

302.935

ÉPÍTŐANYAG

*A SZILIKÁTIPARI
TUDOMÁNYOS EGYESÜLET
FOLYÓIRATA*

5

XXI. ÉVFOLYAM • BUDAPEST, 1969. MÁJUS

2

A mész- és cementipar,
az üvegipar-, a finom-
kerámia, a téglá-, cserép-
és kő-kavicsipar tudomá-
nyos szakirodalmi folyóirata

★

Főszerkesztő:
Dr. Talabér József

★

Felelős szerkesztő:
Dr. Hinsenkamp Alfréd

★

Szerkesztő bizottság:

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

★

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

★

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

★

Felelős kiadó:
Sala Sándor

Megjelenik havonként

Terjeszti a Magyar Posta. —
Előfizethető a Posta Központi
Hírlap Irodánál (Budapest V.,
József nádor tér 1. Tel.: 180-850)
és minden postahivatalnál. A
folyóirat külföldre előfizethető:
„Kultúra” P. O. B. 149. Buda-
pest 62. Előfizetési díj: ¼ évre
22,50 Ft; félévre 45,— Ft; egyes
szám ára: 7,50 Ft. — Csekkszám-
laszám egyéni 61,252; közületi
61,066 vagy átutalás az MNB 8.
sz. folyószámlájára.
69.5. 9446 Révai Nyomda,
Budapest V., Vadász utca 16.
F. v.: Povárnay Jenő

Index: 25,250

A SZILIKÁTIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

TARTALOMJEGYZÉK

A Szilikátipari Tudományos Egyesület húsz esztendeje	161
Lafuma, H.: Az aluminátcement-betonok tartóssága	162
Egyesületi élet	167
Talabér József: Az aluminátcement-betonok tartóssága	168
Csutor János: A korszerű betontervezés egyes kérdései	171
Bálint Pál: Néhány száradási érzékenység meghatározási módszer összehasonlítása hazai agyagoknál	177
Külföldi lapszemle	180
Bolgár Gábor: Króméretartalmú tűzállóanyagok elemzése	181
Mátrai József: Téglagyagok szemcseösszetételének szerepe az égetett termékek tulajdonságainak kialakításában	184
A világ szilikátiparából	187, 199
Opoczky Ludmilla: Felületaktív anyagok hatása a cementklinker ór- lési folyamataira	188
Hovorka, O.—Procházka, S.: Kis zsugorodású, nagy timföldtartalmú kerámiai anyagok	194

СОДЕРЖАНИЕ

Х. Лафума: Глиноземистый цемент	162
Йозеф, Талабер: Прочность алюминиевокислый-цемент бетонов	168
Я. Чутор: Отдельные вопросы современного проектирования бетона	171
П. Балнт: Сравнение нескольких методов определения чувстви- тельности к усыханию отечественных керамических материалов	177
Г. Болгар: Анализ хромовых огнеупоров	181
И. Матраи: Влияние рн-ового состава кирпичных глин на свойства обожженных продуктов	184
Л. Опоуки: Исследование влияния поверхностноактивных добавок на процессы помола цементного клинкера	188
Говорка, О.—Прохазка, С.: Высокоглиноземистая керамика с малой усадкой	194

I N H A L T

Lafuma, Hans: Die Beständigkeit von Aluminatzement-Betonen ...	162
Talabér, József: Die Haltbarkeit von Aluminatzement-Betonen	168
Csutor, János: Einzelne Fragen der zeitgemäßen Planung des Betons	171
Bálint, Pál: Vergleich einzelner Trockenempfindlichkeitsmethoden an ungarländischen Tonen	177
Bolgár, Gábor: Analyse von Chromerz-enthaltenden feuerfesten Stof- fen	181
Mátrai, József: Die Rolle des Kornaufbaus ein der Gestaltung der Eigenschaften von gebrannten Produkten der Ziegelei	184
Opoczky, Ludmilla: Die Einwirkung oberflächenaktiver Stoffe auf den Mahlvorgang des Zementklinkers	188
Hovorka, O.—Procházka, S.: Hochtonerdehaltige keramische Materia- lien mit kleiner Schwindung	194

CONTENTS

Lafuma, Henry: Durability of High-Alumina Cement Concretes	162
Talabér, József: High-Alumina Cement Concretes	168
Csutor, János: Some Questions of Modern Concrete Design	171
Bálint, Pál: Comparison of Different Methods for the Assessment of Driving Sensitivity Using Hungarian Clays	177
Bolgár, G.: Analysis of Chromium Ore Refractories	181
Mátrai, József: The Effect of Clay Granulometry on the Properties of Clay Products	184
Opoczky, Ludmilla: The Effect of Surface Active Agents upon Grind- ing Processes of Cement Clinker	188
Hovorka, O.—Procházka, S.: High-alumina ceramics with low shrink- age	194

ÉPÍTŐANYAG

21. ÉVFOLYAM, 5. SZÁM

A Szilikátipari Tudományos Egyesület húsz esztendeje

alakult — eredetileg Építőanyagipari Tudományos Egyesület elnevezéssel — azzal a célkitűzéssel, hogy az építéssel kapcsolatos szilikátiparok — a kőbányászat, az üvegipar, a cementgyártás, a finom- és durvakerámia stb. — kebelében termelő munkát végző mérnökök, technológusok, technikusok és a szilikátipari kutatást végző tudományos munkatársak között benső kapcsolatot teremtsen, olyan összhangot hozzon létre, amely mind az ipari termelésnek, mind a kutatásnak és tervezésnek hasznára válnék.

Az Egyesület szakosztályai e feladatuknak előadások, vitarendezések, ankétok, kiállítások, külföldi és hazai tanulmányi kirándulások és kötetlen megbeszélések révén fölöttébb eredményesen tudtak megfelelni. Ezt tanúsítja egyebek között az Egyesület számszerű fejlődése is — ma mintegy 1200 tagot számlál! — s az egyes szakosztályok érezhető izmosodása; de nem utolsó sorban a produktív összhang, amely az egyes iparágak s a termelés és a kutatás között valóban fennáll, s amelynek hasznos következményei lépten-nyomon tapasztalhatók. Kétségtelen, hogy ennek kialakulásához az Egyesület munkája nem kis mértékben járult hozzá.

Ámde különös érdeme az Egyesületnek a hazai és külföldi szakemberek közötti kapcsolatok megteremtése és kiszélesítése, amit egyértelműen igazolnak a Szilikátipari Konferenciák. Ha visszaemlékezünk az első, egyetlen kurtu nap alatt lezajlott ilyen összefövetelre, s egybevetjük a nemzetközi eseménynek számító IX. Konferencia méreteivel, ha egy pillantást vetünk az utóbbi konferenciák angol nyelven kiadott, keresett forrásmunkaként forgalomba került tudományos anyagára — a fejlődés, a haladás, az Egyesület elismerést érdemlő sikeres működése nyilvánvaló lesz.

Ez idő szerint a jövőre sorrakerülő X. Nemzetközi Szilikátipari Konferencia és az 1969. június 16-án esedékes ünnepi Közgyűlés rendezésére készül az Egyesület. Az eredmények méltatása, húsz esztendő működésének értékelése, az ünnepi Közgyűlés feladata lesz. Előre köszöntjük a jubiláris Közgyűlést és Egyesületünk minden tagját. Sok sikert kívánunk a további munkához mi is, akik az Egyesület hivatalos szócsöve vagyunk, s akik magunk is jubilálunk: huszadik évfolyamát írjuk az ÉPÍTŐANYAG folyóiratnak.

Szerkesztőbizottság

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

Az aluminátcement-betonoknál bizonyos esetekben, immár 40 év óta olyan meghibásodások keletkeztek, amelyek meglepték a tervezőket és igen élesen vetették fel az anyag tartóssági problémáit.

Az említett rendellenességek három csoportra oszthatók:

1. „Az aluminátcement betegsége”. Ezt a kifejezést először Freyssinet és Coyne alkalmazták. 1927-ben aluminátcementből készült betonoknál, amelyeknél a keveréshez tengervizet használtak azt tapasztalták, hogy a megszilárdulás szinte teljesen elmarad, és sárgás elszíneződés jelentkezik. Ezeket a jelenségeket kezdetben a felhasznált, túlságosan meleg (30°C) tengervíznek tulajdonították. A beton sárgás elszíneződését pedig a vas peroxidációjával hozták összefüggésbe, amely jelenség a porozitásból adódik. A porozitás a tökéletlen megszilárdulás eredménye: a porózus betonok, melyek túlságosan sok vízzel vagy finom szemcsés homokkal készültek, szintén hasonló elszíneződést szenvednek. Ezeknek a kérdéseknek nagyobb figyelmet nem szentelünk, mivel a megszilárdulás kezdetén jelentkeznek és egyszerű szabályok előírásával és ezek betartásával megszüntethetők.

2. Valamivel később az aluminátcementeken másfajta elváltozást is észleltek, mégpedig azokon a villamos vezetékek oszlopokon, amelyeket mészcement vagy portlandcement tömbökbe ágyaztak és ezzel együtt kerültek a földbe. A beépítés után néhány hónappal, sötét foltokban jelentkező elszíneződést észleltek a felületen, mégpedig a föld felett 5–40 cm magasságban. Később ezeken a helyeken pikkelyszerű felületi repedések is jelentkeztek, amelyek középső része mélyült, miután a szélek letöredeztek.

A pikkelyes képződmények vastagsága kb. 1 mm volt. Alatta a beton szivacsos, majdnem pépszerű volt és ennek vastagsága idővel növekedett. Az itt észlelt jelenségek mechanizmusát Rengade és Lhopitallier tisztázta. Ezek az elváltozások a porózus beton és az alkáliák, vagy az alkáli karbonátok egyidejűsége esetén észlelhetők.

3. Körülbelül ugyanebben az időben Franciaországban súlyos hibákat észleltek, nagyméretű aluminátcementből készült betonszerkezeteken. Az első nyilvános beszámolót ezekről a jelenségekről Fischer adta, 1934-ben a Francia Anyagvizsgá-

lati Egyesületben. Fischer azt állította, hogy néhány nap alatt és a felületen keletkezik a beton elváltozása: ha a beton 6 vagy 10 éven át is egészséges maradt, utána jelentős elváltozás keletkezett 1–1,5 cm vastag, egészségesen maradt réteg alatt.

Ilyen rendellenességeket több építménynél észleltek, ami igen meglepte a konstruktőröket és azokat a francia hatóságokat is, amelyek az aluminátcement alkalmazását végleges építményekben engedélyezték. Itt egy 1943-ban kiadott miniszeri engedélyezésről van szó, amely gyakorlatilag betiltotta a cement használatát és azóta, 25 éve semmiféle ilyen engedélyezés nem jelent meg.

Csak emlékeztetőül említek meg néhány kárt, amelyet újabban Bajorországból jelentettek, ahol istálló-mennyezetek omlottak be, melyeket aluminátcementből készült, előfeszített betonelemekből építettek. A német sajtó kihangsúlyozta ezeket a bajokat és nagy meglepetését és nyugtalanságát nyilvánította. Ez oda vezetett, hogy a hatóságok betiltották az aluminátcement használatát, de nemcsak az előfeszített betonnál, hanem az egyszerű vasbeton szerkezeteknél is.

A német szaksajtó mindezekért a hibákért az aluminátok jellegét, tulajdonságát és ezen kötőanyagok átalakulási sajátosságait okolja. A mi tájékozódásunk szerint azonban itt inkább a feszültség alatt álló acélbetétek korróziójáról van szó, és igen nehéz dolog pontos adatok nélkül kikeresni azokat a tényezőket, amelyek itt szerepet játszhattak, különös tekintettel a cement kén tartalmára. Az inkriminált aluminátcement ugyanis fémkohászati salak, amely gazdag kénben és a betonvas korróziója, amelyet csak súlyosbított a feszültség, ismert jelenség a kén tartalmú betonokban, amennyiben valamilyen ok folytán a közeg alkálitása a semlegességi határ közelébe esik. Ez az eset volt a fentiekben is. Meg kell jegyezni, hogy a francia és angol bauxitcementek kénmentesek.

Itt csak megemlítem Talabér professzor kutatásait (ezekre később még rátérek), amelyeket az aluminátcement tartósságával kapcsolatban végzett. Ezt a munkáját a Magyarországon is fellépő zavarok vizsgálatát során kezdte és valószínű, hogy ezek a kérdések meghívásommal is kapcsolatosak.

Hogy visszatérjek a Franciaországban is tapasztalt rendellenességekre, természetes dolog volt arra gondolni, hogy ezek a metastabilis hexagonális alumíniumhidrátoknak a stabilis szabályos rendszerű alumínáthidrátokká történő átalakulásából adódnak. Ha ez az átalakulás közönséges hőmérsékleten történik, ehhez több évre van szükség. Viszont a jelenséget már néhány óra múlva is észlelhetjük, ha a betont forró vízbe tesszük, amikor is ennek mechanikai szilárdsága jelentős mértékben csökken.

* A szerző budapesti látogatásáról ez év 3. számában rövid ismertetést adtunk. Egyesületünk meghívására Dr. H. Lafuma professzor múlt év novemberében tartotta meg előadását, melyhez Dr. Talabér József szolt hozzá, kinek hozzászólását a következőkben szintén közöljük.

Ez lenne tehát a kötőanyag átkristályosodása, és pontosabban szólva (ezt később látni fogjuk) ezek azok a feltételek, amelyek között ez az átkristályosodás végbemegy, amely a rendellenességek okozója lehet.

Ez a hipotézis, amelyet egyébként kísérletileg igazoltak, figyelembe veszi azt a tényt, hogy a bauxitcementből készült betonokban hosszabb idő múlva végbemegy ez az elváltozás. Ezzel azonban nem jár együtt más vegyi átalakulás, mint az alumináthidrátok hidratációs tényezőjének változása és a vas peroxidációja, vagyis a ferroxid átalakulása ferrioxidá. Ez utóbbi átalakulás véleményünk szerint a beton-porozitás növekedéséből származó másodlagos következmény, amely követi a hidratációs tényező változásait.

Itt most elsősorban is az aluminátcementből készült betonokban végbemenő elváltozások mechanizmusát fogom vizsgálni, majd pedig megadom azokat az eszközöket, amelyekkel ezeket a rendellenességeket a jövőben el lehet kerülni. Végül pedig még kényesebb kérdésre térek át, mégpedig a régebben készült aluminátcement-betonok tartóssági problémájára.

Már régen jelezték az aluminátcementeknek azt a sajátosságát, hogy a hexagonális alumináthidrátok a szabályos rendszerbe tartozó alumináthidrátokká alakulnak át és ezt az átalakulást a szilárdság csökkenése kíséri. A szilárdságcsökkenés nagyobb a közönséges betonban vagy habarcsban (kb. 75%), azonban jóval kisebb a tiszta cementpépben (15–20% alatt van). Ezen magatartásbeli különbség magyarázatára feltételeztük a betonnál és a tiszta cementpépénél, hogy a köbös alumináthidrát szemcsék tapadása kisebb, mint a hexagonális alumináthidrát szemcsék tapadása.

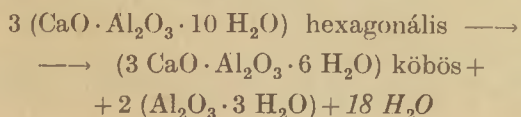
A jelenség mélyrehatóbb vizsgálata kimutatta, hogy ez a feltételezés alaptalan volt: a cementpép viszonylagos stabilitása annak köszönhető, hogy a normál konzisztenciájú habarcsot igen nagy cement/víz aránnyal készítették. Ez az érték kb. 4 volt, vagyis a víz/cement tényező 0,25.

Az aluminátcement lényeges alkotórésze a monokalcium aluminát ($\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$). Hogy egyszerűsítsük a kérdést, a tiszta alumináttal számolunk. Ily módon egy ipari termékénél, melynek Ca tartalma 75–80%, könnyű elvégezni a korrekciókat.

A szoba hőmérsékleten a teljes hidratáció az alábbi reakció szerint megy végbe:

$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 10 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$
(hexagonális), ami azt jelenti, hogy 100 rész kalciumaluminátra 114 rész víz jut, vagy másképpen kifejezve, a cement/víz tényező 0,88, a víz/cement tényező 1,14.

A fenti hexagonális alumináthidrátunk köbös alumináthidrattá történő átalakulásánál az alábbi reakció játszódik le:



Ezen reakció szerint 18 molekula víz szabadul fel, ami azt jelenti, hogy a hexagonális alumináthidrátban 60% víz van kötve.

A felszabadult víz teszi lehetővé azon oldódásokat, melyek véleményünk szerint a hexagonális aluminátoknak köbös szerkezetű aluminátokká történő átalakulását eredményezik, a mechanikai szilárdság csökkenésével egyidejűleg.

Nem szabad elhanyagolnunk a beton porozitásának növekedését sem. A térfogatokkal számolva 1 cm^3 hexagonális alumináthból 0,489 cm^3 szilárd fázis (köbös aluminát és gibbsit) keletkezik, valamint 0,568 cm^3 víz.

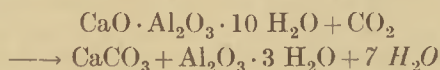
Ezen átalakulás mechanizmusát tudatosan egyszerűsítettük és csakis a globális reakciót jeleztük. A kísérleti körülményektől függően ezen átalakulás során közbenső fázisok is jelentkezhetnek, többek között nagy hidratációs fokú hexagonális aluminátok, vagy pedig stöchiometrikus változások, például a $2 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$ hexagonális aluminát közbenső képződése.

Az átalakulás kinetikáját különböző tényezők erősen befolyásolhatják. Egyébként jól ismerjük azokat a tényezőket, amelyek alkalmasak arra, hogy vizes közegben vagy egyszerűen nedvesség hatására elősegítsék a hexagonális $\rightarrow$ köbös átalakulást. Itt külön meg kell említenünk a hőmérséklet emelkedését, alkáliák jelenlétét, mésztöbbletet és a habarcs porozitását.

Talán nem lesz haszontalan, ha visszatérünk most azokra a rendellenességekre, amelyeket Rengade és Lhopitallier világított meg. Ezek a villanyoszlopokra vonatkoznak. Mint már említettük ezeknél az elváltozásoknál egyszerre játszik szerepet a porózus beton, és az alkáliák vagy alkálikarbonátok egyidejű jelenléte. Az alkáliák más olyan kötőanyagokból is származhatnak, amelyekkel az aluminátcement érintkezésbe kerül, de származhatnak az adalékanyagból, főleg a homokból is.

Az alkálitartalmú folyadék a kapillaritás útján emelkedik felfelé a pórusokban és a felületen, a levegővel érintkezve elpárolog. Az alkáli koncentráció a szabad felület közelében tehát állandó jelleggel növekszik, ahol a kalciumaluminát alkálikus hidrolízise megy végbe. Az alkál karbonát kalciumkarbonáttá alakul át, miközben alkálialuminát keletkezik. A levegőben levő szén-sav a felületen át behatol és regenerálja az alkáli-karbonátot.

Minden úgy megy végbe, mintha a kalciumaluminátot az alábbi reakció szerint bontották volna fel:

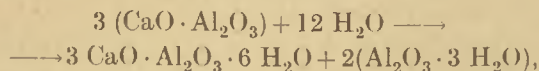


Az alkáli-karbonát itt, mint közbenső anyag szerepel, amely valóságossá teszi a reakciót, mindig a felszabadult víz miatt és ennek jelenlétében.

Egy metastabilis (hexagonális) forma átalakulása egy stabilis (köbös) szerkezetté nem szükségszerűen megy végbe, azonban ez termodinamikailag lehetséges marad. Megfelelő kidolgozás révén elkerülhetővé lesz, hogy ezzel az átalakulással

együtt a mechanikai szilárdság meg nem engedett csökkenése is fellépjen.

Ha azt akarjuk, hogy ne legyen szabad víz a hexagonális $\rightarrow$ köbös átalakulás végén, akkor arra kell ügyelnünk, hogy a monokalciumaluminát anhidrid keverővize legfeljebb a képletben megadott értékkel legyen egyenlő:



ami 45-rész vizet jelent, 100 rész alumínátra, más szóval ez megfelel 2,19 cement/víz aránynak, illetve 0,45 víz/cement tényezőnek. Ezt nevezték el kritikus víz/cement tényezőnek.

Természetesen ha ezt a vízmennyiséget használják fel az aluminát esetében, az anhidrid fázisban nem lehet teljes hidratáció a $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ hexagonális forma mellett. Az anhidrid aluminátnak max. 40%-a hidratálható, tehát az eredeti aluminát 60%-a vízmentes alakban marad meg.

Amennyiben a hexagonális $\rightarrow$ köbös átalakulás végbemegy, a hidratálatlan aluminát leköti az átalakulással felszabadított vizet és eközben vagy hexagonális hidratált aluminát keletkezik (amely egyébként átalakulhat köbös szerkezetűvé is), vagy pedig ezen anyag csiráinak jelenlétében közvetlenül köbös aluminát keletkezik és ebben az esetben a reakció hidraulikus jellegű.

Ha a monokalcium aluminátról ezek után átterünk az ipari aluminátcementre (Lafarge), akkor azt találjuk, hogy a kritikus víz/cement tényező közel 0,36 (míg a cement/víz tényező 2,8).

A kísérleti adatok az alábbiak:

— A hexagonális formából a köbös formára való átalakulás során a szilárdság csökkenés nulla körül van, a magas cement/víz tényezőnél, vagyis egy olyan határnál, amely megfelel mind a két forma azonos szilárdságának. Ha a határértéket nem értük el, akkor az ipari cementben észlelt szilárdság csökkenés a 2,5-nél nagyobb cement/víz tényezőnél (víz/cement tényező kisebb, mint 0,40) viszonylag csekély és mindig elfogadható, ugyanakkor a nyomószilárdság mindig nagyobb, mint 400 bar.

— a köbös forma szilárdsága ezután az idő függvényében növekszik, ami kedvező az építmények tartósságára,

a —hexagonális-köbös átalakulás során a víz felszabadulása a porozitás növekedésén kívül igen jelentős nedvesítő hatást fejt ki: az előzetesen kiszáritott aluminátcement habarcsban a vízben való áztatás során, igen erős mechanikai szilárdságcsökkenés lép fel. Ez a jelenség egyébként reverzibilis. Úgy látszik tehát, hogy csupán a folyékony víz hatására nem kapunk jelentős kohéziós erőmódosulást (R. Alegre). Ez a jelenség reverzibilis lehet, mert bizonyos esetekben a beton újabb kiszáritásával visszanyerhetjük az eredeti szilárdságot.

Azt hiszem, hogy ez lehetővé teszi a mélységben elváltozott aluminátcement betonoknál a felületen épségben maradt kb. 1 cm-es réteg magyarázatát.

De messzebb is megyek, és személy szerint azt tartom, hogy e jelenség mélyreható vizsgálatával nagyban bővítenénk ismereteinket a megszilárdult cement-kohéziójára vonatkozóan.

Ezek az elemek lehetővé teszik, hogy meghatározzuk azokat az elővigyázatossági intézkedéseket, amelyekre szükség van a rendellenességek elkerülésére. Ezeket az 1943. évi francia miniszteri körlevél indokolja:

1. Ne használjunk olyan homokot, amelyben felszabadítható alkáliák vannak. A megrongálódott építményeken történt vizsgálatok során kiderült, hogy a felhasznált homokban jelenlevő felszabadítható alkáliák voltak a fő okozói annak, hogy a hexagonális alumináthidrátok átalakultak köbös alumináthidrattá. El kell kerülni tehát az olyan homokot, amelyben gránit, pala, csillám komponensek vannak, többé-kevésbé felbomlott állapotban. A legfontosabb és leghatékonyabb intézkedés az, hogy eltávolítsuk a használt homokból a kb. 0,5 mm-nél kisebb méretű szemcséket, amelyekben koncentrálnak, ha ilyenek egyáltalán vannak, a felszabadítható alkáliák.

2. A keveréshez a legkevesebb vizet használjuk. Az alkalmazott cement/víz tényező 2,5-nél nagyobb legyen. Így az említett kritikus víz/cement tényező alatt maradunk (a víz/cement tényező kisebb legyen, mint 0,40). A homokból a finomszemcsék eltávolítása egyébként megkönnyíti, hogy ilyen betont kapjunk.

3. Tömör és bedolgozható betont készítsünk. Amennyiben nincsenek finom szemcsék a homokban, ez esetben a bedolgozhatóságot és a tömörséget csakis úgy biztosíthatjuk, ha megfelelő a cementadagolás, kb. 400 kg/m³ (ez egyébként függ az adalékanyag szemcseméretétől is), ezenkívül vibrálással vagy erős tömörítéssel dolgozzuk be a betont.

4. Ellenőrizzük a kötési hőmérsékletet. Ha 25–30 °C nem is jelent egy olyan küszöbértéket, amelyről gyakran beszéltek, mégis hasznos lesz minden védőintézkedést megtenni, figyelemmel a magas cementadagolásra és az aluminátcement magas hidratációs hőjére, hogy az idő előtti kiszáradást elkerüljük, esetleg hűtést is kell alkalmazni. A felületi kiszáradást az esetek többségében hideg víz locsolásával kerülhetjük el. Ezt rögtön a kiszaluzás után végezzük. A locsolás a nem teherhordó szerkezeteknél a kiszaluzás után 4 órával kezdődhet és 24 vagy 48 órán át tartson.

Ezekkel az elővigyázatossági intézkedésekkel rögzíthetjük a hidratációt még a hexagonális stádiumban. Tudjuk jól, hogy a Coyne és Freyssinet által észlelt „az öntött cement betegsége” abból adódott, hogy az alumíniumcement-betont tenger vízzel keverték, és ennek hőmérséklete meghaladta a 25 °C-ot. De az előbbiekből ismertetett tények fényében sikerrel terveztek és hajtottak végre kivitelezési munkákat olyan hőmérsékletek mellett, amelyeket régebben megengedhetetlennek tartottak, és amelyeknél a hidratáció közvetlenül a köbös stádiumban történik.

Ha ma már tartós bauxitcement-betonokat tudunk készíteni, akkor felvetődik a kérdés, hogy

miért kellett ilyen sokáig várni a probléma megoldására.

Véleményem szerint ennek a legfőbb oka az, hogy az aluminátcementnél nem olyan okfejtéssel élünk, mint a többi cementnél, valamint az, hogy nehézségek merülnek fel abban, hogy a kivitelezési technikát a termék különleges jellegzetességeihez alkalmazzuk.

Itt tehát egy olyan cement áll előttünk, amelynek teljes hidratációjához a gyakorlatban szükség van megfelelő mennyiségű vízre, és azonkívül még az is előírás, hogy a legkevesebb vízzel készüljön. Tehát végülis a cement kb. 40%-ával hidratálunk.

Az aluminátcement hidratációs hője igen magas. Ezért a betonnak kivételes mechanikai szilárdságot biztosít. Kísérletet tettek arra, hogy a cement adagolását csökkentsék. Ezt meg is teszik, erre még visszatérek. Az előzőekben megadott indokok alapján most azt javasolják, hogy igen magas legyen a cement keverési aránya: legalább 400 kg/m³ vagy ennél nagyobb!

Bizonyos, hogy a beton szakértői ezen meglepődnek.

Az előzőekben elmondottak alapján szeretném most elemezni Talabér professzor munkáit az aluminátcement tartósságára vonatkozóan.

Ez az általam ismertetett téziszhez újabb kedvező érvekkel szolgál. Hivatkozom itt a Rilem, 1961. évi nemzetközi kollokviumán elhangzott „Az aluminátcementek tartóssága” című jelentésre. Ebből az adatok:

a magyar bauxitcement (de a többiek is) kezdetben kiváló eredményekkel szolgáltak. A szilárdulás gyorsasága rendkívüli volt és a cement nagy kezdő szilárdsága megjelenése idején igen megbecsültté tette. E betonok élettartama meglepetésre azonban csak néhány éves volt.

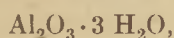
Talabér professzor munkái a francia munkákkal párhuzamosan, de azoktól függetlenül folytak (az előzőekben számoltam be a francia kísérletekről). Ami az elváltozás mechanizmusát illeti, ebben megegyezünk:

— a szilárdság csökkenés gyakorlatilag nincs összefüggésben a vasoxid-tartalommal,

— a lefolyás tendenciája csakis ez lehet: egy átmeneti állapotból a végső állapotba jutás, vagyis egy nem stabilis rendszerből eljutni a stabilis rendszerbe. A stabilis rendszer a köbös aluminát



és a gibbsit



azonban az aluminát esetleg karbonátosodhat is.

Itt idézek a szövegből: „A különbség a köbös-aluminát és a hexagonális-aluminát krisztallográfiai rácsa között, valamint a szerkezeti újrarendeződés az átalakuláshoz viszonyítva elpusztítja azokat a kohéziós erőket, amelyek a kezdeti hidrátok felületén alakulnak ki, és részben elpusztítják azt a krisztallográfiai rácsot, amely a hidratációs fázisban keletkezett. És ez az oka az aluminát-

cementek szilárdságcsökkenésének, valamint az aluminátcementből készült betonok szilárdságcsökkenésének az újrakristályosodás során.”

Egy 1928-ból származó bauxitcement-beton szerkezetét vizsgálta Talabér úr, amely teljesen szét esett. A röntgenvizsgálat nem mutatta ki a köbös-aluminát jelenlétét, azonban szinte a teljes mészmennyiség jelen volt karbonát alakjában.

