (New York, 1955).
- [7] F. M. Lea—C. H. Desch: The Chemistry of Cement and Concrete (London, 1956) p. 272.
- [8] R. H. Bogue: Chemistry of Portland Cement (New York, 1955) p. 387.
- [9] Dolezsai Károly: Nagy MgO -tartalmú cementek. Kandidátusi értekezés (Budapest, 1963).
- [10] R. H. Bogue: Chemistry of Portland Cement, (New York, 1955) p. 504—510 és 90—95.

- [11] T. Thorwaldson: Portland Cement and Hydrothermal Reaction Sympos. Chem. of Cem. (Stockholm 1938).
- [12] G. E. Bessey: Sympos Chem. of Cem. (Stockholm 1938). p. 196.
- [13] H. F. W. Taylor: Hydrated Calcium Silicates, Journ. of Chem. Soc. p. 3628—3690 (1950) és p. 163—171 (1953).
- [14] R. H. Bogue: Chemistry of Portland Cement (New York 1955) p. 738—753.

Gyarmathy Gyula—Kilián József—Székely István: Klinkerásványok szilárdulási jellemzőinek vizsgálata különös tekintettel az izotermikus érlelésre

A kísérletek szerint olvadákfázis megjelenése nélkül, vagy elenyészően kismértékű fellépésével előállíthatók CaO -val telített C_2S , C_3S , C_4A illetve C_4AF klinkerásványok. Tiszta klinkerásványok előállítása csak többszörös hőkezeléssel és periódikus hidratáltatással sikerült. A hidratációs folyamatok végbemenetele tiszta vegyületek esetében eltérő a nagyüzemi technológiával előállított klinkerásvány elegyek hidratációs folyamatától.

A C_2S hidrotermális hidratációja bekövetkezhet $\text{Ca}(\text{OH})_2$ felszabadulása nélkül is.

Autoklávólásnál a C_3A jelenléte nem kedvezőtlen a szilárdságra 15%-ig. A C_4AF hidrotermális kezelésnél egy labilis mészhányos rendszer kialakulása valószínűsíthető.

Дярмати Дюла—Килиан Йозеф—Секей Иштван: ИССЛЕДОВАНИЕ ТВЕРДЕНИЯ КЛИНКЕРНЫХ МИНЕРАЛОВ С ОСОБЫМ УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ.

На основании экспериментов было установлено, что насыщенные в отношении CaO клинкерные минералы C_2S , C_3S , C_4A и C_4AF могут быть получены без появления жидкой фазы (расплава), или же при незначительных количествах последней. Получение чистых клинкерных минералов возможно только путём многократного обжига и периодической гидратации. Ход гидратации чистых минералов отличается от гидратации клинкера, получаемого в заводских условиях.

Гидротермическая гидратация C_2S может произойти также и без выделения $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Присутствие C_3A до 15% при автоклавной обработке не оказывает отрицательного влияния на прочность.

При гидротермической обработке C_4AF возможно образование бедной известью, лабильной системы.

Gyarmathy, Gyula—Kilián, József—Székely, István: Untersuchung der Erhärtungsziffer von Klinkermineralien, mit besonderer Rücksicht auf das isothermische Reifen

Laut Versuche lassen sich kalkgesättigte C_2S , C_3S , C_4A , respektive C_4AF Klinkermineralien herstellen, während die Schmelzephase bloß in unbedeutlichem Maße erscheint, oder aber völlig ausbleibt. Die Herstellung von reinen Klinkermineralien gelang nur nach wiederholter Wärmebehandlung und periodischer Hydratation. Der Verlauf der Hydratationsvorgänge ist im Falle reiner Verbindungen abweichend von denen, welche bei den im Großbetrieb erzeugten Mineralien gemengen erscheinen.

Die hydrothermale Hydratation von C_2S kann auch ohne Freiwerden von $\text{Ca}(\text{OH})_2$ erfolgen.

Bei der Autoklavbehandlung beeinflusst die Gegenwart von C_3A — bis zu einem Grenzwert von 15% — die Festigkeit nicht nachteilig. Bei der hydrothermalen Behandlung von C_4AF kann die Bildung eines labilen Systems mit Kalkmangel als wahrscheinlich angenommen werden. (S. G.)

Gyula Gyarmathy—József Kilián—István Székely: The Investigation of Hardening Characteristics of Clinker Minerals with Special Reference to Isothermal Curing

CaO -saturated dicalcium silicate, tricalcium silicate, tricalcium aluminate and tetracalcium aluminate ferrite can be produced without transient melt phase, but only after several heat treatments and periodic hydration. Hydration processes are different in case of pure clinker minerals as compared to industrial clinkers. Hydrothermal hydration process of dicalcium silicate may take place without calcium hydroxide formation. In case of autoclave curing, tricalcium aluminate is disadvantageous if present in quantities above 15%. In case of tetracalcium aluminate ferrite hydration, an unstable system of lime deficiency is formed.

Helyreigazítás

Folyóiratunk ez évi 2. számában megjelent Lőcsei Béla: „Kis mennyiségű alumíniumfluorid hatása a grossalmerodei agyag fázisátmenetére” című cikkében a 68., illetve 69. oldalon az 1. és 7. számú ábrák felcserélve jelentek meg. Az ábra-aláírások helyesek.

Betontömörítés pörgetéssel

CSUTOR JÁNOS

1. Bevezetés

A pörgetés körgyűrű keresztmetszetű beton-elemek tömörítésére szokásos módszer, elsősorban akkor, ha a betonelem vasalt és nagyméretű. E két feltételnek általában a vasbeton oszlopok és a vasbeton csövek felelnek meg. Pörgetett oszlopokat Magyarországon nem gyártottak és minden jel arra mutat, hogy nem is gyártanak majd, a pörgetés a vasbeton csövekre és vasbeton nyomócsövekre korlátozódik. Az 1950-es évek elején már gyártottunk pörgetett vasbeton csöveket. Ebben az időben azonban nem huztak éles határt a vasbeton csövek és a vasbeton nyomócsövek kategóriái között (az első belső túlnyomásos elviselésére a vasalás ellenére sem alkalmas), a gyártott vasbeton csövektől olyan nyomás-teherbírást követeltek, amit azok nem tudtak teljesíteni. Ezért és amiatt, mert a gyártási eljárás elavult volt, a pörgetett vasbeton csövek gyártását be kellett szüntetni.

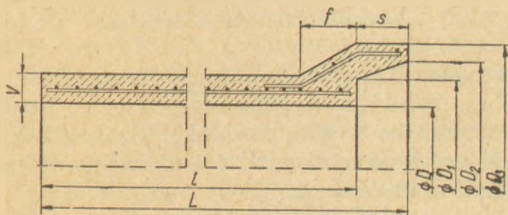
Azóta széles külföldi gyakorlattal lehet igazolni, hogy a vasbeton csövek és a vasbeton nyomócsövek gyártása két különálló téma, ezért e két csőkategória gyártásának problémája ismét aktuális. Ennek kapcsán előtérbe kerül a pörgetés, mint a beton tömörítésének különleges módja. A beton tömörítése a gyártástechnológiáknak általában egyik legkényesebb része, mégis mindmáig az elmélettel legnehezebben követhető technológiai kérdések közé tartozik. Ez a megállapítás

némi megszorítással érvényes a pörgetésre is. A következőkben összehasonlítunk néhány pörgetési elvet, amelyeket a gyakorlat alakított ki és az összehasonlítás alapján következtetéseket vonunk le a leghelyesebb elvre vonatkozóan.

2. Pörgetési elvek

Legyen szó akár körgyűrű keresztmetszetű oszlopokról, akár csövekről, a pörgetés mindig úgy zajlik le, hogy az elem kétrészes acélformáját összeállítás után megfelelő gépi berendezéssel meghatározott ideig magas fordulatszámmal forgatják, miután a betont a formába adagolták. A tömörítőerő tehát a betont alkotó minden elemre ható centrifugális erő, illetve az általa létrehozott nyomás, amely a betonalkotókat az acélforma falához préseli. Ez a préselés — vagy másképpen fogalmazva: tömörítőhatás — mindenkor a fordulatszám, az elem sugarának és a pörgetett anyag térfogatsúlyának a függvénye. Ennek alapján kézenfekvőnek tűnik a megállapítás, hogy az egyes betonelemeket az átmérő függvényében más-más fordulatszámmal kell pörgetni. Felmerül ezek után a kérdés: van-e olyan szabály, amely megadja az egyes átmérőkhöz tartozó fordulatszámokat. Erre a kérdésre igennel válaszolhatunk, megjegyezve, hogy eddig két szabályt is alkalmaztak. Ezeket a szabályokat a gyakorlat alakította ki a gyárakban.

Mielőtt a részletekbe merülnénk, meg kell jegyeznünk, hogy tárgyalásra kerülő összefüggéseink illusztrálása érdekében konkrét betonelemre van szükségünk. A lehetséges rengeteg külföldi rendszer közül teljesen önkényes példaként választuk az első ábrán látható vasbeton cső sorozatot. Ezeket a Tubeco-Centritub berendezésen pörge-



D mm	D_1 mm	D_2 mm	D_3 mm	v mm	f mm	s mm	l mm	L mm	Teljes súly kp	1 hasznos folyóméter súlya kp	Acélsúly 1 hasznos fm-ben kp	Összes acélsúly kp	Élőnyomás 1 fm-re kp
300	400	410	464	45	64	70	4000	4060	500	125	2,7	10,8	3300
400	520	532	596	55	77	74	4000	4065	807	202	3,65	14,6	3600
500	640	652	730	65	88	82	4000	4070	1182	296	4,9	19,4	3850
600	750	764	856	70	100	92	5000	5070	1887	377	6,52	32,6	4150
700	860	874	982	70	118	95	5000	5081	2343	469	8,28	41,4	4400
800	970	986	1108	80	132	102	5000	5086	2853	571	15,16	75,8	4700
1000	1195	1213	1360	90	159	120	5000	5099	4034	807	22,0	110,0	5250
1200	1425	1445	1620	105	184	130	4000	4113	4552	1138	33,25	133,0	5800
1400	1645	1667	1870	115	213	155	4000	4128	5845	1461	48,75	195,0	6300
1600	1865	1891	2120	125	207	177	4000	4144	7345	1836	53,25	213,0	6900

1. ábra. Tubeco-Centritub rendszerrel gyártott közösleges vasbeton csövek

téssel gyártják. Megállapításaink a továbbiakban természetesen a gyártási rendszertől függetlenek.

Ennek előrebocsátása után vizsgáljuk meg az említett két pörgetési szabályt. Ezek:

2.1 A csövet olyan fordulatszámra kell pörgetni, hogy a beton gyorsulása a forma belsejében elérje a 100 g értéket (g = gravitációs gyorsulás).

2.2 A pörgetés révén a kerületi sebesség a cső névleges (belső) átmérőjén mérve el kell érje a 20 m/sec értéket.

Az első feltételt a teljes átmérő-sorozatra érvényes *állandó gyorsulás*, a másodikat az *állandó sebesség* feltételének nevezhetjük. Vizsgáljuk meg, miben tér el egymástól a két szabály! A forgómozgás közismert alapképletei erre azonnal választ adnak. Ha

D_m = a cső belső átmérője

n/min = a percenkénti fordulatszám

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{n}{9,55} \text{ 1/sec} \quad \text{a szögsebesség és}$$

$$v = \omega \frac{D}{2} = \frac{D\pi n}{60} \text{ m/sec} \quad \text{a kerületi sebesség,}$$

akkor a pörgetés során a gyorsulást előíró feltétel a

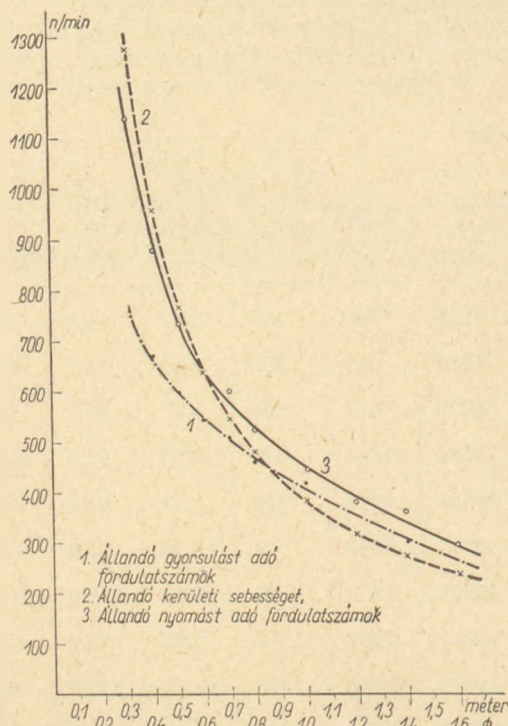
$$\frac{D}{2} \omega^2 = \frac{D}{2} \cdot \frac{n^2}{9,55^2} = 100 \text{ g} \quad (1)$$

egyenlőséggel meghatározott. Innen rendezés és összevonás után a fordulatszám

$$n = \frac{423}{\sqrt{D}} \text{ 1/min} \quad (2)$$

Ha a $v = 20$ m/sec kerületi sebesség-értékből indulunk ki, akkor a pörgetés feltétele

$$\frac{D\pi n}{60} = 20 \quad (3)$$

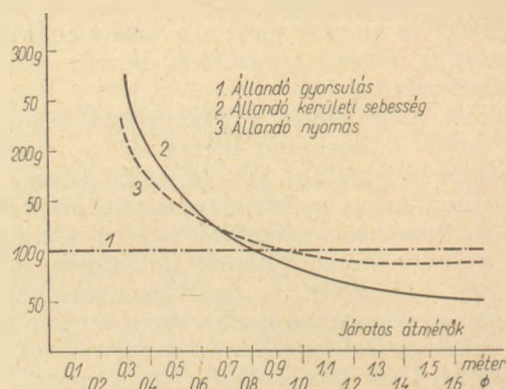


2. ábra. Fordulatszámok különböző pörgetési elvek esetében

alakú, ahonnan

$$n = \frac{382}{D} \text{ 1/min} \quad (4)$$

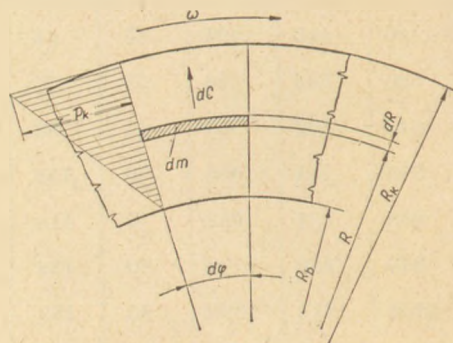
Ha (2) és (4) szerint meghatározzuk a fordulatszámokat és az egyes csőátmérők függvényében ábrázoljuk, akkor a 2. ábrán az 1 és 2 jelű görbék kapjuk. Ezek alapján látható, hogy az eltérés a fordulatszámokban a nagyobb átmérőknél nem számottevő, a 80 cm-es csőátmérőnél azonos is, a kisebb átmérők felé haladva azonban az eltérés már jelentékenyül növekszik. A 100 g és a 20 m/sec értékek változtatásával a két görbét egyes szakaszokon esetleg még jobban közelíteni lehetne egymáshoz, teljes fedést azonban sohasem kapnánk. Ez azért lényeges megállapítás, mert elvileg helyes csak az egyik szabály lehet. Azokon a helyeken tehát, ahol a két görbe lényegesen kezd eltérni egymástól, a pörgetés hatásában is lényeges eltéréseknek kell bekövetkezniök. Ezt érzékelteti a 3. ábra is, ahol az állandó gyorsulás vízszintes



3. ábra. A gyorsulások változása az egyes pörgetési elvek esetében 100 g-hoz viszonyítva

egyenesehez képest az állandó kerületi sebesség esetében beálló gyorsulás-változásokat figyelhetjük meg. (1 és 2 jelű vonalak). Ezek a csőforma belsejében levő potenciál-tér jelentékeny módosulásáról tanúskodnak.

Mielőtt azonban végleges véleményt alkotnánk a két pörgetési elvről, vizsgáljuk meg részletesen magát a tömöríthetést a potenciáltérben kialakuló nyomások révén. A 4. ábra alapján az



4. ábra. Nyomáseloszlás a csőfal mentén

R_k cm külső és R_b cm belső sugarú s ennek megfelelően $v = R_k - R_b$ cm falvastagságú, ω 1/sec szögsebességgel pörgetett csőből vágjunk ki 1 cm magas körgyűrű-hengert. Ebben a körgyűrű-hen-

gerben tetszőleges R sugáron — ha γ pond/cm³ a beton térfogatsúlya — az elemi tömeg

$$dm = \frac{\gamma}{g} \cdot R \cdot d\varphi \cdot dR \quad (5)$$

Erre az elemi tömegre

$$dC = dm \cdot R \cdot \omega^2 = \frac{\gamma \cdot \omega^2}{g} R^2 \cdot dR \cdot d\varphi \quad (6)$$

elemi centrifugális erő hat. Ezért a teljes és egy-ségnyi magasságú körgyűrű-hengerre a centrifugális erő értéke:

$$C \stackrel{(1)}{=} \int_0^{2\pi} \int_{R_b}^{R_k} dC \stackrel{(2)}{=} \frac{\gamma \cdot \omega^2}{g} \int_0^{2\pi} \int_{R_b}^{R_k} R^2 \cdot dR \cdot d\varphi \stackrel{(3)}{=} \stackrel{(4)}{=} \frac{\gamma \cdot \omega^2}{g} \cdot \frac{R_k^3 - R_b^3}{3} 2\pi \stackrel{(5)}{=} \frac{\gamma \cdot \omega^2 \cdot 2\pi}{3g} (R_k^3 - R_b^3) \text{ pond} \quad (7)$$

A C centrifugális erő az egységnyi vastagságú körgyűrű külső hengerfelületére hat, amelynek mérőszáma $F = 2\pi R_k$. Ezért a nyomás ezen a felületen

$$p_k = \frac{C}{F} = \frac{\frac{\gamma \cdot \omega^2 \cdot 2\pi}{3g} (R_k^3 - R_b^3)}{2\pi R_k} = \frac{\gamma \cdot \omega^2}{3g} \cdot \frac{R_k^3 - R_b^3}{R_k} \text{ pond/cm}^2 \quad (8)$$

A nyomás a cső külső falától a belső felé lineárisan csökken. A belső falnál, ahol $R_k = R_b$, a nyomás nulla. A cső külső átmérője mentén kialakuló nyomás a falvastagságtól is függ, ezért azonos forgás-jellemzők mellett a vékonyabb falú cső külső átmérőjén mérve a nyomás kisebb. A változó nyomás miatt a továbbiakban a pörgetésre jellemző, mértékadó nyomásértéknek mindig a külső csőátmérőnél kialakuló nyomást fogjuk tekinteni.

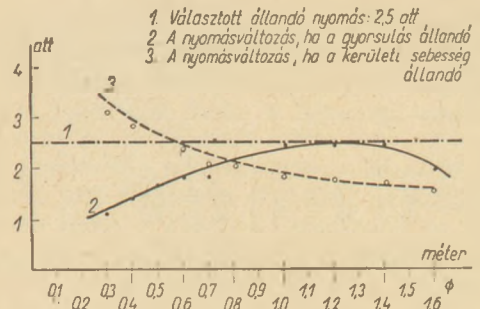
Ha most a (8) alatti képletből meghatározzuk az állandó gyorsulás és az állandó sebesség elve szerint végrehajtott pörgetések során kialakuló nyomásokat az egyes csőátmérőkhöz, akkor az 5. ábra 2 és 3 jelű függvény-vonalait kapjuk. Ezek alapján azt mondhatjuk, hogy sem az állandó gyorsulás, sem az állandó kerületi sebesség elve nem helyes, mivel csőátmérőnként mindkettő más-más nyomásokat eredményez.

A tömörítő hatás mértékét feltétlenül a nyomás jellemzi és mivel a cső betonanyagának az átmérőtől függetlenül kell mindenkor azonos tömörségűnek lennie (nem mondhatjuk, hogy a kisebb csőátmérőhöz tömörebb betonnak kell tartoznia, vagy fordítva), ezért helyesnek azt a pörgetést fogadhatjuk el, amely azonos betonösszetétel esetében az egyes csőátmérőkhöz azonos nyomásokat rendel.

