

ÉPÍTŐANYAG

*A SZILIKÁTI PARI
TUDOMÁNYOS EGYESÜLET
FOLYÓIRATA*

4

16. ÉVFOLYAM • BUDAPEST, 1964. ÁPRILIS

A SZILIKÁTIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

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

*

Főszerkesztő:

Dr. Korach Mór

*

Szerkesztő:

Hinsenkamp Alfréd

*

Szerkesztőbizottság:

Dr. Beke Béla

Dr. Déri Márta

Erdély Imre

Dr. Grofcsik János

Kemény István

Dr. Knapp Oszkár

Lohner Ernő

Dr. Soltész Gáspár

Szentmártony Gusztáv

Dr. Tamás Ferenc

*

Szerkesztőség:

Budapest, V., Szabadság
tér 17

Telefon: 124-438

*

Kiadja:

Műszaki Könyvkiadó,

Budapest, V.,

Bajcsy-Zsilinszky út 22

Telefon: 113-450

*

Felölös kiadó:

Solt Sándor

Megjelenik havonként

TARTALOM

	Oldal
<i>Kilián József</i> : Nagyszilárdságú autoklávbetonok optimális összetétele	121
<i>Krumbiegel Peter</i> : Cementek hidrogén- és oxigéntartalmával végzett izotópcsere kísérletek	135
<i>Lázár Jenő</i> : A hegyeshalmi kavicselőfordulás vizsgálata	138
<i>Kudelka Dénesné</i> : Kivirágzó sók a tégláiparban	146
<i>Dolezsai Károly</i> : Nagy MgO- tartalmú portlandcement	153

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
<i>Килиан Йозеф</i> : Оптимальный состав автоклавных бетонов высокой прочности	121
<i>Крумбигель Петр</i> : Метод изотопного обмена для определения содержания водорода и кислорода в цементе	135
<i>Лазар Ене</i> : Исследования месторождения гравия в Хедешхалом	138
<i>Куделка Юдит</i> : Соляные выцветы кирпичной промышленности	146
<i>Долежаи Карой</i> : Высокомagneзиальный портландцемент	153

CONTENTS

	Page
<i>Kilián, József</i> : Optimum Composition of High-Strength Autoclaved Concrete Products	121
<i>Krumbiegel, Péter</i> : Isotope Exchange Experiments with the Hydrogen and Oxygen Content of Hardened Cement	135
<i>Lázár, Jenő</i> : The Investigation of the Hegyeshalom Gravel Occurrence	138
<i>Kudelka, Judit</i> : The Scumming of Bricks	146
<i>Dolezsai, Károly</i> : High-Magnesia Portland Cement	153

INHALT

	Seite
<i>Kilián, Josef</i> : Die optimale Zusammensetzung für Autoklavbeton hoher Festigkeit	121
<i>Krumbiegel, Peter</i> : Isotopenaustausch-Versuche mit Wasserstoff- und Sauerstoffionen der Zemente	135
<i>Lázár, Jenő</i> : Untersuchung des Schottervorkommens in Hegyeshalom	138
<i>Frau Kudelka, Judith</i> : Salzausblühungen in der Ziegelindustrie	146
<i>Dolezsai, Károly</i> : Portlandzemente mit hohem Magnesiumoxydgehalt	153

ÉPÍTŐANYAG

16. ÉVFOLYAM 4. SZÁM

Nagyszilárdságú autoklávbetonok optimális összetétele

KILIÁN JÓZSEF

(Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem, Építőanyagok Tanszék, Budapest)

Általános megjegyzések

A nagynyomású gőzölést, vagy másnéven autoklávölést laboratóriumi, illetve félüzemi kísérletek formájában több mint 10 éve vizsgálják hazánkban közönséges (homokos-kavics, vagy kőzúzalék adalékanyagú) betonok szilárdulásgyorsítása és szilárdságnövelése céljából. Az 1961 óta intenzíven és széles területen folyó kutatások eredményeiről eddig csupán Ottó (1963) rövid publikációja adott tájékoztatást, amelyben elsősorban az ÉTI-ben végzett félüzemi kísérleteket tárgyalta. Az alapkísérleteket az ÉKME Építőanyagok tanszékén végezték. Ezekről kívánunk beszámolni. Ebben a cikkben az autoklávbetonok tervezéséhez, későbbiek során pedig a betonok hidrotermális kezelésénél bekövetkező fizikai és kémiai szerkezeti változások által előállt tulajdonságváltozásokhoz szeretnénk adatokat szolgáltatni. Magával a szilárdítási móddal részletesen nem foglalkozunk, mert az előbb említett publikáció részletesen tárgyalta; ezek szerint az autoklávölés optimális izotermikus érlelési ideje 4—6 óra, betonoknál 10—12 atmoszfera gőznyomáson, illetve cementhabarcsoknál 8—10 atmoszfera gőznyomáson. A továbbiakban a betonösszetételt általában erre a szilárdítási módra vonatkoztatjuk és csupán az egyes változók vizsgálatánál térünk ki más autoklávölési módokra.

A közönséges betonok autoklávölésénél a célkitűzések különbözők lehetnek:

autoklávolt soványbetonok előállítása 200 kg/m³-nél kevesebb kötőanyagadagolással, amelyet a módszerrel elérhető relative nagy szilárdságnövekedés jellemez,

cementtakarékos autoklávbetonok előállítása, amelyet az indokol, hogy adott szilárdság elérése céljából autoklávölés esetén a normálisan szilárdult betonhoz tervezett cement-mennyiség nagyrészt meg lehet takarítani,

heterogén cementekkel megfelelő szilárdságú betonok előállítása, amely különösen a kohósalak-cement-betonok autoklávölése révén valósítható meg,

nagyszilárdságú autoklávbetonok előállítása 500—1000 kp/cm² átlagos kockaszilárdsággal a vasbetonszerkezeteknél szokásos kötőanyag-adagolási határok betartása mellett.

A felsorolt célkitűzések mindegyike figyelmet érdemel és speciális szempontok vizsgálatát teszi szükségessé. A hazai kutatás elsősorban a nagyszilárdságú, illetve a cementtakarékos autoklávbetonok előállítására irányult abból a célból, hogy az autokláv kezelés beton- és vasbetonelemek gyártására való alkalmasságának feltételeit megállapítsuk. A továbbiakban az autoklávbetonok közül a nagyszilárdságú autoklávbetonokkal foglalkozunk, de ahol lehetőség nyílik rá, megvilágítjuk az előbb felsorolt egyéb célú betonok egyes problémáit is. A nagyszilárdságú autoklávbetonra nálunk elsősorban a földalatti vasút építésének problémái és a vasbetonlemegyártás egyre növekvő minőségi követelményei hívták fel a figyelmet. Az autoklávöléssel elérhető 500—1000 kp/cm² átlagos kockaszilárdság realizálása kiszélesítené a betonfelhasználás területét a feszített és elsősorban utófeszített nagyszilárdságú elemekkel — olyan alagútfalazó tübingekkel, amelyek az öntöttvasat helyettesítenék, — különleges célokat szolgáló beton, illetve vasbeton idomdarabokkal stb. Külön figyelmet érdemel az ilyen betonok nagyfokú vízzárósága és szulfátkorrózióval szembeni ellenállása. Az autokláv kezelés vasbetonelemgyári bevezetésére irányuló törekvés nemzetközi viszonylatban is megnyilvánul, a KGST keretében is foglalkoznak ezzel a problémával.

A cement-minőség

A betonok autoklávölésével foglalkozó szakmunkákat két csoportra lehet osztani. Az egyikre az a jellemző, hogy elsősorban az elért nyomószilárdság alapján ítélik meg a felmerülő technológiai, betontervezési módszereket. Ilyenek főleg a betontechnológusok szakmunkái. A másik csoport ezzel szemben a beton autokláv kezelése során végbemenő kémiai- és fizikai szerkezeti változásokra fordítja a fő figyelmet. Mindkét területen olyan sok szakmunka található, hogy teljességre törekedni lehetetlen. Megpróbáltuk összefoglalni a tárgyalt téma szempontjából legfontosabb eredményeket 1955-ben megjelent cikkünkben (Adonyi—Balázs—Kilián, 1955), és az 1963-ban publikált disszertációban (Kilián, 1963). A cementminőség és a cement hidrotermális kezelésének problémája az autoklávölés irodal-

mában nem határolható el az egész cement-szakirodalomtól. Ez nehézséget jelent a problémák részletes megvilágítása szempontjából. A terjedelm korlátozottsága miatt a kérdéseket csak szigorúan lehatárolva, csupán a végkövetkeztetések szempontjából lehet tárgyalni. Egy későbbi cikkben a portlandcement legfontosabb klinker-ásványainak viselkedését tárgyalva néhány — itt részleteiben ki nem fejtett — jelenségre azonban még visszatérünk.

A beton autoklávkezelésénél — hasonlóan a természetes szilárduláshoz — elsődleges folyamat a cement hidratációja. A hidratációs termékek kialakulásának irányítása, illetve az adalékanyagokkal való kölcsönhatásuk tanulmányozása csak az utolsó évtizedekben vált lehetségessé a megfelelő szerkezetvizsgáló eszközök és módszerek (röntgenográfia, elektronmikroszkópia, differenciáltermoanalitika, termogravimetria stb.) kialakulásával. A portlandcementkutatás kezdeti időszakában felfedezett 4 fő klinkerásvánnyal szemben ma már 32 klinkerásványt mutatnak ki a cementben. Ennek ellenére sem a hidraulikus tulajdonságokat hordozó ásványok összessége, de még kevésbé az azokból keletkező hidratációs termékek sorai nincsenek teljesen feltárva. Bogue (1955) szerint az irodalomban csupán a kalcium-szilikáthidrátokból 22 félért írnak le 39-féle képlettel. Mindezek természetes szilárdulásra vonatkoznak. Még bonyolultabb a helyzet autokláválás esetén, amikor a hidratáció $+100^{\circ}$ -nál nagyobb hőmérsékleten megy végbe, vagy ha a rendszerben olyan komponens is van jelen, amely kémiai reakcióba léphet adott körülmények között a hidratációs termékek valamelyikével, vagy egyidejűleg több hidratációs termékkel.

A cementminőség, amelynek egyik meghatározója a cementklinker ásványi összetétele, autokláv kezelés esetén azért is befolyásolja a hidratáció osszeredményét, mert a klinkerben levő egyes klinkerásványok a hidrotermális kezelés alkalmával egymásra is hatást fejtenek ki.

A cement ásványi összetételéből eredő problémákat autokláv kezelés esetén röviden az alábbiakban lehet összefoglalni:

— Cementhabarcsok autokláv szilárdításánál bekövetkező kémiai szerkezeti változásokra többek között az jellemző, hogy a cementek kötőerejét csak akkor lehet nagymértékben kihasználni, ha azokhoz megfelelő mennyiségű, kielégítő diszperzitásfokú és kellő önszilárdságú reakcióképes SiO_2 adalékot keverünk. Az autoklávolt cement-kvarchomok-víz keveréken kell tehát lemérni a cement ásványi összetételének hatásait.

— Cement + finomőrlésű kvarchomok habarcs autokláválása közben valószínűleg mindig a cement hidratációja az elsődleges folyamat, amelyet elsősorban mérszben gazdag kalcium-szilikáthidrátgél és $\text{Ca}(\text{OH})_2$ keletkezése jellemez. Mind a két anyag tovább reagál a jelen levő SiO_2 -vel és CaO/SiO_2 aránytól függően különböző, mérszben szegényebb tobermorit-fázisok keletkezhetnek. [Több kutató pl. Hansen (1953), Aitken — Taylor (1960), Butt (1962) és mások] szerint a keletkező mérszszegény tobermorit valószínűleg

CSH(I). Assarsson (1961) szerint — aki legújabb munkájában a kalciumhidroxid és a különböző megjelenésű SiO_2 anyagok hidrotermális reakcióival eléggé kiterjedten foglalkozott, — a kezdeti hidratációs termék α - C_2SH , amelyből először tobermorit és xonotlit ($\text{C}_3\text{S}_3\text{H}$) fázisokat lehet felismerni és végül a girolit ($\text{C}_2\text{S}_3\text{H}_2$) lép előtérbe. Mások szerint a végtermék kifejezetten monokalciumszilikáthidráttal.

Cementpépek autokláválása esetén egyesek [pl. Kalousek (1958), Mironov és Malinyin (1958)] Assarssonhoz hasonlóan kimutatták, hogy a hidratáció kezdő szakaszában α - C_2SH képződik, amelyből később esetleg β , illetve γ módosulat keletkezhet és a cementkő szilárdsága alacsony marad. Kísérleteink szerint cementpépek 6 órás autokláválása után a hazai portlandcementekből 14—16% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ szabadult fel ami mintegy 70—75%-os hidratációnak felelhet meg, szemben a normális hőmérsékleten szilárdult cementkő 2 hónap alatt lezajló kb. 50%-os hidratációjával. Ennek ellenére az autoklávolt cementkő nyomószilárdsága csupán kb. kétharmada volt annak a szilárdságnak, amelyet a normális hőmérsékleten tárolt cementkőnél 1 hónapos korban elértünk. Mikroszkópi vizsgálatunk szerint közrejátszott ebben az is, hogy a normálisan szilárdult cementkő szerkezete egyöntetűbb, az autoklávolt cementkő szövetszerkezete durvább és valószínűleg megszakítják a gél szerkezetet a hidrotermális kezelés során keletkezett nagyobb méretű $\text{Ca}(\text{OH})_2$ kristályok is.

— A cement ásványi összetételéből eredő problémák vizsgálatára előállítottunk laboratóriumi tisztaságú klinkerásványokat, amelyek közül jelen problémák tárgyalásánál elsősorban a C_3S és β - C_2S viselkedése érdemel figyelmet. Az 1. táblázatban 12 atmoszférán 6 óráig autoklávolt klinkerásvány-kvarchomok keverék péptestek szilárdsági eredményeit közöljük. A kvarchomok fajlagos felülete $5615 \text{ cm}^2/\text{g}$. A péptestek víztartalmát szabványos normál konzisztenciára állítottuk be.

1. táblázat

Autoklávolt klinkerásvány-kvarchomok keverékek szilárdsága

C_3S + kvarchomok keverék		$\beta\text{C}_2\text{S}$ + Kvarchomok keverék	
Kvarchomok mennyisége [%]	Átlagos nyomószil. [kp/cm^2]	kvarchomok mennyisége [%]	Átlagos nyomószil. [Kp/cm^2]
0	370—400	0	140—230
25	660—780	20	380—500
40	850—890	25	430—470
50	830—890	40	370
75	360—370		

Láthatjuk, hogy a C_3S klinkerásvány 40—50%-át kell kvarchomokkal helyettesíteni a maximális szilárdság eléréséhez. A β - C_2S -nél 20—25% az a kvarchomok mennyiség, amellyel az autokláv kezelés után maximális szilárdság áll elő.

A hidratációs termékek milyenségére való következtetés és a keletkező $\text{Ca}(\text{OH})_2$ kvantitatív

értékelése szempontjából igen jól használhatók a derivatográfiai vizsgálatok. Az 1. ábrán a C_3S + kvarchomok, a 2. ábrán a C_2S + kvarchomok habarcsok autoklávoltas utáni termikus vizsgálatainak diagramjai láthatók. Ezek értékelése, valamint a cementhabarcsok termikus vizsgálatainak diagramjaival (lásd 3. ábra) való összehasonlítása alapján az alábbi következtetések vonhatók le:

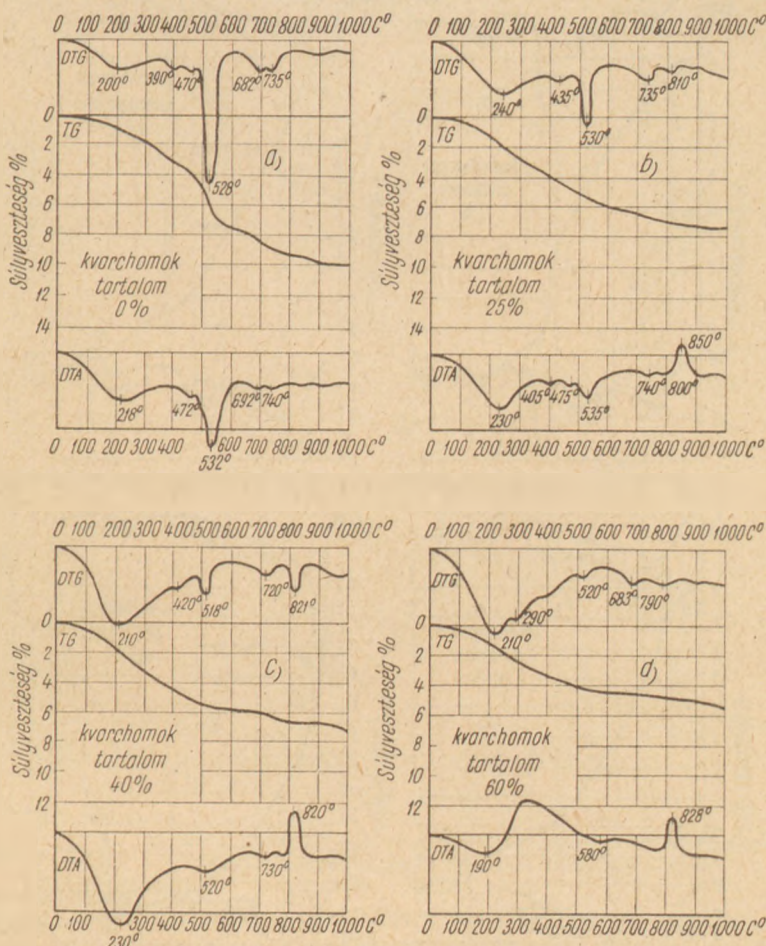
— a tiszta C_3S pépek hidratációs termékére jellemző 1/a diagramok hasonlóak a tiszta cementhabarcsokra jellemző 3/a diagramokhoz, tehát valószínű, hogy hidrotérális kezelés közben mindkét habarcs $Ca(OH)_2$ leadás mellett hidratál és a keletkező kalciumhidroszilikát a C_2SH_x csoporthoz tartozik,

— a tiszta β - C_2S pépek derivatográfiai vizsgálata (2/a diagramok) szerint a DTG diagramon nem jelentkezik $Ca(OH)_2$ dehidratációs csúcs és a röntgenográfiai vizsgálataink sem mutatták ennek jelenlétét. Feltehető tehát, hogy a hidratáció során C_2SH_x képződik mészleadás nélkül. Ugyanilyen megállapítást tett Hansen (1952), továbbá Petzhöld és Göhlert (1962).

Reakcióképes SiO_2 adalék jelenlétében egyrészt felhasználódik a C_3S , illetve portlandcement pép autoklávoltása közben keletkezett $Ca(OH)_2$ kalciumszilikáthidrátok képzése révén, másrészt a savanyú kémhatású adalék gyorsítja az elsődlegesen keletkezett magasabb házítású kalciumszilikáthidrátok átalakulását mész-szegény tobermorit fázisokká. Ezt igazolják az 1. táblázat szilárdsági eredményei, valamint a homoktartalmú habarcsok derivatográfiai mérései is (1–3. ábrák).

— Mindezek aláhúzzák azt a tapasztalatot, hogy nagyszilárdságú autoklávbetonokhoz nagy C_3S tartalmú, illetve magas mésztelítettségű (TT) portlandcement kívánatos. Ilyen cementekből szabadul fel autoklávoltás esetén a legtöbb $Ca(OH)_2$, tehát ezekkel lehet nagy szilárdságot elérni a cement jelentős részének őrölt kvarchomokkal való helyettesítése esetén. Példa erre két cementgyárunk — a tatabányai és a lábatlani — portlandcementjével végzett sorozatvizsgálatok eredménye. A két cementgyár termékeiből 10–10 alkalommal vettünk mintát és vizsgáltuk a klinker ásványi összetételének változását, valamint az autoklávolt termékek (betonok és habarcsok) szilárdságát. Mindkét sorozat 10–10 cementjében a legfontosabb két kalciumszilikát klinkerásvány (C_3S + C_2S) összege súlyszázalékban közel egyenlő volt, kb. 71–73%. Ezen belül a C_3S

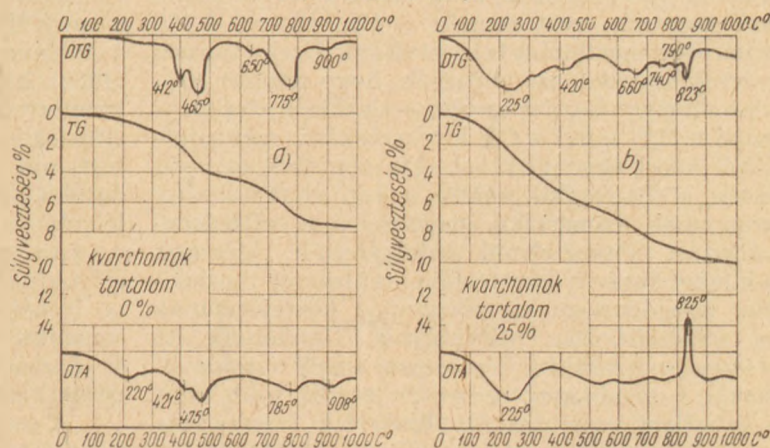
Autoklávoltas: 12 atm., 6 óra



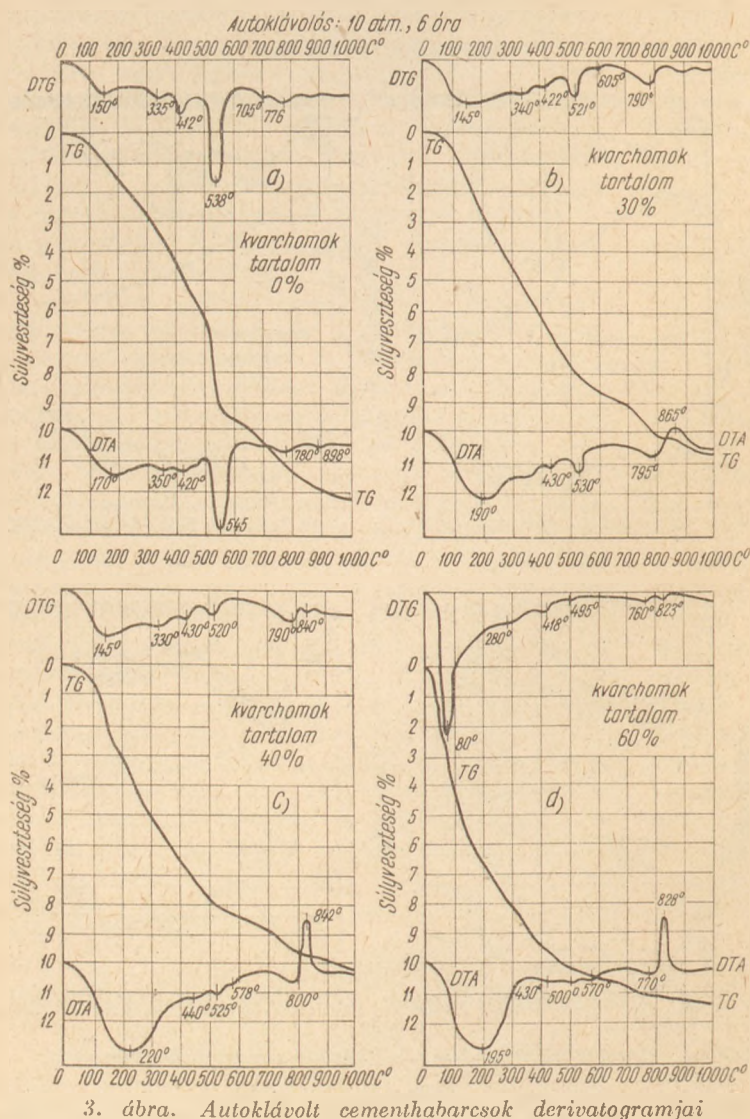
1. ábra. Autoklávolt trikálciumszilikát-habarcsok derivatogramjai

tartalma és ennek megfelelően a mésztelítettsége is a tatabányai 600-as cementnek nagyobb ($TT = 0,86 - 0,91$) mint a lábatlani 500-as cementnek ($0,80 - 0,85$). A nagyobb mésztelítettség hatása észrevehetően jelentkezik az autoklávolt habarcsok, illetve betonok nagyobb nyomószilárdságában, mint az a 4. és 5. ábrán látható. A 6. ábrán a lábatlani klinkerek oxidos

Autoklávoltas: 12 atm., 6 óra



2. ábra. Autoklávolt dikalciumszilikát-habarcsok derivatogramjai



3. ábra. Autoklávolt cementhabarcso derivatogramjai

analiziséből számított klinkerásvány-összetétel ingadozásait közöljük. A számított ásványi összetétel ingadozása lábatlanon elég nagy, ennek ellenére a sorozatvizsgálat szilárdsági eredményeiben a 30% őrlött kvarchomokot tartalmazó mintáknál habarcestestek esetén $\pm 7\%$, betonoknál pedig $\pm 8\%$ az eltérés a 10 sorozat átlagos szilárdságától. Tatabányán még ennél is egyöntetűbb eredményeket kaptunk mert csupán $\pm 4\%$, illetve $\pm 3\%$ szilárdság-ingadozást tapasztaltunk. Ezek a tapasztalatok egyrészt azt mutatják, hogy miután 30% kvarchomokadagolás esetén — az előzők szerint — mind a C_3S , mind a C_2S klinkerásvány szempontjából közel egyenlő távolságra vagyunk az optimális kötőanyagkeveréktől a két klinkerásvány arányának kismértékű ingadozásai a szilárdság-változást lényegtelenül befolyásolják. Másrészt a klinker ásványi összetételén kívül annak morfológiai tulajdonságai is valószínűleg közrejátszanak az átlagszilárdság nagyságánál. Gondolunk itt elsősorban a víztartó képességre, amely autoklávoltatásnál a tatabányai cementek esetén jobb, mint a lábatlani cementeknél. (Utóbbiak kiszáradása normál konzisztenciájú habarcsok autoklávoltása közben 17%-kal nagyobb.)

Mindenesetre megnyugtató, hogy a vizsgált két cementgyár minőség-ingadozásai lényegesen nem befolyásolták az autoklávbetonok szilárdságát.

A cement és őrlött kvarchomok kötőanyagkeverékből készült habarcsok autokláv-termékeiben különálló Al_2O_3 -tartalmú fázisok jelenlétére kevés megbízható adat van. Az Al valószínűleg beépül a szilikáthidrátokba, bár néhány szerző [pl. Mironov — Malinyina (1958), Butt (1958), Aitken—Taylor (1960)] hidrogénát képződés jeleiről írnak. Az autokláv kezelés hatásaival foglalkozó számos munka és laboratóriumunk kísérleti eredményei alapján az látszik, hogy az autoklávkezelés kémiai folyamatainál, valamint a szilárdság alakulásánál a $Ca(OH)_2-SiO_2$ reakció a döntő, annak ellenére, hogy feltételezhető valamennyi klinkerásvány kölcsönhatásba lépése a kvarchomokkal.

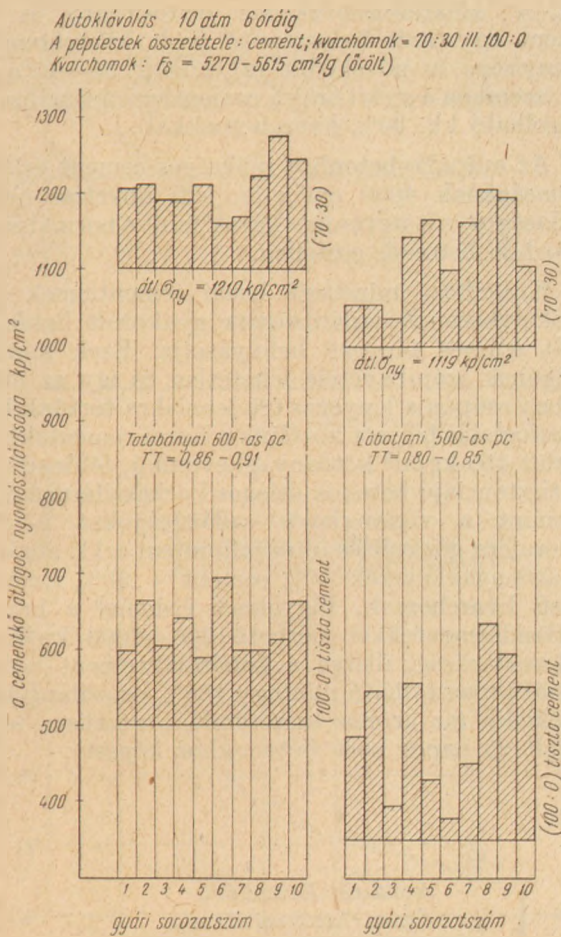
Figyelmet érdemel azonban a klinker MgO , illetve szabad CaO tartalma.

A klinker MgO tartalma különösen a tatabányai 600-as pc szempontjából jelenthet veszélyt. Az autoklávduzzadás elsősorban a tiszta cement péceknél jelentkezik 3%-nál nagyobb MgO tartalmú klinkerek esetén. A duzzadás ez esetben annál nagyobb mérvű, minél nagyobb gőznyomáson autoklávoltunk és minél hosszabb ideig tart az autoklávoltás. Például 4,20% MgO -tartalom esetén 12 atmoszférás gőznyomáson 6 órás autoklávoltás után 20%-kal alacsonyabb volt a cementkő szilárdsága mint ugyanakkora idő-

tartamú 8 atmoszférás autoklávoltás után — a hőkezelés idejét 100 órára emelve pedig szétesett a cementkő. A 7. ábrán összehasonlítjuk 2,64%, illetve 4,20% MgO tartalmú tatabányai 600-as pc szilárdságának alakulását a gőznyomás nagyságának függvényében. A diagramok is megerősítik azt a tapasztalatot, hogy megfelelő mennyiségű és őrlésfinomságú kvarchomok adagolása esetén a nagy MgO tartalom szilárdságcsökkentő hatását autoklávoltás esetén is mérsékelni lehet. Dolezsai (1963) kiterjedt vizsgálataiban velünk egyezően kimutatta, hogy megfelelő mennyiségű és diszperzításfokú savanyú kiegészítő anyaggal 3% MgO tartalom esetén is biztosítani lehet azt, hogy az autoklávbeton nem fog lényegesen duzzadni és jelentős szerkezetromlások nem következnek be.

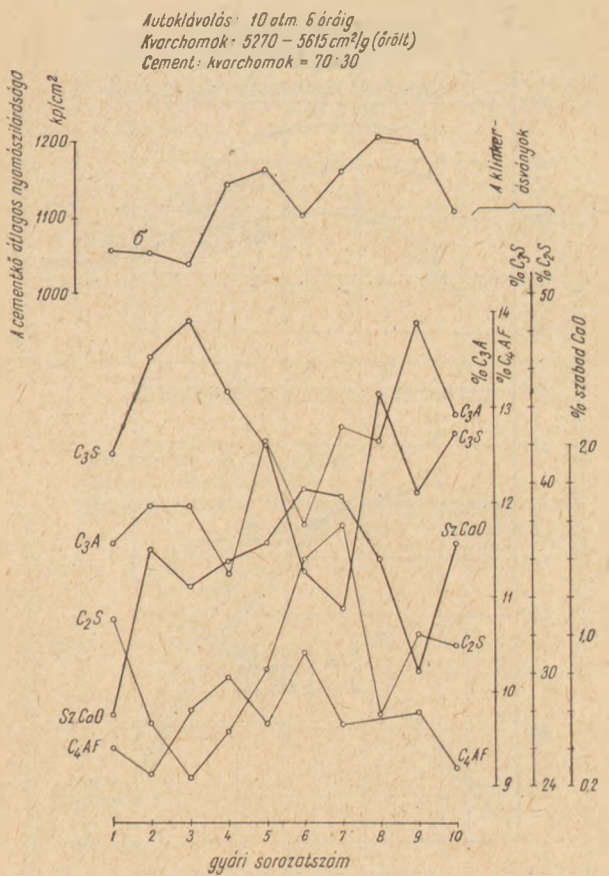
Az autoklávbeton szerkezetromlását idézheti elő a klinker nagymennyiségű szabad CaO tartalma is. Néhány esetben a lábatlani 500-as portlandcementnél 1,5% felett volt a szabad CaO tartalom és duzzadást, valamint szilárdságcsökkenést tapasztaltunk autoklávoltás után.