Ez a megállapítás arra enged következtetni bennünket, hogy a vizsgált beton porózus volt (hivatkozom Rengade és Lhopitalierre), és ha átnézzük a jelentéshez csatolt táblázatokat, megállapíthatjuk, hogy a legtöbb vizsgált bauxitcement-betont kis cementadagolással (250—300 kg/m³) készítették, míg a víz/cement tényező magas volt, a legtöbbször meghaladta a 0,60 értéket, tehát nagyobb volt, mint a kritikus víz/cement tényező.

Ezek alapján azokról a régi bauxitcement építményekről beszélnek, amelyek régebben Magyarországon készültek. Talabér úr „Több betonépületen a teljes pusztulást észlelte. Ezek az épületek Magyarországon bauxitcement-betonból készültek, és az építményekben a beton szilárdsága teljesen megszűnt.” Ennek ellenére „Több bauxitcement-betonból készült épület még ma is áll, évtizedek múlva is”.

Mit gondoljunk erről és mit kell tenni?

Talabér úr véleménye szerint „Az épület csak abban az esetben áll, ha az igénybevétel nem haladja meg a beton erősen csökkent szilárdságát”.

A probléma tehát itt abban áll, hogy meg kell tudnunk, melyek a halálra ítélt épületek, és amennyiben lehetséges, valamilyen módon meg kell állítanunk a mechanikai szilárdság csökkenését.

Az első pontra vonatkozóan minden egyes esetet külön-külön kell megvizsgálni. A diagnózis igen nehéznek tűnik.

A második esetben pedig, Talabér úr azon megállapítása ellenére, hogy a bauxitcementből készült betonok jobban viselkednek a vízben, mint a szabad levegőn (számadatai azonban nem meggyőzőek), úgy hiszem, hogy a legjobb megoldás az lenne, ha biztosítanánk a beton kiszáraitását valamilyen megfelelő eljárással, pl. a Knapen-féle szifonokkal vagy más eljárással, mivel nedvesség szükséges ahhoz, hogy az átalakulás végbe menjen.

Talabér úr azt írja, hogy „A bauxitcementek átalakulása, és az ezen átalakulásból adódó szilárdság csökkenése szabályos, és ez alól egyetlen bauxitcement sem kivétel. Tehát a bauxitcementek alkalmazása a szabad levegőn álló építményekben nem javasolható.”

Ez a konklúzió számomra tökéletesen helyes a kis cement részarányú és magas víz/cement tényezőjű aluminátcement-betonoknál, amelyeket vizsgáltak, azonban sajnálatos lenne ezt a jövőre vonatkozóan általánosítani.

A francia hatóságok újra megvizsgálják az 1943-ban kiadott rendeletet az aluminát-cement használatára vonatkozóan. Fontos, hogy kifogástalanul, és a legkedvezőbb körülmények között lehessen fel-

használni a kivételes tulajdonságokkal rendelkező termékeket, egyébként olyan korlátozott esetekben, amikor azok használata szükségesnek látszik. Ugyanis meg kell győződünk róla, hogy amennyiben bizonyos esetekben nem helyettesíthető a bauxitcement, ezt nem kellene általános használatra kiterjeszteni, és befejezésül szeretnék egy olyan alkalmazásáról beszélni, amelyet semmilyen másfajta cementtel nem lehetne végezni. Itt beton burkoló lapok gyors javításáról van szó, az Orly-repülőtér fő kifutópályáján.

1961-ben merült fel az a probléma, hogy a lehető leggyorsabban ki kell javítani a kifutópályák megrongálódott betonlapjait, mégpedig a fő kifutópálya egy régebbi szakaszán, amely egyedül alkalmas arra, hogy azon teljes terheléssel négy reaktív motorral ellátott repülőgép felszálljon. A régi megrongált pálya lebontását, és az új betonlapok bedolgozását könnyen el lehet végezni 3—4 óra alatt, igen nagy teljesítményű berendezéssel. A gyorsan szilárduló portlandcement megszilárdulásához a szükséges hajlítoszilárdság elnyeréséig azonban rendes körülmények között három vagy négy napra van szükség, hideg időben még ennél is többre.

Ez a feltétel Orly-ban elfogadhatatlan volt, ahol legfeljebb éjszaka állt kilenc óra rendelkezésre, amikor ilyen nagy lökhajtásos gépek nem közlekedtek, és a fő kifutópályát le lehetett volna zárni. Súlyosbította a helyzetet az, hogy a munkát 1962. április 1-ig be kellett fejezni, mert ettől kezdve a menetrend változása miatt még ez a kilencórás üzemszünet is megrövidült. A munkát legkésőbb március 20-án kellett kezdeni.

Kilenc óra állt tehát rendelkezésre ahhoz, hogy lebontsanak és újra építsenek egy olyan betonlapot, amely 45 tonna terhelésű futóművet tud hordani a leszálláshoz. Az egyéb igen komplikált különleges problémákon kívül, ami a munka megszervezésével járt még, olyan betont is kellett készíteni, amelynek hajlítoszilárdsága 4—5 óra múlva 30 bar (kp/cm^2).

A problémát a Lafarge-féle cement használatával oldották meg, 375 kg/m^3 adagolással. A beton a laboratóriumban 10°C hőmérsékleten három óra múlva 10 kp/cm^2 hajlítoszilárdságot adott, ugyanez négy óra múlva 25 kp/cm^2 , végül öt óra múlva a hajlítoszilárdság 40 kp/cm^2 volt. A munkahelyen a fagyponthoz közeli hőmérsékleten, és az adagolási eltérések miatt ezek az eredmények csak egyórás eltérést adtak, és a munkálatokat be lehetett fejezni a légiforgalom megszavarása nélkül, amit minden áron el kellett kerülni.

Az itt említett példa lehetővé tette, hogy a Lafarge-féle cementtel rövid idő alatt elérhető kivételes mechanikai szilárdsággal, még hideg időben is elvégezhető legyen a munka. Mivel hideg időben kellett a betonozást végezni, ugyanezt a cementet használták az Aiguille du Midi kötélpályánál is az alapok lehorgonyzására, valamint az Adélie földön a francia küldöttség támaszpontjának felépítményeinél is.

A nyomószilárdsággal igen erős ütésállóság és kopásállóság is együtt jár.

Meg kell még említenünk a rozsdáállóképességet is:

az anyag jól állja szerves savak, olajok, műtrágyák, vegyszerek, szulfátok támadását.

És végül nem szabad megelégedoznünk a jó hőállóságáról sem, amely lehetővé tette a beton tűzállóanyag ipari alkalmazását.

Ezek a változatos és különleges, néha rendkívüli tulajdonságok mutatják, hogy milyen sokféle módon használható fel az aluminátcement, de újra hangsúlyozom, ha meg is tudunk oldani vele nehéz problémákat, nem szabad általános használatra gondolnunk.

Lafuma, H.: Az aluminátcement-betonok tartóssága

Az aluminátcement-betonoknál az eddigiek során a következő okokból végbemenő szilárdságvisszaesést sikerült kimutatni: a tengervízzel történő betonozás esetén, portlandcement betonokkal való érintkezés hatására, és főleg a nagyméretű betonlétesítményeknél önmagától végbemenő károsodás. Az első két esetben a károsodást egyszerű intézkedésekkel el lehet kerülni. A harmadik esetben a hexagonális kalcium-alumináthidrátok szabályos rendszerű C_3AH_6 -á való átalakulása következtében végbemenő porozitásnövekedés okoz szilárdságvisszaesést. Ennek mértékét a vízcementtényező korlátozása, tömör, nagy cementtartalmú beton előállítása, a betonozás hőmérsékletének ellenőrzése, alkália-mentes adalékanyag felhasználása segítségével korlátozni lehet, sőt teljesen ki is küszöbölhető. Azoknál a régi létesítményeknél, amelyeknél ezeket az intézkedéseket nem tették meg, a beton kiszáritásával lehet a további szilárdságcsökkenést megakadályozni. A szükséges óvintézkedések betartásával egyes különleges esetekben ma is jogosult az aluminátcement alkalmazása. Így a legutóbbi időben az Orly repülőtér betonkifutó pályáinak gyors helyreállítását aluminátcement alkalmazásával oldották meg, melynek során a betonozás után 5 órával a repülőtér használható volt.

Я. Лафума: Глиноземистый цемент

В настоящее время известны следующие причины снижения прочности бетонов на глиноземистом цементе: в случае бетонирования морской водой под влиянием соприкосновения с бетоном на портландцементе и, главным образом, саморазрушение, происходящее в массивных бетонных сооружениях. В первых двух случаях снижение прочности может быть устранено простейшими мероприятиями. В третьем случае снижение прочности вызывается увеличением пористости, происходящим за счет превращения гексагональных гидроалюминатов кальция в кубический C_3AH_6 . Размеры этого снижения прочности могут быть уменьшены или же полностью устранены путем ограничения величины водоцементного отношения, получением плотного бетона с повышенным содержанием цемента, контроля температуры бетонирования, применением заполнителей, не содержащих щелочей и т. д. В тех старых сооружениях в которых эти мероприятия не были соблюдены, падение прочности можно предотвратить путем высушивания бетона.

Таким образом глиноземистый цемент и в дальнейшем может быть рекомендован для применения в строительстве при соблюдении необходимых мер предосторожностей.

Так, совсем недавно быстрая реконструкция бетонных летных дорожек на аэродроме в Орли была осуществлена путем применения глиноземистого цемента, причем аэродром по истечении 5 часов после бетонирования был уже пригоден для эксплуатации.

Lafuma, Hans: Die Beständigkeit von Aluminatzement-Betonen

Es gelang bis jetzt bei Aluminatzement-Betonen einen Festigkeitsrückfall aus folgenden Ursachen nachzuweisen:

Im Falle von Betonierung mittels Meerwassers, infolge der Berührung mit Portlandzementbetonen, insbesondere häufig sind aber die bei umfangreichen Betonkörpern von sich selbst eintreffenden Schäden. In den erstgenannten zwei Fällen läßt sich die Schädigung mit einfachen Mitteln vermeiden. Im drittgenannten Fall verursacht die Umwandlung der Kristallform den Rückfall der Festigkeit: die hexagonalen Kalzium-Aluminat-Hydrate gehen in im orthogonalen System kristallisierendes C_3AH_6 über, und die Porosität nimmt zu. Die Zunahme der Porosität kann durch Einschränkung des Wasser-Zementkoeffizienten, durch die Herstellung von einem Beton hohen Zementgehaltes, durch Kontrolle der Temperatur während der Betonierung, durch Anwendung von alkalifreien Zuschlagstoffen vermindert, sogar völlig eliminiert werden. Bei Bauten, wo man genannte Vorsichtsmaßnahmen nicht beachtete, kann durch austrocknen des Betons das Fortschreiten weiteren Rückfalls verhindert werden. Wenn man die Vorsichtsmaßnahmen beachtet, dann ist die Anwendung von Aluminatzementen auch heute noch begründet. Beispielsweise hat man die rasche Herrichtung des Startfeldes am Flugplatz Paris-Orly vermöge der Anwendung von Aluminatzement vorgenommen. Nach dem Verlauf von fünf Stunden konnte man den Flugplatz seiner Bestimmung zur Verfügung stellen. (S. G.)

Lafuma, Henry:

Three types of deterioration of concrete made with aluminuous cement have been detected: (i) in sea-water is used as concrete mix water, (ii) at places where aluminuous concrete is in contact with portland cement, and (iii) the self-deterioration of hydrated aluminuous cement, which takes place primarily in mass concrete structures. Types (i) and (ii) can be easily avoided by simple precautionary measures. Deterioration Type (iii) is due to the transformation of hexagonal calcium aluminate hydrates into cubic tricalcium aluminate hexahydrate. This process involves an increase of porosity and consequently a reduction in strength. The extent of this process can be controlled by using a low water-to-cement ratio, by making high-cement concretes, by a thorough temperature control during concreting, the use of alkali-free aggregate, etc. By these means the extent of porosity formation can be kept low, or even eliminated. In case of old structures, where these precautions have not been taken, further strength reduction can be avoided by the drying of the concrete. Aluminuous cement may be used for special concretes if the precautionary measures are fully kept. An example: the runway of the Paris-Orly airport has been completely renewed during one night. The application of aluminuous cement as binder in concrete enabled to put the runway in use 5 hours after concreting.

Egyesületi élet

A Közös Piac tagállamainak cserépgyártásában a Bongioanni cég présein gyártott cserepek 35%-ban vesznek részt. E cég keresi a kapcsolatokat a szocialista államokkal, ennek kapcsán február 12-én Egyesületünk rendezésében a cég képviselője, P. Kars, nagy érdeklődéssel kísért és igen érdekes előadást tartott gyártmányaikról, elsősorban automata cseréppréseikről. Az előadás első felében ismertette azokat a megfontolásokat és elveket, amelyek alapján a Bongioanni-cég cserépgyártó prései készülnek. Igen gondos elméleti munka előzi meg a formakialakítást, illetve a sebesség és nyomás menetét. A cég a présein gyártott cserepek jó minőségét, termelékenységük magas szintjét részben a nagyfokú automatizáltságnak, részben a cserépfarmák újrendszerű kiképzésének tulajdonítja. A hagyományokkal ellentétben a formák nem gipszből, hanem igen hosszú élettartamú, nagyszilárdságú, hidegen önthető műanyagból készülnek, a kiformázott cserép letapadását pedig oly módon akadályozzák meg, hogy a műanyag formára 1 mm vastagságú gumilemezt feszítenek fel, amit vákuum hatására felveszi a forma pontos alakját, és a vákuum megszűnése, illetve túlnyomás alkalma-

zása esetén a cserepet ledobja magáról. Ez a megoldás semmiféle kenést nem igényel, ennek eredményeképpen a felület minden további kezelést (engóbozás, mázazás) jól tűr. A rendszer további előnye, hogy a legkülönbözőbb szállítórendszerekhez automatikusan kapcsolható.

Az előadás második részében a Bongioanni cégnek különböző gyárakban működő, és különféle szállítórendszerekhez csatlakoztatott cseréppréseit mutatták be filmen. Jól követhető volt részben a gyártó berendezés működése, részben pedig a hozzácsatlakoztatott automatikus szállítóberendezések üzeme. A gyártási folyamatban kézimunka egyedül a kemencekocsi rakásához szükséges. E filmek bemutatták a cég által konstruált kamrás-száritók kiszolgálására alkalmas szárító-állványokat, az ezek mozgatásához szükséges tolokocsikat és tolópadokat. Ezeknek a berendezéseknek teljesítménye igen nagy, ez eredményezi a minimális, egy főnyi létszámgigényt.

Az előadást a hallgatóság nagy figyelemmel kísérte, az elhangzott, részben gazdasági kérdésekre az előadó konkrét válaszokat adott.

Valamivel több, mint 50 évvel ezelőtt Franciaországból indult újtára az aluminátcement. Megtiszteltetés számunkra, hogy most körünkben üdvözölhetjük Franciaországból H. Lafuma professzort, az aluminátcement problémájának talán az egész világon a legjobb ismerőjét. Szívből köszöntjük őt ez alkalommal.

Amilyen sima volt a portlandcement útja — annak ellenére, hogy a kötés és a szilárdulás alapvető kérdései is csak hosszú évtizedek után tisztázódtak, és a cementkutatók ma is újabb és újabb megkezeléseket hoznak —, annyira problematikus volt az aluminátcement pályája.

A kötés és szilárdulás mechanizmusa kezdettől fogva rendkívüli módon érdekelte a cementkutatókat. Csábító volt — kezdetben — a portlandcement hidratációs viszonyaira való analógia felállítása. Egy évtized sem múlt el azonban, máris nyilvánvalóvá vált, hogy az analógia nem jó; a viszonyok egészen mások, a hidratáció jellege elüt a portlandcementnél megszokott képtől, és a szilárdságnak az idő- és hőmérsékletfüggvényében történő vizsgálata során esetenként olyan jelenségeket is észleltek, melyeket sehogy sem tudtak beilleszteni a portlandcementnél megismert képbe. A portlandcementnél a szilárdság az idő függvényében, ha csökkenő mértékben is, de sokáig növekszik, az aluminátcementeknél pedig egyes esetekben veszélyes szilárdságcsökkenéssel találkozottak, amelynek okát sokáig nem tudták megmagyarázni.

Így született meg az aluminátcement probléma, külföldön is, nálunk is.

Sajnos, sok időnek kellett eltelti addig, míg ismereteink odáig fejlődtek, hogy a kérdéssel tudományos szinten is nyugodtan szembenézhesünk.

Pedig rendkívül fontosak az elméleti vonatkozású kérdések. Alapvető különbség van a kalcium-aluminátok és a kalciumszilikátok között. A kalciumalumináthidrátok lényegesen különböznek a kalciumszilikáthidrátoktól. Mások a stabilitási viszonyok, különbözők a termodinamikai feltételek.

Mindezekből és ezek időfüggvényéről keveset tudtak a szakemberek az aluminátcement első évtizedeiben.

Az aluminátcementek értékes tulajdonságai — elsősorban a rendkívül nagy kezdőszilárdság — azonban csábították a szakembereket, hogy ezt a hidraulikus tulajdonságok szempontjából értékes kötőanyagot minél nagyobb mértékben sorolják be az építészeti kötőanyagok közé.

Az elméleti kérdések tisztázatlansága egyik oldalról, a jogosnak látszó igény a széles körű felhasználásra, a másik oldalról eredményezte azt az összeütközést, amelynek évtizedeken át tanúi, sok esetben szenvedő alanyai voltunk.

Mivel pedig az eltelt évtizedekben világszerte súlyos meghibásodásokat észleltek egyes aluminátcementbetonból készült építményeken, igen komolyan és határozottan kellett felvetni a kérdést, amely leegyszerűsítve így hangzik:

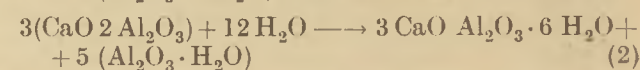
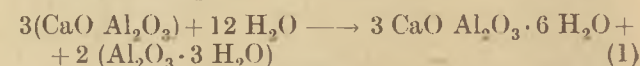
1. Időtálló-e az aluminátcement-betonból készült létesítmények?
2. Szabad-e az aluminátcementet általános építőipari célokra felhasználni?
3. Mi legyen azon létesítmények sorsa, melyek aluminátcement-betonból készültek, különös tekintettel azokra az épületekre, amelyek betonszerkezetében súlyosabb elváltozásokat észleltek?

Nagyjából ezen kérdések köré csoportosítható H. Lafuma professzor úr előadása is.

Mielőtt azonban ezekre a kérdésekre válaszolnánk, talán nem lesz hiábavaló néhány alapvető összefüggésre rámutatni. Sok kiváló cementkémikus évtizedeken át folytatott kutatásának néhány fontos eredményét szeretném itt összefoglalni, melyek hozzásegíthetnek bennünket; hogy a bonyolult problémában eligazodhassunk.

1. Az aluminátcement termékek minőségét éppúgy, mint a hidratáció során keletkezett hidrattermékek minőségét nagymértékben az aluminátcement kémiai és ásványtani összetétele határozza meg. Látszólag magától értetődő ez a megállapítás és mégis magyarázatra szorul. Ezen a helyen nem kívánok arról beszélni, hogy milyen különbségek lehetnek az aluminátcementben attól függően, hogy a fontosabb klinkerásványok ($C_{12}A_7$, CA , CA_2 , C_4AF , esetleg C_3AS) milyen arányban vannak jelen az aluminátcement klinker ásványtani összetételében.

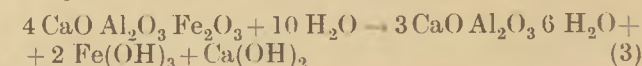
Egy kérdésre azonban ezen a helyen is rá kell mutatni. Vizsgáljuk meg a CA és a CA_2 hidratációjának elvi reakcióit. Hidratáció után $70^\circ C$ -on tartva (R. Alegre).



Az (1) egyenlet értelmében 54,8% C_3AH_6 és 45,2% $Al(OH)_3$

A (2) egyenlet alapján pedig 32,6% C_6AH_3 és 67,4% $Al(OH)_3$ keletkezik.

Csak az érdekesség kedvéért tegyük még hozzá a C_4AF hidratációjának elvi egyenletét.



Látható milyen különbség van az aluminátcementek legfontosabb klinkerásványai hidrattermékei mennyiségében.

* Hozzászólás H. Lafuma fentebb közölt előadásához.

2. Az aluminátcementek hidratációs viszonyait elsősorban a $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$ rendszer változásai szabják meg.

3. A $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$ rendszer kristályosodásának végső állapotát — tehát az aluminátcementek hidratációja eredményeképpen létrejött szilárdulási képet — a rendszerben keletkező stabilis vegyületek határozzák meg. E stabilis vegyületek:

Hidrargillit (gibbsit) $\text{Al}(\text{OH})_3$, CaCO_3 , $3 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6 \text{ H}_2\text{O}$, sőt valószínű, hogy a C_3AH_6 sem stabilis. Ezt feltételezve a végső stabilis állapotot az $\text{Al}(\text{OH})_3$ és a CaCO_3 reprezentálják.

4. A $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$ rendszerben a hidratáció kezdeti időszakát követő mindennemű változás iránya csak egy lehet; az átmeneti állapotból a végső állapotba, az instabil rendszerből a stabil rendszerbe kerülni.

5. A $3 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6 \text{ H}_2\text{O}$ stabilitási területe 20°C -on keskeny. Ezért közönséges hőmérsékleten nem tekinthető a $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$ rendszer uralkodó vegyületének.

A hőmérséklet emelkedésével a szabályos rendszerű $3 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6 \text{ H}_2\text{O}$ stabilitási területe növekszik és 30°C , vagy ezt meghaladó hőmérsékleten a $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$ rendszer meghatározó vegyülete.

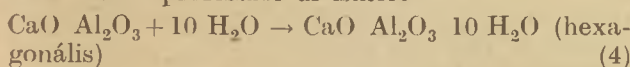
Ez magyarázza meg, miért gyorsul az alumináthidrátok átkristályosodása a hőmérséklet emelkedésekor.

Biztos vagyok abban, hogy ezekkel az elvi megállapításokkal Lafuma professzor úr is egyetért.

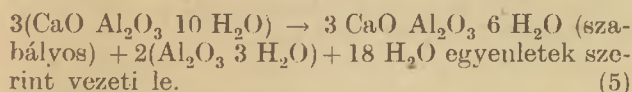
Az alumináthidrátok instabil állapotából következik, hogy az aluminátcement nem lehet stabilis, megbízható építőanyag.

Itt is csak egy kérdésre utalok. Az közismert tény, hogy a víz—cement tényező növekedésével a szilárdság tekintélyes mértékben csökken. Ez a szilárdságcsökkenés egyforma mértékben áll a portlandcementekre és aluminátcementekre.

Fölös víz jelenlétében, különösen pedig a hőmérséklet növekedésével meggyorsul a hexagonális alumináthidrátok szabályos rendszerű alumináthidrátta való átalakulása. Az átalakulási folyamatot Lafuma professzor úr ismert



illetve



Az egyenletek értelmezésében valamennyi magyar cementkutató egyetért Lafuma professzorral. Vizsgálataink során több mint egy évtizeddel megelőtt mi is eljutottunk oda, hogy az aluminátcement-betonok hibái egyik forrásának a feles víz-mennyiséget jelöltük meg.

Az Építőanyag c. magyar szaklap 1962. évi 3. számában megjelent „Az aluminátcement-betonok” c. cikkemben a következőket írtam: „... a szilárdságcsökkenés mértéke nagymértékben függ a v/c tényező alakulásától. Minél kisebb v/c tényezővel kell dolgozni; ez az aluminátcementek felhasználásának egyik fontos feltétele.”

Ismerjük Lafuma professzor 1964. májusában, Madridban tartott előadását (Les aluminates de calcium dans le ciment alumineux et dans le ciment portland). Tudjuk, hogy az itt ismertetett gondolatmenetet már ott kifejtette, de ide jutott el a többi magyar cementkutató is (Dolezsai, Révay, Szilágyi).

A feles víz adagolásának következménye a beton porozitásának növekedése. Ennek megítélésében is egyetértünk. Ezzel kapcsolatban is legyen szabad egy 1955-ből származó értekezéséből (Kandidátusi disszertáció, 1955) pár szót idézni: „Az említett komplex hatások közül a beton porozitásának, a cement, az adalékanyagok és víz alkálitartalmának és végül CO_2 tartalmának együttes hatását kell kidomborítanunk. A tapasztalatok szerint az aluminátcementek szilárdságának csökkenése porózus betonokban és általában betonokban sokkal nagyobb mérvű, mint tömör testekben, pl. tiszta cementhabarcsban, vagy akár szabvány szilárdsági vizsgálatokra szolgáló rendkívül tömör próbatestekben”.

Igen érdekes azonban az, hogy a beton tömörségével kapcsolatos vizsgálatok során mi csak a legutóbbi években jutottunk el a cementtartalom növelésének kérdéséhez.

Ma már nem lepődünk meg azon, hogy jóminőségű aluminátcement-beton előállításához 400 kg/m^3 , vagy ezt meghaladó cementmennyiséget kell felhasználni. A mi kutatóink is eljutottak eddig — ezért is nagyon örülünk annak, hogy Lafuma professzor úr megerősítette kutatásaink eredményét.

Még egy-két vizsgálati eredmény, amelynek értékelése tekintetében véleményünk nem teljesen azonos:

a) Hosszú időre kiterjesztett szabványszilárdsági vizsgálataink sem mentesek a tekintélyes szilárdságviisszaeséstől. Pedig ezek a próbatestek a kritikus v/c körüli vízmennyiséggel készültek. Igaz, hogy a szilárdságviisszaesés mértéke — mint korábban már említettem — jóval kisebb, mint nagyobb v/c tényezővel készült betonoknál.

b) Ezeknél a próbatesteknél — melyek tehát kis v/c tényezővel, nagy cementadagolással, kitűnő bedolgozás mellett készültek és a tárolási hőmérséklet nem haladta meg a 20°C -ot, a nyomószilárdság 5—7 évig növekedett és igen magas nyomószilárdsági értékek elérése után kezdett a szilárdság csökkenni. Ez a tény igazolja a kristályszerkezet átalakulásával kapcsolatban most is és 1961-ben a Prágai Rilem Kongresszuson elmondottakat.

Hasonló a helyzet $0,40$ körüli v/c tényezőjű betonoknál, bár ezeknél a cementadagolás a 300 kg/m^3 értéket ritkán haladta meg.

Mindezek miatt a szigorú óvatosságot, a fenntartást továbbra is indokoltnak tartjuk az aluminátcementekkel kapcsolatban.

Téziseink 2. pontjában azt a kérdést tettük fel, szabad-e az aluminátcementnek általános építőipari felhasználására gondolni?

Az elmondottak alapján erre a kérdésre könnyű válaszolnunk. Nem, semmiképpen nem gondolhatunk arra, hogy széles kaput nyissunk az aluminát-

cementek felhasználása előtt. Ezt mondja Lafuma professzor úr — jóllehet előadásából azt látjuk, hogy Franciaországban könnyíteni kívánnak azon a rendeleten, amely 1943-ban gyakorlatilag megtiltotta az aluminátcement építészeti felhasználását.

Szabad-e, ha igen hol szabad mindezek után felhasználni az aluminátcementeket?

Erre a kérdésre válaszolva legyen szabad újból hivatkozni korábbi évekből: „Sokszor elmondtuk már, ez alkalommal is csak idézhetünk. Sürgős, gyors munkáknál, ideiglenes jellegű épületeknél, duzzadó cement gyártásánál, hó és tűzálló betonok készítésére, injektálásra és általában olyan esetekben, mikor a gyors szilárdulás, a nagy kezdőszilárdság rendkívül fontos és a későbbi szilárdságcsökkenés nem számít”.

Téziseink harmadik pontjára: „Mi legyen azon létesítmények sorsa, melyek aluminátcementből készültek? — nem könnyű választ adni.

A kérdésre Lafuma professzor úr is megkísérelt válaszolni. Véleményem szerint a Magyarországon elindított nagyszabású felmérő munka és az egyes építmények felülvizsgálata után tudunk csak építményekre kiterjedő választ adni. Általános, vagy elvi megállapításokat tenni értelmetlen, de sok esetben veszélyes is lehet.

A munka kétirányú. Vizsgáljuk a szerkezeteket, a beton szilárdságának és az építmény igénybevételének függvényében.

A másik irány a betonok öregedését röntgenográfiai úton követni.

Feltételezésünk szerint az aluminátcement-betonokban jelenlevő kristályfázisok tájékoztatást adnak arról, hogy a beton szerkezeti szempontból milyen átalakulási stádiumban van és a vizsgálat idején a szilárdság milyen mértékű csökkenésére lehet számítani.

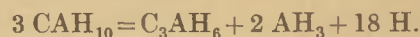
A bauxitbetonban rendszerint az alábbi kristályos fázisok lépnek fel:

I.	II.	III.
CA	CAH ₁₀	kvarc
C ₁₂ A ₇	C ₂ AH ₈	vaterit
C ₄ AF	C ₂ ASH ₈	kalcit
C ₂ AS	C ₃ AH ₆	hidrargillit
C ₂ F	α C ₄ AH ₁₃	gibbsit
	β C ₄ AH ₁₃	
	AH ₃	

Az első oszlopban a nem hidratált klinkerásványokat, a másodikban a hidratált klinkerásványokat, a harmadikban a semlegesen viselkedő, illetőleg tovább nem bomló kristályfázisokat tüntetjük fel.