Ebből a feltételből kiindulva (8)-ban ω helyére $n/9,55$ -öt téve és rendezve a fordulatszámra az

$$n = \sqrt{\frac{p_k \cdot 3g \cdot 9,55^2}{\gamma} \cdot \frac{R_k}{R_k^3 - R_b^3}} / \text{perc} \quad (9)$$

összefüggést kapjuk. Az 5. ábra 2 és 3 jelű függvény-



5. ábra. A nyomásváltozások jellege az egyes pörgetési elvek esetében

vonalaik nagyságrendi tájékoztatása alapján önkényes példaként 2500 pond/cm² = 2,5 att állandó nyomást vettünk fel. Ehhez meghatároztuk a fordulatszámokat, a gyorsulás-értékeket és a kerületi sebességeket. A fordulatszámok alakulását állandó nyomás feltétele mellett ezek után a 3. ábra 3 jelű görbéje mutatja. A kerületi sebességeket az egyes feltételek esetében a 6. ábra hasonlítja össze. Az egyes átmérőkhöz tartozó adatokat a táblázat összegezi.

A helyes elvi út a pörgetés fordulatszámának meghatározásához az előadottak alapján az alábbiakban foglalható össze:

2.3 Tetszőleges átmérőn próba-pörgetések sorozatával meg kell állapítani az adott betonösszetételhez tartozó és a kielégítő tömörséget biztosító minimális fordulatszámot.

2.4 Ennek a fordulatszámnak az ismeretében a 8. összefüggés szerint meg kell határozni az illető betonösszetételhez tartozó tömörítő-nyomást.

2.5 A meghatározott és az adott betonösszetétel jellemzőjeként felfogható nyomás-érték ismeretében a fordulatszámokat minden átmérőhöz meg kell határozni a 9. összefüggés alapján.

Sorozatgyártás esetében nem mindegy, hogy a meghatározott fordulatszámok a szükséges minimális fordulatszámok-e. A pörgetés ugyanis nagyon energiaigényes tömörítési mód, az energia-felhasználásnak és ezen keresztül a költségsökkentésnek az fontos feltétele, hogy a fordulatszámot ne emeljük a szükséges minimum fölé.

A tömörítési munka végeredményben a pörgetésnél is — ugyanúgy, mint a vibrálásnál — a teljesítmény és az idő sorzataként alakul ki. Ezért nem közömbös, hogy a meghatározott fordulatszámmon mennyi ideig járattuk a pörgetőgépet.



6. ábra. A kerületi sebességek változása az egyes pörgetési elveknél

Csőátmérő, cm		30	40	50	60	70	80	100	120	140	160
Falvastagság, cm		4,5	5,5	6,5	7	7	8	9	10,5	11,5	12,5
Állandó gyorsulás	n 1/min	770	670	600	545	510	475	423	353	303	265
	ω 1/sec	80,6	70,2	62,9	58,2	53,5	49,8	44,4	37,1	31,8	27,8
	ω^2 1/sec ²	6496	4928	3956	3387	2862	2480	1971	1376	1011	773
Állandó területi sebesség	n 1/min	1275	955	765	636	546	476	382	319	273	239
	ω 1/sec	133,5	100	80	66,6	57,2	50	40	33,3	28,6	25
	ω^2 1/sec ²	17820	10000	6400	4436	3270	2500	1800	1109	818	625
	$R\omega^2$ cm/sec ²	268 000	200 000	160 000	133 000	114 500	100 000	80 000	66 500	57 200	50 000
	$R\omega^2 : g$	273	204	163	135,5	116,5	102	81,5	67,9	58,4	51
Állandó nyomás	n 1/min	1140	880	735	650	600	525	445	380	365	295
	ω 1/sec	119	91,5	76,5	67,8	62,4	54,7	46,4	39,6	37,0	30,6
	ω^2 1/sec ²	14 160	8372	5852	4597	3394	2992	2153	1568	1369	936
	$R\omega^2$ cm/sec ²	212 000	167 500	146 500	137 000	119 000	119 000	107 500	94 000	95 600	75 000
	$R\omega^2 : g$	215	171	149	139	120	120	109	95,5	98	76,3
Nyomás állandó gyorsulás mellett P_k att		1,145	1,42	1,67	1,84	1,82	2,05	2,55	2,48	2,47	1,97
Nyomás állandó ker. sebességnél P_k att		3,13	2,87	3,18	2,41	2,07	2,07	1,86	1,80	1,69	1,59
A kerületi seb. áll. gyorsulásnál v m/sec		12,1	13,8	15,7	17,2	18,7	20,1	22,2	22,2	22,2	22,2
A kerületi seb. áll. nyomásnál v m/sec		17,8	18,4	19,3	20,4	22	22	23,3	23,9	26,8	24,8

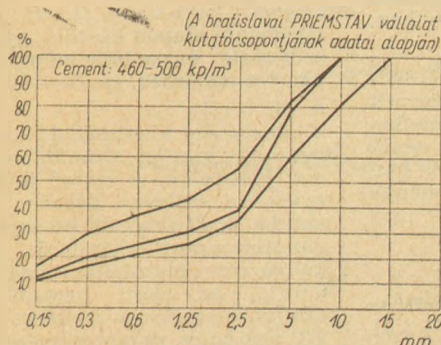
Azonos betonkeveréket feltételezve — mivel a munka kifejezésében a teljesítmény és az idő szorzat-komponensek — nagyobb teljesítménnyel (vagy ami ugyanaz az adott esetben: nagyobb nyomással) rövidebb, kisebb teljesítménnyel hosszabb ideig kell a csövet pörgetnünk. A teljesítmény és az idő *viszonyának optimuma* azonban már csak konkrét berendezésnél határozható meg még elviselhető számítási munkával.

Meg kell még említeniünk, hogy a beton beadagolása során a pörgetőgép nem az előbbieken meghatározott fordulatszámokon jár, hanem azoknál kisebbben. Ezt az indokolja, hogy alacsonyabb fordulatszámon a beton szétterülése a formában nem jár alternáló igénybevételekkel a gép szempontjából. A töltő fordulatszám a tömörítő-fordulatszámnak 25—50%-a szokott lenni. Az a határeset, amelynél a beadagolt beton már éppen nem hullik vissza a forgó forma faláról az $R\omega^2 = g$ feltételből könnyen meghatározható.

3. A pörgetéssel tömörített beton

A pörgetés során a tömörítőerő a betonalkotók minden egyes szemcséjére ható centrifugális erő. Ez az erő adott n/min fordulatszám mellett egyenesen arányos a szemcse tömegével (vagy súlyával). Emiatt a pörgetett beton struktúrája radiálisan nem homogén: a külső sugártól kiindulva a belső felé a betonalkotók átlagos szemnagysága egy-egy rétegben csökkenő tendenciájú. E szemnagyság-csökkenés törvényszerűségének megfelelően a cső belső átmérője mentén már a legfinomabb cementtejből kialakult hártya helyezkedik el. Ugyanebben az irányban a beton egyre cementdúsabbá is válik.

A pörgetett betonnak az előbbieket szerint értelmezett inhomogenitása előnynek mondható ott, ahol a betonnal szemben az elsődleges követelmény a jó vízzáróság, nem pedig a szilárdság. A vasbeton-csövek ezek közé az elemek közé tartoznak. A vízzáróságot szolgálja csövek esetében az adalékanyag szemszerkezete is, amelyben dominálnak a homok, illetve ezen belül a finom szemcséjű homok. A viszonylag magas cementadagolás egyrészt a betonnak radikálisan változó cementtartalmára, másrészt vízzárósági okokra vezethető vissza. Csövek esetében a betonszilárdság a cementadagolás szempontjából is csak másodrendű, bár a jó szilárdság a magas cement-tartalomnak és a kitűnő tömörítésnek automatikus velejárója.

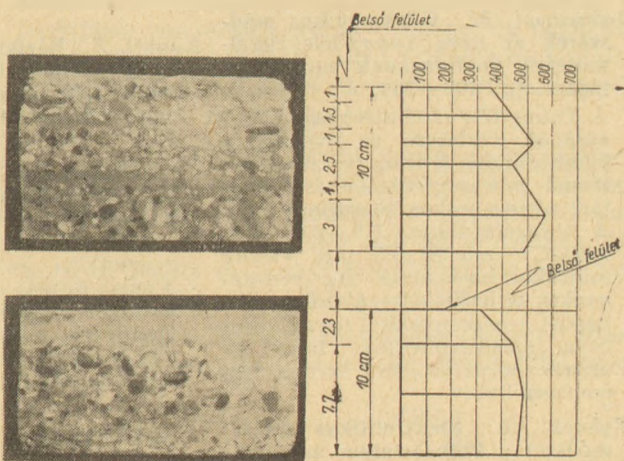


7. ábra. Tubeco-Centritub rendszerű vasbetoncső betonjának összetétele

A 7. ábrán az 1. ábrán bemutatott csősorozat betonjának összetételét láthatjuk.

A pörgetés másik jellegzetes következménye, hogy a tömörítés során a betonból nagyon sok víz szorul ki. A pörgetés előtti 0,48—0,40-es víz-cementtényező a pörgetés után 0,38—0,40 értékre csökken, ami átlagosan 20—21%-os csökkenés. A pörgetés előtt a beton konzisztenciáját 4,5—7,5 cm-es kúproskadás jellemzi, a pörgetés után ez 0,2—0,7 cm-re csökken. A friss betonkeverék átlagos roskadási mérőszámának ezek szerint 6 cm tekinthető.

A pörgetett beton struktúrájának radiális inhomogenitása megnyilvánul a beton nyomószilárdságának ugyancsak radiális változásában is. Ez a változás egyrészt a cement, másrészt az adalékanyagok egyenletes eloszlásának a következménye. Csehszlovák eredetű adatok alapján a nyomószilárdság változását a 8. ábra mutatja. A 8b ábrán jól meg lehet figyelni a vízzáróság



8. ábra. Egyrétegű pörgetéssel készített vasbeton cső betonjának keresztmetszete és a beton nyomószilárdságának radiális változása

b) Ugyanaz a cső, háromrétegű pörgetéssel (A bratislavai PRIEMSTAV vállalat kutatócsoportjának adatai alapján)

fokozását célzó háromrétegű pörgetés egyes rétegeit. A lefolytatott csehszlovák vizsgálatok azt mutatták, hogy a többrétegű pörgetés az egyrétegűhöz képest a vízzáróságot fokozza. Valamennyi rétegen belül megfigyelhető a 8b ábrán a tárgyalt radiális inhomogenitás.

4. Befejezés

A tanulmány három pörgetési elvet hasonlít össze, azonos betonösszetételt feltételezve. Nevezetesen:

4.1 Minden pörgetett átmérőhöz azonos gyorsulás,

4.2 azonos kerületi sebesség és végül

4.3 a külső csőfalon mérve azonos nyomás fel-tételét megszabó elveket.

Megállapítja, hogy elvileg a harmadik a leg-helyesebb.

Csutor János : Betontömörítés pörgetéssel

A tanulmány vizsgálat tárgyává teszi az

1. állandó gyorsulás,
2. állandó kerületi sebesség,

és az

3. állandó tömörítő nyomás

elvei szerint lezajló pörgetéssel betontömörítést és megállapítja, hogy a leghelyesebb a harmadik elv.

Чутор Янош : УПЛОТНЕНИЕ БЕТОНА МЕТОДОМ ВРАЩЕНИЯ.

В данной работе подвергается анализу уплотнение бетона методами вращения, основанными на принципах

1. постоянного ускорения
2. постоянной окружной скорости и
3. постоянном давлении уплотнения.

Делается заключение, что наиболее правильным является принцип 3.

Csutor, János : Verdichtung des Betons Schleuderverfahren

Es wurde das Verdichten von Beton Schleuderverfahren im Falle

1. konstanter Beschleunigung,
2. konstanter Randgeschwindigkeit, ferner
3. konstanten Verdichtungsdrucks

untersucht. Man stellte fest, daß drittgenanntes Prinzip das richtige sei. (S. G.)

János Csutor : Concrete Compacting by Centrifugation

The three main systems of centrifugation compacting, namely (i) constant acceleration, (ii) constant peripheral speed and (iii) constant compacting load are investigated and system (iii) found as the most satisfactory one.

AZ ÉPÍTÉSÜGYI DOKUMENTÁCIÓS IRODA KÜLFÖLDI LAPSZEMLEJE**SZKLO I KERAMIKA**

1963. 11. sz.

Dobrzanski, M.: Ultrasonikus módszerek az üveg Young-féle rugalmassági modulusának megállapítására. (p. 300—304, á: 6, b: 9)
A Young-féle modulus meghatározásának módszerei az üvegben a longitudinális és transzverzális hullámok sebességének mérése alapján, ultrasonikus elasztométerrel. A vizsgálatokhoz 1,9—2,0 mm, 2,6—2,7 mm és 6,0 mm vastag mintákat használtak. Az eredményeket a hajlítóvizsgálatok során kapott eredményekkel összehasonlítva megállapították, hogy az ultrasonikus módszer eredményei pontosabbak.

Wylezek, R.: Elektrolitikus gyorsmódszer a PbO-tartalom meghatározására bárium- és ólomüvegben. (p. 294—297, á: 2, t: 4)

Kísérletsorozat PbO és Ba meghatározására normáldatokban és bárium- és ólomtartalmú üvegekben a kristályüveg minőségének gyors meghatározására alkalmas berendezés szerkesztése céljára. A vizsgálati eredmények összehasonlítása hagyományos vizsgálat során kapott eredményekkel azt mutatja, hogy az új eljárás pontos, egyszerű és gyors, a hagyományos eljáráshoz szükséges időnek harmadrészét veszi igénybe.

SKLÁR A KERAMIK

1963. 11. sz.

Voldán, J.: Festett üveg beégetésekor lejátszódó folyamatok. (p. 291—295, á: 7, t: 8, b: 18)

Üzemi vizsgálatok lapányi és újbányai olvasztott bazaltokkal. Az egyes kristályfázisok kristályosodási sebességének változása és összefüggése a hőmérséklettel. A lineáris kristályosodási sebesség értéke a minta átnelegedési idejének függvényében. A két bazalt-típus feldolgozási technológiájának megállapítása a kísérleti eredmények alapján.

STAVIVO

1963. 11. sz.

Koupil, Z.: Bázikus, granulált kohósalak adagolásának hatása portlandklinkerből előállított portlandcementek hidratációjára. (p. 396—399, t: 3, b: 20)

A szilárdság alakulásának követése kétféle módszerrel: kissé nedves habarcsón a csehszlovák szabvány szerint és képlékeny habarcsón nemzetközi szabványok szerint. A salak hatása a kezdőszilárdságra mindkét módszerrel már 10%-nyi mennyiség adagolásakor jelentkezik. A szilárdságcsökkenés egyenesen arányos a salakmennyiséggel.

SZTROITELNŮE MATERIALŮ

1963. 11. sz.

Alpervonics, J. A.: Ásványgyapotból készült termékek gyártásának reális lehetőségei. (p. 15—18, b: 6)

Kupolókemencék teljesítményének növelése, a kokszfogyasztás csökkentése, a salakgyapot minőségének javítása. A különböző műgyantakötéssel készült salakgyapotos termékek tulajdonságai és gazdaságossága. Legcélszerűbbnek látszik a karbamid-gyanták alkalmazása.

Zsukov, A. V.: A perlit duzzasztása forgókemence lebegtető áramában.

(p. 18—19, á: 1)

Különleges, tangenciális égőrendszer ismertetése. Javul a termék minősége és ugrásszerűen emelkedik a teljesítmény. Így pl. az egyik kиеvi gyárban a 6 m hosszú és 1 m átmérőjű kemence teljesítménye 0,7—0,8 m³/óráról 3—3,5 m³/óra emelkedett.

Szpektor, B. V.—Lozskina, T. V.: Hőszigetelő-anyagok kis hőmérsékletekhez. (p. 19—20, á: 2, t: 1)

Különböző kötéssel készült perlit-termékek vizsgálata. A megvizs-

gált cement, gipsz, vízüveg, bitumen, latex, PVC kötések közül mindegyik rendelkezik valamilyen előnnyel. Legszilárdabb a vízüveg-kötésű perlit. Leginkább vízálló a bitumenkötésű perlit. Hővezetési szempontból valamennyi termék megközelítően azonos tulajdonságú.

Hajner, Sz. P.: A habperlit-kerámia értékes tulajdonságai. (p. 20—23, á: 5, b: 3)
45% anyagot és 55% duzzasztott perlitet tartalmazó habosított masszából nagyméretű blokkokat öntöttek, amelyekből égetés segítségével 150—400 kg/m³ térfogatsúlyú és 5—8 kg/cm² nyomószilárdságú terméket állítottak elő. A technológia jellegzetessége, hogy a higflyós agyagos-hab perlit-adagolás hatására azonnal megdermed, s az öntőformából a nyers darab rövid idő elteltével kiszedhető.

Hutorjanskij, M. Sz.—Cackina, F. N.: A perlitbeton deformációjának kiküszöbölése. (p. 23—24, á: 2, b: 1)

A perlitbeton duzzadása gőzkezelés során komoly gondokat okoz különösen kétrétegű panelek esetén. A szerzők megállapították, hogy a duzzadást döntő mértékben befolyásolja a felhasznált homok szemnagysága, a vízmennyiség és a gőzölés sebessége.

Mcsedlov—Petroszjan O. P.: Portlancement alapon készülő, gyorsan szilárduló duzzadó-betonok nagypaneles építéshez. (p. 34—36, t: 1, á: 3, b: 3)

A mostanáig alkalmazott duzzadó betonok alapja alumínátcement, ami hiányos. A szerző javaslata szerint a szokásos betonos masszákba szulfittlúgban szuszpendált alumíniumport adagolnak. Az alkalmazott alumínium-adagolás 0,01%, az elért duzzadás 1,5 mm/m, szemben a szokásos beton 2,1 mm/m-es zsugorodásával.

(Folytatás a 182. oldalon)

Portlandcement periklász tartalmának meghatározása röntgendiffrakcióval*

A L I C E E. M O O R E
(Cement and Concrete Association, Anglia)

A periklász legerősebb röntgendiffrakciós csúcsa $d = 2,1 \text{ \AA}$ -nél ($42,9^\circ$ Bragg-szögnél) jelentkezik. A 3–4% periklász tartalmazó klinker görbéjén e csúcs jól látható (1/a ábra), de tekintettel arra, hogy $2,09 \text{ \AA}$ síkhálátávolságnál az alit és belit is gyenge reflexiót mutat (1/c ábra), ez a vonalösszeesés a periklász meghatározás pontosságát nagymértékben csökkenti.

A cementek savas oldatokkal történő szelektív oldását számos kutató alkalmazta (Fratini—Turriziani 1956; Rojak 1958; Takashima 1958). Erre a célra puffertolt ammoniumcitrátot, bórsavat, szalicilsavat stb. használtak. A bórsav nagyon kényelmes munkamódszert biztosított. $0,8\text{--}1 \text{ g}$ cementet 300 ml 5%-os bórsavoldattal 40 perc — 1 órá n át rázva a szilikátfázisok könnyen oldhatóká válnak vagy elvesztik kristályos jellegüket; ilyen módon a szilikátfázisok röntgenvonalait oldás útján el lehet különíteni az egyéb fázisoktól (1/b ábra).

Az 5%-os bórsavoldat elkészítése igen könnyű, mert ez azonos a szobahőmérsékleten telített oldattal.

A bórsavoldat a cementek trikalciumaluminát tartalmát alig támadja meg. Hatása változó, valószínűleg a trikalciumaluminát összetételétől és szemcsenagyságától függ. A ferritfázist, az esetleg jelenlévő kvarcot és periklászt a kezelés során egyáltalán nem támadja meg.

