

ÉPÍTŐANYAG



CEMENT, MÉSZ
TÉGLA, KERÁMIA
ÜVEG ÉS KŐIPAR

6. SZÁM

AZ ÉPÍTŐANYAGIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

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

★

Főszerkesztő:

dr. Korach Mór

★

Felölős szerkesztő:

Illinsenkamp Alfréd

★

Szerkesztőbizottság:

Baritz Árpád

Beke Béla

dr. Déri Márta

Erdély Imre

Király Jenő

dr. Knapp Oszkár

dr. Lehmann Edit

★

Szerkesztőség:

Budapest, V., Szabadság
tér 17

Telefon: 124-438

★

Kiadja:

Műszaki Könyvkiadó,

Budapest, V.,

Bajcsy-Zsilinszky út 22

Telefon: 113-450

★

Felölős kiadó:

Solt Sándor

TARTALOM

	Oldal
<i>Dr. Soltész Gáspár—Hámori György:</i> Adatok a salakbeton-kérdéshez	189
<i>Dolezsa Károly—Kelemen János:</i> Duzzadócement	196
<i>Dr. Kádár Iván:</i> Építőanyagtervezés és a népgazdaság ágazati kap- csolatainak mérlege	209
<i>Lázár Jenő:</i> A magyarországi vulkanikus kőzetek nyomószilárdsága	211
<i>Tamás Ferenc:</i> Hidrotermális eljárások a szilikátszintézisben I. ..	221

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
<i>Др. Шолтеш—Томори:</i> Данные по вопросам шлакобетона	189
<i>Кароль Дольцаи и Янош Келемен:</i> Вспучивающийся цемент	196
<i>Иеное Лазар:</i> Прочность при сжатии вулканических пород в вен- грии	211

INHALT

	Seite
<i>Dr. Soltész—Hámori:</i> Angaben zum Schlackenbeton-Problem	189
<i>Dolezsa, K.—Kelemen, J.:</i> Der Schwellzement	196
<i>Eugen Lázár:</i> Die Druckfestigkeit der ungarischen vulkanischen Gesteine	211

ÉPÍTŐANYAG

11. ÉVFOLYAM 6. SZÁM

Adatok a salakbeton-kérdéshez

Dr. SOLTÉSZ GÁSPÁR — HÁMORI GYÖRGY

Az „Építőanyag” 1958. évi 3. számában beszámoltunk előzetes tapasztalatainkról a dorogi szénmedence salakhányóit illetően (1). Arra a megállapításra jutottunk, hogy ez a terület, illetve ennek az iparvidéknek szénmaradékai, a salakbetongyártás nagyobb méretű intézményes fejlesztésére nem alkalmas. Az Esztergom megyei Sársápon létesülő kísérleti bányászlakások betonadalékául is a Lábatlani Papírgyár salakhányójának termékét kellett első helyen javasolnunk, holott ez túlnyomó részében nem környékbeli, hanem felsődunántúli, fejmegyei szenek elégetési maradéka. A következőkben a Pécs és a Mecsek hegységben elszórt salakdeponiák jellemzését adjuk, mert a kataszterkészítés második lépésője, a pécsi szénvidékre vonatkozó fejezet, egyelőre lezártnak tekinthető. A körvonalak határozottak. Egyértelmű következtetések lehetségesek, annál is inkább, mert ezeknek alapja a kötelező érvényű salakszabvány (2), amelynek ismertetését korábban adtuk (3), és amely hamarosan hatályba lép.

A Mecsek hegység salakhányói

A baranyai iparvidék salakhányóinak nagyobb része nem érdemel figyelmet. Egyrészt kis méretei érdektelenné teszik, másrészt anyagának kevert volta miatt. Az előbbire példaként említhető *Pécsvárad*, ahol számottevő salakhányó nincs, az utóbbira *Nagyúnyok*, ahol a hányó nagytömegű ugyan, de anyaga túlnyomólag bányameddő. A *kömlői* erőműből kihordott salakot évekenkel ezelőtt vizsgáltuk és az eredmények nem voltak érdektelenek. Bár a nagy izzítási veszteség arra vallott, hogy a szén kihasználása távolról sem tökéletes, a kén tartalom az esetek nagyobb felében kisebb volt mint 2% SO_3 . A mintavétel és vizsgálat jórészt arra az időre esett, amikor az erőmű még nem tért rá a porszentüzelésre. 1952. óta azonban egyre nagyobb mennyiségben került a nagy kiterjedésű vörös-salakhányóra porszénhamu. Ennek az lett a következménye, hogy a

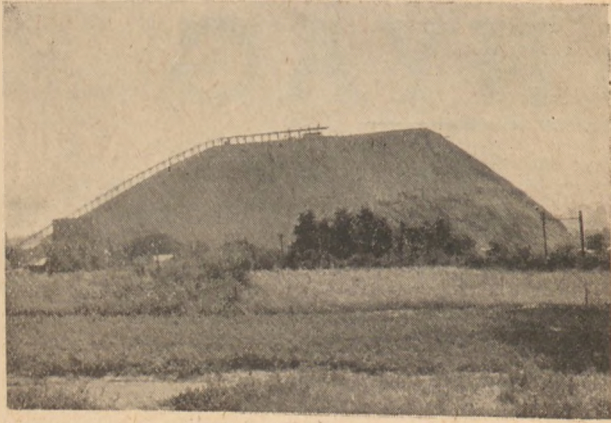
darabos szénsalakot ma már helyenként 20—30 m rétegvastagságban pernye beborította. Utóbb emiatt — a szállópor-ártalom csökkentése végett — hivatalosan elrendelték a gyepesítést a régi, kiégett hányó egész felületén. Jóllehet az alsó, darabos salakból álló, porszénhamuval nem keveredett rétegek kitermelése nem vált lehetetlenné, mégis az történt, hogy amikor — egy-két évvel ezelőtt — a déli lejtőn nekikezdték a fejtésnek, a hegyoldal megcsúszott. Az óvintézkedéseket megtették, épületkároktól és emberélet veszélyeztetésétől ezután nem kell tartani, de egyelőre — várhatóan sok évig — nem lehet a salakkitermelést folytatni. Mindössze két olyan hányó van a mecseki iparvidék területén, amelynek salakanyaga betonkészítésre figyelembe vehető: a *pécsújhegyi* és a *mázai* és ezeknek részletes vizsgálatáról számolunk be a következőkben.

A pécsújhegyi salakhányó

A Pécs városának területén fekvő Pécsújhegyi Erőmű salakhányója egyike az ország legnagyobb ilyenemű deponiáinak. A század tizes éveiben kezdődött meg a salak felhalmozása és az ötvenes évek elejéig csupán darabos salak került a hányóra. Azóta azonban mindegyre több pernye (porszénhamu) termelődött és ezt is ugyanarra a hányóra hordták ki. Ma már csakis a pernye növeli a deponia tömegét, mert múlt év második felében az utolsó rostélytüzelésű kazán is beszüntette működését.

A hányó látképét az 1. sz. fényképfelvétel mutatja be észak felől nézve.

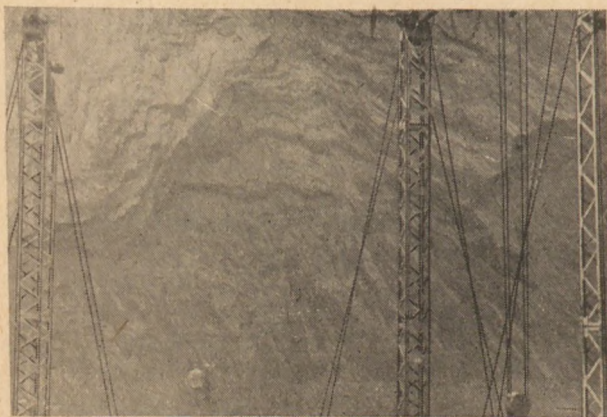
A hegy tömegét 5—6 millió köbméterre becsülik. Kerülete nagyjában ovális, figyelmen kívül hagyva a délkelet felé előreugró kisebb elágazását. Fennsíkja keletről-nyugati irányban emelkedik és mintegy 100—120 méter hosszú. Legmagasabb pontja kb. 75 méternyire van a föld színétől. Lábatnál — a keleti oldalán — fekszik az erőmű. A képen balra, lent s ettől távolabb, szintén bal-



1. ábra. A pécsújhégyi salakhányó észak felől nézve

felé, a képen nem látható két további hányó van. Mindegyik terjedelmesebb és magasabb a pernye-salak depóniánál és mindkettőnek anyaga szénmeddő.

Az erómű belterületéről állandó csillepálya visz a salakdomb fennsíkjára. A csillék csaknem szakadatlanul ontják a pernyét a tetőre. A három égtáj felől erősen széljárta hányóról a léghuzat és az eső állandóan lesöpri a porszénhamut. Ez már az alsóbb régiókat is beborítja és szürkére festi, itt azonban a darabos részek a finom-szemcsés lepedéktől viszonylag könnyen elkülöníthetők. A hegy lábának egyik jellegzetes pontját mutatja be a 2. sz. felvétel, amely az északnyugati oldalon készült. Jól láthatók a szélvájta barázdák, amelyek az egyébként is meredek és sikos felületű hegyoldalt járhatatlanná teszik. Ezért a felületi mintavétel körülményes volt. A domboldal csak mintegy 30 méter magasságig mászható meg, kifeszített drótkötél segítségével. Kivétel a keleti lejtő, ahová csillepálya vezet fel és ennek mentén nehézség nélkül sikerült a mintavétel különböző magasságokban is. Hasonlóképpen besüppedés veszélye nélkül járható a fennsík, melynek számos helyén vettünk anyagmintát és nyolc pontján mélyítettünk fúrólukakat a Mészhomok Téglagyár Vállalat közbenjöttével. Az egymástól 12—15 méter távolságra fekvő fúrólukak mélyítése



2. ábra. A pécsújhégyi salakhányó lábának jellegzetes pontja az északnyugati oldalon

során az a szándékunk, hogy 30 méter mélységig hatoljunk a salakhegy belsejébe, nem volt végrehajtható. Egyetlen ponton sikerült 23 méterig lehatolni s itt a 16 cm átmérőjű acélfúró áttüzesedett, annak jeleként, hogy a hányó belsejének ez a — közlés szerint — hat-hét éve felhordott rétege égésben van. A béléstest kiemelése után feltároló nyílásból szakadatlanul és tartósan — néhány hét elteltével is — kevés vízgőz és sok kéndioxidgáz távozott. Ugyanez volt a helyzet a többi fúróluknál is, azzal a különbséggel, hogy a béléstest deformálódással fenyegető áttüzesedése jóval korábban, 12—15 méter mélység elérésekor következett be.

A pécsújhégyi salakdepóniáról származó megvizsgált minták száma megközelítette a másfél-százat. Ez a szám, a hányó roppant méretéhez viszonyítva, nem nagy, ahhoz mindenesetre elegetendő, hogy a vizsgálati adatok ismétlődő egyezéséből és különbözőségeiből a hányó anyagának *jellegére* lehessen felőle következtetni. Úgy véljük, hogy a máris folyó és az ezutáni időre tervezett salakbeton kísérletek számára — a teljes adathalmaz tabelláris közlése nélkül is — érdekes és némi mértékben prognosztikus lehet az az eredőstatisztika, amely egyelőre rendelkezésre áll.

Térfogatállóság tekintetében a vizsgált minták túlnyomó része megfelelőnek bizonyult, ebben a vonatkozásban tehát a hányó anyaga nemigen ad okot aggodalomra. Duzzadó hajlamot csak elszórtan, az eseteknek legfeljebb 10%-ában észleltünk. Ezt is mindenkor olyan mértékben széndús mintákon, amelyeket mostani állapotukban a szabvány betonadalékként felhasználni amúgy sem engedne. A széntartalom mesterséges csökkenése — utánégetése — nyomán átalakult vörös salakoknál viszont duzzadási hajlam nem volt észlelhető.

Kéntartalom tekintetében a hányó anyaga nem egységes. Az SO_3 -ban kifejezett összes kén-tartalom legkisebb észlelt értéke 1,21%, a legnagyobb 4,60% volt. A szabvány által engedélyezett maximum: 3,50%. Ennek figyelembevételével a kén-tartalom megoszlása a következőképpen csoportosítható:

3,50—4,60%	SO_3 tartalom az eseteknek 22
2,00—3,49%	SO_3 tartalom az eseteknek 70
1,21—1,99%	SO_3 tartalom az eseteknek 8

százalékban volt észlelhető. Az egyes kategóriákba sorolható eredmények a hányó felületéről és belsejéből vett mintákon egyaránt, rendszertelenül fordultak elő. Ezért a szabványosnál nagyobb kén-tartalom gyakoriságát (22%) nem tartanók megnyugtónak. A felhasználhatóságra vonatkozó minden ilyen természetű aggályt azonban eloszlat az a körülmény, hogy a salak kén-tartalmának tekintélyes része *szabadszemmel is láthatóan elemi kén*, ami a salakhegy belsejének megállapított lassú égése, vagy a salak mesterséges utánégetése során oxidálódik és kéndioxidgáz alakjában távozik. Ezt bizonyítja az is, hogy az utánégetett salakok SO_3 -ban kifejezett kén-tartalma minden esetben jóval kisebb a ma ártalmatlannak tekintett felső határértéknél. A vizsgálatok folyamán a legnagyobb összes kén-tartalom 1,50% volt.

Egymagában már ezért is *kívánatos* lenne a pécshégyi hányó anyagának felhasználás előtti kiégetése, amit azonban *elengedhetlenné* tesz a salak egészét jellemző igen nagy *remanens szénttartalom*. Az elégtelen szénttartalom a pécsvidéki salakoknál, amelyek gyakorlatilag karbonátmentesek, megközelítőleg azonos az izzítási veszteséggel. A rövidesen hatályba lépő salakszabvány feketekő-szenek maradékainál — s a pécsi szenet köszénnek szokás tekinteni! — legfeljebb 10% éghető hányadot engedélyez. Ennek a követelménynek megfelelő értéket mindössze két, egymástól 5 méternyire fekvő mintavételi ponton lehetett észlelnünk (a szénttartalom 7,40, illetőleg 7,72% volt), másegyebütt, a hányó belsejében és felületének különböző pontjain mindenütt, következetesen nagyobb szénttartalmat állapítottunk meg. Összeállításunk, amely a két kiugróan kedvező esetet figyelmen kívül hagyja, az esetek megoszlási százalékát ismerteti.

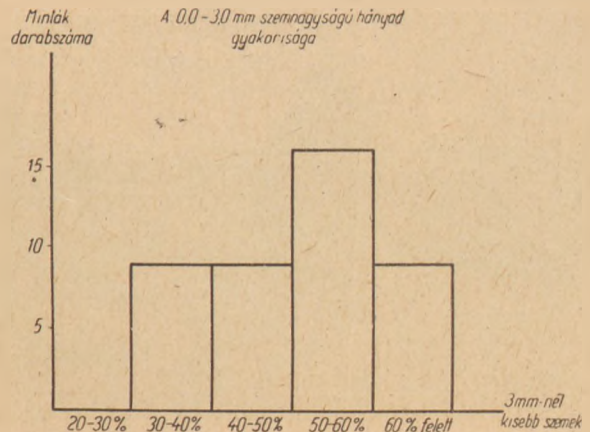
Észlelt remanens szénttartalom	13—20 %	20—25 %	25—30 %	30 % felett
Az esetek százaléka a hányó belsejében	8	51	33	8
Az esetek százaléka a hányó felületén	20	60	20	—

Mind a felületi, mind a depónia belsejéből vett mintáknak négyötöd része 20—30% elégtelen szenet tartalmaz. A különbség mindössze annyi, hogy a hányó belsejében — a folyamatban levő égés ellenére — ennél is széndúsabb rétegek találhatóak, míg a felületen, tehát a jóval kisebb részben, foltosan, elszórva, viszonylag szénszegény, 13—20% éghető hányadot tartalmazó salak is akad.

A nagy remanens szénttartalom az utánégetést nemcsak szükségessé, hanem tüzelőanyag-pótlás nélkül lehetővé is teszi. Az utánégetést rendszeresen végzi két helyi vállalat, kis méretben és jó eredménnyel. A vörösré égetett végtermék jellemzésére közlünk itt néhány ellenőrző adatot:

A minta származása, vételének ideje	Összes kén-tartalom, SO ₃ , %	Éghető rész, %	Térfogat állóság
Baranyamegyei Bányászati és Építőipari Egyesülés utánégetőjéből, 1958. VIII. hó	1,03	0,88	Megfelelő
Pécsi Magasépítő Vállalat utánégetőjéből, 1958. VIII. hó	1,12	0,59	Megfelelő
Ugyanonnan : 1959. III. hó	1,50	0,40	Megfelelő
1959. III. hó	1,36	0,53	Megfelelő
1959. III. hó	1,37	0,48	Megfelelő

Következtetés: A mintáknak több mint felénél a 0,0—3,0 mm méretű frakció az anyagnak legalább 50%-át teszi ki, míg 30%-nál kevesebb finomszemű rész csak elszórtan, az eseteknek mintegy 7%-ában jelentkezik. Még inkább rontja az észlelet aspektusát az a körülmény is, hogy a



3. ábra. A hányók anyagának szemcsemegoszlása. A 0,0—3,0 mm szemnagyságú hányad gyakorisága. A vízszintes tengelyen a 3,0 mm lyukbőségű szitán áthulló százaléklaban kifejezett mennyiség áll, az ordináta tengelyen az előfordult esetek száma

relative kedvezőbb szem-megoszlású, 60—70% durvább részt tartalmazó minták szinte következetesen a depóniának az erőmű felé eső oldaláról valók, ahol a nagyméretű kitermelést a stabil csillepálya még hosszú időre lehetetlenné teszi. A pernyével kevert, 3,0 mm lyukbőségű szitán áthulló salakot felhasználás előtt át kell rostálni. Ez az átrostálendő rész is átlagban 25% elégtelen szenet tartalmaz.

Megjegyezzük, hogy a sorozatvizsgálat azt az általános nézetet, amely szerint a kén-tartalom a salak finomszemű részeiben dúsabb mint a durvább részekben, csak nagyjában igazolta. Az eseteknek negyed részében ennek ellenkezőjét észleltük; aminthogy — itt is ellentétben az általános nézettel — szétszítálás után az esetek harmadánál az elégtelen szénttartalom nem a durvább, hanem a pernyedúsabb, finom frakcióban volt magasabb.

A kén-tartalomnak utánégetéssel elért javulását és a szénttartalom csökkenését nem kíséri a szem-megoszlás kívánatos mértékű javulása, annak kétségtelen jeleként, hogy az utánégetés folyamán csak részleges agglomeráció következik be. Ezt szemléltetik egyazon salakra vonatkozó, utánégetés előtt és azt követőleg mért értékek.

Mintavétel ideje	Szem-megoszlás	
	0—5 mm, %	5 mm felett, %
1958. IX. 11. utánégetés előtt	58,00	42,00
1958. IX. 19. utánégetés befejeztével	43,05	56,95

Az utánégetés befejeztével, — amint az az adatokból kiolvasható, — az adalékkénti felhasználásra szánt salaknak még mindig több, mint 40%-át kell átrostálni és ezt az osztályozást a helyi vállalatok kellő szakszerűséggel el is végzik.

Tanulásként a következők szűrhetők le:

1. A pécsújhégyi salakhányó pernyével kevert anyaga *mai állapotában nem alkalmas betonadalékkénti felhasználásra.*



4. ábra. A Mázai Erőmű salakhányója

2. Utánégetéssel a kéntartalom megengedhető mértékre csökkenthető, ugyanígy a remanens széntartalom is, ami egészében felhasználódik.

3. Az utánégetéssel nyert vörös salak *osztályozás nélkül még sem megfelelő adalékanyag*. A szitaelemzések tanúsága szerint a hányó tömegének mintegy fele részét kell — célszerűen utánégetés előtt! — átrostálni. Értelemszerűen következik ebből az, hogy a pécsújhegyi depónia salakanyagának homokos-kavics helyetti, nagy méretben való felhasználása csak akkor lehet gazdaságos, ha egyidejűleg a finomszemű hányad — pernye, porszénhamu — hasznosításáról is gondoskodás történik. Ellenkező esetben az ötmillió köbméteres salakhányó helyén — vagy ott, ahol az átrostálás történik — idővel feleakkora pernyehányó létesül.

Ezekután fel kell vetni a kérdést, hogy egyáltalában vagy egészében *kívánatos-e, sőt szabad-e* a szóbanforgó deponia anyagát salakbeton-célra felhasználni. Az éghető hányad sorozatos vizsgálatának eredményeit úgy kell értelmezni, hogy a *hányón, adataink és számításunk szerint, ma legalább egymillió tonna 6—8000 kalóriás kőszén hever, vagy — más kifejezéssel élve — a hányó anyaga egészében 1600—1800 kalóriás szénnek tekintendő*. A szitaelemzések sorozata pedig arra utal, hogy a hányó tömegének fele részé a 3,0 mm lyukbőségű szitán áthullik, tehát elvben olyan termék, amelyet

— az ipar egyik kimagasló képviselőjének nézete szerint is — *a téglagyárak bekevert tüzelőként használhatnak fel*. Ezért meggondolandó az a javaslat, hogy a pécsújhegyi hányó anyagával végzendő kísérletek azzal kezdődjenek, hogy a 3,0 mm-nél kisebb méretű részeket eltávolítják és próbakénti felhasználásra a közeli téglagyár rendelkezésére bocsátják. Az utánégetést csak a durvább szemű hányaddal végezzék el és az így nyert terméket használják fel homokos-kavicsként.

Az utánégetett, ún. meddősitett, pécsújhegyi salak kedvező, de legalább is *egységes* viselkedésével számolni lehet, mert a megelőzőkben bemutatott, 1959. március havában vett három minta további vizsgálata erre vall. A minták egyazon égetésből származó, 2—3 m³ osztályozott anyagból kerültek ki és oxidos elemzésük olyan mértékű homogenitásról tanuskodik, ami salakok esetében csak ritkán fordul elő.

Az eredményeket következőkben mutatjuk be:

Kataszteri jelzőszám	6—21	6—21	6—21
	A %	B %	C %
Izzítási veszteség	0,40	0,53	0,48
SiO ₂	55,78	55,60	55,58
Al ₂ O ₃	26,93	27,49	27,28
Fe ₂ O ₃	8,96	9,53	9,21
CaO	1,43	1,39	1,53
MgO	1,40	1,03	0,83
SO ₃	1,50	1,36	1,37
K ₂ O	2,96	2,93	2,92
Na ₂ O	0,47	0,53	0,54
	99,83	100,39	99,74

A Mázai Erőmű salakhányója

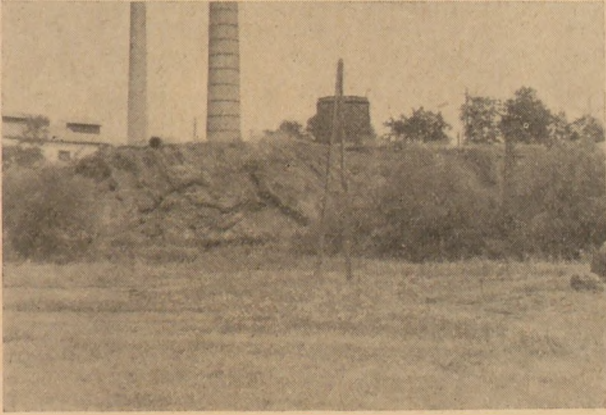
Merőben eltérő és minden tekintetben kedvező eredményre vezetett a Mázai Erőmű salakhányójának alapos vizsgálata. Az erőmű Tolna- és Bányamegye határán épült, és a Mecsek hegység északi szegélyénél, sík területen fekszik. Közvetlen közelében van Máza—Szászvári vasútállomás és mellette vezet el a Bonyhádról Dombóvárra tartó műút is. Az erőmű földrajzi fekvése, nemkülönben a deponia lokális situációja, előnyös, amiből a salak gazdaságosabb kitermelése következhetik. Ehhez járul a helybeli, korszerű téglagyár közelsége, ami salakbetonblokkok készítése esetén kedvezően hasznosítható.

Az erőműből származó salak két, szélességben terebélyesedő, 10—12 méternél nem magasabb hányón tárol. A két hányót mélyút (víz-ér) választja el egymástól, de az út felett stabil híd köti össze őket (4. sz. ábra). Elég széles ahhoz, hogy rajta az erőműből elinduló vágányon csőrölével hajtott csillék közlekedjenek.

A kisebb méretű, régibb hányót ma már vegetáció borítja. Mintegy ötven évvel ezelőtt keletkezett nagymányoki és mázai szén elégetéséből és az erőmű belső területén fekszik (5. ábra). A nagyobb méretű, később akkumulálódott salakdomb zöme sem fiatalabb egy-két évtizednél. Telepítése harminc esztendővel ezelőtt kezdődött és csaknem mindig máza—szászvári szénmaradék került e



5. ábra. A Mázai Erőmű salakhányója az erőmű területén



6. ábra. A Máza Erőmű salakhányójának déli oldala

hányóra. 1956. végén hordtak ugyan oda váráljai szénsalakat, mindössze, 10 tonna szén maradékát. Ez azonban a hányók tekintélyes, 300 000 köbméterre becsült tömegéhez képest, elhanyagolható mennyiség.

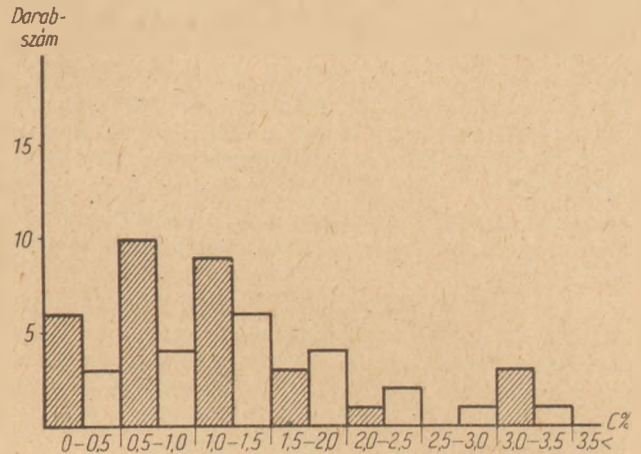
Ez a helyszínen szerzett értesülés utóbb megbízhatónak bizonyult. Összhangban van az ismételt sorozatvizsgálatok eredményeivel, amelyek a hányók anyagának messzemenő egyneműségét igazolják. Ebben a tekintetben változás nem várható, mert az erőmű huzamos ideje tartaléküzemül szolgál s évente — több havi megszakítással — legfeljebb néhány héten át fűtik a kazánokat, továbbra is helybeli szénrel. A korlátozott üzem, amelynek végleges megszüntetését az 1960. évre, az épülő pécsi új erőmű üzembehelyezésének idejére tervezik, alig gyarapítja a salakhányó mennyiségét és semmiképpen sem rontja az eddig észlelt, szembetűnően jó átlagminőséget. A hányó anyaga ugyanis gazdaságosan kiégetett vörös salak, igen kis remanens széntartalommal, az SO_3 -ban kifejezett összes kéntartalom pedig hatvan vizsgálat alkalmával, — részben a hányó felületéről, részben fúrólyukakból vett minták eseteiben — csaknem kivétel nélkül alatta, legtöbbször jóval alatta volt a megengedhető 3,50% értéknek.