A cement ásványi összetételén kívül lényeges minőségmeghatározó a heterogén cementekben levő hidraulikus kiegészítő anyag minősége és mennyi-



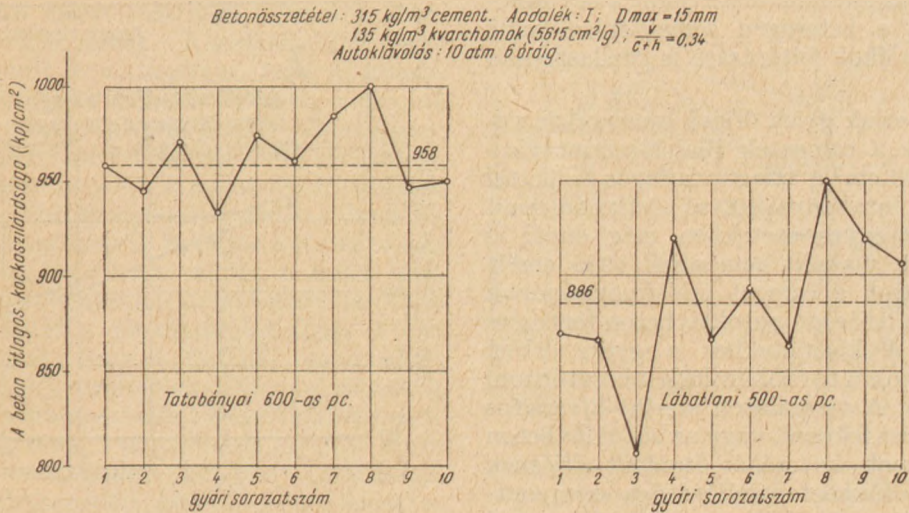
4. ábra. Autoklávolt cementgyári sorozattermékek nyomószilárdsága habarcs, ill. pép alakjában

sége. Autoklávkezelés szempontjából nemcsak a trasz, porszénhamu és kohósalak vehető figyelembe, hanem sok más nagy SiO_2 tartalmú, kellő finomságú anyag is, pl. kovaföld, papíriszap, csiszolóiszap stb. A vizsgált kiegészítőanyagok SiO_2 tartalma 35—80% között volt. Ezek szilárdság változtató hatását mutatjuk be a 8—10. ábrákon. A 8/a ábrán látható a porszénhamu

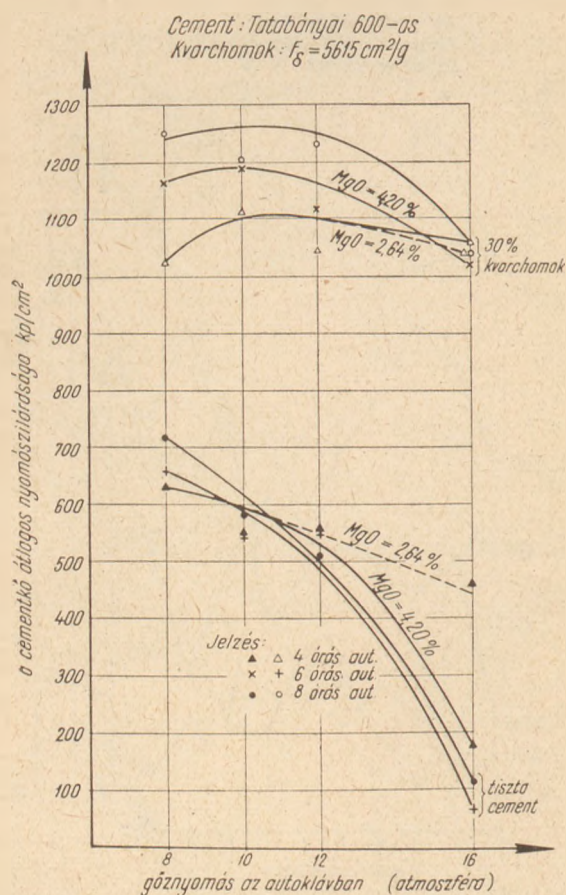


5. ábra. Összefüggés az autoklávolt gyári sorozattermékek nyomószilárdsága és ásványi összetétele között

adagolás hatása. Azt a jelenséget, hogy a szilárdság 20% porszénhamu-tartalomig csökkent, majd tovább növelve a porszénhamu mennyiségét, ismét nőtt, nem tudjuk kellően megmagyarázni. Csupán egy figyelemre méltó változást tudtunk itt észlelni, ami valamelyes magyarázatul szolgálhat, azt hogy a habarcsok víztartókéességének változása ugyanolyan jellegű, mint a szilárdságváltozás. Általános tapasztalat, hogy a hidraulikus kiegészítő anyagok mennyiségének növelése nem olyan



6. ábra. Autoklávolt cementgyári sorozattermékek nyomószilárdsága beton alakjában



7. ábra. Összefüggés nagy MgO-tartalmú portland-cementből készült termék autoklávoltási nyomása és nyomószilárdsága közt

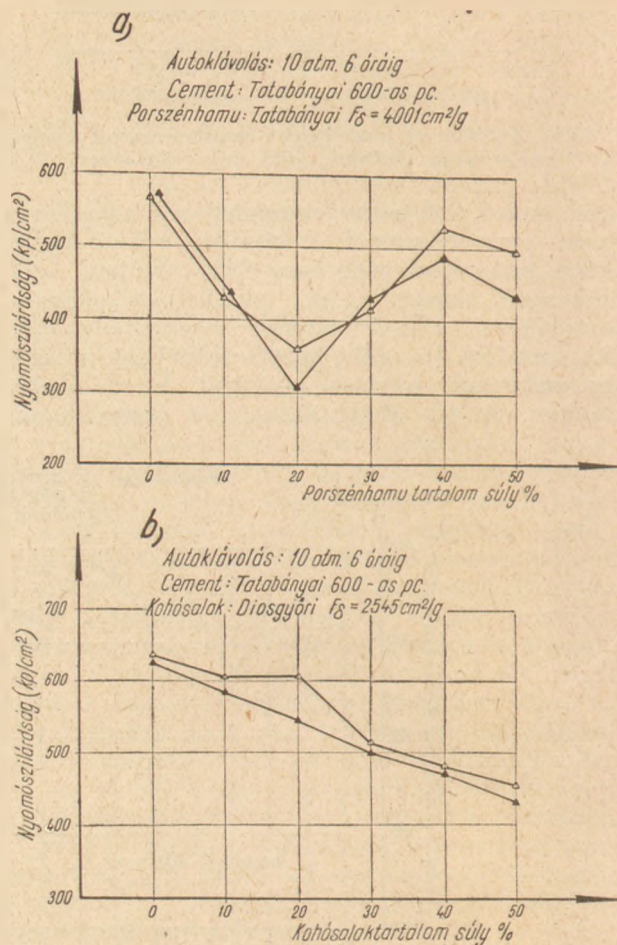
hatású az autoklávolt habarcs szilárdságára, mint a finomörlésű kvarchomoké, mert az előbbiek minden esetben csökkentették a szilárdságot. Ez a szilárdságcsökkenés azonban nem olyan rohamos, mint a hasonló összetételű normálisan szilárdult habarcsoknál. Innen ered az, hogy a heterogén cementek (különösen a kohósalakcementek) autoklávoltása esetén viszonylag nagyobb szilárdságnövekedést kapunk, mint portlandcementek esetén. Ezért lehet az autoklávoltást (mint a bevezetőben említettük) a heterogén cementekben rejlő szilárdulási tartalékok feltárására is gazdaságosan alkalmazni.

Megállapításaink gyári őrlésű cementekre vonatkoznak. Ezek a cementek Blaine-szerint vizsgálva $2000\text{--}2500 \text{ cm}^2/\text{g}$ átlagos fajlagos felülettel jellemezhetők. A tatabányai 600-as portlandcement fajlagos felülete egyes esetekben még ennél is kisebb, pl. egyik vizsgált cementnél $1926 \text{ cm}^2/\text{g}$ volt. Megvizsgáltuk a cement őrlésfinomságának hatását a nagyszilárdságú autoklávbeton tervezése szempontjából. A kísérletekhez a gyári őrlésű cementet szakaszosan továbbőröltük laboratóriumi golyósmalomban. A vizsgálatok szerint kívánatos lenne a gyári őrlést fokozni, vagy az autoklávbeton cement-kvarchomok keverékét ismételt őrlésnek alávetni. Az autoklávbeton szilárdsága szempontjából $3500\text{--}4000 \text{ cm}^2/\text{g}$ fajlagos felületű cement lenne a leghatásosabb, mert ezzel további 20—

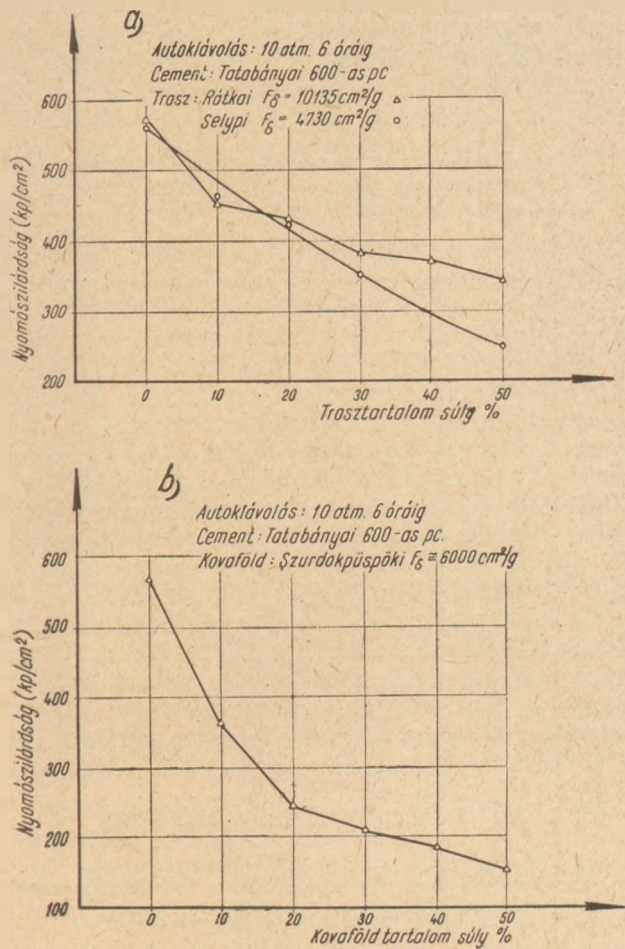
25%-os szilárdságnövekedés biztosítható és a cement egyrészét helyettesítő őrlött kvarchomok mennyisége is növekedik (a cement 35—40%-a lesz, szemben a gyári őrlésű cementhez optimálisan adagolható kb. 30% kvarchomokkal).

Az autoklávbetonhoz szükséges cement őrlésfinomságának $4000 \text{ cm}^2/\text{g}$ -on túli növelése nem gazdaságos, sőt ugyanúgy káros, mint a normálisan szilárdult betonok esetében.

Különböző minőségű hazai cementeknek az autoklávbetonok szilárdságára gyakorolt hatását tehát számos tényező befolyásolja. Ezek mindegyikének számbavétele lehetetlen és így az előzőekben csupán a lényeges tendenciákra térünk ki. Összefoglalás helyett közöljük a hazai cementekből készült $450 \text{ kg}/\text{m}^3$ kötőanyagkeverékű, földnedves konzisztenciájú betonok átlagos kockaszilárdságát, valamint a viszonylagos szilárdságokat 8—20 atmoszférá gőzkezelés intervallumban a 11. ábrán. A kötőanyagkeverék 70% cement + 30% finomörlésű kvarchomok. Figyelmet érdemel a hazai portlandcementekkel elérhető $900\text{--}1000 \text{ kp}/\text{cm}^2$ kockaszilárdság, illetve a kohósalakcement betonoknál tapasztalható mintegy 150%-os szilárdságnövekedés (az azonos összetételű normálisan szilárdult 28 napos korú betonokhoz képest).



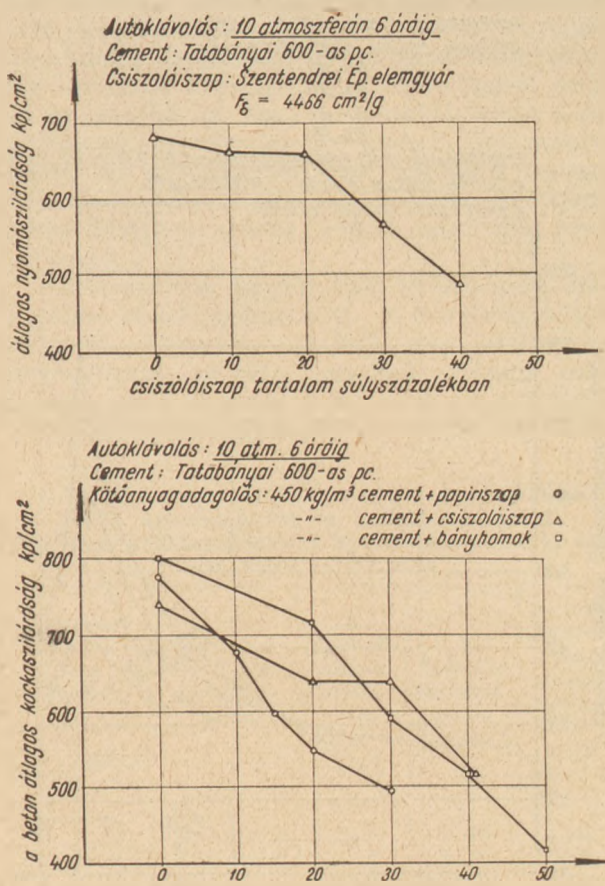
8. ábra. Autoklávolt cement — porszenhamu és cement — kohósalak keverékek nyomószilárdsága



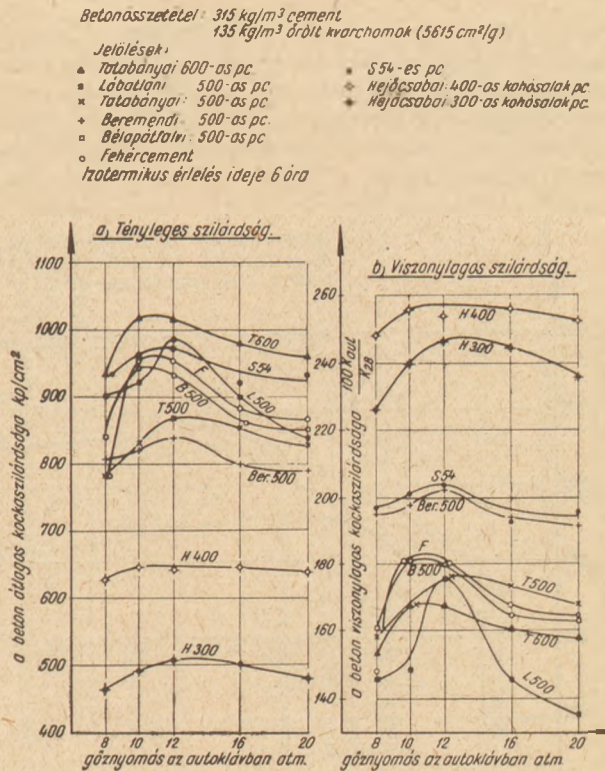
9. ábra. Autoklávolt cement — trasz és cement — kovaföld keverékek nyomószilárdsága

Az autoklávbetonok kvarchomok tartalma

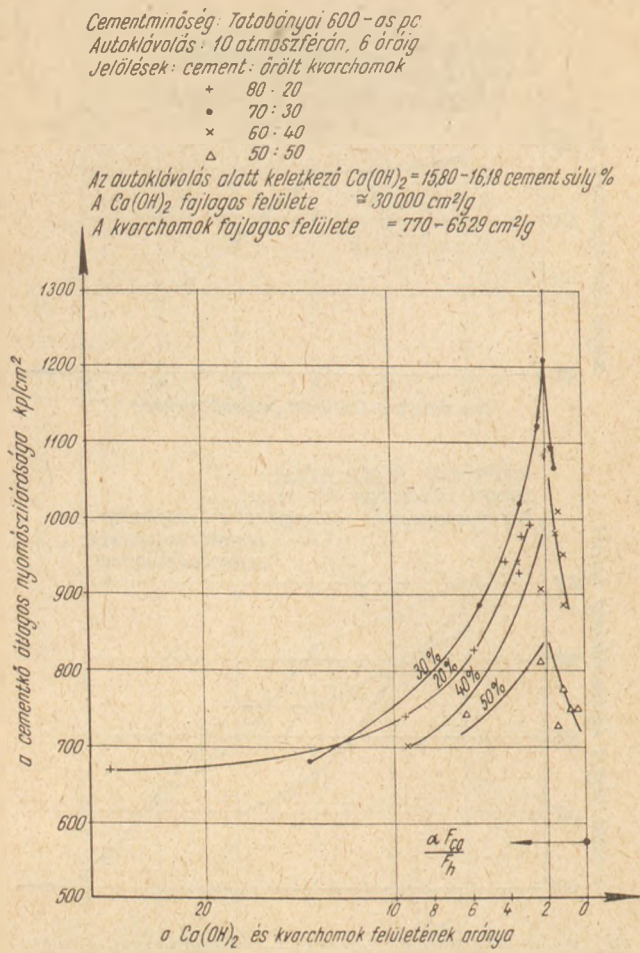
Az autoklávbeton tervezésének egyik legfontosabb kérdése a kötőanyagkeverék kvarchomok tartalma, illetve a kvarchomok őrlésfinomsága. Az autokláv kezeléssel foglalkozó összefoglaló munkák szerint ezt a kérdést még nem tisztázták egyértelműen. Közös a kutatók véleménye abban, hogy a nagyobb mésztelítettségű cementek több kvarchomokot igényelnek. Kísérleteinkből egyrészt arra lehetett következtetni, hogy a kvarchomok mennyisége és fajlagos felülete, valamint a maximális nyomószilárdság között olyan összefüggés van, amely szerint kevesebb kvarchomok-mennyiség esetén nagyobb fajlagos felület szükséges és fordítva, több kvarchomok esetén a durvább homok ad maximumot. A további kutatás során abból indultunk ki, hogy adott cement SiO_2 igénye döntően a cementből az autoklávoltás alatt felszabaduló $\text{Ca}(\text{OH})_2$ mennyiségtől függ. Feltételezhető továbbá, hogy a $\text{Ca}(\text{OH})_2$ és az SiO_2 közötti reakció a kvarchomok felületén játszódik le. Az előzők alátámasztására összefüggést kerestünk meghatározott körülmények között autoklávolt habarcsok, illetve betonok szilárdsága, valamint a hidrotermális kezelés során felszabaduló mészhidrát felülete (F_{Ca}) és a kvarcadalekok felülete (F_h) között. A mészhidrát fajlagos felületét



10. ábra. Autoklávolt cement — csiszolóiszap, cement - papiriszap és cement-bányahomok keverékek nyomószilárdsága

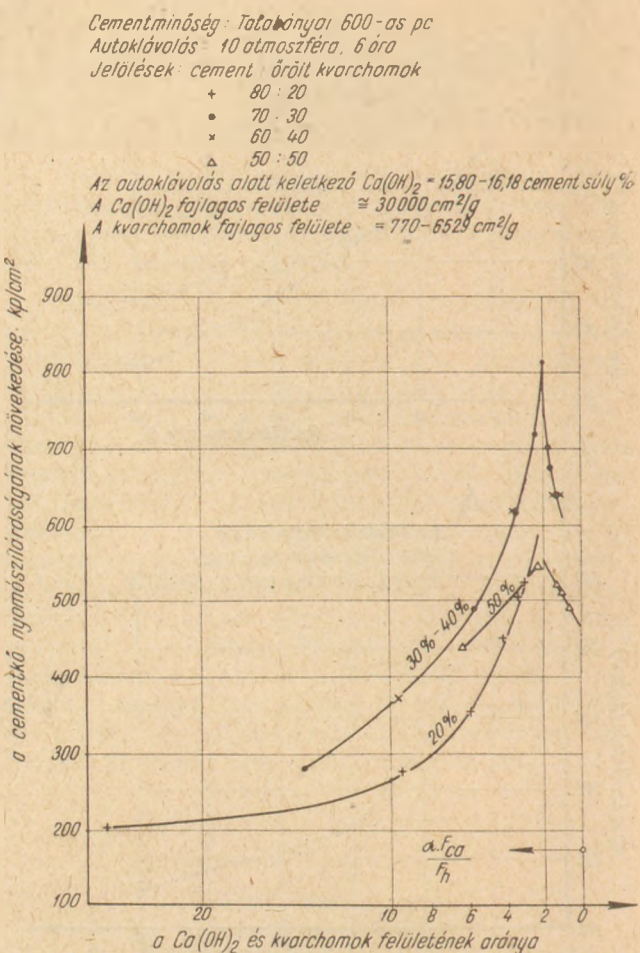


11. ábra. Különböző gőznyomáson kezelt betonok szilárdsága



12. ábra. A kvarchomok őrlésfinomságának hatása a cementkő átlagos nyomószilárdságára

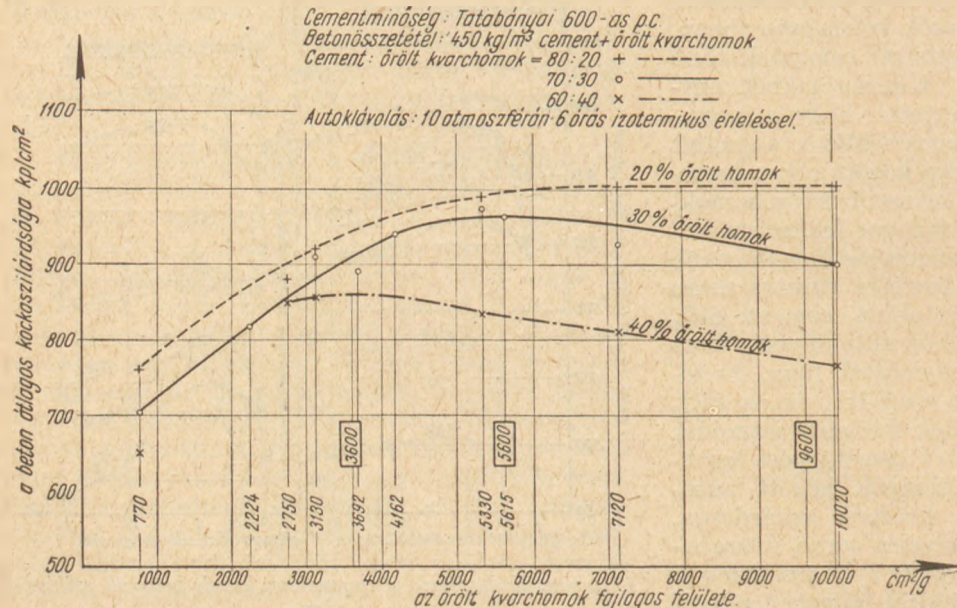
Pohl (1959) szerint egy átlagértékkel, 30 000 cm^2/g -mal jellemeztük. Ez egyéb irodalmi adatok alapján is jó középérték és a továbbiakban nem befolyásolja a becslés pontosságát. A kvarchomok felületét mérésekkel és a szemszerkezetből számítással határoztuk meg. A nyomószilárdság és a



13. ábra. A kvarchomok őrlésfinomságának hatása a cementkő nyomószilárdságnövekedésére

felületviszony $\frac{F_{\text{Ca}}}{F_h}$ összefüggéseit a 12—14. ábrán tüntettük fel.

A próbatetek maximális szilárdsága — az ábrák szerint — egy meghatározott és viszonylag kicsi $\frac{F_{\text{Ca}}}{F_h}$ értéknél jön létre, adott cement-finom-



14. ábra. A kvarchomok őrlésfinomságának hatása a beton átlagos nyomószilárdságára

kvarchomok arány mellett. A felületek hányadosának optimauma a fenti mészhidrát fajlagos felületet feltételezve, 2-nek adódott. Tekintettel arra, hogy a mészhidrát fajlagos felületét közvetlenül nem tudjuk meghatározni, a maximális szilárdságot nyújtó felületviszonyok számítására

$$\frac{\alpha F_{Ca}}{F_h} \approx 2$$

képletet javasoljuk. Ebből kiszámítható a kötőanyaghoz adagolandó kvarchomok optimális fajlagos felülete. Felhasználva ezt a képletet a nagyszilárdságú autoklávbetonokhoz adagolandó őrölt kvarchomok ideális fajlagos felületének meghatározására a 15. ábrán közölt kísérleti eredményekhez be is jelöltük az így számított optimális felületeket. Látható, hogy a számított értékek a kísérletekből kapott diagramok maximális értékei körül helyezkednek el. A 16. ábrán maximális nyomószilárdságot adó 200—500 kg/m³ kötőanyagadagolású autoklávbetonok F_{Ca} , illetve F_h felületeit 1 m³ beton esetén a megadott ferdén vonalazott terület jelenti. Ezen a területen kívül eső felületekkel jellemzett betonösszetételek esetén a maximálisnál kisebb betonszilárdságokat kapunk. A legalsó diagramból látható, hogy a közönséges betonok homokos-kavics adalékanyaga csupán 3000—5000 m²-rel növeli 1 m³ betonban a

kvarcfelületet, tehát minden esetben indokolt őrölt kvarchomokat adagolni, mert a rendes betonadalék csupán kb. 10%-a az autoklávbetonban optimális kvarcfelületnek. Másoldalról pedig azt is igazolja ez, hogy az autoklávbeton adott kötőanyag keveréke (cement-kvarchomok aránya) esetén, az őrölt kvarchomok optimális fajlagos felületének előrebecslésénél a beton homokos-kavics adalékanyagának felülete számításán kívül hagyható.

A cementhez adagolt őrölt kvarchomok diszperzitása kísérleteinknél 770—10 020 cm²/g között változott. Kizárólag elméleti megfontolásokból kiegészítettük az SiO₂ tartalmú anyagok sorát kovasav géllel. A kovasav gél, mint azt a 2. táblázatban közöljük, nagymértékben megnöveli a kötő-

2. táblázat

Őrölt kvarchomokat és kolloid kovasavat tartalmazó kötőanyagkeverék nyomószilárdsága, 10 atm. 6 órás autokláválás után

A száraz keverék %-os összetétele	SiO ₂	SiO ₂ diszperzitás-foka	A normál konzisztencia víz-igénye [%]	A habarcs térfogat-súlya [kg/m ³]	Az autoklávolt habarcs átlagos nyomószilárdsága [kp/cm ²]
ce-ment	SiO ₂				
70	30	5330 cm ² /g	26,5	2120	1144
70	30	7120 cm ² /g	27,0	2070	1072
95	5	kolloid	55,0	1780	169
85	15	kolloid	60,0	1670	146

Cementminőség: Tatai 600-as pc.

Autokláválás: 10 atmoszf. 6 óra

Betonösszetétel: 450 kg/m³ cement + őrölt kvarchomok

Jelölések: + 80 : 20 cement : őrölt kvarchomok

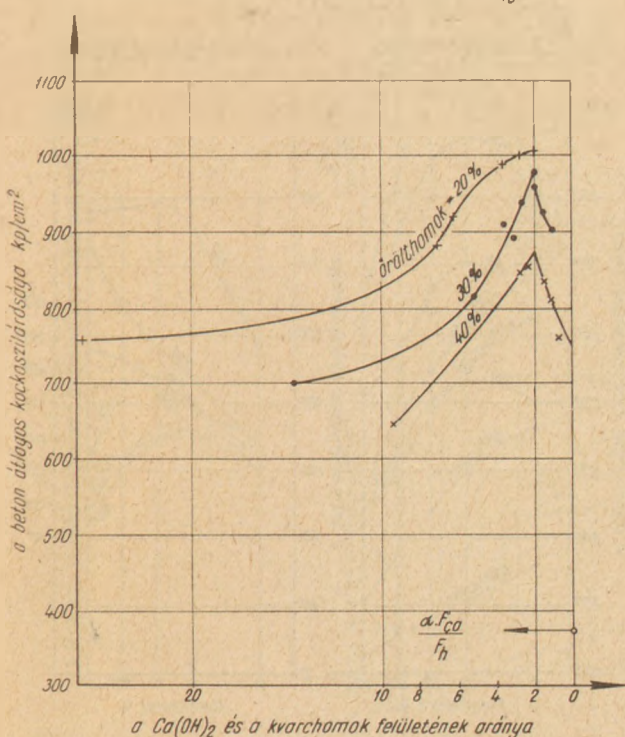
• 70 : 30 + + + + + +

x 60 : 40 - - - - - - - - - - - - - - -

Az autokláválás alatt keletkező Ca(OH)₂ = 16 cement súly %

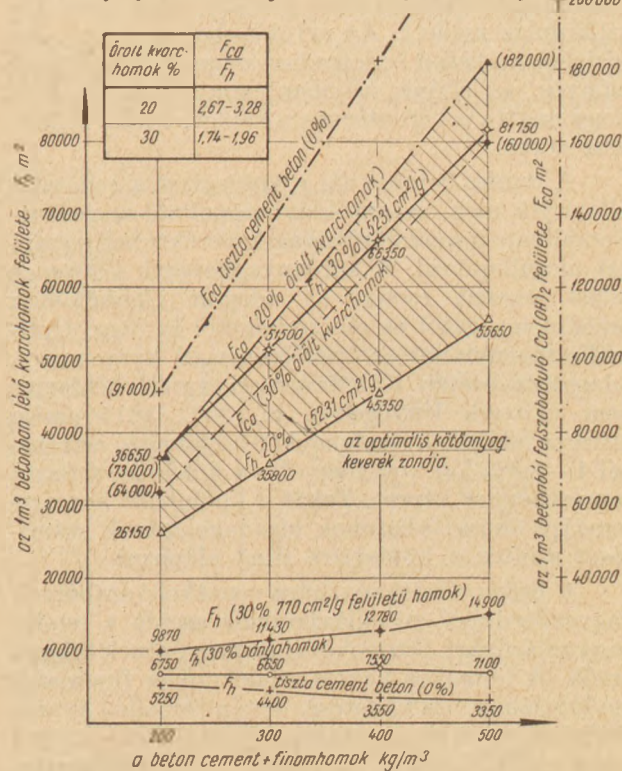
A Ca(OH)₂ fajlagos felülete ≈ 30000 cm²/g

A kvarchomok - - - - - - - - - - - - - - - - - -



15. ábra. A kvarchomok őrlésfinomságának hatása a beton nyomószilárdságára különböző mennyiségű homok adagolása esetén

Feltételezés, hogy 12 atmoszf. felszabaduló Ca(OH)₂ mennyisége 15,2 %, a fajlagos felülete pedig 3000 m²/kg



16. ábra. A kvarchomok és az autokláválás alatt felszabaduló Ca(OH)₂ felülete

anyagkeverék vízigényét, ezáltal túlságosan fellazítja a cementkő szerkezetét, ezért lesz alacsony az átlagos nyomószilárdság.

Betonösszetétel

A nagyszilárdságú autoklávbetonok összetételének egyik legfontosabb problémáját, a kötőanyagkeverék összetételét — ezen belül egy adott cementhez adagolandó őrölt kvarchomok mennyiségét és fajlagos felületét — az előző fejezetben tárgyaltak szerint sikerült az eddigieknél jobban megközelíteni. A cement minőségének (összetételének) kérdésére is kielégítő választ kaptunk. A többi problémát abból a szempontból vizsgáltuk, hogy megtarthatók-e autoklávbetonok esetén azok az előírások, amelyek szerint a közönséges betonok optimális összetételét tervezik. Ottó (1963) és mások beszámoltak arról, hogy a betonszilárdság és a vízcementtényező, közötti összefüggés autoklávbetonoknál ugyanolyan jellegű, mint a normálisan szilárdult betonoknál. Az optimális vízcementtényező azonban az előbbi esetben általában nagyobb. Ez érthető is, mert az autokláv kezelés egyrészt szárítja is a betont, másrészt az autoklávölással elérhető nagyobb mértékű hidratáció miatt megnő a kötőanyag vízigénye. Tapasztaltuk, hogy a különböző cementek víztartóképesége nem egyenlő. Különböző minőségű cementekkel készült azonos összetételű betonok vizsgálatánál például a lábatlani 500-as portlandcement 17%-kal, a hejőcsabai 400-as kohósalak portlandcement pedig 29%-kal több vizet veszített 12 atmoszférás, 4 órás autoklávkezelés közben, mint a tatabányai 600 portlandcementtel készült beton. Az előbbieket 10%-kal több vízzel készítve adtak maximális szilárdságot autokláválás esetén, mint normális szilárdulás mellett. Az autoklávbetonok nagyobb vízigénye a beton bedolgozhatósága szempontjából előnyös, az eltérés azonban nem olyan jelentős, hogy miatta a betontervezés képleteit meg kellene változtatni.