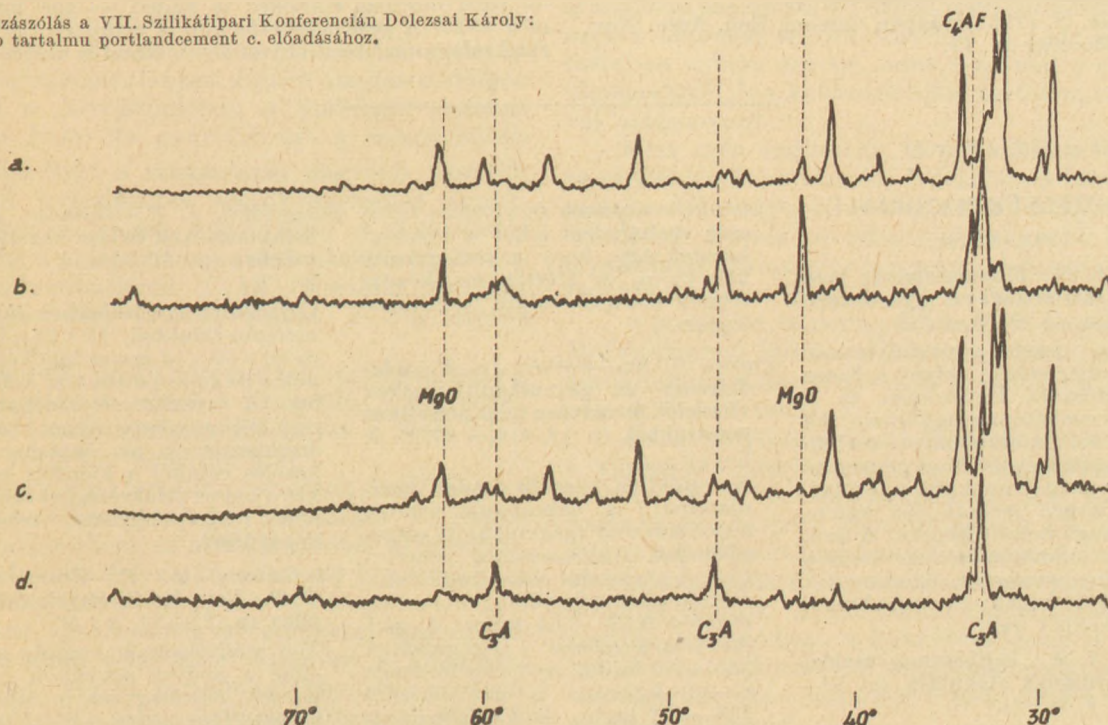
A módszer alapja, hogy a kalciumszilikátokból a hidrolízis során kalciumborátok képződnek. Hátránya, hogy kevés szilárd anyag jelenléte esetében is aránylag nagymennyiségű folyadék szükséges.

Gyorsabb elválasztási módszert alkalmazhatunk, ha tudunk pH-t mérni. Ebben az esetben folyamatos pH mérés közben 100 ml víz és 1 g cement keverékéhez állandó keverés közben lassú ütemben ecetsavat adagolunk olyan módon, hogy a pH $4,5\text{--}5,0$ közt legyen. Körülbelül $10\text{--}15 \text{ perc}$ múlva a reakció annyira lelassul, hogy a további ecetsavrész hozzáadásától a pH hirtelen lecsökken. Ekkor a maradékot leszűrve és metanollal kimosva az tapasztalható, hogy a kezelés hatására a szilikátfázisok teljesen kioldódtak, a ferritfázis, az esetleg jelenlévő kvarc és periklász változatlanul maradtak, míg a trikalciumaluminát a körülményektől függően rendszerint csak egész kis mértékben ment oldatba.

A meghatározás olyan gyors, hogy célszerű az adott cementfajtára kikísérletezni a legmegfelelőbb elválasztási módszert; szisztematikusan változtatva meghatározni azt az optimális pH értéket, amely a cement trikalciumaluminát tartalmát legkisebb mértékben befolyásolja.

A röntgendiffrakciós módszerrel történő kvantitatív elemzés akkor adja a legmegfelelőbb ered-

* Hozzászólás a VII. Szilikátipari Konferencián Dolezai Károly: Nagy MgO tartalmú portlandcement c. előadásához.



1. ábra. Cementek röntgendiffrakciós felvételei

a) Nagy MgO-tartalmú portlandcement, b) Maradék a savas kezelés után, c) Kis MgO-tartalmú portlandcement, d) Maradék a savas kezelés után

ményt, ha a meghatározáshoz belső standardokat alkalmazunk.

A hidrolízis előtt a cementhez meghatározott mennyiségű belső standardot keverünk és mind a hidrolízis előtt mind az utána felvett röntgendiagramon meghatározzuk a periklász, valamint a belső standard csúcsterületének arányát. Ennek előfeltétele, hogy a belső standard a savas kezelés folyamán ne változzék. Ha ezt a feltételt biztosítani tudjuk, a kalibrációs görbe közvetlen periklász százalékban készíthető elő. Rendkívül fontos még, hogy a belső standard sem a hidrolízis sem az ezt követő szűrés folyamán ne szenvedjen veszteséget.

Az előbbi megfontolások alapján belső standardként rutilt (titán-dioxid) alkalmaztunk. Ezt 3,0 pH-ig a savak nem támadják meg, ezenkívül szemcsenagysága is megfelelő volt. A rutil festékipari minőségű volt, szemcsenagysága 0,2–0,6 mikron. Ezt a szemcsenagyságot vizes szuszpenzióban a legtöbb szűrőpapír átengedi. 1 : 10 arányban portlandcementtel keverve azonban jól megfigyelhető volt, hogy az anyag a savas szuszpenzióban összeáll és a szűrés semmi további nehézséget nem okoz. Nehézség még akkor sem lép fel, ha a maradékban a rutiltartalom eléri a 20–30%-ot.

A kalibrációhoz kis MgO tartalmú cementet használtunk, amelyhez 10% tartalomig mesterségesen kevertünk periklászot. Minden egyes keverékről több görbét vettünk fel és azt tapasztaltuk, hogy az eredmények $\pm 0,5\%$ pontossággal meg-egyeznek a valódi értékkel.

IRODALOM

- Fratini, N.—Turriziani, R. (1956): La Riverca Cientifica 26 2747
 Rojak, S. M. (1958): Cement (5) 21.
 Takashima, S. (1958): Japan Cement Eng. Assn. Rev. 12. Meeting p. 12.

(Folytatás a 180. oldalról)

SZTROITELNÜE MATERIALÜ

1963. 12. sz.

Masin, A. R.: Finomszemcsés betonok elektron-sugaras gyártástechnológiája. (p. 8—9, á: 2)

Teljesen újszerű gyártási technológia ismertetése, melyet a Szar-tóvi Műszaki Egyetemen és az 1. sz. vasbetonelemgyárban dolgoztak ki. Az alkalmazott technológia segítségével 380-as cementből 1 : 3 cement-homokarány és 0,25 V/C tényező mellett 550 kg/cm₂ szilárdságú betont kaptak. A technológia alkalmazásának területe főleg finomszemcsés, alacsony V/C tényezőjű beton és mészhomok keverékeknél van.

Merkin, A. P.: Sejtbetonok makrostruktúrájának alakulása. (p. 10—12, á: 4, b: 4)

A gázosítási módszerrel előállított sejtbetonok szerkezetét vizsgálva a szerző megállapította, hogy felü-

letaktív anyagok és vibrálás hatására szabályozni lehet a sejt-szerkezetet úgy, hogy a térfogatsúly 250 kg/m₃ és 1200 kg/m₃ között tetszés szerinti értékre beállítható legyen.

Panin, A. Sz.—Gorlov, Ju. P.: Gázdiatoma- és gázvulkanittermékek vibrációs formázása nem-plasztikus masszák-ból. (p. 12—16, á: 7, t: 2, b: 4)

Kovaföldből készült égetett (gázdiatoma) és azbeszttből készült autoklavozott (gázvulkanit) szigetelőhójak formázásának ismertetése. A gázosodás elősegítésére alumíniumport adagoltak, köbméterenként 0,53—0,64 kg-ot. A gázdiatoma-termékek térfogatsúlya 330—450 kg/m₃, nyomószilárdsága 6—15 kg/cm₂; a gázvulkanit 250—350 kg/m₃ és hajlítószilárdsága 3—7 kg/cm₂. A javasolt vibrációs formázási módszer igen nagy teljesítményű.

Moore, Alice E.: Portlandcement periklasztartalmának meghatározása röntgendiffrakcióval.

Új módszert dolgoztak ki, amelynek segítségével portlandcementek periklasztartalma röntgendiffrakciós módszerrel mennyiségileg meghatározható. A módszer alapja az, hogy a szilikátfázisokat ellenőrzött savas hidrolízissel eltávolítják a cementből, majd rutil belső standardot alkalmazva összehasonlítják a rutil által adott csúcsot periklász $d = 2,1 \text{ \AA}$ -nél mutató csúcsával. A módszer pontossága $\pm 0,5\%$.

Moore, Alice E.: ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПЕРИКЛАЗА В ПОРТЛАНДЦЕМЕНТЕ С ПОМОЩЬЮ РЕНТГЕНДИФРАКЦИИ.

Был разработан новый метод, с помощью которого рентгенодифракционным путем можно определить количество периклаза в портландцементе. Последний заключается в том, что из цемента путем контролируемого кислотного гидролиза удаляют силикатные фазы, после чего, применяя в качестве внутреннего стандарта рутил, сравнивают эффект, даваемый рутилом, с эффектом периклаза при $d = 2,1 \text{ \AA}$. Точность метода $\pm 0,5\%$.

Moore, Alice E.: Bestimmung des Periklasgehaltes im Portlandzement vermittle Röntgendiffraktion.

Man hat ein neues Verfahren bearbeitet zur quantitativen Bestimmung des Periklasgehaltes vom Portlandzement mit Hilfe der Röntgendiffraktion. Die Methode beruht auf folgendem Grundprinzip:

Die Silikatphasen werden durch saure Hydrolyse aus dem Zement entfernt. (Kontrolle!) Alsdann wird — unter Verwendung von Rutil als inneres Richtmaß — die für Rutil charakteristische Spitze mit jener des Periklas bei $d = 2,1 \text{ \AA}$ verglichen. Fehlergrenzen: $\pm 0,5\%$ (S. G.).

Alice E. Moore: Quantitative Determination of the Periclas Content of Portland Cement Using X-ray Diffraction.

A short summary of the new method: silicate phases are removed by controlled acid hydrolysis — rutil internal standard is added — the intensity of $d = 2,1 \text{ \AA}$ periclas reflection is compared to $d = \text{Rutil}$ reflection. Accuracy of the method is about $\pm 1\%$.

Zazsarszkij, I. K.—Odincov, B. N.: Salaktermékek öntése kazettás formákba. (p. 16—18, á: 3, t: 2, b: 1)

Olvasztott kohósalakból és ferromangán-salakból $15 \times 15 \times 18 \text{ cm}$ és $50 \times 50 \times 15 \text{ cm}$ -es lapokat öntenek a dnyepropetrovski kohászatban. A szerzők változtatható méretű, könnyen összerakható kazettát szerkesztettek az öntéshez. Hőkezelés céljából a kiöntött tömböket 5 cm-es salakréteggel takarták, ami megakadályozza repedések képződését.

Vladimirov, A. P.—Zsumahanova, T. P.: Nem-érc-ásványok szállítása télen (p. 21—24, á: 4)

Téli szállításoknál komoly gondot okoz a nedves ásványok (agyag, homok) összefagyása és ráfagyása a szállítóeszközre. A különböző szovjet kutatóintézetekben elért eredmények és vállalatok tapasztalatai ezzel kapcsolatban.

(Folytatás a 186. oldalon)

Nagy MgO tartalmú portlandcement*

V. M ÜS L J E V A
NII Cement, Moszkva

A klinker égetésekor a nyersliszt MgO tartalmának egy része szabad állapotban, periklász kristályok alakjában marad vissza. Mennyisége és a kristályok nagysága a klinker kémiai összetételétől, valamint az égetés és hűtés módjától függ.

A periklász hidratációja jóval lassabban játszódik le, mint a klinkerásványok hidratációja, ezért a folyamat a már megszilárdult cementkőben megy végbe. A hidratáció, melynek folyamán a MgO-ból $\text{Mg}(\text{OH})_2$ — ásványtani nevén brucit — lesz, térfogatnövekedéssel jár. A térfogatnövekedés következtében a megszilárdult cementben káros feszültségek léphetnek fel, ami a szilárdság csökkenését eredményezi.

A káros jelenségek miatt az egyes országok szabványai korlátozzák a klinker MgO tartalmát. A megengedett MgO tartalom eltérő, 2,6—6,4% közt változik. A Szovjetunió cementszabványa 5% MgO tartalmat enged meg.

A MgO tartalom korlátozása csökkenti a magnéziumtartalmú karbonátos kőzetek felhasználásának lehetőségét, megnehezíti a dolomitos mészkövet is tartalmazó bányák üzemeltetését és szűkíti a cementipar nyersanyagbázisát. A nagy MgO tartalmú cement kérdésével ezért igen sok kutató foglalkozott és foglalkozik. Munkájuk során arra törekednek, hogy lekössék a klinker szabad MgO tartalmát és ezáltal megszüntessék a káros jelenségeket.

E területen a legértékesebbek közé tartozik V. Szerov és N. Toropov professzor szovjet kutatók munkája.

V. Szerov kidolgozta a nagy MgO tartalmú (max. 10%) klinkerből készült cement gyártástechnológiájának alapjait. Ennek alapján a világon egyedül a Szovjetunióban a podolszki cementgyárban 1935 óta gyártják ezt a cementfajtát.

A klinkert a szokásosnál nagyobb vasoxid-tartalmú nyerslisztből forgókemencében égetik. A klinkerben ennek megfelelően a szokásosnál nagyobb a magnéziumoxidot stabilizáló tetrakalciumaluminátferrit (C_4AF) tartalom. A C_4AF mint ismeretes, kristályrácsába 1—3% MgO-t tud felvenni.

A normál portlandcementek térfogatállóságának vizsgálatára szolgáló főzőpróba a magnéziumduzzadást nem mutatja ki, mivel a főzés ideje alatt a periklász nem hidratál.

A nagy MgO tartalmú cementek stabilitásának és felhasználhatóságának vizsgálatára V. Szerov gyors módszerként az autoklávpróbát alkalmazta, mert a kezelés folyamán a magas hőmérsékleten a periklász hidratációja is végbemegy.

A két, három és négykomponensű magnézium-oxid tartalmú rendszerek valamint a különböző összetételű, MgO-t tartalmazó klinkerek röntgen, kémiai fáziselemzés, differenciáltermoanalízis és petrográfiai elemzés felhasználásával történt vizs-

gálata során mind a Szovjetunióban, mind külföldön megállapítást nyert, hogy a MgO a klinker fázisaiban a következő formában lehet jelen:

1. A tetrakalciumaluminátferritben szilárd oldat alakjában 1—3%. (C_4AF -re vonatkoztatva)
2. A klinker üveges fázisában oldva 4—5%; (az üvegre vonatkoztatva)

3. Az alitban kb. 1,5%; a belitben 0,5%; a trikalciumaluminátban max. 2,5% (Az egyes ásványokra vonatkoztatva)

4. Szabad oxid — periklász formájában.

A klinkerben a MgO fázisok közti eloszlását az olvadék mennyisége, összetétele és a kristályosodási viszonyok határozzák meg. Minél nagyobb az olvadék mennyisége, minél nagyobb a C_4AF tartalom és minél gyorsabban hűlt le a klinker, annál nagyobb mennyiségű MgO kötődik le és ennek megfelelően kisebb lesz a periklász mennyisége. A gyorsítás következtében a periklász-kristályok mérete is kisebb lesz, mint lassú hűtéskor.

Ezzel ellentétben ha a klinkerben kicsi az olvadék mennyisége, kevés tetrakalciumaluminátferritet tartalmaz és lassan hűtik, csaknem az összes MgO periklász alakjában kristályosodik ki.

Sem a klinkerásványokban, sem az üveges fázisban jelenlévő MgO nem befolyásolja a cementek térfogatállóságát. Az így lekötött MgO mennyisége a szovjet és külföldi kutatók szerint nem haladja meg a 3—4%-ot a klinkerben.

A nagy MgO tartalmú klinkerek ásványi összetételének és a nyersliszt-komponensek keverési arányának számítása a normál portlandklinkerével azonos képletek szerint történik. A CaO és SiO_2 tartalom aránya azonos, mint a normál portlandklinkerekénél, de a kalciumszilikát tartalom valamivel alacsonyabb.

Mint már említettük, a periklász kristályok mennyiségének csökkenése érdekében a klinkert a szokásosnál nagyobb vasoxid-tartalmú nyerslisztből égetik. Ennek következtében nagyobb lesz az olvadék fázis mennyisége és a tetrakalciumaluminátferrit tartalom is így több MgO köthető le.

A podolszki cementgyárban 1958-ban a nagy MgO tartalmú klinker szilikátmodulusa 1,5—2,0; alumíniummodulusa 0,6—1,0; mésztelítési tényezője 0,85—0,90 volt.

A nagy folyósítóanyag-tartalom következtében a klinkerben nagymennyiségű cseppfolyós fázis keletkezett. Olvadáspontja alacsonyabb, a zsugorodás és olvadáspont közti különbség kisebb volt, mint a normál portlandcementé. Hogy a kemencébe történő betapadást elkerüljék, alacsonyabb hőmérsékleten égettek. A klinkerképződési folyamatok gyorsan lejátézódtak, a klinkerásványok durvább kristályokat alkottak, a klinkerszemcsék nagyobbak és nehezebben örölhetők voltak, mint a normál portlandklinkernél.

A nagy MgO tartalmú klinkerekkel kapcsolatos a NII Cementben és a podolszki cementgyárban végzett vizsgálatok alapján megváltoztatták

* Hozzászólás Dolezsai Károly azonos című a VII. Szilikátipari Konferencián elhangzott előadásához.

a gyártott klinker jellemzőit. Az üzem az addigi széntüzelés helyett gázüzelésre tért át, agyag-komponensként pedig nagy szilikátmodulusú anyagokat használtak.

Hogy javítsák a klinker minőségét és csökkenték az összesülést, növelték a telítési tényezőt, az alumínium és szilikátmodulust. Az 1958 óta gyártott klinker jellemzői:

mésztelítési tényező	0,87—0,90
szilikátmodulus	2,0—2,4
alumíniummodulus	0,8—1,2
MgO, %	8

A Szovjetunióban nagyszabású kísérleteket végeztek a nagy MgO tartalmú cementek tulajdonságainak valamint az ezen cementekhez kevert adalékanyagok hatásának tisztázására.

Megállapították, hogy ha olyan nagy MgO tartalmú cementhez, amely nem állotta ki az autoklávpróbát, 30—40% granulált kohósalakot, porszénhamut vagy más kiegészítő anyagot kevernek, a cement autoklávterfogatóállóvá lesz.

A kísérleti munka első szakaszában mind a Szovjetunióban (V. Szerov), mind külföldön megállapítást nyert, hogy a kohósalak, porszénhamu, kovaföld stb. kiegészítő anyag csak felhígítja a cementet, de nem szünteti meg a káros duzzadást s az ilyen cementből készült próbatestek normál körülmények közt hosszú ideig történő tárolásnál tönkremehetnek.

Megállapították továbbá, hogy az autokláv-próba nem alkalmas a nagy MgO tartalmú kohósalakportlandcement térfogatállóságának vizsgálatára, mert az autoklávkezelés során a kiegészítő anyag és a cement hidratációs termékei közt kémiai reakció megy végbe, magnéziumhidroszilikát képződik, ami szobahőmérsékleten nem következik be.

E megállapítás helyességét úgy lehet ellenőrizni, hogy a nem autokláv-térfogatálló cementek különböző kiegészítőanyaggal készült keverékeinek autokláv-térfogatállósági és szobahőmérsékleten hosszú időre kiterjesztett vizsgálati adatainak eredményeit összehasonlítják. Ilyen vizsgálatokat a NII Cementben végeztek Sz. Roják professzor vezetésével.

A podolszki cementgyárban 6—15% MgO tartalmú, különböző ásványi összetételű klinkereket állítottak elő s ezeknek, valamint különböző kiegészítőanyagokkal készült keverékeinek vizsgálták térfogatállóságát szobahőmérsékleten és autoklávkezeléssel. A kiegészítőanyagok granulált kohósalak, porszénhamu, traszörlemény, vulkáni kőzet, homokörlemény, téglörlemény stb. voltak.

A vizsgálatok szerint a kiegészítő anyagok kedvezően befolyásolták a cement szilárdságát — elsősorban a húzó, illetve hajlítóhúzó szilárdságot — valamint az autokláv-térfogatállóságot.

Ha a 20 atmoszférás autoklávkezelést ki nem álló cementet 30—40% kohósalak és 10—15% kovaföld együttes kiegészítőanyaggal keverték, a cement az autoklávkezelés folyamán csak igen kismértékű duzzadást mutatott, szobahőmérsékleten 8—10 év után is növekedett a szilárdsága és a duzzadás csak egészen kismértékű volt. A szobahőmérsékleten tárolt próbatestek vizsgálatát tovább folytatják.

A kiegészítő anyagot nem tartalmazó vagy a legfeljebb 15% kohósalak kiegészítő anyagot tartalmazó, az autoklávpróbát ki nem álló cementből készült próbatestek szobahőmérsékleten 1—4 év után nagymértékű szilárdságcsökkenést mutattak. Egyes próbatestek megrepedeztek, meggörbültek vagy teljesen tönkrementek.

A káros jelenségek fellépésének ideje és jellege több tényezőtől függ. Így a klinker periklász tartalmától, a periklász-kristályok méretétől és eloszlásának egyenletességétől, a klinkerégetés körülményeitől, a cement őrlésfinomságától, a kiegészítő anyagoktól stb.