A hányók anyaga egészében térfogatálló. Duzzadási hajlandóságot mindössze egy-két esetben észleltünk, akkor is olyan, gyakorlatilag szénmentes mintákon, amelyek kimutathatóan nemcsak salak-



7. ábra. Folyamatban levő fejtés a máza salakhányóján

ból álltak. Ezek a fúrólyukak fenekéről és a patakparti helyekről kerültek ki. Ezzel újabb alátámasztást kapott az a feltevésünk is, hogy a salakok duzzadó hajlama nem feltétlenül függvénye a benne visszamaradt, víz hatására esetleg duzzadó szénnek. A salak szem-megoszlása is kedvező. Általában nem szükséges a finomszemű részek kiostálása. Ellenkezőleg: várható, hogy többnyire felhasználás előtti aprításra és ezutáni osztályozásra lesz szükség.



8. ábra. A hányó salakjának remanens széntartalma

A salakkitermelés jórészt a fiatalabb deponia déli oldalán megy végbe és ezt az oldalt, a hányó legegyszerűbben hozzáférhető felét mutatja a 6. sz. fényképfelvétel. Háttérben az Erőmű egy része.

A 7. fényképfelvételen a folyamatban levő fejtés látható.

A vizsgálati eredmények táblázatos bemutatását mellőzzük. Elegendőnek tartjuk annak közlését, hogy az SO_3 -ban kifejezett összes kéntartalom értéke 0,53 és 3,15% határok közé esett, míg egyetlen kiugró esetben 4,51%-ot mértünk. Az éghető hányad értékei 0,0 és 5,26% között váltakoztak, nagyobb értéket csak egy-két olyan esetben mértünk, amikor éppen friss salakot hordtak ki a hányóra, vagy a meddő bizonyult karbonát-tartalmúnak. Az ilyen alkalommal észlelt maximum egyetlen esetben 9,40% volt, legtöbbször azonban jóval kevesebb és belül esett a fentebb közölt 5,26% plafond-értéken.

A hányósalak egyenletességét szemlélteti a 8. ábra, amely a hányóról származó minták remanens széntartalmának gyakorisági görbét mutatja be. A koordináta-rendszer függőleges tengelyére az esetek számát vittük fel, az abszcisszátengelyen a százalék-értékhatárok állnak. A vonalkázott hasábok a felületről származó mintákat, a jelzetlen hasábok pedig a hányó belsejéből vett mintákra vonatkozó értékeket ábrázolják.

A 9. ábra az SO_3 -ban kifejezett kéntartalmat szemlélteti. Szerkesztésének és jelzésének módja megegyezik a 8. ábrán alkalmazott rendszerrel.

Az ábrák tanúsága szerint az elégtelen széntartalom a felületi mintáknak kb. 72 százalékánál 0,5—2,5% határok között váltakozik és hasonló

határok közé esik az összes kéntartalom a felületi mintáknak 84 százaléka esetében.

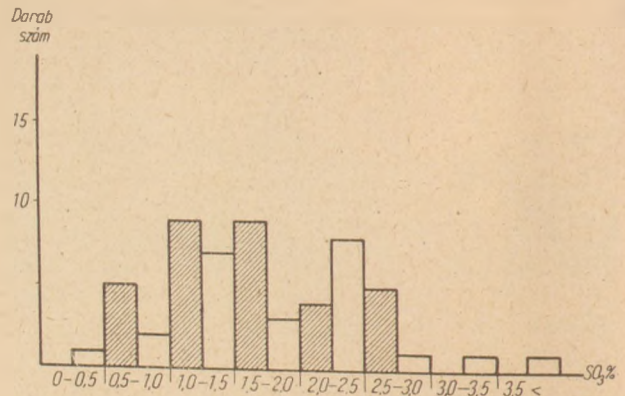
Nagyjában ilyen az eloszlás a hányók belsejéből származó mintáknál is. A remanens széntartalom — a kiugró értékeket, amelyekről fentebb említés történt, figyelmen kívül hagyva — az esetek 76 százalékában 0,5—2,5% között igadozik és azonos határok közé esik az SO₃-ban kifejezett összes kéntartalom is, az esetek 83%-ában. A kéntartalom ma agresszívnek tekintett felső határértékét (3,5%) mindössze egy minta haladta meg. A remanens széntartalomnak kőszekenél megengedett felső határát (10%) egyetlen minta sem érte el; de 3% izzítási veszteségnél több is csak a fent említett esetekben jelentkezett. Ez bizonyítja azt, hogy a mázai salakhányók anyaga salakoknál szokatlan és a kataszterkészítés folyamán eddig nem észlelt mértékben egynemű, ami a hányók keletkezésének félévszázada folyamán használt szén homogenitásával magyarázható.

A máza—szászvári ikerhányók alapos vizsgálata az egyneműséget, szén- és kéntartalom, nemkülönböző térfogatállóság és szemmegoszlás tekintetében — teljes mértékben igazolta. Ezért a nagyméretű kísérletek elvégzését teljes mértékben indokoltnak tartjuk.

Nagyméretű kísérleteken lakóházak építését értjük. Ennek kockázata annál is kisebb (és ez áll a pécsújhegyi hányó salakanyagára is), mivel a salakok természetes radioaktivitásának mérése, — ami a Mecsek hegység területén kellőképpen megokolt — nem adott kedvezőtlen eredményt.

A laboratóriumi vizsgálatokat az Építéstudományi Intézet laboratóriuma végezte el, az általunk rendelkezésére bocsátott 16 db mintán (4).

Jel	Aktivitás (imp/min)	Portér f. súly (grs/cm ³)
<i>Pécs</i>		
6—7	95	1,16
6—9	96	1,13
6—14	116	1,21
6—16	109	1,10
6—17	120	1,25
1. sz. fűrótorony magmintái		
9 m-ről	91	1,03
12 m-ről	105	1,12
14 m-ről	94	1,05
<i>Máza</i>		
631—6	100	1,22
631—10	107	1,19
631—11	104	1,40
631—103	102	1,25
631—104	106	1,35
631—202	119	1,41
631—405	103	1,34
631—406	96	1,36



9. ábra. A salak kéntartalma SO₃-ban kifejezve

HIVATKOZÁSOK

- (1) Dr. Soltész Gáspár—Hámori György: Adatok a salakbeton-kérdéshez. — *Építőanyag*, 1958. 3.
- (2) MSz 2501-59. Szénsalak.
- (3) Dr. Soltész Gáspár: Adatok a salakbeton-kérdéshez. *Építőanyag*, 1959. 3.
- (4) Galambos Sándor: 135/213—2/958. számú jelentés, az Építésügyi Minisztérium címére.

Dr. Soltész—Hámori: ADATOK A SALAKBETON KÉRDÉSHEZ.

Az Építőanyagipari Központi Kutatóintézet folytatta azt a munkáját, amelynek célja a magyarországi kazánsalakhányók kataszterének elkészítése. A Mecsek-hegység hányói közül mindössze kettő bizonyult arra érdemesnek, hogy salakbeton-készítés vonatkozásában beható vizsgálat tárgya legyen. A *Pécsújhegyi Erőmű* hányója egyike az ország legnagyobb ilyen deponiáinak. A felhalmozódott öt-hatmillió köbméternyi anyag kevert, mert hosszabb ideig darabos salak és pernye egyaránt termelődött, míg a legutóbbi időben már csak pernye (porszénhama) kerül ki az üzemből. E kevertség folyamánya az, hogy az anyag szem-megoszlása nem kedvező: betonkészítés előtt mintegy 50%-át ki kell rostálni. Ettől függetlenül sem alkalmas a deponia terméke előzetes manipuláció nélküli felhasználásra, mert kéntartalma eredeti állapotában nem kedvező és elégtelen széntartalma is feltűnően nagy, átlagosan 25%. Minthogy azonban a kennek jelentős része elemi, éghető alakban van jelen, az utánégetés kedvezően alakítja a kéntartalmat, ami végül előnyös értékre esökken; a nagy széntartalom pedig lehetővé teszi ennek végrehajtását. Az idevonatkozó konkrét javaslat az, hogy a salakot rostálják át, a 3 milliméternél kisebb szem-méretű hányadot — ami 1800—2000 kalóriás szénnek fogható fel! — használja bekevert tüzelésre a közeli téglagyár, a durvább részt pedig, utánégetett állapotban, használják fel kísérleti célokra. Az elemzések azt mutatták, hogy az utánégetés végterméke feltűnően homogén, így valószínűleg kedvező, de mindenestre egyértelmű eredményre vezetnek az elvégzésre javasolt kísérletek.

A *Máza Erőmű* hányójának alakja, situációja és anyagtulajdonságai egyaránt előnyösek. A kéntartalom kicsi, a remanens széntartalom túlnyomólag 0,5—2,5% közé esik és előzetes rostálásra sem szorul. A ritkán észlelhető homogenitás a sokatigéző kísérletezés mielőbbi elindítását teszi kívánatossá.

Д-р. Шолапес—Томори: ДАННЫЕ ПО ВОПРОСУ ШЛАКОБЕТОНА.

Центральный научно-исследовательский институт строительных материалов продолжает работу по разработке Кадастра отвалов топливного шлака в Венгрии. С целью производства шлакобетона подвергаются исследованию два из отвалов горы Мечек. Одним из наибольших отвалов является отвал Печухедьской

A vizsgálat szerint a fenti és a korábban végzett mérések eredményei alapján nagy valószínűséggel feltehető, hogy normális szellőzési viszonyok mellett a pécsvidéki salak felhasználásával emelt lakóépületek radiológiai tekintetben veszélytelenek lesznek. A végső szót e kérdésben az Egészségügyi Minisztérium hivatott kimondani.

Энергостанции. Скопленный в Количестве 5—6 милл. м³ материал является смешанным, так как долгое время кусковый шлак и летучая зола образовались одновременно, пока в последнее время выпускается из завода только зола. Вследствием смешанности является неблагоприятный зерновой состав материала: перед изготовлением бетона приходится просеивать 50% материала. Однако в независимости от этого продукт отвала неприменим для применения без предварительных монитуляций, так как содержание серы продукта является неблагоприятным в исходном состоянии, и содержит в среднем 25% недожженного угля. Однако так как значительная часть серы является элементарным и сгораемым, повторный обжиг благоприятно изменяет содержание серы, снижающееся до преимущественного значения; значительное содержание угля дает возможности для исполнения этого. Предлагается просеивать шлак; часть с крупностью меньше 3 мм — как уголь 1800—2000 кал. — используется в ближайшем кирпичном заводе для вмешонного отопления; более крупная часть применяется для испытаний в повторно-обоженном состоянии. По данным анализов конечный продукт повторного обжига является чрезвычайно однородным, таким образом результаты предложенных испытаний будут вероятно удовлетворительными, однозначными.

Форма, положение и материальные свойства отвала энергостанции Маза являются преимущественными. Содержит мало серы, в основном 0,5—2,5% остаточного угля и не требуется предварительного просеивания. Редко наблюдаемая однородность требует проведение испытаний как можно быстрее.

Dr. Soltész—Hámori: ANGABEN ZUM SCHLACKENBETON-PROBLEM.

In der weiteren Umgebung von Fünfkirchen (Pécs) verdienen — in Hinsicht auf die Brauchbarkeit als Betonzuschlagstoff — zwei umfangreiche Schlacken-deponien Aufmerksamkeit. Die aus dem Kraftwerk von Pécsújhegy stammende Schlacke ist durchwegs gemischt: es besteht bis zu etwa 50 Prozenten aus Flugasche und feinen Teilen, unter einer Korngrösse von 5 mm. Der Schwefelgehalt ist nicht günstig, doch ist ein Teil des Schwefels in elementarer, also brennbarer Form vorhanden; auch ist der Kohlengehalt beträchtlich: es stellt sich im Durchschnitt auf etwa 25%. Da die Analysen und übrigen Versuche es einwandfrei bewiesen, dass das Verbrennen (Nachbrennen) der Schlacke zu einem auffallend einheitlichen Stoff führt, wird folgender Vorschlag gemacht: Man möge die feinkörnigen Teile unter 3 mm Korngrösse — die als Kohle von 1800—2000 Kal. zu betrachten sind! — in der benachbarten Ziegelei als Heizmaterial verwenden und mit dem restlichen Teile (etwa 50 Prozenten der Schlacke) die Betonversuche weiterleiten. Einheitliche Resultate sind jedenfalls zu erwarten.

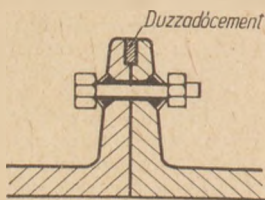
Die Schlacke des Kraftwerkes bei Máza ist auffallend gleichmässig und von günstigen Eigenschaften. Das bezieht sich in gleichem Maasse auf die Korngrösse, wie auch auf den Schwefelgehalt und Kohlenstoffgehalt. (Beide stellen sich vorwiegend auf etwa 0,5—2,5%). Auch ist die geographische Situation des Lagers besonders günstig, es empfiehlt sich also weitgehende Experimente daselbst durchzuführen.

Die Schlackenmengen lassen sich in Pécs auf 5—6 Millionen, in Máza auf etwa 300 000 m³ schätzen.

Duzzadócement

DOLEZSAI KÁROLY—KELEMEN JÁNOS

Alagutak, aknák építésének fejlődése elvezetett az előregyártott elemek alkalmazásához, melyeknek legkorszerűbb megjelenési formája a tübing. Tübingek felhasználásával épülő aknák, alagutak falazási munkái szerelési műveletté egyszerűsödnek. Az öntöttvas, vagy vasbeton tübingek legtöbb esetben csavarkapcsolattal illeszkednek egymáshoz (1. ábra). Olyan esetekben, amikor megkövetelik az alagút, vagy akna vízmentességét, — pl. földalatti vasutak alagútjainál — gondoskodni kell az alagút víz elleni szigeteléséről.



1. ábra. Tübingek illesztési helyeinek tömítése duzzadó-cementtel

Maguk a tübingelemek vízzáróak, vízbeszivárgási lehetőség két lényeges helyen van: egyrészt a csavarlyukakon keresztül, másrészt a tübingek oldal- és véglapjai mentén, amely lapok egymással tömpán érintkeznek.

A tübingek építési mód gyakorlati alkalmazásának kezdetén ezeket a szigetelési problémákat ólommal oldották meg, nevezetesen a tübingek sarokpontjain a célra kiképzett horonyba ólmot vertek, illetve a csavaralátétek alá ólomzsínort helyeztek.

Ez a megoldás nemcsak rendkívül drága, de műszakilag sem kielégítő. Az alagút, akna építéséhez ugyanis szorosan hozzátartozik a tübingek hátlapja és a talaj között megmaradó üreg, ún. hátúr cementhabarccsal való kitöltése. A beszivárgó víz ezzel a cementkövel érintkezve jut az alagútba, abból több-kevesebb meszet old ki, pH értéke ennek következtében 10—12-re emelkedik. Ismert tény, hogy az ólom lúgos közegben korróziót szen-

ved. A 2. ábra az ólom korrózióját mutatja mészvíz hatására (összehasonlításként a vas korróziós görbéjét tüntetjük fel).

Fentiek miatt letértek az ólom használatáról és más anyagokkal keresték a megoldást.

Így jutottak el a duzzadócement alkalmazásához, amely alkalmas a tübingek közötti illesztési hézag tömítésére. (A csavarlyukak tömítésére azbeszt-bitumenes keveréket használnak.)

A Szovjetunióban a Metró alagutak szigetelésére már használtak duzzadócementet s az eredmények a közlések szerint igen jók voltak. A hazai kísérleteket is a szovjet tapasztalatok alapján kezdtük meg, az általuk kitűzött műszaki jellemzőket vettük alapul és ezen jellemzőknek a legegyszerűbb technológiával történő kielégítését tűztük ki célul.

A duzzadás mértékének — a nem zsugorodó cementektől a káros duzzadásig — igen széles skálája lehetséges, kísérleteink során és leírásunkban is azonban csak a tömítési célokra szolgáló vízzáró duzzadócementtel foglalkoztunk.

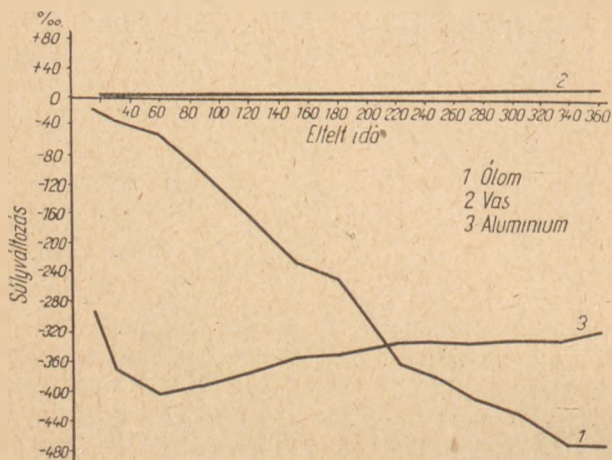
A duzzadócement laboratóriumi mennyiségben való előállításával Magyarországon először az Építéstudományi Intézet kezdett foglalkozni. 1951-ben kétfajta; aluminátcementből, stukatúrgipszből, valamint hidratált aluminátcementből álló duzzadócementet állítottak elő, amelyek közelítőleg elérték a szovjet előírásokat. Ezen cementek nagyüzemi előállítása azonban nehézségekbe ütközött.

A cementipar 1954-ben kapcsolódott be a munkába és az akkori Tatabányai Cement- és Mészművek Budapesti Laboratóriumában folytatott kísérletekkel sikerült megfelelő tulajdonságú, egészen egyszerű gyártástechnológiájú — aluminátcement alapú gyorsan kötő és gyorsan szilárduló — duzzadócementet előállítani.

A nagyüzemi gyártás 1955-ben kezdődött meg a Hejőcsabai Cement- és Mészművek forgókemencés klinkerüzemében. Itt, ezen az összetételre igen kényes cementfajtát a korszerűtlen üzemviszonyok között csak a legnagyobb nehézségek árán sikerült előállítani megfelelő minőségben. 1957-ben a hejőcsabai malom meghibásodása után gyártását a Selypi Cementművek vette át, ahol az üzem vezetőségének gondos munkája eredményeként ma már a duzzadócementet teljes biztonsággal gyártják.

A gyártási kísérletek befejeztével a Földalatti Vasút laboratóriumában és az Építőipari Műszaki Egyetem II. sz. Hídépítési tanszékén tovább folytattuk a kísérleteket a duzzadócement tulajdonságainak részletesebb vizsgálatára.

A gyártó és felhasználó ipar együttműködésének eredményeképpen elkészült a hazai gyártmányú duzzadócement, amely egyszerű technológiájánál fogva könnyen előállítható és mint a most már közel 4 éve rendelkezésre álló tapasztalatok mutatják, céljának teljesen megfelel, a szige-



2. ábra. Fémek korróziója cementvíz hatására

telési munkák során jól helyettesíti a drága és nehezen beszerezhető ólmot.

A fő alkotó, az alumínátcement nehéz előállításai lehetősége miatt 1956—1957-ben kísérleteket végeztünk a Lábatlani Cement- és Mészművek laboratóriumában portlandcementalapú gyorsan kötő és gyorsan szilárduló duzzadócement előállítására, azonban a kísérletek negatív eredménnyel zárultak.

A cementek térfogatváltozása

A hidraulikus kötőanyagok térfogatváltozásai vegyi és fizikai okokra vezethetők vissza.

A hidratáció vegyi folyamatokból áll, melyek térfogatváltozásokkal járnak s szükségszerűen zsugorodási vagy duzzadási jelenséget mutatnak. A lejátszódó folyamatok egyirányúak, ennek következtében a térfogatváltozások is irreverzibilisek. A vegyi folyamatok legnagyobb része a cement hidratációjának első napjaiban játszódik le.

A fizikai okokra visszavezethető zsugorodási és duzzadási jelenségek a hidratációs folyamatból származó új képződmények kolloid, gél tulajdonságán alapulnak és mint hidrophil gélek vízleadással zsugorodnak vagy vízfelvétellel duzzadnak, vagyis reverzibilisek. E folyamatok több hónapon át éreztetik hatásukat.

Irreverzibilis térfogatváltozás

a) Zsugorodás

Le Chatelier (1) megállapítása szerint a hidratáció minden vegyi folyamata zsugorodással jár. Az új képződmények térfogata mindig kisebb, mint a képződményt alkotó kötőanyag és a víz térfogatának összege.

A zsugorodás menete párhuzamos a hidratációs hő fejlődésével, ami arra mutat, hogy mindkét jelenség ugyanazon folyamat, és pedig a hidratáció vegyi folyamatának megnyilvánulása. Hummel (1) megállapítása szerint egyes esetekben a lassú reakciókezdetet kb. 8 óra múlva hirtelen fokozódó zsugorodás követi, majd a jelenség lelassul.

A vegyi folyamatok következtében fellépő zsugorodás mértéke függ az őrlésfinomságtól, a levegő CO₂ tartalmától — a CO₂ elősegíti a zsugorodást — és a jelenlévő idegen anyagoktól.

A vegyi összetétel és zsugorodás közt világos összefüggés nem ismerhető fel, de a portlandcementtől erősen eltérő összetételű cementek zsugorodás szempontjából is nagy eltérést mutatnak.

b) Duzzadás

Kühl (1) szerint az erősen duzzadó kötőanyagok hidratációs folyamata is zsugorodással jár. A duzzadás tehát másodlagos folyamat, amelyet a cementben levő vagy külön hozzá került — bizonyos határon felüli — anyagok vegyi reakciói hoznak létre.

A duzzadási jelenség a hidratációs folyamatoknak tehát nem szükségszerű következménye s fellépése vagy gyártási hiba eredménye, vagy bizonyos esetekben mesterségesen felidézett jelenség, amely utóbbi helyesen szabályozva különleges tulajdonságú cementet ad.

A legjellemzőbb duzzadást előidéző anyagok és duzzadási jelenségek a mészduzzadás, magnézia-duzzadás, alkálduzzadás, gipszduzzadás, szulfoaluminátduzzadás, klórduzzadás.

Reverzibilis (fizikai) térfogatváltozás

A hidratált hidraulikus kötőanyagok reverzibilis zsugorodása és duzzadása a kolloid gél vízleadásán és vízfelvételén alapul. A hidrátokban stöchiometrikusan lekötött és a makroszkópos üregekben lévő víz nem vesz részt a térfogatváltozási folyamatokban. A jelenségek hordozója a finom hajszálcsovekben adszorptíve megkötött víz, amelyre a kéthatárfázisú difform rendszerek törvényszerűségei érvényesek. A kapillárisokban a hajszálcsoves erőkön alapuló cseppfolyósodás — a kapillárkondenzáció — szabja meg a lekötött víz mennyiségét. Thomson (2) megállapítása szerint a folyadék telített gőzének gőznyomása a folyadék felületének görbületű sugarától függ, domború felület gőznyomása nagyobb, homorú felületű pedig kisebb, mint a sík felületű.

A gőznyomás értéke az egyszerűsített Thomson egyenlet szerint :

$$Pr = \sigma_t \pm \frac{2\alpha \rho_g}{\rho_f}$$

Pr = az r görbületű sugarú felület gőznyomása

α = a sík felületű folyadék gőznyomása

σ_t = a folyadék felületi feszültsége

ρ_g és ρ_f = a gőz és folyadék sűrűsége.

A kapillárisokból csak a méretüknek megfelelő gőznyomás esetén távozhat víz, illetve kondenzálódhat gőz, ezért az adszorpciós folyamat nagy mértékben függ a környezet vízgőzkonzentrációjától.

A vízleadás, illetve felvétel s ezzel párhuzamosan a zsugorodás, vagy duzzadás jelensége nem teljesen reverzibilis, fellép az ún. adszorpciós hiszterézis, aminek az eredménye az, hogy nagyobb az adszorbeált gőz mennyisége, ha a telítettségi állapotból kiindulva csökkentjük a gőznyomást, mint mikor alacsonyabb gőznyomásból indulunk ki.

A térfogatváltozások eredője

A vegyi és fizikai térfogatváltozási folyamatok nem választhatók szét.

A hidratáció kezdetén víztárolás mellett a vegyi folyamatok következtében fellépő zsugorodást a fizikai hatás következtében fellépő duzzadás túlkompensálhatja s így a térfogatváltozás pozitív értéket adhat, ami azonban a további vegyi reakciók hatására zsugorodásba megy át.

A térfogatváltozási reakciók Steopoe (1) szerint bizonyos megközelítéssel az időlogaritmus lineáris függvényeként ábrázolhatók.

A cementeket duzzadásra bírni sokféle folyamattal lehet, de ezek a jelenségek csak igen nehezen szabályozhatók és sokszor már a káros duzzadás állapotába mennek át. Ahhoz, hogy ellenőrizhető duzzadást nyerjünk, mely az idők folyamán gyakorlatilag állandó marad, duzzasztó komponensként kalciumszulfoalumináthidrátot (Candlot féle sót) kell alkalmazni.

Az irodalmi adatok szerint a legkülönbözőbb módon próbáltak duzzadó cementet előállítani. Ezen módszereket röviden az alábbiakban ismertetjük:

Guttman (8) abból kiindulva, hogy a közönséges portland cement zsugorodik, a túl magas mészs, magnézia és szulfáttartalmú cementek pedig duzzadnak, feltételezte, hogy kell lenni egy olyan középútnak a zsugorodás és duzzadás között, amely teljesen térfogattartó, vagy pedig megszabott duzzadást adó cementet eredményez. Ezért őrlés közben meghatározott mennyiségű szulfátot és kloridot kevert a cementhez. Hosszabb ideig tartó vizsgálatok azt bizonyították, hogy az így előállított cementfajta nem teljesen megfelelő, mert nem kívánatos zsugorodási jelenségek lépnek fel.