A rendes betonoknál a kötővizet a cementre állapítják meg, az autoklávbetonoknál a cement-finomkvarchomok kötőanyag-keverékre kell ugyanezt megállapítani. A kötőanyagkeverék kötővize adott cement esetén az adagolt finomhomok őrlésfinomságától és mennyiségétől is függ. Optimális mennyiségű és őrlésfinomságú kvarchomok adagolása esetén a kötőanyagkeverék kötővize nem változik lényegesen, pl. 30% 5615 cm²/g fajlagos felületű kvarchomokot tartalmazó cementnél 1—1,5%-kal volt nagyobb a kötővíz, a tiszta cementpéphez képest. Tehát a különböző konzisztenciájú autoklávbetonok vízadagolásának számítását szintén a kötővízre lehet alapozni.

A beton adalékanyagára vonatkozó szabályok nagyszilárdságú autoklávbetonok esetén a rendes nagyszilárdságú betonokéval megegyezőnek tekinthetők. A homokos kavics adalékanyag finomsági modulusának csökkentése révén előálló kvarcfelület növekedés az autoklávbeton kvarcigénye szempontjából nem jelentős. Az adalékanyag 1—3%-os agyagtartalmára a normálisan szilárdult beton érzékenyebb, mint az autoklávbeton. Fel-

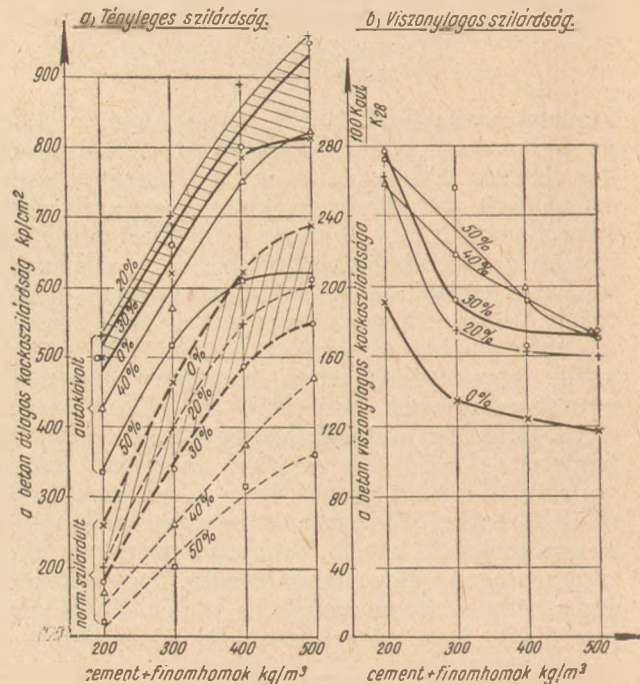
Autokláválás: 12 atmoszférán 6 órás izotermikus érleléssel.

Cementminőség: Tatabányai 600-as pc.

Cement + őrölt kvarchomok adagolása 200–500 kg/m³ ezen belül az őrölt homok 0–20–30–40–50 %. (lásd a diagramokra írt számok). $m = 0,90 m_0$

Az őrölt kvarchomok: $F_g = 5231 \text{ cm}^2/\text{g}$

A normálisan szilárdult betont 28 napos korban vizsgáltuk.



17. ábra. Az őrölt kvarchomok mennyiségének hatása a beton szilárdságára

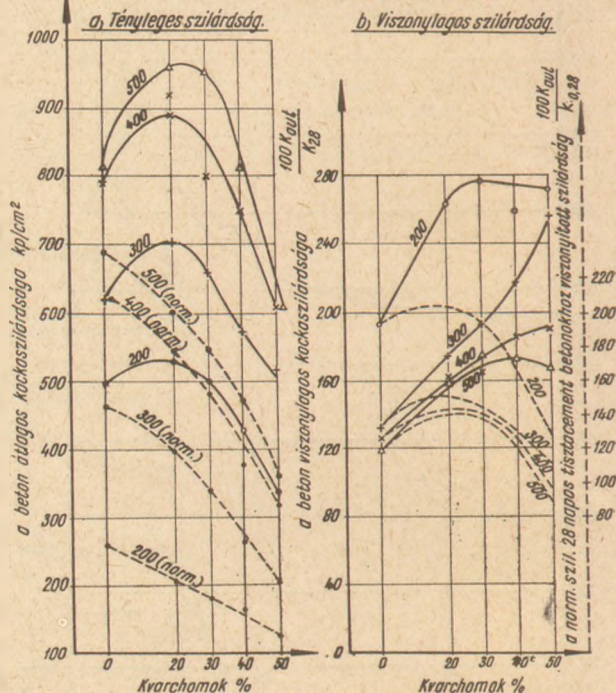
Autokláválás: 12 atmoszférán 6 órás izotermikus érleléssel.

Cementminőség: Tatabányai 600-as pc.

Cement + őrölt kvarchomok adagolása 200–500 kg/m³ ezen belül az őrölt homok 0–20–30–40–50 %. Adalék: $m = 0,90 m_0$

Az őrölt kvarchomok: $F_g = 5231 \text{ cm}^2/\text{g}$

Közvetlenül autokláválás után vizsgálni.



18. ábra

18. ábra. A cement őrölt kvarchomoktartalmának hatása a beton tényleges és viszonylagos szilárdságára

3. táblázat
Autoklávolt betonok abszolút és normálisan szilárdulthoz viszonyított nyomószilárdsága

Cement	Az autoklávbeton átlagos nyomószilárdsága kp/cm^2	Az autoklávbeton relatív szilárdsága a normálisan szilárdult 28 napos beton szilárdságához képest	
		azonos kötőanyagkeverék esetén K/K_{28}	tisztán cementből álló kötőanyagkeverék esetén K/k_{28}
Tatabányai 600-as pc	~1000	1,68	1,40
Bélapátfalvi 500-as pc Lábatlani 500-as pc, Fehércement	930—950	1,75	1,45
S 54-es cement	930—950	2,00	1,65
Beremendi 500-as pc	800—830	2,00	1,65
Tatabányai 500-as pc	830—850	1,75	1,45
Hejőcsabai 400-as kohósalak pc	640—650	2,55	2,10
Hejőcsabai 300-as kohósalak pc	500	2,45	2,00

A földnedves betonok átszámítási szorzói közepes ($300\text{--}400\text{ kg/m}^3$) kötőanyagkeverék adagolása esetén kísérleteink szerint

C 600-as portlandcementnél	$k_{28} \cdot 1,40$
C 500-as portlandcementnél	$k_{28} \cdot 1,45$
C 300-as és C 400-as portlandcementnél kohósalakcementnél	$k_{28} \cdot 2,00$

tehető, hogy az agyagásványok is részt vesznek a hidrotermális reakcióban.

A nagyszilárdságú autoklávbetonok tervezésénél tehát az optimális cement-őrölt kvarchomok kötőanyagkeverék kivételével a normális szilárdulású betonok tervezésének minden paraméterét meg lehet tartani. Ez megkönnyíti az autoklávbeton nyomószilárdságának (K) előrebecslését, mind az azonos kötőanyagkeverékű (K_{28}), mind az ugyanolyan kötőanyag adagolású, de tiszta cementtel készült normális szilárdulású 28 napos korú beton nyomószilárdságához (k_{28}) képest.

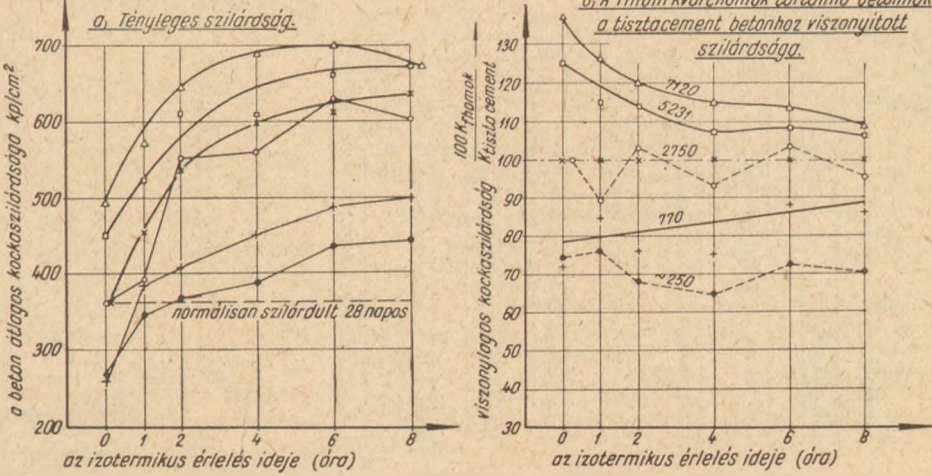
Tatabányai 600-as pc-el készült $200\text{--}500\text{ kg/m}^3$ kötőanyagadagolású autoklávbetonok tényleges és viszonylagos nyomószilárdságát a 17. és 18. ábrán levő diagramok szemléltetik. Mindkét ábra szerint a cement $20\text{--}30\%$ -át kell őrölt kvarchomokkal helyettesíteni maximális szilárdság elérése céljából. 450 kg/m^3 kötőanyagkeverék ($80 : 20$, ill. $70 : 30 =$ cement : őrölt kvarchomok) adagolású betonokkal összehasonlító kísérleteket végeztünk az összes hazai cementtel. A beton földnedves konzisztenciájú volt és 15 mm maximális szemnagyságú adalékanyaggal készült. A kísérleti eredmények átlagértékei a 3. táblázatban találhatók.

Ezek a képletek lehetővé teszik a $10\text{--}12$ atmoszférán $4\text{--}6$ órás izotermikus érlelési ideig autoklávolt nagyszilárdságú betonok tervezését, illetve szilárdságuk előrebecslését.

Az izotermikus érlelési idő rövidítésének problémája

A nagyszilárdságú autoklávbetonok tervezésénél — mint minden beton-hőérlelési technológia esetén — felmerül az a probléma, hogy az általánosan alkalmazott technológiai folyamatból való eltérés milyen mértékben hat ki a betonösszetételre.

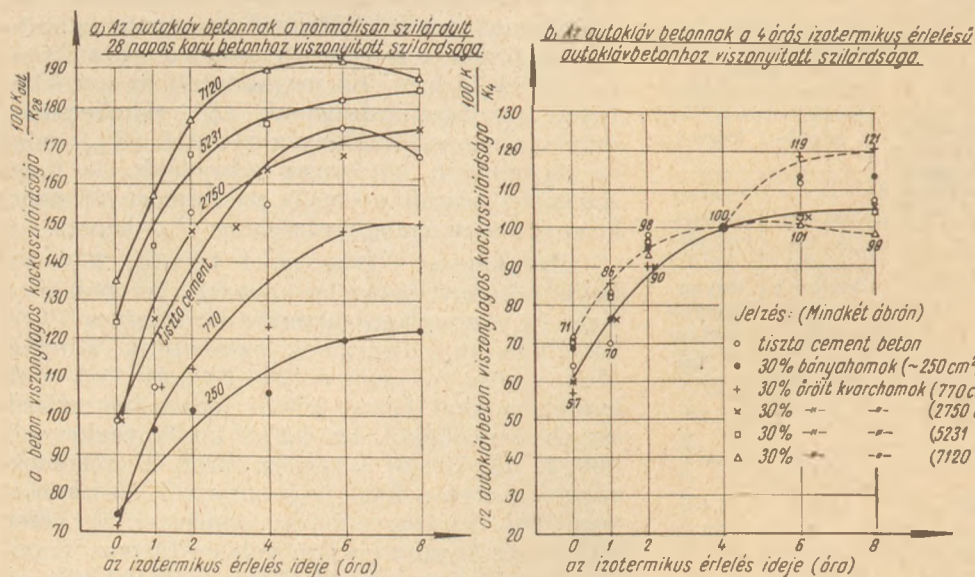
Cementminőség: Lábatlani 500-as pc.
Kötőanyag adagolás: 300 kg/m^3 cement + finom kvarchomok
A finomhomok tartalmú kötőanyagkeverék = cement : fhomok = $70 : 30$
Autokláválás: 10 atm -ra, felhűtés $2,75$ óra, lehűtés 4 óra (természetes)
Jelölés: $\circ$ tiszta cement beton
• 30% bányahomok ($\sim 250\text{ cm}^2/\text{g}$)
+ 30% őrölt kvarchomok (770 --)
 $\times$ 30% -- (2750 --)
 $\square$ 30% -- (5231 --)
 $\triangle$ 30% -- (7120 --)



19. ábra. Az autokláválási ciklus hatása a szilárdságra

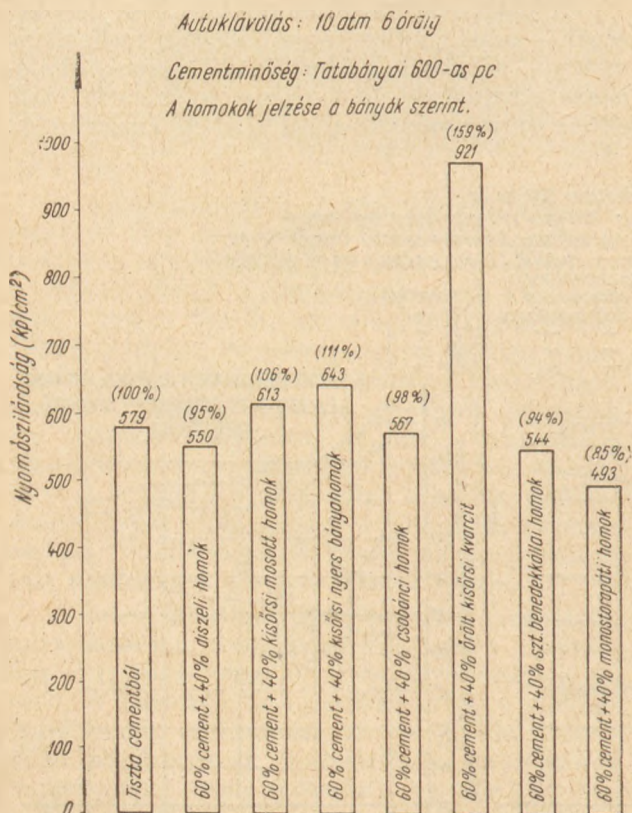
Cementminőség: Látatlan! 500-as pc
 Kötőanyagadagolás: 300 kg/m³ cement + finom kvarchomok
 Cement: finomhomok = 70:30 %
 Autokláválás: 10 atm.-rón Felfűtés 2,75 óra, lehűlés 4 óra (természetes)

20. ábra. Az autokláválási ciklus hatása a normálisan szilárdult betonhoz és a 4 órán keresztül autoklávált betonhoz viszonyított szilárdságra

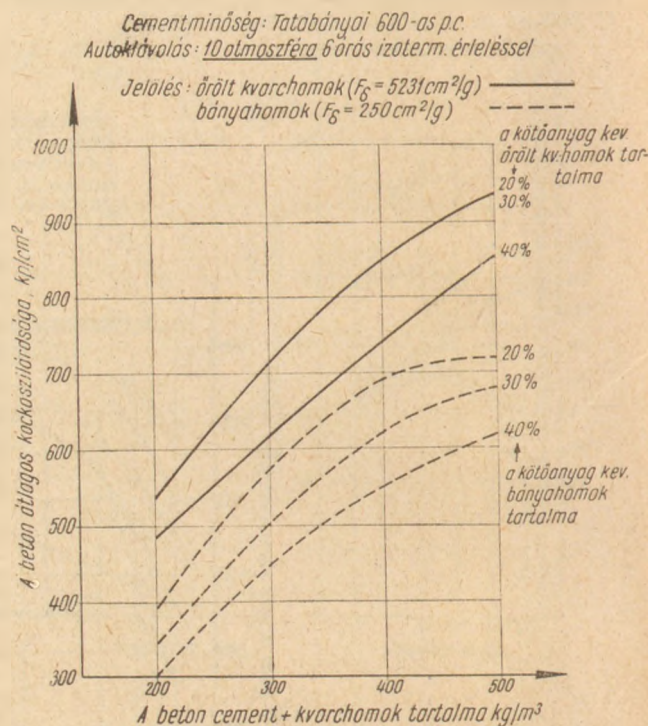


Az optimális betonösszetételhez egy adott autokláválási technológia tartozik. Üzemi szempontból többnyire az érlelési idő rövidítésének igénye merül fel. Az autokláválás időtartamának megváltoztatása esetén legcélszerűbb az izotermikus érlelési időt csökkenteni, mert ez előnyösebb a beton szilárdsága szempontjából, mint a felfűtés, vagy a lehűtés meggyorsítása. Autoklávkezelésnél az izotermikus érlelési idő csökkentésének negatív

hatását részben el lehet kerülni a kötőanyag-keverékben levő finom kvarchomok őrlésfinomságának növelésével. Alapbetonként a tiszta cement kötőanyagú, illetve a vele szilárdsági szempontból közelítően egyenértékű — 30% 2750 cm²/g fajlagos felületű kvarchomokot tartalmazó kötőanyagú betont vettük fel. A 19. ábrán látható kísérleti eredmények szerint a durva kvarchomokot tartalmazó autoklávbetonok relatív szilárdsága az izotermikus érlelési idő növekedése esetén nagyobb lesz, a finom kvarchomokot tartalmazó betonoké pedig kisebb. A 20. ábrán az a) jelű diagramsor

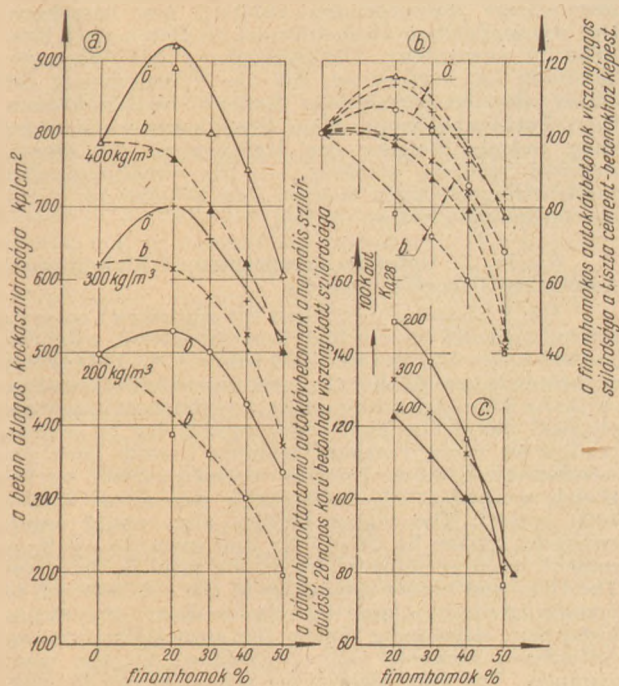


21. ábra. Cement-homok keverékek nyomószilárdsága



22. ábra. A cement + kvarchomok adagolás hatása az autoklávbetonok nyomószilárdságára

Autoklávolt: 12 atmoszférán 6 órás izotermikus érleléssel.
Cementminőség: Talabányai 600-as pc.
Cement+finomhomok adagolás 200–300–400 kg/m³ ezen belül
a finomhomok 0–20–30–40–50 %
Jelölés: $\bar{o}$ = őrlött kvarchomok (5231 cm²/g)
b = kisőrsi bányahomok (~250 cm²/g)



23. ábra. A finomhomok hatása az autoklávbeton szilárdságára

azt bizonyítja, hogy a normálisan szilárdult beton nyomószilárdságához (K_{28}) képest az autoklávbeton nyomószilárdsága (K) 4 óránál hosszabb időtartamú izotermikus érlelés esetén 5231–7120 cm²/g fajlagos felületű kvarchomok alkalmazása mellett alig változik. A 20/b ábra méginkább megerősíti azt a megállapítást, hogy az autoklávolt ciklus rövidítése a nyomószilárdság csökkenése nélkül is végrehajtható a cementhez adagolt kvarchomok őrlésfinomságának növelése révén. Más oldalról — durvább kvarchomok alkalmazása esetén — ajánlatos növelni az izotermikus érlelés időtartamát. Az autoklávolt idő változását tehát a betonösszetételnél elegendő csupán a kötőanyagkeverék összetételének változásával követni és ezúton kielégítő pontossággal meg lehet kapni az optimális betonkeveréket.

Megjegyzések a bányahomok problémához

Mintegy 10 évvel ezelőtt az ÉTI-ben igen jó eredményeket értek el azzal, hogy az autoklávbetonban a cement egyrészt 710 cm²/g fajlagos felületű bányahomokkal helyettesítették. Ez a homok Monostorapátiból származott. Sajnos azóta ez a bányamegkötés és a réginek szennyezettébb, durvább homokot tudunk csak onnan kinyerni. Felkutattuk a hazai homoklelőhelyeket és hat bányából közel egyenlő finomságú (200–350 cm²/g fajlagos felületű), azonos kvartztartalmú (95–98%-os) homokot alkalmasnak találtunk további vizsgálatra. Megvizsgáltuk ezen kívül

az 1000 cm²/g felületre őrlött kisőrsi kvartcitot. A homokok aktivitásának összehasonlítására autoklávolt szabványos normál konzisztenciájú tiszta-cement pép nyomószilárdságát viszonyítottuk 40% bányahomoktartalmú habarcsok szilárdságához. Az eredmények a 21. ábrán láthatók. A 250 cm²/g fajlagos felületű, 98,5% kvartztartalmú és 0,5% anyagtartalmú „kisőrsi nyers” bányahomok mutatkoztak a legjobbnak. A továbbiakban ezzel a bányahomokkal kísérleteztünk. A 22. ábrán levő diagramok szerint a bányahomokkal kisebb szilárdságokat lehet ugyan elérni, mint azonos mennyiségű őrlött kvarchomokkal, de a 23. ábra a), b) diagramokra 20% bányahomoktartalmú kötőanyagkeverék esetén a tiszta cement betonokkal közel egyenlő szilárdságot mutat. Az utóbbi tapasztalat gazdasági szempontból igen jelentős. Másrészt a nagy kvartztartalmú bányahomok továbbőrlelése is járható út. E két megoldás közül a kívánt betonszilárdság, illetve a gazdaságosság alapján lehet eldönteni azt, hogy melyiket válasszuk. Az, hogy megfelelő bányahomokkal rendelkezünk, méginkább bizonyítja az autoklávtechnológia hazai bevezetésének célszerűségét. Az elmúlt években lefolytatott kísérletek megteremtették az alapot a nagyszilárdságú autoklávbetonok elemgyári alkalmazásához.

IRODALOM

- Adonyi Z.—Balázs Gy.—Kilián J. (1955): Építőanyag 7, 374.
Assarsson G. O. (1961): Zement-Kalk-Gips 13, 537.
Bogue, R. H. (1955): The Chemistry of Portland Cement, Rheinhold, New York
Dolezsai K. (1963): ÉaKKI Tudományos Közlemények 12. sz.
Hansen, W. C. (1962): J. Amer. Concrete Inst. 59, 841.
Kilián J. (1963): Nagyszilárdságú autoklávbetonok. Kandidátusi értekezés.
Mironov, Sz. A.—Malinyina, L. A. (1958): Autoklávban szilárdított beton. Moszkva, Gosstroizdat.
Ottó Gy. (1963): 1 M. Építőipar. 12 115.
Petzhold, A.—Göhlert, I. (1962): Tonind. Z. 86, 228.
Pohl, G. (1959): Zement-Kalk-Gips. 11, 566.

Kilián József: Nagyszilárdságú autoklávbetonok optimális összetétele.

Nagyszilárdságú autoklávbetonokhoz megfelelő cement nagy mészteltettségű, 3%-nál kisebb MgO tartalmú és 1,5%-nál alacsonyabb szabad CaO tartalmú portlandcement. Laboratóriumi tisztaságú klinkerványok vizsgálatával megállapítható, hogy a klinker C₃S tartalmát kell elsősorban növelni, valamint a cement víztartó képességét. Gyári őrlésű cementjeink 2000–2500 cm²/g (Blaine szerinti) fajlagos felülete nem kielégítő. 3500–4000 cm²/g fajlagos felületet kellene biztosítani, mert ezzel további 20–25%-os szilárdságnövekedés érhető el a cement 35–40%-ának kvareliszttel való helyettesítése esetén. Az autokláv-cement kötőanyagkeveréke a cementpép autoklávoltatásánál felszabaduló Ca(OH)₂ felületéből jól számítható. Az autoklávbeton tervezése megoldható az ismert betontervezési képletek segítségével. A hőkezelés időtartamának rövidítése elsősorban az izotermikus érlelési idő csökkentésén alapul. Szilárdságcsökkenés nélküli ciklusrövidítést az adagolt kvareliszt őrlésfinomságának növelésével lehet elérni. — A hazai bányahomokok autoklávtechnológiai célokra kiválóan megfelelnek.

Килиан Йозеф: ОПТИМАЛЬНЫЙ СОСТАВ АВТОКЛАВНЫХ БЕТОНОВ ВЫСОКОЙ ПРОЧНОСТИ

Цемент для автоклавных бетонов высокой прочности — это портландцемент с высоким коэффициентом насыщения, содержанием MgO ниже 3,5% и свободной CaO ниже 1,5%. При испытании клинкерных минералов лабораторной чистоты установлено, что в первую очередь нужно увеличивать содержание C_3S , а также водоудерживающую способность цемента. Удельная поверхность цементов заводского помола 2000—2500 cm^2/g (по Блейну) недостаточна. Необходимо обеспечить удельную поверхность 3500—4000 cm^2/g , т. к. за счет этого можно достичь 20—25% повышения прочности при замене 35—40% цемента кварцевой мукой. Смесь вяжущего вещества автоклавного цемента легко может быть рассчитана из поверхности $Ca(OH)_2$, освобождающейся при автоклавной обработке. Цементного теста. Проектирование автоклавного бетона может быть осуществлено с помощью известных формул. Сокращение продолжительности тепловой обработки происходит в первую очередь за счет сокращения времени изотермической обработки. Сокращение цикла без снижения прочности можно достигнуть за счет увеличения тонкости помола добавляемой кварцевой муки. Отечественные карьерные пески являются пригодными при автоклавной технологии.

Kilián, Josef: Die optimale Zusammensetzung für Autoklavbeton hoher Festigkeit.

Die zum Zwecke meist geeignete Zementgattung ist ein Portlandzement, in hohem Maße Kalk-gesättigt, mit einem MgO -Gehalt weniger als 3, und einem freien CaO -Gehalt weniger als 1,5 Prozenten. Versuche, durchgeführt mittels im Laboratorium gereinigten Klinkermineralien, ergaben, daß der C_3S -Gehalt des Klinkers in erster Linie zu steigern sei, ferner die Fähigkeit das Wasser zu behalten. Die spezifische Oberfläche der hierzulande fabrikmäßig gemahlene Zemente (2,000—2,500 cm^2/g nach Blaine) ist nicht

hinreichend. Es müßte eine spezifische Oberfläche 3,500—4,000 cm^2/g gesichert werden, denn dadurch könnte man eine Steigerung der Festigkeit — um etwa 20—25% — erreichen, im Falle, wenn man 35—40% des Zements durch Quarzmehl ersetzt.

Das Bindemittelgemisch kann man aus der Oberfläche des während der Autoklavbehandlung des Zementteigs freiwerdenden $Ca(OH)_2$ gut berechnen. Die gebräuchlichen Rechenformel für Beton sind beim Entwurf anwendbar. Die Abkürzung der Wärmebehandlung ist vorwiegend auf die Verminderung der Dauer des isothermischen Reifens zurückzuführen. Eine Zyklusabkürzung ohne Festigkeitsverminderung kann mittels Steigern der Mahlfeinheit des Quarzzusatzes erreicht werden. — Die ungarländischen Sandgattungen eignen sich zu dem Zwecke der Autoklavtechnologie restlos. (S. G.)

Kilián, J.: Optimum Composition of High-Strength Autoclaved Concrete Products

The Portland cement used for autoclaved concrete products should have a high lime saturation, magnesia content below 3% and free CaO below 1½%. Laboratory experiments proved that the most important mineralogical factor is the high alite content, and the most important physical factor the high water retentivity of cement. Hungarian made Portland cements usually have unsatisfactory grinding fineness (specific surface by the Blaine method 2000—2500 cm^2/g instead of 3500—4000 cm^2/g). The higher surface area would assure strengths higher by 20—25%; and even 35—40% of cement could be replaced by quartz meal in that case. The filler and binder quantities of the concrete can be precalculated by knowing the surface of calcium hydroxide, developing during the autoclaving process. Autoclaved concrete can be designed by the usual formulae. Too long autoclaving schedules can be shortened by reducing the time of isothermal curing; the strength decrease can be counterbalanced by a finer grinding of the quartz meal. Hungarian quarried sands are well suitable for autoclaved concrete products.

Keresse fel a

NEMZETKÖZI MŰSZAKI KÖNYVKIÁLLÍTÁST

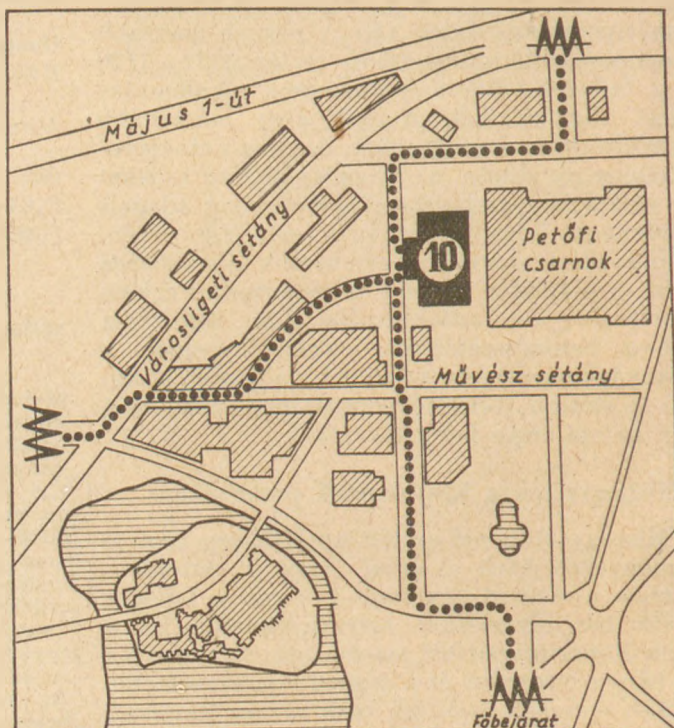
a

Budapesti Nemzetközi Vásár

10. számú pavilonjában

Anglia, Amerika, Bulgária, Csehszlovákia, Hollandia, Jugoszlávia, Lengyelország, Magyarország, Német Demokratikus Köztársaság, Német Szövetségi Köztársaság, Románia és a Szovjetunió kiadóinak legújabb műszaki könyveit és folyóiratait állítjuk ki.

MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ



10 NEMZETKÖZI MŰSZAKI KÖNYVKIÁLLÍTÁS

1964 május 15—25

Cementek hidrogén- és oxigéntartalmával végzett izotópcseré kísérletek*

K R U M B I E G E L, P E T E R

(Német Tudományos Akadémia Fizikai Anyagválasztási Intézete,
Leipzig, NDK)

Bevezetés

A szilikátkutatásban eddig még nem nagyon alkalmazták a stabilis izotópok segítségével történő vizsgálatokat. A stabilis izotópokkal történő jelzés olyan kísérleti eszközt ad kezünkbe, melynek segítségével a különböző szilikátok és építőanyagok területén sok új ismerethez juthatunk. (Krumbiegel, 1963). Az irodalomban eddig csak magas hőmérsékleten végzett oxigénizotópcserével foglalkoztak. Így például Donzova (1954, 1955) a természetben előforduló szilíciumoxidok, szilikátok és aluminoszilikátok oxigénionjának mozgékony-ságát tanulmányozta 500–1100° között. Fructus-Riquebourg és Merigoux (1963) 350 és 800° közötti hőmérsékleten vizsgálták a víz katalitikus szerepét szilikátok oxigénizotóp cseréje során. Maass (1960) és Schatenstein (1960) üvegek oxigén-cseréjét tanulmányozták 200 és 750° között. Ezek az aránylag magas hőmérsékleteken bizonyos kötéstípusok elegendő gerjesztést kapnak ahhoz, hogy az oxigénizotópok gázalakú CO_2 -dal történő cseréjével lehetővé váljon.