A különböző kiegészítő anyagokat tartalmazó cementekből készült, szobahőmérsékleten hosszú ideig tárolt próbatestek röntgen és differenciáltermoanalízis vizsgálati eredményei azt mutatják, hogy a hidratáció során a körülményektől függő összetételű magnéziumhidroszilikátok képződtek s brucit nem volt kimutatható.

A kiegészítő anyagot nem tartalmazó vagy legfeljebb 15% kohósalakot tartalmazó cementekben mind az autoklávkezelés, mind a hosszúidős tárolás után kimutatható volt brucit keletkezése.

Ezen adatok alapján megállapítható, hogy a kohósalak, porszénhamu és kovaföld megszüntetik a nagy MgO tartalmú cementekben a periklász káros hatását. Ezt igazolják a Szovjetunióban a közel 30 éves gyártási tapasztalatok is. (Maximum 10% MgO-t tartalmazó klinkerből készült kohósalak-portlandcement.)

Levonható tehát a következtetés, hogy a nagy MgO tartalmú cementek tartósságára bizonyos mértékig következtetni lehet az autoklávpróba eredményéből.

Azon megállapítások alapján, hogy a nagy MgO tartalmú cementek térfogatállóságát 15%-nál kevesebb kiegészítő anyag nem biztosítja, a Szovjetunióban átlagosan 8% MgO tartalmú klinkerből 35—40% granulált kohósalak és 10—15% kovaföld együttes kiegészítőanyag-tartalmú kohósalak-portlandcementet állítanak elő.

Ezen cementek kiállják az autoklávpróbát (20 Atü) egyéb tulajdonságai pedig hasonlóak, mint a normál kohósalakportlandcementé.

A nagy MgO tartalmú kohósalak-portlandcementekből készült betonok és habarcsok szilárdu-lása kezdetben — különösen alacsony hőmérsékleten — lassú, a szilárdság azonban fokozatosan nő.

Felhasználási területe azonos a Szovjetunióban szabványosított közönséges kohósalakcementével. Vizsgálata ettől annyiban tér el, hogy a térfogatállóság vizsgálatára szolgáló lepénypróba-testeket autoklávkezelésnek vetik alá.

A vizsgálatokhoz szabványos folyósságú cementpépéből két lepényt készítenek s azt 24 órán át nedves térben tárolják. Ezután a lepényeket 4 órán át vízben főzik a szabad mészhidratációja céljából, majd autoklávban telített vízgőz hatásának teszik ki.

Az eredmények azt mutatták, hogy a kiegészítő anyagot nem tartalmazó nagy MgO tartalmú cementek autoklávduzzadását a periklász-kivül a szabad CaO tartalom is befolyásolja, mert az nem mindig hidratálódik teljesen még a 4 óras

forralás közben sem. Jó hatású a klinker pihentetése, mert a levegő nedvesség és CO_2 tartalmának hatására csökken a szabad CaO mennyisége.

Ismeretes, hogy a cementek kezdőszilárdságát az egyéb tényezők mellett a klinker alit és trikalciumaluminát tartalma befolyásolja. A nagy MgO tartalmú klinkert azonban mint már rámutattunk, alacsony C_3A tartalommal állították elő.

Hogy a kezdőszilárdságot növeljék, a podolszki cementgyárban kísérleteket végeztek a C_3A tartalom növelésére. Maximálisan 11% C_3A -t és 15% MgO-t tartalmazó klinkert gyártottak. Az ebből készült cement szilárdsága nagy volt, de azok a próbatestek, amelyek tiszta, vagy legfeljebb 15% kiegészítő anyagot tartalmazó cementből készültek, 6 hónap—1 év után szilárdságcsökkenést mutattak, 1—4 év után pedig tönkrementek. A cementek az autoklávpróbát nem állották ki.

Ha a cementet 30—50% kohósalak vagy kohósalak-kovaföld kiegészítő anyaggal készíteték, az autoklávpróbát kiállotta és szobahőmérsékleten még 10—11 év után is növekedett a szilárdsága.

Ezen eredmények alapján megváltoztatták a gyártott nagy MgO tartalmú klinker ásványi összetételét, növelték a szilikát és alumínium modulust. Ez az összetétel módosítás, valamint a gáztüzelésre való áttérés előnyös hatással volt a klinker minőségére és a kemencében korábban gyakran fellépő gyűrűképződés gyakorlatilag megszünt.

A klinker gyors lehűtésének kérdésével is sokat foglalkoztak a Szovjetunióban. A vizsgálatok azt mutatták, hogy a vízbeejtéssel történő gyors lehűléskor nő a klinker alittartalma és a belső magasabb hőmérsékleten stabil formájában rögzítődik, ami kedvezően hat a cement szilárdságára.

A gyors hűtés eredményeképpen nő az üveges fázisban lekötött MgO mennyisége s ez a MgO még az autoklávpróba folyamán sem hidratál.

A kristályok növekedésére a gyors hűtés következtében nem lesz idő s mind a klinkerásványok, mind a periklász apró kristályok alakjában válnak ki.

A gyorsan hűtött klinkerben feszültségek lépnek fel, minek következtében javul az örölhetőség.

A forgókemence magas hőmérsékletű övezetét elhagyó klinker hirtelen hűtését gyakorlatilag nehéz megvalósítani, ezért a vízhűtést a podolszki cementgyárban nem alkalmazzák.

A NII Cementben végzett vizsgálatok azt mutatják, hogy nagy MgO tartalmú klinker gyártása esetében igen nagy jelentőségű a nyersiszap őrlésfinomsága és a nyerskeverék beállításának egyenletessége.

Ha az iszap durvára van őrlve, vagyis nagyobb mennyiségű 0,20 mm-es szitamaradékot tartalmaz, magasabb hőmérsékleten kell égetni és ez gyűrűképződésre vezet. Ezenkívül a periklász durvakristályos alakban lesz jelen és a nyerskeverékben a mész teljes felvétele sem történik meg.

Mint már említettük, a szabad CaO tartalom növeli a nagy MgO tartalmú cement duzzadását, ezért az iszap durva őrlése káros.

Az iszap nem kellő mértékű homogenizálása azt eredményezi, hogy a periklász eloszlása a klinkerben nem egyenletes, helyi túlduzzadás lép fel és a cement nem állja ki az autoklávpróbát.

Ha a cementet 3500—4000 cm^2/g fajlagos felületre őrlik, csökken a duzzadás. Ez a durva periklász kristályok felaprózódásával és homogénebb eloszlásával magyarázható.

Az ismertetett vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a nagy MgO tartalmú cement stabilitását meghatározó periklász mennyisége és kristálynagysága több termelési tényezőtől függ. Így a kiindulási anyagok összetételétől a nyerskeverék őrlésfinomságától, a cement őrlésfinomságától, a klinkerképződési reakciók teljességétől és a klinker hűtésének sebességétől. A cement mechanikai tulajdonságait az őrlésfinomság, valamint a hidraulikus kiegészítő anyagok mennyisége és minősége befolyásolja.

A NII Cementben végzett kutatások azt mutatják, hogy 40—50% kohósalak vagy porszénhamu, illetőleg 20—25% trasz vagy 10—15% kovaföld és 35—40% kohósalak együttes adagolásával 15% MgO tartalmú klinkerből is stabil cement állítható elő.

Müsljeva, V.: Nagy MgO-tartalmú portlandcement

A klinker nagy MgO-tartalma következtében káros feszültségek lépnek fel a megszilárdult cementkőben, ezért a szabványok korlátozták a MgO-tartalmat.

A Szovjetunióban V. Szerov és N. Toropov kidolgozták a nagy MgO-tartalmú klinkerből készült cement gyártástechnológiájának alapjait s ennek alapján 1935 óta gyártják ezt a cementfajtát.

A klinkert a szokásosnál nagyobb vasoxidtartalmú nyerslisztből égették. A klinker szilikátmodulusa 1,5—2,0; alumíniummodulusa 0,6—1,0 volt. A nagy vasoxidtartalom következtében a kemencében gyakran volt gyűrűképződés.

A klinker minőségének megjavítása és a gyűrűképződés megszüntetése érdekében 1958-ban a széntüzelésről olajtüzelésre tértek át és a szilikátmodulust 2,0—2,4, az alumíniummodulust 0,8—1,2 értékre növelték.

A NII Cementben Roják professzor vezetésével végzett nagyszabású vizsgálatsorozatokkal megállapították, hogy az autoklávpróba eredményeiből bizonyos mértékig következtetni lehet a nagy MgO-tartalmú cementek tartósságára és hogy nem helyes az a régi felfogás, hogy a hidraulikus kiegészítő anyagok csak hígítják a cementet, de nem szüntetik meg annak káros duzzadását. A kísérletek azt mutatták, hogy 40—50% kohósalak vagy porszénhamu, illetőleg 20—25% trasz vagy 10—15% kovaföld és 35—40% kohósalak együttes adagolásával 15% MgO-tartalmú klinkerből is stabil cement állítható elő.

Мышляева В.: ВЫСОКОМАГНЕЗИАЛЬНЫЙ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ.

В связи с тем, что при твердении цемента с высоким содержанием MgO возникают вредные напряжения, стандарты ограничивают содержание последней.

Сероз В. и Торопов Н. разработали технологию производства цемента из высокомагнезического клинкера, на основе которой в СССР с 1935 г. производят этот тип цемента.

Для обжига клинкера использовалась сырьевая мука с повышенным, по отношению к обычному, содержанием окиси железа. Силикатный модуль клинкера 1,5—2,0; глиноземистый модуль 0,6—1,0. В связи с повышенным содержанием окиси железа в печи часто наблюдалось образование колец.

A nagykamrás robbantás tervezése

VAJDA LÁSZLÓ

A magas-, és mélyépítő ipar köigényét legnagyobb részben az Építésügyi Minisztérium felügyelete alá tartozó andezit és bazalt bányák elégítik ki. Ezek termelésének volumene igen jelentős, országos viszonylatban a szénbányászat mögött második helyen áll. Érzékeltetésére szolgáljon itt néhány számadat: a keménykőbányák

1938-ban 1,5 millió tonnát, azaz	
napi átl.	600 vagon,
1950-ben 2,59 millió tonnát, azaz	
napi átl.	1400 vagon,
1960-ban 4,98 millió tonnát, azaz	
napi átl.	2000 vagon,
1962-ben 5,69 millió tonnát, azaz	
napi átl.	2260 vagon,

termeltek. Az egyre növekvő igényeket a húszéves távlati tervszámok tükrözik, melyek szerint 1965-re 7,89 millió tonna, azaz

napi átl.	3160 vagon,
1970-re 10,13 millió tonna, azaz	
napi átl.	4070 vagon,
1980-ra 14,63 millió tonna, azaz	
napi átl.	5880 vagon,

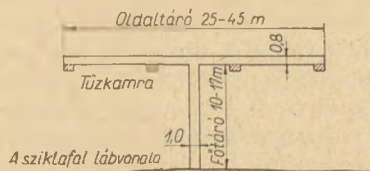
a termelés előirányzata.

A feldolgozó üzemek az előtörés munkafázisától kezdve a készáru vagonba rakásáig többé-kevésbé korszerű eszközökkel már korábban is gépesítve voltak, azonban a szűkebb értelemben vett bányauzem, — vagyis a kőjövesztés, terméskőfelszedés és bányabeli szállítás — 1950-ig főképp kézi erővel dolgozott. A bányauzem nagyobb arányú gépesítése kotrógépek és dőmperek alkalmazásával 1957-ben kezdődött, s a szerzett jó tapasztalatok alapján nagy ütemben folytatódott úgy, hogy a gépi kőfelszedés 1962-ben elérte az össztermelés 75%-át.

Ez a tömegtermelés már nem szolgálható ki a korábban alkalmazott, főként kisöblű fűrőlyukas robbantási eljárásokkal, hanem — a kotrógépek és dőmperek kapacitásának kihasználása érdekében — olyan tömegjövesztési módszerek bevezetését kívánja meg, melyekkel egyszerre több ezer, sőt több tízezer tonnás kőmennyiség robbantható le a bányafalból. Napjainkban világszerte két ilyen eljárást alkalmaznak: a nagykamrás robbantást és az oszlopos sorozatrobantást. Jelen tanulmány az előbbi robbantástípussal foglalkozik, annak is csak az egyszerű „T” alakban telepített formájával, amelynél a homlokfalra nagyjából merőleges főtáró, majd abból jobbra és balra kiágazva, a lábvonallal közel párhuzamos oldaltáró készül. A tűzkamrákat az oldaltáróból előre, a kivetés irányában képezik ki. Az 1. ábra egy 4 kamrásból álló rendszert ábrázol.

Egy nagykamrás robbantásnál több ezer kg robbanóanyag kerül felhasználásra. Műszaki hiba esetén súlyos károk keletkezhetnek a bányaművelésben, a környező létesítményekben, sőt baleseti veszély is előállhat. Ezért az ÁRBSZ [1]

előírása értelmében minden robbantásra egyedi tervet kell készíteni. A terv az érintett bányarész helyszínrajzát, a tárórendszer és a tűzkamrák elhelyezésének alaprajzát és metszeteit tartalmazza és a töltetszámításon kívül az elektromos robbantóhálózat és a biztonsági távolságok számítására is kitér. E tervet a robbantási munkák műszaki vezetője készíti el és az illetékes Kerületi Bányaműszaki Felügyelőség hagyja jóvá.



1. ábra

A hazai gyakorlat az eddigiek során csaknem kizárólag az 1. ábrán bemutatott elrendezést alkalmazta, a kevés számú más elrendezésű (két vagy több kamrasoros) robbantásból szakirodalmi közlésre alkalmas következtetéseket levonni egyelőre nem lehet.

Megjegyezzük, hogy Csehszlovákiában a nagykamrás robbantások döntő többségét két sorba telepítik. Ezt az ottani kőbányákra jellemző tömör, vagy nagytömbös kőzettelepülés teszi szükségessé: tapasztalataik szerint ez az elrendezés jobb primer aprózást eredményez, igaz, hogy nagyobb a robbanóanyag fajlagos felhasználása. Hazai keménykőbányáink elenyésző kivétellel kistömbös, vagy oszlopos, hormszettől aprózott kőzetvagyronra települtek, ahol a primer aprózásnak kisebb szerep jut. Mi is tervbevevők azonban egyes nagytömbös bányák esetén a két-kamrasoros elrendezés előnyeinek tisztázására kísérleti robbantások végrehajtását.

A további fejtegetések több mint 200, ellenőrzött körülmények között végrehajtott, a bányaudvarsintjére telepített, egyszerű „T” elrendezésű nagykamrás robbantás tapasztalataira támaszkodnak és véleményünk szerint alkalmasak arra, hogy felhasználásukkal a telepítés és töltetszámítás kérdéseit megbízható alapokra helyezzük.

Az iparág nagyüzemei 1954 óta alkalmazzák a nagykamrás robbantást. A töltetszámítás egyes üzemeknél a *Lares*, másoknál a *Weichelt*, ritkábban a *Jurajda* képlettel történt. Arra nincs különösebb műszaki magyarázat, hogy melyiket és miért alkalmazzák.

Tekintettel arra, hogy a képletek a szükséges robbanóanyag mennyisége tekintetében azonos körülmények között is jelentős eltérést adnak, megvizsgáljuk, hogy

— melyek a *Lares* és a *Weichelt* képlet jellemző tulajdonságai a nagykamrás robbantás gyakorlati eseteiben;

— milyen eredményeket ad, illetve hogyan alkalmazható a csehszlovák *Jurajda* képlet.

1. A Lares és a Weichelt formula ismertetése [2]

A Lares képlet alakja:

$$L = W^3 \cdot fn \cdot q$$

ahol L = az egy tűzkamrába betöltendő robbanóanyag mennyisége (kg), W = a legkisebb ellenállás vonalának, más szóval előtétnek hossza (m), fn = a Lares táblázatból vehető érték, az előtét függvénye

$$q = q_1 \cdot s \cdot v \cdot \frac{e}{a} \cdot d,$$

melyben a tényezők a Lares táblázatból vehetők alábbiak szerint:

 q_1 = közetszilárdsági együttható s = strukturális együttható v = rögzítettségi együttható e = a robbanóanyag brizancia együtthatója a = a töltet sűrűségének együtthatója d = a fojtás együtthatója

A Weichelt képlet alakja:

$$L = W^3 n \cdot q_k \cdot A_1 \cdot A_2$$

ahol L és W = mint a Lares képletben, $W^3 n$ = a Weichelt táblázatból vehető érték

$$q_k = f \cdot s \cdot v \cdot \frac{e}{a} \cdot d,$$

melyben a tényezők sorrendben a Lares képletben levőkhöz hasonló értelműek, és a Weichelt táblázatból nyerhetők.

$$\left. \begin{aligned} A_1 &= \frac{H}{2W} \\ A_2 &= \frac{t}{W} \end{aligned} \right\} \text{korrekciós tényezők}$$

Tervezés céljára a képletek szerzői egyaránt a következő kiinduló adatokat ajánlják:

A bányafal magassága $20 \text{ m} \leq H \leq 40 \text{ m}$, dőlésszöge $\alpha \geq 70^\circ$, az előtét pedig

$$\frac{1}{3} H \leq W \leq \frac{2}{3} H$$

értékek közt legyen.

A képletek feltételezik, hogy a robbanótöltetek kivetése normális, vagyis a hatásmutató értéke

$$\frac{r}{W} \approx 1$$

ahol r a kivetési kúp alapkörének sugara a bányafalon.

Ami H és W mellett a telepítés harmadik jellemző geometriai adatát, a tűzkamrák közti t távolságot illeti, arra nézve az egyetlen eddig megjelent ilyen tárgyú hazai jegyzet [3] azt írja elő, hogy „a tűzkamrák egymástól való távolságának t értéke, — annak figyelembevételével, hogy a kivetési tölcések alapköréi egymást legalább 10 %-ban fedjék, —

$$W \leq t \leq 1,6 W$$

határok között legyen, mivel $t < W$ esetben a töltet indokolatlan szórást okoz és ez robbanóanyag pazarlást jelent.”

Paxit használata esetén ezt az előírást a gyakorlat határozottan megcáfolja. Mint a későbbiek során látni fogjuk a t értéket célszerű $0,8 W \leq t \leq 0,9 W$ határok között felvenni. Hasonlóképpen túlzott a $W_{\max} = \frac{2}{3} H$ érték is: W méretét nem ajánlatos $0,60 H$ értéknél nagyobbra venni.

Megvizsgáljuk ezek után, hogy egy tűzkamra és egy szabad felület esetén milyen töltetmennyiségeket ad a Lares és milyeneket a Weichelt képlet, a hazai gyakorlatban legtöbbször alkalmazásra kerülő $H = 30 \text{ m}$ és $10 \text{ m} \leq W \leq 16 \text{ m}$ határértékek között. Az összehasonlítás érdekében a két képletet közös alapra vonatkoztatjuk, a tényezők értelemszerűen azonos, alábbi megválasztásával:

Lares :

 $q_1 = 1,2$ igen szilárd andezit, bazalt $s = 1,3$ repedésekkel átszőtt, szabálytalan $v = 1,3$ vízszintes hegylábformat, koncentrált töltet, 1 szabad felület $e = 1,2$ a paxit brizancia-együtthatója $a = 0,9$ csomagolt robbanóanyag töltetsűrűsége $d = 1,0$ fojtási együttható

$$q = q_1 \cdot s \cdot v \cdot \frac{e}{a} \cdot d = 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,3 \cdot \frac{1,2}{0,9} \cdot 1,0$$

$$q = 2,70$$

Weichelt:

 $f = 1,2$ bazalt, diabáz, diorit $s = 1,3$ kistömbös, kisoszlopos, szabálytalan $v = 1,6$ tűzkamrák 1 m-rel a talp fölött, 1 szabad felület $e = 1,2$ a paxit brizancia-együtthatója $a = 0,9$ csomagolt robbanóanyag töltetsűrűsége $d = 1,0$ fojtási együttható

$$q_k = f \cdot s \cdot v \cdot \frac{e}{a} \cdot d = 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,6 \cdot \frac{1,2}{0,9} \cdot 1,0$$

$$q_k = 3,34$$

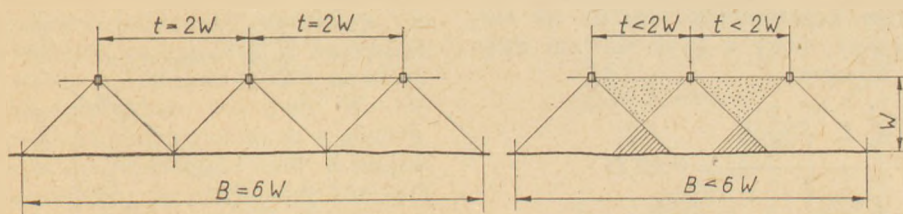
A Lares, ill. a Weichelt képlet alapján kiadódó tölteteket az 1. táblázat mutatja.