Guttman elgondolásának alapján Hendrick és Lossier (8) úgy próbáltak eredményt elérni, hogy a hidrátáló cement zsugorodó gélanyagában egy kristályvázat létesítenek gipsz-bauxit cement hozzáadásával. A vázat alkotó gipsz-bauxit cementet gipszkő és bauxit cement keverékével vagy 50% gipszkő, 25% bauxit és 25% mészkő keverékének kiegészítésével állították elő. A duzzadás fékezésére és leállítására kohósalakot adagoltak, mely a gipszfelesleggel reagál.

Ez a cementfajta azonban Hummel és Charisius (11) megállapítása szerint az összetételre nagyon érzékeny és a keverési aránytól való legcsekélyebb eltérés is sikertelenséghez vezet.

Bickenbach (8) a portland cementet alumínium-szulfiddal őrli össze és a szulfidnak szulfáttá oxidációja megteremtí a trikalciumaluminátszulfáthidráttal képződés feltételeit.

Ahrends (8) a portland cement duzzadását a következő módon kívánja elérni: 35 súlyrész 800 C°-on égetett kaolin és 65 súlyrész mészhidráttal keverékét 70% vízzel elkeveri, ezt 24 órai nedves levegőn történő szilárdulás után 5—10 napig víz alatt tárolja, majd az így kapott anyagot 10 atm. gőznyomással kezeli.

Ha az így nyert szárított készítményből 5—10%-ot klinkerrel összeőröl, gyengén duzzadó cementet kap.

Budnikow és Kossyrewa (13) a portland cementhez 800—900 C°-on kiégetett dolomitot adtak, hogy a víz hatására képződő Mg(OH)₂ duzzadást hozzon létre. Az égetett dolomitból a portland cementhez 7—9%-ot adva tiszta cementhabarcsban 0,16—0,40% duzzadást értek el.

Duzzadó cementet alumínát cement alapon először Michailov (3) állított elő. Elgondolása szerint a bauxit cement, gipsz és tetrakalciumalumináthidráttal hozzáadásával duzzad. A szükséges tetrakalciumalumináthidráttal Michailov javaslata szerint úgy nyerték, hogy bauxit cement és mészhidráttal keverékéhez vizet adtak, majd meghatározott ideig, meghatározott hőmérsékleten keverték. A tetrakalciumalumináthidráttal keletkezési folyamata után a terméket szárítják és a bauxit cementhez adják. Ezt az eljárást Budnikow és Kossyrewa (13) azáltal egyszerűsítették, hogy elhagyták a mészhidráttal adagolását és ehelyett a

bauxit cementhez adagolt gipsz mennyiségét felemelték 30%-ra.

Ahrends (8) először egyedül, majd később Dybowskiával együtt dolgozva olyan kohósalakból indult ki, mely 9,5—11,5% kovásvavat és 40,5—42,5% szilárd Al₂O₃-at tartalmazott.

Ez a salak összetételénél fogva már inkább az alumínát cementhez, mint kohósalakhoz hasonló. E timfölddús salakhoz duzzasztó komponensként Michailovhoz hasonlóan olyan kiszáritott reakcióterméket adtak, mely 100 súlyrész timfölddús salak és 70 súlyrész mészhidráttal egymásrahatása révén keletkezett és amely duzzadó tulajdonságát CaSO₄ 1/2 H₂O-val történő 1:1 arányú összekeverésével nyeri. E keverékből 20%-ot adva a timfölddús salakba az 0,2—1,0% duzzadást mutat.

Az ismertetett eljárások közül a Hendrix—Lossier—Michailov-féle eljárás bizonyult gyakorlatilag használhatónak. E cement duzzasztó komponense a kalciumszulfoalumináthidráttal. Ezt a cementfajta a Szovjetunióban is alkalmazzák.

A VÍZZÁRÓ DUZZADÓ CEMENTRE VONATKOZÓ MINŐSÉGI ELŐÍRÁSOK

A magyarországi duzzadó cement kísérletekhez a kiindulási alapokat a Szovjet Metrő szigetelésére használt duzzadó cement minőségi előírásai szolgáltatták, amelyen később kisebb módosításokat eszközöltünk. A duzzadó cement még nincs szabványosítva. Jelenleg az alább közölt ideiglenes előírások vannak érvényben:

Őrlésfinomság

A 0,21 huzalszövetszámozású (900-as) szitán legfeljebb 12% maradhat fenn. A 0,085 huzalszövetszámozású (4900-as) szitán legalább 15% essék át.

Kötésidő

A kötésnek — szabványfolyósságú cementpép vizsgálata esetén — a vízhozzáadástól számított 4 perc után kell megkezdődnie.

A kötés — vízhozzáadástól számítva 10 percen belül fejeződjék be.

Szilárdság

Szabványos folyósságú cementpépből készített és a készítés után 1 órával vízbehelyezett 20 × 20 × 20 mm-es próbatestek az alábbi szilárdsági értéket adják:

12 óra után legalább	75 kg/cm ²
72 óra után legalább	300 kg/cm ²
28 nap után legalább	500 kg/cm ²

Duzzadás

A szabványfolyósságú cementpépből készített 40 × 40 × 160 mm méretű próbatestek lineáris duzzadása a következő értékeket érje el:

a) levegőn tárolva:

1 napos korban legalább 0,05%
28 napos korban legalább 0,02%

b) vízben tárolva:

a próbatestet a készítés után 1 órával vízbehelyezve az 1 napos lineáris duzzadás minimum 0,2%, maximálisan 1,0% legyen.

Az utóduzzadás víztárolás esetén az 1 napos értékek százalékában kifejezve maximálisan az alábbi értékeket érheti el:

3 nap után legfeljebb	20%
28 nap után legfeljebb	60%

Vizzárás

A szabványos folyósságú cementpépből készített próbatesteket — a víz hozzáadásától számított 1 óra múlva — 1 atm. víznyomás alá helyezve a víz átszivároghat azokon. A víznyomást óránként 1 atm.-val növelve az átszivárgásnak a próbatest készítése után 6 órával meg kell szünnie. (6 atm. nyomás.) •

PORTLANDCEMENT ALAPÚ DUZZADÓ-CEMENT

Az aluminátcementek nehéz beszerzési lehetőségei miatt kísérleteket végeztünk gyorskötő, vízzáró duzzadócement előállítására portlandcement alapon is. Duzzasztó komponensnek gipszkövet és a Hendrickx—Lossier (I) által javasolt gipszkő, bauxit és mész keverékének kiegészítésével nyert szulfoaluminátot használtuk.

Mivel a kötésnek gyorsan végbe kell mennie, kötésgyorsítókat alkalmaztunk.

Gipszes keverékek

A gipszes duzzasztású keverékek kötéseideje még klórkalcium adagolással sem állítható be a kívánt értékre. A gipszadagolás, vagyis a duzzadást előidéző komponens mennyiségének növelésével hosszabbodik a kötéskezdet. A duzzadás és kötéskezdet egymás ellen dolgozik. A kötés vége túlzottan hosszú, fél—egy óra közt változik.

A cement gyakorlatilag nem használható, mert a kötésgyorsító klórkalcium (4—5%) nedvszívó tulajdonsága miatt gondos csomagolás mellett is egészen rövid idő alatt összecsomósodik. Az elhúzó kötésvég nem teszi lehetővé vízszivárgás esetén való felhasználását.

Szulfoaluminátos keverék

A kötésidő a szulfoaluminát (25% gipszkő, 25% bauxit és 50% mészkő keveréke 1400 C°-on égetve) adagolással nem állítható be a megfelelő értékre. A kötés kezdete elég gyors és a kötés vége is lerövidül, azonban ekkor a duzzadás mértéke már olyan nagy, hogy a próbatestek vízben szétmálanak. Azonos összetételű keverékeket készítve a duzzadási értékek ingadozóak. A duzzadás mértékére a kohósalak sem gyakorol lényeges befolyást.

A cement igen érzékeny a víztárolásra. A vízbehelyezés időpontjától erősen függ a duzzadás mértéke. A próbatestek csak akkor szilárdultak tovább víz alatt, ha a vízzel való keveréstől a vízbehelyezésig 6 óra eltelt.

Ez utóbbi tény nem teszi lehetővé, hogy vízszivárgás esetén használjuk e cementfajtát, mert a víz 6—12 óráig nem tartható távol.

A portlandcement alapú duzzadócementtel — kísérleteink szerint — nem elégíthetők ki az előzőekben már vázolt minőségi feltételek, ezért e

területen a további kutatásokat abbahagytuk s az aluminátcement alapú duzzadócementet dolgoztuk ki részletesen.

ALUMINÁTCEMENT ALAPÚ DUZZADÓCEMENT

Mint már a bevezetésben említettük, Magyarországon az első aluminátcement alapú duzzadócementet az Építéstudományi Intézet Laboratóriuma állította elő az alábbi összetételekkel és tulajdonságokkal:

I.	II.	
77,5% bauxitcement	65% bauxitcement	
22,5% stukaturgipsz	22% stukaturgipsz	
	13% mésztejjel kezelt bauxitcement (Mihajlov-féle eljárás szerint)	
Kötés kezdete, perc	6	9,5
Kötés vége, perc	9	14,5
Nyomószilárdság, kg/cm ² ,		
6 óras korban	17	33
3 napos korban	471	431
28 napos korban	610	547
Duzzadás		
1 nap alatt, %	0,37	0,65
további 2 nap alatt az 1 napos érték százalékában	110	44
28 nap alatt, %	1,07	1,12

E cementfajták a vonatkozó minőségi előírásokat már csaknem kielégítik, de előállításuk nagyüzemileg a stukatúrgipsz égetés és bauxitcementhidratáció miatt nem elég egyszerű.

A gyártási technológia egyszerűsítése vezetett arra, hogy további kísérleteket végezzünk minél könnyebben előállítható, megfelelő tulajdonságú cement nyerésére.

A kísérleteket a Budnikov és Kossyrewa-féle (13) egyszerűsített eljárásból kiindulva kezdtük meg azzal a módosítással, hogy a gyorskötés biztosítására a duzzadást előidéző gipszkövön kívül mészhidrárt is adagoltunk, mely az ismert reakciók alapján meggyorsítja a bauxitcement kötését és elősegíti a kalciumszulfoalumináthidrát keletkezését is.

Mint a további kísérletek bizonyítják, a mészhidráradagolás egyik legfontosabb tényezője a duzzadócementnek, vele a kötésidőn kívül a duzzadás mértéke is szabályozható. A mészhidrát azonban egyúttal igen veszélyes anyag is, mert meg nem felelő mértékben történő adagolás esetén a cementet használhatatlanná teszi. A veszélyességet növeli az a körülmény, hogy a cement meghibásodása már tized százalék nagyságrendű túladagolásra ugrásszerűen bekövetkezhet.

A laboratóriumi és nagyüzemi kísérletek alapján, melyeknek eredményeit később ismertetjük, a 73% bauxitcement, 25% gipszkőörlemény (CaSO₄·2H₂O 20% 4900-as szitamareddékkal),

2% porráoltott mész (mészhidrát) összetételű duzzadócement bizonyult a legmegfelelőbbnek. Ezen cement vizsgálati eredményei:

Kötésidő kezdete	4 perc
Kötésidő vége	5 perc
Szilárdságuk 1 óra után	6,1 kg/cm ²
12 óra után	184 kg/cm ²
1 nap után	308 kg/cm ²
3 nap után	500 kg/cm ²
7 nap után	747 kg/cm ²
28 nap után	805 kg/cm ²

Duzzadás vízben tárolva

1 napos korban	0,268%
3 napos korban	0,379%
7 napos korban	0,302%
28 napos korban	0,259%

Vízzáras :

A próbatest a vízhozzáadás után 1 órával 1 atm. víznyomás alá helyezve és a víznyomást óránként 1 atm.-val növelve a víz átszivárgása 5 óra után megszűnt (5 atm.). A próbatest 24 óra után 10 atm. víznyomással szemben teljesen vízzáros.

E duzzadócementfajta előállítására igen egyszerű és lényegében a megfelelő arányban össze-mért komponensek homogenizálásából és a kapott keverék csomagolásából áll.

A gipszkövet előre le kell örölni a kívánt finomságra, mert ha finomabbra őrölnék, túlduzzadás lép fel s ennek elkerülésére utólag meg kell változtatni a keverési arányt.

A homogenizálás legcélszerűbben nagyméretű golyókkal töltött golyósmalomban történhet, mely biztosítja az anyag homogenizálását, de a gipszkövet nem őrli túl. A golyósmalmon kívül természetesen más homogenizáló berendezések is felhasználhatók, melyek a kívánt feltételeket teljesítik (megfelelő homogenitás és az anyagszemcsék megmaradása).

A DUZZADÓCEMENT KÖTÉSE ÉS SZILÁRDULÁSA KÖZBEN LEJÁTSZÓDÓ FOLYAMATOK

A duzzadócement főalkatrésze az aluminátcement lévén, tulajdonságait elsősorban ennek viselkedése szabja meg. Az aluminátcement viselkedését a hozzákevert idegen anyagok, a mészhidrát és a gipsz módosítják úgy, hogy ezek megfelelő adagolásával állítjuk be a kívánt tulajdonságokat.

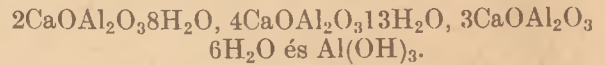
Aluminátcement

Ha a portlandcement összetételét megváltoztatjuk úgy, hogy az SiO₂-t teljes egészében vagy részben Al₂O₃-al helyettesítjük, aluminátcementet nyerünk. Az aluminátcementekről részletes ismertetést közölt Talabér József az „Építőanyag” 1956. évi számaiban (17) s így itt csak azokat a hidratációs folyamatokat emeljük ki, amelyek a duzzadócement hidratációjának megértéséhez szükségesek.

Az aluminátcementek vízmentes ásványainak oldékonysága nagyobb, mint a hidrátoké. Azon koncentrációk mellett, amelyeknél az oldat anhidriddel telítetté válik, az oldatból már kiválnak a túltelített hidrátok, a keletkező kolloid és kristályos fázis nagymérvű viszkózitásnövekedést eredményez s fellép a kötés jelensége. A folyton oldódó

anhidridek és kiváló hidrátok létrehozzák a cement szilárdulását.

A fontosabb aluminátásványok, a CaOAl₂O₃, a 12CaO7Al₂O₃ és a CaO2Al₂O₃ fontosabb hidratációs termékei :



A keletkező kalciumalumináthidrátok összetétele az Al₂O₃/CaO arány függvénye, amit viszont az anhidridek oldódása és a hőmérséklet szabnak meg. A hidratációs folyamatok végső stabil terméke a szabályos 3CaOAl₂O₃·6H₂O. E termék keletkezése az oka az aluminátcementekben fellépő szilárdságviasszaesésnek.

A primer hidratációs termékek közül a 4CaOAl₂O₃·13H₂O kiválása igen gyorsan történik s ha nagyobb mennyiségben lép fel, gyorskötést okoz. Ez a 4CaOAl₂O₃·13H₂O keletkezés ill. gyorskötés akkor is bekövetkezik, ha az Al₂O₃/CaO arány erősen lecsökken, vagyis ha meszet vagy meszet leadó portlandcementet keverünk az aluminátcementhez. Ha figyelembe vesszük, hogy a szulfoalumináthidrát is a 4CaOAl₂O₃·13H₂O-ból keletkezik, a duzzadócement legfontosabb alkotórészeinek tekinthetjük.

A duzzadócement gyártására felhasznált bauxitcement átlagos kémiai és számított ásványi összetétele :

SiO ₂	3,68%	2CaOAl ₂ O ₃ SiO ₂ ..	16,78%
Al ₂ O ₃	42,05%	2CaOFe ₂ O ₃	22,05%
CaO	37,21%	CaOTiO ₂	3,57%
Fe ₂ O ₃	12,97%	CaSO ₄	2,17%
TiO ₂	2,10%	CaOAl ₂ O ₃	51,18%
MgO	0,72%	CaO2Al ₂ O ₃	3,57%
SO ₃	1,28%	MgO	0,72%

Kalciumszulfoalumináthidrát képződése

A kalciumszulfoalumináthidrát (3CaOAl₂O₃·3CaSO₄·32H₂O) a cementpép hidroaluminátjai, a gipsz és a mészhidroxid közt végbemenő reakciók eredménye.

Moszkvin (4) közleményei szerint a szulfoalumináthidrát elsősorban a trikálciumaluminát hexahidrátból képződik, de a mészkoncentrációtól és hőmérséklettől függően egyéb hidrátok is résztvehetnek képződésében.

Budnikow (6) szerint a szulfoalumináthidrát képződés akkor veszélyes és akkor teszi tönkre a megszilárdult betont, ill. cementpépet, ha 4CaOAl₂O₃·13H₂O-ból képződik szulfátoldatok hatására.

Moszkvin leírása szerint bizonyíték van arra is, hogy 2CaOAl₂O₃·8H₂O-ból is képződhet szulfoalumináthidrát.

Az, hogy a bauxitbeton szulfátállóbb, mint a magas C₃A tartalmú cementből készült beton, igazolja Budnikow feltevését a káros duzzadásra vonatkozólag. A 4CaOAl₂O₃·13H₂O ugyanis az aluminát ásványokból akkor képződik, ha az oldatnak magas a mészkoncentrációja. Márpedig az aluminátcementeknél normális körülmények közt ez a helyzet nem áll fenn. Az aluminátcement normálkötő s végső hidratációs terméke a

C_3A6H_2O és $Al(OH)_3$. E hidratációs folyamat viszonylag lassan játszódván le a szulfoalumináthidrátnak módjában van oldatból — szilárd fázis részvétele nélkül — képződni s így apró kristályokban válik ki. A képződött szilárd fázis térfogata Moszkvin (4) szerint csak 1,63-szorosa az alaptérfogatnak, a szilárdulás is lassúbb lévén a gélszerű, cementpép enged a duzzadási nyomásnak s a beton illetve megszilárdult cementpép nem megy tönkre.

Abban az esetben azonban, ha a rendszerben szabad mész van jelen — akár mész hozzáadása, akár portlandcement jelenléte következtében, tetrakalciumalumináthidráat képződik, mely a cement gyors lekötését és szilárdulását hozza létre.

A tetrakalciumalumináthidráatból a gipszoldat hatására már nagykristályos szulfoalumináthidráat jön létre, melynek térfogata az eredeti szilárd fázis térfogatának 2,27-szerese. Ez a szulfoalumináthidráat már szilárd fázis részvételével keletkezik a lekötött cementpépben s így abban a duzzadási nyomás a megszilárdult cementet tönkreteszi.

Amíg a kész betonok egyik legnagyobb ellenése a szulfátos vizek hatására képződő kalciumszulfoalumináthidráat, a duzzadócementnél mestersegesen állítjuk elő ezt a vegyületet.

A kalciumszulfoalumináthidráat képződése a betonban úgy megy végbe, hogy a beton pórusaiba behatoló szulfátos víz hatására képződik a vegyület, amely először a beton pórusait tölti ki.

Ezáltal tömörebbé válik a beton, ami a szilárdság ideiglenes megnövekedésében jut kifejezésre. A szulfátos vizek hatására tovább is képződik a szulfoalumináthidráat, a kristályok tovább növekednek, s nem férvén el a beton üregeiben, szétfeszítik azt, először repedések keletkeznek, majd a beton teljesen szétmállik.

Duzzadócement esetében a szulfoalumináthidráat képződés azért nem veszélyes, mert a képződés irányított. Míg korrózió esetén a szulfoalumináthidráat a megszilárdult betonban — amely ellenáll a duzzadási nyomásnak — képződik és a megújuló szulfátbevitel következtében egyre növekszik, a duzzadócementben a szilárdulási folyamat kezdeti szakaszán, vagyis amikor a beton szerkezete még plasztikus, keletkezik a szulfoalumináthidráat és növeli a térfogatot, amelyet a megszilárduló cement stabilizál. A szulfoalumináthidráat képződés a kezdeti, nagy reakciósebesség után lelassul és gyakorlatilag megáll. E jelenséget a cement összetétele szabályozza s nincs szükség duzzadást fékező anyagra.

A duzzadócement hidratációs folyamatai

A Szovjetunióban előállított Michailow-féle duzzadócement-tetrakalciumalumináthidráat (mészhidráat és bauxitcement egymáshatásából) stukatúrgipsz és alumínacment keverékéből áll. E komponensekből víz jelenlétében kalciumszulfoalumináthidráat keletkezik, az előző fejezetben tárgyalt meggondolások alapján. E cementnél a stukatúrgipsz kötése biztosítja a gyorskötést s a cement tulajdonképpeni szilárdulása csak néhány órával ezután kezdődik.

A Magyarországon előállított duzzadócementnél a gyorskötési, szilárdulási és duzzadási folyamatokat egy keverékből és egymás folyamánaképp indítjuk meg s az egyes folyamatokat a reakciósebességek változtatásával szabályozzuk. A reakciósebességek részben a jelenlévő anyagok mennyiségének, részben azok oldódási sebességének függvénye. Az oldódási sebességet az órlési finomsággal szabályozzuk.

Az alumínacmentből, gipszből és mészhidráatból álló reakcióelegyhez vizet adva megindul a mészhidráat oldódása s az alumínacment hidratációja. A két anyag egymáshatásából $4CaOAl_2O_3 \cdot 13H_2O$ képződik s a cement igen gyorsan, 3—4 perc alatt megköt. Ezen idő alatt a gipsz oldódása is megindul és a $4CaOAl_2O_3 \cdot 13H_2O + 3CaSO_4 \cdot 2H_2O + aq = 3CaOAl_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 32H_2O + Ca(OH)_2$ reakcióegyenlet alapján megindul a szulfoalumináthidráat képződés.

A $4CaOAl_2O_3 \cdot 13H_2O$ képződés az oldat mészhidráat tartalmának függvénye. Amíg a mészhidráat tartalom nem túl nagy, a cement gyorskötése bekezdkezik ugyan, de a szulfoalumináthidráat képződés számára a kezdeti időben nincs elegendő tetrakalciumalumináthidráat jelen, ezért a cementnek csak lassú, fokozatos duzzadása következik be. Ezen idő alatt a cementpép szilárdulása előrehalad s ha a szilárdsága nagyobb, mint a duzzadási nyomás, a megszilárdult beton nem megy tönkre.

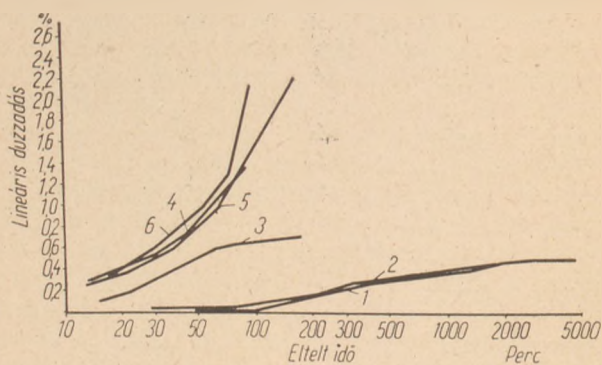
Abban az esetben azonban, ha a mészhidráat mennyisége egy kritikus értéket túllép, a tetrakalciumalumináthidráat és szulfoalumináthidráat képződésének sebessége olyan nagy lesz, hogy ez a cementkő teljes szétmállásához vezet.

A megfelelő mennyiségű mészhidráat adagolása esetén a kötés kezdete 3—4 perc alatt megkezdődik s egy-két percre rá befejeződik, majd a cementkő egy óra múlva vízbe téve megkezdí duzzadást és szilárdulását. A vízbehelyezéskor a cementtest még nem egészen kemény, körömmel benyomható s így engedni tud szétesés nélkül a mérsékelt duzzadási nyomásnak.

A káros mennyiségű mészhidráat adagolásakor is gyors a kötés, de a szulfoalumináthidráat fellátítja a cementpép szerkezetét. A cementkő 1 óra után vízbe téve a vizet igen erősen elkezdí magába szívni, erősen duzzadásnak indul, felpuhsul, először repedések jelennek meg rajta, majd teljesen sárrá válik. Amennyiben a próbatesteket tömegükhöz képest nem túl sok vízbe helyezzük, a vízben másnapra nagymennyiségű mész, alumíniumhidroxid és gipszkiválást találunk, mely a felbomlott szulfoalumináthidráatból keletkezett. A szétmállást azonban nem kerülhetjük el akkor sem, ha a testeket 1 óra helyett 1 nap múlva helyezzük vízbe. A kötésvíz ugyanis csak a folyamatok megindításához elég, majd a képződő szulfoalumináthidráat elhasználja a szilárdulásra fordítandó vizet s a folyamatok gyakorlatilag megállnak. Mikor ezután a reakcióelegy újból vízhez jut, a lelassult folyamatok újból teljes sebességgel megindulnak. A duzzadási folyamatot elősegítik még a fellazult szerkezet következtében előálló nagymértékű kapilláris jelenségek is.

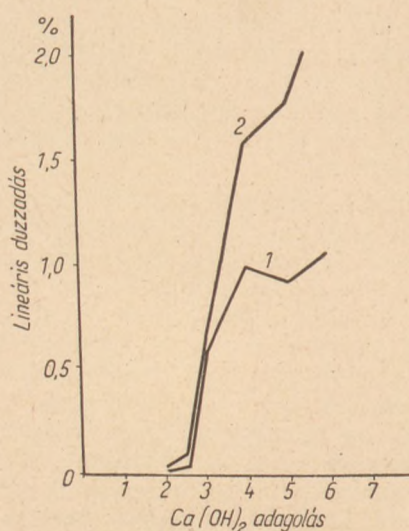


3. ábra. Kalciumszulfoalumináthidráttal kivirágzás a duzzadó cement próbatest felületén. (50×-es nagyítás)



4. ábra. Mészhidrát adagolás hatása a duzzadásra

Gipsz, %	1	2	3	4	5	6
Mészhidrát, %	25	25	25	25	25	25
Bauxitcement	2	2,5	3	4	5	6
		ad 100 %.				