Ezek közül nem mindegyik játszik lényeges szerepet. Az aluminátcementben a fő kristályos al-

kotórészek: a C₁₂A₇, CA, CA₂ és a ferritek. A frissen készült betonban a beadagolt kvarcon kívül a hőmérséklet függvényében C₄AH₁₃ (α és β forma), oktahidrátok és CAH₁₀ fordul elő. A jól ismert kémiai bomlási egyenlet szerint:



A fő szilárdsághordozó CAH₁₀ alumínium-hidroxid és víz képződése közben C₃AH₆-tá alakul át. Ennek a folyamatnak a következményeiről már beszéltünk. A további bomlás folyamán az Al₂O₃ gibbsitté alakul, a CaO pedig a CO₂ behatására karbonáttá (vaterit vagy kalcit).

A bomlási folyamatok követésénél tehát elég, ha néhány kiválasztott kristályos „vezérandó” jelenlétét követjük figyelemmel, ezek jelzik az átalakulás és ezzel együtt a szilárdságcsökkenés stádiumát. Ezek a fontos kristályos fázisok: CAH₁₀, C₃AH₆, AH₂ és a karbonátok.

Kifogástalan állapotban van a beton és nagy a szilárdsága akkor, amikor a jellemző kristályfázisok közül csak CAH₁₀-et tartalmaz. Ha már a C₃AH₆ jelenléte is kimutatható az átalakulás folyamata megindult. A bomlás erősen előrehaladott stádiumban van, ha a betonban dekahidrát már egyáltalában nem mutatható ki, csak C₃AH₆, a gibbsiten és esetlegesen képződött karbonátásványokon kívül. A végső bomlási stádiumban a vizsgált anyag már csak gibbsitet és karbonátokat tartalmaz a jellemző kristályos fázisok közül.

A SZIKKTI-ben nagyon sok vizsgálattal ellenőriztük a fent elmondottak helyességét.

Legújabb vizsgálataink arra irányulnak, hogy a röntgenográfiai úton megállapított kristályos fázisokat mennyiségileg is meghatározzuk és ilyen módon számszerű összefüggést keressünk a jelenlevő kristályfázisok mennyisége (illetőleg azok egymáshoz való viszonya) és a szilárdsági adatok között.

Lafuma professzor úr előadásához fűzött hozzászólásomat igyekeztem a legfontosabb kérdések köré csoportosítani. Több fontos kérdésről nem beszéltünk. Pl. a „szabad víz” okozta viszkózitási viszonyok, illetve a kohéziós erők megváltozásáról, CO₂ kezeléséről stb.

Nem beszéltem ezekről a kérdésekről, mert még sok vizsgálat folyamatban van, és ezek eredménye formálhatja véleményünket egy-két dologról.

Jó volna, ha később ezekről a problémákról is kicserélnénk véleményünket, mert Franciaországban és Magyarországon egyet akarunk.

Az aluminátcement probléma felderítését, ha lehet végső megoldását.

Ebben az irányban is előrelépést jelent H. Lafuma professzor úr előadása.

1. Bevezetés

A beton — összefüggésben az építőipar minden ágazatának rohamos fejlődésével — az elmúlt évtizedek alatt egyrészt fontos szerepkört vívott ki magának az építőanyagok között, másrészt ismereteink is ezzel arányosan bővültek róla. Ha mint anyagnak a fejlődését vizsgáljuk, akkor ezt jellemezheti a betonkategóriák egyszerű felsorolása is. Eszerint megkülönböztethetünk nehéz-adalékos, homokos-kavics adalékos és könnyű-adalékos betonokat. Közismert, hogy a legnagyobb mennyiségi részarányt a homokos-kavics adalékkal készített betonok képviselik, ezzel szemben pl. a könnyű-adalékos betonok kategóriája külön tudományág kifejlődésével járt.

Ismereteink fejlődésének útja és tartalma a betonról viszont úgy összegezhető, hogy törekedtünk feltárni mindazokat az összefüggéseket, amelyek birtokában tudományos megalapozottsággal előre meg lehet határozni előírt tulajdonságú betonok összetételét. Ezt a tevékenységet nevezzük betontervezésnek, amely napjainkban már egyértelműen meghatározott lépésekből áll.

Ennek alapján nyomon lehet követni a korszerűség követelményének a fejlődését is a betontervezésben. Ha a korszerűség követelményét témánkhöz ennek megfelelően kívánjuk megfogalmazni, akkor azt mondhatjuk, hogy műszaki értelemben korszerű az a megoldás, amely legújabb ismereteinknek megfelelően a legkevesebb társadalmi munka ráfordításával szolgáltatja a kívánt eredményt.

Korlátozzuk a továbbiakban témánkat a homokos-kavics adalékkal készített betonok kategóriájára, anélkül azonban, hogy az általánosíthatóság igényét más kategóriákra nézve csorbítanánk. E megszorítással kijelenthetjük, hogy a betontervezés mai gyakorlatát előbbi meghatározásunk tükrében nem nevezhetjük korszerűnek, mivel befejeződik azzal, hogy meghatározza a betonalkotók százalékos összetételét. Ez azzal egyenértékű, hogy csupán diszperz anyagrendszert határoz meg, amely betonná csak két további művelet: a keverés és a tömörítés révén válik. E két műveletre nézve a jelenlegi tervezési segédletek és előírások útmutatásokat nem tartalmaznak.

A beton megjelenése óta felhasználásának köre és területe fokozatosan szélesedett, így fejlődniök kellett a tömörítési módoknak és eszközöknek is. A döngölést és más régebbi eljárásokat szinte egyeduralkodóként váltotta fel a vibrációs betontömörítés. A tömörítési mód ezen belül ma már a betontól nem elválasztható. Sokszor egyidejűleg függvénye a betontárgy szerkezetének és alakjának is. Ez szükségyszerűen veti fel annak a kényszerét, hogy egyfelől a tömörség (mint a beton lényeges tulajdonsága), másfelől a tömörítés szabályozásának érdekében a tervezést a tömörítésre is

kiterjesszük. Ez — az előbbieknél megfelelően — feltétele a korszerűségnek. Ez a feladat napjainkig nem egyértelműen megoldott, s mind a betontechnikusoknak, mind a technológusoknak egyik nagy problémájukat jelenti. A következőkben — szám példák kapcsán — bemutatunk egy lehetséges, egységes elvet, amely alkalmas a betontervezésben hiányolt kiegészítés megvalósítására.

2. A feladat megfogalmazása

A vibrációs betontömörítés ma ismert módozatainak megfelelően komplex feladatot állítunk fel, s ezzel összefüggésben több tömörítési módra terjesztjük ki. Tehát:

2.1 Legyen feladat gyártani tömegcikknek számító vasbetonelemet $150 \times 75 \times 20$ cm méretekkel, B 500-as minőségben. Hétórás tiszta műszakidő alatt egy ugyancsak tervezés tárgyát képező konveyer rendszerű gyártósoron 50 db elemet kell készíteni, vagyis követelmény 7,6 db elem előállítása óránként. Ezt a mennyiséget a biztonság érdekében 9 db/h értékre emeljük, miáltal a keresett ciklusidő $7 \text{ min/db} = 4,2 \cdot 10^{-2} \text{ s/db}$. Ebbe a ciklusidőbe a tömörítés során minden rész műveletnek is bele kell férnie. Tételezzük fel, hogy az időelemzés az alábbi eredményeket adta:

A gyártószablon begördítése a vibrátorasztal fölé	20 s
A szablon megtöltése laza betonnal	90 s
A szablon letisztítása a tömörítés után	20 s
Kigördítés az asztal teréből	20 s

Összesen $1,5 \cdot 10^2 \text{ s}$.

A tömörítésre emiatt $4,2 \cdot 10^{-2} - 1,5 \cdot 10^2 = 2,7 \cdot 10^2 \text{ s}$ maradt, mint egyáltalán megengedhető maximum. **Kérdés:** mik annak a vibrátorasztalnak a paramétere, amellyel a feladatot meg lehet oldani?

2.2 Ugyanabból a betonból, mint amelyet a 2.1 feladat megoldásánál felhasználtunk, HV11 típusú rúd vibrátorral tömöríteni kell egy $3 \times 4 \text{ m}$ felületű és laza állapotban a rúd vibrátor tömörítőfejével azonos vastagságú betonlemezt, amelynek minősége ugyancsak B 500-as kell legyen. **Kérdés:** milyen hosszú ideig kell működtetni függőleges fejjel, hogy a kívánt betonminőséget elérjük?

2.3 Ugyanazt a betonlemezt, mint 2.2 alatt, mennyi ideig kell az L2c lapvibrátorral tömöríteni, hogy a beton minősége ismét B 500-as legyen?

A 2.1 feladat géptervezéssel, a 2.2 és a 2.3 meg-
levő gépek üzemviszonyainak szabályozásával azonos feladatok.

3. A betonösszetétel megtervezése

A teljesség kedvéért tételezzük fel három homokos-kavics adalékfajtát, rendre $D_{\max} = 30 - 20 - 10$ mm-es maximális szem nagysággal, valamint az

ME—19—63 műszaki előírásoknak megfelelő folytonos szemszerkezettel. Alkalmazzunk a betonhoz $C=6 \cdot 10^2 \text{ km}^{-2}$ minőségi kategóriájú cementet. A tervezést az [1] és [2]-ben közölt összefüggések, elvek és táblázatok felhasználásával végezzük. Ennek megfelelően

a vízcementtényező meghatározása

Mivel

$$\frac{v}{c} = \frac{A}{K + A \cdot B} \quad (1)$$

ahol $K \text{ kpcm}^{-2}$ a beton elérendő szilárdsága, A és B táblázati állandók, ezért a vonatkozó számértékekkel

$$\frac{v}{c} = 3,67 \cdot 10^{-1}.$$

A vízcementtényező redukálása

Mivel

$$\left(\frac{v}{c}\right)_{red} = \frac{v}{h \cdot h_0} \quad (2)$$

ahol v/c a vízcementtényező (1) szerint, h és h_0 táblázati állandók, azért a vonatkozó számértékekkel

$$\left(\frac{v}{c}\right)_{red} = 3 \cdot 10^{-1} - 3,3 \cdot 10^{-1}. \quad (3)$$

A gazdaságos cementmennyiség meghatározása

Feltesszük, hogy a felhasználásra szánt három adalék finomsági mérőszámai az alábbiak, s ezért a finomsági mérőszámok korrekciójának számításától — ami a gyakorlatban sokszor előforduló kényeszer — az egyszerűség kedvéért eltekintünk:

$D_{max} \text{ mm}$	30	20	10
m	5,6	5,0	4,4

Mivel

$$C = \frac{2,3 \cdot 10(10 - m)}{\left(\frac{v}{c}\right)_{red} - 1 \cdot 10^{-1}} \quad (5)$$

ahol C a cementadagolás kpm^{-3} , m az adalék finomsági mérőszáma,

$$\left(\frac{v}{c}\right)_{red} = \text{az előzőeknek megfelelő redukált vízcementtényező},$$

azért az esetünkre vonatkozó számértékekkel a cementadagolás (5) alapján

$D_{max} \text{ mm}$	30	20	10
$C \text{ kpm}^{-3}$	$4,35 \cdot 10^2$	$4,88 \cdot 10^2$	$5,56 \cdot 10^2$

Az optimális finomsági mérőszám ellenőrzése

Mivel az optimális finomsági mérőszámot megadó összefüggés

$$m_0 = 2,66 \cdot \lg D_{max} + 8,4 \cdot 10^{-1} + 2,8 \cdot 10^{-3} \cdot C, \quad (7)$$

azért az esetünkre vonatkozó számértékekkel az optimális finomsági mérőszámok:

$D_{max} \text{ mm}$	30	20	10
m_0	5,96	5,81	5,06

Eljárásunk akkor adott korrekciók nélkül elfogadható eredményt, ha fennáll, hogy

$$8,9 \cdot 10^{-1} \cdot m_0 \leq m \leq 1,07 m_0. \quad (9)$$

Ennek az összefüggésnek az alapján azt kapjuk, hogy korrekció nélkül csak a $D_{max}=30$ jelű adalék felel meg. A másik kettő viszont csak olyan kis-mérvű korrekcióra szorulna, hogy az egyszerűség kedvéért a korrekciós számításokat mellőzzük és mindhárom adalékot megfelelőnek fogadjuk el.

Tételezzük még fel, hogy az esetlegesen számításba veendő gőzérlelés az eddig egyértelmű tervezési lépéseken korrekciókat nem követel (ezek végrehajtása egyébként egyszerű). E feltételünk mellett kijelenthetjük, hogy az eddigiekben mindhárom adalékfajtára nézve meghatároztuk a kívánt betonminőséget adó anyagösszetételeket, ezzel a tervezés során eljutottunk a próbatestek készítésének fázisához.

4. A próbatestek készítése

A betontervezés lényeges mozzanata a próbatestek készítése. Ennek során eddig szabványos döngölőszerszámmal tömörítették a betont a próbatessablonba, miközben a tömörítési munka a döngölőszerszám ütőszámával és ejtőmagasságával volt egyértelműen reprodukálható módon meghatározva. A valóságos betontárgyak tömörítése ettől a tömörítési módtól lényegesen eltér úgy, hogy az eltérések miatt a két tömörítési eljárás nem összemérhető. Így a próbatestek tömörítésénél meghatározható munkamennyiség a valóságos betontárgyak készítésénél semmire sem használható számértéket jelent csupán. Ehhez az állapothoz képest kettős változást javasolunk:

a) A próbatestet tömörítsük etalon vibrátor-asztalon,

b) készítsük a próbatesteket fokozatosan növekvő tömörítési munkával és rendeljük egymáshoz az optimális betonszilárdságot, valamint az ezt adó tömörítési munkamennyiséget.

A vibrátorasztal etalon-jellegét csak azért kötjük ki, hogy a tömörítési munkavégzés számításához szükséges paramétereit ne kelljen esetenként nehézkes számításokkal és mérésekkel meghatározunk. Tételezzük még fel, hogy az etalonasztal olyan, hogy egyszerre annyi próbatestet tömöríthetünk rajta, amennyi ahhoz szükséges, hogy a kapott értékeket a matematikai statisztika törvényei alapján értékelhessük. Rögzítsük a próbatestek sablonjait mereven hozzá az etalonasztalhoz és legyen az asztal rezgésszáma $n_e = 3 \cdot 10^3 \text{ min}^{-1}$, mint az emiatt legegyszerűbben megvalósítható, s leggazdaságosabb rezgésszám. Legyen végül az asztal tömegeloszlása olyan, hogy az egytömögűnek tekinthető rezgőrendszer mértékadó maximális sebessége

$$v_{0e} = 10 \text{ cms}^{-1} \quad (10)$$

értékkel legyen számításba vehető.

A továbbiakban feltesszük, hogy lépcsőzetesen növekvő időtartamokkal próbatestek sorozatát készítettük el, ezeket roncsolásos vizsgálatnak vettük alá és egymáshoz rendeltük a betonszilárdságot, valamint azt a legkisebb időt, amely a megfelelő betonszilárdságot adta. Legyenek ezek az időtartamok az alábbiak:

$D_{\max}$ mm	30	20	10
t_s	$2,4 \cdot 10^2$	$1,8 \cdot 10^2$	$1,2 \cdot 10^2$

(11)

Az etalon vibrátorasztal adatainak, a tervezett beton adatainak és a próbatestek készítésének során mért adatok birtokában *számítani tudjuk az optimális betonszilárdsághoz tartozó fajlagos tömörítési munkamennyiséget*. Ha az így számított munkamennyiséget hozzárendeljük a beton optimális szilárdságához, olyan jellemzőhöz jutunk, amely lehetővé teszi *tetszőleges tömörítési módra* a szabályozás lehetőségét biztosító paraméterek meghatározását. A fajlagos tömörítési munkavégzést a vibrációs módoktól függően más-más képlettel kell számolnunk. Ezért a következőkben példáinkat úgy alakítjuk, hogy az eltérő képletek alkalmazását bemutathassuk.

Feltettük, hogy az etalon vibrátorasztalhoz a próbatestek sablonjait *mereven rögzítettük*, a fajlagos munkavégzést mérő összefüggés ebben az esetben

$$p_d = 1,4 \cdot 10^{-5} \frac{\gamma n v_0 t}{\beta - 1} \text{ kpcm}^{-2}. \quad (12)$$

Ez és a későbbi, a többi módra vonatkozó képlet is igazolhatóan munkamennyiséget mér, annak ellenére, hogy nyomásdimenziójúak. Ennek igazolására azonban itt nem térünk ki [7].

Itt

γ (kpcm⁻³) a frissen tömörített beton térfogatsúlya

n (min⁻¹) az asztal gerjesztésének rezgésszáma

v_0 (cms⁻¹) az egytömegűnek tekintett gerjesztett rendszer maximális sebessége

t (s) a tömörítés időtartama

β (—) a beton tömörödési tényezője.

Mérések alapján a tömörödési tényezők és a térfogatsúlyok az általunk most tervezett betonokra vonatkozóan az alábbiak.

$D_{\max}$ mm	30	20	10
β	1,21	1,23	1,27
γ kpcm ⁻³	$2,44 \cdot 10^{-3}$	$2,43 \cdot 10^{-3}$	$2,4 \cdot 10^{-3}$

(13)

Ha (12)-be a vonatkozó számértékeket helyettesítjük, akkor a fajlagos tömörítőhatás jellemzésére az alábbi eredményeket kapjuk:

$D_{\max}$ mm	30	20	10
p_d kpcm ⁻²	1,18 · 10	8	4,5

(14)

Ezeket az értékeket most a betontervezés befejező lépéseként hozzárendeljük a keresett betonokhoz, mint anyagjellemzőket és a továbbiakban azt vizsgáljuk, hogyan használhatók a 2.1—2.3 pontokban megfogalmazott feladatok megoldásához.

5. A 2. pontban megfogalmazott feladatok megoldása

5.1 A vibrátorasztal méretezése (2.1 feladat)

Ha az előbbiek során megtervezett betonokból kell akár tömegcikknek számító elemeket, akár egyedi betontárgyakat készítenünk, akkor

azonos tömörség és ezzel arányosan azonos szilárdság eléréséhez az elem, vagy a műtárgy betonját is szükségszerűen azonos fajlagos tömörítőhatásnak kell érnie, mint a próbatest-betont.

Vizsgáljuk most a tömegcikket 2.1 szerint! Ezt az elemet úgy szándékozunk gyártani, hogy sablonja nincsen a vibrátorasztalhoz mereven hozzáerősítve, ezért a fajlagos munkavégzést (12) helyett az alábbi összefüggés szerint kell számolnunk:

$$p_d = \frac{\gamma v_0 t}{\beta - 1} \text{ kpcm}^{-2}, \quad (15)$$

ahol a mennyiségek azonosak a (12)-nél közöltekkel. Minden konkrét esetben ismerjük a sablon méreteit, ennek következtében súlyát. Ezeket az adatokat most fel kell vennünk a vibrátorasztal szükséges adataival együtt, hogy határozott számértékeink legyenek. Ennek megfelelően

A betonsúly (adott érték) $G_b = 5 \cdot 10^2$ kp
A sablonsúly $G_s = 7,5 \cdot 10^2$ kp
Az asztallap súlya a gerjesztéssel $G_a = 7,5 \cdot 10^2$ kp

Az összes gerjesztendő súly . . $G_d = 2 \cdot 10^3$ kp

A következő lépésben tisztáznunk kell a rezgésszám problémáját. Annak igazolására, hogy a rezgésszám egy gyakorlati alsó rezgésszám felett nem elsődleges szerepű, számításainkat példánkban három kitüntetett rezgésszámra terjesztjük ki, mégpedig:

	1	2	3
n min ⁻¹	$3 \cdot 10^3$	$4,5 \cdot 10^3$	$6 \cdot 10^3$

(16)

A rendszert a különmozgó sablon ellenére egytömegűnek tekintjük és a gerjesztéshez fokozatmentesen állítható gerjesztőművet veszünk számításba. Ezért, ha G_a és G_s ingadozik, ennek figyelembevételével korrekciós lehetőségünk van. A példának választott rezgésszámok mellett a rezgés szögsebességei:

	1	2	3
ω s ⁻¹	$3,14 \cdot 10^2$	$4,72 \cdot 10^2$	$6,28 \cdot 10^2$

(17)

Mivel már a próbatestek készítésénél kiderült, hogy az adalék maximális szemnagyságának csökkenő sorrendjében csökken a beton fajlagos tömörítési munkaigénye, a vibrátorasztalt a $D_{\max} = 30$ jelű adalékkal készített beton adataira méretezzük, így a kész vibrátorasztalon a másik két ada-

lékkal készített beton esetében a tömörítési idővel szabályozhatjuk a szükséges munkavégzést.

A méretezés első lépése ennek megfelelően, hogy (15)-ből az összes ismert adattal kifejezzük a $v_0 t$ szorzatot:

$$\frac{2,1 \cdot 10^{-1} \cdot 1,18 \cdot 10}{2,44 \cdot 10^{-3}} = v_0 t. \tag{18}$$

E kifejezés jobb oldalán a két tényező valamelyikét tetszőlegesen választhatjuk. Nyilvánvaló, hogy t -t kísérreljük meg megfelelő módon és célszerűen megválasztani, ehhez bázis a ciklusidő, amit 2.1 alatt határoztunk meg. Minél rövidebb idő alatt akarjuk az elemet tömöríteni, annál robusztusabb gép-szerkezetet kapunk. Minél hosszabb lehet a tömörítési idő, annál „könnyebb” szerkezettel érünk célt. Az időtartamok tehát a ciklusidőn belül végtelen sok értéket vehetnek fel. Az eltérő időtartamok hatásának érzékeltetésére ragadjunk ki három reálisan lehetséges rezgésszámot, s rendeljük hoz-

zájuk az adódó egyértelmű sebességeket. Ekkor az alábbi eredményeket kapjuk:

	1	2	3
$t \text{ min} =$	4,5	3,5	2,5
$= ts$	$2,7 \cdot 10^2$	$2,1 \cdot 10^2$	$1,5 \cdot 10^2$
$v_0 \text{ cms}^{-1}$	3,8	4,9	6,85

(19)

Ezek tehát (18) alapján egyértelmű mennyiség-párok. Mivel egytömögű rezgőrendszerekben az amplitúdó

$$A_0 = \frac{v_0}{\omega} \text{ cm}, \tag{20}$$

azért (16) és (17) miatt három amplitúdót rendelhetünk mindhárom sebességhez, illetve tömörítési időhöz. Az egymáshoz rendelt mennyiségeket (21) mutatja:

	$n \text{ min}^{-1}$	$3 \cdot 10^3$	$4,5 \cdot 10^3$	$6 \cdot 10^3$
	s^{-1}	$3,14 \cdot 10^2$	$4,72 \cdot 10^2$	$6,28 \cdot 10^2$
$t = 4,5 \text{ min} =$ $= 2,7 \cdot 10^2 \text{ s}$	$v_0 \text{ cms}^{-1}$	3,8	3,8	3,8
	$A_0 \text{ cm}$	$1,21 \cdot 10^{-2}$	$8,05 \cdot 10^{-3}$	$6,05 \cdot 10^{-3}$
$t = 3,5 \text{ min} =$ $= 2,1 \cdot 10^2 \text{ s}$	$v_0 \text{ cms}^{-1}$	4,9	4,9	4,9
	$A_0 \text{ cm}$	$1,56 \cdot 10^{-2}$	$1,04 \cdot 10^{-2}$	$7,8 \cdot 10^{-3}$
$t = 2,5 \text{ min} =$ $= 1,5 \cdot 10^2 \text{ s}$	$v_0 \text{ cms}^{-1}$	6,85	6,85	6,85
	$A_0 \text{ cm}$	$2,18 \cdot 10^{-2}$	$1,45 \cdot 10^{-2}$	$1,09 \cdot 10^{-2}$

(21)

Ezekkel az összetartozó értékekkel a gerjesztőmű kinetikai nyomatókai

	$M \text{ cmkp}$ kinetikai nyomatókai		
$n \text{ min}^{-1}$	$3 \cdot 10^3$	$4,5 \cdot 10^3$	$6 \cdot 10^3$
$t = 2,7 \cdot 10^2 \text{ s}$ $t = 2,1 \cdot 10^2 \text{ s}$ $t = 1,5 \cdot 10^2 \text{ s}$	$2,42 \cdot 10$ $3,12 \cdot 10$ $4,36 \cdot 10$	$1,61 \cdot 10$ $2,08 \cdot 10$ $2,50 \cdot 10$	$1,21 \cdot 10$ $1,56 \cdot 10$ $2,18 \cdot 10$

(22)

Ezekkel az adatokkal a gerjesztőmű minden részletében pontosan tervezhető. Ha az asztal statikus lesüllyedését egy a gyakorlat által sugallt értékben limitáljuk, akkor ez egyértelművé teszi a rugózatot. Legyen így a lesüllyedés mértéke $f = 3 \cdot 10^{-1} \text{ cm}$, s ekkor az eredő rugóállandó

$$c_e = \frac{f}{G_\delta} = \frac{3 \cdot 10^{-1}}{2 \cdot 10^3} = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ cmkp}^{-1}. \tag{23}$$

Az asztalt négy rugó könnyen hordhatja, emiatt egy rugó állandója

$$c = 4 \cdot 1,5 \cdot 10^{-4} = 6 \cdot 10^{-4} \text{ cmkp}^{-1}. \tag{24}$$

Ezzel a vibrátorasztal minden lényeges paraméterét meghatároztuk, ezekből valamennyi többi is

kiszámítható. Bemutatott méretezési eljárásunkban a *gépszerkezet paraméterei a megmunkálandó anyag paramétereiből logikusan és kihagyások nélkül következtek.* (21) és (22) igazolják, hogy azonos tömörítőhatásokat a paraméterek sok kombinációjával el lehet érni. Ezzel cáfoljuk azokat a véleményeket, amelyek bizonyos rezgésjellemzőket, vagy ezek kitüntetett kategóriáit *önmagukban* jobbaknak ítélnék másoknál. Mint megmutattuk: ez nem áll.

5.2. A rúd-vibrátor üzemviszonyainak meghatározása (2.2 feladat)

A hazai sorozatgyártású rúd-vibrátor a HV11 típusú. Ennek feladatunk szempontjából vett legfontosabb adatai:

A tömörítőfej átmérője	$2R_1 = 6,8 \text{ cm}$
A tömörítőfej hossza...	$H = 3,2 \cdot 10 \text{ cm}$
A gerjesztés fordulatszám...	$n = 6,5 \cdot 10^3 \text{ min}^{-1}$
A gerjesztés szögsebessége	$\omega = 6,82 \cdot 10^2 \text{ s}^{-1}$
A kinetikai nyomatókai...	$M = 7,45 \cdot 10^{-1} \text{ cmkp}$
A centrifugális erő.....	$C_0 = 3,5 \cdot 10^2 \text{ kp}$

E tömörítőszerkezet hatásugait — más mérések alapján — az eddigiekben vizsgált betonjainkban az alábbi értékekkel vehetjük számításba:

$D_{\max}$ mm	30	20	10
R_2 cm	20	10	8

A függőleges fejállásban a betonba merített rúd-vibrátor olyan munkát fejt ki, amelynek a tömörítést jellemző része a

$$p_d = \frac{C_0 v_d \beta}{V_l(\beta - 1)} \text{ kpcm}^{-2} \quad (26)$$

összefüggéssel írható le. Ebben (12)-höz és (15)-höz képest új mennyiségek:

C_0 kp = a tömörítőfej eredő centrifugális ereje

V_l cm³ = a tömörítőfej R_2 cm hatásugával és a fej H cm hosszával meghatározott lazabetonhengertérfogat.

Meg kell még jegyeznünk, hogy v_0 -t ez esetben a hatásugáron belül tömörített betonsúly, mint a fejjel együttrezgő merev test és a kinetikai nyomaték hányadosaként számítjuk, nem törődve azzal, hogy a tömörödő beton a valóságban sohasem merev test. Ha M cmkp a vibrátor kinetikai nyomatéka, akkor

$$v_0 = \frac{M \omega \beta}{R_2^2 \pi H \gamma} \text{ cms}^{-1}. \quad (27)$$

s így (26) a következő alakot veszi fel:

$$p_d = \frac{C_0 M \omega t \beta}{(\beta - 1) R_2^2 \pi^2 H^2 \gamma} \text{ kpcm}^{-2}. \quad (28)$$

Egy F cm² felület tömörítésekor a fej bemerítéseinek száma

$$b = 1,5 \frac{F}{R_2^2 \pi}, \quad (29)$$

ahol a 1,5-es szorzó a hatásugárral meghatározott tömör beton-körhenger szükség szerű átfedései miatt szerepel. (28)-ból az egy helyen történő bemerítés szükséges tömörítési ideje

$$t = \frac{p_d(\beta - 1) R_2^4 \pi^2 H^2 \gamma}{C_0 M \omega \beta} \text{ s} \quad (30)$$

s az F cm² felület tömörítéséhez szükséges teljes idő, az áthelyezésekhez szükséges időtartamok nélkül:

$$T = bt = \frac{p_d(\beta - 1) R_2^2 \pi H^2 \gamma 1,5 F}{C_0 M \omega \beta} \quad (31)$$

Ha ebbe az összefüggésbe rendre (13)-ból és (14)-ből a megfelelő számértékeket helyettesítjük a rúd-vibrátor ismert adataival együtt, akkor az alábbi eredményeket kapjuk:

$D_{\max}$ mm	30	20	10
T	s	$6,5 \cdot 10^3$	$1,8 \cdot 10^3$
	h	1,81	$5 \cdot 10^{-1}$

Ezekben az időtartamokban — amint erre a figyelmet felhívtuk — nincsen benne a tömörítőszerkezet áthelyezéséhez szükséges idő egyik bemerítési helyről a másikra, valamint az az időtartam sem, amíg a tömörítőfej teljes hosszában belemerül a betonba. A kiszámított idők azokat az elméleti minimumokat jelentik, ameddig a fejnek működnie kell tömöríthetést kifejtve. *Ha a betont ennél rövidebb ideig tömörítjük, akkor elvben nem érheti olyan mértékű tömöríthetőség, amely a B 500-as betonminőség eléréséhez szükséges lenne.* A kiszámított időértékeket már megalapozottan lehet növelőszorzókkal a gyakorlathoz igazítani. A számítás — mellékeredményként — megalapozott választ ad arra a kérdésre is, hogy adott tömörítőszerkezet adott feladathoz gazdaságos eszköz-e, vagy nem.