1. táblázat

W (m)	L (kg) Lares	L (kg) Weichelt	%-os arány
10	464	885	191
11	621	1020	164
12	809	1220	151
13	1020	1400	128
14	1250	1620	130
15	1470	1830	124
16	1800	2150	119

Látható, hogy egyetlen koncentrált töltet esetén a Weichelt képlettel kiadódó robbanóanyag-mennyiségek lényegesen nagyobbak, mint a Lares szerintiek.

Vizsgáljuk meg ezek után, hogy mi a helyzet több tűzkamra alkalmazásánál. Nagykamrás rob-



2. ábra

bantások kőbányászati gyakorlatában ugyanis a tűzkamrák száma 2—6 között változik.

Egynél több tűzkamra telepítése esetén, ha $t < 2W$, az egyetlen kamrára számított fajlagos robbanóanyagfelhasználás elméletileg növekszik, mivel a kivetési tölsérek alapköréi $t = 2W$ esetén még csak érintik-, de $t < 2W$ esetén már átfedik egymást, amint azt a 2. ábra mutatja.

Az ábrából az következne, hogy — az eddigiek során feltételezett normális kivetés szerint — a sraffozott tömegek fölöslegesen 2 tűzkamrától kapnak kivetést, a pontozott tömegek viszont nem mozdulnak ki. Ezzel szemben a tapasztalat az, hogy az egymástól

$$0,8 W \leq t \leq 1,2 W$$

távolságra kiképzett tűzkamrák nemcsak a normális kivetési tölsérek palástja által határolt területen, hanem annál sokkal intenzívebben összedolgoznak úgy, hogy a pontozott tömegek nem maradnak helyben, hanem szintén kivetődnek. A robbantás által kialakuló új bányafal lábvonala, helyes $t = f(W)$ viszony esetén, nagyjából a tűzkamrákat összekötő oldaltárho hátsó falával esik egybe.

Arra vonatkozólag, hogy ez az egymásrahatás milyen okból jön létre, szakirodalmi indokolással eddig nem találkoztunk. Tény, hogy az oldaltárho két végén a kivetés közel 45° , azaz az elméletileg feltételezettnek megfelelő. Valószínű, hogy a tűzkamrák közbülső, normálisnál intenzívebb egymásrahatása annak következménye, hogy az egyes töltetek robbanása pillanathatású gyutacsok alkalmazása esetén sem történik teljesen azonos időpontban, tehát bármelyik robbanása, a szomszédos részére a fejtési homlok mellett még egy szabad felületet létesít. Ez igen lényeges körülmény, ugyanis a jóvesztett készlet géppel való felszedése, és a bányaművelés szempontjából is fontos, hogy a robbanás után kialakuló új sziklafalban lábak ne maradjanak vissza.

1.1 A telepítést jellemző optimális W és t méretek meghatározása

Már az eddigiek során láttuk, hogy a nagykamrás robbantás tervezése milyen sok változó figyelembevételét követeli. A töltetszámítási képletekben szereplő számos tényező megválasztásán túl lényeges befolyással van a W és t értékek felvétele még akkor is, ha az a képletek szerzői által javasolt határértékek között történik.

A tűzkamrák egymástól mért távolságát a Lares képlet nem, a Weichelt képlet pedig az

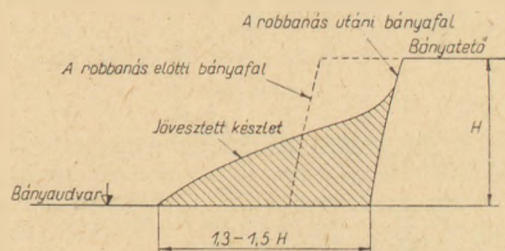
$A_2 = \frac{t}{W}$ korrekciós tényezővel veszi figyelembe.

Annak érdekében, hogy a képletek adta eredményeket össze tudjuk egymással hasonlítani, eddig megkötöttük a q tényezők értékeit. A továbbiakban az üzemi gyakorlatnak megfelelő $20 \text{ m} \leq H \leq 40 \text{ m}$ magasságú sziklafalak, továbbá az átlagos 4 tűzkamra esetében vizsgáljuk meg, hogy W és t értékek függvényében hogyan változik a robbantás gazdaságosságát leginkább befolyásoló

fajlagos primer paxitfelhasználás ... kg/10 t
és a fajlagos tárohájtás fm/1000 t
mutatója.

Természetesen alapvető feltételezés, hogy a robbantás jól sikerül, vagyis a kialakult új bányafalban nincsenek alávágások, ill. függve maradt tömegek, a kivetés nem túlzott, a készlet gépi felszedésre alkalmas módon helyezkedik el, nagyjából a 3. ábra szerint. A halmaz aprózottságát azért nem említjük, mert megfigyeléseink szerint az a fenti feltételek teljesülése esetén bizonyos fokig automatikusan bekövetkezik. A primer aprózás fokának javítására a töltetmennyiség növelésével, vagy a W és t értékek csökkentésével törekedni véleményünk szerint nem gazdaságos: a túltöltés nem azt eredményezi, hogy az aprózódás jobb lesz, hanem a kivetést teszi túlzottá, a halmazt messze előredobja, ami a gépi felszedés és a bányaudvarban levő berendezések biztonsága szempontjából nem kívánatos. Függve maradó tömegek elkerülését pedig a bányatetőn levő földes, tufás, fedőréteg letakarítása és a $B \geq H$ viszony betartása szolgálja.

Hogy sikeres robbantás $W = f(H)$ és $t = f(W)$ milyen határai között biztosítható, arra nézve az 1962-ben létrehozott Kőbányaipari Robbantás-technikai Csoport és a Körzeti Robbantócsoportok által végrehajtott nagykamrás robbantásoknál szerzett tapasztalatokra támaszkodunk, mivel a korábbi üzemi gyakorlatról kiértékelést és megbízható feljegyzéseket nem készítettek, s a szakirodalomban fellelhető idevágó adatok nem kielégítőek, sőt néha ellentmondóak.



3. ábra

Első lépésben konstansnak vesszük az előtétet, mégpedig úgy, hogy a gyakorlatban megfelelőnek talált közepes

$$W = \frac{\frac{1}{3}H + \frac{1}{2}H}{2} = 0,42 H$$

méretre választjuk.

Változó a tűzkamrák egymástól való távolsága, és pedig

$$0,7 W \leq t \leq 1,4 W$$

határok között.

A számítás eredményeit

$$H = 20, 30, \text{ ill. } 40 \text{ m}$$

$$q = 2,72 \text{ (Lares)}$$

$$q_k = 3,34 \text{ (Weichelt)}$$

$$\gamma = 2,6 \text{ t/m}^3 \text{ térfogatsúly és}$$

$$15\% \text{ meddő}$$

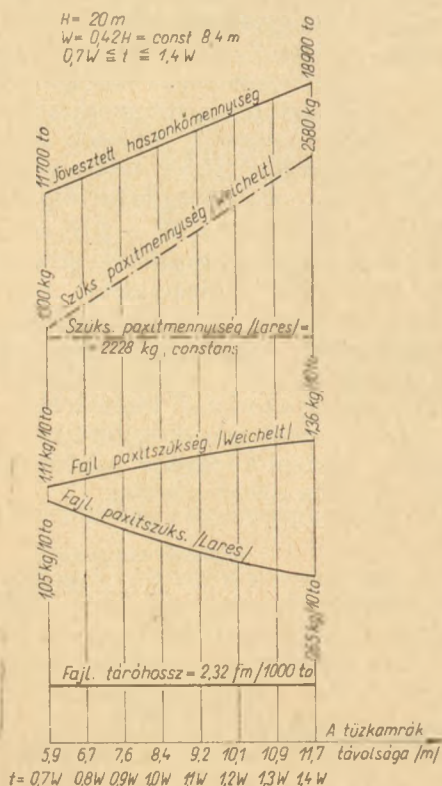
tényezők alapulvételével a 4a, 4b és 4c grafikonok tüntetik fel.

A görbék megvizsgálva az alábbi következtetéseket vonjuk le:

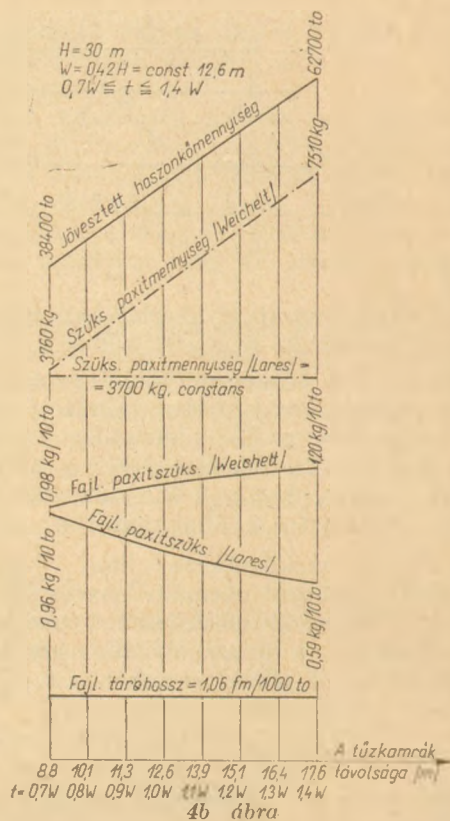
a) Alapvető tény, hogy adott körülmények között több kőanyag jövesztéséhez több robbanóanyag szükséges. Ezt a párhuzamot a *Lares* képlet nem követi.

b) A tűzkamrák optimális távolságát, —annak a tapasztalatnak figyelembevételével, hogy a fajlagos robbanóanyagfelhasználással 1,0 kg/10 t érték alá menni általában nem lehetséges — célszerűen $0,80 W \leq t_{opt} \leq 0,9 W$ határok között kell felvenni.

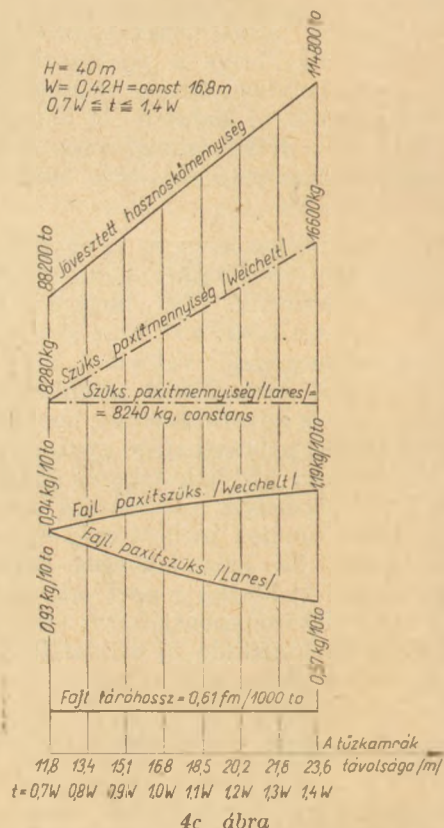
Átlagosnak tekinthető 30 m-es bányafal magasság esetén $t = 0,85 W$ elrendezéssel a



4a ábra



4b ábra



4c ábra

jövesztett haszonkő mennyiség kb. 43 000 t-nak felel meg, a fajlagos paxitfelhasználás 1,04 kg/10 t, a fajlagos táróhossz pedig 1,06 fm/1000 t, mely értékek mind a csehszlovák, mind a hazai tapasztalatok szerint ideálisnak mondhatók. [4].

Második lépésben a W optimum meghatározása céljából megvizsgáljuk, hogy ugyancsak

az előbbi tényezőkkel jellemzett esetekben, de most az előtét érdekét változtatva a leginkább számításba jövő 8—16 m határok között, az előbb megállapított, középértékben $t = 0,85 W$ felvételével, hogyan alakulnak ugyanazok a görbék, melyeket a 4. ábrán megszerkesztettünk. A számítás eredményeit az 5a, 5b, 5c grafikonok tüntetik fel.

A görbék alapján a következő megállapításokat tesszük:

a) Az előtét változtatása esetén a *Lares* képlet is követi a jövesztés volumenének változását, azonban a gyakorlatilag legfontosabb $0,30 H \leq W \leq 0,50 H$ szakaszon irreálisan alacsony tölteteket ad.

b) Az előtét értékét célszerű $0,35 H \leq W \leq 0,60 H$ határok között felvenni,

$H = 20$ m esetén $W = 10—12$ m

$H = 30$ m esetén $W = 12—14$ m

$H = 40$ m esetén $W = 14—16$ m

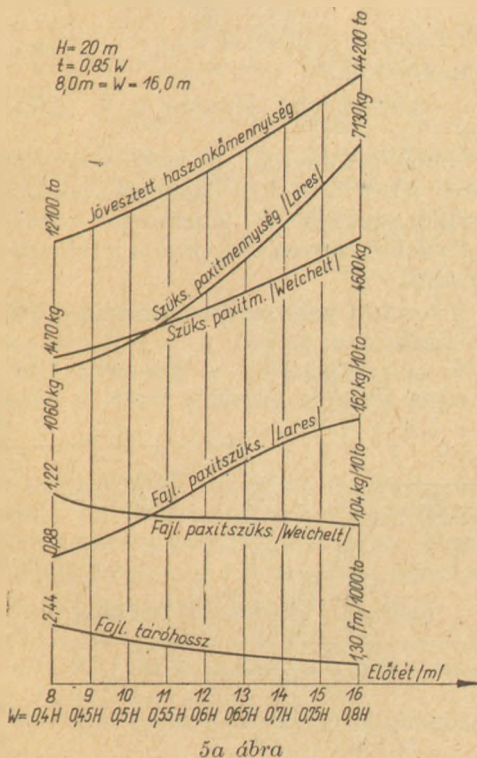
abból kiindulva, hogy nagykamrás robbantással üzemi okokból kívánatos egy alkalommal minél több követ jövesztetni, viszont tapasztalati tény, hogy az adott falmagasságok esetén 4 tűzkamrával legfeljebb az ilyen előtéttekkel megfogott kötőanyag jöveszthető úgy, hogy az újonnan kialakuló sziklafal bányaművelési szempontból megfelelő legyen.

Az 1.1 pontban mondottak alapján az a véleményünk, hogy a több tűzkamrából álló nagykamrás robbantások tervezésére a két képlet közül a *Weichelt* képlet alkalmasabb. A tervezés geometriai kiinduló adatait leggazdaságosabban

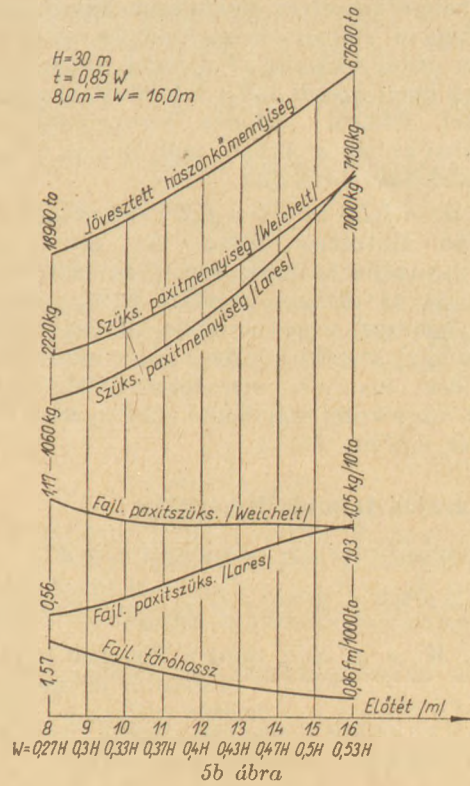
$$0,35 H \leq W \leq 0,60 H \text{ és}$$

$$0,80 W \leq t \leq 0,90 W$$

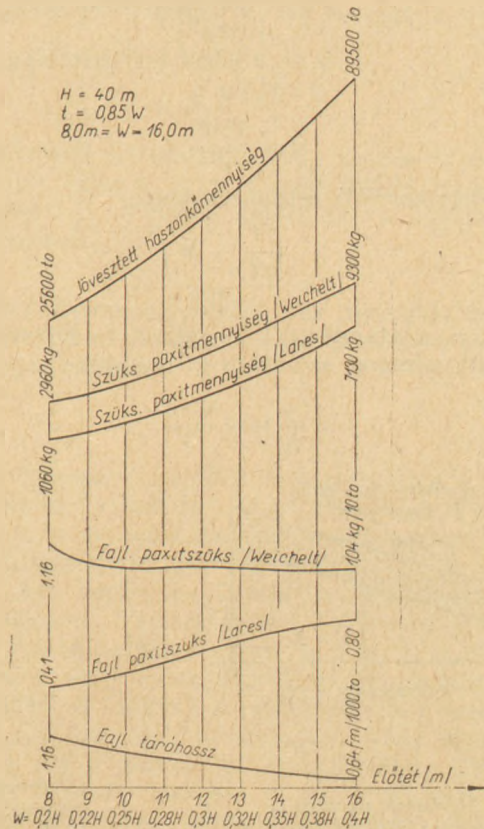
határok között vehetjük fel.



5a ábra



5b ábra



5c ábra

A falmagasság $20 \text{ m} \leq H \leq 40 \text{ m}$ között legyen, ugyanis 20 m-nél alacsonyabb falak jövesztése nagykamrával általában nem gazdaságos, ezeket célszerűbb rókalyukkal, vagy kamrázott furatokkal robbantani. A 40 m-nél magasabb falak esetén viszont az új bányafal kialakulása bizony-

talán; balesetveszélyes alávágások keletkezhetnek és a függve maradt sziklatömegek letakarítása jelentős utómunkákat igényel. Legjobb megoldás az ilyen magas falba telepített nagykamrás rendszert felülről oszlopos sorozatrobantással támogatni abban a síkban, melyben az új homlokot kialakítani kívánjuk.

A $W = f(H)$ és a $t = f(W)$ összefüggéseket a 6. ábrán állítottuk össze. Az így megállapított optimális határok között az előtétet és a tűzkamrák távolságát kisebbre kell venni töredezt, lemezes, vagy oszlopos, főként vízszintes repedésekkel átszőtt kőzettelepülés esetén, viszont nagyobbra tömzsös, meredeken álló, repedésmentes, vagy közel függőleges válólappal osztott település esetén.

2. A Jurajda formula ismertetése

A csehszlovák *Jurajda* képlet alakja:

$$L = k(W^3 + W^2) \cdot (\sigma + \gamma) \cdot \frac{e}{a} \cdot u \cdot \kappa \cdot g \cdot d \cdot z$$

ahol L , W , e , a , d = mint a Weichelt képletben

k = a robbantás jellegmutatója

lazítás céljára = 1/40

kivetés céljára = 1/20

fokozott kivetés = 1/10

σ = a kőzet nyomószilárdsága
[t/cm²]

γ = a kőzet térfogatsúlya
[t/m³]

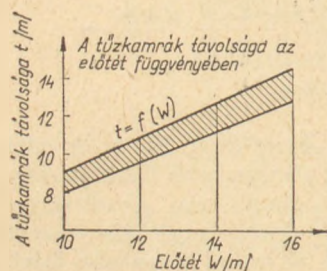
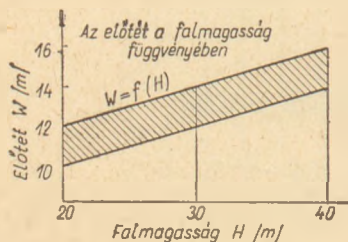
$$u = \frac{180^\circ}{\varepsilon^\circ}$$

a 7. ábra szerinti értelmezésben

$$\kappa = \frac{\left(\frac{t}{2} + W\right)^2}{2W^2}$$

ahol t = a számítottat megelőző, és követő tűzkamratávolságok számtani középértéke

$$g = 1 + \frac{\sin \varphi}{3}$$



6. ábra

gravitációs koefficiens, ahol φ = az a szög, melyet a kivetési tölcser tengelye a vízszintessel bezár

$$z = 1 + \frac{40}{E}$$

ahol E = a kőzet rugalmassági modulusa

Korábban azért nem szenteltünk e formulának nagyobb figyelmet, mert a bányafal olyan pontos felmérését igényli, ami a jelenleg alkalmazott tahimetrálással gyakorlatilag nem biztosítható. Újabban azonban, hogy kidolgozást nyert a bányafalak kisfilmes földi fotogrammetrikus felvételezésének módszere, mellyel W , u és g tényezők pontosan meghatározhatók, megvizsgáljuk e képlet használatának lehetőségét is.