100°-nál alacsonyabb hőmérsékleten szilikátok, szilíciumoxidok és üvegek oxigénizotóp-cserét nem mutatnak. Ezek az alacsony hőmérsékleteken nem is várható izotópcseré erős kötéseknél, csak olyan gyenge kötésekkel, melyek gerjesztéséhez az aránylag kicsiny termikus energia is elég. Mint ismeretes, a cement megkötés után néhány évvel a természetes szilikátokhoz hasonló szilárd-ságokat mutat; a végleges szilárdság kialakulása előtt azonban a cement még elég sok reakcióképes csoportot tartalmaz, melyek a cement szilárdulása közben fokozatosan leköötődnek. A végleges szilárdság eléréséig a cement bizonyos mértékben még „dolgozik”, sőt még több évtizedes cementekben is meglepően nagy a leköötlen csoportok mennyisége.

A leköötött cementben jelenlevő reakcióképes oxigén- és hidrogén-atomok izotóp cserére hajlamosak. Tekintettel arra, hogy a leköötött cementek „lekööttségi foka” mind elméleti, mind gyakorlati szempontból nagyon fontos, kutatásaink során a lekööttségi fok új mérési eljárását dolgoztuk ki az izotópcseré módszerével. A különböző kutatók által eddig végzett mérések ugyanis nem vezettek egyértelmű eredményre: várható, hogy az izotópcseré pontos és gyors elemzési lehetőséget ad a leköötött cement reakcióképes kötéseinek meghatározására.

Kísérleti rész

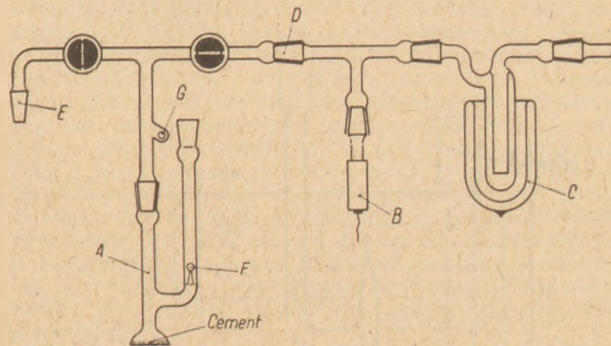
Vizsgálatainkhoz a Hallei Cementgyárban előállított vasportlandcementet használtunk fel. A cementből 30 súlyszázalék vízvezetési víz hozzáadásával pépet készítettünk, majd ebből üveg-

formákban $100 \times 100 \times 5$ mm nagyságú próbates-teket készítettünk. A próbateseket a levegőn szobahőmérsékleten 3 1/2 hónapig szilárdítottuk. Ezután a próbateseket finom porrá őröltük és szitálással kiválasztottuk a 0,08 és 0,125 mm közötti frakciót. Minden egyes kísérlethez e frakció 1–1 g-nyi mintáját használtuk fel. Az izotópcseréhez részben deuteriummal jelzett vizet, részben ^{18}O -izotóppal jelzett vizet használtunk.

A mérés menete

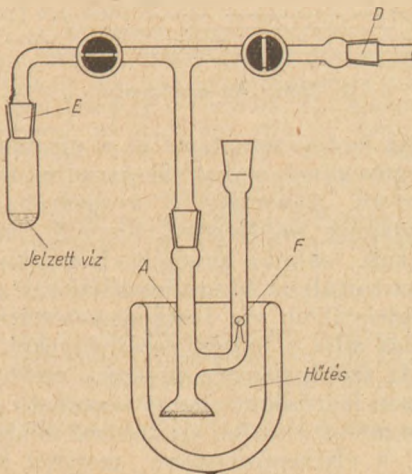
1. Az A jelű izotópcseré-tartályba (1. ábra) mérjük a vizsgálandó cement pontosan 1 g-nyi mennyiségűt. Ezután a leköötött cementpor felületén és az edények belső üvegfelületén tapadó, adszorptív erővel kötött vizet 100°-on, 10^{-3} Torr vákuumon eltávolítjuk.

2. Az A jelű tartály hűtése útján a cement-próbára 0,4 ml izotóppal jelzett vizet párologtatunk vákuumban (2. ábra). Kísérleteink során 1,46 atomszázalék ^{18}O -t tartalmazó vizet, valamint 1,53 atomszázalék D-t tartalmazó vizet használtunk. (A természetes víz ^{18}O -tartalma 0,204 atomszázalék, D-tartalma 0,015 atomszázalék.)



1. ábra. Az izotópcseré berendezés:

A izotópcseré-tartály; B vákuummérő cella; C hűtőedény; D csatlakozás a vákuum vezetékekhez; E csatlakozás a víztartályhoz; F üvegzárra; G vágóly



2. ábra. Jelzett víz párologtatása a cementre

* Hozzászólás a VII. Szilikátipari Konferencia 12. sz. témacsoportjához.

3. Az A jelű tartályt a csiszolat alatt leolvasztjuk, majd termosztátban 120°-on melegítjük. A melegítés alatt megy végbe az izotópcseré. Az izotópcseré ideje az 1. és 2. táblázatokban található (3. ábra).

1. táblázat

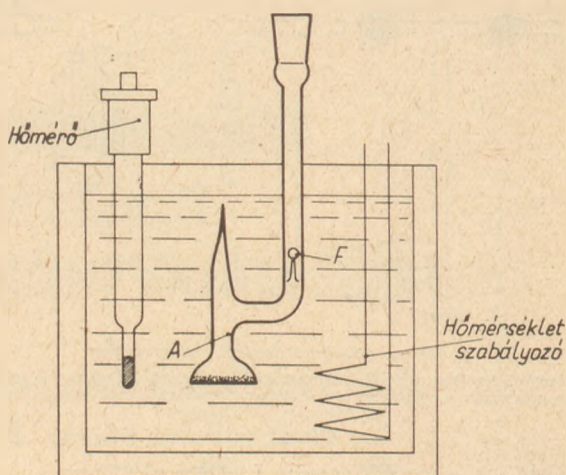
Az oxigén izotópcseréje

A kiindulás víz ^{18}O tar- tartalma	Az izotópcseré		A vissza- kapott víz ^{18}O tartalma	A mé- rések száma
	hő- mér- sék- lete	ideje		
[atom- százalék]	[C°]	[óra]	[atom- százalék]	
1,46 $\frac{3}{4}$ 0,02	120	8	1,05 $\pm$ 0,03	9
		24	1,06 $\pm$ 0,03	6
		24	1,45 $\pm$ 0,04	4
		vakpróba		

2. táblázat

A hidrogén izotópcseréje

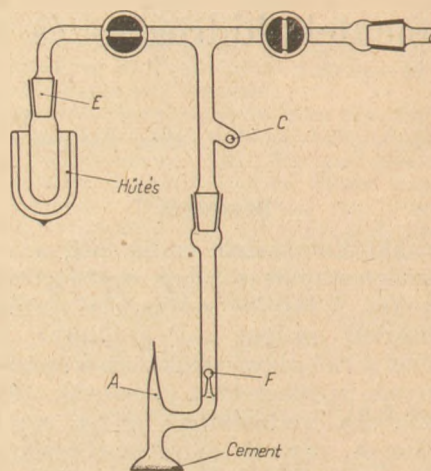
A kiindulási víz D-tartalma	Az izotópcseré		A visszakapott víz D-tartalma	A mé- rések száma
	hő- mér- sék- lete	ideje		
[atomszázalék]	[C°]	[óra]	[atomszázalék]	
1,53 $\pm$ 0,14	120	5	1,49 $\pm$ 0,045	10
		8	1,43 $\pm$ 0,017	9
		24	1,32 $\pm$ 0,06	9
		90	1,33 $\pm$ 0,01	5



3. ábra. Az izotópcseré

4. Az izotópcseré tartályt a megmaradó csiszolat segítségével megint rákapcsoljuk a vákuumberendezésre. A tartály E üveg zárát az oldalcsőből mágnes segítségével kiemelt vasgolyóval összezúzzuk; ekkor a kicserélt víz a vákuum alatt hűtött víztartályba visszadesztillálódik (4. ábra). A visszadesztillált víz izotóppösszetételének meghatározása adja a mérési eredményeket.

5. Az izotópelemzés egyszerű esetben denzimetrikan (sűrűségméréssel) végezhető. A denzimetrikan mérésnek több kivitelezési módja ismert; pl. a vízcsepp-módszer, melynél a vizsgált víz egy cseppjének esési sebességét mérjük vala-



4. ábra. A víz visszadesztillálása

mely, vízzel nem elegyedő folyadékban. A csepp esési sebessége a sűrűséggel egyenesen arányos; minden egyéb adat (cseppnagyság, viszkozitás stb.) ismeretében a vízcsepp sűrűsége a Stokes-törvény alapján számítható. Használható a törésmutató mérése is, mert a H_2O és D_2O törésmutatója meglehetősen különbözik. Vizsgálataink során azonban ennél pontosabb eljárást alkalmaztunk: a vízminztát gázalakú hidrogénné, illetve széndioxidá alakítottuk át és az izotópok gyakoriságát tömegspektrométerrel mértük. Az egyes mérések hibája 1 relatív százalékon belül van.

Eredmények és azok értékelése

Az értékelésnél alapfeltételként kell elfogadni azt, hogy az izotópcseré termodinamikai szempontból is egyensúlyra vezet. Ehhez az szükséges, hogy elegendő idő álljon rendelkezésre; kísérleti szempontból ez úgy ellenőrizhető, hogy az eleinte rohamosan változó mérési eredmények később egyre kisebb változásokat mutatnak. Az 1. táblázat adataiból jól látható, hogy az oxigén izotópcseréje 8 óra után befejezettnek mutatkozik, mert 24 órás izotópcseré után sincs különbség a relatív gyakorisági értékekben. Hasonló körülmények között a hidrogén-izotópcseréje csak 24 óra múlva fejeződik be; az eredményeket azonban további 66 óra izotópcseré idő sem befolyásolja (2. táblázat).

A relatív gyakoriságban kapott legalacsonyabb, már konstans értéket vettük a cement kicserélhető atomjai mértékszámául.

Megvizsgáltuk továbbá, hogy vajon a kísérleti üvegberendezés belső falai nem vesznek-e részt az izotópcseré folyamatában; ez ugyanis a cementminták eredményeinek értékelését zavarja. Ennek eldöntésére teljesen azonos kísérleti körülmények között, de cement nélkül 24 órás vakpróbát végeztünk, melynek eredményeit az 1. táblázatban ugyancsak feltüntettük. Látható, hogy a kísérleti periódus végén visszanyert víz izotópelemzése ugyanarra az eredményre vezetett, mint a kiindulási víz elemzése. Nyilvánvaló tehát, hogy a felhasznált kísérleti berendezés belső fala az izotópcserében nem vesz részt. Nyugodtan állíthatjuk tehát, hogy vizsgálataink során a kiindulási és a visszadesztillált víz relatív

D- és ^{18}O -gyakoriságaiban mutatkozó különbség kizárólag a cement reakcióképes hidrogén és oxigén-atomjainak következménye.

A reakcióképes atomok számát a víz izotópelemzésének eredményeiből az egyszerű keverési törvény alapján számítottuk ki:

$$ax + by = (a + b) \cdot z$$

E képletben a és b a víz oxigén vagy hidrogén tartalmának súlyértékeit jelentik a vízben, illetve a cementben, x , y és z pedig az ehhez tartozó izotóp relatív gyakorisági értékei. Ezek közül ismeretlen a b , a cement kicserélhető izotóp mennyisége. Az oxigén izotópcsere esetében a képlet számértékei a következők:

$$0,356 \cdot 1,46 + b \cdot 0,204 = (0,356 + b) \cdot 1,06$$

víz cement víz-cement keverék, illetve visszadesztillált víz

Ebből $b = 0,17$ g, ennyi tehát a kicserélhető oxigén mennyisége a bemért 1 g cementre vonatkoztatva.

Tekintettel arra, hogy a vizsgált vasportland-cement 1 g-jában 0,38 g oxigén található, a 3 1/2 hónapos kötési idő végén a vizsgált cement eredeti oxigéntartalmának 45%-a reakcióképes állapotban van.

Teljesen hasonló módon számítható ki a reakcióképes hidrogén mennyisége is. Az eredmény: 0,7% hidrogén, (természetesen OH-csoportok alakjában kötve).

A hidrogén és az oxigén izotópcsere eredményeit összehasonlítva kimondhatjuk, hogy a reakcióképes oxigén 66%-a, illetve az összes oxigén 30%-a a vizsgált cementpróbában OH-csoportok alakjában van jelen.

A fenti példa mutatja az utat a különböző cementek és más építőanyagok különböző kísérleti körülmények között történő vizsgálatához.

A leírt módszer gyakorlatilag az ún. *izotóphígítási* eljárások közé tartozik. A kapott végeredmények hibája kb. 3 relatív %. Véleményünk szerint az eljárás a szilikátkutatás két munkaterületén alkalmazható. Az első munkaterület a cement szilárdulási folyamatainak vizsgálata. A kísérleti körülmények, elsősorban a kicserélési hőmérséklet változtatásával az izotópcsere aktiválási energiája kiszámítható és ebből az oxigén és hidrogén kötési erőt is megkaphatjuk. Ezek segítségével jól megvilágítható a kötött és lekötetlen víz aránya különböző ideig hidratált cementtel. A módszer segítségével jól követhető továbbá a szilárdulás időbeli lefolyása is.

A másik munkaterület a lekötött cement minőségellenőrzése sorozatos izotópcsere vizsgálatok segítségével. A kísérleti hőmérséklet emelésével a csere ideje lényegesen megrövidíthető; maga az izotóp elemzés egyszerű módszerrel (pl. merülő refraktométer segítségével) csak néhány percig tart. Az eredmények pontosak és jól reprodukálhatók.

IRODALOM

- Donzora, E. I. (1954): Dokl. Akad. Nauk Sz. Sz. Sz. R. 95, 1223
 Donzora, E. I. (1955): Dokl. Akad. Nauk Sz. Sz. Sz. R. 103, 1065.

- Fructus-Riquebourg, J.—Merigoux, H. (1963): J. Phys.-Chim. Biol. 60, 351.
 Krumbiegel, P. (1963): Proc. Sixth Conf. Silicate Ind. Budapest, p. 257.
 Maass, I. (1960): Kernenergie, 3 843.
 Schattenstein, A. I. (1960): Isotopenanalyse des Wassers, Berlin, p. 45.

Krumbiegel, Peter: Cementek hidrogén- és oxigéntartalmával végzett izotópcsere kísérletek.

Új módszert dolgoztunk ki, melynek segítségével a lekötött cement még reakcióképes hidrogén- és oxigénionjainak mennyisége, és ezzel a cement relatív lekötöttsége meghatározható. A reakcióképesség vizsgálatára a cement hidrogén- és oxigén-atomjainak izotópcsere-lehetőségét használtuk fel, stabilis izotópokkal jelzett víz, mint kicserélőanyag segítségével (D_2O és H_2^{18}O). Az izotópcsere elvégzéséhez egyszerű vákuumkészüléket szerkesztettünk. Az eljárás használhatóságát vasportlandcement minta segítségével ellenőriztük. Jól reprodukálható eredményeinkből kitűnik, hogy a lekötött cement hidrogén-tartalmának izotópcseréje legkésőbb 24 óra alatt, oxigéntartalmának izotópcseréje pedig legkésőbb 8 óra alatt eléri az egyensúlyt. A kapott eredményekből kiszámítható, hogy a vizsgált cement oxigén-atomjainak 45%-a 3 1/2 hónap hidratációs idő után még reakcióképes állapotban van jelen. Ennek az oxigén-mennyiségnek 66%-a az OH-csoportokhoz tartozik.

Крумбигель Петр: МЕТОД ИЗОТОПНОГО ОБМЕНА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ВОДОРОДА И КИСЛОРОДА В ЦЕМЕНТЕ

Был разработан новый метод для определения содержания реакционноспособных ионов водорода и кислорода в затвердевшем цементе, и таким образом, относительной степени его затвердевания. Для испытания реакционной способности была использована возможность изотопного обмена атомов водорода и кислорода с помощью примененной в качестве обменного материала меченой стабильными изотопами воды (D_2O и H_2^{18}O). Для проведения изотопного обмена был сконструирован вакуумный прибор простой конструкции. Контроль метода осуществлялся с помощью образца железистого портландцемента. На основании хорошо воспроизводимых результатов можно установить, что изотопный обмен водорода, содержащегося в затвердевшем цементе, через 24 часа, а изотопный обмен кислорода через 8 часов, достигают равновесного состояния. Из полученных результатов можно рассчитать, что 45% атомов кислорода, содержащихся в испытываемом цементе, после гидратации в течение 3,5 лет находится еще в реакционноспособном состоянии. 66% этого количества кислорода относится к группе OH.

Krumbiegel, Peter: Isotopenaustausch-Versuche mit Wasserstoff- und Sauerstoffionen der Zemente.

Es wurde ein neues Verfahren bearbeitet, aus welchem sich die Menge der noch reaktionsfähigen Wasserstoff- und Sauerstoffionen im erhärteten Zement d. h. das relative Maßverhältnis des gebundenen Teiles ergibt. Man hat zur Prüfung der Reaktionsfähigkeit die Möglichkeit des Isotopenaustausches der O- und H-Atome des Zements verwendet. Als Austausch-Stoff diente Wasser, markiert mit stabilen Isotopen (D_2O und H_2^{18}O). Es wurde zwecks Durchführung des Isotopenaustausches ein einfaches Vacuumapparat konstruiert, und auch die Verlässlichkeit des Verfahrens geprüft. Die leicht reproduzierbaren Resultate ergaben, daß im erhärteten Zement der Ionenaustausch des Wasserstoffgehalts spätestens nach 24, der des Sauerstoffgehalts spätestens nach 8 Stunden den Gleichgewichtszustand erreicht.

Man hat aus den erhaltenen Ergebnissen berechnet, daß sich nach einer Hydrationszeit von 3 1/2 Monaten noch 45% der Sauerstoffatome des untersuchten Zements in reaktionsfähigen Zustand befinden. 66% dieser Sauerstoffmenge sind in OH-Gruppen zugehen. (S. G.)

(Angolnyelvű kivonat a 145. oldalon)

A hegyeshalmi kavicselőfordulás vizsgálata

L Á Z Á R J E N Ő

Építőanyagipari Központi Kutatóintézet

Az ÉM Kő- és Kavicsbányászati Tröszt hegyeshalmi kavicsbányájában a kavicselőfordulás — a többi kavicsbányával és a folyami kavicsokkal ellentétben — sok nagyszemű (40—150 mm) kavicsot tartalmaz. A durva kavics előfordulási aránya annál nagyobb, minél mélyebbről történik a kotrás, úgy hogy a 15 m-nél mélyebben fekvő rétegekben a jelenlegi módon már nehezen folytatható a termelés. A bányászat ugyanis úgy történik, hogy a markolókotróval kitermelt anyagot névleg 40 mm lyukasztású szitán engedik át és a szitán már át nem hulló anyagot visszaeresztik a tóba. Ezáltal a kotrási költség lényegesen emelkedik és a kotrási teljesítmény csökken, mert a kikotort mennyiségnek csak egy része használható fel, ezenkívül a visszaengedett nagy kavicsok elborítják az alattuk fekvő kavicsréteget és ezáltal elzárják a kitermeléstől, végül pedig, mint láttuk a mélyebben fekvő rétegek kitermelése mindinkább gazdaságtalanná válik.

Érdeemes tehát foglalkozni, a nagyméretű kavicsok aprítására szolgáló törő és osztályozó berendezés létesítésének kérdésével és ezért szükségesnek mutatkozik a tört anyag várható tulajdonságainak — közettani összetétel, szem szerkezeti alakulás, szemcsealak (zömök vagy lemez), nyomó-, ütő- és kopási szilárdság, valamint a betonban és aszfaltban való viselkedés vizsgálata.

I. Ásványtani vizsgálatok

A kavicselőfordulás petrográfiai összetétele az ÉaKKI Analitikai és Mineralógiai osztályának vizsgálatai szerint a következő:

Megnevezés	súly %
1. Kvarcit	49,0
2. Korrodeált likaesos kvarcit....	31,3
3. Magmás eredetű kőzet	5,0
4. Átalakult (metamorf) kőzet ...	6,7
5. Mészke, dolomit	5,0
6. Kovás homokkő	1,4
7. Mészhomokkő	1,0
8. Szarukő gumók	0,6
	100,0

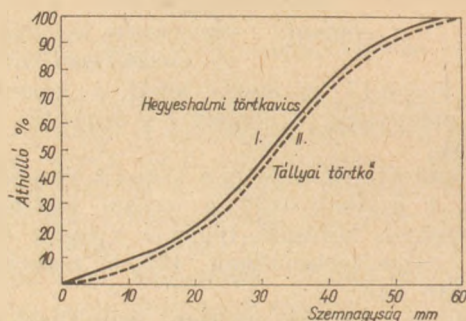
Ezek szerint a kavicsanyagnak 80%-a kemény kvarcit, 5%-a magmás kőzet (granit) ezen kívül tartalmaz mészke és dolomitot stb. és csak 2,4% a gyengébb minőségű homokkő.

II. Szem szerkezeti kérdések

A vizsgálatnál ugyanazon törővel és ugyanazon beállítással tört hegyeshalmi kavicsot és tállyai túlfolyó anyagot (65—150 mm) hasonlítottuk össze (1. ábra). Látható, hogy a két szem szerkezeti görbe jellege és lefolyása teljesen azonos. A hegyeshalmi kavics szem szerkezete csekély mértékben finomabb, mint a tállyai zúzottkő és max. szem nagysága 58 mm, míg a zúzottkő kb. 61 mm. Ezt a csekély eltérést az a körülmény is indokolja, hogy a törésre feladott hegyes-

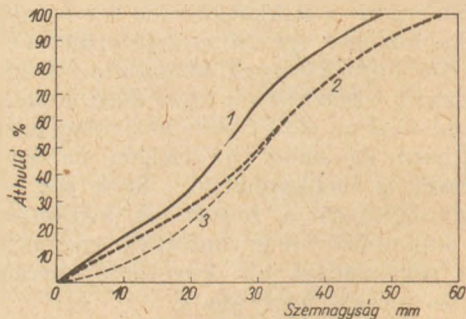
halmi kavics szem nagysága 40—150 mm, a tállyai túlfolyó anyagé pedig 65—150 mm volt. A kiömlő-rés csekély változtatása esetén a görbék fedik egymást.

A III. sz. pofástörő, mellyel az aprítást eszközöltük, régi gyártmányú gép. A korszerű pofástörők és a kúpostörők a tapasztalatok szerint több finomanyagot állítanak elő, mint a régi gyártmányú törők. Ezért korszerű pofástörők vagy kúpostörők alkalmazásánál több finomszem nagyság keletkezése várható.



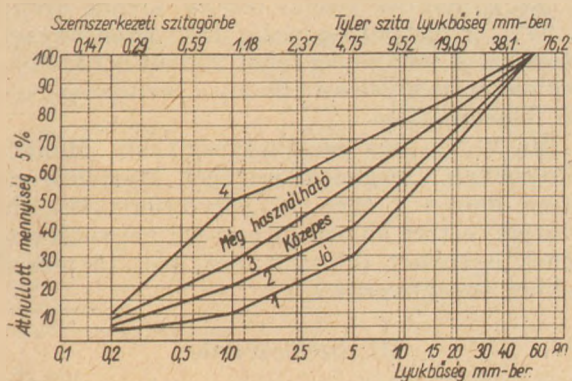
1. ábra Ugyanazon törővel tört hegyeshalmi kavics és tállyai andezit szem szerkezeti görbéje

Ezt mutatja a 2. ábra, mely hegyeshalmi kavicsnak a zalahalápi Pegson-törővel végzett törése után nyert halmaz szerkezetét ábrázolja. A Pegson-törő beállítása olyan volt, hogy valamivel finomabb töretet állított elő, mint a pofástörő és a max. szem nagyság 58 mm helyett csak 50 mm volt. Ha a görbe abszcisszáit 58/50 arányban megnöveljük, a 2. sz. görbét kapjuk, mely megfelelő közelítéssel egyezik a pofástörő által szolgáltatott görbével (3), csak a finom szem nagyságok százaléka nagyobb.



2. ábra. Pegson törővel tört hegyeshalmi kavics szem szerkezeti görbéje

A jó minőségű beton készítéséhez kívánatos adalékanyag megoszlását az ÉM. „Műszaki Előírás Betonok és Habarcsok Készítésére” c. kiadványa — 60 mm max. szem nagyságú anyagra vonatkozóan — a 3. ábrán szemléltetett módon írja elő. A jó minőségű adalékanyag szem szerkezeti görbéjének ezek szerint az 1. és 2. határgörbék közé kell esnie, tehát az 1. határgörbét kell fednie, vagy valamivel a görbe fölött haladnia.



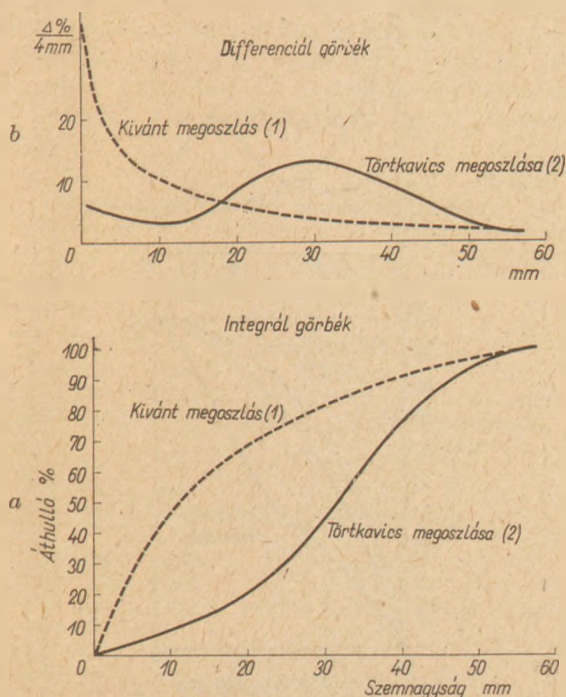
3. ábra. Az adalékanyag szemszerkezetének minősítése

A 4/a ábrán átrajzoltuk az 1. görbét lineáris léptékbe és összehasonlításul mellérjzoltuk a hegyeshalmi kavics pofástörővel való aprításánál nyert halmaz szemszerkezetét. Mint látjuk a tört kavics szemszerkezete nem fedi az 1. görbét (még kevésbé halad az 1. görbe fölött) hanem jóval alatta halad el.

Hogy a nyert töret szemszerkezetét az előírásoknak megfelelővé változtathassuk, elsősorban azt kell megállapítani, hogy az előírásokhoz képest milyen szem nagyság részlegekből áll fenn hiány és melyikből van fölösleg.

E célból a 4/a ábrán szereplő integrálgörbék-ből megszerkesztjük a 4/b ábrán mutatott differenciálgörbéket. A 4/b ábrából azonnal kitűnik, hogy a 20 mm alatti szem nagyságrészlegekből kevesebb termelődik, mint amennyire szükség van, míg a 20 mm-nél nagyobb szem nagyságrészlegből több termelődik a szükségesnél.

A kívánt szemszerkezet elérésére tehát úgy kell eljárni, hogy a pofástörővel aprított halmaz



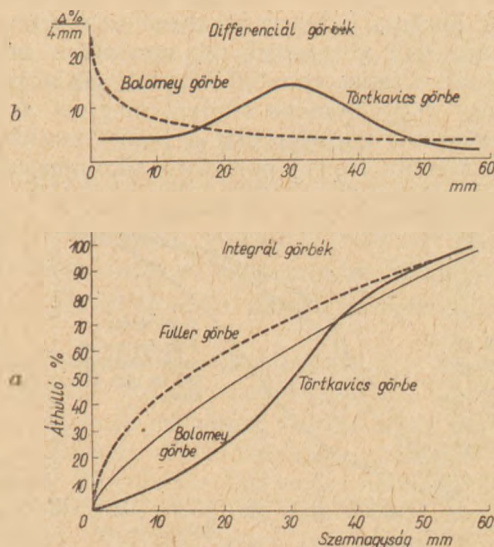
4. ábra. A kívánt szemszerkezet és a tört kavics szemszerkezetének összehasonlítása

20 mm-nél nagyobb részének kb. felét 20 mm-nél kisebbre aprítjuk tovább. A 4/b ábrából az is kitűnik, hogy a továbbaprítást oly géppel kell végezni, melynél a töretben a kis szem nagyságok dominálnak, tehát pl. sok 1–2 mm-es szemcse képződik és lényegesen kevesebb 10–11 mm-es szemcse. Ilyen gépek pl. a kalapácsos törők.

A kívánt szem nagyságot úgy is előállíthatnánk, hogy az aprítandó kavicsot nem pofástörővel törnénk elsődlegesen, hanem azonnal kalapácsos (vagy röptő) törőre vinnénk. A kalapácsos és hasonló törők ugyanis sok finom szemcsét állítanak elő, míg a pofástörők töretében a középső szem nagyságok dominálnak. Az első módszer azonban mégis helyesebbnek látszik, mert a körülményekhez való sokkal pontosabb alkalmazkodás lehetséges és emellett azt is lehetővé teszi, hogy a kalapácsostörő kikapcsolásával az eredeti töretet nyerjük, mely alkalmas más leőhelyen nyert kavicsok szemszerkezetének megjavítására, melyeknél — a hegyeshalmi kavicsal ellentétben — sok a finomszemcse és kevés a durva, melyeket tehát kevés finomszemcsét tartalmazó kavicsal fel lehet javítani. Erre a fontos alkalmazási lehetőségre még visszatérünk.

Az 5/a ábrán a pofástörővel tört kavics szemszerkezetét a Bolomey-féle elosztással hasonlítjuk össze, melyet gyakran alkalmaznak kívánatos megoszlásként. Mint az ábra mutatja a tört kavics szemszerkezeti görbéje a Bolomey-görbe alatt fut, de kisebb mértékben, a 3. ábra kívánatos görbéjénél. Ha az előbbieken ismertetett módon az 5/a ábra két görbéjének is megszerkesztjük a differenciálgörbéit (5/b ábra), kitűnik, hogy amennyiben azt szeretnénk, hogy a tört kavics szemszerkezete a Bolomey-görbéhez idomuljon, a 20 mm-nél nagyobb részlegek kb. egyharmadrészét kell 20 mm-nél kisebbre továbbaprítani. Ugyanígy megszerkeszthető a Fuller-görbének megfelelő szemszerkezet előállítási módja is.

Mint említettük fontos szerepe lehet a tört kavics javítóanyagként való felhasználásának. A 4. ábra 1. görbéje a „Műszaki Előírásokban”



5. ábra. A Bolomey és Fuller görbék összehasonlítása a tört kavics szemszerkezetével

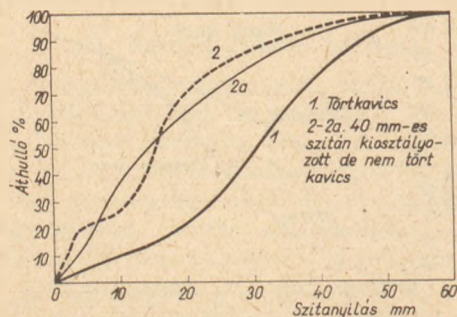
kívánatosként előírt megoszlást (60 mm max. szemnagyság mellett) ábrázolja, a 2. görbe pedig a törtkavics megoszlását mutatja. Mint leolvasható a kívánatos megoszlás kb. 30% 5 mm-nél kisebb anyagot ír elő, a törtkavicsban pedig csak kb. 5% (korszerű törőgépeknél kb. 8%) ilyen anyag van. Általában a kavicselőfordulásokban lényegesen több a finomszemcsék mennyisége a kívánnál, a durvaszemcsék mennyisége pedig kevesebb. A hegyeshalmi törtkavics ezért kiválóan alkalmas egyéb kavicsbányák anyagának feljavítására, sokkal inkább, mint az ez idő szerint szállított töretlen hegyeshalmi kavics.

Ez utóbbi megállapítást szemlélteti a 6. ábra, mely a kikotort anyagból szitán leválasztott kb. 60 mm-nél kisebb töretlen hegyeshalmi kavics (amilyet ez idő szerint szállítanak) szemszerkezetét (2. és 2/a görbék) a 60 mm-nél kisebbre tört kavicsanyag szemszerkezetével hasonlítja össze (1. görbe). A 2. görbe az Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem Ásvány és Földtani Tanszékének megállapításait ábrázolja a 2/a görbe Hajnal L. adatait (Építőanyag 1963. 6. sz. 211. old.).