5. ábra. Mészhidrát adagolás hatása a duzzadásra
1. vízbehelyezés után 1 órával, 2. vízbehelyezés után 2 órával

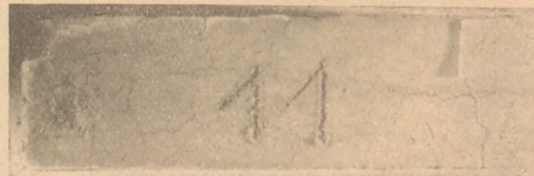
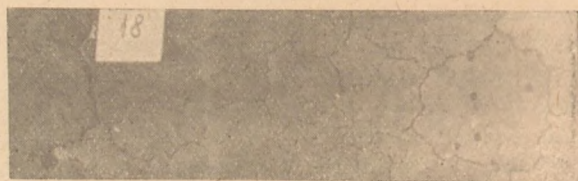
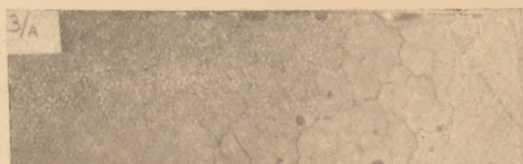
Nagyobb mennyiségű szulfoalumináthidráttal képződése esetén a szulfoalumináthidráttal túlalakú sugaras kristályok formájában a duzzadó cementtest felületén kivirágzik (3. ábra).

Kísérleteink során egyik legfontosabb kérdés volt a mészhidrátadagolás mértékének megállapítása.

A mészhidrátmennyiségnek a duzzadás folyamatára gyakorolt hatását a 4. és 5. ábra mutatja.

Mint az ábrákon látható, 2,5% mészhidrát tartalomig a vízbehelyezés után a duzzadás lassan megindul és egyenletes ütemű lassú emelkedést mutat. Ezen mennyiség alatt a mészhidrát csak kis mértékben befolyásolja a duzzadást. 3% és ezen felüli hidrátadagolás esetén a duzzadás a vízbehelyezés után néhány perccel megindul és rohamosan nő, a duzzadásmérő óra mutatója szemmel látható sebességgel pörög, majd a próbatest 1 1/2–3 óra múlva szétmállik.

A duzzadási repedéseket és a próbatest szétmállásának jellemző képét mutatják a 6., 7., 8. és 9. fényképfelvételek.

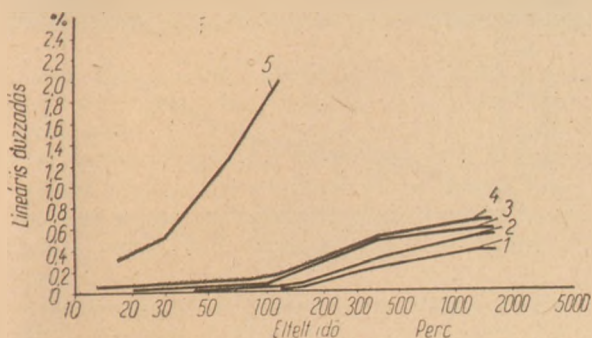


6., 7., 8. és 9. ábra. Mészhidrát túladagolás hatására tönkrement duzzadó cementtestek

6-os ábrához: 3% mészhidrát, 7-es ábrához: 3,3% mészhidrát, 8-as ábrához: 5% mészhidrát, 9-es ábrához: 10% mészhidrát

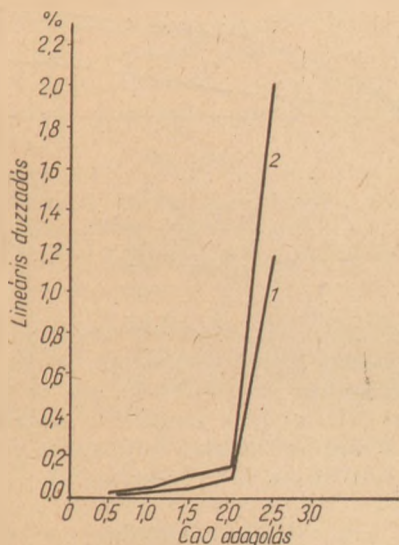
A duzzadócement gyártásakor zavarokat okozhat, ha valami módon az anyagok égetett mésszel szennyeződnek, mert az égetett mész CaO tartalma nagyobb lévén a méshidrátnál, kisebb mennyisége is előidézi a káros duzzadást (10. és 11. ábra).

A kötésidőt a méshidrátagolás csak addig változtatja, míg a tetrakalciumalumináthidráthat keletkezési sebessége elér egy bizonyos koncentrációt, amely után már nem változik lényegesen. Ez a koncentráció közel egybeesik a káros duzzadást előidéző méshidrátagolás mennyiségével (12. ábra).



10. ábra. CaO hatása a duzzadásra

	1	2	3	4	5
Gipsz, %	25	25	25	25	25
CaO, %	0,5	1	1,5	2	2,5
Bauxitecement		ad 100%			



11. ábra. CaO hatása a duzzadásra

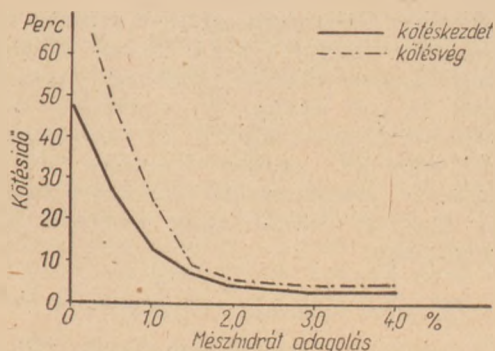
1. Vízhelyezés után 1 órával, 2. Vízhelyezés után 2 órával

A gipszadagolás változtatásával jól szabályozható a duzzadás mértéke anélkül, hogy káros duzzadás (repedezés) állna elő.

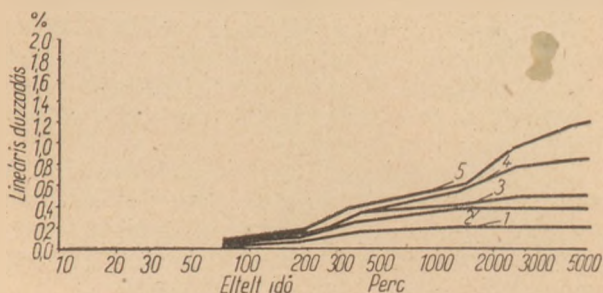
A gipszadagolás szabályozásával nemcsak a duzzadás abszolút nagysága, hanem időbeli lefolyása is megváltozik.

Míg 25% alatti gipszadagolásnál a 24 órás, 48 órás és maximális duzzadási értékek közt alig mutatkozik eltérés — 25% feletti gipszadagolás mellett a duzzadás időben is elhúzódik (13. ábra).

Egyébként mint a 14. ábráról látható, a duzzadás mértéke a hasznos duzzadás felső határáig a gipszadagolás függvénye.

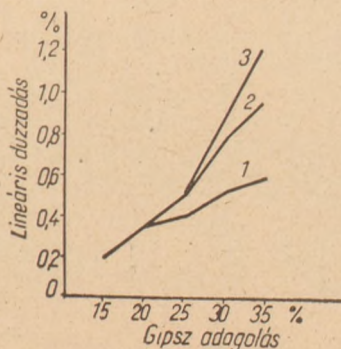


12. ábra. Kötésidő változása a méshidrátagolás függvényében



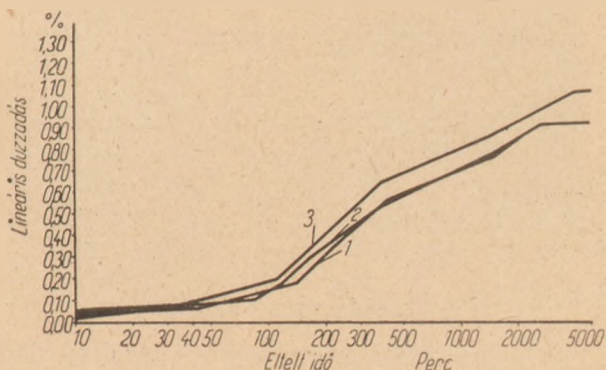
13. ábra. Gipszadagolás hatása a duzzadásra

	1	2	3	4	5
Gipsz, %	15	20	25	30	35
Méshidrátagolás, %	2	2	2	2	2
Bauxitecement		ad 100%			



14. ábra. Gipszadagolás hatása a duzzadásra

1. duzzadás 24 óra múlva, 2. duzzadás 48 óra múlva, 3. maximális duzzadás



15. ábra. Gipsz őrlésfinomságának hatása a duzzadásra

1. A gipszből 4900-as szitán átesett	10%
2. A gipszből 4000-as szitán átesett	25%
3. A gipszből 4900-as szitán átesett	50%

Végezetül tisztázásra szorul a gipszkő őrlés-finomságának szerepe. A 15. ábrán különböző finomságú gipsszel készült próbatestek duzzadását mutatjuk be. A legnagyobb duzzadást a legfinomabb őrlésű gipsz adja. A durvább gipszörlemények már kb. azonos duzzadási mértéket mutatnak. Az eredményeket összevetve megállapítható, hogy az őrlésfinomság hatása a duzzadásra nem nagy.

A káros duzzadás megszüntetése

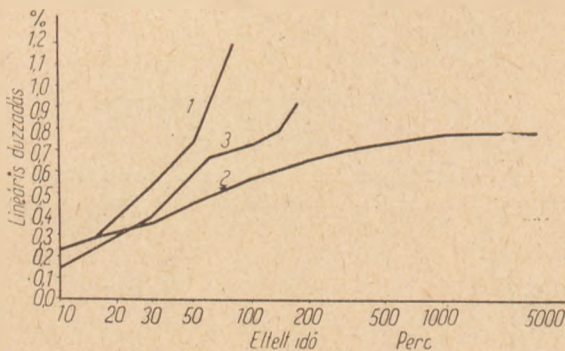
Ha a cement gyártását nem végzik kellő gondossággal, előfordul, hogy mésztúladagolás következtében a cement károsan duzzadó lesz. Ez esetben a mésztúladagolás több módon csökkenthető és a cement használhatóvá tehető.

1. *Tárolás:* Hosszabb ideig történő tárolás esetén a méshidrátnak karbonizálódik és megszűnik a káros duzzadás. E módszernek hátránya, hogy hosszadalmas és a túlduzzadás megszűnte után a kötési idő is erősen lelassul.

2. *Alumínátcementtel történő összekeverés:* A kész cementet laboratóriumban előre megállapított mértékben újabb alumínátcement- és gipsz mennyiséggel össze kell keverni, hogy a mész arányos mennyisége a káros érték alá csökkenjen.

3. *Mészet lekötő anyagok hozzákeverésével:* Az irodalom igen sok helyen a kohósalakot javasolja duzzadásfékező anyagnak. Az alumínátcement alapú duzzadó cementnél a módszer nem használható, mert a kohósalak és mész közti kölcsönhatás sebessége kisebb, mint a tetrakalciumalumináthidrátnak és kalciumszulfoalumináthidrátnak képződésének sebessége.

Abban az esetben azonban, ha dinátrium-hidrofoszfátot adunk a cementhez, a méshidroxid oldhatatlan foszfát alakjában kicsapódik s a káros duzzadás megszűnik (16. ábra).



16. ábra. Káros duzzadás fékezése

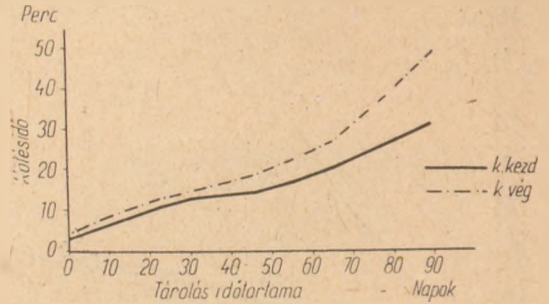
Gipsz, %	1	2	3
Mészhidrát, %	25	25	25
Bauxitcement, %	4	4	4
Dinátriumhidrofoszfát, %	—	ad 100	—
Kohósalak, %	—	2,25	—
			20

A duzzadó cement tárolása

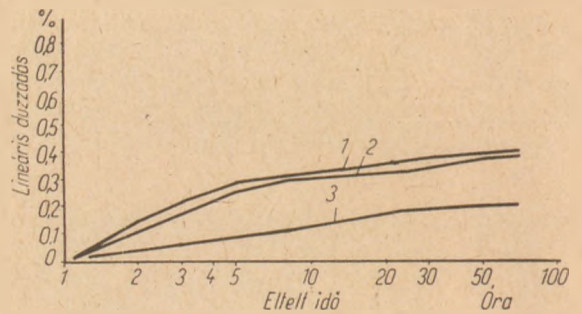
A gyorsankötő duzzadó cement tárolása alatt veszt értékéből, amely elsősorban a kötési idő elhúzódásában jut kifejezésre. Amint a 17. ábrából látható, kb. 3 hónap alatt gyorskötési képességét lényegében elveszíti, amely pedig sok esetben

rendeltetésszerű felhasználásának egyik előfeltétele.

Mivel a gyorskötő képesség a cement egyik komponensének, a méshidrátnak karbonitációjával függ össze, nyilvánvaló, hogy ez a folyamat a duzzadás mértékét is befolyásolja bizonyos idő elteltével. Számos vizsgálatunk azt bizonyítja, hogy ez a hatás 3 hónapot meg nem haladó idő alatt nem számottevő és kb. 1 év alatt következik be lényeges duzzadáscsökkenés (18. ábra).



17. ábra. Kötési idő a tárolási idő függvényében



18. ábra. Összefüggés a cement tárolási ideje és a duzzadás között

1. 7 napig tárolt cement, 2. 30 napig tárolt cement, 3. 1 évig tárolt cement

A karbonizációt megfelelő csomagolástechnikával jelentősen lehet csökkenteni, ez azonban erősen megdrágítaná a cementet, így célszerűbb a gyártás és felhasználás megfelelő összehangolása mellett a duzzadó cementet 3 hónapnál nem hosszabb tárolási idő mellett felhasználni.

Korrózióállóság

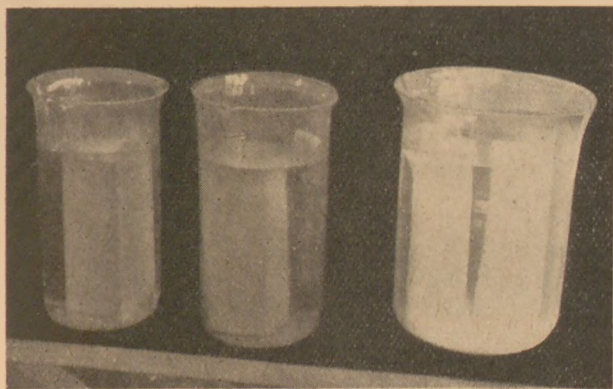
Mint várható volt, a bauxitcement alapú duzzadó cement SO₄ hatására bekövetkező korrózióállósága jobb, mint a portlandcementeké.

Ezt bizonyítandó kísérleteket végeztünk, melyeket az alábbiakban mutatunk be.

A 19. ábra tájékoztató gyorskorróziós vizsgálatot mutat 5%-os H₂SO₄ oldatban. Míg a duzzadó cementnél (A és B) alig mutatkozik oldódás, az összehasonlító portlandcement testek néhány óra alatt erőteljes tönkremenetelt mutatnak.

A 20., 21., 22. ábrákon 3 éves kísérlet eredményét dokumentáljuk.

1955. novemberében 500-as tatai p. c.-ből készült 28 napos cementtestet és 2 duzzadó cementből készült 4 napos próbatestet helyeztünk el 5000 mg/l Na₂SO₄-et tartalmazó oldatba. Amint lát-



19. ábra. Gyorskorróziós vizsgálat 5%-os H_2SO_4 oldatban
A és B duzzadócementtestek, C jelű 500-as tatal portlandcementtest

ható, az összehasonlító p. c. próbatest jellegzetes szulfátkorróziós tönkremenetelt mutat a víz — levegő határon, a duzzadócement testek azonban teljesen épek, korróziós göcök egyáltalán nem láthatók.

A 20., 21. ábrákon 500 mg/l, illetve 1000 mg/l. Na_2SO_4 oldatba merített p. c. és duzzadócement testek láthatók. Itt az összehasonlító p. c. próbatestek is épek.

A duzzadócement hosszabb időre kiterjesztett vizsgálatai

A duzzadócement hosszabb idő alatti viselkedésére 1 éves laboratóriumi eredmények állnak rendelkezésre. A szilárdság, mint a 23. ábra mutatja, 28 napig jelentősen emelkedik, majd lassú csökkenést mutat.

Itt meg kell jegyeznünk, hogy Szkramtajevo és Kravcsenkó (7) azon közleménye, hogy gipszbauxitcement alkalmazása esetén megszűnik az aluminátcement szilárdságviisszaesése, a mi esetünkben nem érvényes.

A szovjet bauxit és gipszbauxitcementet összehasonlítva is fennáll a szilárdságviisszaesés, csak ez kb. 20%-kal kisebb mértékű, mint tiszta bauxitcement mellett.

A duzzadás mértékének változását a 24. ábra mutatja. Itt igen jól érvényesül a gélek vízfelvevétele és leadásának hatása, mert a víztárolás megszűnte után a duzzadás visszamegy, 3 hónapig egészen csekély csökkenést mutat, majd gyakorlatilag megáll.

A DUZZADÓCEMENT GYAKORLATI ALKALMAZÁSA

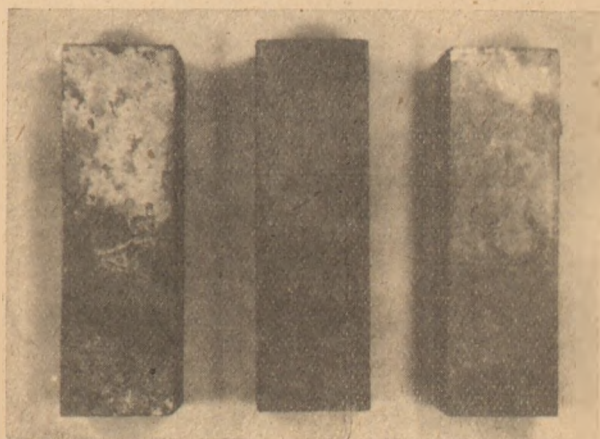
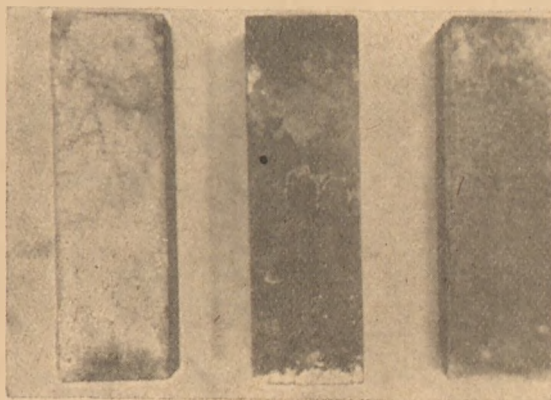
A gyakorlati alkalmazás alagútszigetelésnél

Amint a bevezetésben említettük, a duzzadócementet tübingek közötti illesztési hézagok tömítésére használtuk.

Az illeszkedő felületek felső része úgy van megmunkálva, hogy két tübingelem összeillesztésénél egy 12 mm széles 36 mm mély csatorna az ún. illesztési horony jöjjön létre. Ehbe a csatornába dolgozzák be a duzzadócementet.

A duzzadócement bedolgozása előtt a horony oldal felületeit homokfúvóval fémtisztára dolgozzák le, a cement és a vas közötti jó kötés biztosítása érdekében.

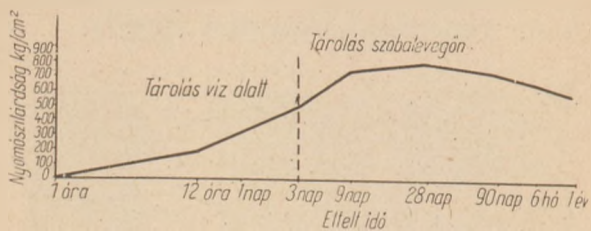
A bedolgozásra kerülő duzzadócementből — tekintettel a gyors kötésre — csak igen kis adagokat kevernek egyszerre. A 25. ábra a duzzadócement keverését mutatja. Általában 1—1½ kg az a mennyiség, amely a keverés és kötéskezdet ideje között bedolgozható. A keverés ilyen körülmények között csak kézierővel történhet.



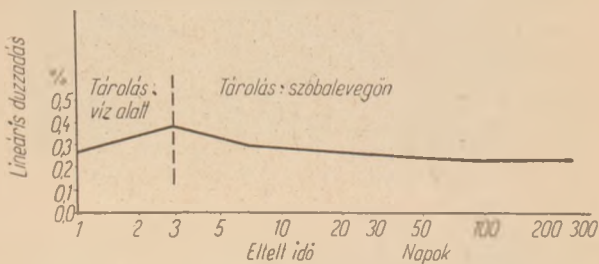
20., 21. és 22. ábrák. Különböző töménységű Na_2SO_4 oldatban 3 évig tárolt próbatestek
A és B duzzadócement testek, C tatal 500-as portlandcementtest

20-as ábrához 500 mg/l Na_2SO_4 , 21-es ábrához 1000 mg/l Na_2SO_4 ,
22-es ábrához 5000 mg/l Na_2SO_4

Duzzadócement tömítések szokatlanul alacsony vízcement tényező mellett készülnek. Ha a horonyban a bedolgozás idején vízszivárgás van, az első duzzadócement réteghez egyáltalán nem adnak vizet. A további rétegeknél, illetve a bedolgozás időpontjában száraz hornyoknál a cement súlyára vonatkoztatott 12—20% vízmennyiséggel nedvesíthető. A csekély vízadagolás összefügg a bedolgozás módjával.



23. ábra. Duzzadócement szilárdulása



24. ábra. Duzzadás az idő függvényében

A bedolgozással olyan tömörséget kell elérni, amely nemcsak a cement kiváló vízzárósági tulajdonságainak teljes kihasználását biztosítja, hanem a kötés kezdeti stádiumában, amikor még számottevő szilárdság és vízzáróság nem várható (1/2 órán belül), megfelelő tömítőhatást biztosítson. Ezt a nagyfokú tömörséget gépi tömörítéssel érjük el.



25. ábra. Duzzadócement keverése

A kézi erővel elhelyezett kis nedvességtartalmú cementpépet 5 kg súlyú, speciális döngölőfejjel ellátott présleg-döngölővel tömörítik (26. ábra). A tömörítést mindaddig folytatják, amíg a duzzadócement réteg ércesen csengő hangot és fényes felületet nem ad. Ez a művelet a vízhozzáadástól számítva nem vehet igénybe több időt, mint a cement kötéskezdet. Ha ugyanis a kötéskezdet után mechanikai behatás éri a cementet, a kötés elhúzódik, ezzel veszélyezteti az azonnali tömítőhatást. Így egyidőben csak rövid szakasz — 1—1,5 horonyfolyóméter — vehető munkába.

A teljes horonykeresztmetszet 3—4 réteg bedolgozása után telik meg.

A bedolgozási mód ismeretében érthetővé válik az alacsony vízcementtényező alkalmazása. Nagyobb vízcementtényező mellett ugyanis nem lehetséges a leírt nagyfokú tömörítőmunka végrehajtása, mivel a lágyabb konzisztenciájú pép „kitérne” a tömörítő erő hatására tömörödés helyett.

Az elkészült duzzadócement tömítést 3 napon keresztül naponta 5 alkalommal vízzel permetezik, utókezelés gyanánt.

Előfordulnak olyan esetek is, amikor a tömítendő hornyon keresztül az 1—1½ atm. nyomás alatt álló víz olyan erős sugárban tör be, hogy a behelyezett száraz duzzadócementet azonnal átáztatja, és a tömítés nem hajtható végre. Ilyen esetekben korábban ólomtömítést alkalmaztak. Rövid idő múlva azonban az ilyen ólomtömítések szivárgásnak indultak — amint a bevezetésében említettük alapján ez várható volt — az ólom korrodálása miatt. Újabbban ilyen esetekben az ólomot csak ideiglenes tömítésre használjuk (27. ábra). A tübing homloklapok közé dolgozott ólomcsikkal kizárjuk a betörő vizet, majd a horonyba duzzadócement tömítést helyezünk a szokásos



26. ábra. Duzzadócement tömörítése pneumatikus kalapáccsal

technológia mellett. A duzzadó cement megszilárdulása után az ólom tömítő hatására már nincs szükség, tehát annak korróziójából nem származik kár.

Az elkészült duzzadó cement tömítések átvételének feltétele a szivárgásmentesség. Nagyobb alagútszakaszok átvételénél néhány helyen mutatkozott szivárgás. A tömítés megbontása után a hibás helyek nagyobb részénél azt tapasztaltuk, hogy a hibát a nem megfelelő módon végrehajtott rozsdátlanítás okozta. A benthagyott rozsdarétegek meggátolták a duzzadó cement és a vasfelület kötését és kivezették a vizet.

Hibát okoz a megfelelő tömörítés hiánya is. Bár a normál konzisztenciájú ($v/c = 0,27-0,30$) duzzadó cement 24 órás korban 10 atm. víznyomással szemben vízzáró, mégis szükséges maximálisan tömörített tömítés készítése olyan esetekben, amikor a feladat élő vízszivárgás azonnali tömítése. A nem megfelelően tömörített tömítést ugyanis friss állapotban a nyomás alatt álló víz mechanikai hatása megbontja, járatokat hoz létre, amelyeken keresztül a szivárgás akadályoztatás nélkül folytatódik.

A duzzadó cement egyéb felhasználási területei

Ezideig duzzadó cementet hazánkban csak a földalatti vasút szigetelési munkáinál használtak fel. A Szovjetunióban, ahol ez az anyag nagyobb mértékben használt, számos fontos alkalmazása van. Ezek ismertetése elősegíti a hazai alkalmazás kiterjedését is.

1. Beton és vb. szerkezetek repedésokozta szivárgásának tömítése

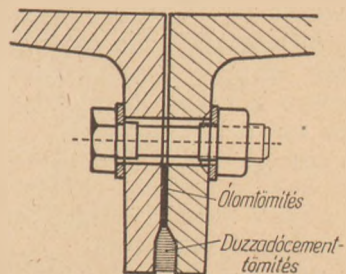
Gyakran előfordul, hogy talajvízszint alatt álló betonfalak, vagy pl. vb. víztartályok megrepednek. Ezeket sikeresen lehet javítani duzzadó cementtel.

A javítás előtt a repedést ki kell vésni úgy, hogy kb. 10 mm széles, 30—40 mm mély trapézkeresztmetszetű horony alakuljon ki. Ezt a hornyot az alagútszigetelésnél ismertetett módon kell duzzadó cementtel tömíteni. Ha a horonyban erős, nyomás alatti szivárgás van, a vizet legalább 1 órai időtartamra egyéb módon el kell zárni. Ezt lehet cementinjektálással, vízszintsüllyesztéssel, vagy egyéb módon végezni. Legegyszerűbb ilyen ideiglenes tömítési mód az alagútszigetelésnél már ismertetett ólomcsík beverése a repedés azon mélyebb részébe, amely nincs horonyszerűen kiképezve. A duzzadó cement tömítés ilyenkor teljesen vízmentes körülmények között végezhető el; az ólom elkorrodálása után a kedvező körülmények között szilárdult duzzadó cement biztosítja a tömítést.