Összehasonlításként mind ezzel, mind a Weichelt képlettel elvégezzük a leggyakrabban előforduló esetnek a töltésszámítását, 4 tűzkamra, $H = 30$ m, továbbá a következő jellemzők mellett:

$W = f(H) = 12,40$ m } a 6. ábrán levő grafikon alapján
 $t = f(W) = 10,70$ m }

$q_k = 3,34$

$\alpha = 80^\circ$

$\sigma = 2850$ kg/cm² } oszlopos bazalt
 $\gamma = 2600$ kg/m³ }

A telepítést a 7. ábra mutatja.

Az egy tűzkamrába betöltendő paxit mennyisége a Weichelt képlet szerint:

$$L = W^3 n \cdot q_k \cdot A_1 \cdot A_2 = 323 \cdot 3,34 \cdot 1,21 \cdot 0,865 = 1125 \text{ kg}$$

A *Jurajda* képlettel számolva:

$$L = k(W^3 + W^2) \cdot (\sigma + \gamma) \cdot \frac{e}{a} \cdot u \cdot \kappa \cdot g \cdot d \cdot z$$

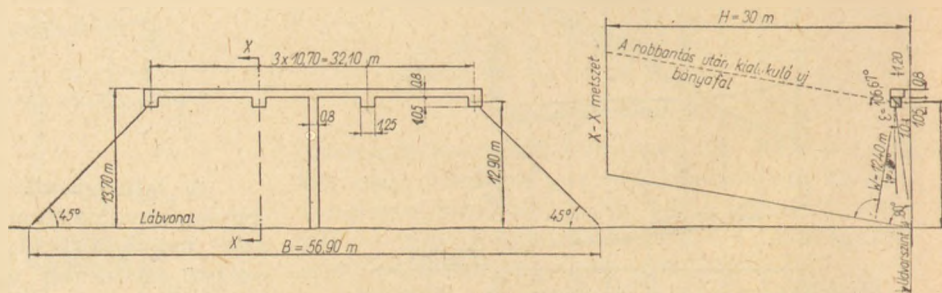
$$= 0,05 \cdot 2054 \cdot 5,45 \cdot 1,34 \cdot 1,68 \cdot 1,027 \cdot 1,006 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1310 \text{ kg}$$

Ezek szerint a Weichelt képlet alapján a 4 tűzkamrába 4500 kg,

a *Jurajda* képlet alapján a 4 tűzkamrába 5240 kg

paxit volna betöltendő. A különbség 740 kg, ami 6510 Ft-ot tesz ki. Tapasztalataink szerint a kiinduló adatokkal jellemzett szituációban 4500 kg robbanóanyag elegendő a robbantás végrehajtásához.

A jövesztett haszonkő mennyisége 15% meddővel számolva = 41 100 t a fajlagos paxitfelhasználás = 1,09 kg/10 t a Weichelt, 1,27 kg/10 t a *Jurajda* formula alapján.



7. ábra

Annak ellenére, hogy az utóbbi érték határozottan túlzott, nem vetjük el a *Jurajda* képlet használatának gondolatát, mivel az néhány olyan körülményre is kitér, melyeket a *Weichelt* képlet nem vesz figyelembe, de melyek a robbantás erőjátéka szempontjából kétségtelen szerepet játszanak. Emellett általánosabb érvényű, mivel nemcsak az udvarszinten, hanem derékban telepített kamrák esetén is alkalmazható.

Vizsgáljuk meg sorra a két képlet tényezőit.

2.1 A Weichelt képlet tényezőinek vizsgálata.

$$L = W^3 n \cdot q_k \cdot A_1 \cdot A_2 = \\ = W^3 n \cdot f \cdot s \cdot v \cdot \frac{e}{a} \cdot d \cdot \frac{H}{2W} \cdot \frac{t}{W}$$

A tényezőket három csoportba oszthatjuk:

A telepítés geometriájától függ: W, v, H, t

A közet tulajdonságaitól függ: f, s

Robbantástechnikai jellegű e, a, d

Tételezzük fel, hogy a telepítés egy konkrét esetben, pl. bazalt bányában, a 6. ábra összefüggései szerinti kiinduló adatok alapján történik, azaz H, W és t értéke adott. A robbantást paxittal végezzük, melynek brizanciaegyütthatója $e = 1,2$, csomagolt állapotban a töltet sűrűsége, $a = 0,9$, és a tárokat teljes keresztmetszetben végig tömédéljük, tehát a fojtási együttható, $d = 1,0$. Ezek után a képletben már csak az f, s és v tényezők változnak.

Az f közetszilárdsági faktor kizárólag a nyomószilárdságtól függ, értéke igen sok alternatívát tartalmazó táblázatból vehető és $1,2 \leq f \leq 1,6$ között változik.

Az s közetszerkezeti mutató

kisozslopos településben	1,0—1,4
kistömbös településben	0,9—1,6
vastagpados településben	1,1—1,5
lemezes, repedezett településben ...	0,9—1,35

értékek között választható, tehát $0,9 \leq s \leq 1,6$ között változik.

A v befogottsági együttható a tűzkamrák vertikális elhelyezésének és a szabadfelületeknek függvényében a következő értékeket veszi fel:

szabad felületek száma

1	2	3
---	---	---

Tűzkamrák 1 m-rel talp felett	1,6	1,4	1,2
Tűzkamrák a talpon	1,8	1,6	1,4
Tűzkamrák 1 m-rel talp alatt	2,2	2,0	1,8

Az udvarszinten telepített nagykamrás robbantásoknál a tűzkamrákat ritka kivételektől eltekintve 1 m-rel a talp fölé kell elhelyezni, ennek megfelelően $1,2 \leq v \leq 1,6$ értékek adódhatnak.

2.2 A Jurajda képlet tényezőinek vizsgálata.

$$L = k(W^3 + W^2) \cdot (\sigma + \gamma) \cdot \frac{e}{a} \cdot d \cdot u \cdot \kappa \cdot g \cdot z$$

E formula tényezői is három csoportba oszthatók:

A telepítés geometriájától függ: W, u, κ, g

A közet tulajdonságaitól függ: σ, γ, z

Robbantástechnikai jellegű: e, a, d, k

Vizsgáljuk meg ezeket a *Weichelt* képlettel összehasonlítva.

$W, e, a, d =$ mint a *Weichelt* képletben

$$u = \frac{180^\circ}{e^\circ}$$

az aktív robbanási gömbfelülettel arányos érték. *Weichelt* csak az udvarszintre, ill. az alá és fölé 1 m-rel való telepítés eseteit veszi figyelembe, holott magas falak esetén előfordulnak derékba elhelyezett tűzkamrák is.

$$\kappa = \frac{\left(\frac{t}{2} + W\right)^2}{2W^2}$$

E tört értéke $= 1$, ha $t = 0,83 W$, ami igen jól egyezik a 6. ábra grafikonjaiból a *Jurajda* képlettől függetlenül levezetett $t_{opt} = 0,85 W$ értékkel. *Weichelt* a tűzkamrák egymástól mért távolságát

az $A_2 = \frac{t}{W}$ tényezővel veszi figyelembe. Ez nem

szerecsés megoldás, ugyanis $t \rightarrow 0$ esetén $A_2 \rightarrow 0$ és vele $L \rightarrow 0$, ami nem helytálló. A *Jurajda* képlet szerint, ha $t \rightarrow 0$, akkor $\kappa \rightarrow \frac{1}{2}$ és vele $L \rightarrow \frac{L}{2}$, ez

helyes.

$$g = 1 + \frac{\sin \varphi}{3}$$

Ez a tényező azt fejezi ki, hogy kevesebb erő kell vízszintes irányú, mint ferdén felfelé irányított kivetéshez. A *Weichelt* képlet ezt a körülményt nem érzékeli.

σ, γ

A közet nyomószilárdságát és térfogatsúlyát a *Weichelt* képlet is tartalmazza, közvetett módon, a f tényező által.

$$z = 1 + \frac{40}{E}$$

A rugalmassági modulust is tartalmazza a *Weichelt* képlet burkolt formában, ez ugyanis a közetfajta és a nyomószilárdság meglehetősen szűk határok között változó függvénye.

A két képlet szerkezetét vizsgálva szembe-tűnő, hogy a *Weichelt* képlet 9 tényezőtől áll és ebből 3 táblázatból veendő. (v, f, s) Igaz ugyan, hogy a v és f értékek táblázata egyértelműnek mondható és csak az s értékeket lehet bizonyos fokig „érzés szerint” kiválasztani. Tény azonban, hogy a $v \cdot f \cdot s$ szorzat pl. bazalt esetén 1,3—4,1 határok között változhat és az a véleményünk, hogy az ezeknek megfelelő robbantások *semmiképp nem igényelnek egymáshoz képest több mint három-szoros tölteteket*.

Számos robbantási terv felülvizsgálata során nyert tapasztalataink szerint a tervezésnél az esetek elég nagy részében úgy járnak el, hogy a számítással első lépésben kiadódó töltetet kontrollálják a fajlagos paxit kg/10 t mutatóval és ha az számottevően eltér az illető bányarészben

2. táblázat

W (m)	H (m)	$A_1 = \frac{H}{2W}$	$L = W^3 n \cdot q_f \cdot A_1$ (kg)	%-os arány
12	20	$20/24 = 0,84$	$294 \cdot 3,34 \cdot 0,84 = 820$	149
	30	$30/24 = 1,25$	$294 \cdot 3,34 \cdot 1,25 = 1220$	
14	30	$30/28 = 1,07$	$452 \cdot 3,34 \cdot 1,07 = 1610$	132
	40	$40/28 = 1,42$	$452 \cdot 3,34 \cdot 1,42 = 2140$	

szokásostól, akkor e három változó, — de főleg az s érték — más megválasztásával úgy manipulálnak, hogy nagyjából a szokásos fajlagos érték adódjon ki. A tervezésnek ilyen forma „leegyszerűsítése” sem műszaki, sem gazdasági szempontból nem helyes.

A *Jurajda* képlet 11 tényezéből áll és ebből egyet sem kell táblázatból venni, mindegyik tényező a közetfizikai jellemzőkre, illetve a telepítés geometriai adataira támaszkodik. Előnye ezen túl a *Weichelt* képlethez képest, hogy az u , κ , g , z tényezőkkel olyan lényeges összefüggéseket vesz figyelembe, melyeket amaz nem, illetve nem ilyen konkrét formában tartalmaz. Ezért kívánatos volna ezt a képletet alkalmazni, azonban olyan megfontolással kiegészítve, mely a *Weichel* képlethen tárgyalt falmagasság, szabad felületek száma és a közetstruktúra hatásait is figyelembe veszi. Vizsgáljuk meg e 3 tényezőt külön-külön, hogy hogyan lehet, illetve mennyiben szükséges azokat a *Jurajda* képlet alkalmazása esetén tekintetbe venni.

Lássuk először, hogy a falmagasság hatása a robbantás erőjátékában ténylegesen milyen szerepet játszik. A kivetéshez szükséges erő három részből tevődik össze: $P = P_{ny} + P_s + P_d$

ahol P_{ny} = a kivetési kúp palástja mentén fellépő nyíróerő,

P_s = a kivetési kúp palástja mentén fellépő súrlódás

P_d = a tömeg előredobásához szükséges erő.

A gyakorlatban legtöbbször előfordul

$W = 12$ m előtéthez 20 m $\leq H \leq 30$ m

$W = 14$ m előtéthez 30 m $\leq H \leq 40$ m

falmagasságok tartoznak a 6. ábra $W = f(H)$ összefüggése alapján.

A *Weichelt* képlet a falmagasság változására igen érzékenyen reagál, amint az a 2. táblázatból látható: pl. a 12 m és a 14 m előtétetekhez 49%, ill. 32%-kal nagyobb tölteteket ad, attól függően, hogy a falmagasság a $W = f(H)$ függvény szerinti alsó, vagy felső határon van. Számítsuk ki, hogy ebben a két esetben milyen nagyságúak a kivetéshez szükséges erők, hogy lássuk: a falmagasság változása ténylegesen ilyen nagy szerepet játszik-e.

A nyíróerőt úgy számítjuk ki, hogy a kivetési kúp palástjának felületét megszorozzuk $\tau = 130$ kg/cm² értékkel.

A súrlódást úgy, hogy ugyanazt a felületet szorozzuk a lineáris feszültségi ábrának a kivetési

kúp tömegközéppontja vízszintesében talált értékével és $f = 0,65$ súrlódási tényezővel.

A kidobáshoz szükséges erő a ferde hajítás képletéből számolva, annak feltételezésével, hogy a kivetési kúp tömegközéppontja $s = 1,5$ W távolságra mozdul el, a következő:

$$P = m \cdot a = \frac{G}{g} \cdot a = \frac{V \cdot \gamma}{g} \cdot \frac{v_0}{t};$$

melyből

$$v_0 = \sqrt{\frac{g \cdot s}{\sin 2\varphi}} \text{ és } t = \frac{2 v_0 \sin \varphi}{g}$$

ahol V = a kivetési kúp térfogata

γ = a közet térfogatsúlya

v_0 = a kivetés kezdősebessége

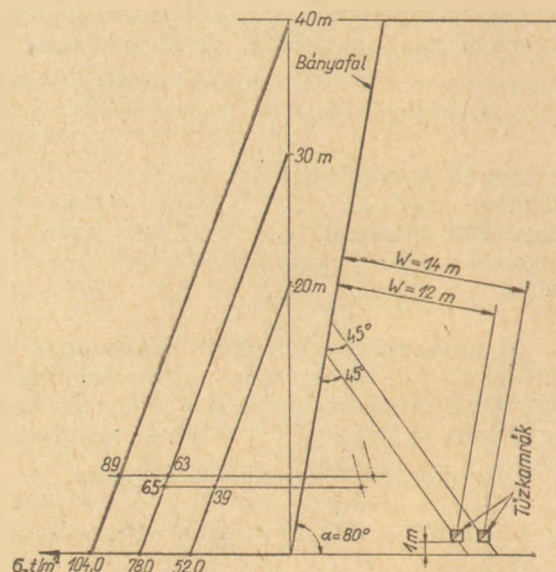
t = a kivetés időtartama

A jelölések és méretek a 8. ábrán láthatók.

A robbanás pillanatában a kivetési tölesér felett elhelyezkedő közettömeg nyugalomban van, tehát a P_{ny} nyíróerő a geostatikus állapotnak megfelelő normálerőtől függ.

Ezzel szemben, amint a kivetési tölesér palástja elnyíródik, és tömege kifelé mozdul, a felette levő közettömeg elveszti alátámasztását, tehát a P_s súrlódóerő a hidrosztatikus állapotnak megfelelő normálerőtől függ.

A kivetés a nyíró, és súrlódó feszültség legyőzése után történik meg, tehát a P_d dobóerő más hatásoktól függetlenül számítható.



8. ábra

3. táblázat

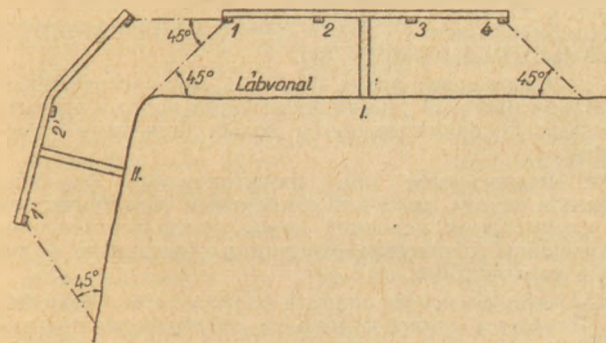
Az erő neve		A z e r ő k n a g y s á g a	
		W = 12 m előtét, és H = 20 m, ill. H = 30 m esetén	W = 14 m előtét, és H = 30 m, ill. H = 40 m esetén
Nyíróerő	P_{ny}	$502 \cdot 10^6$ kg	$671 \cdot 10^6$ kg
Súrlódóerő	P_s	$9,8 \cdot 10^6$ ill. $16,4 \cdot 10^6$ kg	$21,2 \cdot 10^6$ ill. $29,8 \cdot 10^6$ kg
Dobóerő	P_d	$6,2 \cdot 10^6$ kg	$9,4 \cdot 10^6$ kg

A P_{ny} nyíróerő számításánál elhanyagoljuk azt a körülményt, hogy a nyírófeszültséget a normálerő növeli. Ezt az indokolja, hogy a szilárd közetekben uralkodó közetnyomás az újabb elméletek szerint (Heim, Protogyakonov, Ritter, Bierbäumer) független a mélységi helyzettől, vagy pl. vágatok fölötti közettömeg nyomása terhelésként „csak bizonyos idő múltán” jelentkezik [5].

A számítás a 3. táblázat szerinti eredményeket adja: A kapott értékek azt mutatják, hogy a falmagasságot a töltetszámításban figyelembe venni nem szükséges, mert ennek a $W = f(H)$ függvénnyel adott határok közötti változása a teljes erőhöz képest elenyésző. Mértékénél egyébként is nagyobb bizonytalanságokat rejtenek olyan tényezők, melyeket figyelembe venni az esetek nagy többségében gyakorlatilag amúgy sem lehet (rejtett üregek, közrétegek, kisebb tufabetelepülések).

Vizsgáljuk meg továbbiakban a befogottság kérdését. Weichelt erre nézve táblázatot ad meg, melynek értékei a szabad felületek és a tűzkamrák talpszinthez viszonyított elhelyezésének függvényei.

A vertikális vonatkozást a *Jurajda* képlet az u tényezővel pontosan figyelembe veszi, horizontális tekintetben pedig az a helyzet, hogy a tölteteket úgy kell elhelyezni, hogy „befogott” tűzkamra ne legyen. Az esetek nagy részében közel egyenes fejtési szakaszon tervezzük a telepítést, tehát 1 szabad felület van, s ez a bányafal. Fel-tétlen el kell kerülni, hogy bármelyik tűzkamra akadályozva legyen a normális kivetés lehetőségében, tulságosan nagy, vagy végtelen előtét miatt. Ezért úgy járunk el, hogy sarkokba tűzkamrát nem telepítünk, hanem ott mindig két nagy-kamrás rendszerrel, két irányból dolgozunk, a 9. ábra szerint.



9. ábra

A sorrendben elsőnek végrehajtandó, I. rendszer balszélső 1. sz. kamrája nem kerülhet túl a 45°-os függőleges síkkal határolt térfélen. A robbantás után kialakuló helyzetben a sarkot azután a másik oldalon megtervezendő II. rendszerrel robbantjuk tovább, ismét úgy, hogy a 3. sz. tűzkamra helyét azonos elvek alapján jelöljük ki.

Előfordulnak ezzel szemben olyan esetek, amikor valamelyik tűzkamrához nem egy, hanem kettő, vagy három szabad felület tartozik. Mind a szakirodalom, mind a gyakorlat azt igazolja, hogy az ilyenek a kivetést relative könnyebben végzik, tehát a szabad felületek számát a töltet-számításnál figyelembe kell venni.

A kőzet strukturális viszonyait a *Jurajda* képlet nem érzékeli. Ezek pedig kétségtelenül befolyásolják a robbantás kimenetelét, illetve erő-igényét: egy repedezett, főleg vízszintes rétegezett tömeg kivetése kisebb nyírási ellenállás legyőzését igényli, mint egy tömör, vagy nagy-tömbös település. Utóbbi nagyobb tölteteket kíván meg annak ellenére, hogy itt kisebbek a repedéseken át megszökő gázveszteségek. Kő-bányáinkban ilyen értelemben 3 jellegzetes esetet lehet megkülönböztetni: nagytömbös, oszlopos és erősen repedezett struktúrá. Ezek közül egyazon bányában többnyire csak egy, vagy kettő fordul elő, és jellegük hosszabb falszakaszokon azonos szokott lenni, vagy legfeljebb csekély eltéréseket mutat.

A 2.2 pontban mérlegelt szempontok alapján az a véleményünk, hogy a nagykamrás robbantás tervezésére alkalmasabb a több jellemző körülményre kitérő, korszerűbb *Jurajda* képlet. Alkal-mazásánál azonban a horizontális értelmű befo-gottságot és a kőzetstruktúrát is számításba kell venni.

Ezt oly formán tehetjük, hogy a k jellegmuta-tót nem konstans 1/20-nak vesszük, hanem — figyelemmel a kőzetstruktúra és a szabad felületek hatására — a 4. táblázat szerint vá-lasztjuk meg.

4. táblázat

K ő z e t s t r u k t ú r a	Szabad felületek		
	1	2	3
Nagytömbös, vagy vastagpados	0,050	0,044	0,038
Kistömbös, vagy oszlopos ..	0,042	0,037	0,032
Lemezes, vagy erősen repedezett.....	0,035	0,031	0,027

Az itt közöltek EBG, MSG, vagy RKG típusú villamosgyutacsok használatát tételezik fel anélkül, hogy a robbantás hatását ezeknek a késleltetéseknek függvényében értékelnék. A tömegrobbantások időzítésével kapcsolatos kísérletekre és vizsgálatokra folyó év nyarán kerül sor, azok eredményeiről későbbi közleményben számolunk be.