5.3. A lapvibrátor üzemviszonyainak meghatározása (2.3 feladat)

Az L2c lapvibrátor gerjesztőműve a Z3/7 típusú zsaluvibrátor. Ennek öt állítási fokozata, ennek megfelelően öt kinetikai nyomatéka, illetve centrifugális ereje lehetséges. Mivel jelen esetünkben a gerjesztés állíthatóságának nincsen jelentősége, a továbbiakban a legnagyobb állítási fokozat adataival számolunk. Ezekkel a tömörítőszerkezet esetünkben legfontosabb paramétereit:

a szinkron rezgésszám $n = 3 \cdot 10^3 \text{ min}^{-1}$

a szögsebesség $\omega = 3,14 \cdot 10^2 \text{ s}^{-1}$

a rezgőlap felülete $F = 2,5 \cdot 10^3 \text{ cm}^2$

a kinetikai nyomaték $M = 7,65 \text{ cmkp}$

a centrifugális erő $C_0 = 7 \cdot 10^2 \text{ kp}$

a szerkezet súlya $G_0 = 6,2 \cdot 10 \text{ kp}$.

A tömöríthetést ennél a szerkezetnél a

$$p_d = 6,97 \cdot 10^{-6} \frac{n G_0 \omega^2 \beta}{V_l(\beta - 1)} \text{ kpcm}^{-2}. \quad (33)$$

összefüggés szerint számítjuk, amelyet a szerkezet működésmódjának jellegzetességei alapján vezetünk le. Itt

G_0 kp a szerkezet teljes súlya

V_l cm³ a rezgőlap alatt kialakuló tömör beton-térfogat.

Az összehasonlítás érdekében a betonlemez méretei azonosak az előbbi példában számoltéval. Ezért

$$V_l = 2,5 \cdot 10^3 \cdot 3,2 \cdot 10 / \beta = 8 \cdot 10^4 / \beta \text{ cm}^3. \quad (34)$$

Feladatunk ez esetben is a tömörítési idő meghatározása. Elsőnek kiszámítjuk a rezgőlap alatti térfogat tömörítéséhez szükséges időt. Ez:

$$t = \frac{p_d V_l(\beta - 1)}{6,97 \cdot 10^{-6} n G_0 \omega^2 \beta} \text{ s}. \quad (35)$$

A lapvibrátor rezgőlapjának F felülete és a tömörítendő F_1 felület hányadosa adja azt a b faktort, amely az F_f felület teljes tömörítéséhez szükséges T_s időt t -ből származtatja. Ennek megfelelően

$$T = bt = \frac{p_d V_l(\beta - 1) F_1}{6,97 \cdot 10^{-6} n G_0 \omega^2 \beta} \text{ s}. \quad (36)$$

A számértékek helyettesítése után az alábbi eredményeket kapjuk:

$D_{\max}$ mm		30	20	10	(37)
T	s	$4,06 \cdot 10^3$	$2,97 \cdot 10^3$	$1,89 \cdot 10^3$	
	h	1,125	$8,24 \cdot 10^{-1}$	$5,25 \cdot 10^{-1}$	

Ezekben az időtartamokban most sincsen benne a szerkezet áthelyezéséhez szükséges idő.

6. Összefoglalás

a) A számpéldákkal igazoltuk, hogy ha a betontervezés során a próbatetek készítése alkalmával meghatározzuk a fajlagos tömörítési munkavégzést, akkor ennek az ismeretében (s természetesen a többi adat birtokában) egyrészt meghatározhatjuk új tömörítőszervezetek paramétereit, másrészt meglevő tömörítőszervezetek szabályozott üzemének feltételeit számíthatjuk ki.

b) Ezzel igazoltuk, hogy ha gyakorlati betonok széles körére meghatározzuk a tárgyalt anyagjellemzőket, akkor a betontervezést komplexen befejezett tevékenységgé változtathatjuk.

c) Igazoltuk, hogy a tömörítéshez alkalmazott rezgések jellemzői *önmagukban* a feladat szempontjából másodlagosak, kapcsolatuk egymás között a munkavégzés szempontjából az elsőrendű.

d) Igazoltuk, hogy eljárásunk pontossága függ a betonjellemzők számértékének pontosságától, elve azonban független ezektől.

e) Igazoltuk, hogy a betontervezés utolsó lépéseként meghatározott fajlagos tömörítési munka átvezet a közvetlen gyakorlati területekre, ezért a korszerűségnek fontos tényezője.

IRODALOM

- [1] *Palotás* : Építőanyagok I—II. Akadémiai Kiadó Bp. 1961.
- [2] *Újhelyi—Armuth* : A beton Bp. Műszaki Könyvkiadó 1967.
- [3] *Csutor* : A beton tömörítése, Műszaki Könyvkiadó 1967.
- [4] *Csutor* : Betonminősítés próbakockával, Építőanyag 1966/7.
- [5] *Csutor* : A zsaluvibrálás, Magyar Építőipar 1966/10.

[6] *Csutor* : A rúdvrátör, Magyar Építőipar 1967/9.

[7] *Csutor* : Betontömörítés házgyári csoportszaluzatokban, Magyar Építőipar, 1968/11—12.

Csutor János: A korszerű betontervezés egyes kérdései

A tanulmány a betontervezés jelenlegi elvét és gyakorlatát teszi bírálat tárgyává. Megállapítja, hogy ezt nem lehet komplexen teljesen tekinteni, mivel a tömörítés szerteágazó és bonyolult műveletére nem terjed ki. Igazolja, hogy a próbatetek készítése során — ami a betontervezés lényeges fázisa — a mért és számított tömörítési munka olyan anyagjellemző, amely reális alapokat teremt új tömörítőszervezetek tervezéséhez, illetve meglevők üzemviszonyainak szabályozásához. Az igazoláshoz a tanulmány számpéldákat mutat be.

Я. Чутор: Отдельные вопросы современного проектирования бетона

Статья ставит на обсуждение существующие принципы и практику проектирования бетона, и приходит к заключению, что последние не являются комплексными, так как не распространяются на такую сложную и важную операцию, как уплотнение. Подтверждается, что в ходе приготовления образцов — являющегося важной фазой проектирования бетона — измеряемая и расчетная работа уплотнения представляет такую характеристику материала, которая может быть использована за реальную основу проектирования новых уплотняющих конструкций, а также регулирования существующих заводских условий. В качестве подтверждения приводятся примеры расчета.

Csutor, János: Einzelne Fragen der zeitgemäßen Planung des Betons

Die z. Z. gebräuchlichen Prinzipien und die Praxis werden kritisch besprochen. Es kann festgestellt werden, daß die Angewandte Art und Weise keineswegs als durchwegs vollkommen zu betrachten sei, denn sie erstreckt sich auf den verzweigten und verwickelten Vorgang des Verdichtens nicht. Es wird bewiesen, daß im Laufe der Herstellung von Probekörpern — das ein wesentliches Moment bei der Planung darstellt — die gemessene und die berechnete Verdichtungsarbeit eine stoffliche Kennziffer ist, welche reelle Grundlagen zur Planung neuer Verdichtungsvorrichtungen, beziehungsweise zur Regelung der Betriebsverhältnisse von bereits vorhandenen, zu liefern vermag. Zahlenbeispiele werden bekanntgegeben. (S. G.)

Csutor, János: Some Questions of Modern Concrete Design

Present principles and practice of concrete design are incomplete because the complicated and extensive operation of densification is excluded. The comparison of measured and calculated works-of-densification give a characteristic index which may serve as a basis for the design of new densification devices or for improving existing ones. Some numerical examples are presented.

Néhány száradási érzékenység meghatározási módszer összehasonlítása hazai agyagoknál*

BÁLINT PÁL
Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

1. Irodalmi áttekintés

A kerámiai gyártástechnológia egyik fontos művelete a szárítás. Ennek során a különféle nyersgyártmányok a kiindulási anyagok ásványi összetételétől, valamint a kiformázott idomok méreteitől és alakjától függően kisebb-nagyobb mértékben károsodhatnak. Ezt a jelenséget száradási érzékenységnek nevezzük.

Az agyagok száradási érzékenységének meghatározására számos vizsgálati módszer ismeretes. Az egyes vizsgálati módszerek a száradási érzékenység jellemzésére részben a kerámiai nyersanyagok, részben a belőlük kiformázott idomok valamely fizikai vagy kerámiai tulajdonságát használják fel.

Nossowa [1] a száradási érzékenység kifejezésére a térfogati zsugorodásnak a pórustérfogathoz való viszonyát, Bigot [2] és Czyski [3] a száradó kerámiai nyersgyártmány nedvességsökkenésének a lineáris zsugorodással való összefüggését kifejező görbét használták fel. Macey [4] és Müller [5] a hossz tengely irányában lakkozott próbatesten meghatározott száradási idő után és — paraméterek mellett kialakult nedvességgradienst, Niesper [6] a $2\text{ }\mu\text{m}$ alatti agyagfrakció százalékos mennyisége és a lineáris száradási zsugorodás összefüggését tekinti mértékadónak, Piltz [7] viszont a száradó próbatesten észlelt első repedés megjelenésének idejét. Biehl és Müller [8] az előbbieket szerint lakkozott próbatestnél szárítás közben kialakult maximális nedvesség differencia és a lineáris száradási zsugorodás szorzatának a yers törőszilárdsághoz való viszonyából képezték egy száradási érzékenységet jellemző számértéket. Fichtner [9] a száradó próbatestnél kapott maximális nedvesség-differencia és az 1%-os nedvességleadáshoz tartozó lineáris zsugorodás szorzatának az időegységben leadott víz mennyiségéhez való viszonyából adódó számértéket vezette be. Ch. Ackermen, Gauglitz és Schwiete [10] a diffúziós koefficiens és a hajlítószilárdság szorzatából alkotott számértéket, az ún. repedés ellenállási faktort tekintik a száradási érzékenység mértékszámának.

L. Alviset [11] az agyagok száradási érzékenységét a hozzá kapcsolódó víz kötési energiájával hozza összefüggésbe.**

2. Kísérleti rész

Az ismertetett számos vizsgálati módszer közül hármat, nevezetesen Niesper, Macey és L. Alviset módszerét tettük vizsgálat tárgyává. Ezen három

különböző módszerrel megvizsgáltuk néhány hazai kaolin, illit, bentonit és téglagyag száradási érzékenységét. A kapott eredményeket az egyéb kerámiai jellemzőkkel, valamint a rendelkezésre álló ásványi összetétellel hasonlítottuk össze. Az egyes módszerek elemzése során megállapítottuk, hogy a három vizsgálati módszer közül melyik használható legeredményesebben a száradási érzékenység megadására.

A kísérletekhez felhasznált 10 hazai kerámiai nyersanyag közül a legfontosabb háromnak ásványi összetételét az 1. táblázat, a kerámiai jellemzőit a 2. táblázat tartalmazza.

1. táblázat
A vizsgált nyersanyagok ásványi összetétele

Megnevezés	Az ásványi alkatrész százalékos mennyisége					
	Kaolin	Illit	Montmorillonit	Kvarc	Földpát	Egyéb
Istenmezei bentonit ..	—	1	84	4	1	10
Füzérradványi illit	—	75	—	10	15	—
Szegi kaolin ..	92	—	—	2	6	—

Mint az 1. táblázat adataiból látható, a kísérleti agyagok között 3 olyan ismert ásványi összetételű nyersanyag is szerepel, amelyek közül az első túlnyomórészt montmorillonit, a második nagyrészt illit, a harmadik viszont főleg kaolinit agyagásványt tartalmaz. A vizsgált téglagyagok mindegyike két vagy három agyagásványt is tartalmaz. Ezeknek pontos ásványi összetétele azonban nem ismeretes.

Az egyes száradási érzékenységi vizsgálatokat a következő módokon végeztük el. Először Niesper módszerének megfelelően a $2\text{ }\mu\text{m}$ alatti agyagrészecskék százalékos mennyiségét, valamint az agyagból kiformázott próbatest lineáris száradási zsugorodását határoztuk meg. A kapott eredményeket az 1. ábrán tüntettük fel, amelyen a vízszintes tengelyen a $2\text{ }\mu\text{m}$ alatti részecskék százalékos mennyisége, a függőlegesen viszont az agyagból kiformázott próbatest lineáris száradási zsugorodása szerepel.

Niesper a következő összefüggést állította fel:

$$A = 4,4 S$$

ahol A a $2\text{ }\mu\text{m}$ alatti részecskék százaléka,
 S a próbatest lineáris száradási zsugorodása.

* A 3. IBAUSIL (Nemzetközi Építőanyag- és Szilikátnapok) Konferencián, Weimarban 1968. szeptemberben elhangzott előadás.

**A módszer leírását az Építőanyag 1968. 8. számában közölt cikk tartalmazza.

Sor-szám	Az agyag megnevezése	Szermszerkezet, %			Atterberg féle képlékenységi szám	Az agyagból formázott próbatest	
		> 63 μm	63—2 μm	< 2 μm		Mégmunkálási nedv. tartalma,	Lineáris száradási zsugorodása,
1.	Istenmezei bentonit	0	34	66	58	72,6	13,6
2.	Gutorföldei szürke agyag	1	36	63	35	41,2	10,3
3.	Abonyi átlag agyag	7	45	48	26	28,6	7,7
4.	Gutorföldei átlag agyag	11	47	42	21	25,5	5,7
5.	Egri átlag agyag	4	54	42	20	25,5	6,1
6.	Soproni zöld agyag	12	48	40	21	25,8	5,8
7.	Soproni átlag agyag	20	44	36	18	24,6	5,5
8.	Füzérradványi illit	1	37	62	32	33,8	8,2
9.	Szegi kaolin	2	43	55	16	28,7	4,3
10.	Keromit agyag	21	51	28	15	22,6	3,8

Szerinte a száradási érzékenység határa 7,5%-os zsugorodásnál és 33% 2 μm alatti részecske mennyiségnél van. Ha ezeknél a pontoknál a tengelyekkel párhuzamosokat húzunk, akkor két olyan egyenest kapunk, melyek a mezőt 4 részre osztják. A jobb felső negyedben helyezkednek el az erősen érzékeny, a bal alsóban a kis érzékenyséű, a jobb alsó és a bal felső negyedben pedig a közepes érzékenyséű agyakok. Ezen értékelési módszer szerint az 1., 2., 3. és 8. számú agyak nagy, a 4., 5.,

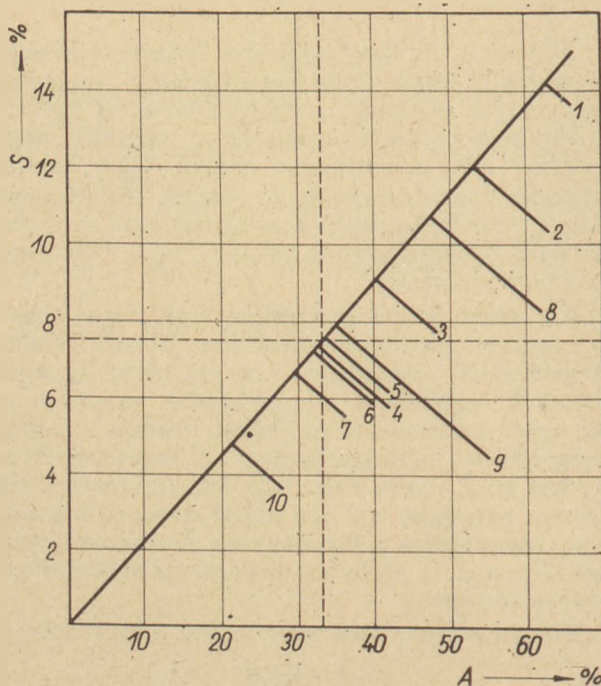
6., 7. és 9. számúak közepes, és a 10. számú agyag kis száradási érzékenyséű.

Elvégeztük a Grossräscheni Durvakerámiai Kutató Intézet által kidolgozott módszerrel való értékelést is. Eszerint minden egyes agyagnak megfelelő pontból az egyenesre merőlegest húztunk és a merőleges metszéspontjának a vízszintes tengelytől való távolságát meghatározva kaptuk a száradási érzékenységeket. Ily módon az egyes agyakoknál a száradási érzékenységi sorrend a következőre adódott.

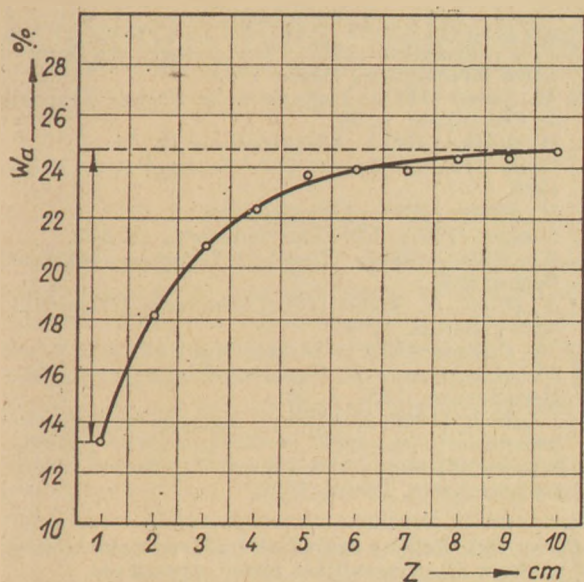
1. sz. agyag	14,1
2. sz. agyag	12,0
8. sz. agyag	10,7
3. sz. agyag	9,1
9. sz. agyag	7,9
5. sz. agyag	7,6
4. sz. agyag	7,3
6. sz. agyag	7,2
7. sz. agyag	6,6
10. sz. agyag	4,8

A továbbiakban Macey módszerének megfelelően az egyes agyakokból kellő előkészítés után $10 \times 5 \times 2,5$ cm méretű próbatesteket formáztunk, s azokat az egyik $5 \times 2,5$ cm-es oldallapjuk kivételével vízzáró lakkréteggel vontuk be. Ezután az idomokat belakkozott legkisebb oldallapjukra állítva 24 óráig 30°C-os térben, kb. 0,1 m/sec légáramlási sebesség mellett szárítottuk. Ezen idő után a próbatesteket hossztengejük irányában 10 egyforma szeletre vágtuk és meghatároztuk az egyes szeletek száraz anyagra vonatkoztatott nedvesség tartalmát.

A próbatestek 24 óra szárítási idő után mért nedvesség eloszlását a párolgó felülettől való távolság függvényében a 2. ábrán látható módon grafiku-



1. ábra. Hazai kerámiai nyersanyagok száradási érzékenysége Niesper módszere szerint



2. ábra. Macey-féle görbe a száradási érzékenység meghatározására

san ábrázoltuk. A függőleges tengelyen a nedvesség százalékot, a vízszintes pedig a párolgó felülettől való egységnyi távolságokat tüntettük fel. A Macey-féle száradási érzékenységi számot a próbatestnél kapott maximális nedvesség differenciájának meghatározása útján nyertük. A vizsgált agyagok Macey-féle száradási érzékenységi sorrendje a következő:

1. sz. agyag	27,9
2. sz. agyag	15,6
3. sz. agyag	12,1
6. sz. agyag	11,4
8. sz. agyag	11,4
4. sz. agyag	10,6
5. sz. agyag	6,6
7. sz. agyag	3,4
9. sz. agyag	2,4
10. sz. agyag	1,8

Az Alviset-féle száradási érzékenységi számokat a következő módon határoztuk meg. Az egyes

agyagokból megfelelő előkészítés után $70 \times 10 \times 10$ mm méretű hasábokat formáztunk, majd ezekből szeleteléssel kb. $10 \times 10 \times 2$ mm-es próbatesteket állítottunk elő. Ezután 10–10 db próbatestet 66°C hőmérsékletű és 50,5, 59,0, 66,4, 74,9 és 80,0 százalék relatív nedvességtartalmú terekben súly-állandóságig szárítottunk és meghatároztuk azok szárazanyagra vonatkoztatott egyensúlyi nedvességtartalmát. A különféle relatív nedvességtartalmú tereket telített sóoldatokkal állítottuk elő.

Az egyes agyagok fenti módon kapott egyensúlyi nedvességtartalom értékeit, illetve azok reciprokát a Kelvin f. egyenlet alapján számított kötési energia értékekkel szemben grafikusan ábrázoltuk. A 10 különféle hazai nyersanyag Alviset-féle diagramját a 3. ábra szemlélteti. Ennél a vízszintes tengelyen az egyensúlyi nedvességtartalom reciprokát, az ún. szárazsági mértékszámot, a függőlegesen a kötési energiákat tüntettük fel.

Az Alviset-féle száradási érzékenység számszerű értékelésére a 0,01 szárazsági mértékszám növekedéshez tartozó kötési energiát használtuk. Kísérleti agyagaink száradási érzékenységi sorrendje ennek megfelelően a következő:

1. sz. agyag	182
2. sz. agyag	105
3. sz. agyag	59
4. sz. agyag	50
5. sz. agyag	48
6. sz. agyag	42
7. sz. agyag	36
8. sz. agyag	34
9. sz. agyag	24
10. sz. agyag	17

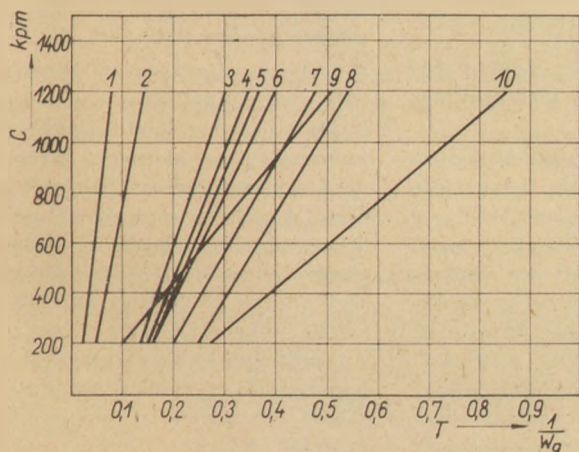
3. Vizsgálati eredmények értékelése

Tíz hazai kerámiai nyersanyag száradási érzékenységét 3 különféle módszerrel vizsgáltuk. Az agyagok érzékenységi sorrendje az egyes módszerekkel a következőnek adódott.

Sor-szám	Az anyag megnevezése	Niesper	Macey	Alviset
		szerint		
1.	Istenmezei bentonit	1	1	1
2.	Gutorföldi szürke agyag	2	2	2
3.	Abonyi átlag agyag	4	3	3
4.	Gutorföldi átlag agyag	7	6	4
5.	Egri átlag agyag	6	7	5
6.	Soproni zöld agyag	8	4	6
7.	Soproni átlag agyag	9	8	7
8.	Füzéradványi illit	3	5	8
9.	Szegi kaolin	5	9	9
10.	Kerámit agyag	10	10	10

Az adatokból megállapítható, hogy a 10 kísérleti nyersanyag közül Niesper, Macey és Alviset szerint csak háromnál kaptunk azonos száradási érzékenységi sorszámmat. Macey és Alviset módszerével még további két agyagnál is azonos érzékenységet mértünk.

Mindhárom vizsgálati módszer egybehangzóan azt mutatta, hogy a csak egyetlen agyagásványt tartalmazó kísérleti nyersanyagok közül legna-



3. ábra. Hazai kerámiai nyersanyagok száradási érzékenységének meghatározására szolgáló Alviset-féle diagram

gyobb száradási érzékenységgel a nagy montmorillonit tartalmú istenmezei bentonit rendelkezik. A túlnyomórészen illitet tartalmazó füzérványi nyersanyag közepes száradási érzékenységgel jellemezhető. Végül a főleg kaolinitet tartalmazó szegi kaolin száradási érzékenysége kicsinynek mondható.

A téglagyagok száradási érzékenysége igen széles határok között mozog. A gutorföldi szürke és az abonyi átlag agyagok nagy száradási érzékenységek, viszont a keramit agyag száradási érzékenysége valamennyi kísérleti nyersanyag között a legkisebb.

A vizsgálati módszerek elemzése során megállapítottuk, hogy Niesper és Macey módszerénél a kísérleti körülmények nincsenek pontosan meghatározva. Nevezetesen a megmunkálási víz mennyisége ugyanannál az agyagnál, valamint a szárító levegő áramlási sebessége és relatív légnedveségtartalma változó lehet. Ebből adódóan ismételt kísérletek esetén ugyanannál az agyagnál eltérő eredményeket kapunk.

Alviset módszerénél viszont a vizsgálati körülmények pontosan definiáltak, ezért a kapott kötési energia — szárazsági egyenesek a száradási érzékenység jellemzésére reprodukálhatóan felhasználhatók. Ezért a három vizsgált módszer közül ezt tartjuk legmegbízhatóbbnak.

- [1] P. P. Budnikov (1953): Technologie der keramischen Erzeugnisse, Berlin 1963.
- [2] M. Tuleff (1958): Bulletin de la Société Française de Céramique, 3. 65.
- [3] H. Müller (1961): Silikattechnik, 2. 71.
- [4] Clews (1948): Heavy Clay Technology, London, 1948.
- [5] H. Müller (1961): Silikattechnik, 2. 71.
- [6] Niesper (1957): Die Ziegelindustrie, 16. 649.
- [7] G. Piltz (1956): Ziegeleitechnisches Jahrbuch, Berlin, 1956.
- [8] N. Biehl—H. Müller (1964): Deutsche Bauenziklopädie, Berlin, 1964.
- [9] M. Fichtner (1965): Silikattechnik, 6. 180. 7. 218.
- [10] Ch. Ackermann—R. Gauglitz—H. Schwiete (1965): Berichte der DKG, 3. 75.
- [11] L. Alviset (1966): Módszer a tégl- és cserépiparban hasznosított anyagok osztályozására a száradási képességük alapján. A Párizsi Egyetemre benyújtott értekezés, Párizs, 1966.

Bálint Pál: Néhány száradási érzékenységhatározási módszer összehasonlítása hazai agyagoknál

П. Балинт: Сравнение нескольких методов определения чувствительности к усыханию отечественных керамических материалов

Bálint, Pál: Vergleich einzelner Trockenempfindlichkeitsmethoden an ungarländischen Tonen

Bálint, Pál: Comparison of Different Methods for the Assessment of Drying Sensitivity Using Hungarian Clays

KÜLFÖLDI LAPSZEMLE

STAVIVO

Praha, 46. k. 11/12. sz.

ETO: 666.002.3

A szilikátipar részére szolgáló nyersanyagokkal szemben támasztott követelmények, 377—384. old.

A szilikátipar céljait szolgáló nyersanyaggal szemben támasztott követelmények meghatározzák azokat az alapvető műszaki és gazdasági feltételeket, melyekkel mérlegelhetjük a nem-fémes ásványi anyagok lelőhelyein található készletekről. A tanulmány foglalkozik a követelmények összeállítására vonatkozó metodikával és a mérleg összeállításának fontosságával az ipari termelés távlati terveihez kidolgozásánál. Értékeli a cement és mészgyártáshoz szükséges nyersanyaglelőhelyeket, foglalkozik az új gazdasági mechanizmus bevezetése következtében beállott vál-

tozásokkal. Külön adja meg a követelményeket a kerámiai és üvegi ipari nyersanyagokkal szemben. Foglalkozik még a nyersanyagok iránt támasztott követelményekkel a technológiai és feldolgozás vonatkozásában is.

ETO: 666.71: 622.361

Franka, L.—Bojiva, C.: Lehet-e fokozni a termelést a téglagyárban, 388—391. old.

A tanulmány ismerteti a téglagyárak agyagbányáiban bevezetett szokásos termelési módokat. A nyersanyagot túlnyomórészt lapátos kotróval vagy puttonyos kotróval termelik és a készletet máglyákra hordják, vagy pedig közvetlenül az adagolóba szállítják autókkal, vagy pedig billenőkocsikkal. A cikkben javasolják egytengelyes traktorral húzott szkréper alkalmazását

agyagtermelésre és többféle rendszert dolgoztak ki az egyszintes és többszintes agyagbánya művelésére. Foglalkozik végül a cikk a termelési költségekkel is.

ETO: 666.972.033.22

Retzl, K.—Hajek, M.: „Szpara” kiszaluzó kenőcs, 397—398. old.

A hőkezelt előregyártott betonelemek gyártásánál állandó probléma a jóminőségű felület elérése. 20° hőmérsékleten könnyen szétkenhető a barna színű „Szpara” kenőcs. A kenőcs segítségével megkönnyítik a kiszaluzást és a kiszaluzott betonelem felülete jóminőségű marad. A kenőcs mindennek előtt acélformákhoz alkalmazható. A tanulmány ismerteti a kenőcs tulajdonságait és az alkalmazás módszereit. A kenőcsöt egy minőségben gyártják, 1 kg ára 2,70 kcs.