2. Vasbetonnyomócsövek készítése

A fémből készült magasnyomású nyomócsöveket mind gyakrabban helyettesítik vasbetonnal. A vékony vasbeton-csőfalak vízzáróképzése csak különleges betonozási technológiával lehetséges, de még így is számos hibaforrás fordul elő.

A megfelelő vízzáróságot duzzadó cement alkalmazásával sikerült megoldani. A vasbeton csövek külső falára 12 mm vastag duzzadó cementréteget hordtak fel torkret eljárással. Így elérték, hogy a nyomócsövek 10—15 at. víznyomással szemben is vízzárónak bizonyultak. További előnyként jelentkezett a duzzadó cement gyorskötő és gyorsan szilárduló képessége, amely lehetővé tette, hogy az így kezelt nyomócsöveket már néhány nap múlva használatba vegyék.



27. ábra. Ólom-duzzadó cement kombinált tömítés erős vízszivárgásnál

3. Gépek felerősítése gépalapokra

A frissen készült portlandcement-beton gépalapok zsugorodása miatt előfordul, hogy az alap és a gép közötti merev kapcsolat megszünik. Ennek helyreállítására duzzadó cement-habarcot használtak, amelyet speciális injektor segítségével juttattak be a keletkezett hézagba.

A gyors szilárdulás lehetővé teszi, hogy a gépeket néhány nap múlva használatba vegyék.

4. Vízvezetékcsövek csatlakozása

Az ólommal való takarékoskodás érdekében vízvezetékcsövek csatlakozásait portlandcementtel és azbeszttel tömítik. A p. c. habarc zsugorodása miatt azonban az ilyen tömítés nem minden esetben vízzáró; emellett a p. c. beton hosszabb szilárdulási idejét is ki kell várni, mielőtt az ilyen csőszakaszt nyomás alá vehetnék.

Duzzadó cement alkalmazása ilyen esetekben is jó eredményeket mutatott. Egy 4 km hosszú vízvezeték szakaszon duzzadó cement tömítést alkalmaztak. A csatlakozásoknak csak 30%-át tömítették az árokban, míg 70%-át a terepen. Két-három csövet merev szakaszokká dolgoztak össze, melyeket azután az árokban összeillesztettek. A duzzadó cement gyors szilárdulása következtében a csöveket néhány nap alatt bekapcsolhatták a hálózatba.

5. Épületek helyreállítása

A háború alatt több ízben alkalmaztak duzzadó cementet bombakárt szenvedett épületek gyors helyreállításához. Megrongálódott vasbetonszerkezeteken keletkezett kisebb-nagyobb betonhiányokat duzzadó cement-betonnal pótoltak. A beton duzzadása biztosította a szerkezet monolit jellegét, emellett a beton gyors szilárdulása lehetővé tette a szerkezet gyors használatbavételét. Megjegyezzük, hogy ez a megoldás nem biztos,

hogy végleges jellegűnek fogadható el, tekintettel a bauxitcement alapú duzzadócement várható szilárdságvisszaesésére, amint még erre rá fogunk mutatni. Mindenesetre háborús körülmények között az eljárás jó szolgálatot tett, mert bizonyos esetekben gyors, hatékony eljárásnak bizonyult.

A duzzadócement felhasználásának bizonyos korlátai is vannak. Ezek két tényezőtől adódnak:

a) A duzzadócement fő komponense a bauxitcement. A bauxitcement ismert átkristályosodási hajlama miatt szerkezeti betonok anyagaként nem használható fel. A hazai duzzadócementtel még nem szerezhettünk olyan sokéves tapasztalatot, amelynek alapján megállapíthatnánk, hogy a bauxitcement melletti komponensek hogyan befolyásolják ezt a tulajdonságot.

Szovjet szerzők szerint (Szkramtajev és Kravcsenkó) a gipsz-bauxitcement időben stabil, mely megállapításokat 5 éves kísérletsorozat után tették (l. épületek helyreállítása).

b) A gyorsankötő duzzadócement exotermiája még a bauxitcementénél is nagyobb. A hőfejlődés igen rövid idő — kb $\frac{1}{2}$ óra — alatt zajlik le. Nagyobb vastagságú betontestek tehát erősen túlmelegednek. A túlmelegedés káros hatása ebben az esetben súlyos következményekkel járhat. Tartózkodni kell tehát nagyvastagságú duzzadócementtestek készítésétől; maximális vastagsági méretként 10 cm ajánlható. Téli alkalmazásnál ez a méret 20—25 cm-re növelhető. Abban az esetben azonban, ha speciális, lassabban kötő és szilárduló, tehát lassúbb hőleadású cementet készítünk, ilyen vastagsági korlátozásokra nem lesz szükség.

IRODALOM

- (1) *Kühl*: Zementchemie, 1952.
- (2) *Buzágh*: Kolloidika.
- (3) *W. W. Michailow*: Vízhatlan duzzadócement és alkalmazása az építészetben. Moszkva. 1951.
- (4) *Moszkvin*: Betonkorrozó. Moszkva. 1952.
- (5) *Lafuma*: Duzzadó cementek. Chemistri of Cement. 1950.
- (6) *Budnikow—Kravcsenkó*: A kalciumszulfát hatása a CaOAl_2O_3 és $5\text{CaO}3\text{Al}_2\text{O}_3$ kalciumaluminátok hidratációs folyamatára.
- (7) *Szkramtajev—Kravcsenkó*: Gipszbauxitcement mint duzzadócement. Sztrouitelnij Materialov. 1956. 3. szám.
- (8) *Kühl*: Duzzadócement. Silikattechnik. 1955. 11. szám.
- (10) A duzzadócementről. Zement Kalk Gips. 1956. 7. szám.
- (11) *Hummel—Charisius*: Zsugorodásszegény cement és duzzadócement. Zement Kalk Gips. 1949. 2. sz.
- (12) *Macken*: Kötés, szilárdulás, duzzadás. Zement Kalk Gips. 1953. 3. sz.
- (13) *Budnikow—Kossyrewa*: Duzzadó portlandcement

hidrosulfoaluminát képződés nélkül. Silikattechnik. 1953. 3. sz.

- (14) Duzzadócement. Zement Kalk Gips. 1952. július.
- (15) Duzzadócement magnéziumhidroxiddal. Zement Kalk Gips. 1954. dec.
- (16) Nagyenergiájú duzzadócement. Cement and Lime. 1958. 4. sz.
- (17) *Talabér*: Az alumínátcementek és azok kötésénél és szilárdulásánál lejátszódó fiziko-kémiai folyamatok. Építőanyag. 1956. 5., 6., 8., 9. sz.

Dolezszai Károly és Kelemen János: DUZZADÓ-CEMENT.

A magyar gyorsankötő és gyorsan szilárduló duzzadócementet sikerült üzemileg előállítani. Ezzel olyan különleges cementet nyertünk, amely mint mélyépítési tömítőanyag, ólmot helyettesít.

A közel 4 éves gyakorlati tapasztalatok — amelyek a földalatti vasút öntöttvas-tübing alagútjainak szigetelésén alapulnak — kedvező eredményt mutatnak.

Ezen tapasztalatok alapján egyéb területeken is felhasználható a duzzadócement, elsősorban tömítési, szigetelési célokra.

Vasbetonszerkezetek beton-anyagaként a duzzadócementet — a bauxitcement ismert tulajdonságai miatt — végleges jellegű szerkezetekhez nem ajánljuk felhasználni.

Кароль Долежаи и Янош Келемен: ВСПУЧИВАЮЩИЙСЯ ЦЕМЕНТ.

Заводское производство быстротвердеющего и быстрохватывающего цемента. Получение специального цемента, ивпользуемого в качестве тампонажного материала вместо свинца при строительстве подземных сооружений.

Удовлетворительные результаты получились на основе опыта изоляции чугунных туннелей подземной железной дороги в течении 4 лет. На основе этих опытов вспучивающийся цемент может использоваться также в других областях, преимущественно для уплотнения и изоляции.

В качестве бетонного материала к железобетонным конструкциям — вследствие известных свойств глиноземистого цемента — вспучивающийся цемент не рекомендуется использовать к конструкциям окончательного характера.

Dolezszai, K., Kelemen, J.: DER SCHWELLZEMENT.

Die betriebliche Herstellung des ungarischen schnellbindenden und frühhochfesten Schwellzementes ist gelungen. Dieser Sonderzement — als Tiefbaudichtungsmaterial — ersetzt das Blei.

Die Ergebnisse der beinahe 4-jährigen Erfahrungen — die wir bei der Verdichtung des Gusseisen-tübingtunnels der Untergrundbahn erworben haben — sind günstig. Auf Grund dieser Erfahrungen können wir den Schwellzement auch anderwärtig verwenden, in erster Linie für Verdichtungen und Isolierungen.

In den Eisenbetonkonstruktionen ist die Verwendung des Schwellzements als Bindematerial des Betons — wegen der bekannten Eigenschaften des Bauxitcements — bei definitiven Konstruktionen nicht zu empfehlen.

Építőanyagtervezés és a népgazdaság ágazati kapcsolatainak mérlege

Dr. KÁDÁR IVÁN

A népgazdasági ágak egymásközötti kapcsolatai a „ráfördítés-kibocsátás” módszer igénybevételével mutathatók ki. Ez a módszer lényegében a népgazdaság sakkáblamérlegének továbbfejlesztése. Lehetővé teszi azon technológiai arányok matematikai módszerrel történő kimunkálását, amelyek a társadalmi termelés zavartalan menetéhez szükségesek. Az ily módon végzett számítások jelenősége különösen megnőtt azáltal, hogy hazánkban rövidesen használatba vesszük a Szovjetunió segítségével készített elektronikus számológépet.

Ez a módszer, amely az egyes népgazdasági ágak technológiai kapcsolatait (tehát elsősorban azt, hogy az egyik ágazat kibocsátása a másik ágazat ráfordításának forrása) négyzetes matrixban ábrázolja, különös jelentőséggel bír az anyagtervezés területén.

Míg a jelenlegi tervmetódika az anyag- és termékmérlegeket utólag egyezteteti, addig a ráfordítás-kibocsátás módszer segítségével mód nyílik arra, hogy a népgazdasági ágak kapcsolatait zárt rendszerbe foglalva, egyidőben tárjuk fel az egyes ágak közötti közvetlen és közvetett mennyiségi összefüggéseket.

Igy lehetővé válik, hogy ne csupán közvetlen termelési kapcsolatokkal számoljunk (pl. a betonelemgyártás szénszükséglete), hanem e kapcsolatok teljes vertikálisával (az előbbi példánál maradva a betonelemgyártásnál felhasznált villamosenergia, cement, adalékanyagok, betonacél stb. szénszükséglete). Tehát a bekövetkező változások teljes továbbgyűrűzését nyomon tudjuk követni.

A Központi Statisztikai Hivatal által elkészített, 46 × 46-os népgazdasági matrix munkálataihoz illeszkedve, az Építéstechnikai és Építésgazda-

sági Iroda elkészítette az építőipar és építőanyagipar ágazati kapcsolatait magábfoglaló submatrixokat. A cikkben belül csupán a számítások anyagtervezési vonatkozásaival kívánunk foglalkozni.

Munkánk során az építőipar, illetve építőanyagipart az alábbi ágazatokra bontottuk:

1. Építőanyagipar:
 - a) Téglacserép- és tűzállóanyagipar.
 - b) Kő- és kavicsbányászat.
 - c) Mész- és cementipar.
 - d) Betonelemgyártás.
 - e) Finomkerámia- és csiszolókorongipar.
 - f) Üvegipar.
2. Építőipar:
 - a) Magasépítés.
 - b) Épülettartozás és karbantartás.
 - c) Út- és vasútépítés.
 - d) Útfenntartás.
 - e) Vasútfenntartás.
 - f) Hídépítés és fenntartás.
 - g) Vízépítés.
 - h) Földalatti létesítmények építése.
 - i) Építési szakipar.
 - j) Villanszerelőipar.
 - k) Víz-, gáz-, központi fűtészerezőipar.

Igy az építőanyagipar építőanyagipari fogyasztása 6 × 6-os, az építőipar építőanyagipari fogyasztása 6 × 11-es matrixban jelentkezett. A két matrix technikai koefficiensekben* mutatkozó számszerű ábrázolása a következő:

* A technikai koefficiens azt mutatja, hogy valamely termék előállításához az egyes népgazdasági ágak termékeiből — százalékos arányban kifejezve — hány egységre van szükség.

Építőipar építőanyagipari ráfordítása

1. táblázat

	Tégla- és cserépipar	Kő- és kavicsbányászat	Mész- és cementipar	Betonelemgyártás	Kerámiaipar	Üvegipar	Építőanyagipar
Építőanyagipar	0,02796	0,00192	0,03985	0,16086	0,06385	0,20412	0,08390
Tégla- és cserépipar	0,01836	0,00048	0,00945	0,00106	0,04508	0,00668	0,01247
Kő- és kavicsbányászat	0,00057	—	0,00026	0,02292	0,00188	0,02178	0,00825
Mész- és cementipar	0,00315	0,00144	0,03014	0,13688	0,01642	0,00203	0,03567
Betonelemgyártás	0,00158				0,00047		0,00052
Kerámiaipar	0,00201						0,00060
Üvegipar	0,00220					0,17363	0,02630

Építőipar építőanyagipari ráfordítása

2. táblázat

	Magasépítés	Épületlata-rozás	Út- és vasút-építés	Út fenntartás	Vasút fenntartás	Híd-építés	Víz-építés	Földalatti lét. építés	Építési szakipar	Villanszerelőipar	Víz-, gáz-, közp. fűtés szer. ipar	Építőipar
Építőanyagipar	0,27028	0,26240	0,08644	0,10295	0,08107	0,09977	0,08721	0,03725	0,12885	0,00377	0,05734	0,17493
Tégla- és cserépipar	0,10606	0,11553	0,00767		0,00013	0,00793	0,01301	0,01165		0,00058		0,05655
Kő- és kavicsbányászat	0,00916	0,00788	0,04523	0,09291	0,01094	0,02269	0,01163	0,00108				0,01847
Mész- és cementipar	0,03200	0,04313	0,02599	0,01004	0,04041	0,03345	0,03516	0,01303	0,00178	0,00145		0,02830
Betonelemgyártás	0,10245	0,03530	0,00461		0,02059	0,03287	0,02326	0,00996		0,00029	0,01498	0,09589
Kerámiaipar	0,00960	0,01020	0,00034							0,00145	0,04236	0,00734
Üvegipar	0,01101	0,05030	0,00252			0,00283	0,00415	0,00153	0,12707			0,01838

A submatrix és a technikai koeficiensek felhasználása többek között azzal az előnnyel jár, hogy

a) az építőipari termelés változatlan belső összetétele mellett az építőanyagipari ráfordítást a 6 ágazat tagolásában külön-külön is megadja;

b) az építőipari termelés összetételének megváltozása esetén, a technikai koeficiensek segítségével kiszámíthatók az egyes építőipari ágazatok megváltozott építőanyagipari ráfordításai, illetőleg az aggregált technikai koeficiensnek a struktúraváltozás következtében jelentkező módosulása.

Az elmondottak alapján nézzünk egy konkrét példát. Az építőanyagipar és építőipar aggregált elemei alapján csupán annyit tudunk mondani, hogy az 1957. év 9150,0 eFt. termelési volumenéhez 1600,6 eFt építőanyagipari felhasználás szükséges. (Ebben a számban nem szerepelnek a házi- és építkezések és a magánépítőipar). A felbontás mondja csak meg, hogy ez a felhasználás a következőképpen oszlik meg:

Tégla- és cserépipar	517,4 eFt
Kő- és kavicsbányászat	169,0 eFt
Mész- és cementipar	258,9 eFt
Betonelemgyártás	419,9 eFt
Kerámiaipar	57,2 eFt
Üvegipar	168,2 eFt
	<hr/>
	1600,6 eFt

A tábla szerint továbbá ismertté lesz az 1600,6 eFt ágazatok közötti megoszlása is. Tervezés esetén induljunk ki pl. 10 000,0 eFt termelési volumenből. Az aggregált elem ismeretében csak az építőanyagipari felhasználás volumenét adhatjuk meg a technikai koeficiensek alapján 1749,3 eFt-ban. A felbontás után ezt a felhasználást is részletezhetjük:

Tégla- és cserépipar	565,5 eFt
Kő- és kavicsbányászat	184,7 eFt
Mész- és cementipar	283,0 eFt
Betonelemgyártás	458,9 eFt
Kerámiaipar	73,4 eFt
Üvegipar	183,8 eFt
	<hr/>
	1749,3 eFt

Ez az eredmény azzal a feltételezéssel jár, hogy a 10 000,0 eFt-os termelés belső arányai ugyanazok, mint voltak a 9150,0 eFt-os termelésnek. Ha ez az arány megváltozik, akkor éppen a submatrix technikai koeficiensei fogják ágazatonként megadni az egyes építőanyagipari ágazatok kibocsátásait. Tételezzük fel például az alábbi arányokat:

Magasépítés	3000,— eFt
Épülettatarozás	1800,— eFt
Út-vasútépítés	1700,— eFt
Útfenntartás	1000,— eFt
Vasútfenntartás	500,— eFt
Hídépítés	200,— eFt
Vízépítés	100,— eFt
Földalatti létesítmények építése	400,— eFt
Építési szakipar	500,— eFt
Villanyszerelőipar	300,— eFt
Víz-, gáz- és központi fűtésszerelőipar	500,— eFt
	<hr/>
	10 000,— eFt

Ez esetben az építőanyagipari felhasználás a következőképpen alakul:

Tégla- és cserépipar	547,0 eFt
Kő- és kavicsbányászat	223,1 eFt
Mész- és cementipar	269,2 eFt
Betonelemgyártás	409,9 eFt
Kerámiaipar	69,4 eFt
Üvegipar	192,9 eFt
	<hr/>
	1711,5 eFt

Az eredmény szemlélteti, hogyan változott meg az építőanyagipar technikai koeficiensének aggregált értéke a belső arányok változása következtében (0,17493-ról 0,17115-re).

A számításokat természetesen folytatni lehet egyrészt az építőipar egyéb iparágakból vett ráfordításaival, másrészt részletesebb bontásban. Megvizsgálható a fordított probléma is, hogy ti. az egyes építőanyagipari ágazatok termelése milyen építőipari tevékenységet tesz lehetővé.

A meglévő adatok alapján lehetővé válik, hogy a különböző szempontok szerint számos tervvariánst készítsünk és lineáris programozással meghatározzuk a leggazdaságosabb tervváltozatot.

Igen fontos támpontokat nyújthat számunkra az előljáróban érintett matrix-invertálás is. Ez annak matematikai végigkövetését jelenti, hogy az egyes szektoroknak kiadott egységnyi rendelés következtében a szektorok mekkora pótrendelés adnak a többi, nekik szállító szektorok, és e pótrendelések miatt milyen másodlagos pótrendelések születnek, ezek miatt milyen harmadlagosak stb. Ezen összes rendelést és pótrendelést összegezzük és az inverz matrix egyik eleme azt mutatja, hogy az egyik ágazatnak feladott egységnyi rendelés összesen mennyi szükségletet fog előidézni a másik ágazat termékéből, valamennyi láncolatos rendelés és pótrendelés összeadása után.

Elkészíthető az anyagtervezés bizonyos kontrollja is, oly módon, hogy az ágazati kapcsolatok mérlegét — a jelenlegi metodikával megtervezett adatok alapján — összeállítjuk a tervidőszakra, ebből a tervmérlegből technikai koeficienseket számítunk, s a tervezés helyességét egyrészt a mérleg egyensúlyával, másrészt a technikai koeficiensek terv- és bázisidőszaki (jelen esetben 1957. évi) értékeinek egybevetésével ellenőrizzük.

A fentiek csupán például kívántak szolgálni arra, hogy a ráfordítás-kibocsátás módszer jól használható az anyagtervek és termelési tervek kívánt összhangjának biztosítása céljából.

A magyarországi vulkanikus kőzetek nyomószilárdsága

L Á Z Á R J E N Ő

A magyarországi vulkanikus kőzetek nyomószilárdsága már évek óta vita tárgyát képezi. Ezen kőzetek nyomószilárdsága a háború előtt végzett mérések alapján kb. 3000—3500 kg/cm² volt. Ugyanilyen értékeket adtak a külföldön végzett mérések is. 1952. évben az Aszfalt és Talajmechanikai Laboratórium megbízást adott az ÉTI-nek szilárdsági vizsgálatok végzésére, melyek meglepetésszerűen — az összes vizsgált kőzeteknél — az addig szokásos értékeknél lényegesen kisebbeket adtak.

Fenti vizsgálatok eredményeinek ellenőrzésére az É. M. Kő- és Kavicsipari Igazgatósága az 1955. évben megbízást adott a Budapesti Műszaki Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszékének, hogy különféle bányák kőzetével szilárdsági vizsgálatokat végezzen. Ezen vizsgálatokat fenti tanszék nagyszámú kőzeten elvégezte és azok eredményei megerősítették az ÉTI által nyert alacsony értékeket. Ugyanily alacsony értékeket adtak az azóta végzett mérések is. Hasonló értékeket adtak 1958-ban az ÉTI mérései, melyeket az Aszfalt és Talajmechanikai Laboratórium részére végzett.

Ez a tényállás kényes helyzetet teremtett, nem is annyira a régen működő bányák kőzetével kapcsolatban — melyek gyakorlatban kiállták már a próbát, — hanem új kőbányák nyitásánál, hiszen ezek kőzetére vonatkozólag is oly alacsony

értékek jöttek ki, melyek alapján a bányákat meg sem szabadna nyitni.

A helyzet tisztázására elsősorban meg kellett állapítani, hogy a kőzetek nyomószilárdsága változott-e meg, vagy pedig a vizsgálati eljárások módszereinek megváltozásában kell-e az okot keresni. Ennek megállapítása volt a feladata a vezetésem alatt álló munkabizottságnak, melynek tagjai: Erdély Imre, dr. Jugovits Lajos és Kertész Pál voltak.

A munkabizottság megkereste a „Csehszlovák Akadémia Elméleti és Alkalmazott Mechanikai Intézet”-ét, hogy több magyarországi kőbányaüzem kőzetét vizsgálja meg. Az Intézet a vizsgálatokat készséggel vállalta és azok eredménye szerint a magyarországi bazaltok és andezitek szilárdsága 3500—4200 kg/cm² között van, tehát kb annyi, mint ahogy ezt a háború előtti magyarországi és külföldi mérések mutatták.

A következőkben részletesen ismertetjük a különböző szilárdsági vizsgálatok eredményeit, ami azért is fontos, mert tapasztalataink szerint már az egy évtized előtti szilárdsági bizonyítványok is nehezen kutathatók fel, a háború előttről pedig alig vannak ilyen adatok. (A háború előtti szilárdsági bizonyítványok zömét Jugovics prof. bocsátotta rendelkezésünkre.)

1. táblázat

I. Háború előtti szilárdsági adatok

1. Korláti bánya. (Bazalt)

Felvette: Műegyetem, Nagy Dezső egy. tanár
Kelt: 1896. XI. 19.

Folyószám	Nyomott felület, cm ²	Db magassága, cm	Volumen-súly, g/cm ³	Felvett vizsúly, %	Törés határértéke, kg/cm ²	M e g j e g y z é s
1.	34,63	5,90	2,907		3446,1	
2.	36,62	6,08	2,917		3296,0	
3.	36,51	6,05	2,874		3032,3	
4.	36,48	6,07	2,899		3178,7	
5.	36,90	6,19	2,910		3026,8	
6.	35,96	5,96	2,919		3249,6	
7.	35,22	5,95	2,909	0,5	2825,1	Nedvesen törettek össze
8.	36,39	6,05	2,898	0,5	2404,5	Nedvesen törettek össze
9.	36,30	6,04	2,914	0,5	2352,9	25 fagyás után nedvesen törettek össze
10.	35,46	5,94	2,914	0,5	2481,4	
11.	35,76	5,99	2,904	0,5	2792,5	25 fagyás után kiszáritva törettek össze
12.	36,69	6,05	2,897	0,5	2659,0	

A nyomószilárdság középértéke légszárazon 3205 kg/cm².

2. Somoskő (Macskalyuki bánya) Bazalt

2. táblázat

Felvette: Budapesti Műegyetem Műszaki Mechanikai Laboratóriumával kapcsolatos Kísérleti Állomás (röviden: Budapesti Műegyetem).
Kelt: 1928. XI. 19.

Szám	A próbakockák nyomott felülete, cm ²	Mugassága, cm	Térfogati súlya, kg/dm ³	Felvett víz súlya, %-ban	Nyomószil. kg/cm ²
1.	24,4	4,88	2,81	—	3190
2.	26,5	5,02	2,80	—	3060
3.	26,1	5,15	2,82	—	3290
4.	26,6	5,08	2,79	—	3310
5.	27,0	5,20	2,81	—	3520
6.	27,8	4,99	2,77	—	3060
7.	24,7	4,98	2,80	1,0	2760
8.	25,0	5,09	2,79	1,2	2920
9.	26,0	4,98	2,80	1,2	2680
10.	25,7	5,05	2,79	1,2	2800
11.	25,3	5,09	2,76	1,2	3440
12.	26,6	5,08	2,80	1,0	3080

Átlag nyomószilárdság légszáraz állapotban: 3239 kg/cm².

3. Somoskő (Ercsztvényi bánya) Bazalt

3. táblázat

Felvette: Budapesti Műegyetem.
Kelt: 1928. XI. 19.

Szám. hely	Petrográfiai elnevezés	Törés határértéke, kg pro cm ²				Volumen súly, kg/m ³	Felv. vízsúly, %	Fagyasztás alatt szenvedett súlyveszt.
		természetes állapotban	nedves	25. fagyás u.				
				nedvesen	ki-szárítva			
Somoskő Nedvespuszta, Nógrád m.	Feketésszürke tömött bazalt nagyobb olivin és amfiból zárványokkal	3256,3	—	—	—	2877	—	—
		3369,8	—	—	—	2878	—	—
		3217,1	—	—	—	2895	—	—
		3387,2	—	—	—	2907	—	—
		3448,8	—	—	—	2877	—	—
		3377,5	—	—	—	2879	—	—
Középérték:		3361,0						
Középérték:			3312,4 3252,8 3882,6	—	—	2889	0,3	—
Középérték:				2835,0 3022,2 2928,6		2869 2886	0,3 0,3	— —
Középérték:						2969,7 3214,2 3091,9	0,3 0,3	0 0

Átlag nyomószilárdság légszáraz állapotban: 3361 kg/cm².