3. A nagykamrás robbantás tervezésének menete

A tárgyaltaakat összegezve a nagykamrás robbantás tervezése célszerűen a következő lépésekben történik:

a) A bányaművelés helyzetének és a jövesztendő kőmennyiségnek figyelembevételével helyszíni szemlén kijelöljük azt a bányafalszakaszt, ahová a rendszert telepíteni kívánjuk. Ugyanakkor megjelöljük — lehetőleg a kiválasztott szakasz közepe táján — a főtárhoz megkezdésének alkalmas helyét.

b) Az érintett falszakaszcsoportról műszeres felvételt, majd annak alapján 1:200 léptékű alaprajzot készítünk.

c) A $W = f(H)$ összefüggés alapján meghatározzuk az előtét átlagos értékét, a $t = f(W)$ összefüggés alapján pedig a tűzkamrák átlagos távolságát.

d) Közelítő térfogatszámítás alapján meghatározzuk a tűzkamrák számát és elkészítjük kiosztásukat az alaprajzon, olyan kiegyenlítéssel, hogy az oldaltárhoz egyenes, vagy enyhén ívelt legyen.

e) Minden tűzkamra középpontján át függőleges, a bányafalra merőleges metszetet készítünk. Ebbe berajzoljuk az oldaltárhoz és a tűzkamrát, 1 m-rel az udvarszint felett elhelyezve. (A kamra alakja $a \cdot a \cdot b$ élmeztű hasáb, ahol $b = 1,2 a$, a lábvonallal párhuzamos irányban mérve.)

f) A metszetről lemérjük a W , ε , φ , az alaprajzról pedig a t értékeket.

g) A Jurajda képlettel kiszámoljuk az egyes tűzkamrákba szükséges töltetmennyiségeket.

h) Kiszámítjuk a tervezett elrendezéssel jövesztendő haszonkő mennyiségét és kontrolláljuk a fajlagos paxitfelhasználás és a fajlagos táróhossz értékét.

Ha ezek nagyjából egyeznek az illető bányarészben szokásos értékekkel, a tervet helyesnek fogadjuk el és annak alapján elkészítettjük a tárórendszert és a tűzkamrákat. (Amennyiben a fajlagos értékek a szokásostól eltérnek, átvizsgáljuk a számítás és megállapítjuk az eltérés okát. Semmi esetre nem úgy járunk el, hogy a számításal kiadódott tölteteket egyszerűen a fajlagos értékek alapján módosítjuk!)

i) A vágatok kihajtása után bemérjük a tűzkamrák helyzetét, ennek alapján korrigáljuk a metszetrajzokat, s megkapjuk a tényleges W értékeket.

j) Ezekkel átszámoljuk a tölteteket, s a kapott mennyiségeket 25 kg-ra kerekítjük. Ezekkel hajtjuk azután végre a robbantást.

A tervezési munka megkönnyítése érdekében táblázatosan vezetjük és minden robbantás után feljegyezzük az alábbi mutatókat:

a bányafal átlagos magassága ...	H [m]
az előtét átlagos hossza	W [m]
a kettőből számított hányados ..	W/H
a bányafal dőlésszöge	α^0
a tűzkamrák száma	[db]
a tűzkamrák egymástól mért átl. távolsága	t [m]
e távolság viszonya az átl. előtéthez	t/W
a lerobbantott haszonkő mennyisége	Q [t]
a felhasznált robbanóanyag mennyisége	L [kg]
fajlagos robbanóanyag felhasználás [kg/10 t] végül a k tényező értéke	

Abban az esetben, ha a robbantásoknál így nyilvántartott adatokon túl azt is rögzítjük, hogy milyen volt a jövesztett készlet eltérítése, s a robbantás után létrejött új bányafal hogyan alakult (dőlésszög, sziklalábak stb.) olyan adatokhoz jutunk, melyek figyelembevételével a nagykamrás robbantás töltetszámítása egyre megbízhatóbban és pontosabban történhet.

IRODALOM

- [1] Országos Bányaműszaki Főfelügyelőség: Általános Robbantási Biztonsági Szabályzat. Budapest, 1963.
- [2] Weichelt: Handbuch der Sprengtechnik. Leipzig, 1961.
- [3] Egry Károly: Nagykamrás robbantások telepítése és töltetszámítása. Budapest, 1959.
- [4] R. Podel: A kőbányászat korszerű jövesztési eljárásai. Építőanyag 1964, 1. sz.
- [5] Mosonyi—Papp: Műszaki földtan. Budapest, 1960.

Vajda László: A nagykamrás robbantás tervezése

Az eruptív kőzetek tömegjövesztésének jelenleg legelterjedtebb módja hazánkban a nagykamrás robbantás.

A tervezéshez használt töltetszámítási képletek a szükséges robbanóanyagmennyiség tekintetében azonos geometriai és kőzetstrukturális körülmények között is jelentős eltéréseket adnak.

A szerző a Lares, Weichelt- és a Jurajda képlet elemzése, valamint gyakorlati tapasztalatok alapján arra a megállapításra jut, hogy nevezett célra legalkalmasabb a Jurajda képlet, olyan módosítással azonban, mely a kőzetstruktúra és a szabad felületek hatását is figyelembe veszi. Emellett rámutat néhány irányelvre, melyekkel a tervezés egységes és megbízható alapokra helyezhető.

Вайда Ласло: ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЗРЫВОВ БОЛЬШИМИ КАМЕРАМИ.

В настоящее время наиболее распространенным методом массовой добычи эруптивных пород в отечественных условиях является взрыв большими камерами.

Используемые при проектировании формулы расчёта заряда, даже для одинаковых геометрических и структурных условиях пород, дают в отношении отношения количества взрывчатого материала большие расхождения.

Автор на основе анализа формул Lares, Weichelt и Jurajda, а также исходя из собственного практического опыта, приходит к заключению, что для данной цели наиболее пригодной является формула Jurajda, если учесть в ней также структуру пород и

влияние свободных поверхностей. В работе указываются направления создания единых и надежных основ проектирования.

Vajda, László: Planung des Sprengens beim Kammerverfahren

Die meistverbreitete Weise zur Massengewinnung von eruptiven Gesteinen ist z. Z. in Ungarn das Kammerverfahren.

Die zum Planen verwendeten, zum Berechnen der Ladung dienenden Formeln ergeben betreffs des Bedarfs an Sprengstoff selbst unter gleichen geometrischen und gesteinstrukturellen Verhältnissen beträchtliche Abweichungen.

Nach Analyse der Lares'-, Weichelt'- und Jurajda'schen Formeln, wie auch auf Grund eigener Erfahrung gelangte der Autor zum Schluß, daß sich für genannten Zweck die Formel von Jurajda meist

eignet; allerdings nach einer Modifizierung, welche die Wirkung der Gesteinstruktur und der freien Oberfläche in Betracht zieht. Es werden die Prinzipien angedeutet, auf deren Grund eine einheitlich-verläßliche Planung ermöglicht werden kann. (S. G.)

László Vajda: The Design of Coyote Tunnel Blasting

The most frequently used mass stoping method of eruptive rocks in Hungary is coyote tunnel blasting. Various formulae for charge calculation give considerable differences even in case similar rock structure and geometry. The analysis of the Lares, Weichelt and Jurajda formulae and the personal experience of the author showed that the Jurajda formula gives optimum results (with some modifications concerning rock structure and the effect of free quarryfaces). Some directives are given to assure unified and reliable design of coyote tunnel blasting.

(Folytatás a 186. oldalról)

BETON I ZSELEZOBETON

1964. 2. sz.

Moszkvin, V. M.—Betrakov, V. G.: Szilikonadalékos betonok tartóssága. (p. 51—56, á: 7, b: 7)

Különböző szilikonok vizsgálata alapján megállapították, hogy nátriumszilikonát, különösen pedig polihidrosziloxánok adagolása esetén ugrásszerűen megnő a beton fagyállósága. Javul a korrozioállóság is. Az optimális adalék anyagmennyiség 0,1—0,2%, a cement súlyára vonatkoztatva.

Lavrinovics, E. V.: GKZ-94 adalékok hatása a kispaszticitású betonok szerkezetére és fagyállóságára. (p. 69—70, á: 2, t: 2, b: 2.)

Szerző megállapítja, hogy a nem-plasztikus betonok fagyállósága csak az összporozítástól függ és nincs összefüggésben a szerkezettel. GKZ-94 típusú adalékok esetén a pórusok egy része áthatolhatatlan a víz számára, miáltal a fagyállóság növekszik.

Volzsenszkij, A. V.—Grebenik, E. A.: Granulált kohósalak-kötőanyagok felhasználása betonkészítésre. (p. 72—75, á: 5, t: 2, b: 4)

Több kohászati üzemből származó kohósalakot 15% égetett mészszel és 5% gipszszel őrltek 3500—4000 g/cm² fajlagos felület eléréséig (0,085 mm-es szitán 5—8% a maradék). Durvaszemcsés betonnál a kötőanyagszükséglet 350 kg/m³, finomszemcsés betonnál 400 kg/m³. Beható vizsgálatok során megállapították, hogy a salak-alapú kötőanyagok felhasználhatók 200—300-as szerkezeti betonok előállítására, ui. gőzölés után a betonok szilárdsága 200—300 kg/cm², autoklávus kezelés esetén 300—400 kg/cm².

CEMENT, WAPNO, GIPS

1963. 12. sz.

Wieja, C.: Autoklávózott sejtbetonok mikrostruktúrája. (p. 255—260, á: 18, t: 1, b: 4)

Sejtbetonok előállítása és a mikrostruktúra elemei, különös tekintettel a hidratációs termékekre. A

sejtbetonokban fellelhető és a polarizációs mikroszkóp alatt megfigyelhető ásványi termékek jellemzése.

CEMENT, WAPNO, GIPS

1964. 1. sz.

Musialik, M.: Szulfitszennylég hatása a cementipari granulátumok szerkezetére. (p. 1—6, á: 6, t: 1, b: 15)

A felületváltozások elemzése száraz iszapnál, a nyersiszap anyagának DTA-vizsgálata. Bebizonyosodott, hogy a fajlagos felület szulfitszennylég-adalékkal növelhető és legnagyobb értékét 1% szulfitszennylég adagolása esetén éri el. Nagyobb mennyiségű szulfitszennylég jelentősen meggyorsítja a kalciumkarbonát bomlási folyamatát.

OGNYEUPORŰ

1963. 12. sz.

Uteus, Z. V. és társai: Golyósmalmok őrlésfolyamatának automatizálása. (p. 547—553, á: 4, b: 9)

6 méter hosszú 1635 mm átmérőjű csőmalom automatizálásának ismertetése. A malomba két anyagot adagolnak egyszerre, tányér-adagolóval. Az automatizálás az őrlés zajmérésén s ezt követően a fordulatszám szabályozásán alapszik. Az ilyen szabályozás figyelembe veszi az őrlő golyók és a pánccélbélés kopását is. Az automatizálás során sikerült 50%-kal növelni a malom teljesítményét és 50%-kal csökkenteni a fajlagos energiafogyasztást.

Surigin, P. M.—Boronenko, B. N.: A CaO—SiO₂—Al₂O₃-rendszerbe tartozó olvadási és MgO, Al₂O₃, SiO₂ kölesönhatása kinetikájának vizsgálata. (p. 561—565, á: 4, t: 3, b: 5)

Forgóhenger- és forgótárcsa-módszerrel vizsgálat alá vonták a MgO, Al₂O₃ és SiO₂ oldódását folyékony szilikátokban. Megállapították, hogy 1200 és 1600 C° között döntő szerepe van a diffúzióknak.

OGNYEUPORŰ

1964. 1. sz.

Morgulisz, O. M. és társai: Hőálló hőelemvédő-csövek. (p. 24—38, á: 3, t: 2, b: 4)

Vizsgálat tárgyává tették a ZrO₂-ból és MgO-ból készült hőelemvédő-csöveket nagy hőmérsékleten, eredeti állapotban és wolfram-rénium hőelemekkel töltötten. Megállapították, hogy Tamman-rendszerű kemencében 1800 C° felett nem használhatók. Semleges gáz-atmoszférában, indukciós kemencében az MgO-csövek 2400 C°-on huzamos ideig alkalmazhatók. A ZrO₂-csövek 1900 C°-on huzamosabb, 2400 C°-on rövidebb ideig használhatók argon- és nitrogén-atmoszférában.

OGNYEUPORŰ

1964. 2. sz.

Rusztanbekjan, Sz. F.: Olvasztott mullit gyártása. (p. 67—71, á: 4, t: 4, b: 6)

Statisztikai mérések alapján megállapították, hogy az optimális Al₂O₃/SiO₂-arány 2,72 és 2,88 közé esik. A tiszta alapanyagokból (timföld és kaolin) gyártott olvasztott kövek állóképesebbek a bauxitból cirkon-adalékkal gyártott cirkonmullit köveknél. A repedezésre való hajlam megszüntetése érdekében kis mennyiségű MnO₂ adagolható az elegyhez.

Polubojarinov, D. N. és munkatársai: Nagy tűzállóságú szigetelőanyagok vizsgálata nagy hőfokon, vákuumban, litiumgőzökben. (p. 82—89, á: 8, t: 2, b: 5)

Különböző tűzállóanyagokat vizsgáltak litiumgőzökkel és vákuumban, továbbá litiumolvadékokban. A vizsgálatok során a hőmérséklet helyenként 2000—2500 C°-ot is elért. Megállapították, hogy az alumíniumoxid, cirkonoxid, cirkonszilikát, szilíciumnitrid és kálium-cirkonát nem megfelelően tűzálló szigetelőanyag, mert kémiai ellenállásuk csekély. Kielégítőnek mutatkozott a bórinitrid, a kalcium- és magnéziumoxid.

A korszerű beton-padlóburkolatok anyagai

CSÁGOLY ZSUZSANNA
ALUTERV

A munkahelyiségek burkolatának célszerű megválasztása fontos előfeltétele az üzem akadálytalan működésének. Ha a várható mechanikus és vegyi hatásokat, a felmerülő hő- és hangszigetelési igényeket figyelembe vesszük, a célnak megfelelő burkolattípus kiválasztása nagy körültekintést igénylő feladat.

Az ipari padlóburkolatok egyik leggyakrabban használt anyaga a beton. A közkeletű betonok a sokrétű igényeknek csak részben tudnak eleget tenni, de számos lehetőség van a kész anyag jellemzőinek messzemenő befolyásolására. Az alapanyagok minőségi és mennyiségi változtatásával, vegyi hatóanyagok adagolásával és különböző utókezelési-módokkal a beton tulajdonságait megváltoztathatjuk és a megszokottnál jóval szélesebb területen is alkalmazási lehetőséget biztosíthatunk számára.

Teherbírás

A burkolat teherbírását általában a nyomó-, húzó-, hajlító-, ütőszilárdsági értékekkel jellemezzük. Burkolatokra nem terjeszthetjük ki a meglehetősen elterjedt felfogást, amely szerint a beton „jóságának” legfontosabb jellemzője a nyomószilárdság. Ezt bizonyítja, hogy pl. egy munkahelyiségben, ahol a $400\text{--}500\text{ kg/cm}^2$ törőszilárdságú betonburkolat gyakori javításra szorul, a $60\text{--}80\text{ kg/cm}^2$ törőszilárdságú öntött-aszfalt hosszú időn át kitűnően tart. Betonnál a nagy nyomószilárdság általában együtt jár egyéb kedvező tulajdonságokkal, de más, helyenként esetleg értékesebb jellemzőket vegyi hatóanyag bekeverésével, vagy különleges technológiával érhetünk el. Ebben az esetben nem mindig helytállóak a szokásos következtetések a nyomószilárdságból más tulajdonságokra.

A betonszilárdság növelési lehetőségei a következők: magasabb szilárdságú és megfelelő szerkezetű adalékanyag alkalmazása;

nagyobb értékű vagy mennyiségű cement használata;

megfelelő bedolgozás, tömörítés, utókezelés, esetleg a célnak megfelelő vegyi hatóanyag adagolása.

A nagy szilárdság elérésének előfeltétele, hogy a cement hidratációja tökéletes legyen, azaz a kötési idő folyamán a gélképződéshez elegendő víz álljon rendelkezésre. Ezt azonban nem nagyobb vízadagolással, hanem a beton gyors kiszáradásának megakadályozásával kell elérnünk. A víz a kapillárisokon keresztül párolog, kézenfekvő tehát ezt az utat elzárunk. Ennek módjai: kész fólia, fóliaképző habarcs, vagy bitumen-, viasz-, műgyanta-alapanyagú emulzió felhordása a burkolatra, 2–4 órával a bedolgozás után. Ugyanezt a célt érjük el higroszkópikus anyag felületre szórásával, vagy a keverővízhez adagolásával is.

Alkalmas vegyszerekkel számunkra legmegfelelőbbre állíthatjuk be a kötés kezdetét, időtartamát és hőtermelését.

Nagy szilárdság érhető el, ha a cementhez műgyantát adagolunk és egyidejűleg gondoskodunk a műanyag elégséges polimerizációjáról is (pl. infra sugárzással).

Jelentősek a különböző utókezelési módok, amelyek kémiai (fluatózás, okratálás) vagy fizikai (vacuumozás) hatásokkal teszik a betont teherbíróbbá.

A nehéz, álló vagy mozgó gépek magasabb térfogatsúlyú burkolatot igényelnek; itt nagyfajtsúlyú adalékanyagokat használjuk. A húzószilárdságot emelhetjük szilánkos, szálas szemcseformájú adalékanyag alkalmazásával, de az elméletileg elérhető eredményt a gyakorlatban lerontja a nehezebb bedolgozhatóság.

Minden esetben kedvező egy — a víz felületi feszültségét csökkentő dynaktív plasztifikáló hatóanyag adagolása a keverővízhez, amely a beton bedolgozhatóságát — a szilárdságot csökkentő fölös vízmennyiség használata nélkül — megkönnyíti. A munka szakszerűsége és a technológiai fegyelem döntő jelentőségű, mert a vegyi hatóanyagok túladagolása káros is lehet.

Kopásállóság

Betonoknál a kopásállóság általában fordítottan arányos a porozitással. A fogalom elég sokrétű: másfajta koptatóigénybevétel jelent a burkolatnak az emberi járás, a vízfolyás, a mozgó jármű stb. Gyalogos közlekedésnél legfőbb követelmény a tapadósság. A felület ne legyen csúszós, használat következtében se csiszolódjék simára és olaj, vér vagy egyéb szennyező anyag padlóra-kenődésekor se váljék veszélyesen síkossá.

Másik követelmény a pormentesség: a kopásnál keletkező por ne haladjon meg egy — adott esetben maximált — mennyiséget és szemnagyságot. Emberi tartózkodásra tervezett zárt térben a bekerült, vagy kopás által keletkezett port a burkolat felületén meg kell kötnie, ugyanakkor ez megfelelő tisztítási eljárással könnyen eltávolítható legyen.

A kopásállóságot és tapadást javítja pl. a felületre szórt durva szilikiumkarbid, ez azonban csak óvatosan adagolandó, egyébként erős borkopás lép fel.

Jó hatású a kemény, szívós, rugalmas adalékanyagok használata. Járművek gyorsan forgó kerekei szívóhatást gyakorolnak a burkolatra, amit nagyobb mennyiségű, nagy szilárdságú kötőanyaggal és legömbölyítetlen szemcséjű adalékanyaggal tudunk ellensúlyozni. Különösen magas igénybevételnél (pl. rakparton) „páncélbeton” alkalmazható, amelyben adalékanyagként különböző nagyságú acélszemcséket használunk és ezt nagyobb cementmennyiséggel kötjük meg. Kisebbszilárdságot ad, de olcsóbb megoldás az ún. „sárkánybeton”. Itt az acélreszeléket az ásványi adalékanyaghoz keverjük, vagy csak a felületre szórjuk. Előnye még ennek a betonnak magas térfogat-

súlya: vékony rétegben is szilárdan fekszik az aljzatra. Fokozottan óvni kell azonban ezt a burkolatot agresszív hatásoktól, amelyek a felületen lévő acélszemcséket veszélyeztetik. Hátránya, hogy jó hő- és hangvezető, ami külön szigetelőréteg alkalmazását teheti szükségessé.