Bevezetés

A spektrográfiát, vagy a spektrálanalízis módszerét ma már az ipar valamennyi területén alkalmazzák. Először a fémkohászatban használták fel, de itt ma már gyakorlatilag elhagyták a spektrometria, vagyis a közvetlen leolvasás javára. A geológiában és a kerámiai iparban ma még elsősorban a spektrográfiát alkalmazzák, de egyre nagyobb mértékben a spektrometriát is. A kerámiai anyagok spektrográfiai vizsgálatának kifejlődését nagymértékben elősegítette az acélipar salakvizsgálat igénye, amely tulajdonképpen kerámiai anyag és amelynek vizsgálatához rendelkezésre állt spektrográfiai felszerelés. Természetesen elősegítette a spektrográfia elterjedését a kerámiai iparban az is, hogy a felhasználók egyre nagyobb követelményeket támasztanak a kerámiai anyagokkal szemben, így a kerámia ipar is kénytelen nyers és félkész anyagait állandóan ellenőrizni és ha szükséges, a gyártási folyamatba is beavatkozni. A szakemberek előtt világos, hogy a kerámia iparban alkalmazott oldatos analízissel ezeknek a követelményeknek aligha lehet eleget tenni. A tűzállóanyagipar ebből a szempontból igen nehéz helyzetben van, hiszen a tűzállóanyagoknak már csak az oldatba vitele is gyakran több órá, esetleg napos feltárást igényel.

A tűzállóipar bázikus termékeinek jelentős részét képző krómércadalekos anyagok: égetett és vegyikötésű téglák, tűzállóbetonok, döngölőmaszsák vizsgálata ma még általában oldatosan történik.

Ezeknek az anyagoknak az oldatba vitele a szinterelési fok és a krómoxid tartalom függvényében gyakran csak kombinált oldási és feltérési módszerekkel oldható meg, amikor is nagymennyiségű idegen ion kerül az oldatba; ez az analízis későbbi menetében zavart okozhat (pl. az indikátorok átcsapásának nehéz észlelése). A krómércadalekos anyagok feltéréséből jelentkező nehézségek az ún. direkt kötésű téglák rohamos terjedésével csak fokozódni fognak, mert ezek szinterelési foka jóval meghaladja az eddig a kereskedelemben forgalomba hozott termékekét. Az analízis menete során a meghatározáshoz el kell egymástól választani, olyan hasonló természetű ionokat, mint a Cr, Fe és Al. Ezek az elválasztások többszöri lecsapást, oldást, a csapadékok kimosását igénylik, amelyek meglehetősen idő és munkaigényes folyamatok.

Egy ilyen elemzés átlagosan 1–1,5 munkanapot vesz igénybe, így a beküldő a vizsgálat eredményéről csak 24–36 órával később értesülhet, ami természetesen a gyártásközi aktív beavatkozást is megnehezíti.

A külföldön kidolgozott módszerek

Az elemzés idő és munkaigényének csökkentésére világszerte kutatómunka indult meg. A különböző tűzállóanyagipari vállalatok nagy részének ma még nem állnak rendelkezésére a legmodernebb vizsgálati berendezések, mint például a röntgenfluoreszcenciás berendezések, ezért a már meglevő műszerezettségre kellett vizsgálati módszert kidolgozni.

A kidolgozott módszerek zöme két csoportba sorolható. Az egyik a spektrofotometriás, a másik pedig az emissziós spektrográfias.

A spektrofotometriás módszer egyik jellegzetes képviselője a Richards és munkatársai [1] által kidolgozott eljárás. A króm, szilícium, vas és alumínium tartalmat kombinált feltárás és oldás után szelektív lakk-képzőkkel határozzák meg egymás mellett, a képződött színes komplex adott hullámhosszú fényben mért abszorpciójával. A magnéziumot és kalciumot külön feltárásból határozzák meg lángfotometriásan és komplexometriásan.

Az emissziós spektrográfias módszer képviselői többnyire szilárd anyagból végzik a vizsgálatokat. Ezen a módszeren belül is azonban két irányzat figyelhető meg. Az egyik irányzat képviselői a vizsgálandó anyagot feltárják és a kapott ömledéket vizsgálják, a másik irányzat képviselői pedig az eredeti anyagot analizálják előzetes kémiai roncsolás nélkül. Mielőtt a módszereket részletebben taglalnánk, azt kell megvizsgálunk, hogy a krómérctartalmú tűzállóanyagok spektrográfiai vizsgálatához feltétlenül szükséges-e ezeket az anyagokat feltárni, tehát eredeti ásványtani felépítésüket megbontani. Ha csupán ezekre a rendszerekre jellemző néhány fázisdiagramot [2] nézünk meg, akkor azt mondanánk, hogy szükséges a vizsgálandó anyag ömlesztéses feltérása a vizsgálathoz. Ennek ellenére az irodalomban leírt módszerek többsége feltérás nélkül, a vizsgálandó anyag őrlésekor kapott porból végzi az analízist. Ennek a már említett műszerezettségi színvonal az oka, vagyis az, hogy a kerámiai laboratóriumokban ma még elsősorban spektrográfok, és nem direkt leolvasható spektrométerek állnak rendelkezésre.

A lemezes kiértékeléssel dolgozó spektrográfoknál a kb. 1,5 órás feltérési idő az analízis időtartamát esetleg annyira meghosszabbítaná, hogy lehetetlenné válna a gyártás folyamatába való aktív beavatkozás. A fotomultiplierekkel működő spektrométereknél viszont elmarad a lemez előkészítéséhez és a kiértékeléshez szükséges idő, ami kb. olyan nagyságrendű, mint ami a feltéráshoz szükséges. Így az analitikai laboratóriumok többsége megelégszik, illetve kénytelen megelégedni a kémiai roncsolásmentes vizsgálat által kapott kevésbé pontos és reprodukálható eredményekkel.

* Elhangzott az V. (szegedi) Szilikátkémiai Anketon

Az egyes módszer típusokon belül is a leírt módszerek bizonyos különbségeket mutatnak aszerint, hogy milyen Cr_2O_3 tartományban kívánják a vizsgálatokat végezni és aszerint, hogy az illető laboratóriumnak milyen gerjesztő és fényfelbontó készüléke van.

A vizsgálat előtti kémiai roncsolás egyik képviselője Ryan [3]. A szerző a vizsgálandó anyagot nagy feleslegben alkalmazott litium-tetraboráttal tárja fel, a megcsilárdult olvadékot őrli, grafitral keveri és nagy nyomáson pasztillázza. Szikragerjesztést alkalmaz argon védőgáz-atmoszférában, a felbontást és kiértékelést ARL gyártmányú Quantómméterrel végzi. A litium 6103,6 Å hullámhosszúságú vonalát használja belső standardnak. A mérhető Cr_2O_3 tartomány 1—50% között van.

Roncsolásmentes eljárást ismertet Debras és Guedon [4]. A finomra őrölt krómoxid tartalmú anyaghoz kb. tízszeres mennyiségű fém nikkelt és grafitot adnak. A gerjesztést folyamatos ív elektróda közében végzik. Belső összehasonlítóként Ni vonalat használnak fel: A szilíciumhoz és a mangánhoz a Ni 2540 Å hullámhosszúságú, a magnéziumhoz, a krómhoz és a vashoz a Ni 2821,3 Å hullámhosszúságú vonalát, az alumíniumhoz, titánhoz, kalciumhoz a Ni 3129,3 Å hullámhosszúságú vonalát. A Cr_2O_3 meghatározást a 10—15%-os, a MgO meghatározását a 60—70% közötti tartományban végzik.

Szovjet kutatók [5] foglalkoztak krómérc tartalmú tűzálló betonok spektrográfiai elemzésével. A meghatározandó Cr_2O_3 tartalom ebben az esetben 47—53% között van. A vizsgálandó anyag és kb. háromszoros mennyiségű rézpor keverékét tablettázták igen nagy nyomással. A kapott pasztillát réz elektródra helyezték és ugyancsak réz ellenelektródot használtak. JG-3 típusú szikragerjesztő alkalmazása mellett, a fény felbontást J. SZ. P. 28-as színképelemzővel végezték. Belső összehasonlítónak a réz vonalakat használták fel, mind a hat vizsgálandó elemhez egyet-egyét. A spektrográfiai és a kémiai módszerrel nyert adatok maximális eltérése Cr_2O_3 esetén nem haladja meg a $\pm 0,6$ abszolút százalékot.

Hazai kísérletek

Bázikus termékeink (MgO alapú) jelentős részét képező krómércadalékos anyagok vizsgálatára spektrográfiai módszert dolgoztunk ki a Magnezitipari Művek kutató laboratóriumában. A módszer kidolgozásakor legfőbb célunk az volt, hogy elsősorban a Cr_2O_3 tartalom kielégítő pontosságú és nagy gyorsaságú meghatározását tegyük lehetővé. Ugyanis az összes kémiai alkotó közül egyedül a Cr_2O_3 tartalom a nyersanyag keverés arányának a mutatója. A meghatározandó Cr_2O_3 tartalom különböző termékeinknél 7—25% között változik.

Korábbi tapasztalataink azt mutatták, hogy a szinterelt anyagok előzetes kémiai roncsolás nélküli vizsgálatánál saját fő alkotó megfelelő vonala inkább alkalmas belső standardnak, mint egy idegen, hozzákevert fémből, vagy más vegyülettől származó vonal. Ezt láttuk mind a kvarcit, mind

a tiszta bázikus anyagok vizsgálatánál, ahol a Si és Mg megfelelő vonalát használtuk belső összehasonlítóként.

Az új módszer kidolgozása során is a Mg vonalának felhasználásánál maradtunk, azonban a MgO tartalom ezekben az anyagokban általában 50—75% között van a Cr_2O_3 tartalomtól függően, tehát egy kb. 25%-os változási lehetőség áll fent. Ezért a vizsgálandó anyaghoz 1:1 arányban analitikai tisztaságú, elektromos kemencében 1600 °C-on szinterelt MgO-t adunk, hogy a MgO tartalom tartományát szűkebb határok közé szorítsuk és egy aránylag állandó erősségű Mg összehasonlító vonalhoz jussunk. Elgondolásunk sikeresnek bizonyult: a keverék gerjesztésekor kapott Mg vonal erőssége függetlenné vált az eredeti MgO tartalomtól.

A vizsgálandó anyagok különböző ásványtani felépítésétől való függőség kiküszöbölése céljából a teljes, illetve a közelítőleg teljes leégetés útját választottuk.

Eljárásunk menete a következő: a beérkező vizsgálandó anyagot 1 órán át izzítjuk 1200 °C-on. (Ha az anyag égetett téglá, izzításra nincs szükség.) Az anyagot izzítás után wolframkarbid mozsárban megőröljük. Az izzítás megrövidíti a különben nehezen őrölhető krómérc tartalmú anyagok porítási idejét. A 0,045 mm szemcseméretű porított anyagból 0,1 g-t bemérünk. Ugyancsak bemérünk 0,1 g MgO-t, amelynek szemcsemérete azonos a vizsgálandó anyagéval. Ezután 2 g csehszlovák gyártmányú SU-601-es típusú, a már említett szemcseméretre leőrölt spektálgrafitral hígítjuk az anyagot. A kapott keveréket grafitelektród helybe töltjük. Az elektródot SU-103-as grafitrúdból alakítjuk ki: hossza 20 mm, átmérője 5 mm, furatmélysége 4 mm. A katód kúpszöge 60°, a vége kissé legömbölyített.

A gerjesztés BIG-100-as váltóáramú ívgerjesztővel történik, az elektródok távolsága 2 mm. A gerjesztési áramerősség 10,5 Amper, ideje 90 mp, ebből 10 mp az előgerjesztés.

A leégetésnél problémát okozott a fellépő önbegyulladás. A jelenség oka az, hogy a vezérelt váltóáramú ívgerjesztés folyamán a párolgás növekedésével megfelelő számú ion keletkezik ahhoz, hogy az ív kisülések beinduljanak gyújtó szikrák nélkül is. Ennek következtében a gyújtószikra vezérlő hatása megszűnik, és az ívgerjesztés effektív áramerőssége a párolgás pillanatnyi változásának függvényévé válik. A legnagyobb hiba abból adódik, hogy az önbegyulladás fellépése még ugyanazon próba esetén sem következik be szabályosan, hanem a teljes elpárolgás folyamán többször és eltérő időszakokban lép fel. A jelenség úgyszólván minden esetben bekövetkezik, ha a próba alkáli, vagy alkáliföldfém alkotókat tartalmaz. Korábban foglalkoztunk nagytisztaságú MgO-ok vizsgálatával, amelyeket a néhány tized százaléknyi mennyiségben jelenlevő szennyezőkre vizsgáltunk, emiatt jóval kisebb hígításban, mint a főalkotókra vizsgált krómmagneziteket, ennek ellenére azonos gerjesztési körülmények között ott nem lépett fel az önbegyulladás.

Az önbegyulladás kiküszöbölését Kántor Tibor [6] eljárása alapján úgy végeztük el, hogy az elemző ívközzel sorba kötöttünk egy vezérlő ívközt, amelyben az önbegyulladás a szokásos körülmények között nem következik be, mert ez utóbbi egy olyan áramcsapként működik, amely csak a vezérlő gyújtószikra hatására nyit. A stabilizáló ív elektrodjainak rezet használtunk, mert ennek közepes forráspontja és ionizációs potenciálja, valamint jó hővezetőképessége és csekély oxidációja erre alkalmassá teszi. A stabilizáló ív alkalmazására az önbegyulladás kiküszöbölésével együtt kiküszöböli az ívfoltokat az elektrodok oldalára való felkúszását, az ún. Ívfolt vándorlást is.

A felbontást Q-24-es készülékkel végezzük, a belépő rés 15 μm és a fény háromlépcsős szűrő közbeiktatásával kerül a résre.

A kiértékelésnél az alábbi vonalakat használjuk:

Mg 2781,42 Å

Cr 2879,27 Å

Si 2881,58 Å

Fe 2973,27 Å

A kiértékelés alapját kalibrációs görbék képezik, amelyek egyes pontjait klasszikus módszerrel elemzett etalonok adatai adják. Az etalonok adatai által átfogott tartományok az egyes alkotókra nézve a következők:

Cr_2O_3 8,24—26,42%

SiO_2 2,40— 6,06%

Fe_2O_3 4,70—10,70%

Az etalonokat krómérccek és különböző magnezit színterek különböző arányú keverékével és 1600 °C-on való égetésével állítottuk elő.

A krómoxid meghatározásához két kalibrációs diagramot készítettünk, amelyek közül az egyik a 10% alatti, a másik pedig a 10—25% Cr_2O_3 közötti tartományt fogja át.

Ezután új mintákkal, amelyek elemzését két laboratórium is elvégezte, összehasonlító vizsgálatokat végeztünk. A spektrográfiai vizsgálatokhoz az etalonokkal felvett kalibrációs diagramot használjuk fel.

A számunkra legfontosabb alkotónak, a Cr_2O_3 -nak, a nedves úton kapott eredményhez képest a legnagyobb eltérése nem haladja meg a $\pm 0,8$ abszolút százalékot, amely nem nagyobb, mint a két

klasszikus módszerrel dolgozó laboratórium eredményei között mutatkozó eltérés. A kovásvannál a két módszerrel kapott értékek közötti különbség maximuma 0,4—0,5%, ami kb. 0,1%-kal nagyobb, mint a klasszikus módszerek között észlelhető eredménykülönbség. A Fe_2O_3 meghatározásánál a két módszer közötti eltérés felső határa 0,6%.

Úgy véljük, hogy ezzel a módszerrel kidolgozása előtt kitűzött célt sikerült elérnünk, hiszen a klasszikus elemzés 24—36 órás időigényével szemben sikerült egy mindössze 6—8 órát igénylő, a klasszikusnál nem kevésbé pontos eljárást kidolgoznunk, lehetővé téve ezzel az üzembeli folyamatos, operatív beavatkozást.

IRODALOM

- [1] S. Richards, E. Boyman : Anal. Chem. **36** (1964).
- [2] Phase diagrams for ceramists. The American Ceramic Society, Columbus, (1964).
- [3] I. Ryan, E. Ruh : Amer. Ceram. Soc. Bull. **43**, 889 (1964).
- [4] I. Voinovitsch, I. Vilnat : Analyse spectrographiques des réfractaires basiques. Bull. Soc. Française Céramique **51**, (1961).
- [5] Kurbatova, Kosztjukova : Primenyenyije fiziko-himicheszkijh metodov pri analize hromitovuh rud i zsa-rostojki betonov sz kromitovum zapolnyitelem. Sztoizdat. Moszkva (1964).
- [6] Kántor, T. : Periodica Politechnica **6**, 217. (1962).

Bolgár Gábor: Krómércetartalmú tűzállóanyagok elemzése.

A Magnezitipari Művek Kutatólaboratóriumában új spektrográfiai eljárást dolgoztak ki, mely az analízis idejét nagymértékben csökkenti.

Г. Болгар: Анализ хромовых огнеупоров

В исследовательской лаборатории завода магнезитовых изделий разработан новый метод спектрографического анализа, позволяющий значительно сократить время проведения анализа.

Bolgár, Gábor: Analyse von Chromerz-enthaltenden feuerfesten Stoffen

Im Forschungslaboratorium der Magnesit-Industrie-Werke (Budapest) wurde eine neue spektrographische Methode bearbeitet, mittels welcher die Dauer der Analyse beträchtlich abgekürzt werden konnte. (S. G.)

Bolgár, G.: Analysis of Chromium Ore Refractories

A new spectrographic method, elaborated in the Research Laboratory of the Magnezitipari Művek, Budapest, cuts analysis time to a considerable extent.

Téglaagyagok szemcseösszetételének szerepe az égetett termékek tulajdonságainak kialakításában*

M Á T R A I J Ó Z S E F
Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

A vizsgálati módszerek ismertetése

A téma keretében három jellegzetes hazai téglagyagot vizsgáltunk:

kőszegi agyag,
debreceni agyag,
tatai (kék) agyag.

A tárggyal kapcsolatos vizsgálatokat nemcsak az „egész” (nem frakcionált!) agyagokkal, hanem a szemcsenagyság, illetve a szemcseösszetétel szerepének jobb megismerése céljából ezen agyagok egyes frakcióival is elvégeztük (0—2 μm , 0—5 μm , 0—10 μm , 0—25 μm).

Ezen frakciókat az „egész” agyagok ülepítése útján nyertük. Az agyagok előkészítése és frakcionálása az „Építőanyag” 1968. évi 9. sz. 344. oldalán ismertetett módszerrel azonos volt.

Az „egész” agyagokból és frakciókból kézi formázással 60×10×10 mm méretű próbatesteket készítettünk. A formázást optimális vízmennyiséget tartalmazó masszákkal végeztük.

A próbatesteket igen óvatos szárítás után 150°C/ó felfűtési sebesség mellett villamos kemencében 1000°C-on égettük. A hőntartás időtartama 2 ó

volt. Égetés után a próbatestek következő jellemzőit állapítottuk meg:

lin. égetési zsugorodás,
vízfelvétel,
porozitás,
hajlítószilárdság.

A lineáris égetési zsugorodást a próbatestek leg-hosszabb élének méretváltozása alapján állapítottuk meg. A mérés tolómércével, 0,05 mm pontossággal történt.

A próbatestek vízfelvételét 2 órás, desztillált vízben történt forralással állapítottuk meg.

A porozitást a próbatestek fajsúlyának és térfogatsúlyának ismerete alapján számítottuk ki. A próbatestek térfogatát vízzel való telítés után Amsler-féle volumenométerrel, vizes közegben mértük, a fajsúlyt pedig a közismert piknométeres módszerrel, ugyancsak vizes közegben állapítottuk meg.

A hajlítószilárdság méréséhez 105°C-on előszáritott próbatesteket használtunk. Az alátámasztási éktávolság 5 cm, az erőnövekedés pedig 1,5 kp/sec volt.

Kísérleti eredmények

A kísérleti nyersanyagok, továbbá az ezekből készült száraz és égetett próbatestek fontosabb jellemzőit az 1—3. táblázatok tartalmazzák.

1. táblázat

A kőszegi agyag és agyagfrakciók fontosabb jellemzői
Szemcseösszetétel és karbonáttartalom

Frakciók mérete μm	0—2 μm	2—5 μm	5—10 μm	10—25 μm	> 25 μm	Karbonát-tartalom
	%					
0—2	100	—	—	—	—	3,7
0—5	83,8	16,2	—	—	—	2,0
0—10	69,7	13,5	16,8	—	—	2,0
0—25	54,8	10,6	14,3	20,3	—	1,8
Egész	39,4	7,7	9,6	15,4	27,9	2,1

Kerámiai jellemzők

	0—2 μm	0—5 μm	0—10 μm	0—25 μm	„Egész” agyag
Atterberg képlékenység	53	47	37	37	16
Lin. száradási zsugorodás, %	9,9	9,6	9,4	8,0	6,6
Száraz porozitás, %	34,4	31,3	31,3	29,4	27,9
Száraz hajlítószilárdság, kp/cm ²	—	120	126	122	80
<i>Égetett próbatestek</i>					
Lin. zsugorodás, %	9,4	5,2	5,1	3,3	0,2
Porozitás, %	3,2	10,3	11,4	18,6	24,9
Vízfelvétel, %	1,2	7,6	7,6	9,2	13,6
Hajlítószilárdság, kp/cm ²	487	414	394	240	125

* A 3. IBAUSIL Konferencián (Weimar) elhangzott előadás.

A debreceni agyag és agyagfrakciók fontosabb jellemzői
Szemcseösszetétel és karbonáttartalom

Frakciók mérete μm	0—2 μm	2—5 μm	5—10 μm	10—25 μm	> 25 μm	Karbonát- tartalom
	%					
0— 2	100	—	—	—	—	15,6
0— 5	75,0	25,0	—	—	—	11,9
0—10	61,7	20,5	17,8	—	—	10,0
0—25	42,2	14,0	12,6	31,2	—	8,7
Egész	23,7	7,9	6,9	17,7	43,8	5,0

Kerámiai jellemzők

	0–2 μm	0–5 μm	0–10 μm	0–25 μm	„Egész” agyag
Atterberg képlékenység	56	46	41	26	11
Lin. száradási zsugorodás, % ...	10,5	10,3	9,9	8,6	6,0
Száraz porozitás, %	35,4	33,8	33,8	29,9	24,0
Száraz hajlítószilárdság, kp/cm^2	—	110	103	104	58
<i>Égetett próbatetek</i>					
Lin. zsugorodás, %	5,1	2,7	2,1	0,9	–1,13
Porozitás, %	25,9	29,4	30,6	30,2	29,0
Vízfelvétel, %	20,5	21,1	21,4	19,9	19,3
Hajlítószilárdság, kp/cm^2	245	177	169	155	80

A tatai agyag és agyagfrakciók fontosabb jellemzői
Szemcseösszetétel és karbonáttartalom

Frakciók mérete μm	0–2 μm	2–5 μm	5–10 μm	10–25 μm	> 25 μm	Karbonát- tartalom
	%					
0–2	100	—	—	—	—	20,0
0–5	69,3	—	—	—	—	20,6
0–10	52,2	23,7	24,6	—	—	24,7
0–25	41,4	18,4	19,6	20,6	—	25,5
Egész	35,2	15,7	16,7	17,7	14,7	26,2

Kerámiai jellemzők

	0–2 μm	0–5 μm	0–10 μm	0–25 μm	„Egész” agyag
Atterberg képlékenység	62	60	53	38	21
Lin. száradási zsugorodás, % ...	9,4	8,0	7,4	7,0	6,5
Száraz porozitás, %	40,9	44,5	39,8	36,8	35,4
Száraz hajlítószilárdság, kp/cm^2	—	98	97	101	70
<i>Égetett próbatetek</i>					
Lin. zsugorodás, %	3,5	3,1	3,1	1,5	0,9
Porozitás, %	40,4	46,2	43,0	42,6	44,3
Vízfelvétel, %	19,0	26,0	23,9	23,3	25,1
Hajlítószilárdság, kp/cm^2	290	220	222	238	180

Az égetett próbatetek jellemzőinek a szemcsemérettől függő változása az 1. ábrán látható. Az abszcisszán a frakciók max. szemcseméretének logaritmusa van feltüntetve.

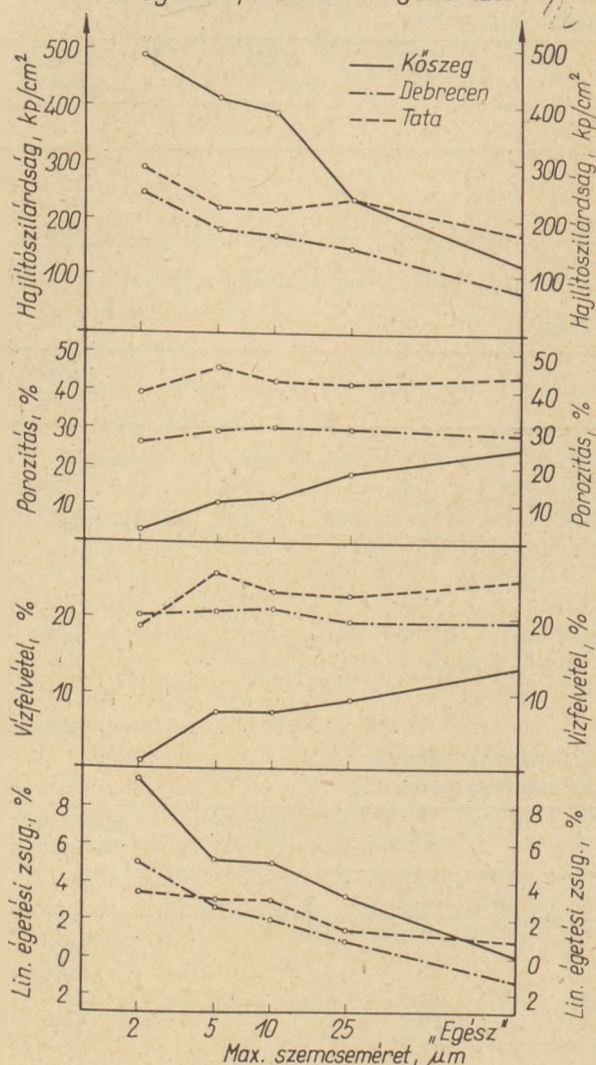
A kísérleti eredmények értékelése

A nyersanyagok jellemzői alapján megállapítható, hogy a vizsgált anyagelőfordulások közül a debreceni „egész” agyag durva szemszerkezetű, kis-képlékenyséű, a kőszegi és a tatai agyakok viszont finom szemszerkezetűek és képlékenyek. A

tatai agyag sok, a debreceni kevés, a kőszegi agyag pedig igen kevés karbonátot tartalmaz. Amíg a debreceni agyagfrakciók karbonáttartalma a finomfrakciók irányában erőteljesen nő (5–15,6%), addig a tatai frakcióké csökken (26,2–20,0%). A kőszegi frakciók karbonáttartalmában nincs lényeges különbség (2,1–3,7%).

Az égetett próbatetek vizsgált kerámiai jellemzőit tanulmányozva megállapítható, hogy a szemcseméret csökkenésével a frakciók lineáris zsugorodása és hajlítószilárdsága — különösen a kőszegi

Az égetett próbatestek jellemzői



1. ábra. Égetett próbatestek jellemzői

frakcióké — nő. Ezzel szemben a vízfelvétel és a porozitás csökken. Ezen eredmények a szemcseösszetételnek az égetett termékek tulajdonságaira gyakorolt hatását igazolják.

A frakciók hajlítószilárdságát és szemcseösszetételét összehasonlítva megállapítható, hogy a legtöbb $d < 2 \mu\text{m}$ méretű szemcsét tartalmazó kőszegi finom frakciók szilárdsága a legnagyobb. Az egész agyagok közül a legtöbb finomszemcsét tartalmazó tatai agyag szilárdsága a legnagyobb, a legtöbb durva szemcsét tartalmazó debreceni agyagé pedig a legkisebb. A hajlítószilárdság annál nagyobb, minél kevesebb az agyag $25 \mu\text{m}$ -nél nagyobb szemcséinek mennyisége.

A frakciók szilárdsági adatai azonban nem minden esetben magyarázhatók a szemcseösszetétellel. Így pl. a debreceni 0–5, és 0–10 μm -es frakciók szilárdsága kisebb, mint a hasonló tatai frakcióké, pedig ezen debreceni frakciók finomabb szemszerkezetűek. Ez a tény minden bizonnyal a két agyag eltérő ásványi összetételével áll összefüggésben.

A száraz és az égetett próbatestek hajlítószilárdsági értékeinek összehasonlításából kiderül, hogy

az agyagok száraz hajlítószilárdsága alapján felállítható sorrend nem azonos az égetett szilárdságok alapján felállítható sorrenddel. Így pl. amíg a tatai agyagfrakciók száraz hajlítószilárdsága általában kisebb, mint a debreceni frakcióké, addig az égetett próbatestek közül a tataiak szilárdsága nagyobb, mint a debrecenieké. Hasonló megállapítás tehető a zsugorodási értékekre is. Ezzel szemben a porozitás alapján felállítható sorrend a száraz és égetett próbatestek esetében lényegében (az „egész” agyagokat kivéve) azonos.