Sümege (Bazalt)

4. táblázat

Felvette: Budapesti Műegyetem.

Vizsgálat ideje és helye	Maximum, kg/cm ²	Minimum, kg/cm ²	Középérték, kg/cm ²	Megjegyzés
1898. okt. 11. Műegyetem	3953,1	3277,1	3659,3	Légszárazon
	3392,6	2868,3	3130,0	Vízzel telített állapotban
	2057,7	1592,5	1825,0	25 × fagyasztás esetén

4. táblázat folytatása

Vizsgálat ideje és helye	Maximum, kg/cm ²	Minimum, kg/cm ²	Középterék, kg/cm ²	Megjegyzés
1924. IX. 9. Székesfővárosi Anyagvizsg.	4330,0	3605,0	3886,0	Légszárazon
	4230,0	3355,0	3824,0	Vízzel telített állapotban
	3480,0	3240,0	3355,0	25 × fagyasztás után

Nyomószilárdság középértéke légszáraz állapotban : 3659,3 kg/cm² és 3886,0 kg/cm².

Badacsonytomaj (Bazalt)

5. táblázat

Felvette : Budapesti Műegyetem (Dr. Bresztovszky Béla).

Kelt : 1928. II. 9.

Szám	A próbakockának			Felvett víz súlya, %-ban	Nyomószil. kg/cm ² -ként	Közép-érték, kg/cm ²	Jegyzet
	nyomott felülete, cm ²	magassága, cm	térfogati súlya, kg/dm ³				
1.	34,9	5,87	2,89		3410	3276	
2.	31,5	5,62	2,90		3180		
3.	31,2	5,59	2,91		3340		
4.	31,8	5,60	2,89		3430		
5.	32,3	5,68	2,91		3500		
6.	28,9	5,33	2,90		2980		
7.	30,7	5,53	2,87	0,52	3090	3075	Vízzel telített állapotban összenyomva
8.	31,3	5,56	2,88	0,52	3060		
9.	32,6	5,70	2,87	0,58	3130	3125	25 fagyás után nedvesen összenyomva
10.	32,4	5,70	2,88	0,51	3120		
11.	33,8	3,87	2,88	0,52	3430	3340	25 fagyás után kiszárítva
12.	34,8	5,89	2,88	0,41	3250		

Nyomószilárdság középértéke légszáraz állapotban : 3276 kg/cm².

Nemesgulács (Bazalt)

6. táblázat

Felvette : Budapesti Műegyetem (Dr. Bresztovszky Béla)

Kelt : 1928. IV. 5.

Szám	A próbakockának						Jegyzet
	nyomott felülete, cm ²	magassága, cm	térfogati súlya, kg/dm ³	felvett víz súlya, %-ban	nyomószilárdság, kg/cm ² -ként	közép-érték, kg/cm ²	
1.	26,5	5,18	2,88	—	3590	3404	
2.	26,9	5,23	2,86	—	3490		
3.	26,9	5,22	2,83	—	3530		
4.	26,6	5,18	2,85	—	3500		
5.	26,9	5,17	2,83	—	3270		
6.	24,9	5,01	2,87	—	3370		
7.	27,3	5,22	2,85	0,22	2860	2780	Vízzel telített állapotban összenyomva
8.	27,4	5,25	2,78	0,18	2700		
9.	27,5	5,09	2,76	0,38	2870	2873	25 fagyás után nedvesen összenyomva
10.	26,5	5,27	2,85	0,38	3060		
11.	26,5	5,29	2,84	0,43	3620	3600	25 fagyás után kiszárítottan összenyomva
12.	24,6	4,93	2,86	0,38	3580		

Nyomószilárdság középértéke légszáraz állapotban : 3404 kg/cm².

Zalahaláp (Bazalt)

7/a táblázat

Felvette: Budapesti Műegyetem Beton- és Vasbetonipari Laboratóriuma (Dr. Mihailich Győző).
Kelt: 1940. I. 24.

A kockaszilárdság légszáraz állapotban

Jele	Súly, g	A kocka méretei, cm	F, cm ²	Törőerő, t	Szilárdsága, kg/cm ²
1.	369,8	5,05 × 5,05 × 5,07	25,50	84,2	3302
2.	372,6	5,05 × 5,05 × 5,06		80,8	3168
3.	369,9	5,05 × 5,05 × 5,06		76,2	2988
4.	370,4	5,05 × 5,05 × 5,05		74,0	2902
5.	369,6	5,05 × 5,05 × 5,06		78,0	3059

Nyomószilárdság középértéke légszáraz állapotban 3084 kg/cm².

A kockaszilárdság vízzel telített állapotban

7/b táblázat

Jele	Súly, g	A kocka méretei, cm	F, cm ²	Törőerő, t	Szilárdsága, kg/cm ²
6.	372,09	5,05 × 5,05 × 5,06	25,45	81,2	3190
7.	371,72	5,05 × 5,05 × 5,06	25,50	85,2	3341
8.	370,80	5,05 × 5,05 × 5,05	25,50	77,2	3027
9.	372,22	5,06 × 5,05 × 5,07	25,55	83,8	3280
10.	370,64	5,05 × 5,05 × 5,04	25,50	77,6	3043

A kockaszilárdság vízzel telített állapotban: 3176 kg/cm².

A kockaszilárdság fagynedves állapotban

7/c táblázat

Jele	Súly, g	A kocka méretei, cm	F, cm ²	Törőerő, t	Szilárdsága, kg/cm ²
11.	332,32	5,05 × 5,05 × 5,06	25,50	81,2	3184
12.	333,42	5,07 × 5,06 × 5,06	25,65	77,0	3002
13.	331,09	5,05 × 5,05 × 5,05	25,50	74,0	2902
14.	329,75	5,04 × 5,04 × 5,06	25,40	76,2	3000
15.	330,65	5,05 × 5,05 × 5,05	25,50	75,8	2972

A kockaszilárdság fagynedvesen 3010 kg/cm².

Szob-Malomvölgy (Andezit)

8. táblázat

Felvette: Budapesti Műegyetem.
Kelt: 1935. V. 15.

Jelzése	Nyomott felülete, cm ²	Magassága, cm	Térfogati súlya, kg/dm ³	Felvett víz súlya, %-ban	Nyomószilárdság, kg/cm ² -ként	Átlag	Jegyzet
1.	25,0	5,00	2,70	—	2520	2875	
2.	25,0	5,00	2,71	—	2090		
3.	25,0	5,00	2,70	—	3040		
4.	25,0	5,00	2,70	—	2560		
5.	25,0	5,00	2,71	—	2700		
6.	25,0	5,00	2,71	—	2440		
7.	25,0	5,00	—	0,65	1930	1370	Vízzel telített állapotban összenyomva
8.	25,0	5,00	—	0,65	1810		
9.	25,0	5,00	—	—	2120	2300	25 fagyás után nedvesen összenyomva
10.	25,0	5,00	—	—	2480		
11.	25,0	5,00	—	—	2160	2320	25 fagyás után kiszáritottan összenyomva
12.	25,0	5,00	—	—	2760		

Nyomószilárdság középértéke légszáraz állapotban: 2875 kg/cm².

9/a táblázat

Tállya (Andezit)

Felvette: Budapesti Műegyetem (Dr. Brestovszky Béla).
Kelt: 1937. II. 23.

a) Légszáraz állapotban : a próbatest

Sor-száma	Magassága, cm	nyomott felülete, cm ²	kockaszilárdsága, kg/cm ²
1.	5,9	35	3740
2.	5,9	35	3400
3.	5,9	35	3800
4.	5,9	35	2990
5.	5,9	35	3480

Vagyis a beküldött kő átlagos nyomószilárdsága légszáraz állapotban — 3480 kg/cm².

9/b táblázat

b) Fagyasztott és vízzel teli állapotban : a próbatest

sor-száma	magassága, cm	nyomott felülete, cm ²	kockaszilárdsága, kg/cm ²
1.	5,9	35	3160
2.	5,9	35	3050
3.	5,9	35	3710
4.	5,9	35	3450
5.	5,9	35	3710

Vagyis az átlagos nyomószilárdság esökkenése : 2^o/₀₀.

A tállyai kőanyagról ugyanezen kísérleti állomástól több nyomószilárdsági vizsgálat eredménye áll rendelkezésre. Alant csupán a nyomószilárdságok középértékét adjuk.

Tállya :

1930, I. 8. Középérték légszáraz állapotban 3360 kg/cm².

1932, V. 13. Középérték légszáraz állapotban 3070 kg/cm².

1940, XII. 30. Középérték légszáraz állapotban 3152 kg/cm².

A jobb áttekinthetőség kedvéért újra felsoroljuk a nyomószilárdság középértékeit (légszárazon) :

Korlát	3205 kg/cm ² (bazalt)
Somoskő (Macskalyuk) ..	3239 kg/cm ² (bazalt)
Somoskő (Eresztvény) ..	3361 kg/cm ² (bazalt)
Sümeg	3659 kg/cm ² (bazalt)
Sümeg	3886 kg/cm ² (bazalt)
Badaconsytomaj	3276 kg/cm ² (bazalt)
Nemesgulács	3404 kg/cm ² (bazalt)
Zalahaláp	3084 kg/cm ² (bazalt)
Szob (Malomvölgy).....	2875 kg/cm ² (andezit)
Tállya	3480 kg/cm ² (andezit)

Összehasonlításként közlünk két rendelkezésünkre álló német szilárdsági bizonyítványt, melyet a Darmstadti Műegyetem Mechanikai-Tech-nikai Anyagvizsgáló Intézete adott ki német bazaltokról és amelyeknek eredményei egyeznek háború előtti magyar vizsgálatok adataival.

Schönbergi bányá (Bazalt)

10. táblázat

1927. III. 2.

Szám	Nyomott felület, cm ²	Nyomóerő, kg	Nyomás szilárdság, kg/qcm
1.	15,97	57 800	3620
2.	16,60	72 000	4340
3.	16,53	57 600	3480
4.	15,65	50 800	3250
5.	16,10	67 000	4160

Átlag : 3770

1.	16,25	60 800	3740
2.	17,10	61 200	3570
3.	16,83	62 000	3680
4.	16,15	56 400	3490
5.	17,00	56 400	3320

Átlag : 3560

11. táblázat

Koblenz kerület Hochsimmer község (Bazalt)

1929. IV. 27.

Szám	Nyomott felület, qcm	Nyomóerő, kg	Nyomási szilárdság, kg/qcm
1.	16,9	63 600	3760
2.	17,0	62 400	3670
3.	17,0	64 200	3780
4.	17,6	64 800	3680
5.	17,2	61 800	3590
6.	16,8	62 700	3730

Átlag : 3709

II. Az ÉTI vizsgálatait

Az ÉTI a KM Aszfalt és Talajmechanikai Kutató Laboratórium részére a következő vizsgálati eredményeket szolgáltatotta :

Zalahaláp (Bazalt)

12. táblázat

Térfogatsúly töréskor, kg/m ³	Nyomószilárdság, kg/cm ²	
	egyenként	átlag

a) Légszáraz állapotban törve :

2550	1235	1350
2520	1465	

b) Vizzel telített állapotban törve :

2480	1290	1210
2530	1130	

A nyert értékek az 1940. évi eredményeknek 43,5%-át adják.

Erdőbénye (Andezit) ^a		13. táblázat	
Térfogatsúly töréskor, kg/m ³	Nyomószilárdság, kg/cm ²		átlag
	egyenként		
a) Légszáraz állapotban törve.			
2560 2500	1435 1800	1618	
b) Vizzel telített állapotban törve.			
2860 2780	1820 1440	1630	
Szob-Malomvölgy. (Andezit)		14. táblázat	
Térfogatsúly töréskor, kg/m ³	Nyomószilárdság, kg/cm ²		átlag
	egyenként		
a) Légszáraz állapotban törve.			
2540 2500	2130 1510	1820	
b) Vizzel telített állapotban törve.			
2520 2550 2550 2740	1110 1380 1480 1761	1430	
c) Fagyasztott állapotban törve.			
2550 2550	1290 1390	1540	

A kapott értékek rendkívül alacsonyok és a vizsgálatot végző Intézet meg is jegyzi jelentésében:

A fenti szilárdsági értékek alacsonyok.
Régebbi vizsgálati eredményeink:

Kő megnevezése	Térfogat- súly, kg/m ³	Víz- felvétel, %	Nyomó- szilárd- ság, kg/cm ²
Zalahalápi bazalt	2870	0,42	3160
Erdőbényei andezit	2540	0,90	3320
Szobi andezit	2460	1,04	2493
Tállyai andezit	2680	0,16	—

A fent kapott alacsony eredmények ellenőrzésére újabb vizsgálatokat végeztünk a laboratóriumba beküldött és általunk kivágott kőveken.

1955. évben.

H o s s z ú h e t é n y		U z s a		T á l l y a	
Jel	Nyomószilárdság	Jel	Nyomószilárdság	Jel	Nyomószilárdság
II.	1560	1.	1260 (1090—1590)	1/1.	970 (696—1245)
III.	1970 (1160—3100)	2.	840 (480—1020)	1/2.	950 (547—1181)
IV.	2030	3.	1120 (820—1460)	1/3.	1114 (1027—1169)
V.	2590 (2340—2990)	4.	1610 (1370—1860)	1/4.	874 (535—991)
VI.	1920 (1640—2210)	5.	739 (493—980)	II/1.	1010 (680—1332)
VII.	1970 (1300—1830)	6.	1190 (1070—1360)	II/3.	938 (630—1152)
VIII.	1910	7.	1005 (751—1306)	II/4.	1080 (688—1812)
IX.	1520 (1230—1810)	8.	1210 (790—1255)		
X.	1700 (1650—1740)				
Átlag	1908 kg/cm ²		1122 kg/cm ²		991 kg/cm ²

Az ellenőrzésre beküldött zalahalápi bazalt légszáraz állapotban 1470 kg/cm², az erdőbényei andezit pedig 1650 kg/cm² átlagos nyomószilárdságot adott.”

Az Építőanyagipari Központi Kutató Intézet, mely a Bihari-úti laboratóriumot átvette, szintén végzett — az Ütügyi Kutató Intézet részére — vizsgálatokat, melyeknek eredményei nagyjából egyeztek az ÉTI adataival.

Kelt: 1958. XII. 20.

15. táblázat

	Zala- haláp	Uzsa	Szob	Tálly- lya
Légszáraz próbatetek, kg/cm ²	1770 1725 1835	1030 1640 1100	844 1255 1205	1935 2040 2480
Átlag	1777	1257	1101	2152
Vizzel telített próbatetek, kg/cm ²	2300 2100 2100	1480 710 1080	1330 1010 1120	2160 1640 2080
Átlag	2200	1090	1153	1960
Fagyasztott próbatetek, kg/cm ²	2380 2300 2120	710 1500 880	872 890 880	2480 1650 1500
Átlag	2270	1030	881	1880

Az eredmények közül

a zalahalápi szilárdság 57,5%-a az 1940. évinek
a szobi szilárdság 38 %-a az 1935. évinek
a tállyai szilárdság 61 %-a az 1937. évinek

III. A Budapesti Műszaki Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszékének (dr. Papp Ferenc egy. tan.) mérései

Mint említettük, az ÉTI mérései sokkal alacsonyabb értékeket szolgáltatottak, mint az eddigi mérések, ezért az É. M. Kő- és Kavicsipari Igazgatósága a fent említett tanszéknek adott megbízást a szilárdsági értékek ellenőrzésére. A vizsgálatok azonban megerősítették az ÉTI eredményeit és az azóta eszközölt mérések is hasonló alacsony értékeket adtak. Alant közöljük az Ásvány- és Földtani Tanszék rendelkezésünkre álló vizsgálati eredményeit.

16. táblázat

Az eredmények — kivéve Hosszúhetényt — téknek. Alig valamivel jobb értéket (az 1937. évi mérés 32,5%-át) ad az 1955. október hóban eszközölt mérés.

17. táblázat

Jel	Légszáraz, kg/cm			Telített, kg/cm			Fagyasztott, kg/cm		
	átlag	min.	max.	átlag	min.	max.	átlag	min.	max.
I/1.	1158	696	1620	1140	680	1270	808	455	1410
I/2.	950	547	1151	1219	928	1500	488	203	708
I/3.	1114	1027	1169	835	647	994	549	319	697
I/4.	874	535	991	1100	856	1318	1450	1350	1625
II/1.	1010	680	1332	1040	632	1272	720	410	1100
II/2.	1240	835	1600	1510	890	1905	1010	425	1650
II/3.	938	630	1152	894	765	1110	1060	625	1650
II/4.	1070	688	1812	1060	913	1172	1200	680	1580
III/1.	1650	1470	1880						
Átlag	1112	790	1412	1010	791	1318	911	558	1302

A Tanszék jelentése szintén hangsúlyozza a nyert értékek alacsony voltát, amennyiben hivatkozik a Ganz Közl. 1930-ra, mely szerint a *tályai* kő szilárdságai

légszárazon 3808 kg/cm²

vízzel telítetten 3420 kg/cm²

fagy. u. 3246 kg/cm²

Ezzel szemben lényegesen jobb eredményt adott a *tályai* kővel 1955. márciusában végzett kísérlet, melyet különféle méretű próbatestekkel hajtottak végre és melynek átlagértéke az 1937. évi mérésnek 46%-át éri el:

18. táblázat

Méret, cm	Kg/cm ²	Átlag kg/cm
3 × 3 × 3	1545	1554
3 × 3 × 6	1738	
3 × 3 × 9	1558	
3 × 3 × 12	1374	
5 × 5 × 5	1327	1301
5 × 5 × 10	1208	
5 × 5 × 15	1134	
5 × 5 × 20	1537	
7 × 7 × 7	1963	
7 × 7 × 14	1872	1881
7 × 7 × 21	1810	
9 × 9 × 9	2270	2270
	Átlag	1611

További andezit, ill. dacit kőzetekről számol be alanti kőelőfordulások vizsgálata.

19. táblázat

Szob

Kelt: 1955. október.

Sötétszürke andezit		Átlag	Minimum	Maximum
Térfogsúly	Légszáraz, g/cm ³	2,64	2,56	2,67
	Száritott, g/cm ³	2,62	2,58	2,63
	Telített, g/cm ³	2,65	2,57	2,68
Víztartalom	%	0,89	0,86	0,93
	Vízfelvétel	%	0,43	0,37
Nyomószilárdság	Légszáraz, kg/cm ²	1360	815	1580
	Telített, kg/cm ²	1080	610	1420
	Fagyasztott, kg/cm ²	1320	980	1610

Világosszürke dacit

Térfogsúly	Légszáraz, g/cm ³	2,57	2,53	2,60
	Száritott, g/cm ³	2,56	2,54	2,57
	Telített, g/cm ³	2,58	2,56	2,62
Víztartalom	%	0,83	0,62	0,91
	Vízfelvétel	%	0,90	0,73
Nyomószilárdság	Légszáraz, kg/cm ²	890	380	1380
	Telített, kg/cm ²	1340	945	1505
	Fagyasztott, kg/cm ²	1080	890	1290

Érdekes, hogy a világosszürke dacitnak — mely jóval gyengébb a sötétszürke andezitnél — vízzel telített, valamint fagyasztott állapotban kb. egyezik a szilárdsága a malomvölgyi andezittel. Figyelemreméltó továbbá, hogy szárítva mindkét kőzet szilárdsága erősen emelkedik és meghaladja az 1700 kg/cm^2 -t.

A szobi andezit légszár az állapotban való szilárdsága fenti kísérletnél az 1935. évben mért értékek kb. 48%-a.

Alacsonyabb értékeket adott az 1955. márciusi jelentés, mely a szobi andezitre 960 kg/cm^2 -t adott — tehát az 1935. évi vizsgálat 33%-át. Ugyanezen jelentés a nógrádkövesdi andezitra, melynek pedig legjobb darabjai sem szilárdabbak a szob-malomvölgyi andezitnél, 2610 kg/cm^2 nyomószilárdságot mutatott ki.

A bazaltok közül az 1955. márciusi jelentés az *uzsai* bazaltról nyújt adatokat. (Lásd a 20. sz. táblázaton).

A szomszédos *Szebikére* vonatkozólag az eredményeket a 21. sz. táblázat szemlélteti.

Uzsa (Bazalt)

20. táblázat

Jel	tfs. g/cm^3	Szilárdság kg/cm^2
2	2,81	840
3	2,82	1120
4	2,83	1610
6	2,78	1190
7	2,83	1000
8	2,80	1210
Átlag ...		1160

21. táblázat

	Átlag	Minimum	Maximum
<i>Térfogatsúly, g/cm^3</i>			
Légszár az ...	2,86	2,77	2,90
Vízzel telített ...	2,86	2,77	2,90
Vízfelvétel, % ...	0,16	0,14	0,19
<i>Nyomószilárdság, kg/cm^2</i>			
Légszár az ...	1300	675	1510
Vízzel telített ...	1290	1160	1450
Fagyasztás után ...	970	780	1080

Végül további összehasonlításul :

Kelt : 1956. I. 28.

Zalahaláp (Bazalt)

22. táblázat

Jel	Légszár az, kg/cm^2			Telített, kg/cm^2			Fagyasztott, kg/cm^2		
	átlag	min.	max.	átlag	min.	max.	átlag	min.	max.
II. 1.	1350	860	1690	1330	730	1870			
II. 2.	1210	617	1710	1020	810	1420			
IV. 1.	1525	1105	1820	1240	610	1940	1720	1340	2130
V. 1.	1090	590	1540	1050	523	1455	1160	740	1690
VII. 1.	1490	880	1980	750	430	1080	710	560	1000
Átlag	1333	810	1750	1080	621	1533	1197	830	1354

Az átlag (légszár azon mért) szilárdság az 1940. évben mért értékek kb. 43%-a.

A kapott szilárdsági eredmények tehát kb. a felét érik el a háború előtt nyert szilárdsági értékeknek. Különösen megemlítendő azonban az értékek erős ingadozása, úgy, hogy kiváló minőségű bazaltokra is adódnak $600\text{--}700 \text{ kg/cm}^2$ értékek.

tékeknek. Különösen megemlítendő azonban az értékek erős ingadozása, úgy, hogy kiváló minőségű bazaltokra is adódnak $600\text{--}700 \text{ kg/cm}^2$ értékek.

IV. A Csehszlovák Akadémia Elméleti és Alkalmazott Mechanikai Intézetének mérései

Kelt : 1958. VI. 16.

Szob (Andezit)

23. táblázat

Szám	Térfogatsúly, g/cm^3	Nyomószilárdság, légszár azon, kg/cm^2	Szám	Térfogatsúly, g/cm^3	Nyomószilárdság vízzel telítve, kg/cm^2
1.	2,696	3500	6	2,684	3180
2.	2,701	3640	7	2,689	3220
3.	2,694	3610	8	2,697	3330
4.	2,684	3700	9	2,681	3300
5.	2,685	3670	10	2,682	3240
Átlag		3620	Átlag :		3250

24. táblázat

Kelt: 1958. IX. 6.

Zalahaláp (Bazalt)

Szám	Térfogatsúly, g/cm ³	Nyomószilárdság légszárazon kg/cm ²	Szám	Térfogatsúly, g/cm ³	Nyomószilárdság vízzel telítve, kg/cm ²
1 t	2,882	3850	11 W	2,881	3350
2 t	2,878	3980	12 W	2,863	3340
3 t	2,880	3960	13 W	2,872	3220
4 t	2,881	3980	14 W	2,876	3620
5 t	2,880	3480	15 W	2,872	3470
6 t	2,875	4100	16 W	2,872	3190
7 t	2,882	4330	17 W	2,869	3590
8 t	2,876	4140	18 W	2,873	3300
9 t	2,857	3650	19 W	2,872	3670
10 t	2,867	3940	20 W	2,867	3460
Átlag:		3940	Átlag:		3440

25. táblázat

Kelt: 1958. XII. 28.

Tállya (Andezit)

Szám	Térfogatsúly, g/cm ³	Nyomószilárdság, légszárazon, kg/cm ²	Szám	Térfogatsúly, g/cm ³	Nyomószilárdság vízzel telítve kg/cm ²
1.	2,709	4510 t	6	2,708	3800 W
2.	2,710	4550 t	7	2,701	4090 W
3.	2,700	4020 t	8	2,696	4030 W
4.	2,697	4060 t	9	2,702	3820 W
5.	2,710	3980 t	10	2,699	3960 W
Átlag:		4220 t	Átlag:		3940 W

V. Összesítés

A külföldi vizsgálati eredmények megerősítik a háború előtt nyert adatokat és igazolják, hogy kőzeteink minősége az utóbbi évtizedek folyamán nem változott és a háború után nyert gyenge eredmények valószínűleg a mérési, vagy mintavételi eljárások megváltozásában keresendők.

Javasoljuk, hogy az É. M. Kő- és Kavicsipari Igazgatóság 8—10 bányájából geológus-petrografus szakértők közreműködésével kőmintákat választasson ki és legalább 3 hazai anyagvizsgáló intézetnek nyomószilárdsági vizsgálat eszközlése céljából küldjön be.

Tekintettel arra, hogy a háborúelőtti vizsgálatok, valamint a Csehszlovákiában elvégzett vizsgálatok is jó minőségű kőanyaggal készültek, a háború utáni magyar vizsgálatok pedig átlagminőségűvel, javasoljuk, hogy a vizsgálatokat ez alkalommal — összehasonlítás lehetőségének biztosítására — jó minőségű kővel végezzék, mert így kimutatható lesz, hogy az eredmények különbözőségének a mintavétel módja volt-e az oka vagy pedig a vizsgálati módszer megváltozása.

Javasoljuk továbbá a csehszlovák vizsgálati módszer helyszínen való tanulmányozását.

Hogy ezen nyomószilárdsági próbákat milyen további vizsgálatok kövessék, arra vonatkozólag

annakidején — a nyomószilárdsági eredmények alapján — az anyagvizsgáló intézetek tegyenek előterjesztést.

A nyomószilárdság ma már nem egyetlen jellemzője a kő minőségének és mellette más eljárások (Stubel vizsgálat, Devaldoh stb.) is használatosak. A nyomószilárdsági vizsgálat azonban már hosszú évtizedek óta megszokottá vált a szakemberek körében, különösen egyszerű kiértékelési módja miatt és mindenki tudta, hogy pl. 3000 kg/cm² nyomószilárdságú kő jó minőségű, míg pl. az 1000 kg/cm² nyomószilárdság gyenge minőséget jelent. Éppen ezért az ezen vizsgálat által utóbbi időben hazánkban szolgáltatott nem megfelelő eredmények okai, melyek ezen régi vizsgálati módszer alkalmazását lehetetlenné teszik, feltétlen megszüntetendők volnának.