Az 1. görbe a tört anyag szemszerkezetét mutatja. Mint az ábrából leolvasható az 5 mm-nél kisebb részleg százalékaránya a töretlen (csak osztályozott) anyagnál átlagosan 17%, a törtkavicsnál csak 5%. (Ha figyelembe vesszük, hogy korszerű törőgépek több finomanyagot állítanak elő, kb. 8%.) A hegyeshalmi törtkavics tehát lényegesen inkább alkalmas javító anyagként való felhasználásra, mint a töretlen.

A jelenleg szállításra kerülő anyag 60 mm-es (sőt 80 mm-es) szemcséket is tartalmaz. A leválasztás azért történik ily módon, hogy ezáltal a tőba visszavezetendő durva részleg mennyisége csökkenjen. A Kavicsvállalat közlése szerint — értékesítés szempontjából — sokkal előnyösebb volna 30 mm-nél kisebb anyagot szállítani. Ez természetesen csak tört anyag szállítása esetén lehetséges, mert a 30 mm-nél kisebb anyagnak a kikotort anyagból való kiosztályozása esetén a tőba visszavezetendő 30 mm-nél nagyobb kavicsrészleg kb. a kitermelt kavicsanyag felét képviselné.

A 7. ábrán a jó beton készítéséhez megkívánt két határgörbét ábrázoltuk (30 mm max. szemnagyságnál) a teljes vonallal kihúzott görbe pedig a Pegson vagy Symons törővel megtört anyag szemszerkezetét mutatja, míg a pont-vonalkázott görbe a régebbi típusú pofástörő alkalmazásánál adódó görbét.



6. ábra. A töretlen és a tört hegyeshalmi kavics szem-szerkezetének összehasonlítása

Az 5 mm-nél kisebb részleg kívánt aránya kb. 35%, a tört anyag pedig 15% ilyen anyagot tartalmaz. A tört anyag tehát 30 mm-nél kisebbre törés esetén is kiválóan alkalmas javítóanyagként való felhasználásra.

Ha 30 mm max. szemnagyságú és a „Minőségi Előírásoknak” megfelelő anyagot kívánunk előállítani, mint a 7. ábra „b” jelű differenciálgörbéi mutatják, a tört kavics 13 mm-nél nagyobb részlegének egyrészét (kb. 2/3 rész) kell 13 mm-nél kisebbre továbbpíritani.

III. Szemcsealak

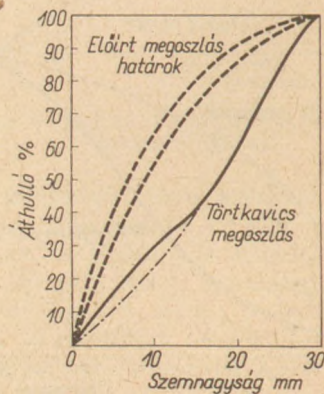
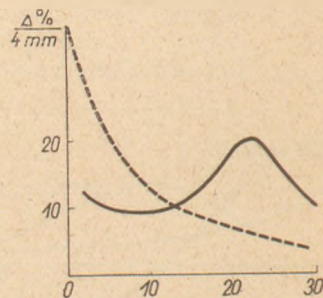
A szemcsealak meghatározására az MSZ 4713—55. sz. szabvány (A beton alapanyagainak vizsgálata) 3.234 pontja a következőket írja elő:

Ha v/s és $h/s \approx 1$ akkor a szemalak zömök
 Ha $v/s \leq 0,5$ akkor a szemalak lemezes
 Ha $h/s \approx 1,5$ akkor a szemalak hosszúkas
 Ha $v/s \leq 0,5$ és $h/s \geq 1,5$ akkor a szemalak lemezes és hosszúkas.

Az NZ anyagokra vonatkozó MSZ 1992-52 jelű szabvány 5.7 pontja szerint:

„A lemezes és hosszúkas szemek mennyisége az NZ 20/40 és NZ 12/20 jelű anyagok esetében a darabszám 8%-nál, az NZ 8/12 és 5/8 jelű anyagok esetében a darabszám 10%-ánál és az NZ 2/5 jelű anyag esetében a darabszám 15%-ánál több nem lehet.”

Az 1. táblázat első oszlopa a III. jelű pofástörőn megtört hegyeshalmi kavics szemcsealak szerinti összetételét mutatja, míg a harmadik oszlop ugyanazon törőgépen és ugyanazon beállítás mellett tört szobi kőzeté. (Törve 65—150 mm-es kő.) Látható, hogy a hegyeshalmi kavics szemcsealakja lényegesen jobb a szobi zúzaléknál.



7. ábra. A kívánt megoszlás és a tört kavics megoszlásának összehasonlítása 30 mm max. szemnagyságnál

1. táblázat
Szemesealak összehasonlítások

Megnevezés	Hegyes- halmi kavics pofástörőn %	Hegyes- halmi kavics Pegson- törőn %	Szobi zúzalék pofás- törőn %
5—10 mm			
Zömök	30	20	9
Lemezes	17	21	40
Hosszúkás	29	32	18
Lemezes és hosszúkás	24	27	33
10—20 mm			
Zömök	62	27	20
Lemezes	8	25	35
Hosszúkás	25	34	11
Lemezes és hosszúkás	5	14	33
20—40 mm			
(20—30 + 30—40)			
Zömök	63	45	45
Lemezes	11	32	20
Hosszúkás	23	16	28
Lemezes és hosszúkás	3	7	7

Az 1. táblázat középső oszlopa a zalahalápi kőbányaüzem Pegson-törőjén megtört hegyeshalmi kavics szemalaki adatait mutatja. Megállapítható, hogy a Pegson-törő (mint az eddigi tapasztalatok alapján várható volt) rosszabb alakú töretet szolgáltat, mint a pofástörő. A Pegson-törővel tört kavics alakja azonban még mindig jobb, mint a pofástörővel tört vulkanikus kőzetek alakja.

IV. Szilárdsági vizsgálatok

1. Nyomószilárdság

A hegyeshalmi kavicsból kiválasztottunk oly nagyméretű darabokat, melyekből $5 \times 5 \times 5$ cm méretű kockákat vághattunk ki és ezeket nyomással eltörtük. A 6. jelű, valamint a I. és II. jelű próbatestek granitkockák voltak, a többi próbatest kvareit. Az eredményeket a 2. táblázat mutatja.

2. táblázat
Hegyes-halmi kavics nyomószilárdsága

Jel	Nyomó- móerő kg	Nyomó- szilárdság		Meg- jegyzés	
		egyes kg/cm ²	átlag kg/cm ²		
1.	29 600	1096	1340	kvare	légszárazon mérve
2.	41 400	1533		kvare	
3.	43 550	1669		kvare	
4.	23 900	945	1827	kvare	vízzel telített
5.	28 300	1044		kvare	
6.	45 800	1755		granit	
I.	48 600	1827		granit	
II.	41 700	1562	1583	kvare	
III.	33 200	1302		kvare	
IV.	64 400	2467		kvare	
V.	49 200	1843		kvare	
VI.	49 800	1961		kvare	
Átlag			1583		

A hegyeshalmi kavics nyomószilárdságának a vulkanikus kőzetek nyomószilárdságával való összehasonlítására hivatkozunk azon korábbi közleményünkre, melyben az elmúlt évtizedben eszközölt és vulkanikus kőzetekre vonatkozó nyomószilárdsági mérések eredményeit ismertettük. (Lázár Jenő 1959. „Építőanyag” 6. szám 211—220. old.) Ezen mérések átlagait foglaljuk össze a 3. táblázatban, mely tehát sok mérés középértékét mutatja.

3. táblázat
Vulkanikus kőzetek nyomószilárdsága

Kőzet előfordulás	Megjegyzés	ÉTI	ÉaKKI	Ásvány- és Földtani Tanszék
		kg/cm ²		
<i>Tállya</i>	légszáraz víztelenített átlag	— —	2152 1980 2066	1611
<i>Zalahaláp</i>	légszáraz víztelenített átlag	1350 1210 1280	1777 2200 1988	1333 1075 1204
<i>Szob- malomvölgy</i>	légszáraz víztelenített átlag	1820 1430 1620	1101 1153 1127	1360 1080 1220
<i>Úzsa</i>	légszáraz víztelenített átlag	— —	1101 1090 1095	1122 —

A fenti táblázatban felsorolt négy jóminőségű vulkanikus kőzetelőfordulás méréseiből adódó nyomószilárdsági átlagérték (a 10 megadott átlagérték közeparányosa) 1468 kg/cm^2 .

A hegyeshalmi kavics nyomószilárdsága átlagosan 1584 kg/cm^2 .

A hegyeshalmi kavics nyomószilárdsága tehát egyenértékű a vulkanikus kőzetekével.

2. Az Útügyi Kutató Intézet vizsgálatai

Érdességi vizsgálatok

A vizsgálati eredmények azt mutatják, hogy az anyag felülete annál érdeesebb, minél nagyobb az aprítási fok.

Kopó- és ütőszilárdság

a) A Los-Angeles-i gépben végzett vizsgálatok szerint a kavics „gyenge” vagy „közepes” ütőszilárdsági értékeket mutat. A tört és töretlen kavics ütőszilárdsága nem mutat különbséget.

b) A Deval dobban végzett vizsgálatok szerint:

Deval tényező száraz vizsgálatnál 33 és 50
Deval tényező nedves vizsgálatnál ... 57 és 57

A vonatkozó szabvány szerint 20-as tényező felett a kopási ellenállóképesség „kiváló”-nak tekintendő. Figyelembe kell venni azonban, hogy a Deval kísérleteket $40/65 \text{ mm}$ méretű töretlen kavicsokkal végezték, mert ilyen méretű tört kavics nem állt rendelkezésre, ezek pedig a vízben görgetés közben már erősen lekoptak.

V. Betonszilárdsági vizsgálatok (Nyomó- és hajlítoszilárdság)

A betonszilárdsági vizsgálatok célja a hegyeshalmi tört kavicsból készült próbatestek (kockák és hasábok) nyomószilárdságát és hajlítoszilárdságát a vulkanikus kőzetek nemeszúzalékaiból készült próbatestek szilárdsági értékeivel összehasonlítani.

Az első kísérletsorozatnál tállyai andezit nemeszúzalékokból készült próbatesteket hasonlítottunk össze hegyeshalmi tört kavicsból készült próbatestekkel.

Az adalékanyag összetétele mindkét esetben a következő volt:

Szemnagyság, mm	Súly, kg
30—40	22,1
20—30	23,6
10—20	26,3
5—10	15,6
1—5	17,0
0—1	10,6

Zúzalék 115,6

500-as lábatlani cement 20,3 kg (kb. 350 kg/m³)
Víz (víz/cement tény. 0,4) . . . 8,1 kg
Vibrálási idő 50 másodperc

A nyert nyomószilárdsági adatokat a 4. és 5. táblázat tünteti fel.

4. táblázat
Hegyesalmi kavicsból készült betonkockák nyomószilárdsága

Hegyesalmi próbakockák			
Térfogatsúly kg/m ³		Nyomószilárdság kg/cm ²	
egyes	átlag	egyes	átlag
2438	2424	440	453
2451		453	
2414		457	
2414	2424	468	453
2414		461	
2414		460	

5. táblázat
Tállyai andezit nemeszúzalékból készült próbakockák nyomószilárdsága

Tállyai próbakockák			
Térfogatsúly kg/m ³		Nyomószilárdság kg/cm ²	
egyes	átlag	egyes	átlag
2480	2396	360	348
2317		280	
2319		325	
2438	2396	391	348
2402		303	
2463		429	

Összehasonlítás:

A hegyeshalmi tört kavicsból készült próbatestek átlagosan kb. 20%-kal magasabb nyomószilárdságot adtak, mint a tállyaiak.

A hajlítoszilárdságra vonatkozó eredményeket a 6. és 7. táblázat mutatja.

6. táblázat

Hegyesalmi törtkavicsból készült betonhasábok hajlítási szilárdsága

Hegyesalmi próbahasábok			
Térfogatsúly kg/m ³		Hajlítoszilárdság kg/cm ²	
egyes	átlag	egyes	átlag
2480	2469	62,4	58,3
2448		57,4	
2480		55,1	

7. táblázat

Tállyai nemeszúzalékból készült betonhasábok hajlítási szilárdsága

Tállyai próbahasábok			
Térfogatsúly kg/m ³		Hajlítoszilárdság kg/cm ²	
egyes	átlag	egyes	átlag
2459	2449	59,7	53,6
2432		53,2	
2457		54,8	

Összefoglalás

A hegyeshalmi tört kavicsból készült próbatestek átlagosan kb. 10%-kal magasabb hajlítoszilárdságot mutattak.

A második kísérletsorozatnál a hegyeshalmi tört kavicsból készült próbatestek nyomó- és hajlítoszilárdságát Szob-malomvölgyi andezit nemeszúzalékból készült próbatestekével hasonlítottuk össze.

Az adalékanyag összetétele ugyanolyan volt, mint az első kísérletsorozatnál, de ez alkalommal 600-as tatabányai cementet használtunk. A hegyeshalmi tört kavicsból készült próbatesteknél 0,4 víz/cement tényezővel és 1 perc és 12 másodperc vibrálási idővel dolgoztunk.

A szobi nemeszúzalék nehezebben volt bedolgozható, és 0,4 vízcementtényező, valamint 1 perc 12 másodperc vibrálási idő mellett még hólyagos szerkezetű próbatesteket kaptunk, melyek gyenge szilárdsági eredményeket adtak (átlagos nyomószilárdság 235 kg/cm²; átlagos hajlítoszilárdság 42,01 kg/cm²). Ezért a szobi anyagból újabb próbatesteket készítettünk és a kísérletsorozatot 0,45 vízcementtényezővel és 2 perc vibrálási idővel hajtottuk végre.

Hegyesalmi tört kavicsból és Szob-malomvölgyi andezit zúzalékból készült próbatestek nyomási, ill. hajlítási szilárdságának összehasonlítására a 8—11. táblázat szolgál.

8. táblázat

Hegyesalmi tört kavicsból készült betonkockák nyomószilárdsága

Hegyesalmi próbakockák			
Térfogatsúly kg/m ³		Nyomószilárdság kg/cm ²	
egyes	átlag	egyes	átlag
2438	2413	444	453
2412		478	
2426		457	
2438		439	
2412		438	
2426		468	

9. táblázat
Szob-malomvölgyi andezit nemeszúzalékból készült
betonkockák nyomószilárdsága

Szob-malomvölgyi próbakockák			
Térfogatsúly kg/m ³		Nyomószilárdság kg/cm ²	
egyes	átlag	egyes	átlag
2363	2334	374	368
2328		358	
2364		387	
2328		368	
2283		353	

10. táblázat
Hegyeshalmi tört kavicsból készült betonhasábok hajlítási szilárdsága

Hegyeshalmi próbahasábok			
Térfogatsúly kg/m ³		Hajlítószilárdság kg/cm ²	
egyes	átlag	egyes	átlag
2497	2479	52,55	59,02
2497		60,52	
2443		63,68	

11. táblázat
Szob-malomvölgyi nemeszúzalékból készült próbahasábok hajlítási szilárdsága

Szob-malomvölgyi próbahasábok			
Térfogatsúly kg/m ³		Hajlítószilárdság kg/cm ²	
egyes	átlag	egyes	átlag
2325	2322	43,7	46,6
2321		44,8	
2321		51,3	

Összefoglalás

A hegyeshalmi tört kavicsból készült próbatestek átlagosan 23% magasabb nyomószilárdságot és 27%-kal magasabb hajlítószilárdságot adtak, mint a Szob-malomvölgyi próbakockák.

VI. A hegyeshalmi kavics aszfaltokban való viselkedésének vizsgálata

Az idevonatkozó vizsgálatokat (a Böhme-féle koptatógépen eszközölt vizsgálatok kivételével) az Ütügyi Kutató Intézet végezte és a következő megállapításokat eszközölte:

1. Tapadásvizsgálatok hígított bitumennel (MSZ 19958 szerint):

A hígított bitumen viszkozitása 30 C°-on, 10 mm-es nyíláson 115 mp volt (HB-2).

A hegyeshalmi tört kvarckavics tapadóképeségének elbírálására az MSZ 19958 sz. szabvány szerinti vizsgálathoz dunai fehér kvarckavicsot, dorogi mészkövet és uzsai bazaltot alkalmaztunk, mindegyik közet 5/10-re tört szemnagyságú volt.

Eredmények (24 órás vízbentartás után a bevont felület %-ban):

Hegyeshalmi kvarckavics	15%
Dunai fehér kvarckavics	20%
Dorogi mészkő	35%
Uzsai bazalt	40%

Kiértékelés: A tapadásvizsgálati eredményekből kitűnik, hogy a kétféle kvarckavics közel egyenlő mértékben gyenge tapadóképeségű. Hideg vagy félmeleg (pl. hígított bitumenes) aszfaltozási eljárások esetén tapadásjavító szert kell használni.

2. Aszfalt-stabilitási vizsgálatok:

A Marshall próbatestekkel végzett próba-vizsgálatok eredményei szerint a próbatestek tömöríthetősége akkor a legnagyobb, ha vegyesen tartalmaznak tört és töretlen szemcséket.

Szakvélemény: Az elvégzett vizsgálatok, valamint a múlt év végén kiadott 08/1963 sz. UKI tanulmány második részében foglaltak alapján a következő megállapítások tehetők:

1. A hegyeshalmi kvarckavics jól felhasználható bitumenes kavics készítésére. E bitumenes kavics csak az útburkolatok alap- vagy kötőrétegébe használható fel, kopórétegbe nem.

Az UKI ezenkívül felhívja a figyelmet, hogy hazánk nyugati (észak-nyugati) része bővelkedik bitumenes kavics céljaira már jól bevált gödörkavics lelőhelyekkel (Zala, Vas, Győr megyék) amelyeknek szemnagysága törés nélkül is megfelelő aszfaltozási célokra. A bánya fejlesztésénél ezeket a szempontokat célszerű figyelembe venni.

Az Építőipari Minőségvizsgáló Intézet vizsgálata a Böhme-féle koptató géppel:

Mind a hegyeshalmi tört kavicsból, mind a Szob-malomvölgyi andezit nemeszúzalékból 7 cm élhosszúságú kockákat készítettünk, melyeket az ÉMI a Böhme-féle koptatógépen vizsgált meg. Azonos koptatási idő alatt nyert kopási értékeket a 12. és 13. táblázat tünteti fel.

12. táblázat
Szobi nemeszúzalékból készült aszfaltkockák kopása

Jel	Nemeszúzalék			
	Magasságsökkenés		Súlycsökkenés	
	mm		g	
	egyes	átlag	egyes	átlag
NZ 1	5,75	3,92	63,50	42,69
NZ 2	4,60		50,25	
NZ 3	3,05	2,30	34,00	33,00
NZ 4	2,30		33,00	

13. táblázat
Hegyeshalmi tört kavicsból készült aszfaltkockák kopása

Jel	Tört kavics			
	Magasságsökkenés		Súlycsökkenés	
	mm		g	
	egyes	átlag	egyes	átlag
TK 1	5,27	5,27	57	62,19
TK 2	3,95		48,25	
TK 3	7,25	4,60	80,00	63,00
TK 4	4,60		63,00	

A kavicsból készült kockák tehát nagyobb kopást mutattak, mint a nemeszúzalékból készültek.

VII. Javaslato

a) Fentiek alapján javasolható, hogy a hegyeshalmi kavicselőfordulás jobb értékesítése céljából VIII. sz. kétingás pofástörőből, 900 mm törőgomba átmérőjű Pegson vagy Symons után-törőből, kalapácsos törőből és a szükséges osztályozókból és tárolókból álló törő- és osztályozó berendezés létesítessék.

A berendezés létjogosultságát a tört kavics ásványi összetétele, szemcsealakja, törési szilárdsága és betonadalekanyagként való viselkedése indokolják. Különösen nyomós indokot jelent, hogy a hegyeshalmi tört kavics igen alkalmas javítóanyagként való felhasználásra, ami a fogyasztási igények erős emelkedését okozhatja.

A kavicsanyag szemszerkezet-javításának fontosságát szemlélteti, hogy pl. B. 140-es beton előállításához a 3. ábra szerinti „jó” adalekanyag-nak megfelelő szemszerkezet mellett 200 kg 500-as cementre van szükség, a „közepes” szemszerkezet mellett 240 kg-ra, a „még használható” összetétel mellett pedig 325 kg-ra. A szemszerkezet javításával tehát jelentékeny cementmegtakarítás érhető el.

A törő és osztályozó berendezés létesítését egyébként az a körülmény is indokolja, hogy jelenleg a kikutort kavics egy részét vissza kell eresztetni a tóba, mert túl durva és a szállított kavicsanyag még így is 60–80 mm-es darabokat tartalmaz, a kívánatos 30 mm maximális szem-nagyság helyett. A törőberendezés létesítése tehát a szállításra kerülő kavics minőségét is lényegesen javítja.

A visszaeresztett nagyméretű kavicsok a kavicselőfordulás egy részét — ahová a lerakás történik — elzárják a további termeléstől, ezenkívül a Kavicsbánya Vállalat közlése szerint a jelenleg kitermelésre előírt területen néhány év alatt a felsőbb rétegek kikotrása befejeződik és az alsó durva kavicsot szolgáltató rétegeket csak törés útján lehet értékesíteni.

Előtörőként VIII. jelű kétingás pofástörőt javasolunk felállítani, amely a jelenlegi évi kb. 400 000 tonna teljesítményig megfelel a szükséges előtörési munka elvégzésére, mint az alanti számítás mutatja:

Az üzem három műszakban dolgozik, ami napi 21 üzemórának felel meg. Az évi üzemi napok számát 200-nak vesszük fel, mert nemcsak az üzemzavarok és javítások miatti üzemállásokat kell tekintetbe venni, hanem azt is, hogy fagy esetén az üzem nem működhet. Az évi üzemórák száma tehát 4200 óra.

Az ez idő szerint rendelkezésre álló adatok alapján feltehető, hogy a kikutort mennyiségnek kb. 50%-a 30 mm-nél nagyobb, különösen ha a mélyebb rétegek is kotrásra kerülnek. 400 000 tonna évi teljesítmény mellett tehát kb. 200 000 tonna kerül, mint 30 mm-nél nagyobb méret, előtörésre.

Az előtörő kívánt óraterjesztménye ezért 200 000 tonna/4200 óra = 48 tonna/óra. Egy kétingás VIII. jelű törő teljesítménye — a gyártó cég műszaki leírása szerint — 30–40 m³/óra = 45–60 t/óra. Egy db VIII. jelű kétingás törő

tehát teljes kihasználás mellett elegendő a szükséges mennyiség megtörésére. Amennyiben a szükséglet meghaladná az évi 400 000 tonnát, második törősorozat felállítása szükséges.

Az előtört anyagnak kb. 40%-a 30 mm-nél kisebb (lásd 1. ábrán) tehát kb. 60% kerül utántörésre, ami 200 000 tonna $\times$ 60% = 120 000 tonna. Az üzemórára eső teljesítmény tehát kb. 30 tonna/óra.

Utántörőként célszerű lenne granulátorokat alkalmazni, mert azok jó szemcsealakú töretet állítanak elő. 30 mm-nél kisebbre azonban csak egész kis pofás granulátorokkal lehet törni, melyeknek óraterjesztménye csupán néhány tonna. Egy db 900 mm gombaátmérőjű Pegson vagy Symons törő azonban — gyártó cégek adatai szerint — 30 mm-nél kisebbre törés esetében is, biztonsággal eszközli ezen mennyiség törését.

Az előtörő elé vibrorosta építendő be, mely a kikutort kavicsanyag 30 mm-nél kisebb részét — melynek törése nem szükséges — leválasztja. Célszerű, ha beállítható lappal bíró surrantóval lehetővé tesszük, hogy ez az anyag a törő megkerülésével ugyanabba az osztályozó berendezésbe kerüljön, mint a tört anyag, vagy pedig, hogy oldalt elvezetessék és külön kerüljön szállításra.

Az első eset akkor célszerű, ha a kavicsot nem javítóanyagként használjuk. Ebben az esetben ugyanis a töretlen kavics sokkal több finom szemnagyságot tartalmazván mint a tört kavics, (lásd 6. ábrát) a keverék jobban megközelíti a kívánt szemszerkezetet.

Javítóanyagként viszont jobb — a kevés finomszemcsét tartalmazó — tört anyag keverés nélkül való felhasználása.

A kísérleti töréseknél nem mutatkozott a kavicsoknak kipattanása a pofák közül. Mégis javasoljuk, a törő beömlő-nyílása fölé visszahajtható fűdél vagy háló elhelyezését, mely a kavicsok esetleges kiugrását megakadályozza, míg a törő előlről való etetését nem akadályozza.

Lázár Jenő: A hegyeshalmi kavicselőfordulás vizsgálata.

Az EM Kő- és Kavicsipari Tröszt hegyeshalmi kavicsbányájában a kavicselőfordulás — a többi kavicsbányával és a folyami kavicsokkal ellentétben — sok nagyméretű kavicsot tartalmaz, melyet jelenleg visszaeresztenek a tóba. A szállított kavicsanyag azonban még így is 60–80 mm nagyságú szemcséket tartalmaz a kívánatos 30 mm max. szemnagyság helyett.

Szükséges ezért megvizsgálni, hogy a kavicselőfordulás tulajdonságai célszerűvé teszik-e törő és osztályozóberendezés létesítését. Megállapításaink a következők: A hegyeshalmi kavics nem agyagtartalmú, ásványi összetétele jó (80% kvarcit). A tört kavics igen kevés finom szemcsét tartalmaz és ezért kiválóan alkalmas más kavicsok szemszerkezetének javítására. A tört kavics szemcsealakja jobb, mint a vulkanikus nemeszúzalékoké, nyomószilárdsága egyenrangú a jó minőségű vulkanikus kőzetével. A hegyeshalmi tört kavicsból készült beton próbatestek kb. 20%-kal magasabb nyomási- és hajlítási szilárdságot mutattak, mint az andezit nemeszúzalékokból készült próbatestek. Aszfaltban — tapadásjavító szerek alkalmazása esetén — a kavics jól felhasználható alap- és kötőrétegben, a felső 2–3 cm-es kopóréteg azonban vulkanikus nemeszúzalékból készítenendő.

Mindezek alapján célszerűnek mutatkozik törő- és osztályozóberendezés létesítése, mert így a szállításra kerülő anyag minősége jobb lesz az eddig szállítotttnál, javító anyagként felhasználható, a nagyobb kavicsdarabok pedig értékesíthetők és nem kell őket a tóba visszaengedni.

Лазар Ене: ИССЛЕДОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГРАВИЯ В ХЕДЕШХАЛОМ.

Месторождение гравия в шахте Хедешхалом треста каменной и гравийной промышленности Министерства строительства — в отличие от гравия прочих шахт и речного гравия содержит большое количество крупного гравия, который в настоящее время идет в отход. Однако транспортируемый гравий, несмотря на это, всё же содержит зерна размером 60—80 мм, вместо требуемого максимального размера зерна 30 мм.

Необходимо было исследовать, исходя из свойств месторождения гравия, целесообразность создания дробильного и классифицирующего оборудования в шахте.

Было установлено: гравий месторождения Хедешхалом не содержит глинистых примесей и имеет хороший минералогический состав (80% кварцита). Дробленный кварцит содержит незначительное количество слишком тонких зерен и поэтому весьма пригоден для улучшения гранулометрического состава других видов гравия. Форма зерен дробленного гравия лучше, чем у вулканической обогащенной щебенки, а прочность при сжатии одинакова с прочностью вулканических пород хорошего качества. Бетонные образцы, приготовленные из дробленного гравия месторождения Хедешхалом, имеют прочность при сжатии и изгибе на 20% выше, чем образцы из андезитовой обогащенной щебенки.

В асфальте в случае применения реактивов, улучшающих сцепление — данный гравий может быть с успехом применен в основных и связывающих слоях, однако верхний изнашивающийся слой толщиной 2—3 см, должен готовиться из вулканической обогащенной щебенки.

На основе вышесказанного целесообразным является создание дробильного и классифицирующего оборудования, так как в связи с этим качество транспортируемого материала может быть улучшено и последний может быть использован как улучшающая добавка; применение найдет и крупный гравий, идущий в настоящее время в отвал.

Lázár Jenő: Untersuchung des Schottervorkommens in Hegyeshalom.

Die Schottergrube in Hegyeshalom liefert — im Gegensatz zu anderer Kiesgrubenmaterialien und Flussschotter — Kies welches in grösser Menge Grobschotter enthält, welches derzeit in den See zurückbefördert wird. Das gelieferte Schottermaterial enthält trotzdem noch Stücke von 60—80 mm, Grösse anstatt der gewünschten max. Korngrösse von 30 mm.

Er ist deshalb notwendig zu untersuchen, welche Eigenschaften das Kiesvorkommen besitzt, um über die Zweckmässigkeit der Errichtung einer Brech- und Sortieranlage entscheiden zu können.

Wir haben folgendes festgestellt:

Das Schottervorkommen von Hegyeshalom enthält keine Tonverunreinigungen, ihre petrografische Zusammensetzung ist gut (80% Quarzit) das durch Brechmaschinen gebrochene Schotter enthält nur einen geringen Prozentsatz von feinkörnigem Material, eignet sich deshalb sehr gut als Aufbesserungsmaterial für die übrigen Schottervorkommen. Die Form der Körner (plattig oder kubisch) ist besser, als die des Edelsplittes aus vulkanischen Gesteinen und die ihre Bruchfestigkeit entspricht der Bruchfestigkeit der vulkanischen Gesteine. Die aus gebrochen Schotter aus Hegyeshalom hergestellten Betonformstücke hatten caa um 20% höhere Druck- und Biegefestigkeit als die aus Andesit Edelsplitt hergestellten. Bei Anwendung von Mittel zur Verbesserung des Anhaftens ist der gebrochene Schotter für die untere und die Binde-lage von Asphaltdecken gut verwendbar, die oberen 2—3 cm der Decke sind aber aus Edelsplitt zu verfertigen.

Auf Grund obiger Feststellungen ist der Bau einer Brech- und Sortieranlage zu empfehlen, weil in dieser Weise die Qualität des gelieferten Materiales wesentlich verbessert wird, das gebrochene Schotter als Aufbesserungsmaterial verwendbar ist, und die grossen Stücke nützlich verwertet und nicht in den See zurückgeführt werden müssen.

Lázár Jenő: The Investigation of the Hegyeshalom Gravel Occurrence.

The Hegyeshalom gravel deposit contains a high amount of very coarse fraction as compared to other quarried and river gravel sorts. Though coarsest pebbles are rejected, the gravel has particles up to 60—80 mm diameter in its delivered form. In order to utilize the coarse fraction a crusher and classifier plant could be put in action, if the properties of the gravel allow an economical operation. Investigations were made to clarify the quality properties of Hegyeshalom gravel. The material is clay-free, has excellent mineralogical composition (quartzite about 80%). Crushed gravel contains only low amount of fines and is therefore suitable to correct the granulometric distribution of other gravel sorts. Particle form is better, compressive strength equal to crushed eruptive rocks. Concrete specimens prepared of crushed Hegyeshalom gravel have compressive and bending strengths about 20% higher than those prepared of high quality andesite rubble. It can be used even in asphalt roads as base and intermediate layer (with some adhesive admixture), but the top layer of 2—3 cm width should be made from eruptive rubble. Examinations proved that a crusher-classifier unit can be operated economically: the delivered gravel will have better quality and coarse fraction can be utilized as granulometry corrector.

(Kivonat a 137. oldalról)

Krumbiegel, P.: Isotope Exchange Experiments with the Hydrogen and Oxygen Content of Hardened cement.

A new method has been worked out which enables the determination of the still reactive oxygen and hydrogen content of hardened cement and thus the relative degree of hydration. The new method is based upon the isotope exchange between the H and O atoms bound in the hardened cement and the exchange water, which has been previously labelled with stable isotopes

(D₂O and H₂¹⁸O). Isotope exchange can be done in a simple vacuum apparatus. The author investigated the degree of hydration of an iron Portland cement, manufactured in the G. D. R. Well-reproducible results showed, that the isotope exchange of the hydrogen and oxygen content of set cement reaches equilibrium in 24 and 8 hours, respectively. 45 per cent of oxygen atoms of the set cement is still reactive after 3 1/2 months' hydration. 66 per cent of these atoms belong to the OH-groups.

Kivirágzó sók a téglaiiparban

K U D E L K A D É N E S N É

A sókivirágzás a téglaiiparnak állandóan napirenden tartott problémája, amivel igen sok tanulmány foglalkozik. Az utóbbi időben megjelent cikkek megvilágították az oldható sók keletkezésének a mechanizmusát. Ezeknek a folyamatoknak a megismerése alapján válik esetleg lehetővé, hogy a gyakorlatban eredményesen tudjuk leküzdeni a téglagyártmányoknak ezt a hibáját.