A száraz próbatestek szilárdságának alakulásával ellentétben, ahol a $d < 25 \mu\text{m}$ méretű frakciók szilárdsága közel azonos, az égetett próbatestek szilárdsága a finomfrakciók irányába — a tatai $0,5 \mu\text{m}$, és 0–10 μm -es frakciót kivéve — folytonos, sőt helyenként ugrásszerű növekedést mutat. (A tatai agyag említett két frakciójának kismérvű szilárdságcsökkenése valószínűleg formázási vagy szárítási hibára vezethető vissza!)

A kísérleti eredmények azt bizonyítják, hogy az égetett próbatestek jellemzői között szoros összefüggés áll fenn. Ezt különösen a kőszegi és a tatai görbék bizonyítják. Látható, hogy a kőszegi frakcióknál a zsugorodási és a szilárdsági, ill. a porozitási és a vízfelvételi görbék közel párhuzamosak egymással. Látható továbbá, hogy a tatai frakciók porozitásának kismérvű ingadozását is a többi jellemző igen jól követi. Ennek ellenére mégsem állapítható meg olyan törvényszerűség, mely szerint a nagyobb porozitású termékek szilárdsága kisebb, mint a kisebb porozitású termékeké. Így pl. a nagyobb porozitású tatai próbatestek szilárdsága nagyobb, mint a kisebb porozitású debreceni próbatesteké, sőt az „egész” agyagoknál éppen a legnagyobb porozitású tatai próbatestek szilárdsága a legmagasabb.

Az égetett próbatestek vizsgált jellemzői között sokkal határozottabb összefüggések fedezhetők fel, mint a száraz próbatestek jellemzőinél.

A kísérleti eredmények közül igen feltűnő a kőszegi finomfrakciók nagy szilárdsága és zsugorodása, továbbá kis vízfelvétele és porozitása. Ez a jelenség minden bizonnyal ezen frakciók kis karbonáttartalmával áll összefüggésben. Ezzel szemben a tatai és a debreceni próbatestek jellemzőinek kisebb mérvű változása és főleg a hajlítószilárdsági értékeknek a kőszegiekkel szembeni lényegesen kisebb értéke ezen két agyag eltérő ásványi összetételével, minden valószínűség szerint nagyobb karbonáttartalmával magyarázható.

A hajlítószilárdsági eredmények jól bizonyítják, hogy a téglaegetés szokásos hőmérsékletén igen nagy szilárdságú termékek csak kis karbonáttartalmú agyagokból állíthatók elő.

A kőszegi finomfrakciók szilárdsági adatai alapján megállapítható, hogy a kevés karbonátot tartalmazó agyagok frakcionálásával már a téglaegetés szokásos hőmérsékletén is ugrásszerű szilárdságnövekedés érhető el. A kőszegi finomfrakciók 1000°C -on elért tömörségi állapota, ill. szilárdsága az „egész” agyagból készült próbatestekkel csak kb. 1200°C -on biztosítható. Ezzel szemben a márgás agyag tömörségi állapota a szemcseméret nagy-

mértvű csökkenése ellenére sem változott számottevően.

A kísérleti eredmények azt bizonyítják, hogy a késztermékek tulajdonságainak kialakításában — akárcsak a nyersanyagtulajdonságoknál — a szemcseösszetétel igen fontos szerepet játszik.

A kísérleti eredmények azonban egyben arra is utalnak, hogy a szemszerkezet mellett az ásványi összetétel hatása sem elhanyagolható.

Befejezésül megjegyezzük, hogy Intézetünkben jelenleg a tégláégetés során játszódó reakciókat is tanulmányozzuk. Ezen kutatási téma lezárása után a késztermékek minősége és a kiinduló nyersanyagok ásványi összetétele, továbbá az égetett termékek minőségi jellemzői és ásványi összetétele közötti összefüggésekről minden bizonnyal világosabb képet kapunk.

Mátrai József: Téglaanyagok szemcseösszetételének szerepe az égetett termék tulajdonságainak kialakításában.

Két mész-szegény és egy márgás tégláanyagból, továbbá ezek 0—2, 0—5, 0—10 és 0—25 μm méretű frakcióból készült égetett próbatestek égetési zsugorodását, vízfelvételét, porozitását és hajlítószilárdságát vizsgáltuk. Megállapítást nyert, hogy ezen jellemzők számértéke a szemcsenagysággal együtt változik. Különösen a mész-szegény kőszegi agyag jellemzőinek változása szembevetendő. Bebizonyosodott, hogy a mész-szegény finomfrakciókból már a tégláégetés hőmérsékletén is igen nagy szilárdságú termékek állíthatók elő. Ezzel szemben a márgás agyag tömörre égési hőmérséklete a szemcseméret csökkenésével sem változott számottevően. Az égetett próbatestek jellemzői között sokkal határozottabb összefüggések fedezhetők fel, mint a nyers-, ill. száraz próbatesteknél.

И. Матраи: Влияние зернового состава кирпичных глин на свойства обожженных продуктов

Были испытаны некоторые свойства (усадка обжига, водопоглощение, пористость и прочность при изгибе) обожженных образцов, приготовленных из двух типов кирпичных глин с низким содержанием извести, из мергелистой глины, а также из следующих фракций: 0—2, 0—5, 0—10 и 0—25 микрон. Было

установлено, что численные показатели вышеперечисленных свойств изменяются с изменением размера зерна. Особенно заметно влияние изменения свойств для глины с низким содержанием извести, месторождения Кёсег. Было доказано, что из тонких фракций с низким содержанием извести продукты очень высокой прочности могут быть получены уже при температуре обжига кирпичей.

В противоположность этому температура обжига мергелистой глины с уменьшением размера зерна изменяется весьма незначительно.

Было установлено, что между характеристиками обожженных образцов существует более тесная зависимость, чем для сырых или же высушенных образцов.

Mátrai, József: Die Rolle des Kornaufbaus ein der Gestaltung der Eigenschaften von gebrannten Produkten der Ziegelei.

Es wurde die Sinterung, die Wasseraufnahme, die Porosität und die Biegefestigkeit von gebrannten Probekörpern, hergestellt aus zweierlei kalkarmen und aus einem mergeligen Ziegelton, ferner aus den Fraktionen 0—2, 0—5, 0—10 und 0—25 μm derselben, untersucht. Man konnte feststellen, daß sich die charakteristischen Kennziffer mit der Korngröße ändern. Besonders augenfällig ist die Änderung der Charakteristik beim kalkarmen Ton aus Kőszeg (Güns). Es wurde bewiesen, daß man aus den kalkarmen Fraktionen selbst bei der Temperatur des Ziegelbrennens Produkte hoher Festigkeit herzustellen vermag. Dahingegen änderte sich die Dichtbrenntemperatur des mergeligen Tons selbst nach Vermindern der Korngröße nicht wesentlich. Man kann zwischen den Kennzeichen der gebrannten Probekörper weitaus bestimmtere Zusammenhänge entdecken, als zwischen denen der rohen, beziehungsweise trockenen Probekörper. (S. G.)

Mátrai, József: The Effect of Clay Granulometry on the Properties of Clay Products.

Samples were prepared from different granulometric fractions (0—2, 0—5, 0—10 and 0—25 micron) of two sorts of low-lime and one sort of marly clay and some properties (shrinkage, water uptake, porosity and flexural strength) determined after firing. All measured data change if the particle size of clay is changed (especially in case of low-lime clays). These changes are much more distinct in the fired than in the green state. Fine fractions of low-lime clays gave highest strengths, even at low-temperature firing.

A világ szilikátiparából

Szitaszövetek szabványosítása

Az ISO TC 24 Londonban 1968-ban megtartott ülésén külön munkabizottság foglalkozott a lemez- és külön bizottság a huzalszítákkal. A munka célja az ipari szíták szabványosítása, melyek különböző fázisú (szilárd-szilárd, folyékony-szilárd, szilárd-gáz) anyagok elválasztását szolgálják. Valószínű, hogy a nemzetközi szabvány viszonylag rövid időn belül bevezetésre kerül.

*

A gyártási mód befolyása a tetőcserepek fagyállóságára

Az NSZK-ban tanulmányozták a kérdést és megállapították, hogy a hőntartási idő növelése a fagyállóságot lényegesen fokozhatja. A felfűtési sebesség csökkentése fagyhatásokkal szembeni állanálást általában növeli. A nyersanyag jó előáprítása kedvezően hat a fagyállóságra. A redukciós mag általában igen hátrányos. A vákuumozás a fagyállóságot néha növeli, néha viszont

csökkenti. Kis-szemcséjű duzzasztott agyagkavics adagolásával a tetőcserepek fagyhatásokkal szembeni ellenállása jelentősen javítható. A különböző agyagfajtákból gyártott tetőcserepek fagyállóságát az egyes gyártástechnológiai változtatások különböző mértékben és irányban befolyásolhatják.

*

Az 1968. szeptember 20—23 között Amszterdamban tartott II. európai szimpóziumon 34 előadás és számos vita hangzott el.

Az előadások az alábbi témák szerint oszlottak meg: Törési folyamatok és egyes áprítás (6 előadás). Áprítási kinetika (a szemcseelosztás fejlődése) és energiaszükséglet (8 előadás). Felületi jelenségek (2 előadás). Különleges fizikai és kémiai jelenségek az áprításnál (5 előadás). Áprítás nem mechanikusan bevezetett energiával (termikus és elektrohidraulikus) (2 előadás). Áprítógépek tudományos vizsgálata és fejlesztése (11 előadás).

Bevezetés

A cement szilárdságának, különösen a kezdeti szilárdságának növelése szükségessé teszi a cement őrlési finomságának növelését; ez azonban együtt jár a malom teljesítményének jelentős csökkenésével, a fajlagos energiafelhasználás növekedésével, sőt bizonyos esetekben a cementrészecskének az őrlőtestekre és a malom falára történő erős ráta-padása, valamint egymáshoz való agglomerálódása miatt az őrlés lehetetlenné válik.

Ma már bebizonyított tény, hogy az őrlés hatáskörének csökkenését a klinker őrlhetőségének csökkenése mellett az okozza, hogy az őrlési finomság növelésével az őrlési körülmények a fent említett tapadási és agglomerációs jelenségek fellépése következtében erősen megváltoznak. Az a megállapítás is már igazolást nyert, hogy a tapadás és agglomeráció jellege és mértéke nem utolsó sorban az őrlendő anyag, azaz a klinker fiziko-kémiai tulajdonságaitól függ, és hogy fellépésük *felületaktív anyagok* (továbbiakban *fa.*) adagolásával befolyásolható, illetve korlátozható.

A tapadás („párnázódás”) megszüntetése vagy megelőzése viszont nagy jelentőségű a cementőrlés hatásosságának növelése terén.

Annak ellenére, hogy a felvetett probléma egyértelműnek és aktuálisnak látszik, a *fa.* anyagok gyakorlati alkalmazása a világ cementiparában még igen korlátozott. Ez valószínűleg mindenekelőtt azzal függ össze, hogy a klinkerőrlést segítő adalékokként csak olyan anyagok jöhetnek számításba (a cement minősége miatt), amelyek minimális mennyiségben adagolva is nagy hatást fejtenek ki. Ilyen anyagok száma azonban korlátozott és az árak is magasak.

Tudomásunk szerint a Szovjetunióban több gyárban alkalmazzák időnként vagy rendszeresen az őrlést segítő anyagokat. Az amerikai szabvány (ASTM 155 C) által a nagy kezdőszilárdságú cementhez 0,04—0,08% mennyiségben megengedett DTA preparátum (trietanolamin és tiszta lignoszulfonsav kalciumsóinak keveréke) ugyancsak a klinker őrlése során kerül adagolásra, azaz az őrlést segítő anyagként is szerepel.

1965—67 között a SZIKKTI-ben kiterjedt kísérleteket végeztünk a szóbanforgó kérdés gyakorlati és elméleti oldalának tisztázása érdekében. A laboratóriumi vizsgálatok sikeres ipari kísérletekkel érték véget. A kapott eredmények alátá-

masztják az irodalomból már ismert megállapításokat, (Rojak—Pirockij, 1958, 1960, 1961, 1964.), de ezen túl új megfigyeléseket is tartalmaznak.

A kísérletek leírása

A kísérletek során több kérdést tanulmányoztunk. Ezek közül itt csak a következőkkel foglalkozunk:

a) *fa.* anyagok hatása klinkerek, illetve szintetikus klinkerásványok őrlhetőségére, tapadására és agglomerációjára laboratóriumi és üzemi körülmények között;

b) a nyílt- és körfolyamatrendszerű malmok teljesítményének növelése, illetve a szeparátorok működésének javítása *fa.* anyagok alkalmazásával.

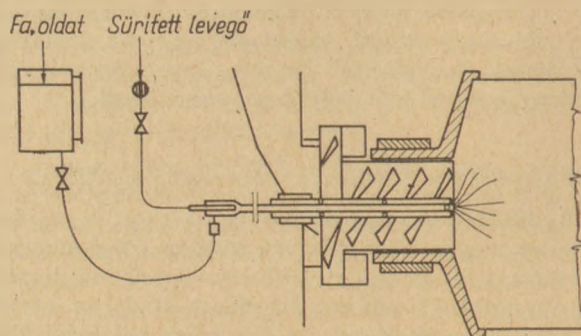
Őrlést segítő anyagként trietanolamin (mint etalon adalék), valamint a Magyarországon szabadalomra bejelentett ún. MAVEKLIN—KL anyagok szolgáltak.

Kísérleti őrlőberendezésünk 5 liter űrtartalmú, 68 percenkénti fordulatszámú, 8 kg 20×20 mm-es cilpehsszel töltött vasmalom volt. Üzemi kísérleteket különböző méretű nyíltrendszerű háromkamrás golyósmalmokkal, valamint 3×12 m-es „Doppel-rotator” elven működő körfolyamatrendszerű malommal végeztünk.

Az őrlmény őrlési finomságát a szitamamaradék, a fajlagos felület (Blaine-szám), valamint a teljes szemszerkezet mérése alapján határoztuk meg.

A szeparátor működésének jellemzésére a körbejárési tényező (τ) mértéke, valamint a Tromp-görbék szolgáltak, a malom-egység munkáját pedig a malom terhelése, az őrlmény finomsága és a malomdiagram alapján ítéltük meg.

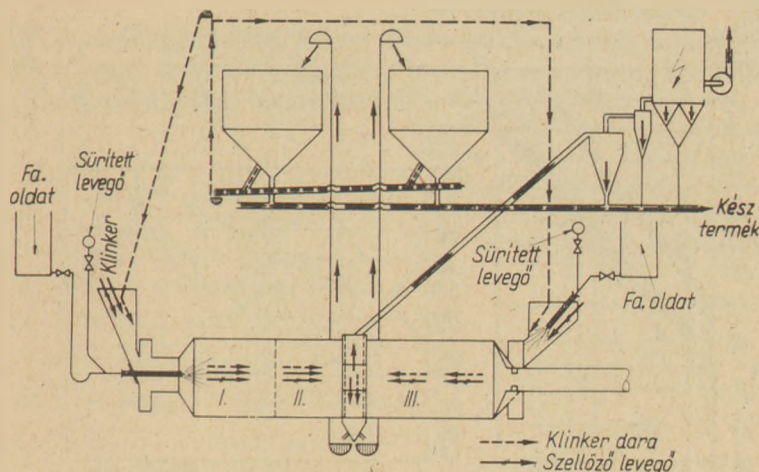
A laboratóriumi kísérletek során a cseppfolyós *fa.* anyagot vagy teljesen az őrlés kezdetekor vagy az őrlés folyamán adagokban adagoltuk a malomba. Üzemi körülmények között a cseppfolyós *fa.* anyagot finomdiszperz alakjában vizes oldatban, nyomás alatt (kb. 2,0—2,5 atm.) porlasztottuk a malomba behordó csigán keresztül.



1. ábra. Felületaktív anyag adagolásának módja nyílt-folyamatrendszerben

* A Várnai I. Nemzetközi Cementkonferencián elhangzott előadás. 1968. IX. 23.

** Az üzemi kísérleteket Vadász Mihály irányította.



2. ábra. Felületaktív anyag adagolásának módja körfolyamatrendszerben

A cseppfolyós *fa.* anyagon kívül, a hatásmechanizmus összehasonlítása céljából szilárd őrlést segítő anyaggal (pl. gyanta, kazánsalak, stb.) is végeztünk üzemi kísérleteket, amelyek során az adalékot a tányéradagolón keresztül vittük be a malom első (durvaőrlő) kamrájába.

A *fa.* anyag adagoló berendezés általában egy oldattároló tartályból, sűrített levegő vezetékből, valamint porlasztóból állt.

Az 1. ábra cseppfolyós *fa.* anyagnak a nyíltrendszerű malom első kamrájába történő adagolásának sémáját mutatja be.

Körfolyamatrendszerű malomba a *fa.* anyagot az 1. és 2. kamrába adagoltuk. Az adagolás rendszere a 2. ábrán látható.

Mind a laboratóriumi, mind az üzemi kísérletek során bebizonyosodott, hogy kis mennyiségű (0,015—0,018%) cseppfolyós *fa.* anyag bevitelével lehetővé válik vagy a cementörlemény finomságának lényeges növelése (R_{90} szitamarádékra vonatkoztatva kb. 40%-kal), vagy pedig azonos őrlésfinomság mellett a malom teljesítményének jelentős fokozása (egyes esetekben több mint 30%-kal).

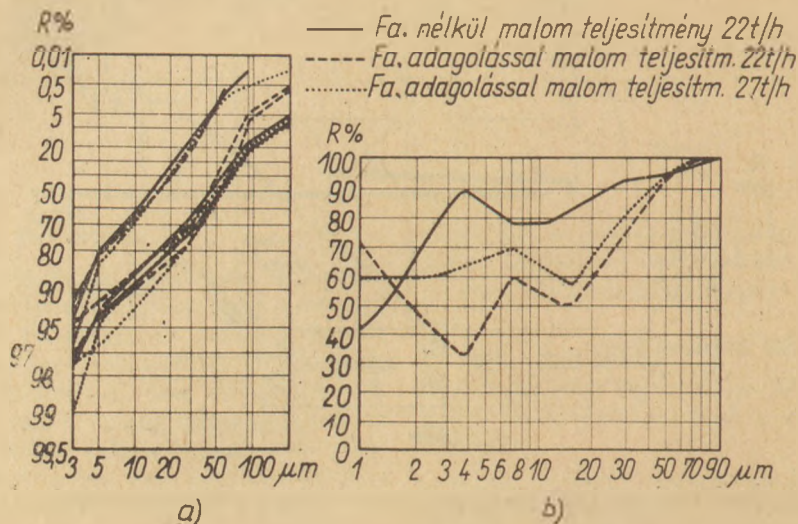
Az 1. táblázatban bemutatunk néhány, az üzemi kísérletek során elért eredményt.

A *fa.* anyag alkalmazása során lényegesen javult az osztályozó működése is. Ez világosan látható a Tromp-görbékből is (3. ábra). Az egyébként igen sok finomszemcsét tartalmazó dara egyenletesebb szemszerkezetűvé válik. Megfigyeltük, hogy a körfolyamatrendszerrel a felhasznált *fa.* anyag mennyisége a nyíltrendszerű malmokhoz képest csökken.

A *fa.* anyag hatásmechanizmusának tanulmányozásánál laboratóriumi és üzemi kísérletek eredményeit vettük alapul. Ahogy az a 4. ábrából látszik, a *fa.* anyag az őrlési folyamatot intenzívebbé tette és a finomság növekedésével a hatása nőtt. Mind a laboratóriumi, mind a *fa.* anyag alkalmazása során javult a klinker őrlhetősége, másrészt pedig teljesen, vagy nagy mértékben csökken a cementszemcséknek a malom falára és az őrlőtestekre történő tapadása (5—6. ábra). A szerkezeti görbékből is megállapítható, hogy a *fa.* anyag jelenlétében őrlött klinkerek azonos őrlési idő mellett mindig finomabbak és a szilárdság szem-

1. táblázat
Felületaktív anyag hatása a cementklinker őrlési finomságra és a malmok teljesítményére

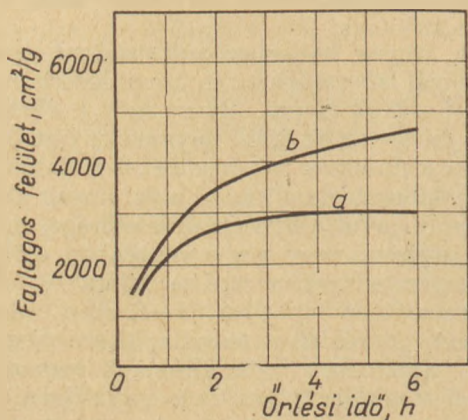
Malom mérete	Őrlési finomság (változatlan malom teljesítmény mellett)				Malom teljesítménye, t/h				Teljesítmény növekedés, %	Körbejárási tényező (körfolyamatrendszerrel)	
	R_{90} %		Fajlagos felület, cm^2/g		Mért		Számított $R_{90} = 10\%$ -ra				
	<i>fa.</i> nélkül	<i>fa.</i> anyag-gal	<i>fa.</i> nélkül	<i>fa.</i> anyag-gal	<i>fa.</i> nélkül	<i>fa.</i> anyag-gal	<i>fa.</i> nélkül	<i>fa.</i> anyag-gal		<i>fa.</i> nélkül	<i>fa.</i> anyag-gal
1,5×11 m	9,4	4,8	2350	2560	7,5	7,6	7,5	9,8	30	nyílt rendszer	
1,5×11 m	7,8	5,0	2300	2500	7,4	7,6	8,1	9,9	22	nyílt rendszer	
1,5×11 m	8,5	4,3	2200	2570	6,8	6,8	7,5	9,5	22	nyílt rendszer	
1,5×11 m	8,5	5,0	2200	2450	6,8	7,7	7,5	10,0	32	nyílt rendszer	
2,0×13 m	12,0	5,5	1800	2450	14,8	17,2	13,8	20,9	40	nyílt rendszer	
2,0×13 m	12,0	12,2	1800	1950	14,8	19,6	13,8	18,1	—	nyílt rendszer	
3,0×12 m	0,50	0,45	4000	4700	22,0	22,0	—	—	—	14	6
3,0×12 m	0,50	0,60	4000	4000	22,0	22,0	—	—	—	14	5
3,0×12 m	2,70	1,00	2700	3160	40,0	40,0	—	—	—	5	4
3,0×12 m	2,70	2,40	2700	2670	40,0	47,0	—	—	—	5	3



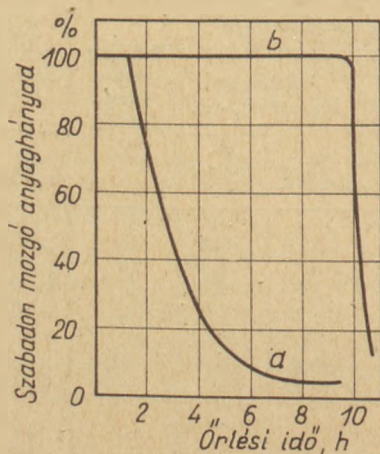
3. ábra. Tromp-görbék 600-as portlandcement előállításánál (üzemi mérés).
a) szemszerkezet, b) Tromp-görbék

pontjából is kedvezőbb szemcseösszetételűek (7. ábra), a 3 és 30 μm közötti frakció nagyobb hányadot képvisel.

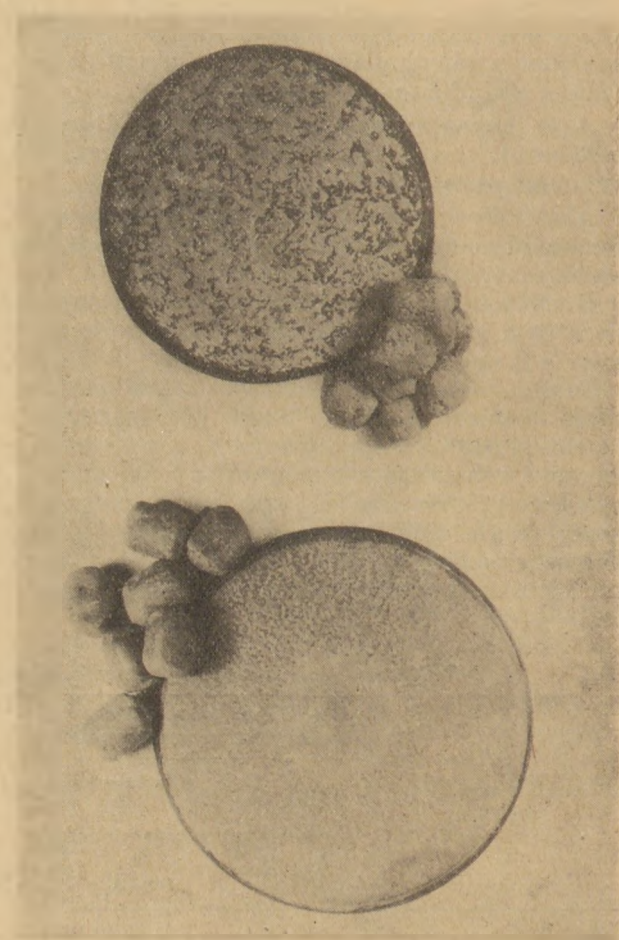
A *fa.* anyag hatásmechanizmusát továbbá a kísérletek során felvett malomdiagram alapján ta-



4. ábra. Cementklinker őrlőhetősége. a) *fa.* anyag nélkül, b) *fa.* anyag adagolással

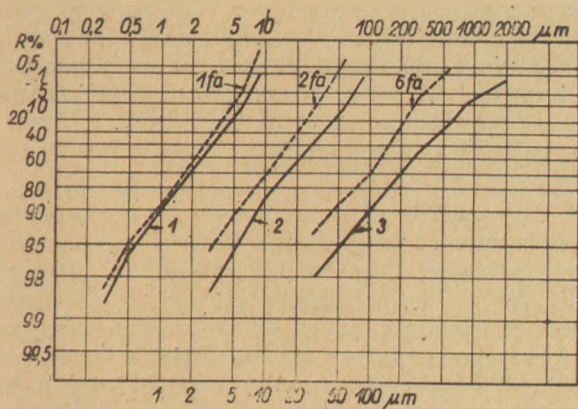


5. ábra. Szabadon mozgó anyag mennyiségének változása az őrlési idő függvényében. a) *fa.* anyag nélkül, b) *fa.* anyag adagolással

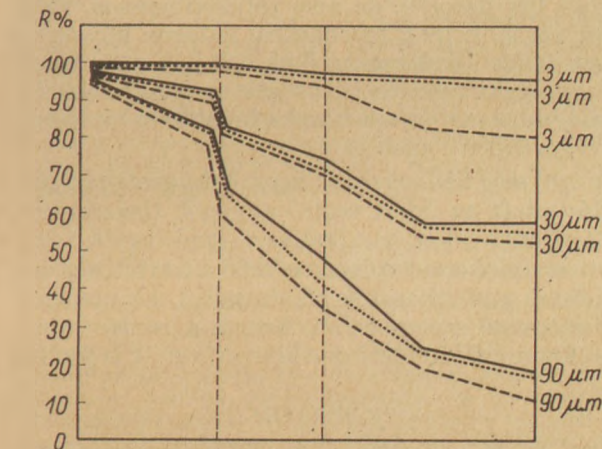
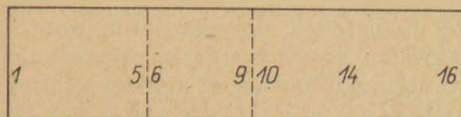


6. ábra. Tapadás és *fa.* hatása. A laboratóriumi malomzáró gumi lapja és az őrlőtestek. a) *fa.* anyag nélkül, b) *fa.* anyag adagolással

nulmányoztuk. A 8. ábrán látható malomdiagramból megállapítható, hogy a *fa.* anyag hatása már a malom első kamrájában kezdődik és különösen hatásossá a második kamra végén, illetve a harmadik kamra elején válik. Ez elsősorban a cseppfolyós állapotban, porlasztásos módszerrel adagolt



7. ábra. Szemcseösszetétel változása — a számok az őrlési időt adják meg órákban, — a szám mellett a fa. azt jelenti, hogy az őrlés fa. anyaggal történt

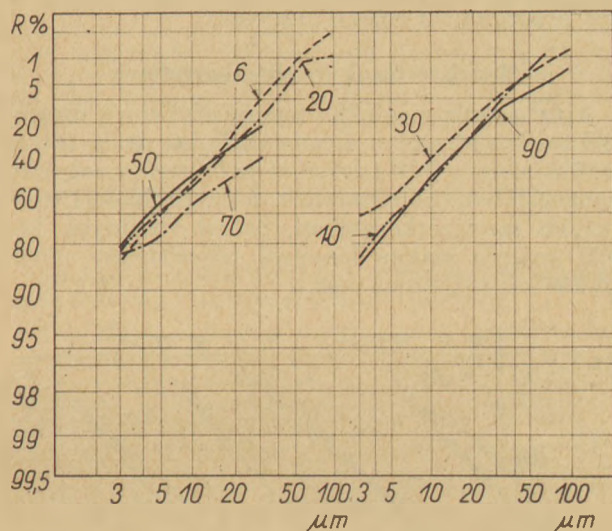


8. ábra. Malom-diagram (nyílt folyamat) folytonos vonal: fa. anyag nélkül, szaggatott vonal: cseppfolyós fa. anyag adagolással, pontozott vonal: szilárd őrlést segítő anyaggal

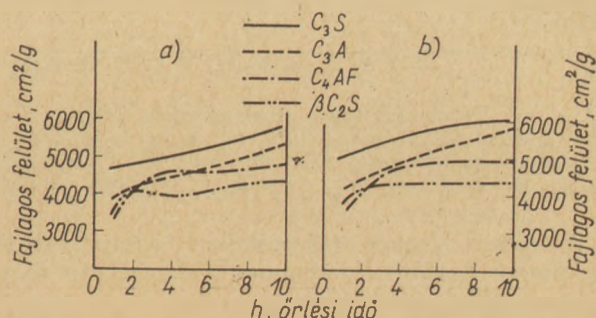
fa. anyagra vonatkozik. A szilárd állapotú őrlést segítő anyag adagolása során az észlelhető hatás csakis a második kamra végén, illetve a harmadik kamrában jelentkezik. Figyelemre méltó, hogy a fa. és általában az őrlést segítő anyagok alkalmazása következtében nagy mennyiségű finom frakció képződik, ami a cement mozgékonyasága mellett nagy porképződéshez vezet.