Lázár Jenő: A MAGYARORSZÁGI VULKANIKUS KŐZETEK NYOMÓSZILÁRDSÁGA.

A cikk azon különbségeket tárgyalja, melyek a magyarországi kőzetek nyomószilárdsági vizsgálati eredményeiben 1952. óta mutatkoznak. A háború előtt a bazaltok és andezitek általában 3000—3500 kg/cm² nyomószilárdságot mutattak és hasonló eredményeket adtak a külföldi mérések is. 1952. óta azonban a magyarországi vizsgálatok ennek az értéknek csak kb. 50%-át mutatják. A cikk nagyszámú régi és új vizsgálati eredményét közli ennek szemléltetésére. Az I. számú munkabizottság 1958—59. években három

kőbányából mintákat küldött Csehszlovákiába és az ottani ellenőrző mérések 3500—4200 kg/cm²-es eredményeket adtak. A kőzetek nyomószilárdsága tehát kétségtelenül nem változott és további vizsgálatok szükségesek annak megállapítására, hogy az eredmények különbözősége a mintavétel módjára, vagy a szilárdsági mérések hibáira, vagy pedig mind a kettőre vezethető-e vissza.

Иеное Лазар: ПРОЧНОСТЬ ПРИ СЖАТИИ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОРОД В ВЕНГРИИ.

Различия в результатах исследований прочности при сжатии, проведенных с 1952 г. Перед войной прочность при сжатии базальта и андезита был 3000—3500 кг/см²; аналогичные результаты дали также зарубежные измерения. Однако исследования, проведенные в Венгрии с 1952 г., дали только 50% от этого значения. Для изображения этого в статье излагаются результаты старых и новых исследований. В 1958—1959 гг. рабочий комитет Ю 1. послал образцы из трех каменных карьеров в Чехословакию; проведенные там контрольные измерения дали прочность при сжатии в 3500—4200 кг/см. — Следовательно прочность пород при сжатии не изменилась; необходимо проведение дальнейших исследований для установления

следующих: в чем кроется причина различий результатов: в методе отбора проб или в отклонениях в измерениях прочности или в обоих.

Eugen Lázár: DIE DRUCKFESTIGKEIT DER UNGARISCHEN VULKANISCHEN GESTEINE.

Es werden jene Unterschiede behandelt, welche in den Werten der Druckfestigkeiten der ungarischen vulkanischen Gesteine seit 1952 aufgetreten sind. Vor dem Kriege ergaben Basalte und Andesite Druckfestigkeiten von ca. 3000—3500 kg/cm² und ebensolche Werte gaben auch die ausländischen Messungen. Seit 1952. ergibt sich aus den ungarischen Messungen nur ungefähr die Hälfte dieser Werte. Zur Illustrierung dieser Tatsache zählt der Artikel eine grosse Anzahl von alten und neuen Messungswerten auf. In den Jahren 1958/59 wurden aus drei verschiedenen Steinbrüchen Proben nach der Tschechoslovakei gesandt und die dortigen Kontrollmessungen ergaben Druckfestigkeitswerte von 3500—4200 kg/cm². Die Druckfestigkeit unserer Gesteine hat sich also zweifellos nicht geändert. Es werden weitere Untersuchungen vorgeschlagen um festzustellen ob der Grund der abweichenden Resultate in der Verschiedenheit der Auswahl der Proben, bzw. in den Messmethoden, oder im beiden zu suchen ist.

Hidrotermális eljárások a szilikátszintézisben I.

TAMÁS FERENC

Bevezetés

A könnyen illó alkatrészek fontos szerepét már régóta felismerték. John Hall (1812) a múlt század elején kísérletileg vizsgálta a $\text{CaO}-\text{CO}_2$ rendszert.

Ettől kezdve egymást követték a sikeres kísérletekről szóló beszámolók. Olyan neves kutatók, mint Wöhler, Sénarmont, Friedel, Sarasin, Deville tanulmányozták a különböző hidrotermális rendszereket, elsősorban ásványok előállítása szempontjából. Számtalan ásványt sikerült hidrotermális körülmények között előállítani, így: kvarcot, földpátokat, wollasztonitot, analcitot stb. Összesen kb. 80-ra tehető az 1900 előtt hidrotermális úton előállított ásványfajok száma.

Ezeknek a kezdeti kísérleteknek legfőbb jellemvonása az, hogy egyes ásványok előállítására, nem pedig szisztematikus vizsgálatokra szorítottak. Igaz ugyan, hogy operatív nehézségek is közrejátszottak, de mégis szinte érthetetlen az ásványok keletkezési körülményeinek megismerése irányában tanúsított közöny. Nyilvánvaló ugyanis, hogy a természetben az ásványok és ásványtársulások magas hőmérsékleteken, nagy nyomáson és illó részek jelenlétében képződtek. Nem reprodukálhatjuk a természetben lezajló jelenségeket, nem ismerhetjük fel a törvényszerűségeket mindaddig, míg a szabadon változtatható paraméterekkel rendelkező „hidrotermális körülményeket” meg nem valósítottuk.

A „hidrotermális” szót az irodalom rendszerint tág értelemben használja, értve alatta a következő körülményeket együttesen: 1. könnyen illó fázis jelenléte; 2. légkörinél nagyobb nyomás; 3. szobahőfoknál magasabb hőmérséklet. A könnyen illó fázis lehet CO_2 , H_2O , N_2O_5 stb. Ilyen, tág értelemben vett hidrotermális kísérletssorozat pl. a kalcit, a dolomit és a magnézit stabilitási területének vizsgálata a $\text{CaO}-\text{MgO}-\text{CO}_2$ rendszerben.

Jelen munka folyamán azonban a „hidrotermális” jelzőt szűkebb értelemben fogjuk használni: a jelenlevő könnyen illó fázis mindig a H_2O . A H_2O folyadék vagy gőz-állapotban, olvadékban oldott állapotban vagy kristályos fázisban kötött állapotban egyaránt jelen lehet. A karbonátos, nitrátos stb. rendszerekkel tehát nem foglalkozunk. A nem-szilikátos rendszereket is kihagyjuk vizsgálódásaink köréből.

Századunk elején megnőtt az érdeklődés a hidrotermális rendszerek kutatása iránt. Az ásvány-szintéziseken kívül megtörténtek az első lépések hidrotermális rendszerek fizikai-kémiai körülményeinek vizsgálatára. E vizsgálatok részben a szubszolidusz, részben a likvidusz fázisegyensúlyokat igyekeztek tisztázni.

A hidrotermális rendszerek kutatásának nehézségei kettősek; egyrészt *apparatív*, másrészt *elméleti* jellegűek. Érthető, hogy olyan különleges

körülmények, mint egyidejű magas hőmérséklet, nagy nyomás és erősen korrozív, telített vagy túlhevített gőz, vagy éppenséggel fluid állapotú H_2O jelenléte egész különleges szerkezeti anyagokat és ezekből konstruált speciális készülékeket igényelnek.

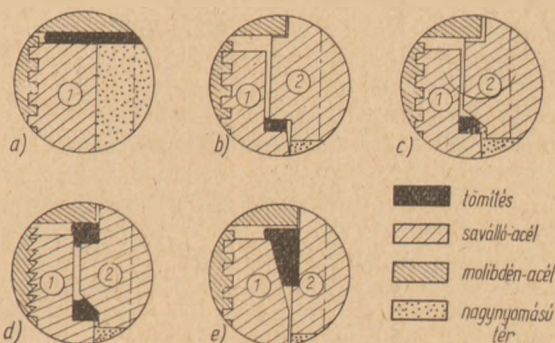
Az elméleti nehézségek nem kevésbé jelentősek. A fázisviszonyok teljes ábrázolásához ugyanis n számú nehezen illó fázis esetében $n + 2$ dimenziójú tér szükséges, tehát már olyan egyszerű rendszer, mint pl. a $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ állapotábrája négydimenziós teret igényelne. A „száraz” (könnyen illó fázist nem tartalmazó) rendszereknél használt eljárások pl. a nyomás, a hőmérséklet vagy mindkettő elhagyása hidrotermális rendszerek esetében természetesen szintén nem alkalmazható.

Tanulmányunkban összefoglaljuk a hidrotermális rendszerek kutatásának eddigi eredményeit, a felmerülő apparatív és elméleti nehézségeket, azok megoldásának módjait, valamint a jövő fejlődés várható vonalát. A szűkreszabott terjedelembre való tekintettel természetesen nem ismertethetünk minden idevágó vizsgálatot, csak azokat, amelyek lényegesek vagy újat hoztak. A részletek iránt érdeklődő olvasó további úthigazításának céljára a dolgozat végén részletes és minden fontosabb munkára kiterjedő, gondosan és kritikailag összeválogatott irodalomjegyzék található.

Történeti áttekintés

Morey és Niggli 1913-ban részletesen ismertették az addig megjelent, hidrotermális szintézissel foglalkozó cikkeket. E tanulmányban a szerzők sajnálattal állapították meg, hogy valamennyi addig publikált munka nélkülözi a kvantitatív adatokat, sőt tisztán kvalitatív szempontból sem kielégítő, mert a legtöbb ásványt reprodukálhatatlan körülmények közt, csak egyszer sikerült előállítani.

Az első *rendszeres* hidrotermális kutatás Morey és Fenner (1917) nevéhez fűződik, akik részletesen, fizikai-kémiai szempontból tanulmányozták a



1. ábra. Hidrotermális bombák tömítési módjai

A bomba teste és a zárórész saválló-, a sapka molibdénacélból készült. A tömítés lágy fém. 1. a bomba fala, 2. záróbetét

$H_2O - K_2SiO_3 - SiO_2$ rendszert. A kísérleti körülmények szisztematikus megválasztása, a hőmérsékletek és nyomások pontos mérése, valamint vegytiszta nyersanyagok felhasználása következtében a munka mindmáig nem vesztette el értékét. Morey és Fenner munkáját új típusú hidrotermális készülék (hidrotermális bomba, 2. ábra) konstruálása tette lehetővé. Érdekes megfigyelni a továbbiak során is az apparatív technika és kísérleti technika szoros összefüggését.

Smyth és Adams (1923) új alapelveken nyugvó készüléke volt a hidrotermális kutatások következő mérföldköve. Minden korábbi készülék ugyanis a közös hibával rendelkezett, hogy falazata nagy hőnek és nagy belső nyomásnak volt kitéve. E kétirányú igénybevételt az akkori szerkezeti anyagok nem bírták és már aránylag alacsony hőmérsékleten oxidáció, korrózió és deformáció következett be. Smyth és Adams készüléke belső fűtést és kettős falazatot alkalmazott. A belső, fűtött és nagynyomású teret kívülről hideg, de ugyancsak nagynyomású tér vette körül. A belső fal tehát csak termikusan, a külső csak mechanikailag volt igénybevéve. Az elérhető maximális hőmérsékletet a készülékekben a fűtőszál anyagának olvadáspontja, a maximális nyomást a külsőfal anyagának hideg szilárdsága korlátozza.

Hidrotermális szintézis céljaira a Smyth—Adams-féle készüléket elsősorban Goranson (1931) használta, néhány apróbb módosítással.

A második világháború alatt és után intenzív kutatómunka indult meg különböző hő- és korrózióálló ötvözetek előállítására. A munka eredménye a hidrotermális készülékek tervezése és szerkesztése terén is hamar megmutatkozott. Az új anya-

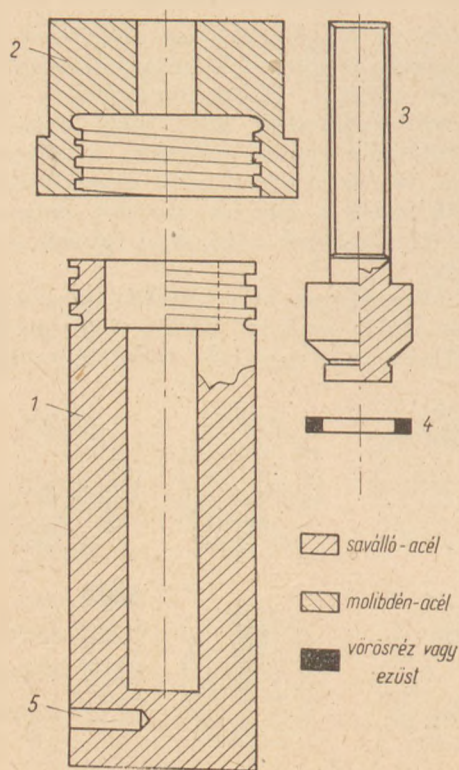
gok kiküszöbölhetővé tették a nehézkes és drága belső fűtésű készülékeket. Lehetővé vált a hidrotermális kutatás aránylag egyszerű körülmények közt is. Egyidejűleg az ipar részéről is igény jelentkezett hidrotermális úton előállított egykristályokra. Mindkét tényező elősegítette a hidrotermális kutatások rendkívüli arányú fejlődését. E fejlődés már nem állt meg az egyszerű ásványszintézisnél, hanem egyre jobban előtérbe került a keletkezési, fázisegyensúlyi körülmények vizsgálata.

A hidrotermális szintézis készülékei

Bombák, autoklávok

A hidrotermális kísérletek kezdeti idejében ágyúcsövekben dolgoztak; abban az időben más nyomásálló edényt még elképzelni sem lehetett. Később u. n. „bombákat”, „autoklávokat” készítettek erre a célra (Allen és Clement 1908), melyeket jóminőségű acélból állítottak elő és csavarmentes sapkával zártak le. Minden efféle készülék lényeges pontja a tömítés. Különböző elhelyezési módjait az 1. ábra mutatja. Alacsonyabb hőmérsékleten műanyagból, azbesztből stb. készült tömítést szoktak alkalmazni. Hidrotermális körülmények közt ez nem felel meg; kizárólag fémből készült betét használható. A régebbi bombákon tömítés céljaira a bomba teste és a sapka közt elhelyezett, puha fémből készült vastag lemez, rendszerint lágy vörösréz- vagy ezüst korong szolgált (1. ábra a). A tömítés ilyen megoldása azonban nem nagyon vált be: a tömítés mellett a gőz könnyen kifűjt. E hiba oka az, hogy a bomba csavaros sapkájára kifejtett erő összeszorítja ugyan a tömítést, de ez a szorító erő igen nagy felületen oszlik el. A bomba belső nyomása pedig az összeszorított tömítést szétfeszíteni igyekszik.

Morey és Fenner (1917) már említett tanulmányaikhoz az Allen-féle bombát úgy módosították, hogy a fémtömítést nem közvetlenül a sapka, hanem külön zárórész szorította a bomba belső zárófelületéhez (1. ábra, b). A zárási nyomás ezáltal a tömítést kis felületen és két oldalról acélfalak közé szorítva érte. Így a kifűvés még nagyobb nyomáson is elkerülhetővé vált. Még jobb, ha a záróbetét kúpfelület mentén érintkezik a tömítéssel (1. ábra, c); ilyenkor a sapka tisztán axiális nyomóereje részben radiális erővé alakul és jobban belefeszíti a tömítést a helyére. A Morey-féle bomba előnyösebb még további szempontból is: a belső teret minden oldalról acél veszi körül és csak egészen kicsi a tömítési felület (ezáltal a tömítőfém korróziója csökken és a minta is kevésbé szennyeződik). Az eredeti Morey-féle tömítés hidegen jól zár ugyan, de hevítve a fokozódó belső nyomás könnyen kinyomja helyéről és a bomba ezáltal kifűjt. Ha azonban még egy második tömítőgyűrűvel is lezárjuk a bombát, (lásd 1. ábra, d), akkor tökéletes lesz a nyomástartás. Az alsó tömítés a már ismertetett módon a hideg zárást biztosítja. Ha azonban a belső nyomás megnövekedése miatt a záróbetét és ezzel együtt az alsó tömítés megemelkedne, akkor a felső tömítés még jobban



2. ábra. Morey-típusú hidrotermális bomba

1. bombatest, 2. sapka, 3. záróbetét, 4. tömítés, 5. furat a hőelem számára

összeszorul és megakadályozza a vízgőz kifuvódását. A két tömítés az 1. ábra e. részletén látható módon egyesíthető is; ez adja a legmegbízhatóbb zárást. Az 1. e. ábra szerinti tömítés 600°-on kb. 1000 kp/cm² nyomást képes megtartani, alacsonyabb hőmérsékleten még többet.

A bombák anyaga *nagyszilárdságú saválló acél*. Ebből készül a bomba teste és a záróbetét. A sapka azonban — az összehegedés megakadályozására — lehetőleg készüljön más anyagból. Itt a korrózióállóság nem elsőrendű követelmény, hiszen a sapka nem érintkezik közvetlenül a nagynyomású gőzterrel; fontos azonban a szilárdság és hőállóság. Leginkább *molibdénacélt* szoktak használni. Az összehegedés elkerülésére az érintkező felületeket *kenni* is kell; a legjobb kenőanyag az olajos grafit- vagy olajos molibdén-szulfid-szuspenzió. Morey típusú hidrotermális bomba alkatrészeit (1. c. szerinti tömítésmegoldással) mutatja a 2. ábra.

A régebbi típusú hidrotermális bombák űrtartalma 150—500 ml volt. Újabban, hála a korszerű, kevés anyagot igénylő vizsgálati módszereknek, lényegesen kisebb űrtartalom is elegendő. Általános munkára 30 ml, gyors, tájékoztató vizsgálathoz pedig 1—5 ml űrtartalmú bombák is megfelelnek. Természetesen abban az esetben, ha nem a fázis-egyensúlyok és egyéb fizikai-kémiai körülmények vizsgálata, hanem kristályok ipari előállítása a cél, sokkal nagyobb készülékeket is alkalmaznak. A hidrotermális bombák szerkesztési elve azonban a legkisebb és legnagyobb készüléknél egyaránt azonos a már leírttal.

A bombaköpeny belső falát — a *korrózió* elkerülése céljából — gyakran ezüst- vagy platina-bevonattal látják el. Erre azonban a korszerű saválló acélok nál csak ritkán van szükség, mert korrózió a bevonat nélküli köpenyfalán sem lép fel (legfeljebb csak erősen lúgos oldatok vizsgálata esetében).

A sapkát rendszerint *csavarmenet* rögzíti a köpenyhez. A rögzítés anyáscsavarok segítségével is megoldható (sőt, nagyobb méretű autoklávok esetében mindig anyáscsavaros megoldást alkalmaznak), de kis űrtartalmú bombáknál célszerűbb a sapka egészét csavarmenetesen kiképezni, mert így egyrészt nagyobb az összekapaszkodó felület, másrészt a zárás egyenletessége minden oldalról biztosítva van. A csavarmenet profiljának kialakítása tetszőleges lehet; a legjobbnak a fűrészenet bizonyult, mert még kopott állapotban is jól zár. Az 1. ábra d. részlete mutat fűrészenetes megoldású zárást.

A bombákat megfelelő méretű *elektromos kemencében* hevítjük. Előnyös, ha a kemence a bombával együtt jobbra-balra billenthető, mert így az esetleges olvadék jelenléte a ferde szint segítségével megállapítható.

Nyomást kétféle módon állíthatunk elő a bombában: vagy ismert mennyiségű víz behelyezése után zárjuk le a bombát, vagy pedig a bombát szárazon zárjuk le és a vizsgálati hőmérséklet elérése után nagynyomású vízszivattyúval nyomásálló vezetéken keresztül desztillált vizet nyomunk a bombába. Nyomásmérő műszer és puffertartály

is iktatható a vezetékbe. Az összeköttetés nyomásbiztos acélkapillárisok és kúpos tömítések segítségével könnyen megvalósítható.

A két módszer között lényegbevágó különbség van. Az első eljárásnál a nyomás nem független változó, hanem a hőmérséklettől és a bomba töltési fokától függ; a második eljárásnál nemcsak a hőmérséklet, hanem a nyomás is tág határok közt szabadon változtatható.

A bomba-típusú autoklávokat még ma is kiterjedten használják. Alkalmazhatóságuk felső határa 600°-on kereken 1500 kp/cm², 500°-on 2000 kp/cm², feltéve, hogy kiváló minőségű sav- és hőálló ötvözeteket használtak fel a bombák előállítása során. A bennük előállított kísérleti anyag mennyisége a készülék nagyságától függően néhány kilogrammtól néhány grammig terjed.

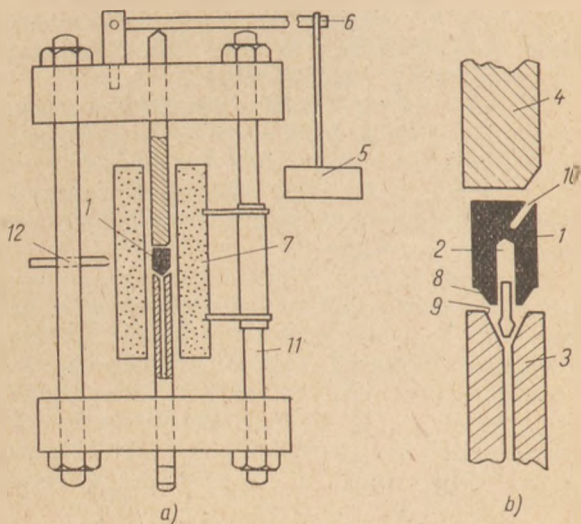
Exokláv

Az új, korszerű vizsgáló eljárások számára nincs szükség ilyen nagy mennyiségű anyagra. Oxidos elemzés néhány centigramm, DTA- és infravörös színképvizsgálat kb. 20—50 milligramm, röntgenográfiai vizsgálat pedig még kevesebb anyagból is elvégezhető. A készülék-szerkesztők feladatává vált olyan berendezés tervezése, mely lényegesen kisebb mennyiségű anyagot képes hidrotermális kezelésnek alávetni, de nagyobb nyomás- és hőmérsékletintervallumban.

Ezt a feladatot csaknem egyidőben oldották meg Szüromjatnikov és Tuttle, de Tuttle (1948.) két évvel Szüromjatnikov (1950.) publikációja előtt tette közzé az általa tervezett készüléket. Mindkét szerző egymástól függetlenül csaknem azonos elvek alapján tervezte meg nagynyomású hidrotermális berendezését. A lényeg mindkettőnél a csavarmenetes zárás helyett a súlyok vagy hidraulika segítségével történő külső zárás. Ennek következtében ez a fajta készülék „*exokláv*”-nak nevezhető.

Exokláv rajzát mutatja a 3. ábra. Legfontosabb része az 1. reaktortartály, mely hő- és saválló acélból készül és félig átmenő fúratral van ellátva. E fúrat a tulajdonképpeni reakciótér (2), mely a mintát tartalmazza. A reaktortartályt alulról egy átfúrt acélrúd (3) tartja, felülről pedig az 5. súllyal terhelt másik acélrúd (4). A reaktortartályt teljesen, a két tartórudat pedig hosszúságuk egy részében a 7., függőleges irányban szétnyitható kemence veszi körül. Ennek segítségével a reakciótér tetszőleges hőmérsékletűre fűthető. Az egész berendezést a 11. tartókeret fogja össze.

Az illó alkatrészeket, (rendszerint vizet) az alsó tartórúd (3) furatán át a bombáknál már említett nyomásálló csatlakozó, nyomóvezeték és szivattyú segítségével juttatjuk a reakciótérbe. A kényes pont itt az alsó tartórúd és a reakciótér nyomásbiztos összeköttetése. Ennek megoldása a 3. b. ábrán jól látható. A reaktortartály alsó része kúppalástban végződik (8). A kúppalást két szembenlévő alkotója által bezárt szög mondjuk 59°. Ezt a zárófelületet a 3. tartórúd felső részén ugyancsak kúppalakúra kiképzett ülésbe szorítja be a zárósúly. Ez utóbbi kúp nyílásszöge azonban vala-



3. ábra. Exokláv. Az a) részabrán a készülék összeállítása, a b) részabrán a reaktortartály és az azt körülvevő alkatrészek láthatók

1. reaktortartály, 2. reakciótér, 3. és 4. tartórudak, 5. zárósúly, 6. zárókar, 7. kemence, 8. reaktortartály zárófelülete, 9. alsó tartórúd zárófelülete, 10. fúrat, 11. tartókeret, 12. hűtőcsomk

mivel nagyobb, mint a reaktortartály kúpjának nyílásszöge, mondjuk 60° . Ilyen módon minden tömítés nélkül egy körgyűrű mentén tökéletes zárást érünk el. A kúpok felszíne kissé korrodálódik ugyan az alkalmazott hő- és nyomásviszonyok közt, azonban finom csiszolópapírral minden kísérlet után megtisztítható. Ha hosszabb idő után maradandó alakváltozás lépne fel, legcélszerűbb a reaktortartályt újjal pótolni; a 9. zárófelület egyszerű kézi ellendarabbal időnként eredeti profiljára csiszolandó. A vizsgálat során a reaktortartály kb. 10%-kal összenyomódik, ez azonban a kísérlet sikerét nem veszélyezteti.

A reakciótér hőmérséklete a 10. fúratba dugott termoelem segítségével mérhető. A termoelem mérőpontjának távolsága a mintától kb. 3 mm,

hőmérséklete a kis távolság következtében gyakorlatilag megegyezik a reakciótér hőmérsékletével. Erről hőmérsékleti fixpontul szolgáló anyagok olvasztása útján kísérletileg is meg lehet győződni.

A kísérlet befejezése után a mintát gyorsan le kell hűteni az egyensúly befagyasztása céljából. A reaktortartály kis mérete igen gyors hűtést tesz lehetővé. A hűtés úgy történik, hogy a 7. kemencét szétbontjuk és a 11. tartókeret egyik rúdja körül gyors mozdulattal két oldalra kifordítjuk majd a 12. csőcsomkon keresztül hideg sűrített levegő-áramot (szükség esetén vízáramot) bocsátunk a reaktortartályra. Ilyen módon másodpercenként kb. $30-40^\circ$ -os hűtési sebességet lehet elérni.