Ebben a tanulmányban elsősorban ismertetjük az oldható sók minőségét, meghatározási módjukat, keletkezésüket, mennyiségüket és megengedett határértékeiket, irodalmi adatok alapján.

Tanulmányunk második részében a hazai téglagyagok oldható sótartalmával foglalkozunk, különös tekintettel a bekevert tüzelőanyagokra.

I.

Kivirágzó sók minősége

A legfontosabb kivirágzó sók a kálium, nátrium, kalcium és magnézium szulfátaiból állanak. Jellemző ezekre a szulfátokra, hogy vízben oldhatók és telített vizes oldatukból víztartalmú kristály-hidrátok és kristályvizet nem tartalmazó anhidridek formájában válnak ki (kivételt csak a kálium-szulfát képez, ennek nincsen kristály-hidrátja), emellett elegykristályokat is képezhetnek. Az elmondottak következtében a felsorolt négy szulfát tizenkét alakban jelentkezhet a kivirágzó sókban (1)

A kivirágzó sók — az esztétikai kedvezőtlen hatásuktól eltekintve — azért károsak, mert térfogatnövekedés közben kristályosodnak ki és így az építőanyag szétroncsolódását és mállását idézhetik elő. Roncsoló hatásuk még veszélyesebbé válik, ha többféle kristályos módosulatban és kristályhidrátban fordulnak elő.

A legerősebb kivirágzást és a legnagyobb roncsoló hatást a nátrium- és magnéziumszulfát idézik elő. Ezeknek nagy az oldékonyságuk, több metastabilis anhidridjük és kristályhidrátjuk van. Ha egyidejűleg vannak jelen, a módosulatok száma még fokozódik.

A káliumszulfát jól oldható, önmagában kivirágzás szempontjából elég ártalmatlan, mert ki-kristályosodása kis térfogatváltozással jár, hidrátjai nincsenek. Igen káros azonban, ha a nátrium- és magnéziumszulfáttal egyidejűleg jelentkezik, mert ezekkel nagy víztartalmú elegykristályokat képez.

Leggyakoribb kivirágzó szulfát a gipsz, melynek közönséges hőmérsékleten a dihidrát a stabilis módosulata. A gipsz káros hatása kétféle formában jelentkezhet, előfordulhat az égetés alatt jelentkező szürkéssárga lepedék alakjában, vagy az égetés után, mint kivirágzás. Roncsoló hatása kicsi.

A szulfátokból álló kivirágzások mellett igen gyakori a falazatok kalciumkarbonátból álló kivirágzása. A mészhabarcsból, vagy a sok mészhidroxidot tartalmazó cementhabarcsból, ill. a téglale nem kötött mésztartalmából származik, oly módon, hogy a kalciumhidroxid a levegő széndioxidjának hatására kalciumkarbonáttá alakul. Főleg esztétikai szempontból káros.

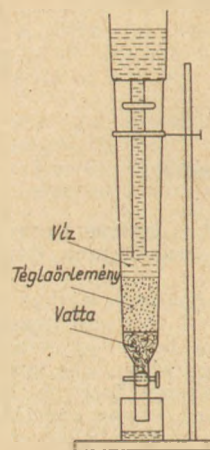
A téglagyártmányokon szórványosan észlelhető zöldes színű kivirágzás vanádium sókból áll.

Az oldható sók meghatározása

A Tonindustrie Laboratorium szerint az oldható sók meghatározására 190 g, 0,5 mm-nél finomabbra tört agyagot kell bemérni. Az agyaghoz 700—800 ml deszt. vizet adnak, többszöri összerázás után 6 órán keresztül vízfürdőn hevítik. Lehűlés után 1000 ml-re töltik fel, ülepedni hagyják és a folyadék tisztájából vesznek ki aliquot mennyiséget, a szulfát és a kationok meghatározására.

Az angol szabványos módszer, melyet a Building Research Station dolgozott ki, aránylag több vizet használ a kioldásra. E szerint 5 g téglaporhoz 500 ml vizet kell használni. Elegendő víz használatával elérték, hogy az építőanyagokban maximális mennyiségben előforduló sók is teljes egészükben kioldódjanak, de egyúttal a kisebb mennyiségben előforduló alkatrészek meghatározása, bizonyos mértékig, bizonytalanná vált.

Az oldható sók perkolátor segítségével is kivonhatók. A perkolátorok alul csappal ellátott, lefelé szűkülő üvegcsövek. Közvetlen a csap felett 2 cm-es vattaréteget helyezünk el, erre rétegezzük rá az 50 g 0,2 mm-nél finomabbra tört, lehetőleg üzemi hőmérsékleten égetett téglaport. A kilúgozást desztillált vízzel, szobahőmérsékleten véghezvük. A perkolátor tetejére szájával lefelé fordított üveget helyezünk, melynek dugóján keresztül üvegcsövet vezetünk. Az üvegcső a víztükör színén végződik és azt mindig ugyanabban a magasságban tartja. A víz átfutási sebessége

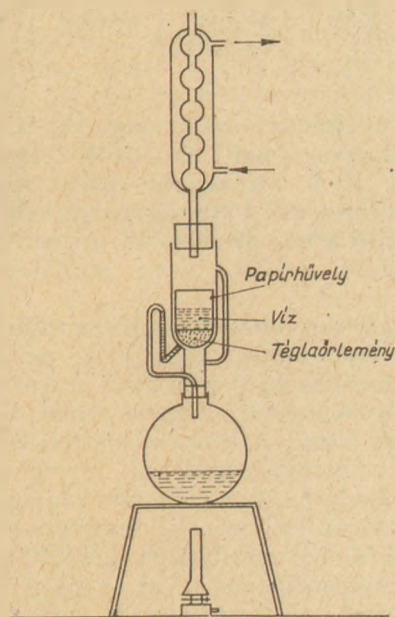


1. ábra. Oldható sók kioldása perkolátorral

* A Petrik Lajos pályázatra beérkezett munka. Készült a Téglale- és Cserépipari Központi Laboratóriumban, Juhász Zoltánné közreműködésével.

2—4 csepp percenként. A kilúgozás akkor fejeződik be, ha SO_4 ionok már nem mutathatók ki.

Az oldható sók kilúgozása Soxhlet készülékkel úgy hajtható végre, hogy a fejlődő vízgőz a golyós hűtőben kondenzál és rácsepeg a papírhüvelyben elhelyezett, előégetett és aprított agyagra, amelyből kioldja a sókat. Ha már bizonyos vízmennyiség összegyűlt, túlfolyón keresztül visszafolyik a lombikba. Így a papírhüvelyben lévő agyaghoz állandóan sómentes víz jut, a lombikban pedig a sóoldat feldúsul.



2. ábra. Oldható sók kioldása Soxhlet készülékkel

A különböző módszerekkel kapott eredményeket összehasonlítva meglepő, hogy a nyers agyagból kevesebb só oldódik ki, mint az égetettből. A hideg perkolátoros eljárás nagyobb értékeket szolgáltat, mint a melegen végzett Soxhlet módszer. Az összehasonlító vizsgálatokat ezért mindig azonos módszerrel kell végezni és az irodalomban található adatok és határértékek felhasználásánál is figyelemmel kell lenni arra, hogy azokat milyen módszerrel állapították meg. (3)

Az oldható sók mennyisége, megengedett határértéke, a kivirágzás direkt vizsgálata

Mennyi lehet az oldható sók mennyisége a téglában. Butterworth (4) kiszámította, hogy 1 m^2 nagyságú falrésznek, $22,5 \text{ cm}$ falvastagság mellett, $47\text{--}50 \text{ kg}$ a súlya. Ha tehát a fal csak $0,01\%$ oldható sót tartalmaz a téglá súlyára vonatkoztatva, az már bőven elég arra, hogy az 1 m^2 nagyságú falfelületet elcsúfítsa.

Ha az oldható sók mennyisége több, mint 3% , az már igen soknak számít. Butterworth 1950-ig végzett vizsgálatai folyamán egy esetben talált 11% -ot. Csehszlovákiában egy esetben 18% oldható sót találtak. (5)

Mint már az előzőekben ismertettük, a téglákban lévő oldható sók főleg kalcium-, magnézium-,

nátrium- és káliumszulfátból állanak. Ha az oldható sók mennyisége a $0,4\%$ -ot meghaladja, akkor biztos, hogy a káliumszulfát túlsúlyban van. A Mg^{++} , K^+ és Na^+ ionok mennyisége ritkán haladja meg a téglá súlyának $0,1\%$ -át, leggyakrabban a $0,05\%$ -ot sem éri el.

H. Mäckler elsőnek foglalkozott annak a megállapításával, mennyi az oldható sóknak az a megengedhető mennyisége, ami mellett még biztosan nem jelentkezik kivirágzás. Gyakorlatilag ez nem sikerült, mert előfordult, hogy igen kis sótartalmú téglá kivirágzott, több oldható sót tartalmazó téglá pedig kivirágzástól mentes maradt. Mäckler ezt helyesen annak tulajdonította, hogy a kivirágzó sók zömét képviselő kalciumszulfát oldékonysága kicsi és csak más sók jelenlétében (pl. nátrumszulfátban) növekszik meg az oldékonysága annyira, hogy kivirágzást okoz. Ha a jobban oldódó szulfátok mennyiségét vesszük figyelembe, számításra kívül hagyva a kalciumszulfátot, akkor sem lehet pontos határt megállapítani. Okozhat $0,01\%$ alkáliszulfát is kivirágzást, $0,03\%$ pedig nem.

Butterworth szerint, figyelmen kívül hagyva az átmeneti, felületi kivirágzásokat, a veszélyes és romboló hatású magnézium sók megengedhető mennyisége Mg^{++} -ben kifejezve $0,05\%$. Ez majdnem azonos a Cammermann által megadott $0,03\%$ határértékkel és a Vieser által talált $0,033\%$ -kal.

Lipinsky szerint a nátrium és magnéziumsók összege $0,04\%$ lehet. Brownell szerint jól oldódó sókból $0,2\%$, nehezen oldódókból $0,7\%$ a megengedett koncentráció.

Itt jegyezzük meg, hogy a téglagyártmányok laboratóriumi vizsgálati adatainak összehasonlításánál igen óvatosan kell eljárni.

B. Butterworth táblázatban állította össze két-két, azonos telepről származó téglá vizsgálati adatait. (1. táblázat.)

A tapasztalt ellentmondásban nem az analízis a hibás, hanem az összetétel változik tégláról-téglára. Hogy két téglagyártmány, mely nem nagyon különbözik egymástól, összehasonlítható legyen, ahhoz szabályos időközökben végzett vizsgálatok egész sorozatát kell áttekinteni, mert csak így lehet a rendszeres változásról fogalmat alkotni.

Az oldható sótartalom és kivirágzási hajlam között azért is nehéz az összefüggést megállapítani, mert a kivirágzásnál a téglá vízfelvevőképessége, porozitása és pórusrendszerének befolyása is érvényesül. Ezért került sor a kivirágzás direkt módszereinek a kidolgozására.

A német eljárásnál (Tränkversuch) a téglá fejből 3 cm -es darabot hasítanak le és ezt úgy állítják desztillált vízbe, hogy a víz a tégladarab egyharmadáig érjen. A víz hőmérsékletét 15 órán keresztül 80 fokon kell tartani, gondoskodva az elpárolgott víz pótlásáról. 15 óra eltelte után a próbatesteket 110 fokon megszáritják és megfigyelik, hogy milyen mértékű kivirágzás észlelhető a téglának azon részén, melyen a szabad párolgás biztosítva volt. (2)

Amerikában kidolgozott módszer szerint (Efflorwick) tisztított, vörösreégett agyagból 5 cm

1. táblázat

Oldható sók analitikai és kivirágzási vizsgálatának eredményei

Tégla fajta	Fletton		London Stock		Szénbánya meddő		Keuper Marl	
	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.
Össz. oldh. só, %	3,70	2,39	0,20	0,77	0,96	0,25	0,86	5,70
Összetétel:								
Ca... ..	0,97	0,62	0,06	0,18	0,06	0,02	0,21	1,40
Mg... ..	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,03	0,04
Na... ..	0,02	0,06	0,01	0,02	0,01	0,01	0,04	0,08
K... ..	0,02	0,02	0,01	0,05	0,03	0,03	0,05	0,17
SO ₄	2,13	1,42	0,11	0,42	0,29	0,02	0,49	3,38
Kivirágzási hajlam ..	Semmi	Gyenge	Semmi	Gyenge	Erős	Nagyon gyenge	Gyenge	Változó

átmérőjű, 10 cm magas hengereket készítenek. A hengereket olyan hőmérsékletre égetik ki, melyen pórrendszerük kialakul és a gyors kapilláris áramlást lehetővé teszi. A vizsgálat alkalmával a hengert üvegpohárba helyezik és a vizsgált anyagból 50 g finom téglaport adnak hozzá 5–10 g-os adagokban, mindig 5 ml desztillált vízzel. Mindig akkor adagolnak újabb téglaport és vizet, ha a víz már elpárolgott. A vizsgálat 12 napig tart. (5)

W. E. Brownell kísérleteinél a próbatestek kivirágzási vizsgálatát úgy végezte, hogy azokat 50 ml desztillált vizet tartalmazó üvegpohárba állította. A próbatesteket nyílással ellátott gumi-lemez tartotta, mely pontosan ráül a pohárba. Az egész vízmennyiség elpárolgása után feljegyezték a kivirágzás mértékét és Röntgen diffrakcióval meghatározták az oldható sók minőségét. (6)

Az oldható sók keletkezése

Az oldható sók keletkezésével számos tanulmány foglalkozik. Általában az oldható sók három forrásból származhatnak.

1. Jelen lehetnek a nyersanyagban, pl. a tengeri eredetű agyagok szulfátjai.

2. Keletkezhetnek az égetésnél az agyagban lévő piritből.

3. Származhatnak a tégláégetéshez használt szén kéntartalmából.

W. E. Brownell (6, 7, 8) ezeket, a már régen elfogadott megállapításokat vizsgálat tárgyává tette, amihez rendszeres és terjedelmes kísérleti munkára volt szüksége. Szerinte az az állítás, hogy az agyagban lévő oldható sók változatlanul megmaradnak az égetés alatt és az égetés után a késztermékben víz hatására, kivirágzás alakjában jelentkeznek, nem egészen helytálló. Az irodalomban számos bizonyítékot találni arra vonatkozólag, hogy a szulfátok az égetés alatt a kovással reagálnak és SO₂ szabadul fel.

Első kísérletsorozatában Brownell minimális kénvegyületeket tartalmazó, vörösreégő agyagpalából, különböző mennyiségű és szemcsefinom-ságú szulfát adagolásával próbatesteket készített. A próbatesteket különböző hőmérsékleteken kiégette és meghatározta a kiégetett testek kivirágzását. Azt a meglepő ténytet tapasztalta, hogy 1000 C° körüli hőmérsékleten kiégetve, a próbatestek általában csak kismértékű kivirágzást mu-

tattak. Az eredményt azzal magyarázta, hogy a szulfátok az agyagokkal 1000–1050 C°-on reagáltak és így azok legnagyobb része elbomlott. A tapasztalt kismértékű kivirágzás úgy keletkezett, hogy a távozó kénés gázokat az agyag visszatartotta stabilabb szulfát, vagy szulfátsoportok alakjában.

Másik kísérletsorozatában Brownellnek azt is sikerült bebizonyítania, hogyha az agyag kén-dioxidtartalmú gázokkal érintkezik az égetés alatt, akkor a körülményektől függően, több-kevesebb szulfátot tart vissza. A kénés gázok forrása különböző lehet, származhatnak az agyagban lévő piritből, az égetéshez használt szén kénvegyületeiből — sőt az egyik kísérletnél — sűrített kéndioxidból, amit tartályból engedtek az égetőtérbe.

A kivirágzási hajlam nő az agyag pirittartalmával. Azonos pirittartalom és agyagminőség mellett csökken a magasabb égetési hőmérséklettel, a hosszabb égetési időtartammal és az égetés alatti jó levegőcirkulációval.

Brownell tovább kutatta a szulfátok keletkezésének a mechanizmusát. Megállapította, hogy a tiszta kaolin SO₂-vel kevert levegőben abszorpció útján SO₃-t tart vissza, ami vízzel kénsavvá alakul, megtámadja a szilikátokat és kivirágzást okoz.

SO₂ tartalmú atmoszférában égetett alkáli- és alkáliföldfém karbonát tartalmú agyagok szulfátvisszatartása nagyobb, mint a tiszta agyagé, mert a keletkezett szulfátok nehezen reagálnak a szilikátokkal.

A megvizsgált szulfátok közül a CaSO₄ a legállandóbb az agyagtestben, ez annak következménye, hogy a CaSO₄ és a szilikátok reakciójához kell a legmagasabb hőmérséklet.

11.

A magyarországi téglá és cserépagyagok és gyártmányok oldható sótartalmára vonatkozó adatokkal nem rendelkezünk. Már régebbi törekvésünk, hogy a magyarországi téglagyárakat ilyen szempontból megvizsgáljuk és feltérképezzük azokat a gyárakat, ahol előfordul a gyártmányok kivirágzása.

A kísérletnél a különböző téglagyárakból származó téglák 3 cm-es lehasított darabjain elvégeztük az előzőekben ismertetett „Trükkversuch” vizsgálatot. Azoknak a tégláknak, melyek ennél a vizsgálatnál hajlamot mutattak a kivirágzásra,

meghatároztuk az oldható sótartalmát, 3 g 0,2 mm-re porított anyagból Soxhlet készüléken. A kivonat szulfáttartalmát titrimetrikusan állapítottuk meg, F. Scholl módszerével oly módon, hogy a kivonatot ionkicserélő műgyanta oszlopon engedjük keresztül, ahol a kationok H ionnal cserélődnek ki, és a keletkezett kénsav n/10 nátronlúggal titrálható. (9)

A kísérletsorozat eredménye a gyakorlati tapasztalatokkal nem egyezett meg. Azokon a telepeken, ahol a kivirágzás többszöri reklamáció tárgyát képezte, a kivirágzási próba eredménytelen maradt és éppen olyan telepeken mutatkozott, ahol ilyen irányú kifogás sohasem merült fel. Például éppen a kivirágzás miatt sokszor reklamált rákosi agyagból készült téglák (Kerámia Tgy, Kőbányai Tgy.) alig mutattak kivirágzást.

Néhány kivirágzást mutató téglá oldható só-tartalmára az alábbi értékeket kaptuk:*

2. táblázat

Téglagyár megjelölésése	SO ₃	CaO	MgO
Pécsi Téglagyár	1,27	1,20	0,09
Pécsi Téglagyár	0,87	1,06	
Pécsi Téglagyár	0,31	1,00	
Győr	0,33	0,38	0,14
Törökbálint	2,30	1,70	0,14
Beled	0,49	0,37	
Százhalombatta	1,32	1,00	
Nyergesújfalu	0,66		
Órszentmiklós	1,32		

A sikertelen kísérlet után a munka abba maradt.

A pályázati felhívásra nagyszámú téglán végeztünk kivirágzási vizsgálatot a Kerámia Téglagyárban. A vizsgálatokkal kapcsolatban azt tapasztaltuk, hogy a téglák, melyeken a „Tränkversuchnál” egyáltalában nem, vagy csak kismértékben volt kivirágzás észlelhető, hideg desztillált vízbe áztatva, erős kivirágzást mutattak azon a felületen, melyen a szabad párolgás biztosítva volt. Ezzel az egyszerű módszerrel tehát — ha elég nagyszámú próbadarabot vizsgálunk — biztosan meg tudjuk állapítani a kivirágzási hajlamot.

A módszer felhasználásával laboratóriumi kísérletsorozatot végeztünk. Kiválasztottunk négy agyagot, melyek mindegyike egy-egy jellegzetes agyagtípust képvisel. Ezek a következők:

Kerámia Téglagyár agyaga (meszes, homokos, közepes képlékenységgű)

Zalaegerszegi Téglagyár agyaga (mészszegény, homokos, közepes képlékenységgű)

Ujlaki Téglagyár agyaga (meszes, képlékeny)

Tiszaberceli Téglagyár agyaga (mészszegény, nagyképlékenységgű)

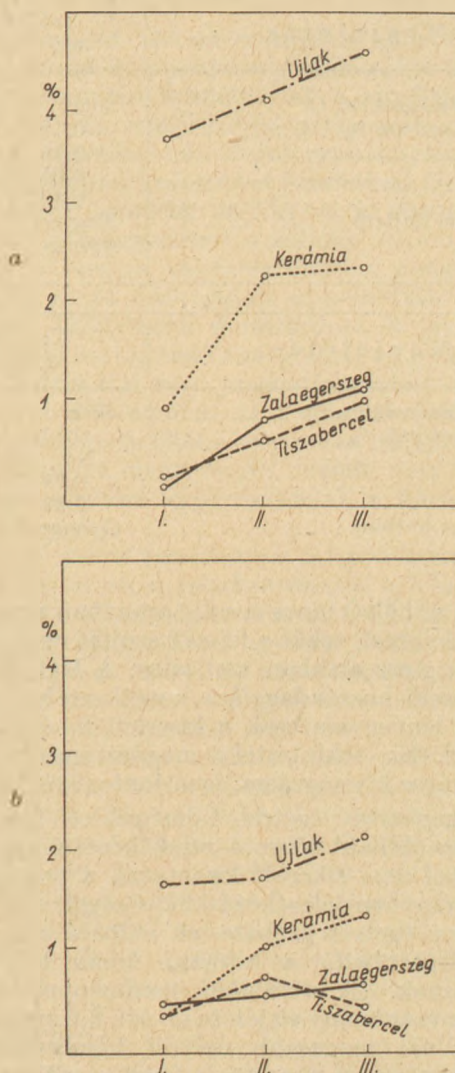
Az agyagokból próbatesteket készítettünk tisztán, valamint 10% mozdonypernye és 10% lignit adagolásával. A próbatesteket elektromos kemencében égettük, külön a tiszta agyagból

készülteket, külön a lignites és külön a mozdonypernyés próbatesteket. Az égetési hőmérséklet 950 és 1000 C° volt. A 4—4 kiégetett lapból 3—3 darabot a kivirágzási próbához használtunk fel, 1—1 darabból pedig meghatároztuk az oldható sókat.

Az oldható sókat először Soxhlet készülékkel vontuk ki a téglaporból, de majdnem azonos eredményt kaptunk, ha 5 g 0,2 mm-re tört téglaport 500 ml hideg desztillált vízzel lúgoztunk ki, ezért ezt az egyszerűbb eljárást alkalmaztuk. A folyadék tisztájából 100 ml-t ioncserével végzett szulfátmeghatározásra, 100 ml-t pedig kalcium és magnézium meghatározásra használtunk fel, 100 ml-ből pedig meghatároztuk az oldható sók összegét.

Eredményeinket a 3. táblázatban adjuk meg.

A vizsgálati eredményekből látható, hogy a tüzelőanyag hozzákeverésének a következtében az agyagok oldható sótartalmának az összege megnövekedett, ugyancsak megnövekedett az SO₃ tartalma is. Mind az összes só, mind az SO₃ megnövekedése általában nagyobb pernyével, mint lignittel, a 3. ábra szerint.



3. ábra. A 950 C°-on égetett próbatestek

a) összes oldható sótartalma, b) SO₃-tartalma. I. tisztán, II. 10% lignittel, III. 10% pernyével

* A módszer bevezetését és az ezzel kapcsolatos méréseket Csáki Ida végezte.

3. táblázat

Megjelölés	Újlaki agyag tisztán		Újlaki agyag + 10% lignit		Újlaki agyag + 10% pernye	
Égetési hőmérséklet, C°	950	1000	950	1000	950	1000
Össz. oldható só, %	3,68	2,81	4,10	3,74	4,58	4,81
CaO, %	1,52	1,25	1,59	1,53	1,77	1,82
MgO, %	0,08	0,06	0,07	0,02	0,01	0,04
SO ₃ , %	1,60	1,32	1,70	2,08	2,06	2,15
Kivirágzási hajlam	Nagyon gyenge	Semmi	Semmi	Nagyon gyenge	Semmi	Gyenge

Megjelölés	Kerámiai agyag tisztán		Kerámiai agyag + 10% lignit		Kerámiai agyag + 10% pernye	
Égetési hőmérséklet, C°	950	1000	950	1000	950	1000
Össz. oldható só, %	0,98	0,78	2,35	2,11	2,45	2,51
CaO, %	0,49	0,30	0,93	0,66	0,63	0,59
MgO, %	0,09	0,05	0,04	0,04	0,05	0,03
SO ₃ , %	0,30	0,38	1,00	0,98	1,34	1,07
Kivirágzási hajlam	Gyenge	Gyenge	Erős kérges	Erős kivirágzás	Nagyon erős kérges	Nagyon erős kivirágzás

Megjelölés	Zalaegerszegi agyag tisztán		Zalaegerszegi agyag + 10% lignit		Zalaegerszegi agyag + 10% pernye	
Égetési hőmérséklet, C°	950	1000	950	1000	950	1000
Össz. oldható só, %	0,18	0,28	0,91	0,83	1,22	1,28
CaO, %	0,16	0,10	0,36	0,28	0,44	0,43
MgO, %	0,05	0,03	0,05	0,03	0,04	0,03
SO ₃ , %	0,40	0,22	0,51	0,58	0,58	0,71
Kivirágzási hajlam	Nagyon gyenge	Semmi	Nagyon gyenge	Nagyon gyenge	Erős	Erős

Megjelölés	Tiszaberceli agyag tisztán		Tiszaberceli agyag + 10% lignit		Tiszaberceli agyag + 10% pernye	
Égetési hőmérséklet, C°	950	1000	950	1000	950	1000
Össz. oldható só, %	0,30	0,39	0,65	0,81	1,10	1,38
CaO, %	Ny	0,06	0,27	0,28	0,31	0,38
MgO, %	0,08	0,05	0,06	0,07	0,07	0,04
SO ₃ , %	0,26	—	0,66	0,76	0,38	0,91
Kivirágzási hajlam	Gyenge	Semmi	Gyenge	Gyenge	Erős	Erős

A felvett CaO nincs mindig arányban a felvett SO₃ tartalommal, tehát a felvett szulfát nem teljes egészében gipsz alakban van jelen. A MgO tartalom a tüzelő hozzáadagolása következtében nem változott lényegesen csak a kísérleti hibák hatására belül. Ez, tekintettel a magnéziumsók által okozott káros kivirágzásra, igen fontos körülmény.

A magasabb égetési hőmérséklet kedvező hatását az oldható sókra a rendelkezésünkre álló eszközökkel nem sikerült kimutatni, a pozitív és negatív irányban jelentkező különbségek a 950 és 1000°-on égetett próbatestek oldható sótartalmában, legtöbbször a kísérleti hibák hatására belül vannak. (A vizsgálati eredmények nagy szórásra a tanulmány elején felhívtuk a figyelmet).

1000°-nál magasabb égetési hőmérsékleten vizsgálatokat nem végeztünk, mert ennél magasabb égetési hőmérsékletet az iparban nem alkalmaznak.

A kísérletet megismételtük újabb négy agyaggal, melyek szintén különböző agyagtípusokat képviselnek.

Kőbányai Téglagyár keramit agyaga (meszes, közepes képlékenységgű)

Mátradereskei Téglagyár agyaga (meszes, képlékeny)

Sárospataki Téglagyár agyaga (mészszegény, nagyképlékenységgű)

Csornai Téglagyár agyaga (mészszegény, nagyképlékenységgű)

A kísérletek eredménye szerint, a bekevert tüzelő hatására az oldható só a legnagyobb mértékben a meszes keramitagyagban növekedett meg, mert ebben fokozódott a legjobban a kivirágzás. Kivirágzott a pernyével kevert mátradereskei agyag, és a pernyével, valamint lignittel kevert csornai agyag is, a 4. táblázat szerint.

4. táblázat

Megjelölés	Kivirágzás	
	a 950°-on égetett	az 1000°-on égetett
	próbatetekken	
Kőbányai keramitagyag tisztán	Nincs	Gyenge
Kőbányai keramitagyag 10% lignittel	Gyenge	Erős
Kőbányai keramitagyag 10% pernyével	Nagyon erős	Erős
Mátradereskei agyag tisztán	Gyenge	Nincs
Mátradereskei agyag 10% lignittel	Gyenge	Nincs
Mátradereskei agyag 10% pernyével	Erős	Gyenge
Sárospataki agyag tisztán	Nincs	Nincs
Sárospataki agyag 10% lignittel	Gyenge	Gyenge
Sárospataki agyag 10% pernyével	Gyenge	Nincs
Csornai agyag tisztán	Nincs	Nincs
Csornai agyag 10% lignittel	Gyenge	Gyenge
Csornai agyag 10% pernyével ...	Gyenge	Gyenge

Az elvégzett kísérletek segítségével néhány adatot állapítottunk meg a magyarországi téglák és cserépagyagok oldható sótartalmára és kivirágzási hajlamára vonatkozólag. Egyúttal megvizsgáltuk, hogy ezeket az anyagtulajdonságokat hogyan befolyásolja a téglamasszába kevert tüzelőanyag. Behizonyosodott, hogy az erősen márgás agyagok vesznek fel a tüzelőből szulfátokat a legnagyobb mértékben, de a mészszegény vörösreégő agyagok némelyikének is erősen megnövekedett az oldható sótartalma a bekevert tüzelőanyag hatására. Általában a mozdonypernye a kivirágzás szempontjából károsabb hatást gyakorolt, mint a lignit, annak ellenére, hogy a felhasznált pernye kéntartalma S-ben kifejezve 2,5%, a lignitporé 3,2%- volt. Az égetési hőmérséklet felemelése 950°-ról 1000°-ra nem csökkentette a kivirágzási hajlamot.

Az irodalmi adatok szerint a kivirágzás csökkentésére csak nagyon kevés olyan lehetőség van, amely a gyakorlatban is kivitelezhető. Ezek a magasabb égetési hőmérséklet, a hosszabb égetési idő és az égetés alatti jobb levegőcirkuláció. A sokat reklámozott báriumkarbonát adagolásának sem a hatása, sem a reakciómechanizmusa nem tisztázott. Egyes szerzők szerint csak az ún. száraz kivirágzásokkal szemben hatásos. Ezek olyan kivirágzások, melyek a téglák száradásánál az agyagban lévő oldható sóból a téglák felületére vándorolnak és azt az égetéskor elszínezik. (10, 11)

Eredményes kísérleteket végeztek ammónium-klorid adagolásával, mely részben a pirit oxidációját könnyíti meg, részben pedig az SO_3 távozását segíti elő pórusképződés következtében. Ilyen irányú kísérleteket nem végeztünk, mert a kloridok adagolása a gyakorlatban igen rossz eredményekre vezetett. Az ötvenes években ugyanis a téli téglagyártás megvalósítása céljából a megmunkálást híg konyhasó oldattal végezték, hogy a víz fagyás-

pontjának csökkentésével a nyers téglákat a fagyveszélytől megóvják. A tapasztalatok szerint nem csak a téglák szilárdsága szenvedte meg a só adagolását, hanem a fejlődő klórgázaktól a kemence fémalkatrészei nagymértékben korrodeálódtak.

III.

Az elmúlt évben a június 11—12-én Londonban megtartott TBE kollokvium foglalkozott a kivirágzás problémájával. Az ott elhangzott előadások rövid kivonatát — a tanulmány kiegészítéseként — közöljük, a „Ziegelindustrie” (12) nyomán.

Elsőnek J.F. Goodwin szólalt fel. Előadásának tárgya a téglák és hasonló termékek oldható sótartalma extrahálásának és meghatározásának módszerei voltak.

A mintavételt a téglavizsgálatra vonatkozó BS 1257/1945 szabvány írja elő. A mintát BS 100 szita finomságúra törték és 110 C°-on szárították. Az extrahálást 60 perces rázás, vagy keverés mellett 10 g anyagból 100 ml hideg desztilláltvízzel végzik. A vizes kivonatot Büchner-tölcséren szívatják keresztül száraz, tiszta üvegbe, kimosás nélkül.

A folyadék alikvot részéből a kalciumot és a magnéziumot komplexonos titrálással, a káliumot és nátriumot lángfotométerrel, a szulfátot gravimetriчески báriumkloriddal határozzák meg.