Az őrlési kísérletek során azonban azt is megfigyeltük, hogy egy bizonyos meghatározott finomság elérése után ($> 4000 \text{ cm}^2/\text{g}$, amelynek mértéke a klinker ásványi összetételétől függ) a fa. anyag hatása csökken. Így az adalék további bevitelére ellenére a mérhető fajlagos felület növekedése gyakorlatilag megszűnik, a cementörleményben fellép az agglomeráció (n — csökkenése és $\bar{x}$ μm növekedése mellett 9. ábra). A fa. anyagok hatása a továbbiakban tulajdonképpen csak a tapadás megszüntetésére korlátozódik.

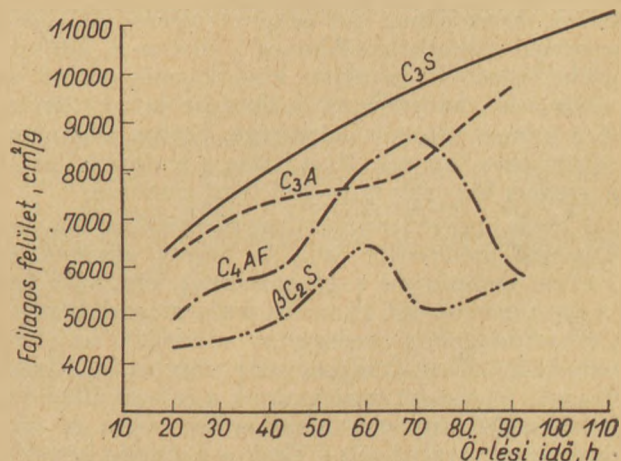
E kérdés részletesebb tanulmányozása céljából szintetikus klinkerásványokkal is végeztünk hasonló jellegű (hosszú ideig tartó) őrlési kísérleteket fa. anyaggal (10—11. ábra). Megállapítható, hogy bár az őrlés kezdeti stádiumában a fa. anyag valamennyi vizsgált klinkerásvány őrlhetőségét egyaránt javítja (10. ábra), a finomság növekedésével azonban hatása jelentősen változik: $\beta\text{-C}_2\text{S}$ esetén a fa. anyag hatása a finomság növekedésével egy-



9. ábra. Két különböző klinkerörlemény szemszerkezete hosszú időig tartó őrlésnél, 10 óránként 0,1% fa. anyag adagolással. Számjelzések az őrlési időt adják meg



10. ábra. Klinkerásványok őrlhetősége. a) fa. nélkül, b) fa. anyag adagolással



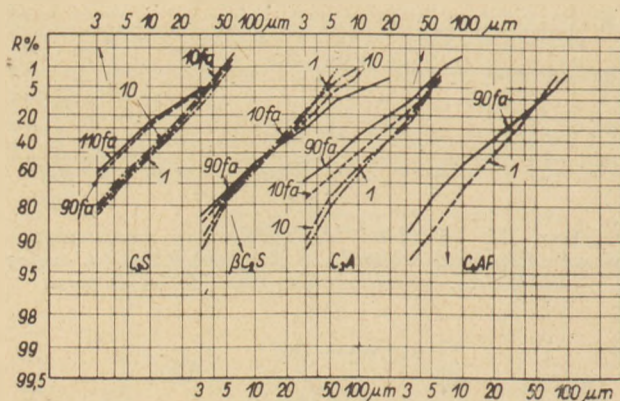
11. ábra. Klinkerásványok őrlhetősége hosszú ideig tartó őrlésnél (10 óránként 0,1% fa. anyag adagolással)

értelműen csökken, továbbá az, hogy a β -C₂S örményben a *fa.* anyag adagolás ellenére is erős agglomeráció lép fel (11. ábra). A szemcseméret eloszlást ábrázoló egyenesek (12. ábra) azt mutatják, hogy 1 és 10, valamint 10 és 90 órai őrlés között a vizsgált klinkerásványok közül a β -C₂S mutatja a legnagyobb agglomerációt.

Ezzel szemben a C_3S őrlményben az agglomeráció minimális. A 110 órás őrlés után mérhető fajlagos felület $11\,150\text{ cm}^2/\text{g}$ (Blaine szám), a valóságos felület ennél sokkal nagyobb.

Megállapítások és következtetések

A *fa.* anyag megfelelő mennyiségben és megfelelő módon adagolva a cementklinker őrlési folyamatát intenzívebbé teszi, ami az őrlemény nagyobb finomságában (szitamaradék, fajlagos felület), kedvezőbb szemszerkezetében, üzemi viszonyok között pedig a malom lényeges teljesítmény növekedésében nyilvánul meg.



12. ábra. Klinkerásványok szemszerkezete hosszú ideig tartó őrlésnél (10 óránként 0,1% fa. anyag adagolással). (A számok az őrlési időt adják meg órákban, a szám mellett fa. jel azt jelenti, hogy az őrlés fa. anyaggal történt)

A cementklinker részecskékre adszorbeálódó *fa.* anyag hatásmechanizmusa a következő rész-folyamatokból tevődik össze:

1. Rebinder-féle „adszorpciós szilárdságsökkenés” (Rebinder—Sreiner—Zsigacs 1944), amely az őrlés kezdeti (durva) szakaszában, azaz a malom I. kamrájában jut érvényesülésre. Az „adszorpciós szilárdságsökkenés”, illetve a klinker őrlhetőségének javulása következményeként a malom első kamrájának működése javul, illetve nő a kamra átbocsátóképessége, hatása a klinker előtöréséhez hasonló. Ez a hatás a malom teljesítményének lényeges növelését teszi lehetővé.

A hatás megnyilvánulása nagymértékben függ az adagolási módszertől és a *fa*. anyag állapotától (szilárd, cseppfolyós vagy gáznemű). Így, ha a *fa*. anyagot nem az első kamrába porlasztással, hanem a tányéradagolóra csepegtetve adagoljuk, az elérhető hatás (főleg a teljesítmény növelés) csökken. Hasonló jelenséget tapasztalunk a szilárd állapotú őrlést segítő anyagok alkalmazása során is (pl. kázsálalak, gyanta stb.). Ezek a finomság növelésén túl nem adnak lehetőséget a malomteljesítmény lényeges fokozására.

2. A falra és az őrlőtestekre való tapadás (párnázódás), valamint a részecskék egymáshoz való tapadásának csökkenése. Ez a hatás a malom II és III kamrájában, továbbá a szeparátorokban jelentkezik. Ezáltal lehetőség nyílik vagy a cementfinomság (minőség), vagy pedig a malomteljesítmény növelésére.

3. Az agglomeráció fellépésének korlátozása. E hatás egyes cementklinkerek őrlése esetén bizonyos finomsági határon túl (általában mintegy 4000 cm²/g Blaine felület) csökkenő tendenciát mutat és újabb *fa.* anyag adagolással sem fokozható lényegesen. Ez elsősorban a klinker heterogén jellegével függ össze, továbbá azzal, hogy a *fa.* anyag hatása egyes klinkerásványokra szelektív jellegű, és pedig β -C₂S-ra korlátozott.

Ebből mindenekelőtt az következik, hogy a β -C₂S törési felületének természete (a szabad töltések szempontjából) bizonyos fokig különbözik a C₃S törési felületének természetétől, minthogy a β -C₂S egyébként is (tehát a *fa*. anyag nélküli őrlés-nél) nagy hajlamot mutat az agglomerációra.

Az elvégzett kísérletek tehát újólag bizonyítják, hogy a tapadás és az agglomeráció folyamatainak jellege bár hasonló, de nem teljesen azonos, valamint azt is, hogy a mechanikai hatások következtében fellépő elektrosztatikus töltések nem lehetnek az agglomerációs jelenségek okozói. Ezekkel a kérdésekkel egy másik munka keretében kívánunk részletesebben foglalkozni.

Végül meg kell jegyezni, hogy a fokozott porképződés miatt az őrlést segítő anyagok (beleértve a szilárd anyagokat is) alkalmazásának egyik feltétele az őrlőberendezés megfelelő tömítettsége és tökéletes porleválasztók alkalmazása. Ez nemcsak egészségügyi szempontból, hanem a cementminőség (finomfrakció esetleges hiánya) miatt is fontos.

IRODALOM

- Rojak, Sz. M.—Pirockij, V. Z. (1958): *Naucsnie szoobscsenija NIICementa*, 6 (37) Moskva.
 Rojak, Sz. M.—Pirockij V. Z. (1960): *Trudi NIICementa*, 14. Moskva.
 Rojak, Sz. M.—Pirockij V. Z. (1961): *Sztoitелnie materialy*, 7 No 11, p. 33.
 Rojak, Sz. M.—Pirockij V. Z.—Macuer N. Sz. (1964): *Cement*, 30 No 5, p. 5.
 Rebinder, P. A.—Sreiner, L. A.—Zsigacs, K. F. (1944): *Ponizitelі tverdoszti pri burenii*. Moskva.

Opoczky Ludmilla: Felületaktív anyagok hatása a cementklinker őrlési folyamataira

Megvizsgálták a felületaktív anyagok (*fa.*) hatását a cementklinker őrlési folyamataira mind laboratóriumi, mind üzemi körülmények közt az őrlés hatékonysabbá tétele céljából. Célravezető módszerek sikertől kidolgozni üzemi nyíltrendszerű és körfolyamatos malmok esetében a *fa.* adagolására. A *fa.* hatására a malmok teljesítménye nagy mértékben (több mint 30%-kal) nőtt, egyúttal a szeparátorok munkája is javult. A *fa.* hatásmechanizmust változó ásványi összetételű üzemi klinkerek és szintetikus klinkerásványok esetében tanulmányozták. Igen feltűnő a durva klinkerszemcsék szilárdságának adszorpciós csökkenése a *fa.* hatására (Rebinder-effektus). E hatás elsősorban az ipari malmok első kamrájában nagymértékű, azaz a durva őrlés körülményei közt. A többi kamrában, a finomabb őrlés során a *fa.* hatása inkább a szemcséknek a falhoz és az őröltestekhez, valamint egymáshoz való tapadásának csökkenésében

nyilvánul meg. A *fa*. szelektív módon hat az egyes klinkerásványokra; az agglomerációra gyakorolt behatása pedig korlátozott. A kutatás eredményeire támaszkodva a cementklinker őrlése során fellépő tapadási és agglomerációs jelenségek általános természetére vonatkozó következtetéseket vontak le.

Л. Опoczки: Исследование влияния поверхностноактивных добавок на процессы помола цементного клинкера

Было исследовано влияние поверхностноактивной добавки (*па*) на интенсификацию процесса помола цементного клинкера в лабораторных и заводских условиях. Путем применения эффективных методов подачи добавки в мельницы открытого и замкнутого цикла удалось достигнуть значительного повышения производительности мельницы (более чем на 30%), а также улучшения работы сепараторов.

Механизм влияния на добавки изучался на заводских клинкера различного минералогического состава и синтетических клинкерных минералах. Была установлена явная эффективность адсорбционного понижения прочности (эффект Ребиндера) при усталостном разрушении крупных зерен клинкера, за счет введения малых добавок па вещества. Этот эффект достигается введением добавки в первую камеру производственных мельниц т. е. в условиях грубого помола. В дальнейших камерах, в процессах более тонкого измельчения, роль *па* сводится к предотвращению налипания мелких частиц цемента на мелющие тела и стенки камеры, а также к предотвращению агрегирования мелких частиц. Был установлен селективный характер влияния добавки на различные клинкерные минералы, а также ограниченность ее влияния на процессы агрегирования тонких цементных порошков.

На основании проведенных исследований были сделаны общие выводы, касающиеся природы процессов налипания и агрегирования, имеющих место при помоле цементного клинкера.

Opoczky, Ludmilla: Die Einwirkung oberflächenaktiver Stoffe auf den Mahlvorgang des Zementklinkers

Es wurde die Einwirkung von oberflächenaktiven (*oa*) Stoffen auf die Mahlvorgänge des Zementklinkers untersucht, sowohl im Laboratorium, wie auch unter Betriebsverhältnissen, um das Mahlen wirksamer gestalten zu können. Es ist gelungen eine zweckmäßige Methode zu bearbeiten für offene Systeme, wie auch für die Kreislaufmahlart, hinsichtlich auf die Dosierung.

Infolge der Einwirkung von *oa*-Stoffen nahm die Leistung der Mahlvorrichtungen beträchtlich zu, (mehr als 30%), zugleich besserte sich auch die Tätigkeit der Separatoren. Man prüfte den Wirkungsmechanismus im Falle von Betriebsklinkern wechselnder Zusammensetzung und von synthetischen Klinkermineralien. Es ist überaus auffallend die adsorptive Festigkeitsabnahme der rohen Klinkerkörner auf Einwirkung von *oa*-Stoffen. (Rebinder-Effekt). Diese Wirkung ist insbesondere in der ersten Kammer der industriellen Mahlmäschinen beträchtlich, d. h. unter Umständen des Grobvermahlens. In den folgenden Kammern, im Laufe des Feinmahlens, manifestiert sich die Wirkung der *oa*-Stoffe vielmehr durch die Abnahme vom Anhaften der Körner an die Wandung und die Mahlkörper, wie auch aneinander. Die *oa*-Stoffe wirken auf die verschiedenen Klinkermineralien in einer selektiven Weise ein; ihre Wirkung auf die Agglomeration ist dafür beschränkt. Auf Grund der Forschungsergebnisse konnten in bezug auf die Natur der im Laufe des Vermahlens vom Zementklinker auftretenden Haft- und Agglomerationserscheinungen Folgerungen gezogen werden.

(S. G.)

Opoczky, Ludmilla: The Effect of Surface Active Agents upon Grinding Processes of Cement Clinker

The effect of surface active agents („surfactants“) upon cement grinding was studied aiming at the intensification of the grinding process. The method of effective surfactant addition was examined in industrial open closed-circuit mills. The output of the mills increased to a considerable extent by surfactant action with a simultaneous improvement of the separator performance. The mechanism of surfactant action was studied using industrial cements and synthetic, pure clinker minerals as model substances. The strength of coarse clinker grains showed a very considerable decrease due to the absorption of the surfactant (Rehbinder effect), especially in the first chamber of industrial ball mills, i.e. in case of coarse grinding. The surfactant action in the subsequent chambers is realized by a decreased sticking of cement grains to mill walls and to grinding media, as well as by the reduced agglomeration. The effect of the surfactant on the clinker minerals is selective (highest effect was found with alite, lowest with β -dicalcium silicate). Agglomeration can be improved to a limited extent only by surfactant addition. Research results enabled to draw some general considerations on the nature of sticking and agglomeration phenomena occurring during the grinding of cement clinker.

Helyreigazítás

Folyó évi 1. számunkban Kúnvári Árpádnak A szilikátipar 1971—75. évi műszaki fejlesztésének fő irányai c. cikkében a 6. oldal, 4. fejezet, 3. bekezdésének első mondata helyesen a következő:

A betontechnológia hazai fejlődése, az építőipar iparosításának követelményei a IV. Ötéves Terv-időszakban előreláthatólag nálunk is napirendre tűzi a hazai cementfélék szilárdulási viszonyainak javítását, a paramétereknél tapasztalható szórás csökkentését.

Kis zsugorodású, nagy timföldtartalmú kerámiai anyagok*

HOVORKA, O. — PROCHÁZKA, S.
Hradec Králové, CSSR

Bevezetés

A kerámiai anyagok zsugorodása a gyártási folyamat szempontjából kedvezőtlen jelenség. Ennek csökkentése céljából a masszához soványító anyagot adagolnak, vagy olyan anyagokat dolgoznak fel, amelyek minimális és egyenletes zsugorodású masszát eredményeznek.

Az eddig sajtolással vagy fröccsöntéssel gyártott korundmasszák általában 18–20% lineáris zsugorodást mutattak. Ha a gyártást gipszformában vagy előhúzással végzik, ez az érték még nagyobbá válik. A korundból készült kerámiai anyagok csak műszaki célokra készülnek, ezért a formaállóságukkal és méretpontosságukkal szemben igen nagyok a követelmények. Ilyen körülmények között a korund kerámiai anyagok gyártásakor fellépő nagy zsugorodás igen kedvezőtlen jelenség. Nagyon nehéz a gyártmányok kis mérettűrését betartani vagy nagyobb darabokat elkészíteni. Mindkét esetben még igen nagy selejtképződéssel is számolnunk kell.

A korundból készült kerámiai anyagok zsugorodása

Zsugorodás alatt általában a test lineáris, relatív dimenzióváltozását értjük. Általában a térfogati sűrűség változásával magyarázható, és kifejezhető a kezdeti (D_0), valamint a végső (D_E) térfogati sűrűséggel a következő ismert összefüggés szerint:

$$S_{\text{terf.}} = \frac{D_0 - D_E}{D_0} \cdot 100\%$$

A kerámiai anyagok zsugorodásának csökkentése céljából, amelynek nagy térfogati sűrűséggel kell rendelkezniök, nyilvánvalóan a kiindulási térfogati sűrűséget kell növelni. Azok a követelmények, amelyeknek a szemcsés kiindulási anyagnak meg kell felelnie, ismereteseek, de ezek Al_2O_3 esetében igen körülményesek, és számos tanulmány tárgyát képezték [1, 2, 3, 4]. A feldolgozott nyersanyag kb. $1\ \mu$ szemcsenagyságú diszperzió, és a részecskék alakja és szemcseeloszlása nem az egyedüli, még csak nem is a fő tényező, amely az elérhető térfogati sűrűséget meghatározza.

Ismeretes, hogy a timföld teljes átalakulásának követelménye α alakba, messzemenően nem kielégítő. Az α - Al_2O_3 krisztallitek nehezen ellenőrizhető nukleációs folyamatok útján keletkeznek a kiindulási vegyület izzításakor, és keletkezésük

igen nagy, negatív térfogatváltozással jár. Gyakran előfordul, hogy a kiindulási módosulat (pl. $\text{Al}(\text{OH})_3$ -trihidrát kristályok) nem esnek szét, és így az Al_2O_3 -krisztallitek aggregátumai belső porozitással rendelkeznek [6, 7, 8]. Ez a belső porozitás megfelelő hevítéssel vagy más beavatkozással visszaszorítható. Így például őrléssel elméletileg α - Al_2O_3 -krisztallitekből álló diszperziót kaphatunk.

A valóságban a megmunkálás során újra aggregátumok keletkeznek, szekunder kristálycsomók alakulnak ki, mert a tényleges kristályok túl kicsinyek. Az elemi részecskék szekunder csoportosulásának módja igen különböző lehet, és eddig ezt az Al_2O_3 esetében nem tanulmányozták, pedig ez a második fő tényező, amely döntő a kerámiai úton feldolgozott Al_2O_3 kiindulási térfogati sűrűsége nézve.

Az elemi kristályok nagysága, az aggregálódás foka és az aggregátumok alakja tehát az Al_2O_3 zsugorodását meghatározó fő tényezők. Kevésbé ismert azonban Al_2O_3 esetében a szemcsék alakjának és granulometriájának a szerepe. Kísérleteink során néhány technológiai paramétert vizsgáltunk és megállapítottuk, hogy az általánosan használt korundmasszák zsugorodása megfelelő megmunkálással lényegesen befolyásolható, és igen célszerű volna a tárgyalt jelenségek elmélyültebb tanulmányozása.

Kísérletek

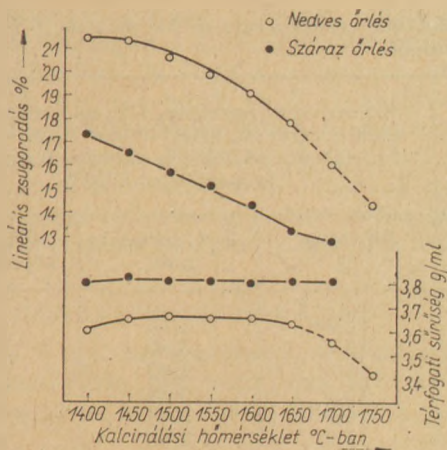
A korundkerámiában használt oxidok közül kísérleteinkhez a következő kiindulási anyagokat használtuk:

a) Csehszlovák gyártmányú timföld, kohászati célokra,

1. táblázat
A felhasznált timföldek tulajdonságai

	Csehszlovákiai timföld, kohászati célokra	NSZK gyártmányú timföld, kerámiai célokra
Kémiai összetétel %		
Al_2O_3	97,98	99,55
SiO_2	0,40	0,07
Fe_2O_3	0,10	0,05
TiO_2	—	—
CaO	0,22	0,15
MgO	0,09	—
Na_2O	0,47	0,08
K_2O	0,02	0,00
Kalcinálási veszteség	0,49	0,00
Fajlagos felület m^2/g (9) szerint mérve	29,5	0,65

* A IX. Szilikátipari Konferencián elhangzott előadás



1. ábra

b) NSZK-gyártmányú speciális timföld, kerámiai célokra.

A felhasznált oxidok fizikai és kémiai jellemzőit az 1. táblázat tartalmazza.

A felhasznált oxidokat és kísérleti masszákat 6 és 10 literes porcelánmalmokban őrlöttük, 10 és 25 mm-es őrlőgolyók felhasználásával. Az őrlési időtartam 1-től 100 óráig terjedt, a bemért mennyiség 1 és 5 kg volt. A próbatesteket 1600–1720°C hőmérséklettartományban magyar gyártmányú, PG 4-típusú kemencében égettük.

A próbatestek térfogati sűrűségét nyersen és égetve határoztuk meg, megmértük továbbá az égetett testek zsugorodását és vízfelvevőképességét. A próbatestek térfogati sűrűségét súlyuk és térfogatuk arányából számítottuk ki. A próbatestek tulajdonságain kívül megállapítottuk a száraz őrléssel kapott porok jellemzőit is. Ez utóbbi mérés azonban nehézségekbe ütközött, mert a szemcse-nagyság meghatározását Andreasen szerint a porokhoz adagolt „kenőanyag” miatt nem lehetett elvégezni. Ha ezt az adalékanyagot izzítással eltávolítjuk, és aztán végezzük el a vizsgálatot, az nem egyezik a fajlagos felület mért értékével [2]. Mikroszkópos és elektronmikroszkópos megfigyelések sem adtak egyértelmű eredményt. Megállapítottuk, hogy a zsugorodás mérése a legmegbízhatóbb értékelési kritériuma az Al_2O_3 száraz őrlésének.

Eredmények

Nedves őrléssel, a korundkerámiai anyagok leggyakoribb előkészítési módjával nem lehet lényegesen csökkenteni a zsugorodást. Kis zsugorodásnak tekintjük a 13% lineáris zsugorodásnál kisebb értékeket.

Mint az 1. ábrából látható, az Al_2O_3 magas hőmérsékleten végzett kalcinálásával sem lehet a zsugorodást lényegesen csökkenteni, az ilyen módon előkészített Al_2O_3 csupán 4%-kal kisebb zsugorodást mutat. Az Al_2O_3 kalcinálásának legmagasabb hőmérséklete 1650°C, mert a magasabb hőmérsékleten kalcinált Al_2O_3 -ot már nem lehet tökéletesen zsugorítani. A nedvesen őrlött Al_2O_3 számára ez a legmagasabb hőmérséklet, és jó összhangban van a [2] irodalmi adatokkal.

Az Al_2O_3 száraz őrlése nehézségekkel jár. Ha ugyanis az őrlésnek bizonyos fokát elérjük, az őrlött anyag, vagyis az Al_2O_3 , elválk az őrlőtestektől, és kéreg alakjában lerakódik a dob falára vagy a golyókra. Természetesen az őrlési folyamat így megakad. Ennek a jelenségnek az oka nem a nedvességtartalom, hanem valószínűleg az újonnan képződött aktív felületek elektromos erői.

Felületaktív anyagok adagolásával, amelyeket az őrlés előtt adagolnak az Al_2O_3 -hoz, ez a jelenség visszaszorítható. Ennek hatását úgy lehet elképzelni, hogy ezek a keletkező Al_2O_3 részecskéket a felületen abszorbeálódva vékony rétegben körülveszik. Egyértelműen megfigyeltük, hogy a felületaktív anyag mennyiségének elegendőnek kell lennie ahhoz, hogy az egész felületet monomolekuláris réteggel elláthassa. Kisebb mennyiség esetében a hatás gyorsan csökken.

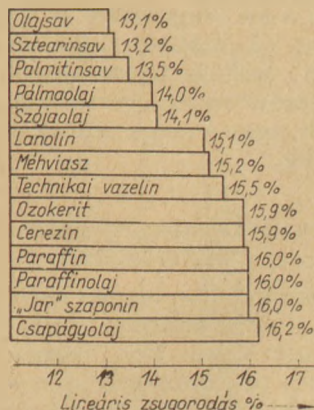
Az őrlési adalékanyagok befolyása

Az irodalomban beszámolt találmány [10] a nafténsav alkalmazásáról, amelyet eredményesen adagoltak a szárazon őrlött Al_2O_3 -hoz. A vegyszerre vonatkozó közelebbi adatokat azonban a cikk nem ad meg. Mi kutatásaink során különböző, poláros és apoláros nyílt szénláncú vegyületet próbáltunk ki. Ezek hatásáról az Al_2O_3 zsugorodásának csökkenésére, azonos őrlési feltételek mellett, a 2. ábra ad felvilágosítást. Megállapítottuk, hogy az apoláros vegyületek hatástalanok, vagy csak kisebb hatást fejtenek ki. A legjobb eredményt egy zsírsav adagolásával érték el.

A zsugorodás és a „kenőanyag” közötti közvetlen összefüggést a következő kísérlet bizonyította be. Közöséges, nedvesen őrlött korundmasszájának 19,5%-ot kitevő zsugorodása 14,3%-ra csökkent, ha a masszát 1% olajsav adagolásával szárazon tovább őrlöttük. Ennek a fordított esetében, mikor olajsav adagolásával szárazon őrlött korundmasszából a hatásos adalékanyagot mosással vagy izzítással eltávolítottuk, eredetieg 13%-ot kitevő zsugorodása 18%-ra emelkedett.

Az Al_2O_3 kalcinálási hőmérsékletének befolyása

Mint az 1. ábrából és a 2. táblázatból látható, az Al_2O_3 kalcinálási hőmérséklete befolyásolja a zsugorodást. Emelkedő kalcinálási hőmérséklettel



2. ábra

Kalcinálási hőmérséklet °C	Nedves őrlés porcelándobban zsugorított korund őrlőgolyók, őrlési arány 1:1:1, bemérés 2 kg, időtartam 20 óra. Égetési hőmérséklet 1850°C.			Száraz őrlés porcelán dobban, zsugorított timföld golyók, őrlési arány 1:10, bemérés 0,5 kg, adalék 1% olajsav. Égetési hőmérséklet 1720°C.		
	Lin. zsug. %	térf. sűrűség g/ml	Vízfelv. képesség %	lin. zsug. %	térf. sűrűség g/ml	Vízfelv. képesség %
Kalcinálás nélkül						
1400	21,4	3,60	0,8	23,2	3,35	4,2
1450	21,3	3,65	0,0	17,3	3,80	0,3
1500	20,6	3,66	0,1	16,5	3,83	0,1
1550	19,9	3,65	0,1	15,5	3,81	0,1
1600	19,2	3,65	0,1	15,1	3,81	0,2
1650	17,8	3,63	0,1	14,3	3,80	0,1
1700	16,0	3,55	1,2	13,2	3,81	0,2
1750	14,3	3,42	2,7	12,8	3,81	0,1

Az NSZK gyártmányú speciális timföldek száraz és nedves őrlése

3. táblázat

Őrlés	Al ₂ O ₃ minőség	Égetési hőmérséklet °C	Lineáris zsugorodás %	Térfogati sűrűség g/ml	Víz-felvevő képesség %
Száraz őrlés	CTN	1720	12,2	3,85	0
1% olajsav adagolás	B 6	1650	12,2	3,92	0
		1720	11,9	3,90	0
16 óra őrlés	B 4	1650	11,9	3,87	0
		1720	11,6	3,82	0
Nedves őrlés	B 6	1720	11,3	2,88	9,7
24 óra őrlési idő					

csökken a massa zsugorodása, függetlenül attól, hogy azt száraz vagy nedves őrléssel dolgoztuk fel tovább. Száraz őrlés esetében a zsugorodás mindig kb. 25%-kal kisebb. Viszonylag magas kalcinálási hőmérséklet és száraz őrlés útján az Al₂O₃ zsugorodása 13% alá csökkenthető. Ugyanakkor megfigyelhető az égetett cserép térfogati sűrűségének növekedése és az égetési hőmérséklet csökkenése. Ez valószínűleg annak a következménye, hogy a térfogati sűrűség nyers állapotban nagy.