A víz koptató hatása, különösen örvénylő mozgásnál, erős. Ha a víz szálcsapású is, a felületi egyenetlenségeknél kisebb mértékű turbulencia alakul ki. Ha a víz gyorsfolyású és hordalékot is szállít, a betonkeveréshez használt adalékanyag legalább 1 Mohs-fokkal keményebb legyen, mint a koptató hordalék. Ha ez a követelmény a beton teljes vastagságában célszerűen és gazdaságosan nem oldható meg, torkrét-eljárással egy- a fenti követelményeket kielégítő-réteget vigyünk fel a burkolat felszínére.

Vízzáras

A vízzáras a tömörségtől függ, feltétele tehát a jó szemeloszlású adalékanyag és a jó bedolgozás.

A betonkeverésnél a cement hidratációjához szükséges vízmennyiségnél többet adagolunk, ami a belső surlódás legyőzésére, a jobb bedolgozhatóság miatt szükséges. A beton szilárdulásakor a cementszemcsék körüli gélképződés és kristályosodás során a szükséges vízmennyiség kémiaiilag kötődik. A fölös víz a beton kiszáradásakor elpárolog és visszamarad a beton jellegzetes, hajszálcsövekkel átszőtt struktúrája. A hajszálrepedésekbe azután a kapilláris erők felszívják a vizet. Tömöttség elérésének, azaz a kapillárisok és légpórusok zárásának egyik módja: a cementhez valamilyen duzzadó anyagot adagolnak (traszliszt vagy nagyolvasztósalak), amely a beton szilárdulása után víz hatására még duzzadni képes, ezzel a hézagokat, vagy azoknak egy részét kitölti.

A felületi zártságot javítja egy tömítőanyag-nak utólag a betonba vagy a beton felületére hordása. Elektro-ozmotikus, diffúziós vagy vákuumos eljáránál a beton felületén kisebb vagy nagyobb vastagságban telítik a hézagokat vízűveggel, fluátokkal, fluoridokkal vagy kátránnyal, bitumennel, műanyaggal stb.

Fontos a burkolat repedésmertességének biztosítása. Zsugorodáskor a betonban erők támadnak, s ha ezek túllépik a húzószilárdságot, akkor megreped a burkolat. A beton repedési hajlamát a keverővízzel adagolt műgyantaemulzió kedvezően befolyásolja. A zsugorodás mértéke lineárisan emelkedik ugyan, a repedésveszély mégis kisebb, mert a beton plasztikus-elasztikus lesz, belsőleg feszültségmentessé válik, húzószilárdsága és rugalmassági modulusa javul. Nemcsak a merev hidratációs cementkötés érvényesül, hanem a műgyantaemulzió száradása, illetve polimerizációja is. A két szilárdulási folyamat jól kiegészítheti egymást: a műgyanta száradáskor vizet ad le a cement hidratációjához. Utókezelésként vízzel való elárasztás felesleges, sőt káros. Zárt munkatérben a szokásos 30–70% relatív légnedvesség megfelelő. Infrásugárzás gyorsítja és javítja a szilárdulási folyamatot.

Agresszív hatások ellensúlyozása

Ipari létesítményeknél sokféle és gyakran erős agresszív hatás éri a burkolatot folyadékok vagy gázok, felszabaduló vagy könnyen bomló vegyületek (szulfidok, szulfitok, szulfátok, szerves vegyületek és oldószerek, olaj stb.) részéről. Alapvető követelmény a vízzáróság. Elméletileg saválló beton nincs, mert kötőanyaga, a cement, bázikus jellegű, savhatásra tehát reagál. A desztillált víz is oldja bizonyos mértékben a betont (a lágy víz oldja a $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -t). Szénsavas víz a p.c. mésztartalmát támadja; gyakorlatilag káros, ha a $\text{pH} < 7,0$ és a karbonátkeménység < 15 német keménységi fok.

A keverővízhez adagolt vagy a betonba gázalakban befűjt fluát a cement szabad meszével oldhatatlan kalciumfluátot képez. Eredményes védekezés szénsavas hatással szemben mészszegény kötőanyag alkalmazása.

A szulfátok a cement trikalciumaluminátjával, 32 vízmolekula felvétele mellett, kristályos kalciumaluminátszulfátot (ún. cementbacillust) képeznek. Az átkristályosodás komoly térfogatnövekedéssel, repesztőhatással jár. Cél: a kalciumaluminátszulfát-képződés elkerülése, valamely alkotórésze betonba jutásának megakadályozásával. A kénvegyületektől óvjuk a betont: a víz bejutását zárt felületi kiképzéssel akadályozzuk és trikalciumaluminát-mentes vagy -szegény kötőanyagot és adalékanyagot használunk.

Benzin, olaj és egyéb oldószerek burkolatot fellazító hatása ellen védelmet nyújt az okratálás (gázkezelés), az ún. Betonol-lal való utókezelés, vagy megfelelő műgyantaszármazék adagolása a cementhez vagy a keverővízhez.

Fizikai védelmet nyújt a felület impregnálása szervetlen vagy szerves anyagokkal, vagy műgyanta fólia felhordása a felületre. A fólia lehet szilárd, végleges rendeltetésű, vagy kisebb igényű, ami használat folyamán lekopik, de a legveszélyesebb időszakban, amikor a beton még nem teljesen szilárd, véd az agresszív hatásoktól.

Hőszigetelés

A levegő hővezetési tényezője kisebb mint a betoné, kézenfekvő tehát jó hőszigetelőbetont úgy előállítani, hogy belsejében zárt légpórusok legyenek. A légpórusképző-anyagok adagolásán kívül megfelelő adalékanyagot használunk és különleges technológiával dolgozunk. Természetes porózus adalékanyag a vulkáni tufa és lávasalak. Használhatunk különböző ipari hulladékokat és melléktermékeket (salakok). Legmagasabb igényeket a mesterségesen porózussá tett adalékanyagoknál támaszthatunk (duzzasztott agyagkavics, porszénhamu-kavics, habsalak, duzzasztott perlit). A betonkeverékhez adagolt gázosító és habosító anyagok hatására teljes szerkezetében lyukacsos anyagot nyerünk. (Pl. finom alumíniumpor a keverővízzel reakcióba lép és a felszabaduló hidrogéngáz-buborékok hatására pórusok képződnek a betonban.)

Tűzállóság

Ahol üzem közben nagyobb hőhatások érik a burkolatot, elsőrendű követelmény, hogy ne legyen gyúlékony és ismétlődő nagy hőhatás se tegye tönkre. Kis vízmennyiséggel dolgozzunk és kerüljük a légpórusképződést, a pórusok ugyanis a szerkezet kapilláris rendszerét megszakítják, ezáltal a beton belső részeinek kiszáradását megakadályozzák. Későbbi felhevüléskor a bezárt vízből keletkező gőz repesztő hatást gyakorol az anyagra.

Alkalmazhatunk adalékanyagul samottot, perletet, azbesztrótot. Kvarcitos adalékanyag nem használható, mert 573 °C-nál a kvarc átkristályosodik és térfogatát növeli. Kötőanyagul bauxitcementet, anhidritet vagy magnezitet célszerű használni. Felületi kezelés is hatásosan alkalmazható (pl. vízüveget és bóraxot tartalmazó „zománc”).

Esztétikai szempontok

A modern építészeti elvek egyre magasabb esztétikai követelményeket állítanak fel ipari üzemekben is. Fő szempont a célszerűség és anyagszerűség. Az esztétikai és minőségi követelmények rendszerint nem választhatók külön.

A beton felületét utólag különböző módszerekkel tehetjük szebbé (csiszolás, rovátkolás). A megkötött, de még nem kemény beton erős vizes kefézése a cement bizonyos hányadát eltávolítja a felületről, és az adalékanyag tetszetősebb színét érvényesíti.

Pigmens festék alkalmazásával színes, fehér cement és világos adalékanyag alkalmazásával világos betont állíthatunk elő.

A felsorolt tulajdonságok, az ipari padlóburkolatoktól leggyakrabban megkívánt jellemzők különbözőek és esetenként változó csoportosításban jelentkeznek.

Bizonyos követelmény kielégítéséből adódó új, kísérő jellemzők lehetnek hasznosak, közömbösek, esetleg hátrányosak. Pl. ha a betont tömörebbre képezzük ki nagyobb cementmennyiséggel, nagyobb lesz a nyomószilárdság, vízzáróság, agresszív hatásokkal szemben tanúsított ellenállóképesség és a kopásállóság, de elromlik az előzőekben még megfelelő mértékű hőszigetelő-képesség, és járásnál zajos lesz. A hátrányos tulajdonságok ellensúlyozására természetesen többletmunkát és költséget kell fordítani. Előfordulhat, hogy egy-azon csarnokban, a különböző helyeken más és más az elsőrendű követelmény. A gépek alatt a teherbírás, a munkaasztalok körül a lecseppenő vegyszereket tűró ellenállóképesség és a közlekedő részekben a kopásállóság. Ilyen esetekben, ha a létesítmény fontossága indokolja, egy termen belül különböző burkolatokat építünk be. Az említett feltételek nem elégíthetők ki minden esetben tökéletesen. Anyagbeszerzési lehetőségek, gazdasági számítások és fontossági sorrendek döntik el az alkalmazandó anyag minőségét és bedolgozási technológiáját. A felmerülő igényekkel és az ezeket

kielégítő lehetőségekkel azonban a sikeres munka érdekében a tervezőnek, építőnek mindenkor tisztában kell lennie.

IRODALOM

1. *Biczók* (1956): Betonkorrozio. Betonvédelem. Budapest.
2. *Grün* (1959): Beton-Zusätze Special-Beton. Düsseldorf.
3. *Perényiné Fejes Katalin* (1961/9): Magyar Építőipar. Műanyagadalékos betonok és habarcsok.
4. *Rózsa—Strasser* (1961/3): Mélyépítéstudományi Szemle. Gázkezelte korrozioálló beton.
5. *Rudnai* (1954): Mérnöki Továbbképző Intézet. Új, könnyű építőanyagok előállításával kapcsolatos kutatások és eredmények.

Cságoty Zsuzsanna: A korszerű beton-padlóburkolatok anyagai.

A dolgozat áttekintést ad korszerű betonpadlókkal szemben támasztható követelményekről. A betonjellemzőket változtatni lehet, a tulajdonságokat módosítani, ha az igények ezt kívánják, és pedig különleges minőségű és változó mennyiségű adalékanyagokkal, kötőanyagokkal, esetleg vegyi hatóanyagok adagolásával és az adottságokhoz igazodó, a célnak megfelelő technológiával és utókezeléssel. A legtöbbször felmerülő követelmények: jó teherbírás, kopásállóság, vízzárás, agresszív hatásokkal szemben tanúsított ellenállóképesség, tűzállóság; de egyre inkább jelentkeznek a külső megjelenést illető, esztétikai nézőpontok is.

Чазой Сюзанна: МАТЕРИАЛЫ СОВРЕМЕННЫХ БЕТОННЫХ ОБЛИЦОВОК ДЛЯ ПОЛОВ.

Работа обобщает требования, предъявляемые к современным бетонным полам. В зависимости от требований можно изменять характеристики бетона, а также его свойства, путем применения заполнителей и вяжущих веществ различного качества и изменяющегося количества, в некоторых случаях за счет добавления химических реагентов, а также путем применения технологии и методов обработки, соответствующих данной цели и возможностям. Наиболее часто возникающие требования: хорошая прочность, стойкость против истирания, водонепроницаемость, сопротивляемость к воздействию агрессивных сред, огнеупорность. За последнее время все большее внимание уделяют внешнему виду, т. е. эстетике.

Cságoty, Susanna: Die Grundstoffe der zeitgemäßen Fußbodenbeläge.

Nach einer Übersicht der Anforderungen, welche für die zeitgemäßen Betonbeläge Gültigkeit haben, werden die in Frage kommenden Verfahren zur Änderung, Veredelung der charakteristischen Merkmale und Eigenschaften angeführt. Es kann mittels Zusatzstoffe verschiedener Qualität und in wechselnder Menge verwirklicht werden, ferner durch Zusatz von Bindemitteln, entsprechenden Chemikalien, mittels einer dem Zweck angepaßten Technologie oder geeigneter Nachbehandlung. Die an meisten verbreiteten Anforderungen sind: gute Tragfähigkeit, Wasserdichtigkeit, Widerstandsleistung gegen Verschleiß und aggressive Einwirkungen und Feuerfestigkeit. In der letzten Zeit treten auch die äußere Erscheinung betreffenden Ansprüche, d. h. ästhetische Gesichtspunkte in den Vordergrund. (S. G.)

Zsuzsanna Cságoty: Materials of Modern Concrete Pavings.

A review is given of requirements of modern concrete pavings. The properties of concretes can be changed according to the requirements by using special aggregates in varying proportions, by adding plasticizers and other additives and by suitable manufacturing and after curing technologies. Important requirements against paving concrete: good load-bearing, resistance against erosion, and corrosion, water impermeability, refractoriness and pleasing finish.

AZ ÉPÍTÉSÜGYI DOKUMENTÁCIÓS IRODA KÜLFÖLDI LAPSZEMLEJE

SILIKATTECHNIK

1963. 7. sz.

Teuschler, H. J.: Titánspinell-ellenállások előállítás és tulajdonságai. (p. 199—202, á: 10, b: 5). Titánspinell-ellenállások nedves és száraz eljárással, analitikai tisztaságú nyersanyagokból, pl. MgO-ból, és TiO₂-ből állíthatók elő. Az ellenállások szabályozásának legjobb módja az, hogy az ellenállást 1200—1500 C°-on és meghatározott ideig hidrogén/vízgőz-keverék hatásának teszik ki. Ekkor részleges oxidáció megy végbe, s ezt a mindenkori egyensúlyi feltételek szabályozzák. A jelenleg előállított gyűjtőellenállások 1 rész MgTi-spinell és 12 rész MgO keverékből készülnek.

Bautsch, H. J.—Werner, I.: Titánspinell-ellenállások ásványtani és kőzetani felépítése. (p. 203—205, á: 7, t: 1, b: 7). A vizsgálatok eredményei azt mutatják, hogy a titánspinellben a periklász aránylag tiszta állapotban van jelen, a vezetési folyamatokban ezért csak a spinell- és Ti-O fázis játszik szerepet. A szerkezetvizsgálatok azt mutatják, hogy a kontaktus-képződés a spinell-fázis szemcséi között változó mértékben, közvetlenül, vagy a Ti-O fázis közvetítésével jön létre. A Ti-O fázis szemcséi között semmiesetre sem jön létre közvetlen kontaktus. A vezetési folyamatok a spinell-fázisban játszódnak le.

Neels, H.: A kísérleti és technikai ásványtan néhány kérdése. (p. 206—212, á: 15, t: 1, b: 21). Kristályos tömegárak, fémek és ötvözetek előállítása. Gömbszemcsék. Szálaskristályok. Monokristályok. Kerámia: elektromos tulajdonságait sűrűn változtató rutil zsugorított mintáin megállapították, hogy az anyag színe és vezetőképessége között összefüggés áll fenn. Szalakproblémák.

SKLÁR A KERAMIK

1963. 12. sz.

Barborka, J.: Kvarchomokszűrités lebegtető technikával. (p. 329—330, á: 2). A lebegtető technika és értékelése a kvarchomokszűrités szempontjából. Az első ilyen célú berendezés ismertetése. A kísérleti üzem eredményei.

SKLÁR A KERAMIK

1963. 12. sz.

Keyzlar, T.—Richter, F.: A szelén-kadmium-rubinüveg előállítása különleges célokra. (p. 327—328, á: 7, t: 5)

A szelén-kadmium-rubinüveg gyártásának problematikája, különös tekintettel néhány igényes fizikai tulajdonságra. Ilyen a trikromatikus koordináta-zóna betartása a fényátbocsátással kapcsolatban. A gyártási nehézségek, melyekkel a gyakorlati szakember szembetalálja magát.

SKLÁR A KERAMIK

1964. 1. sz.

Jurcak, I. Ja.: Apatit- és kréta-adalék hatása a porcelán zsugorodására. (p. 11—12, á: 2, t: 3)

A porcelán „érettségének” egyik fokmérője a zsugorodás mértéke. Bizonyos adalékok segítségével a zsugorodás hőmérsékletét csökkenteni lehet és a porceláncserép maximális tömörsége érhető el. Kísérletek eredményei, melyek apatit, kréta és földpát adagolásának hatását voltak hivatva földeríteni. A kísérletek során a maximális tömörséget érték el.

Berka, J.—Raisigl, J.: Az üvegkeverék szállítása az olvasztókemencébe vibrációs szállítószalag segítségével. (p. 3—7, á: 9, t: 1, b: 5)

A vibrációs szállítószalag használatának nemcsak az az előnye, hogy teljesen automatikus betáplálást biztosít, hanem az is, hogy portalan üzem és kevés a hiba-lehetőség. A vibrációs szállítószalag alkalmazásánál szétválásra lehetett számítani, azonban a tapasztalat azt mutatja, hogy ilyesmi említésre méltó mértékben nem lép fel.

SKLÁR A KERAMIK

1964. 2. sz.

Pacovsky, V.: A hulladékgázok értékesítése az üvegiparban. (p. 40—45, á: 2, t: 4, b: 10)

A hulladékgázokkal jelentős mennyiségű hő távozik, de ez csak az ún. érezhető meleg. A gyakorlatban a hulladékgázok értékesítését gazdasági úton és az olvasztási

technológia megzavarása nélkül kell elérni. Az ezen a területen mutatókozó, különösen a tüzelőanyag bázist illető legújabb eredmények a csehszlovák üvegipar viszonylatában.

STAVIVO

1963. 12. sz.

Krulis, J.—Látai, J.: Nagy hőmérsékleteket álló könnyűbetonok. (p. 434—435, á: -, t: 6, b: 11)

Kísérletek gázbetonok és habbetonok nagyobb hőmérsékleten való viselkedésére. A kitűzött cél: legalább 700 C°-on legalább 0,5 kp/cm² szilárdság és a lehető legkisebb zsugorodás. A kikísérletezett anyagoknak lönyvegessen jobb hőszigetelő tulajdonságaik vannak mint az eddigieknek, pl. a terka-litnak és a pórasos samottnak.

Rymus, E.: Munkamenetek közötti szállítások kavicsbányákban. (p. 448—452, á: 10, t: 2)

Üzemen belüli anyagmozgatási módszerek. Gépkocsik, szállítószalagok, hidraulikus szállítás. A szállítási módszerek gazdaságosságának elemzése. Az egyes szállítórendszerek használhatósága a szállítási távolság, az órateljesítmény és a kavicsbánya termelészetadta elhelyezkedése figyelembevételével.

STAVIVO

1964. 1. sz.

Cupr, V.: Korrozíós hatások pakura-tüzelésnél. (p. 16—17, b: 18)

Rövid tájékoztatás az égőtörék építéséhez és kialakításához használt anyagok, főleg fémek és ötvözetek védelméről, s a lehetséges megoldások ismertetése.

Mráz, M.: A töltetek elhelyezésének méretezésének kérdése sorozatrobantással. (p. 20—23, á: 4)

Nomogramokban kifejezett kísérleti és elméleti vizsgálati eredmények, amelyekből sorozatrobantások tervezésénél a legfontosabb paraméterek azonnal leolvashatók. Anomogrammok szerkesztésénél a fejtőfal alakjának a robantás lefolyására gyakorolt hatását is figyelembe vették.

É P Í T Ő A N Y A G

Főszerkesztő: Korach Mór. Szerkesztő: Hinsenka Alfréd — Kiadja a Műszaki Könyvkiadó, V., Bajcsy-Zsilinszky út 22. Telefon: 113-450
Felelős kiadó: Solt Sándor — Megjelent 1410 példányban
64-18946-689/2 - 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 bármely postahivatalnál.

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

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

Felhívjuk szíves figyelmét a közeljövőben megjelenő alábbi szakkönyvekre

Csudakov—Vojcov:

Építőgépek javítása

kb. 27,— Ft

Kirchknopf István:

Téglagyári lakatos (Ipari Szakkönyvtár)

kb. 15,50 Ft

Csernov:

Ipari kemencék és kémények építése

kb. 15,50 Ft

Egri—Reichl—Zólyomi:

Iskolaépületek

kb. 78,— Ft

Lakos:

Szellőzőberendezések

kb. 28,50 Ft

Telekes György:

Mélyépítési állványozás, zsaluzás, ducolás

kb. 28,— Ft

Magyar műszaki alkotók

kb. 42,— Ft

Tatár József:

Az ember az üzemben

kb. 60,— Ft

Fenti könyvek megrendelhetők, illetve beszerezhetők az

ÁLLAMI KÖNYVTERJESZTŐ VÁLLALAT KÖNYVESBOLTJAIBAN

SZAKBOLT:

TECHNIKA KÖNYVESBOLT,

Budapest, XI., Bartók Béla út 15.