Az eljárásnál az angol szabványban előírt vízmennyiségnél kevesebbet használnak fel. Az összehasonlító mérések szerint ez a vízmennyiség elegendő a magnézium-, a kálium- és a nátrium-sók kioldására; a kalciumszulfátból kevesebb oldódik ki, de ez a kivirágzás szempontjából nem is lényeges. Előnyösnek mutatkozott az igen kevés oldható só tartalmú anyagoknál 50 g-ot 500 ml vízzel extrahálni és a meghatározáshoz nagyobb alikvot részt használni. Az 1 órás extrahálási időtartam meghosszabítása lényegesen csak a kioldott kalciumszulfát mennyiségét növelte meg. A vizes kivonat szűrésére leggyorsabbnak a Büchner tölcser bizonyult.

R. T. Laird előadásában a lepedékesség és az oldható só tartalom csökkentésének a lehetőségeivel foglalkozott. Az ő vezetése alatt álló dél-angliai gyárak agyagtelepülései ugyanis fészkes beágyazások alakjában előforduló kalciumszulfáttal szennyezettek, melyeket — a gépi kitermelés bevezetése óta — elkülöníteni nem lehet.

A laboratóriumi kísérletekhez a próbateteket négyféle agyagból formálták, melyek egyike sem tartalmazott 2%-nál több kalciumot. Mivel a lepedékképződést befolyásolja a felület és a köbtartalom viszonya, a próbatetek szárításánál a párolgást egyes felületekre korlátozták, hogy így a felület-köbtartalom aránya a téglával megegyező legyen. A próbateteket 980—1020 C° hőmérsékleten, 4 óra rajtatartással égették. Az adalékanyag 0,2—0,4%-nyi mennyiségben NaCl , Na_2CO_3 , CaCl_2 és BaCO_3 volt.

Legszembetűnőbb hatása a Na_2CO_3 -nak volt, mind a négy agyag esetében súlyos, Na_2SO_4 -ból álló lepedéket okozott. A Na_2CO_3 -tal készült pró-

batesteknek volt a legnagyobb oldható sótartalma. CaCl_2 adalékanyag hatására csökkent a lepedékeség, de nem változott az oldható sótartalom, NaCl hatására a próbatestek kevésbé lepedékesek és az oldható sótartalom is csökkent. BaCO_3 a próbatestek egy részénél megszüntette a lepedékességet, másik részénél hatástalan volt.

Az üzemi kísérleteknél lényegében ugyanazt tapasztalták, mint a laboratóriumi próbáknál, de NaCl és CaCl_2 hatására a téglák elszíneződtek. A leghatásosabbnak a BaCO_3 bizonyult. A precipitált BaCO_3 finomabb eloszlású mint a szelfajtázott whiterit, de drágább és nagyobb a hajlama a csomósodásra.

J. Kok előadásában ismertette a holland szabványnak a téglá szulfáttartalmára vonatkozó előírását és felsorolta azokat a hibaforrásokat az építkezések kivitelezésénél, melyek — függetlenül a téglá oldható sótartalmától — a falazat kivirágzására vezethetnek.

L. Alviset a vanádiumsók által okozott kivirágzásokkal foglalkozott. Oldhatatlan vanádium vegyületek kis mennyiségben az agyagokban, valamint az égetésre használt szenek és olajok hamujában fordulnak elő és a téglá égetésének hőmérsékletén oldható sókká alakulnak át. Jellemző az oldható vanádiumsókra, hogy a frissen égetett téglák felületén még semmiféle elváltozás nem látható, a jellegzetes sárgás-zöld foltok csak a megázás után jelentkeznek a téglán, vagy beépítés után a gipsz-vakolaton. A foltok nem dörzsölhetők le. Más sókból álló kivirágzást is színezhettek vanádiumsók, de ezek a sók könnyen ledörzsölhetők. A vanádiumsók által okozott kivirágzás egyazon téglafajtánál is csak szórványosan fordul elő. Csökkentése magasabb égetési hőmérséklet alkalmazásával, vagy folypát adagolásával érhető el, de állandó adalékanyag felhasználása éppen szórványos előfordulása miatt nem gazdaságos.

A vakolaton keletkező sárgás-zöld foltok a Celon E (komplexon származék) vizes oldatával eredményesen és gazdaságosan elszínteleníthetők.

J. F. Goodwin és F. H. Clews kísérleteiket arra alapították, hogy a közönséges portland cementben 5–15%-ban jelenlévő trikálciumaluminát az oldható szulfátokkal a csaknem oldhatatlan kalciumszulfoaluminát keletkezése közben reagál.

Kísérleteikhez többszöri égetéssel állították elő a trikálciumaluminátot és ezt reagáltatták különböző oldható szulfátokkal. Megállapították, hogy a legelőnkebb a reakció kalciumszulfáttal.

A továbbiakban agyagból trikálciumaluminát adagolással készítették próbatesteket. Ezek égetésénél a trikálciumaluminát nem minden esetben maradt meg bomlatlanul. Ilyen szempontból előnyösnek bizonyult a trikálciumaluminát durvább szemcsékben való alkalmazása és nedves formázás helyett a próbatestek félszáraz sajtolása. A próbatestek szulfátsókat tartalmazó oldatokba áztatva csak jelentéktelen térfogatnövekedést mutattak, a kalciumszulfoaluminát keletkezésével járó közismerten nagy térfogatnövekedés ellenére.

Trikálciumaluminát helyett nagy trikálciumaluminát tartalmú cement is adagolható a téglagyagokhoz, de ilyenkor fennáll annak a veszélye, hogy a portland-cement — nagy kalciumoxid tartalmával összefüggésben — a kemence légköréből kéndioxidot vesz fel.

IRODALOM

- [1] Dr. Albert János : Épitőanyag. 1952. 11—12. szám. 220—225. oldal.
- [2] H. Lehmann : Die Ziegelindustrie. 1953. 10. szám. 411—415. oldal.
- [3] L. Stegmüller és W. Schmied : Die Ziegelindustrie. 1958. 8. szám. 325—331. oldal.
- [4] B. Butterworth : Brick and Modern Research.
- [5] A. T. Green : Ceramics.
- [6] W. E. Brownell : Claycraft. 1960. 12. szám. 368—371. oldal.
- [7] W. E. Brownell : Journal of the American Ceramic Society. 1958. 8. szám. 310—314. oldal.
- [8] W. E. Brownell : Journal of the American Ceramic Society. 1958. 7. szám. 261—266. oldal.
- [9] G. Scholl : Die Ziegelindustrie. 1959. 3. szám. 78—80. oldal.
- [10] E. Schmidt : Ziegeleitechnisches Jahrbuch. 1963. 328—354. oldal.
- [11] B. Butterworth : Die Ziegelindustrie. 1963. 2. szám. 26—32. oldal.
- [12] Die Ziegelindustrie. 1963. 14. szám. 521—523. oldal. 1963. 15. szám. 559—562. oldal. 1963. 16. szám. 583—584. oldal. 1963. 17. szám. 606—610. oldal. 1963. 18. szám. 670—677. oldal.

Kudelka Dénesné : Kivirágzó sók a téglaiiparban.

A téglá- és cserépgyártmányok kivirágzásának okait és kiküszöbölésének módjait vizsgálja irodalmi adatok ismertetésével (I) és saját kísérletek alapján (II). Az utóbbiaknál a hazai téglagyagok oldható sótartalmát adja meg, tüzelőanyagok hozzákeverésével és anélkül. Egyes anyagoknál a tüzelőanyag bekeverése a kivirágzási hajlamot növeli.

Куделка Юдм : СОЛЯНЫЕ ВЫЦВЕТЫ КИРПИЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.

Автор исследует причины и методы устранения выцветов, образующихся на изделиях кирпичной и черепичной промышленности, исходя из литературных данных (I) и собственных экспериментов (2). Результаты последних содержат количество растворимых солей отечественных кирпичных глин при добавке и отсутствии огнеупорных материалов. Добавка огнеупоров к некоторым глинам повышает их склонность к образованию выцветов.

Frau Kudelka, Judith : Salzausblühungen in der Ziegelindustrie.

Es werden die Ursachen der Ausblühungen an Ziegelprodukten, ferner die Möglichkeit des Ausschlusses diskutiert, Literaturdaten bekanntgegeben (I) und eigene Versuche beschrieben (II). Man findet Angaben betreffend des löslichen Salzgehaltes der ungarländischen Ziegelerden, mit und ohne Heizstoffbeimengung. Bei einigen Tönen fördert das Beimengen von Heizstoff die Tendenz zur Salzausblühung. (S. G.)

Kudelka, Judith : The Efflorescence of Bricks.

The causes of brick efflorescence and their elimination was investigated. After a short review of literature data the soluble salt quantity of Hungarian clays are tabulated with and without admixed fuel. The efflorescence tendency of some clays is increased by fuel admixture.

Nagy MgO-tartalmú portlandcement

DOLEZSAI KÁROLY

A magnéziumoxid hatására fellépő káros jelenségek és azok lejátszódásának sebessége

A portlandcement egyik legfontosabb alkotórésze a mészkő, amely ha nagyobb mennyiségű magnéziumkarbonát szennyezést tartalmaz (rendszerint dolomit formájában), kedvezőtlenül befolyásolja a cement minőségét, mert a klinkerben levő túlégetett MgO egyenletlen térfogatnövekedést, vagyis duzzadást okoz.

A magnéziaduzzadás káros jelenségét az 1880 körül épített kasseli törvényszék épületénél, majd Franciaországban figyelték meg először és a szakemberek (LECHARTIER, 1886; DICKERHOFF, 1888—1894; ERDMENGER, 1893) hosszú időn át tartó vizsgálatai derítették csak fényt az építés után évekkal fellépő káros duzzadás és szilárdságviSSzaesés okára.

A mészduzzadáshoz hasonlóan a magnéziaduzzadást a szabad MgO hidratációja okozza.

Mind a mész, mind a magnézia hidratációja erős térfogatnövekedéssel jár. A mésznél a térfogatnövekedés 1,9-szeres, a magnéziánál 2,1-szeres. Jóllehet a maximális térfogatnövekedési értékek közel azonosak, a cement kétféle duzzadása közt mégis nagy különbség van. A méshidratációja néhány nap, vagy főzve néhány óra alatt lejátszódik, a klinkerégetés hőmérsékletén túlégetett magnéziumoxid hidratációja évekkig, sőt évtizedekig tart (BUDNIKOV-VOROBJEV 1960), ezért a duzzadás kimutatására a cementszabványok által előírt szokásos módszerek nem alkalmasak (1. és 2. táblázat).

1. táblázat

8,6% MgO-tartalmú cement hidratációja

28 nap		3 hónap		6 hónap	
hidratált %					
MgO	CaO	MgO	CaO	MgO	CaO
2,98	9,08	3,87	9,59	4,89	10,70

2. táblázat

6,95—7,26% közti MgO-tartalmú cement duzzadása szobahőmérsékleten

(vízben tárolt próbatestek)
(A cement autoklávduzzadása 13,3%)
(Gonnermann, Lerch és Whiteside, 1954)

6 hónap után	0,105%
1 év után	0,135%
2 év után	0,176%
5 év után	0,223%
10 év után	0,271%

Az 1. és 2. táblázat adatai azt mutatják, hogy a magnéziaduzzadás szobahőmérsékleten igen lassú folyamat. A MgO hidratációja az első időben viszonylag gyors, a folyamat később lelassul és még évtizedek múlva is folytatódik. A nagyobb sebességű hidratáció mellett a kezdeti szakaszban nem

mutatkozik duzzadás. Ez azzal magyarázható, hogy ekkor a cementkőben, ill. betonban levő pórusok még nincsenek kitöltve, a cement viszonylag kisebb kezdeti szilárdsága és deformálhatósága lehetővé teszi a keletkező $Mg(OH)_2$ elhelyezkedését a szerkezetben. A későbbiek folyamán, amikor a cementkő már jobban megszilárdult és a cementben lejátszódó kémiai folyamatok következtében — amelyek mindig zsugorodással járnak — a cementkő szerkezete tömörré válik és a MgO kismértékű hidratációja is a cementkő megrepedezését és tönkremenetelét okozza.

A MgO hidratációjával összefüggésben a cement szilárdsága is csökken (3. táblázat). A folyamat szobahőmérsékleten gyorsabban jelentkezik, mint a duzzadás, amelyet a cementkőben levő pórusok részben kompenzálni tudnak.

3. táblázat

Nagy MgO-tartalmú cementek szilárdságviSSzaesése

Szerző	A cement MgO-tartalma, %	SzilárdságviSSzaesés kezdete	
		szakító	nyomó
		kg/cm ²	
Kühl és Meier (1934)	2,12	Nincs szilárdságviSSzaesés	
	6,48	5 év	—
	12,21	3 év	—
	18,14	1 év	5 év
Rosa (1960)	10,00	90 nap	2 év

4. táblázat

14,3% MgO-tartalmú cement duzzadásának változása a hőmérséklet függvényében

Nyomás, atü	Hőmérséklet, C°	Gőzölési idő, óra	Duzzadás, %
20	211	3	Szétmállott
20	211	1	17,2
15	197	1	12,6
5	151	3	2,4
0	90	336	4,62

A hőmérséklet emelése a duzzadási folyamatot nagymértékben meggyorsítja (4. táblázat), ezért a magnéziaduzzadás vizsgálatára ERDMENGER (1893) javaslatára bevezették az autoklávpróbát. A kutatók (GILLE, 1952; BUDNIKOV, 1958; JIRKU, 1959) ezt tartják ma a legjobb vizsgálati módszernek, bár JUNG és VOROBJEV (1957) megjegyzik, hogy nem egyenértékű a vízben történő hosszúidős tárolással.

Az amerikai cementszabvány (ASTM C 151) előírás szerint 3 órán át 21 atmoszféra (241 C°) nyomáson tartott próbatestek legfeljebb 0,5% duzzadást mutathatnak.

Ezt az értéket azzal indokolják, hogy azon cementek, amelyek az autoklávpróbát kiállják, a betonban még hosszú évekkig tartó szabadban tárolás mellett sem mutatnak duzzadást.

KEIL (1954) ezt az előírást túl szigorúnak tartja, mert sok olyan cement, amely nem állotta ki a próbát, betonban történt felhasználása során nem mutatott káros jelenségeket.

Az autoklávkezelés hatására a cement összes MgO tartalmának csak egy része hidratál. Ha a kezelést többször megismételjük, már a klinker-ásványokba és üvegkomponensekbe beépült röntgenamorf MgO hidratációja is bekövetkezik (5. táblázat).

5. táblázat
14,3% MgO-tartalmú cement MgO-tartalmának hidratációja autoklávkezelés hatására

Autoklávkezelés száma	Hidratált MgO, %
0	—
1	10,95
10	13,77

Az autoklávpróba így tájékoztatást ad a vizsgált cement stabilitásáról. Nem ad azonban felvilágosítást arra vonatkozóan, hogy instabilitás esetén a rendszer felbomlása, vagyis a cement tönkremenetele természeti körülmények közt végbemegy-e, vagyis, hogy szobahőmérsékleten a reakció annyira lelassul-e, hogy a betonlétesítmények tervezett élettartamán belül nem kell káros jelenségekkel számolnunk.

A kérdést fel kell tenni, mert a kasseli és franciaországi eseteken kívül magnéziakárosodásról nem hallottunk. Feltehető tehát, hogy az említett esetekben a károsodást a magnéziumoxidon kívül egyéb körülmények is okozták. Nagy MgO tartalmú cementet valószínűleg nemcsak annyit állítottak elő, amennyit a jelzett épületek készítéséhez felhasználtak. Valószínűleg éveken át gyártották, míg a duzzadás fellépését észlelték.

Hogy a többi számos műtárggyal, amit ebből a cementből készítettek, mi történt, nem sikerült felvilágosítást kapnunk.

Meggondolásra készítő az a tény is, hogy tudomásunk szerint a Szovjetunióban a podolski cementgyárban kohósalakadalék felhasználásával egy évtizede gyártanak nagy MgO tartalmú cementet, s a felhasználás során nem észleltek rendellenességeket.

Ugyanakkor óvatosságra intenek KÜHL (1934) és ROSA (1960) szilárdságvizsgálati eredményei, amelyek gyors szilárdságviasszaesést mutatnak.

A MgO és a nyerslisztek éghetősége

A MgO mint mineralizátor is szerepet játszik a klinker zsugorítása és a klinkerásványok képződése során. Ez a szerep abban nyilvánul meg, hogy egyrészt csökkenti a trikálciumszilikát, dikalciumszilikát, trikálciumaluminát és olvadéka közti hármas eutektikum hőmérsékletét, másrészt csökkenti az olvadékfázis viszkozitását.

A MgO mineralizátor szerepe a 6. táblázat adataiból kétségtől megállapítható, de a szabad CaO mennyiségének csökkenése csak kis mértékű, jóval kisebb, mint egyéb mineralizátorok (folypát, piritpörk) alkalmazása mellett.

6. táblázat

1,0 telítési tényezőjű nyersliszt szabad CaO-tartalmának változása a MgO mennyiségével, 1400 C°-on 30 perces égetésnél

Hozzáadott MgO, %				
0	1	3	5	8
Szabad CaO, %				
6,72	6,66	6,05	5,52	5,18

A MgO és a klinker kémiai és ásványi összetétele

A klinkerben a MgO-nak vegyület alakjában történő lekötése a fázisdiagramok értelmében elméletileg nem lehetséges, mert olyan mészdús rendszereknél, mint a portlandcement, sem magnéziumszilikát, sem kalcium-magnézium szilikát vegyületek nem keletkezhetnek. A különböző szerzőknél ezzel ellentmondó véleményeket is találunk. Így BUDNIKOV (1958) röntgenvizsgálatokkal kimutatta, hogy alacsonyabb hőmérsékleten égetett magnéziadús klinkerekben magnéziumszilikátok — monticellit, ackermanit és merwinit — az 1 alumíniummodulusú klinkerekénél pedig spinell képződött.

BATES (1918) arra a következtetésre jutott, hogy a klinkerben 8%-nál nagyobb MgO-tartalom esetén monticellit, 10% MgO fölött pedig spinell képződhet. KÜHL (1936) ugyancsak lehetségesnek tartja spinell képződését a klinkerben, ha vas is van jelen, amely a képződését katalizálja.

Japán kutatók (KAKITANI és FUJISAKA, 1958) arra a megállapításra jutottak, hogy alacsonyabb hőmérsékleten, 1100—1300 C°-ig a hőmérséklet növelésével csökken a szabad MgO mennyisége, majd a hőmérsékletet növelve, 1400 C°-nál már emelkedik. Ebből arra következtetnek, hogy a MgO a klinkerben vegyületeket képez, majd magasabb hőmérsékleten az egyensúlyi állapothoz közeledve a CaO kiszorítja vegyületeiből a MgO-t és a továbbiakban szabad állapotban van jelen.

Ezzel szemben BOGUE (1955) és TOROPOV (1956) a portlandcementklinkerben nem találtak magnéziumvegyületeket és arra a megállapításra jutottak, hogy a MgO fő tömegében szabad állapotban, periklász alakjában van jelen.

A fázisdiagramok egyensúly esetére vonatkoznak. A klinker égetésekor — különösen alacsonyabb hőmérsékleten — egyensúlyok létrejöttére nem számíthatunk. Ezért tehát, mint a japán kutatók is állítják, feltételezhető magnéziumvegyületek kialakulása, amelyek azonban csak átmeneti vegyületeknek tekinthetők.

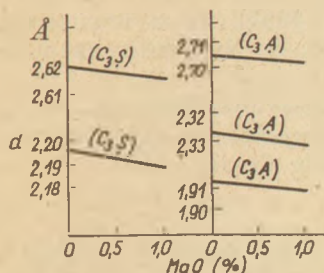
A MgO egy része beépülhet az egyes klinker-ásványokba és szilárd oldat alakjában helyet foglalhat a klinker üveges fázisában. A 7. táblázatban láthatjuk azokat a MgO mennyiségeket, amelyeket az egyes klinkerkomponensek felvehetnek.

7. táblázat

A klinkerkomponensek által felvehető MgO mennyisége

Szerzők	Felvehető MgO, %					
	C ₂ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	üveg	klinker össz.
Müller-Hesse és Schwiete (1956)	1	0,5	2,5	2—3		1—1,5
Newman és Wells (1946)		0,5				
Insley (1936)				1		
Schwiete és Zur Strassen (1936)					6	2
Bogue						
Kakitani és Fujisaka (1958)					5	

A MgO beépülése a klinkerásványok rács-szerkezetére is befolyást gyakorol. Japán kutatók (KAKITANI és FUJISAKA, 1958) röntgendiffrakciós mérésekkel megállapították, hogy MgO-tartalom növelésével párhuzamosan csökken a trikalciumszilikát és trikalciumaluminát d értéke és a tetraalkaliumaluminátferrit 2,65 Å-s vonala a MgO mennyiség növekedésével párhuzamosan fokozatosan távolodik a trikalciumszilikát vonaltól (1. ábra).



1. ábra. A klinkerásványok d értékének változása a MgO-tartalom növekedésével

A nagy MgO-tartalmú cementek kémiai összetétele tekintetében a legnagyobb feltűnést a BALTHASAR-(1925—1934) féle eljárás keltette. Szerinte a cement nagyobb MgO-tartalma nem lényeges, ha egyidejűleg a vasoxidtartalom emelésével és magas hőmérsékleten a zsugorodási idő meghosszabbításával a magnéziumferrit képződésének feltételeit megteremtik. A szükséges vasoxid mennyiséget az alábbi képlet szerint számolta:

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 2 + 0,2 \text{ MgO}$$

BALTHASAR azért kelthetett feltűnést nagy MgO-tartalmú cementjével, mert a térfogatállandóságot 28 napos víz és főzési próbával igazolta. KÜHL és MEYER (1934), valamint EITEL (1936) vizsgálatai azonban behozonyították, hogy nagyobb magnéziamennyiségek még a BALTHASAR-féle feltételek mellett is veszélyesek.

A klinker ásványi összetevőinek egymásra vonatkoztatott aránya a víztárolás mellett fellépő duzzadásra nem gyakorol befolyást (BOGUE, 1947.)

Az ásványi összetevők arányával kapcsolatban érdekesek a japán kutatók vizsgálatai (KAKITANI és FUJISAKA, 1958), akik megállapították, hogy a tetraalkaliumaluminátferrit és trikalcium-

aluminát aránya befolyásolja a szabad MgO mennyiségét. Ha nő a trikalciumaluminát mennyisége, csökken a szabad MgO, ugyanakkor az autoklávkezelés hatására fellépő duzzadás éppen ellenkezőleg, növekszik. A szabad MgO mennyisége és a térfogatállandóság közt tehát nincs párhuzamosság.

A MgO és szabad CaO mennyisége és az autoklávduzzadás

Mint ismeretes, duzzadás szempontjából a klinkerben jelenlevő MgO-nak nem a teljes mennyisége aktív. A MgO csak akkor idéz elő káros duzzadást, ha szabad állapotban, periklász formájában bizonyos mennyiségen felül van jelen.

A különböző szabványok a MgO-tartalom korlátozásával védekeznek a káros duzzadás ellen. A legtöbb szabvány 5%-ban korlátozza a MgO mennyiségét, de nagyszámban vannak ettől eltérő értékek is. Így Csehszlovákia 6, Szovjetunió 4,5, Izrael, Norvégia, Anglia, Törökország 4, Dánia, Olaszország, Belgium pedig csak 3%-ot enged meg.

Komplikálja a magnéziaduzzadás értékelhetőségét, ha a cementben szabad mész is van jelen, mert ez az autoklávvizsgálatok kiértékelhetőségét bizonytalanná teszi és nem állapítható meg olyan egyértelmű összefüggés az MgO tartalom és autoklávduzzadás közt, mint alacsonyabb szabad mész mellett.

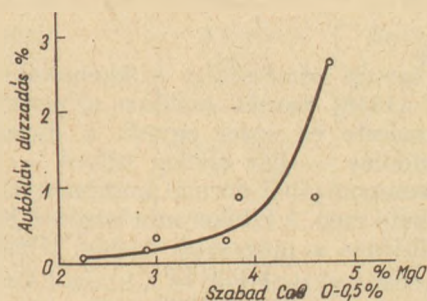
Üzemi klinkerek adataiból felvett 2. ábrán látható, hogy 0,5% szabad CaO-tartalom alatt egyértelmű összefüggés áll fenn a klinker MgO-tartalma és az autoklávduzzadás közt annak ellenére, hogy a változó viszonyok miatt az értékekben kisebb szórás mutatkozik.

Az ábráról leolvasható, hogy 0,5% szabad mész mennyiség alatt a cementek 3—4% MgO-tartalomig kiállják az autoklávpróbát, vagyis nem lépik át az amerikai szabványelőírásban megjelölt 0,5%-os értéket.

0,5% szabad mész mennyiségen felül az autoklávduzzadás már nem mutat egyértelmű összefüggést a MgO tartalommal. (3. ábra)

A hűtési sebesség, égetési hőmérséklet és őrlésfinomság befolyása a duzzadásra

GILLE (1952) kutatásai alapján vált ismertté, hogy a duzzadás mértékére a MgO mennyiségén kívül annak kristálynagysága is befolyással

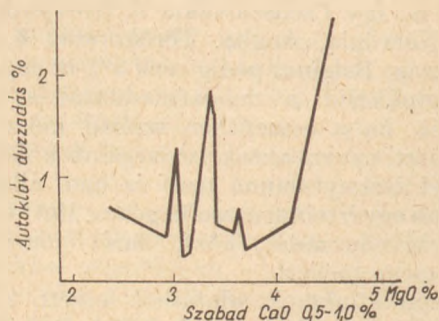


2. ábra. A MgO-tartalom és autoklávduzzadás közötti összefüggés kis szabad CaO-tartalom mellett

van. Ha a MgO szem nagysága kicsi, s a hidratációja során fellépő nyomás sok apró centrumra oszlik el, a cementenyv könnyebben felveszi a fellépő nyomást. Ez a megállapítás felvilágosítást nyújt arra is, hogy azonos MgO-tartalom esetén az egyik cement miért duzzad, s a másik miért nem.

Megállapította, hogy míg az 1% 30–60 mikron szem nagyságú periklásztt tartalmazó cement károsan duzzad, 15–30 mikronos szem nagyság mellett már nem mutatkozik duzzadás. 5–15 mikronos nagyság mellett 2% 2,5 mikron alatt pedig csak 4–6% periklászttartalom fölött lép fel káros duzzadás.

A klinker gyors hűtése apró MgO kristályok keletkezésének kedvez (ROJAK és MISLJAEVA, 1957), mivel nem ad lehetőséget és időt azok növekedésére. BOGUE (1947) véleménye szerint a gyors hűtés 2,5–5% közti MgO-tartalom mellett stabilizálhatja a cementet.



3. ábra. A MgO-tartalom és autoklávduzzadás közötti összefüggés közepes szabad CaO-tartalom mellett

JIRKU (1959) szerint akkor nyerhetünk apró kristályos periklásztt, ha csökkentjük a folyékony fázis mennyiségét és viszkozitását, amit a szilikát- és alumíniummodulus változtatásával érhetünk el. Az egyes MgO mennyiségekhez tartozó modulusértékeket a 8. táblázatban láthatjuk.

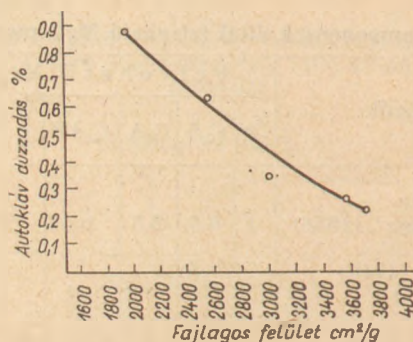
8. táblázat

A klinker modulusaira JIRKU (1959) által javasolt értékek különböző MgO-tartalom mellett

MgO, %	Szilikát	Alumínium
	modulus	
15	2,65	1,4
10	2,45	1,6
7–8	2,30	1,8–2
6	2,10	2–2,5

Az égetési hőmérséklet csökkentésével BUDNIKOV (1958) szerint csökken a periklásztkristályok mérete és ezzel együtt a duzzadás is. Az elgondolás — bár elvileg helyes — klinker-égetés szempontjából normál körülmények között nem oldható meg. A klinker minőségének biztosítására szükséges a magasabb égetési hőmérséklet.

A periklásztkristályok és a szabad CaO szemcsék méretének csökkenése összefüggésben van a cement aprítási fokával. Növekvő finomsággal csökken a szemcsenagyság, ennek megfelelően



4. ábra. 3,8% MgO-tartalmú tatabányai cement autoklávduzzadásának változása az őrlésfinomsággal

csökken az autoklávduzzadás értéke is, mint az a 4. ábrán látható. (KAKITANI és FUJISAKA, 1958; DOLEZSAI, 1963.)

Vegyszerek hatása a nagy MgO tartalmú cementek stabilitására

A kalciumklorid és a magnéziumklorid már néhány százalékos mennyiségben is igen kedvezően befolyásolják a nagy MgO-tartalmú cementek térfogatállóságát (BUDNIKOV, 1958; JUNG és VOROBEJEV, 1957), mivel kémiai reakció megy végbe a CaCl_2 és MgO közt az autoklávkezelés folyamán.

Az autoklávduzzadást 3–4% kalciumkloriddal eredményesen lehet csökkenteni 8–8,5% MgO-tartalomig (9. táblázat).

9. táblázat

Nagy MgO-tartalmú cementek autoklávduzzadásának csökkenése a CaCl_2 hatására

MgO-tartalom, %	CaCl_2 , %	Autoklávduzzadás, %
8,6	0	szétmállott
8,6	0,5	10,0
8,6	1	1,563
8,6	2	0,458
10,99	0	szétmállott
10,99	2	8,75
10,99	3	4,687
10,99	4	2,442
14,3	0	szétmállott
14,3	2	11,25
14,3	3	2,88
14,3	4	1,99

A kalciumklorid nagyüzemi felhasználását akadályozza azonban a kalciumklorid közismert nedvességszívó-képessége, kötőgyorsítása és korrózióveszélyes tulajdonsága.

Adalékanyagok

A nagy MgO-tartalmú cementek adalékanyagokkal történő stabilizációjával kapcsolatban már GILLE (1952) közölte, hogy nagyobb mennyiségű, — 30–70% kvarc, trasz és kohósalakadalékokkal térfogatállandóvá lehet tenni. A téma részletes és tudományos feldolgozását a csehszlovák ROSA (1960) végezte el.

Differenciáltermoanalízis, röntgen és elektron-mikroszkópos vizsgálatokkal kimutatta, hogy a periklász és az adalékanyagok aktív SiO_2 -tartalma közti reakció következtében magnéziumhidroszilikát képződik nemcsak autoklávkezelésnél, hanem hosszú ideig vízben történő tárolásnál is.

Inaktív adalékanyagok

Azok az adalékok, amelyek nem lépnek kémiai reakcióba a magnéziumoxiddal, még nagymértékű hígító hatásukkal sem tudják megszüntetni a duzzadást, mint a 10. táblázat adataiból látható.

10. táblázat

Mészkelesztéssel kevert 8,6% MgO-tartalmú cement autoklávduzzadása

Mészkelesztés a cementben %	Autoklávduzzadás %
0	szétmállott
40	20
50	18,7
60	14,3
70	9,3

Ha azonban az inaktív adalék nem finomszemcsés, a lekötött habarcsban üregek maradnak, amelyek lehetővé teszik a megduzzadt alkotók habarcs, ill. betonszerkezetben belüli elhelyezkedését, nagyobb mértékű duzzadás nem lép fel (11. táblázat).

A hézagot alkotó adalékok így látszólag megoldják a nagy MgO-tartalmú cementek problémáját, mert az autoklávduzzadást lecsökkenthetjük a kívánt mértékig, azonban a szilárdságviisszaesések, amelyeket habarcs próbatesteken vizsgálnak, figyelmeztetnek, hogy a cement az alacsony duzzadási értékek ellenére sem stabil.

A kvarcadalékkal készült próbatestek valamivel kedvezőbb eredményt mutatnak, mint a mészkőadalékkal készültek. Ebből arra következtethetünk, hogy az autoklávkezelés hőmérsékletén az adalék finom része reakcióba lép a cementből felszabaduló mész- és magnéziumhidroxiddal.

Aktív adalékanyagok

Aktívaknak bizonyulnak azok az adalékanyagok, amelyek reakcióképes kovasavat tartalmaznak.

ROSA (1961) szilikagél, tobermorit, meta-kaolin, handlovai pernye és kohósalak, valamint MgO mesterséges keverékeinek vizsgálatával kimutatta, hogy 2 év után a szilikagélben és handlovai pernyében nem volt jelen magnéziumhidroxid. Ugyanakkor a 1,53; 2,57; 3,54 és 4,48 Å-s röntgenvonalak krizotilhoz hasonló magnéziumhidroszilikát jelenlétét mutatták, amely az alacsony hőmérséklet (20 °C) következtében még csak igen gyengén kristályosodott.