A kerámiai alkalmazás szempontjait figyelembe véve, ezeknek a „kerámiai célokra” árusított timföldeknek nincs kalcinálásra szükségük, hanem közvetlenül feldolgozhatók [11], kémiai összetételük az 1. táblázat szerint különböző. A Giuliani cég ún. kerámiai timföldjének száraz őrlésével el lehetett érni a kis zsugorodást és a többi kedvező tulajdonságot (3. táblázat). Bebizonyítottuk továbbá, hogy ezek a nyersanyagok is a nedves őrlés alkalmazása esetén egészen más jellemzőkkel rendelkeznek, nagy a zsugorodásuk és a zsugorítási hőmérsékletük.

Néhány adalékanyag befolyása az Al₂O₃ kalcinálására

Az Al₂O₃ zsugorodása csupán a magas hőmérsékleten végzett kalcinálással nem csökkenthető maximális mértékben. Hogy zsugorodás és más, pl. elektromos tulajdonságok szempontjából a kiindulási Al₂O₃ optimális tulajdonságait elérjük, vizsgáltuk azokat az adalékanyagokat, amelyeket

régebben az Al₂O₃ kalcinálásánál alkalmaztak. A következő módszereket használtuk fel:

1. Az Al₂O₃ kalcinálása H₃BO₃ adagolásával.

Ezt a kalcinálási módot az Al₂O₃ alkáli-tartalmának csökkentése céljából alkalmazzák. Ez a követelmény a kiváló elektromos tulajdonságú korundkerámi termékekkel szemben áll fenn. 1, 2 és 3 súly% B₂O₃-tartalmú keverékeket vizsgáltunk.

2. Kalcinálás NH₄F·HF jelenlétében.

Ezt a kalcinálási módot a SiO₂, Fe₂O₃ és alkáliák eltávolítása céljából alkalmazzák. Magasabb hőmérsékleten az adalékanyag szublimál, és a keletkező atmoszféra kedvező hatással van az α Al₂O₃ krisztallitek keletkezésére [12]. Az alkalmazott mennyiség 3, 4 és 5 súly% NH₄F·HF volt.

4. táblázat
Kohászati timföld száraz őrlése, kalcinálás H₃BO₃ adalékkal, égetési hőmérséklet 1720°C

Kalcinálási hőmérséklet	B ₂ O ₃ adalék súly %	Lineáris zsugorodás %	Térfogati sűrűség g/ml	Vízfelvevő képesség %
1380°C	1	11,9	3,85	0
	2	12,5	3,83	0
	3	12,9	3,74	0
1720°C	1	12,7	3,90	0
	2	12,4	3,84	0
	3	12,7	3,82	0

Az adalékanyagokkal kalcinált Al_2O_3 -próbatetek tulajdonságait a 4—6. táblázatok tartalmazzák. Megállapítottuk, hogy a választott előkészítési módok következtében az Al_2O_3 zsugorodásának további csökkenése volt elérhető, még abban az esetben is, mikor az adalékanyaggal csak alacsony hőmérsékleten kalcinálták a timföldet. A zsugorodást és a többi tulajdonságot össze lehet hasonlítani a korábbiakban ismertetett speciális timföldével.

Az őrlés időtartamának hatása

A 7. és 8. táblázat bemutatja az őrlés időtartamának befolyását két különböző korundmassza tulajdonságaira. Az első tiszta timföld, a második

7. táblázat
Kohászati célokra szolgáló, 1700°C-on kalcinált timföld, égetési hőmérséklet 1850°C

Őrlési időtartam, óra	Lineáris zsugorodás %	Térfogati sűrűség g/ml	Vízfel-vevő képesség %
0,5	16,8	3,04	5,2
1,0	18,1	3,68	0,1
2,0	17,0	3,73	0,1
4,0	15,5	3,78	0,2
8,0	14,3	3,80	0,3
16,0	13,5	3,80	0,3

5. táblázat

Kohászati timföld száraz őrlése, kalcinálás H_3BO_3 -adalékkal és anélkül, égetési hőmérséklet 1720°C

Kalcinálási hőmérséklet	B_2O_3 adalék súly %	Lineáris zsugorodás %	Térfogati sűrűség g/ml	Vízfel-vevő képesség %
1400°C	0	17,3	3,80	0,0
1380°C	1	11,9	3,85	0,0
1700°C	1	12,9	3,90	0,0

6. táblázat

Kohászati célokra szolgáló timföld száraz őrlése, kalcinálás $\text{NH}_4\text{F} \cdot \text{HF}$ -adalékkal, égetési hőmérséklet 1720°C

Kalcinálási hőmérséklet	$\text{NH}_4 \cdot \text{HF}$ adalék súly %	Lineáris zsugorodás %	Térfogati sűrűség g/ml	Vízfel-vevő képesség %
1380°C	3	14,0	3,73	0,3
	4	13,8	3,76	0,0
	5	13,5	3,73	0,1
1450°C	3	12,3	3,85	0,0
	4	12,0	3,84	0,0
	5	11,9	3,84	0,0

Összefoglalás

Bebizonyítottuk, hogy a száraz őrlés, a kiindulási anyag megfelelő kalcinálásával együtt, igen hatásos módja a korundkerámiai anyagok zsugorodásának csökkentésére. A vizsgálati és mérési eredményekből arra következtethetünk, hogy a legkedvezőbb eljárás kidolgozása lehetővé fogja tenni, hogy 10% körüli zsugorodással dolgozzunk, amellet az

8. táblázat

Korundmassza száraz őrlése. Összetétel: 98 súly% timföld H_3BO_3 -val 1700°C-on kalcinálva, 2 súly% $\text{SiO}_2 + \text{MgO}$. Égetési hőmérséklet 1600 és 1650°C

Őrlési időtartam	Fajlagos felület m^2/g	A próbatetek térfogati sűrűsége g/ml	A próbatetek térfogati sűrűségének 1 óra őrlési időre eső növekedése	1600°C égetési hőmérséklet		1650°C égetési hőmérséklet	
				Térfogati sűrűség g/ml	Lineáris zsugorodás %	Térfogati sűrűség g/ml	Lineáris zsugorodás %
1	0,77	2,22		2,95 n	9,3	3,24 n	12,1
2	0,78	2,35	0,13	3,21 n	10,3	3,51 n	12,9
4	1,57	2,45	0,05	3,37 n	10,6	3,71	13,6
6	1,74	2,52	0,035	3,53 n	11,2	3,79	13,3
8	2,03	2,58	0,030	3,67 n	11,6	3,80	12,8
10	2,33	2,64	0,030	3,72	11,8	3,81	12,2
15	2,76	2,70	0,012	3,79	11,5	3,84	11,8
20	3,03	2,74	0,008	3,82	11,2	3,84	11,4
30	3,50	2,76	0,002	3,82	10,9	3,84	10,9
50	3,89	2,80	0,001	3,83	10,5	3,85	10,7
100	4,17	2,85	0,001	3,85	10,6	3,86	10,7

n = nem zsugorított

égetési hőmérsékletek legalább 100 °C-kal csökkenthetők lesznek.

Hátra van még a száraz és nedves őrlés közötti különbség magyarázata. Kingery, W. D. [13] szerint a száraz őrlésnél a szemcse nagyságok széles skálája keletkezik, és kedvezőbb szemcseeloszlás alakul ki, mint a nedves őrlésnél. Ez a feltételezés azonban nem szolgál az összes megfigyelt jelenség magyarázatául. Be lehet bizonyítani továbbá, hogy a szokásos módon nedvesen őrlött massa, melynek zsugorodása 19,5%, utólagos száraz őrléssel 14,3% zsugorodásra csökkenthető, ha viszont ez után feliszapoljuk és szárítjuk, megint 18,5% zsugorodást mutat. Ezek szerint a primer részecskék (vagyis az α - Al_2O_3 krisztallitek) aggregálódásával kapcsolatos jelenséggel állunk szemben.

Az eredeti α - Al_2O_3 krisztallitek aggregátumai, amelyek a kalcináláskor az $\text{Al}(\text{OH})_3$ -trihidrátt bomlása útján keletkeznek, térfogati sűrűsége — higanyos módszerrel mérve — 1,7–1,8 g/ml. Az aggregátumok az őrlési folyamat alatt szétesnek. Nedves őrlés esetében a víztelenítés alatt újra aggregátumok keletkeznek. Az így keletkezett aggregátumok térfogati sűrűsége — ugyancsak higanyos módszerrel megállapítva — 1,8–2,1 g/ml. Az aggregátumok a további feldolgozáskor a sajtolásnál már nem, vagy csak egészen kis mértékben tömörödnek, ezért a nedvesen őrlött masszának maximális térfogati sűrűsége 2,0 g/ml, és az ennek megfelelő zsugorodás 18%. Ezzel szemben a száraz őrlés során az Al_2O_3 krisztallitek az őrlőgolyók között szekunder fajlagos nyomások hatására különböző nagyságú szekunder részecskékké állnak össze, amelyek térfogati sűrűsége, higanyos módszerrel mérve, 2,8–3,1 g/ml. A száraz őrléssel nyert Al_2O_3 részecskék tehát kis porozitású szekunder aggregátumok, ezért lehetővé teszik a nagy kiindulási sűrűségű masszák előállítását. Az Al_2O_3 száraz őrlési folyamata akkor lesz optimális, mikor a szekunder részecskék szemcseösszetétele a legkedvezőbb.

A zsírsavak szelektív hatása az Al_2O_3 száraz őrlésére eddig még nem teljesen világos. Feltételezhetjük, hogy a poláros, hosszú szénláncal rendelkező vegyületek irányított adszorpciója az oxidfelület polaritását elnyomja, és így az aggregátumon belül megváltoztatja a szöget az él-lap orientációhoz képest.

IRODALOM

- [1] N. M. Pavluškin: *Spečennyj korund*, Gosstrojizdat, Moskva, 1957.
- [2] N. M. Pavluškin: *Stěklo i keramika*, XVI, 1959, 1, 11.
- [3] H. Roklits: *Ceramics*, 10, 1958, 8.
- [4] N. L. Haldy, H. Z. Schofield, J. D. Sullivan: *Bull ACS*, 35, 1956, 9, 351.
- [5] E. Ryschkevič: *Oxide Ceramics*, Acad. Press, N. York 1960.
- [6] T. G. Carruthers, R. M. Gill: *Trans*BCS*, 54, 1955, 59.
- [7] D. J. Stirland, A. G. Thomas, N. C. Moor: *Trans. BCS*, 57, 1958, 2, 69.

[8] H. Britsch: *Ber. DKG* 36, 1959, 5, 133.

[9] A. Mangel: *Silikáty*, 1964, 2, 164.

[10] L. D. Hart, L. K. Hudson: *Bull. ACS*, 43, 164, 1, 13

[11] Fa. Gebr. Giulini, *Ludwigshafen*: Einsatz von kalzinierter Tonerde (Aluminiumoxid), (Giulini Tonerde-Beratungsdienst V/163).

[12] Cerny, Horinek: *ČSSR-Patent*, 97 122, 23.3.1959,

[13] W. D. Kingery: *Ceramic Fabrication Processes*, John Wiley & Sons, Inc. N. York, 1958.

Hovorka, O.—Procházká, S.: Kis zsugorodású, nagy alumíniumoxid tartalmú kerámiai anyagok.

A nagy alumíniumoxid tartalmú kerámiai anyagok erős zsugorodása nagyon megnehezíti a bonyolult, de ugyanakkor méretpontos termékek gyártását. A sajtolással vagy fröcsöntéssel készült korund-kerámia égetési zsugorodása 18–20%, az öntött vagy extrudált termékeké még nagyobb. A fentiek következtében igen nagy a selejtszázalék, és a nagyméretű darabok gyártása gyakorlatilag lehetetlen. A nagy Al_2O_3 -tartalmú kerámiai anyagok gyártása során számos tényező befolyásolja a zsugorodást. Ezek közül az egyik legfontosabb a száraz őrlés, melynek során rendszertől valamilyen szerkesztés „kenőanyagot” is adagolnak az őrlés megkönnyítésére.

Az alumíniumoxidból készült kerámiai anyagok zsugorodásának csökkentése érdekében feltétlenül szükséges az, hogy a teljes Al_2O_3 -tartalom alfa-módosul átalakjában legyen jelen. Csökkenthető a zsugorodás, ha a kalcinálást magasabb hőmérsékleten végezzük; ilyenkor azonban az anyag reakcióképessége csökken, és ezért az égetési hőmérsékletet is emelni kell. Alacsonyabb hőfokon is megoldható a kérdés a reakcióképességet növelő adalékanyagok alkalmazásával. A szokásos mineralizátorok kb. 5% adagolási határig a zsugorodást nem befolyásolják. Az előadás részletesen ismerteti az Al_2O_3 , és a nagy Al_2O_3 -tartalmú nyersmasszákat száraz őrlésének hatását a zsugorodásra.

Говорка, О.—Прохазка, С.: Высокоглиноземистая керамика с малой усадкой

Весьма нежелательным фактором в производстве точных и сложных деталей и изделий из высокоглиноземистой керамики, предназначенных для технических целей, является их большая усадка. Высокоглиноземистые массы, получаемые прессовкой или горячим литьем, имеют усадку от 18 до 20% при использовании литья в гипсовые формы, а в случае изделий, приготовляемых вытягиванием, усадка бывает еще более высокой. Именно усадка является причиной значительного количества брака в производстве точных изделий, а также невозможности производства изделий больших габаритов. На усадку высокоглиноземистых масс и глинозема влияет ряд факторов, связанных с процессом подготовки сырья. Одним из таких факторов является сухой помол с добавкой органических веществ, интенсифицирующих процесс помола. Изучением отдельных технологических факторов сухого помола, положительно влияющих на снижение усадки глинозема при обжиге, было установлено: 1. Условием малой усадки является совершенное преобразование глинозема в модификацию альфа-корунда. 2. На малую усадку при окончательном обжиге может благоприятно влиять более высокая температура предварительного обжига глинозема. Однако, за счет этого понижается реакционная способность глинозема и повышается температура спекания. Путем использования при предварительном обжиге глинозема некоторых добавок можно достичь аналогичного результата при более низкой температуре предварительного обжига при сохранении удовлетворительной реакционной способности глинозема. 3. Добавка минерализаторов в количестве до 5 вес.% существенно не влияет на усадку. Детально рассматривается влияние способа сухого помола глинозема и высокоглиноземистых масс. Приводятся результаты исследований.

Die starke Schwindung der hochtonerdehaltigen keramischen Materialien erschwert die Herstellung verwickelter und maßgenauer Produkte. Die Brennschwindung der durch Pressen oder Spritzguß hergestellten Korund-Keramik beträgt 18—20%; diejenigen der durch Gießen oder Extrusion hergestellten Produkte sind noch größer. Infolge der obengenannten ist der Ausschuß sehr hoch, und die Herstellung von Großformaten in der Praxis unmöglich. Während der Herstellung von hochtonerdehaltigen keramischen Produkte beeinflusst die Schwindung zahlreiche Faktoren. Das Trockenmahlen ist unter diesen das wichtigste, bei dem ein organischer Schmierstoff ordnungsmäßig zugegeben wird um das Mahlen zu erleichtern.

Um die Schwindung der aus Aluminiumoxid hergestellten, keramischen Materialien zu verringern ist das Vorhandensein des gesamten Tonerdegehaltes unbedingt in Alfa-Modifikation notwendig. Mit höherer Kalzinertemperatur kann die Schwindung verringert werden. In diesen Fällen erniedrigt sich aber die Reaktionsfähigkeit des Materials und darum muß die Brenntemperatur erhöht werden. Durch Zugabe von reaktionsfördernden Materialien kann diese Frage bei niedrigerer Temperatur auch gelöst werden. Mineralisatoren bis zu 5% beeinflussen die Schwindung nicht. Es wird der Einfluß des Trockenmahlens von tonerdehaltigen Rohmassen auf die Schwindung eingehend erörtert.

The high shrinkage of high-alumina ceramics is a very unfavourable factor at producing precise and complicated products. Common alumina bodies formed by pressing or injection molding have a firing shrinkage of about 18—20%, the firing shrinkage of alumina products formed by slip casting or extrusion process is still higher. Owing to this high firing shrinkage the number of rejects is very high and it is impossible to produce larger pieces. The firing shrinkage of alumina bodies and alumina itself is influenced by many factors acting during the whole production process. One of them is the dry grinding process with some organic lubricant added facilitating the grinding. When following the technological factors of dry grinding, which lower the Al_2O_3 firing shrinkage, we have found:

a) a complete transition of Al_2O_3 to alpha-form is necessary to reach a low shrinkage

b) low shrinkage may be favourably influenced by a higher calcinating temperature, but this leads to smaller Al_2O_3 reactivity and thus to higher densification temperatures. The same result may be attained using lower calcinating temperatures and certain calcinating additions preserving a sufficient reactivity of Al_2O_3 .

c) The firing shrinkage is not influenced remarkably by the content of common mineralizers up to 5% by weight. The influence of dry grinding of Al_2O_3 is discussed and the results reached shown.

A világ szilikátiparából

Tapasztalatok kőbányák mozgó előtörőiről

A kőbányászaink körében is ismert nevű tudós, Boris J. Kochanowsky (Pennsylvániai Állami Egyetem, USA;) figyelemre méltó tanulmányt írt a Rock Products 1968. 10. számába. A professzor mintegy tíz év óta műszaki és gazdasági érvekkel jól alátámasztott propagandát fejt ki annak érdekében, hogy a kőbányák térjenek át mobil előtörők alkalmazására, és — természetesen — a gépgyárak állítsanak elő erre a célra alkalmas gépeket. Tanulmányában most összefoglalta a témakörben tapasztalható eddigi eredményeket.

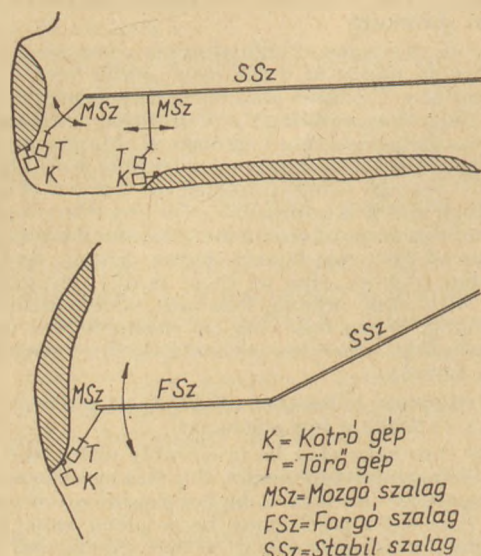
Megállapítása szerint a kőbányászatban forradalmi lépés volt a fejtési front előtt mozgó rakodó-kotrógép és a gumihevederes szállítószalag bevezetése, mert ez lehetővé tette az addigi időszakos munkamenetnek folyamatossá tételét. Amióta pedig a mobil előtörő is a bányaudvar mindenkor legkedvezőbb helyére került, a kotró forgásszáma redukálódott, hatásfoka javult. Csak ez a tény 50%-kal növelte Európa kőbányáiban a kanalas kotrók alkalmazását. Az új technológia, amely lényegében a rakodógép — előtörő — szállítószalag közvetlen kapcsolatán alapszik, jelentős termelékenység-emelkedéssel és önköltség-csökkenéssel járt.

Ameddig a bánya tehergépkocsikat járat a rakodógép és a stabil előtörő között, a rakodógép és az előtörő kiszolgálása egy-egy munkást vesz igénybe. Egy rakodó-

géphez legalább két gépkocsit kell számításba venni, a hosszú és lejtős utakon folyó belső szállítás azonban sokszor háromtól hat gépkocsit is foglalkoztat. Ennélfogva egy rakodógéphez 5—8 munkást kell kalkulálni. A rakodó-törő-szalag rendszer ezzel szemben csak két fő igényel — bármely szállítási távolság és szintkülönbség esetén: ez a gyakorlatban kialakult tény. De tény az is, hogy a legtöbb esetben a második munkást biztonsági okokból, karbantartási céllal és azért állítják oda, hogy a három gépet egyedül is kiszolgálni képes dolgozónak alkalma legyen pihenni. Figyelemmel arra, hogy a rakodási munka hatékonysága előreláthatólag növekedni fog, az emberi munka kihasználása az új technológiával 300—500%-kal emelkedik. Ezt a csillagászatnak tűnő számot egyes üzemekben már megközelítették!

A szállítószalagos belső szállítás — a tehergépkocsival szemben — az energiaköltségeket is jelentősen csökkenti. A tehergépkocsinak átlagosan 0,8 tonna önsúlyt kell mozgatnia minden hasznos tonna kővel, a fejtési fronttól az előtörőig és vissza. Ez évi 1 millió tonna kő termelésénél 1,6 millió tonna holt súly szállítását jelenti évente.

Nyilván kisebb energiafogyasztással jár a 300—500 tonna súlyú mobil előtörőgép időnkénti és kismértékű mozgatása a bányaudvaron, valamint az előtört kőanyag továbbítása szállítószalagon. A tanulmány egy



1. ábra

USA-ban és egy NSZK-ban üzemelő cementgyári bánya adataival igazolja ezt az állítást.

A gépkocsi- és szalag-szállítás összehasonlításánál kitűnik, hogy a szállítási távolságtól, a lejtési viszonyoktól és a szállított anyag mennyiségétől függően 25% és több energia-megtakarítás érhető el azzal, hogy a gépkocsikat szalaggal cserélik fel. Mivel az idevágó feltételek bányánként változnak, ezt a kérdést minden esetben külön kell tisztázni.

Előtörésre minden kőbányában szükség van. Ha itt mobil előtörőre gondolunk, azonnal felmerül az árkerdes: a mobil gép drágább, mint a stabil. Az előtörőre fordított beruházás részletes elemzése azonban mást mutathat. A stabil előtörő elhelyezéséhez jelentős föld-, vagy sziklamunkát kell végezni, a gépet le kell alapozni, a bedöntő-bunker, az adagoló-berendezés, a törők kiömlése és adagolása az elhordó szalagra telepítési problémákkal, különleges építési megoldásokkal jár. A törőgép fölé teherbíró darut kell állítani a gépszerelés és karbantartás végrehajtására, esetleg a gépbe beszoruló kövek kimozdítására. Az egész beruházás rendszeren kétszer-négyszer annyit tesz ki, mint magának az előtörőnek beszerzése, ezért általában olcsóbb megoldás mobil gépről gondoskodni.

A mobil előtörő elhelyezésére az 1. ábra nyújt két példát. A tört anyag elszállítására szolgáló stabil szalagot megfelelő távolságban kell tartani a bányafronttól, ezért az előtörő és a stabil szalag közé mobil szállító szalagot kell iktatni. A második megoldásnál egy a stabil szalag végpontja körül elforgatható félstabil szalagtoldalékat látunk, amely módot ad nagy bányafront befogására.

Abban az esetben, ha a stabil előtörőt egyetlen rakodógép táplálja, igen egyszerűen át lehet térni a mobil előtörőre. Mivel ilyenkor a rakodógép teljesítménye nő, kisebb kotró is meg fog felelni. Ha pedig a stabil előtörőt több kotró szolgálta ki, mobil előtörőre áttérve rendszeren egy nagyobb rakodógép alkalmazása lesz kedvező.

A gépgyarak számos kör-, pofás-, kalapács- és röptőtörőtípussal konstruáltak mozgó előtörőket. Kemény kőzeteket csak pofás- és körtörőkkel lehet aprítani. A legnagyobb teljesítményeket körtörőkkel érik el, és sokan a zúzott anyag kedvezőbb alakja miatt is kedvelik ezt a törőtípust. A körtörők azonban nagy magasságuk és súlyuk következtében a legkevésbé alkalmasak mozgó előtörőtípusok kialakítására. Újabban az Esch-Művek (Duisburg, NSZK) konstruáltak a szokásosnál 40%-kal alacsonyabb és megfelelően kisebb súlyú körtörőt, amely ezt a hátrányt kiküszöböli. Ez a gép lépegető szerkezete miatt is figyelemre méltó. Az eddig piacra került mobil előtörők kerekeken vagy láncalapon jártak, és hátrányuk, hogy a törőgép rezgései a járóművön áthaladva jutottak az altalajba. Az Esch-Művek előtörőjének egyetlen, nagyterjedelemű talpa van, amely a gép alvázának közepe alatt helyezkedik el. Amikor a törő dolgozik, alvázával a bányaudvar talaján áll, menet közben pedig hidraulikus berendezése súlyát a talpra emeli, ahol minden irányban eltolható és függőleges tengelye körül elforgatható. Megfelelő elmozdítás és elforgatás után a gép ismét a talajra áll alvázával, és a talp középre áll be. Ezután az egész játék megismételhető. A gép munka közben tehát nem a járószerkezetet hordó talpon áll, hanem alvázán, mint egy stabil törő. Az egyaránt hidro-lépegető szerkezet olcsóbb, mint a nehéz mobil törőknél eddig alkalmazott láncalpas járómű. A gép teljesítménye 600–800 t/ó gránit, $\varnothing$ 500–1500 mm-ről 120 mm-re.

A jelenleg működő mobil előtörők súlya eléri az 500 tonnát és teljesítményük 1000 t/ó-ig terjed. Tervek készültek 2500 t/ó gépteljesítményig. Durva számítás alapján azt mondhatjuk, hogy mintegy 2–4 t/ó kő aprítható a mobil törőgépek minden tonna önsúlyával. A mozgó törő alkalmazása olyan új típusú berendezéshez vezet, amelynél a rakodó- és törőgép egybeépül.

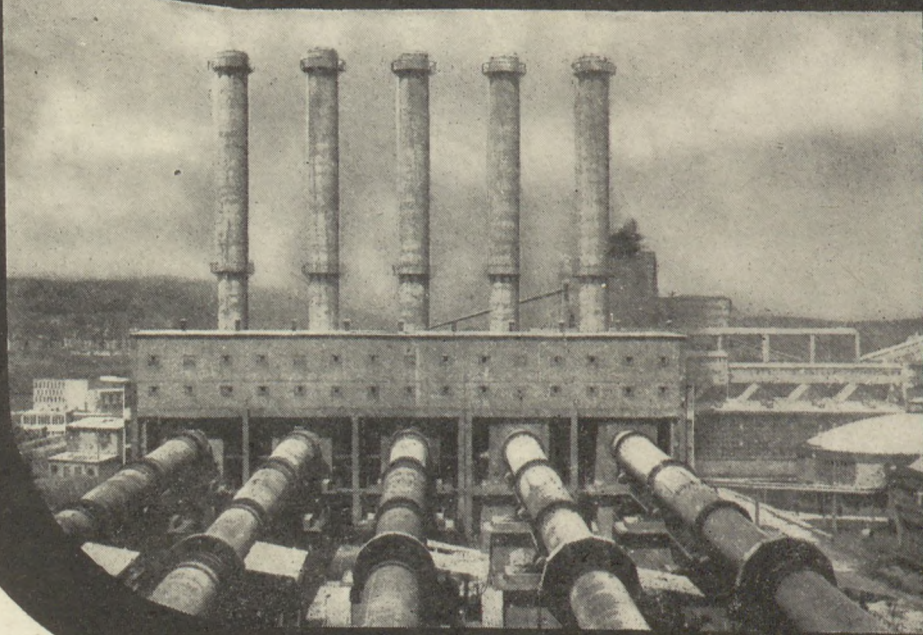
A mobil előtörőgépekkel szerzett eddigi tapasztalatok kedvezőek. A géptípus fejlődése az egyszerű szerkezetű, könnyen mozgó, áttekinthető és könnyen ellenőrizhető konstrukciók felé halad, amelyek, puha és kemény köveknél egyaránt, nagy darabok zúzására alkalmasak. A teljesítmény ez idő szerint 2000 t/ó-ra növelhető és a gép 8–9 m³-es kotróval etethető. Egy ilyen egység beszerzési ára és üzemeltetési költsége olyan alacsony, hogy jelentős megtakarítás érhető el általa. Mobil előtörőket legelőnyösebben olyan kőbányákban alkalmazhatunk, amelyekben nagy a belső szállítási távolság.

E. I.

HAGYAR
EUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

CEKOP

ipari berendezések
lengyelországi exportálója
a következő építőipari
létesítményeket ter-
vezi, gyártja, szereli
és
üzembehelyezésüket
ellenőrzi:



CEMENTGYÁRAKAT — portlandcement gyártására évi 130 000, 210 000, 400 000, sőt 1 500 000 t és ezen felüli kapacitással. Száraz- és nedveseljárással, korszerű technológiával, központi vezérlőállomással; kívánatra teljesen automatizálva.

CEKOP egyaránt szállít egyes berendezéseket, gépeket és kulcsátadásig kész üzemeket is.

CEMENTÖRLŐ MALMOKAT évi 150 000 és 400 000 t teljesítménnyel.

SEJTBETONGYÁRAKAT — kapacitásuk évi 30 000 és 300 000 m³ között változik. Gyártási alapanyag: homok és hamu. Eljárás: lengyel UNIPOL technológia szerint.

MÉSZHOMOKTÉGLA-GYÁRAKAT — évi 20—100 millió db téglá teljesítménnyel. Teljesen automatizált gyártási eljárás.

ÉPÍTÉSI KERÁMIÁT GYÁRTÓ ÜZEMEKET évi 10—65 millió darab kapacitással. Eredeti korszerű technológiával. A gyártási folyamat messzemenően gépesített és automatizált.

Látogassa meg Ön is a **CEKOP** standját
a BNV lengyel pavilonjában
1969. május 16—26. között.