A kohósalakról ezenkívül megállapította, hogy bár nem lép reakcióba a magnéziumhidroxiddal, stabilizálni tudja a nagy MgO-tartalmú cementet, mert blokkolja a periklász, vagyis megakadályozza, hogy hidratáció révén brucittá alakuljon át.

DOLEZSAI (1964) a vizsgálatokat kiterjesztette rátkai trasz, szurdokpüspöki kovaföld, tatabányai erőműpernye és diósgyőri kohósalak adalékokra is és a derivatográf felvételek alapján azt találta, hogy a rátkai trasz és szurdokpüspöki kovaföld a hozzákevert kb. 5% magnéziumhidroxidot 6 hónap alatt teljesen felvette.

12. táblázat

Adalékanyag — $\text{Mg}(\text{OH})_2$ keverékek $\text{Mg}(\text{OH})_2$ -tartalmának változása szobahőmérsékleten

	$\text{Mg}(\text{OH})_2$ %			
	0 nap	28 nap	3 hó- nap	6 hó- nap
Rátkai trasz	5,08	3,91	2,25	0
Szurdokpüspöki kovaföld	4,68	2,76	1,30	0
Tatabányai erőműpernye	4,32	3,87	4,13	3,96
Diósgyőri kohósalak	3,56	4,13	3,89	4,02

Az erőműpernye már lényegesen gyengébb reakcióképességet mutatott, míg a kohósalaknál nem fogyott, hanem nőtt a $\text{Mg}(\text{OH})_2$ mennyisége.

Az autoklávkezelés folyamán a reakció az adalékanyag és $\text{Mg}(\text{OH})_2$ közt sokkal gyorsabban

11. táblázat

Az autoklávduzzadás csökkenése beton és habarcs adalékanyagok jelenlétében

A cement megnevezése	MgO-tart., %	Autoklávduzzadás, % pép próbatesten	Adalékanyag megnevezése	Kverési arány	Duzzadás, %
Kísérleti gyárt.	8,6	Szétmállott	Dunakavics	420 kg/m ³	0,703
Kísérleti gyárt.	8,6	Szétmállott	Mészkelesztéssel	420 kg/m ³	1,652
Kísérleti gyárt.	8,6	Szétmállott	Durva normál homok	1 : 3	0,518
Kísérleti gyárt.	8,6	Szétmállott	Finom normál homok	1 : 3	0,250
Kísérleti gyárt.	8,6	Szétmállott	Plasztikus habarcs	1 : 3	0,177
Kísérleti gyárt.	8,6	Szétmállott	Mészkelesztés 1,5 mm	33% adalék	0,229
Kísérleti gyárt.	10,99	Szétmállott	Mészkelesztés	1 : 3	Eltörött
Kísérleti gyárt.	10,99	Szétmállott	Plasztikus habarcs	1 : 3	0,352
Kísérleti gyárt.	14,3	Szétmállott	Mészkelesztés	1 : 3	Eltörött
Kísérleti gyárt.	14,3	Szétmállott	Plasztikus habarcs	1 : 3	1,688

végbemegy, mint szobahőmérsékleten, a kohósalak is reakcióba lép a $Mg(OH)_2$ -vel és nem blokkolja a MgO hidratációját.

13. táblázat

Adalékanyag — MgO keverékek MgO mérlege magas hőmérsékleten

	Autoklávkezelés	
	előtt	után
Szurdokpüspöki kovaföld		
MgO%	15	2,0
Mg(OH) ₂ %	0	7,6
SiO ₂ -vel reakcióba		
lépett MgO%	0	5,4
Rátkai trasz		
MgO%	15	0
Mg(OH) ₂ %	0	7,5
SiO ₂ -vel reakcióba		
lépett MgO%	0	7,5
Tatabányai erőműpernye		
MgO%	15	1,4
Mg(OH) ₂ %	0	11,5
SiO ₂ -vel reakcióba		
lépett MgO%	0	2,1
Diósgyőri kohósalak		
MgO%	15	0
Mg(OH) ₂ %	0	11,2
SiO ₂ -vel reakcióba		
lépett MgO%	0	3,78

Nagy MgO-tartalmú cementek stabilizálása aktív adalékanyagokkal

Az adalékanyagoknak a nagy MgO-tartalmú cementekből felszabaduló $Mg(OH)_2$ megkötő képessége derivatográf felvételekkel követhető (14. táblázat).

14. táblázat

8,6% MgO tartalmú cement és hidraulikus kiegészítő anyagokkal készült keverékeinek hidroxid alakjában jelenlevő MgO- és CaO-tartalma

	28 nap		3 hónap		6 hónap	
	Hidratált %					
	MgO	CaO	MgO	CaO	MgO	CaO
Tiszta cement	2,98	9,08	3,87	9,59	4,89	10,70
35% ₀ trasz						
adalék	2,88	3,80	2,33	1,62	3,80	1,58
30% ₀ kovaföld						
adalék	3,35	2,06	3,17	1,47	3,84	0
45% ₀ erőmű- pernye						
adalék	2,27	1,51	2,07	2,30	3,66	1,27
30% ₀ kohó- salak						
adalék	2,24	5,99	2,29	4,26	2,80	3,89

Figyelembe kell azonban venni, hogy cementek esetében a kötés és szilárdulás folyamán $Ca(OH)_2$ is felszabadul, amely gyorsabban reagál az adalékanyaggal, mint a $Mg(OH)_2$. Tényleges stabilitásra tehát csak akkor számíthatunk, ha annyi adalékanyagot adunk a rendszerhez, hogy a $Ca(OH)_2$ lekötése után maradjon felesleg a $Mg(OH)_2$ lekötésére is.

ROSA (1962) szerint annyi adalékanyagot kell adni a cementhez, hogy abban a $CaO : SiO_2$ molekulaarány (az adalékot tartalmazó cement elemzése alapján) 15% MgO-tartalom esetében 1,4 ; 10% MgO-tartalom esetében 1,5 alatt legyen.

A szükséges adalékanyag mennyisége DOLEZSAI (1963) szerint nagymértékben függ a cement morfológiájától is, ami az őrlésfinomságban jut kifejezésre. Azonos cement esetében minél finomabbra őrljük az adalékot, annál kevesebbre van belőle szükség a stabilizálásra (15. táblázat).

15. táblázat

8,6% MgO-tartalmú cement kohósalakkal készült keverékeinek autoklávvizsgálata

Kohósalak fajlagos felülete cm ² /g	Kohósalak %	Autoklávduzzadás %
2082	30	1,88
	40	1,08
	50	0,63
2776	60	0,27
	30	1,07
	40	0,54
3379	50	0,39
	60	0,23
	30	1,21
	40	0,37
	50	0,25
	60	0,16

A savanyú adalékanyagok és a kohósalak minőségüktől, mennyiségüktől és állapotuktól függően stabilizálni képesek a nagy MgO-tartalmú cementeket. A cementek ez esetben kiállják az autoklávpróbát és megszűnik a nem stabilizált cementeknél tapasztalt szilárdságvi sszaesés is. (16. táblázat)

16. táblázat

Stabilizált és nem stabilizált 15% MgO-tartalmú cement szilárdságának alakulása (ROSA, 1960.)

	Stabilizált		Nem stabilizált	
	nyomó	húzó	nyomó	húzó
	szilárdság kg/cm ²			
3 nap	108	12,4	150	16,6
7 nap	148	17,9	228	25,5
28 nap	344	33,5	350	35,0
56 nap	400	48,7	387	45,3
90 nap	496	51,2	433	39,2
180 nap	524	52,6	441	35,7
1 év ..	—	—	485	31,7
2 év ..	550	55,0	454	27,4
3 év ..	600	64,0	396	22,5
4 év ..	644	67,5	338	18,7

A nagy mennyiségű adalékanyagnak a stabilizáló hatáson kívül káros következményei is vannak. Megváltoztatja a cement jellegét, heterogén cement lesz és legtöbb esetben még a szilárdsági osztályát is.

Savanyú adalékanyagok alkalmazása esetében fennáll a rendszer mésztartalmának olyan csökkenése, hogy a levegő CO₂-tartalma megbontja a keletkezett alacsony mésztartalmú hidroszilikátokat és a lekötött cement nem lesz időálló.

IRODALOM

1. Balthasar, K.: Tonindustrie Ztg. (1925) 227, (1932) 1016, (1934) 194.
2. Bates, P. H.: (1918) Technol. Pap. Bur. Stand. 12.
3. Bogue, R. H.: (1947) The Chemistry of Portland Cement, New York.

4. Bogue, R. H.: (1955) The Chemistry of Portland Cement New York.
5. Budnikov, P. P.—Vorobjev, M. Sz.: (1958) Silikat-technik 4.
6. Budnikov, P. P.—Vorobjev, M. Sz.: (1960) Cement (szovjet) 1.
7. Candol, E.: (1887) Engineer 63 (1890) Engineer 70.
8. Dolezsai, K.: (1963) Építőanyagipari Központi Kutató Intézet Tudományos Közlemények, 12. Budapest.
9. Dycerhoff, R.: Zement-Protokolle (1888) 30, (1889) 24, (1890) 36, (1892) 66, (1893) 26, 1894) 29.
10. Eitel, W.: (1936) Zement Protokolle I. 139.
11. Erdmenger, K.: (1893) Zement Protokolle 37, Tonindustrie Ztg. 317.
12. Gille, F.: (1952) Zement Kalk Gips 5.
13. Gonnermann, H. F.—Lerch, W.—Whiteside, E.: (1954) Zement Kalk Gips 3.
14. Insley, H.: (1936) Bur. Stand. Journ. Res. Techn. Paper 17.
15. Jirku, E.: (1959) Stavba, 7.
16. Jung, V. N.—Vorobjev, M. Sz.: (1957) Trudi Moszk. ordena Lenina Him. Tehn. Inszt. im. D. I. Mendelejeva, Promsztrojizdat, Moszkva.
17. Kakitani, S.—Fujisaka, M.: (1958) Japan Cement Eng. Assor. Review of The Twelfth General Meeting Tokio.
18. Keil, F.: (1954) Zement Kalk Gips 9.
19. Köhl, H.—Meyer: (1934) Tonindustrie Ztg. 3, 4.
20. Köhl, H.—Paraga Pondal, J.—Bauts (1934) Zement, 84.
21. Köhl, H.—Meyer: (1936) Tonindustrie Ztg. 1.
22. Lechartier, G.: (1886) Compt. Rend. 102, 1223.
23. Müller-Hesse, H.—Schwiete, H. E.: (1956) Zement Kalk Gips 9.
24. Newman, E. S.—Wells, L. S.: (1946) Bur. Stand. Journ. Research. 36, 137.
25. Rajak, Sz. M.—Misljaeva, V. V.: (1957) Cement (szovjet) 6.
26. Rosa, J.: (1960) Stavba, 10.
27. Rosa, J.: (1961) Stavivo, 12.
28. Rosa, J.: (1962) Silikaty, 2.
29. Schwiete, H. E.—zur Strassen, H.: (1936) Zement, 861.
30. Szepesi, K.: (1961) Durability of Concrete, RILEM Symposium, Praga.
31. Toropov, N. A.: (1956) Himija Cementov, Moszkva.

Dolezsai Károly: Nagy MgO-tartalmú portlandcement.

A nagy MgO-tartalmú cementeknél kétféle káros jelenség lép fel, a duzzadás és a szilárdság visszaesése. Mindkettőt a klinkerben jelenlevő szabad MgO hidratációja okozza, amely lassabban játszódik le, mint a cement kötése és szilárdulásának egyéb folyamatai.

A MgO káros duzzadásának felismerésére az autoklávpróbát lehet alkalmazni, amely néhány óra alatt felvilágosítást ad arról, hogy a cementünk stabil-e vagy sem. Arról azonban nem ad tájékoztatást, hogy a káros jelenségek szobahőmérsékleten mennyi idő alatt lépnek fel és annak ellenére, hogy többen az autoklávpróbát túl szigorúnak tartják, kockázat nélkül nem javasolható a stabilizálatlan nagy MgO-tartalmú cementek felhasználása.

A MgO a klinkerégetés folyamán mint mineralizátor is szerepel, ez a mineralizátor hatás azonban csekély.

A fázisdiagramok értelmében a MgO a klinkerben csak szabad MgO (periklász) alakjában lehet jelen. Mivel a klinkerben nincs egyensúly, az égetés során keletkezhetnek magnéziumvegyületek, amelyek átmeneti vegyületeként kezelendők és magasabb hőmérsékleten elbomlanak.

A klinkerásványok és az üveges alkotók felvehetnek kisebb mennyiségű MgO-t szilárd oldat alakjában, de kémiai úton nem oldható meg a probléma.

Amennyiben a klinker szabad-mészartalma 0,5% alatt van, a cement 3–4% MgO-tartalomnál lépi túl a 0,5%-os autoklávduzzadási értéket. Nagyobb szabad-

mészartalom mellett nem találunk egyértelmű összefüggést a cement MgO-tartalma és a duzzadás közt.

A periklász kristályok nagysága is erősen befolyásolja a duzzadást. Minden olyan tényező, amely az apró kristályok képződésének kedvez (kémiai összetétel, égetési hőmérséklet csökkentése, gyors hűtés, finom őrlés), csökkenti a káros jelenségeket. 3–4% kalcium-kloriddal eredményesen csökkenthető a cement duzzadása 8–8,5% MgO-tartalomig, azonban a kalcium-klorid ilymértékű felhasználása ismert káros hatásai miatt nem javasolható.

A nagy MgO-tartalmú cementeket aktív adalékanyagokkal (kovaföld, trasz, pernye, kohósalak) stabilizálni lehet. A stabilizációval kapcsolatos vizsgálati eredmények mindenkor csak tendencijellegűek. Ahogy nem tudjuk egy cement szilárdságát pontosan előre tervezni, úgy a nagy MgO-tartalmú cementeknél is csak azt tudjuk megmondani, milyen intézkedéseket kell megtenni a stabilizáció érdekében, de arra pontos előírást adni nem lehet, ezért minden eredmény szám-szerűen csak az adott anyagokra és körülményekre vonatkozik.

Nagymennyiségű adalékanyag alkalmazása esetében megváltozik a cement jellege és rendszerint szilárdsági osztálya is. Savanyú adalékokkal történő stabilizálásnál felvetődik még az időállóság problémája, mert nem lesz meg a rendszer szükséges mésztartalma.

Stabil nagy MgO-tartalmú cement tehát jelenlegi ismereteink alapján előállítható, de ennek olyan mennyiségi és minőségi kihatásai vannak, amelyek nagymértékben befolyásolják a gyártás gazdaságosságát.

Долезан Карой: ВЫСОКОМАГНЕЗИАЛЬНЫЙ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ.

У цементов с высоким содержанием MgO наблюдаются два вредных явления: расширение и снижение прочности. Причиной этого является гидратация содержащейся в клинкере свободной MgO, которая протекает более медленно, чем прочие процессы схватывания и твердения цемента.

Для определения вредного магнезиального расширения может применяться автоклавное испытание, которое в течение нескольких часов дает ответ на вопрос о стабильности цемента. Однако по результатам автоклавного испытания нельзя судить о характере и времени течения вредных процессов расширения в условиях твердения при комнатной температуре. Хотя большинство исследователей считает автоклавное испытание слишком строгим, только на основе последнего нельзя рекомендовать применение нестабилизированных высокомагнезиальных цементов в строительстве.

Окись магния в процессе обжига клинкера играет роль минерализатора, однако минерализующее влияние ее незначительно.

В соответствии с фазовыми диаграммами окись магния может содержаться в клинкере только в форме свободной MgO-периклаза. В связи с тем, что состояние равновесия в клинкере отсутствует, в ходе обжига могут образовываться магнезиальные соединения, разлагающиеся при более высоких температурах.

Клинкерные минералы и стекольные составляющие могут растворяться незначительные количества MgO в форме твердого раствора. Таким образом проблема получения высокомагнезиального цемента химическим путем не может быть разрешена.

До тех пор, пока содержание свободной извести в клинкере не превышает 0,5%, автоклавное расширение цемента, содержащего 3–4% MgO, превышает 0,5%. При более высоком содержании свободной извести одноосмысленная зависимость между содержанием MgO в цементе и его расширением отсутствует.

Значительное влияние на расширение оказывает также величина кристаллов периклаза. Любой фактор, способствующий образованию мелких кристаллов (химический состав, снижение температуры обжига, быстрое охлаждение, тонкий помол), уменьшает вредные явления расширения. Путем добавки 3–4% CaCl₂ можно с успехом снижать расширение цемента до содержания MgO 8–8,5%. Однако приме-

nenie CaCl_2 в таком количестве является нежелательным из-за известных вредных явлений.

Высокомгнезистые цементы можно стабилизировать активными добавками (кремнезем, трасс, зола ТЭЦ, доменный шлак). Результаты испытаний стабилизации однако несут только тенденционный характер. Точно так же, как невозможно заранее точно запроектировать (предсказать) прочность цемента, так и в случае высокомгнезистых цементов можно только указать на мероприятия, способствующие стабилизации, но точную инструкцию по стабилизации дать невозможно. В связи с этим каждое полученное численное значение может быть отнесено только к определенному материалу и определенным условиям.

В случае применения большого количества добавки изменяется характер и марка цемента. При стабилизации кислотными добавками возникает также проблема долговечности из-за отсутствия в системе достаточного количества извести.

Таким образом, на основе имеющихся в настоящее время данных можно получить стабильный высокомгнезистый цемент, однако связанные с этим количественные и качественные изменения последнего отрицательно влияют на экономичность его производства.

Dolezsai, Károly: Portlandzemente mit hohem Magnesiumoxydgehalt.

Bei Zementen mit hohem MgO-Gehalt kommen zweierlei nachteilige Erscheinungen zum Vorschein: einerseits das Schwellen, andererseits der Rückgang der Festigkeit. Beide werden durch die Hydratation des im Klinker enthaltenen freien Magnesiumoxyds verursacht, indem sich diese langsamer als die übrigen Vorgänge der Zementbildung und der Erhärtung abspielt. Zur Feststellung der schädlichen Schwellungstendenz eignet sich die Autoklavprobe, welche die Frage, ob vorliegender Zement stabil sei oder nicht, innerhalb weniger Stunden beantwortet. Sie erteilt aber auf die Frage: wie viel Zeit das Auftreten der nachteiligen Erscheinungen bei Zimmertemperatur erheischt — keine Auskunft, folglich kann die Anwendung von unstabilisierten Zementen mit hohem MgO-Gehalt — wenn auch die Autoklavprobe seitens mehrerer als allzu streng beurteilt wird — ohne Gefahr nicht anempfohlen werden.

Während des Brennens vom Klinker wirkt das MgO auch als Mineralisator, doch ist diese seine Wirkung recht gering.

Die Phasendiagramme bezeugen, daß das freie Magnesiumoxyd nur in Form von Periklas zugegen sein kann. Es können im Laufe des Brennprozesses — indem im Klinker kein Gleichgewichtszustand besteht — Magnesiumverbindungen entstehen, Übergangsprodukte, welche sich bei höherer Temperatur zersetzen.

Die Klinkerminerale und die glasigen Komponenten können kleinere Mengen Magnesiumoxyds in Gestalt einer festen Lösung aufnehmen, doch ist das Problem mit Hilfe chemischer Griffe nicht zu beseitigen.

Ist der freie Kalkgehalt des Klinkers weniger als 0,5%, alsdann überschreitet der Zement im Autoklav den Schwellungsgrenzwert 0,5% bei einem MgO-Gehalt von 3—4%. Bei einem höheren freien Kalkgehalt findet sich kein eindeutiger Zusammenhang zwischen MgO-Gehalt und Schwellen des Zements.

Das Schwellen wird von der Größe der Periklas-kristalle stark beeinflusst. Alle Faktoren, die die Bildung kleiner Kristalle begünstigen (chemische Zusammensetzung, Brenntemperatur, rasches Abkühlen, Feinmahlen usw.) vermindern die schädlichen Erscheinungen. Mit einem Zusatz von 3—4% Calciumchlorids kann das Schwellen des Zements — bis zu einem MgO-Gehalt von 8—8,5% — erfolgreich vermindert, dennoch kann die Anwendung solcher Mengen Calciumchlorids, wegen seiner bekannten schädlichen Wirkungen, nicht angeraten werden.

Man kann die Zemente mit hohem MgO-Gehalt vermittels aktiver Zuschlagstoffe (Kieselgur, Traß, Flugasche, Hochofenschlacke usw.) stabilisieren. Die Resultate der Stabilisierungsversuche weisen in jedem der Fälle auf eine Tendenz hin. Wie auch die Festigkeit eines Zements im vorhinein nicht genau festgestellt werden kann, so kann auch bei Zementen mit hohem Magnesiumoxydgehalt bloß gesagt werden, welche Maßnahmen zwecks Stabilisierung vom vornherein zu treffen seien. Eine genaue Vorschrift kann man aber nicht geben: die numerischen Resultate haben jedesmal für den gegebenen Stoff und für die gegebenen Umstände ihre Gültigkeit.

Werden größere Mengen Zuschlagstoffes angewendet, so wird der Charakter des Zements geändert und gewöhnlich auch seine Festigkeitsklasse. Hat man die Stabilisierung mit saurem Zuschlagstoff vorgenommen, alsdann wird auch die Beständigkeit problematisch, indem die erforderliche Menge freien Kalks fehlen kann. Man kann also, auf Grund unserer heutigen Kenntnisse, stabilen Zement mit hohem Magnesiumoxydgehalt herstellen, dennoch sind die qualitativen und quantitativen Auswirkungen schwerwiegend und beeinträchtigen die Wirtschaftlichkeit der Produktion in hohem Maße. (S. G.)

Dolezsai, Károly: High-Magnesia Portland Cement.

High-magnesia Portland cements may cause two sorts of harmful phenomena: swelling and strength loss. Both of them are attributed to the hydration of free MgO being present in the clinker, which takes place at a lower velocity than the setting and the hardening of cement. Autoclave test can be used to detect harmful MgO-swelling, giving information in a few hours on the stability of cement. It fails, however, to inform us when these phenomena will appear at room temperature. Though a number of authors feel this autoclave test to be too rigorous, the utilisation of non-stabilized high MgO cements is still dangerous. Magnesia acts during clinker burning also as a mineralizer, this effect, however is slight. According to phase diagrams MgO can occur in Portland cement clinkers only in a free state (periclase), though some transient magnesia compounds may develop during clinker burning because the lack of equilibrium; these transient compounds decompose at higher temperatures. Clinker minerals and vitreous phase can absorb some MgO as solid solution, nevertheless the problem cannot be treated chemically. If the clinker contains free lime below ½%, the autoclave expansion limit of ½% will be exceeded at 3—4% of MgO. With higher free lime content it seems not to exist an unambiguous relationship between magnesia content and cement expansion. The size of the periclase crystals affects the expansion too. All those factors which facilitate the formation of minute crystals (e. g. chemical composition, reduced burning temperature, rapid quenching, fine grinding, etc.) decrease harmful phenomena. The addition of 3—4% of calcium chloride can counterbalance the expansion caused by 8—8½% MgO; the addition of calcium chloride cannot be proposed in such high quantities because of its other effects.

High MgO cements can be stabilized by active admixtures (Kieselguhr, trass, fly ash, blastfurnace slag, etc.). Stabilization tests, however, are always of an informative character. In the same way as the strength of a concrete specimen cannot be exactly predicted, for high magnesia cements it can be told only what measures are to be taken for stabilization, but these cannot be specified exactly because all numerical results are valid only for given materials and conditions. High admixture addition changes the character of cements and usually also its strength class. Stabilization by acid admixtures may rise durability problems too because of the insufficiency of lime. On the basis of our actual knowledge there is a possibility to produce stable high-magnesia Portland cements. Quantity and quality consequences of the proposed technology, however, make its manufacture economically problematic.

AZ ÉPÍTÉSÜGYI DOKUMENTÁCIÓS IRODA KÜLFÖLDI LAPSZEMLEJE

BAUSTOFFINDUSTRIE

1963. 11. sz.

Ewers, N.: Zúzalékhomok felhasználási lehetőségei útépitésnél. (p. 337—340, á: 2, t: 1, b: 7)

A tiszta zúzalékhomok nagyon jól használható adalékanyagként bármilyen bitumenes útépitéshez. Bitumenes zúzalékhomok feltétlenül szükséges zúzalékhomok adagolása. Tiszta zúzalékhomok betonútépitéshez is használható. A szennyezett zúzalékhomok felhasználási területei: adalékanyag mechanikus talajstabilizációnál, töltőanyag murvához, finomadalék betonba.

Ewers, N.—Walter, G.: Szitán áthulló és szitán fennmaradó zúzalékzemesek. (p. 349—352, á: 2, t: 3, b: 4)

A legtöbb zúzalék- és murvaszemcse vegyes méretű, a legritkábban fordul elő egységes szemcseosztály. Sok kőbánya olyan szemcseosztályt szállít, amely háromféle szemcseméretből áll. A szitán áthulló szemcsék megengedett mennyiségét sokszorosan túllépi. Feltételezhető, hogy a szitáláshoz gyakran alkalmatlan szitanyílásokat alkalmaznak. Sürgős szükség van a szitaméreteket szabályozására és új szabványok alkotására.

BETON I ZSELEZOBETON

1963. 11. sz.

Mironov, Sz. A.—Krülov, B. A.: A beton szilárdulása fagyban és utólagos felmelegedés esetén. (p. 495—501, t: 4, á: 4, b: 1)

Kimutatták, hogy a beton szilárdulása csakis folyadékfázis jelenlétében megy végbe. A beton szilárdsága szempontjából igen fontos a fagyás előtti pihentetés ideje. Téli építkezéseken előnyösen alkalmazhatók a gyorsan szilárduló cementek. Rendkívül káros a korai fagyás vasbeton esetén, ui. ilyenkor a beton és a vasalás közötti kötés szilárdsága a normálisnak egyharmadára csökken.

CEMENT, WAPNO, GIPS

1963. 10. sz.

Kurdowski, W.: Polivinilacetát-emulziók hatása portlandcementek szilárdulására. (p. 204—209, á: 5, t: 6, b: 20)

Valamennyi műanyag közül a polivinilacetát (PVA) felel meg

legjobban habarcs-adalékanyag-nak. Kísérletek bizonyították, hogy a cementhabarcsba vizesemulzió formájában bevezetett PVA a 250-es és 370-es portlandcement szilárdulási folyamatát meggyorsítja. Hatása egyenes arányban növekszik az adagolt mennyiséggel.

CEMENT, WAPNO, GIPS

1963. 11. sz.

Detko, W.—Ziobron, W.: Cement-kötőanyagokra vonatkozó statisztikus vizsgálatok valószínűségszámításai. (p. 228—237, á: 13, t: 7)

A statisztikus vizsgálatokkal kapcsolatos valószínűségszámítások általános alapjai. A normális eloszlás befolyása a tulajdonságokra és jelentősége. Az elméleti megközelítések számadatokra támaszkodnak, melyek a kötőanyagvizsgálatok eredményei.

OGNIÉUPORŰ

1963. 11. sz.

Butenko, V. A.: Nagy-tűzállóságú cement. (p. 486—493, á: 5, t: 1, b: 4)

Keserűsítő-kötésű bázikus cement, melynek jellemzője az igen nagy nyersvasportartalom. E cementet fugakitöltő habarcsként alkalmaznak különböző acélolvasztó kemencékben; az elektroacél-kemencékben használata révén a boltzat tartóssága 53%-kal emelkedett (12 kampány átlaga), a falak tartóssága 31%-kal nőtt. Jó eredményt értek el az LD konverterben alkalmazott ilyen típusú cementtel.

Dudarov, I. G.—Polubojarinov, D. N.: A korund-tűzállóanyagok porozitásának és szerkezetének hatása a hővezetőképességre. (p. 518—524, á: 6, t: 6, b: 4)

Vizsgálat tárgyává tették a különböző gyártási technológiával előállított könnyített korundtéglikat. A téglák térfogatsúlya 0,50—3,80 között változott. Megállapították, hogy a hővezetőképesség messzebben függ a szerkezettől. Azonos térfogatsúly mellett a habosított téglák nagyobb hővezetőképességűek mint a kiégő adalékkal gyártott termékek. Nagy hőmértékleten a nagynyértű pórusok rontják a szigetelési tulajdonságokat.

SILIKATTECHNIK

1963. 6. sz.

Harjes, W.—Stoklossa, J.: A tűzálló-léglákszabványosításának eredményei és problémái. (p. 163—165, t: 2, b: 2)

Az NDK-ban kb. 4000 téglaforma szabványosítását kell megoldani, melyből kb. 2000 különféle terméket lehet előállítani. A 19 főgyasztószektorra is kiterjedő üzemi közeli együttműködés segíti a szabványosítást. 1962 végéig 1650 téglaformát rögzítettek. Előreláthatólag 3000 szabványos téglaformátum lesz a végeredmény. A szabványosítás további problémái: a kézzel formált téglák, az aprólékos részletek szabványosítása, a megengedett kivételek számának csökkentése, a téglákat felhasználó üzemek fokozott tipizálása.

Röttger, H.—Besen, H.: Az optikai üveg homályosodása hőkezelés hatására. (p. 166—168, á: 8, b: 2)

100 mm vastag üvegdarabokon folytatott vizsgálatok során bebizonyosodott, hogy a zavarosodás csak a 440 és 540 °C közötti hőmérséklettartományban lép fel. A törésmutató beállítási tartománya 450 és 350 °C között van. Mindez a nagy üvegtömbök hűtésére rendkívül kedvező, mert a zavarosodási tartomány kellő hűtési sebességgel áthidalható és a törésmutató beállítási tartományában a hűtést már a feszültségcsökkentés szempontjából kedvezőbb, lassú hűtéssel lehet folytatni.

Bornschein, G.: A veszteségmultiplikátor a fő- és mellékfűtőrendszerben. (p. 187—189, á: 2, b: 5)

A fűtőrendszer veszteségmultiplikátora a legtöbb, jelenleg üzemben álló kemencére alkalmazható és a kemence építménye, a fűtőanyag minősége, a levegő-tényező és a kemence igénybevétele függvényében 1,5—2,8 között mozog. Csak jól épített és hőtechnikailag optimálisan üzemelő kemencékben lehet a hármatponttól függő legkisebb füstgázhőmérsékletet elérni. Ettől a határtól kezdve a mellékfűtőrendszer lényegesen kisebb, 1,05—1,10 közt mozgó veszteségmultiplikátora van érvényben.

ÉPÍTŐANYAG

Főszerkesztő: Korach Mór. Szerkesztő: Hinsenkamp Alfréd — Kiadja a Műszaki Könyvkiadó, V., Bajcsy-Zsilinszky út 22. Telefon: 113-450
 Felelős kiadó: Solt Sándor — Megjelent 1400 példányban
 61-18477-6/2 - Révai Nyomda Budapest V., Vadász utca 16.
 Terjesztő a Magyar Posta. — Előfizethető a Posta Központi Hírlapirodánál (Budapest, V., József nádor tér 1. Telefon: 180-850) és bármely postahivatalnál.
 A* olyóirat külföldre előfizethető: „Kultura” P. O. B. 149. Budapest 62
 Előfizetési díj: negyedévre 18,— Ft; félévre 36,— Ft; éves szám ára: 6,— Ft. — Csekk számszám egyenlő: 61.252, közületi: 01.006 vagy átutalás az MNB 8. sz. folyószámlájára

Felhívjuk szíves figyelmét a közeljövőben megjelenő alábbi szakkönyvekre

Csudakov—Vojcov:

Építőgépek javítása

kb. 27,— Ft

Kirchknopf István:

Téglagyári lakatos (Ipari Szakkönyvtár)

kb. 15,50 Ft

Csernov:

Ipari kemencék és kémények építése

kb. 15,50 Ft

Egri—Reichl—Zólyomi:

Iskolaépületek

kb. 78,— Ft

Lakos:

Szellőzőberendezések

kb. 28,50 Ft

Telekes György:

Mélyépítési állványozás, zsaluzás, ducolás

kb. 28,— Ft

Magyar műszaki alkotók

kb. 42,— Ft

Tatár József:

Az ember az üzemben

kb. 60,— Ft

Fenti könyvek megrendelhetők, illetve beszerezhetők az

ÁLLAMI KÖNYVTERJESZTŐ VÁLLALAT KÖNYVESBOLTJAIBAN

SZAKBOLT:

TECHNIKA KÖNYVESBOLT,

Budapest, XI., Bartók Béla út 15.