A kb. 8—10 mg súlyú mintát 0,01 mm vastag platinafóliából készült tégelybe rakjuk, mely pontosan illik a 2. reakciótérbe. A szoros illeszkedés megakadályozza a konvektív anyagmozgást. A tégely a 3. rúdra helyezett platina alátétén áll. Az 1. reaktortartály és a 3. és 4. tartórudak nagy krómtartalmú, kevés szilíciumot is tartalmazó rozsdamentes acélból készülnek. Jóminőségű acélanyagok alkalmazásával az exokláv kb. 1100° -ig és 1000 kp/cm^2 nyomásig használható fel, de csak néhány órás összelettartammal; utána a hőnek kitett alkatrészeket megmunkálni vagy cserélni kell. 900° -on és az előbbivel azonos nyomáson az élettartam már több hét. 800° -on még 3000 kg/cm^2 nyomáson is, korlátlan ideig használható az exokláv.

Kémcső-autokláv

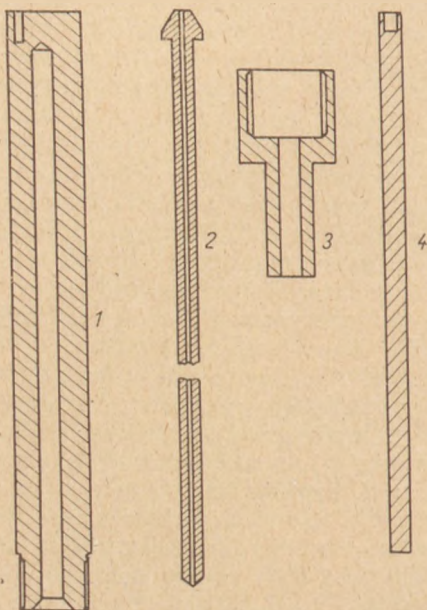
Átmenet a bombák és az exokláv közt a Tuttle (1949.) által kifejlesztett és Roy és Osborn (1950.) által módosított „kémcső”-autokláv. Ez a legegyszerűbb és legolcsóbb nagynyomású hidroterm berendezés.

A „kémcső”-autokláv (4. ábra) legfőbb része az 1. saválló acélrúd, külső átmérője kb. 25 mm, hossza kb. 200 mm. A rúdba kb. 5 mm átmérőjű lyukat fúrnak, mely a rúd egyik végétől a rúd hosszának kerekén kilentezett részéig terjed. A rúd zárt végén még egy furat található. Ez a hőelem elhelyezésére szolgál és ezért úgy kell megválasztani helyzetét, hogy minél közelebb legyen a főfúrat végében elhelyezett mintához.

Az 1. rúd nyílt végén át a 2. acélkapilláris segítségével adjuk a nyomást a készülékre. A tömítést — az exoklávhoz hasonlóan — két egymásbaillő, nem teljesen azonos nyílásszögű kúp alkotja. Természetesen itt az acélkapilláris végén levő kúpfelület nyílásszöge kisebb $1-2^\circ$ -kal. Az acélkapillárist az 1. rúd zárórészéhez a 3. hollandi anya szorítja.

A kémcső-autokláv leglényegesebb sajátossága, hogy a zárórész nincs hevítve, így az élettartam sokkal hosszabb, mint a többi készülékeknél. A kémcső-autokláv főfúratának legvégében, (a termoelem-fúrat közelében) kis platinatégelyke rejti a mintát. Az autokláv fejét a mintával együtt elektromos kemence fűti. A zárórész, acélkapilláris stb. kiáll a kemencéből.

Fejjel lefelé vagy fejjel felfelé egyaránt kemencébe helyezhető az autokláv. Az első esetben célszerű, a második esetben elengedhetetlen a



4. ábra. Kémcső-autokláv

1. acélrúd, 2. acélkapilláris, 3. hollandi anya, 4. betét

4. betét alkalmazása, mely nemcsak tartja a mintát tartalmazó tégelyt és megakadályozza a konvekciós vándorlást, hanem az autokláv munkaterét és ezáltal az esetleges felrobbanáskor keletkező károkat csökkenti.

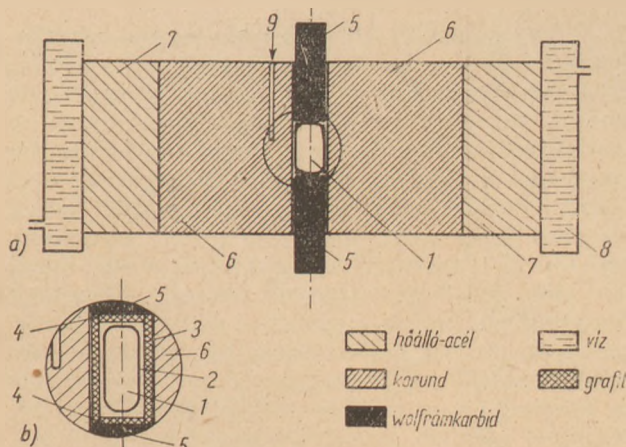
A kémcső-autokláv igen egyszerű, olcsón előállítható. Közönséges saválló acélból előállítva 750°-on kb. 2000 kp/cm² nyomáson hosszú ideig használható. Különleges acélananyag alkalmazásával 1100°-on és 500 kp/cm² nyomáson valamint 700°-on és 6000 kp/cm² nyomáson végzett kísérletekről is hírt ad az irodalom (Roy és Tuttle, 1956).

A kémcső-autokláv további előnye, hogy — az exoklávhoz hasonlóan — igen gyors egyensúly-befagyasztást tesz lehetővé. A hűtést „fejfel felfelé” állásban a kemencéből való kivétel után levegő-áram végzi. Még egyszerűbb a befagyasztás „fejfel lefelé”. Ilyenkor a kemencéből kivett autokláv fejét vízbe mártjuk. A felsorolt előnyös tulajdonságok alapján valószínűleg a kémcső-autokláv lesz a jövő laboratóriumi hidrotermális készülékének mintája.

Coes-készülék

A legutóbbi időkben — nem is laboratóriumi, hanem elsősorban ipari célra — olyan készüléket dolgoztak ki, mely még nagyobb nyomás és hőmérséklet alkalmazására nyújtott lehetőséget. A készülék megalkotása Coes (1953.) nevéhez fűződik, aki munkájában felhasználta Bridgman (1947, 1949.) széleskörű tapasztalatait. A Coes-készülék (5. ábra) alapelvében rendkívül egyszerű. Oldalról grafithenger (3), felülről és alulról grafitlemez (4) veszi körül az ezüst- vagy acéltokba (2) zárt mintát (1). A hézagokat MgO por tölti ki. Mindeme részeket két, kb. 5—7 mm átmérőjű wolfrámkarbidrud (5) közé fogják. Az 5. rudakat hidraulikus sajtó szorítja össze. Oldalról zsugorított alumíniumoxidból készült 6. gyűrű veszi körül mindezeket az alkatrészeket, ezt a 7. hőálló acélgyűrű fogja körül, végül a külső tér felől a 8. vízhűtéses hengerköpeny zárja le a készüléket. A mintát az 5. rudakon bevezetett kisfeszültségű, nagy erősségű áram Joule-melege fűti; az ellenállásanyag maga a grafit-henger, ill. lemez. A hidraulikus sajtó nyomásának hatására a grafit alkatrészek persze azonnal összetöredeznek, de elektromos vezetőképességük megmarad és az elektromos hevítés is tovább folyik. Az áramvesztéseket a grafithengert körülvevő, 1800°-on elméleti faj súlyra zsugorított, különlegesen szilárd és kitűnő elektromos szigetelő 6. korundgyűrű akadályozza meg. A hidraulikus sajtó nyomását automatikus berendezés szabályozza. A hőmérsékletet a 6. korundgyűrű furatába helyezett 9. termoelem segítségével mérjük. A Coes-készülékkel 900°-on is 35000 kp/cm² nyomáson elég hosszú ideig lehet nagy nyomású hidroterm körülményeket fenntartani; ha a hőmérsékletet 100°-al csökkentjük, a nyomás kb. további 10 000 kp/cm²-el növelhető.

A Coes-készülék hátrányai elsősorban mérés-technikai jellegűek. Egyrészt a hőmérséklet nem határozható meg pontosan, sőt valószínűleg a hőmérséklet nem is oszlik meg egyenletesen a



5. ábra. Coes-készülék. Az a) részabrában a teljes készülék, a b) részabrában a mintatartó és azt körülvevő alkatrészek láthatók

1. minta, 2. ezüst- vagy acéltok, 3. grafit-henger, 4. grafitlemez, 5. wolfrámkarbid-rudak, 6. korundgyűrű, 7. acélgyűrű, 8. vízköpeny, 9. furat a hőelem számára

minta egész térfogatában. A másik nehézség: a nyomás meghatározása. Ez csak a présnyomás és a minta felületének hányadosából számítható; a valódi nyomás ennél mindenképpen kevesebb, mert a wolfrámkarbid-rudak súrlódása a nyomási energia egy részét felemészti. Újabban állítólag etalon-nyomások, pl. bizmut modifikációs átalakulása segítségével legalább hozzávetőleges nyomáskalibrációt is megvalósítottak.

Hőmérséklet és nyomás a hidrotermális kísérletek során

Mint láttuk, a hidrotermális kísérletek jelenlegi felső hőmérsékleti határa 1000—1100° körül, a hozzáférhetőbb készülékek felső nyomáshatára 2000 kp/cm² körül van. A fizikai-kémiai körülmények megállapításához mindkét paraméter: a hőmérséklet és nyomás pontos mérésére és szabályozására is szükség van.

Hőmérséklet

A hőmérséklet mérése rendszerint termoelemmel történik. A termoelemet a bombaköpeny, autokláv vagy exokláv megfelelő furatába úgy kell elhelyezni, hogy minél közelebb legyen a mintához. Nyomásálló tömítéssel keresztül a termoelem a nagy nyomású térbe is bevihető, és így a vizsgált anyag közvetlen hőmérsékletmérése is lehetővé válik. Ez azonban bonyolult és kényes megoldás és rendszerint szükség sincs rá, mert a bombaköpeny acéljának jó hővezetőképessége következtében a minta hőmérséklete kellő pontossággal mérhető a köpenyfal furatába helyezett termoelemmel is.

A termoelektromos erőt millivoltmérővel vagy kompenzációs berendezéssel mérjük; ez utóbbi módszer körülményesebb ugyan, de sokkal pontosabb.

A termoelemek kalibrálása célszerűen ismert hőmérsékleti fixpontok segítségével, vagy hiteles hőelemmel való összehasonlítással végezhető.

Az egyensúlyi körülmények pontos megállapítása céljából a mintát hosszú ideig, néha hetekig állandó hőmérsékleten kell tartani. Ennek egyik módja az, hogy az elektromos hevítő-kemencét stabilizált feszültségforrás és toroid-transzformátor segítségével fűtjük. Ez a — kétségkívül egyszerű — szabályozás azonban csak passzív jellegű és nem képes arra, hogy a kemence hővesztégeinek (pl. a szobahőfok ingadozásai, a szél, huzat és más. külső körülmények okozta) változásait kiegyenlítsse. Jobban megfelel az aktív szabályozás, melynek során a hidrotermális berendezés hőmérsékletérzékelő szerve szabályozószerv segítségével a kemence áramellátását befolyásolja. Ilyen, hőelemmel működő szabályozóberendezés lehet például a közismert ejtőkengyeles hőmérsékletmérő és szabályozókészülék, mely — minőségi gyártmány esetében — kb. $\pm 15^\circ$ pontossággal képes konstans hőmérséklet létrehozására. A legtöbb kísérlet céljára azonban nem elég pontos és megbízható az ejtőkengyeles szabályozó. E hiányosságok pótlására az Építőanyagipari Központi Kutatóintézetben fényelektromos szabályozót terveztünk és építettünk. (Kaló és Tamás, 1959).

A készülék legfontosabb szerkezeti eleme érzékeny és pontos hőmérsékletleolvasó millivoltmérő (4). A műszer mutatójával egy vonalban levő tengely körül mozgatható a hőmérsékletbeállító kar, melyen késélmutató, kiefeszültségű izzólámpa és résfotocella van elhelyezve. Az izzólámpa és fotocella igen közel vannak egymáshoz és olyan elhelyezésben, hogy a mérőműszer mutatója a hőmérséklet emelkedése során a fotocella rése és az izzólámpa közt halad el. Az elhaladás során a mutató (vagy a ráragasztott alumíniumfólia) eltakarja a fotocella rését és ezáltal a fénysugarat megszakítja. Ennek következtében a fotocella áramköre azonnal (tehetetlenség nélkül!) megszakad és ezzel elektronikus jelfogót működtet. Az elektronikus jelfogó vagy közvetlenül vagy segédrelé közbeiktatásával a fotocella elsötétedésének pillanatában kikapcsolja a kemence áramellátását. A kemence, hőkapacitásától függő mértékben, még rövid ideig melegszik, majd hűlni kezd. Mihelyt a hűlés következtében a mérőműszer mutatója a

fotocella elől elhúzódik, a cella fényt kap, az elektronikus jelfogó meghúz és a folyamat előről kezdődik. Beépített gátlóberendezés akadályozza meg azt, hogy a kemence hőmérséklete a műszer vagy jelfogó bármely hibája következtében megszaladhasson.

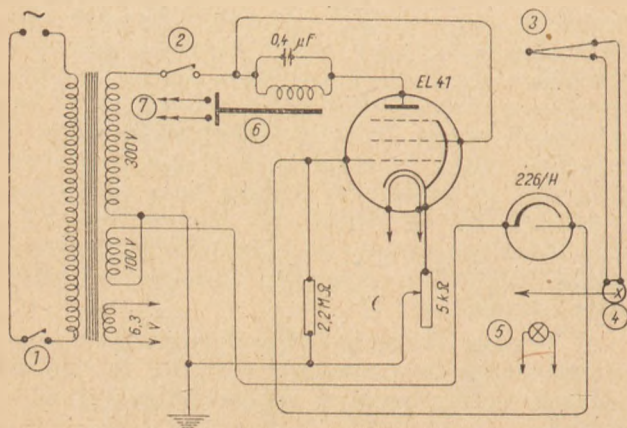
A fényelektromos hőmérsékletszabályozó pontos alaplátvány, kis hőkapacitású elektromos kemence és vékony fotocella-rés esetében hosszú időn keresztül $\pm 1-2^\circ$ pontossággal tartja az előre beállított hőmérsékletet a hálózati feszültség erős ingadozása esetén is.

A készülék kapcsolási vázlatát a 6. ábra mutatja. A készülék további előnye, hogy nemcsak hőmérséklet-szabályozásra használható, hanem bármely mutató mérőműszerrel egybe lehet építeni. Manométerrel egybeépítve pl. kitűnően felhasználható nyomásszabályozásra is.

Nyomás

Hidrotermális rendszerek nyomásának mérése ugyancsak nehéz kérdés. A víz bevitelle a hidrotermális berendezésbe — mint már említettük — kétféle módon történhet: a bomba, autokláv stb. lezárása előtt, vagy nyomásálló csővezeték segítségével a kísérlet közben. Az első esetben a nyomás megállapítására manométer beépítése nem okvetlenül szükséges, mert a nyomást számítással is megállapíthatjuk. A feszítő elhagyása a hidrotermális berendezést lényegesen egyszerűsíti. A második esetben a feszítőnek a készülékbe vagy összekötő csővezetékbe való beiktatása elengedhetetlen.

Feszítő hiányában a nyomást a töltési fokból és hőmérsékletből számítani kell. Ha csak gőz- és szilárd fázis van jelen, úgy a számítás Kennedy (1950.) vagy Osztrovszki (1950.) adatai alapján kellő pontossággal elvégezhető. Ha azonban olvadásfázis vagy oldott fázis is jelen van, úgy természetesen a Kennedy- vagy Osztrovszki-féle adatok nem használhatók, hiszen a valódi nyomás az oldadék, vagy oldat gőznyomása lesz, nem pedig a tiszta víz gőznyomása. A két érték közti különbség — jól oldódó anyagok esetében — igen nagy lehet (az oldat gőznyomása mindig kisebb mint a tiszta oldószeré). Számos szilikát azonban csak kis mértékben oldódik a vízben, ill. vízgőzben. Ilyenkor az említett táblázatok jól használhatók. A Kennedy, illetőleg Osztrovszki-féle táblázatok a gőz sűrűsége és nyomása, vagy a gőz fajtérfogata és a nyomása közötti összefüggést adják meg a hőmérséklet függvényében. A kritikus hőmérséklet felett (víz esetében tehát 374° felett) már folyékony fázis nem lehet jelen. A gőz sűrűsége azonban ismert: az üres bombába, autoklávba stb. a kísérlet elején beadott víz és a bomba, autokláv stb. teljes térfogatának hányadosa. Ha például 100 ml-es bombába 40 ml vizet töltöttünk a kísérlet elején, szuperkritikus állapotban a gőz sűrűsége $0,40 \text{ g/ml}$ lesz. E gőzsűrűséghez tartozó egyensúlyi nyomás a Kennedy vagy Osztrovszki-féle táblázatból 1000° -ig bármely hőmérsékletre (szükség esetén interpolálást alkalmazva) leolvasható.



6. ábra. Fotocellás szabályozó kapcsolási vázlat

1. főkapcsoló, 2. ellenőrző hüvelykár (üzem alatt rövidzárandó),
3. termocell, 4. hőmérsékletleolvasó millivoltmérő, 5. izzólámpa,
6. jelfogó, 7. elektromos kemence áramköre

Bonyolultabb a helyzet a szubkritikus állapotban. Itt ugyanis folyadék- és gőzfázis egyaránt jelen lehet. Ilyenkor először meg kell állapítani a folyadék- és gőztérfogat megoszlását, ebből a gőzsűrűséget és csak ezután kereshetjük ki a táblázatokból a nyomást.

A folyadék- és gőztérfogat megoszlása a 7. ábra segítségével számítható ki. Az ábra abszcisszáján a hőmérséklet (szobahőfoktól a kritikus hőmérsékletig), baloldali ordinátáján a százalékos töltési fok van feltüntetve. Minden tízszázalékos értéktől egy-egy kihúzott vonalú görbe indul ki, mely a folyadék és gőztérfogat megoszlását adja meg különböző hőmérsékleteken, vagy, ami ezzel egyenértékű, a folyadék — gőz-határfelület helyzetét a hengeralakúnak képzelt nagynyomású térben. E görbék segítségével (szükség esetén interpolálva) minden töltési fok és hőmérséklet esetében megállapítható a gőz- és folyadéktérfogat megoszlása a hőkiterjedés és párolgás együttes hatása alatt.

Lássuk pl. a helyzetet 30%-os töltési fok esetében: szobahőmérsékleten a nagynyomású tér 30%-át kitöltő víz szintje a dilatáció hatására emelkedik; 300°-on a szint már 38%-nál fekszik. Később azután a párolgás hatására a folyadékszint csökken, a gőztérfogat növekszik, majd 368°-on, tehát még a kritikus hőmérséklet elérése előtt a folyadék eltűnik, a nagynyomású teret teljes egészében 0,3 sűrűségű gőz tölti be.

Nagyobb, pl. 70%-os töltés esetében más a helyzet. Kövessük a 70%-os ordinátából kiinduló görbét. Látjuk, hogy ez a görbe is emelkedik, azaz a folyadéktérfogat nő a gőztérfogat rovására. Itt azonban a görbe végig emelkedik, a folyadéktérfogat állandóan nő, nem következik be a kis töltési fokoknál mutakozó hirtelen süllyedés. Végül 280°-on a gőz teljesen eltűnik, az egész nagynyomású teret folyadék tölti be. A kritikus hőmérséklet eléréseig ez a helyzet, utána persze a folyadék elgőzölög. A szuperkritikus végállapot 0,7 sűrűségű gőz.

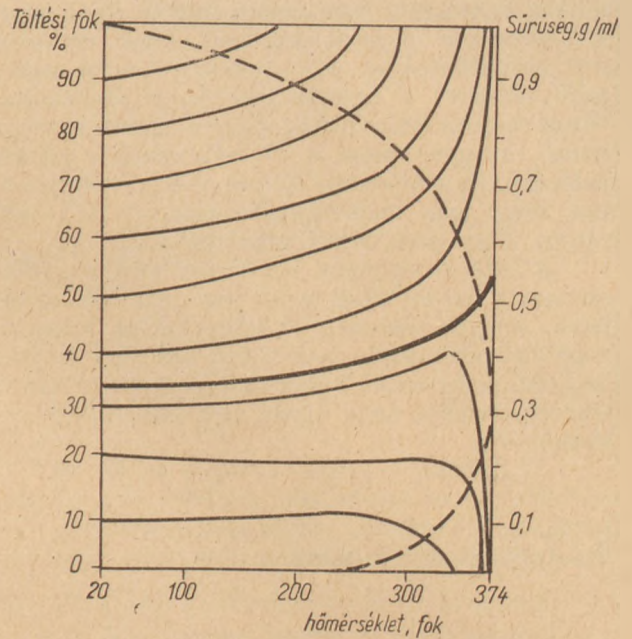
Látjuk, hogy általában mind a kis, mind a nagy töltési fokok esetében még a kritikus hőmérséklet elérése előtt egyfázisúvá válik a nagynyomású tér. Egyetlen kivétel: a 32,65% töltési fok, melynél mindkét fázis egészen a kritikus hőmérsékletig megmarad. Ezt a görbét vastagabb vonallal húztuk ki.

A gőz-, illetve folyadéksűrűség a szaggatott vonallal berajzolt görbe és a jobboldali skála segítségével olvasható le; a görbe felső szakasza a folyadékra, az alsó szakasza a gőzre vonatkozik.

A hidrotermális szintézis nyersanyagkérdései

Ásványszintézis céljaira olcsó, könnyen beszerezhető és jól átalakuló nyersanyagokat használnak. Minden egyes ásvány előállításának megvannak a legkedvezőbb nyersanyagai. Némely esetben előnyös az üveges állapotú nyersanyag, mert rendszerint jobban oldódik és könnyebben ad kristályos végterméket.

Más a helyzet a fizikai-kémiai stabilitási körülmények és egyensúlyi viszonyok tisztázását célzó kísérleteknél. Itt ugyan elvileg tetszőleges volna



7. ábra. Folyadék- és gőztérfogat, folyadék- és gőzsűrűség szubkritikus vízgőz esetében

a nyersanyagok megválasztása: akár amorf, akár kristályos anyagból kiindulva ugyanazt a végterméket kell kapnunk (hiszen az egyensúly alapfeltetele, hogy bármely oldalról megközelítve azonos végállapothoz érkezzünk).

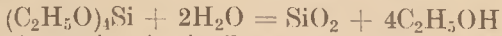
Gyakorlati szempontok azonban egyértelműen amorf nyersanyag használatát ajánlják. Kristályos anyagok ugyanis olyan erős, elsősorban ionos kötéseket tartalmaznak, melyek még hidrotermális körülmények közt is megmaradnak és megnehezítik, sőt a rendelkezésre álló idő alatt gyakorlatilag meg is akadályozzák a stabil fázisok kialakulását. Ez a jelenség gyakran még a legalaposabb, pl. nedves állapotban, golyósmalomban sok napon keresztül őrlve kevert nyersanyagok esetében is fennáll, így pl. Ehlers (1953.) azt tapasztalta, hogy az említett módon előkészített korund-kvarc keverék 400°-on, 700 kp/cm² nyomáson 60 napig tartó hidrotermális kezelés hatására sem reagált teljes mértékben; egyes korund és kvarcsemekek még ilyen hosszú ideig is megmaradtak.

Mindezen megfontolások alapján célszerűbbnek látszik az amorf nyersanyagok használata. Őnként kínálkoznak erre a célra a korszerű kolloid-kémiai elvek alapján lecsapott gélek. Ha a vizsgálni kívánt rendszer egynél több nehezen illó komponenszt tartalmaz, úgy többféle gélt kell előállítani akár külön-külön, akár együttes lecsapással. Hacsak lehet, együttes lecsapást választunk, mert — mint Grofesik (1957.) vizsgálatai bebizonyították — a külön-külön lecsapott gélek keveréke sokkal kevésbé reakcióképes.

A géles módszernek több változata van. Némely esetben használható az a kitűnő módszer, hogy a vizsgálni kívánt, két nehezen illó komponenszt tartalmazó rendszer sóiból a géleket vizes oldatban, meghatározott pH mellett egymással csapatjuk ki. Ha valamelyik kiindulási anyag nátrium- vagy káliumszilikát, úgy a nyerstermék

mindíg adszorptív úton erősen kötött alkáli-ionokat tartalmaz, melyek még igen hosszú mosással sem távolíthatók el. 300°-os kiégetés néha segít; jobb módszer a nyerstermék elektrodializálása, bár ez esetben előfordulhat, hogy nemcsak a szennyező, de egyéb ionok is elvándorolnak a dialízis hatására. Ez a módszer előnyös abból a szempontból, hogy igen reakcióképes terméket ad; hátánya, hogy csak ritkán alkalmazható.

A SiO_2 -komponens bevitelére ideális nyersanyagoknak bizonyultak a szerves szilíciumvegyületek, melyek alacsony hőmérsékleten kiégetve vagy hidrolízis útján igen tiszta terméket adnak. Legjobb és egyúttal legkönnyebben beszerezhető a tetraetoxiszilán, mely vízzel könnyen és gyorsan hidrolizál a



reakcióegyenlet értelmében. A kivált SiO_2 gélállapotú, sok vizet és etilalkoholt tartalmaz, de beszáritás és óvatos kiizzítás után tiszta és tökéle-

tesen amorf terméket ad. Ha a hidrolízishez nem desztillált vizet, hanem a vizsgálni kívánt rendszer többi nehezen illó tagjainak nitrátjait használjuk vizes oldatban, úgy a gélbe egyúttal a többi komponenst is bevittük (tudvalevő, hogy a közönséges fémek nitrátjai kiégetve oxidokká bomlanak). A kapott gélek összetétele a nyersanyagok mennyiségének változtatásával előre kiszámítható; a valóságos összetétel a számítottól gondos munka esetén csak néhány század százalékkal tér el. További előny, hogy az így készített gélkeverék teljesen homogén és amorf.

Szükségesnek tartjuk megemlíteni, hogy a tetratoxiszilán hidrolízisével nyert, együtt lecsapott gélkeverékek a világon elsőnek Grofcsik és munkatársai alkalmazták a SiO_2 — Al_2O_3 rendszer tanulmányozásával kapcsolatban végzett vizsgálataik során 1951—52-ben. Sajnos publikációjuk (1954.) elkésztett Roy és munkatársai (1953.) hasonló megoldást ismertető munkájához képest.

Helyreigazítás

Az „Építőanyag” 1959. 4. számában megjelent Benedek Dénes: »Hozzászólás Lázár Jenő: „A keménykőbányászati mélyfúrások kérdései» című cikkéhez» című hozzászólásában a 144. oldal 2—4. bekezdésében értelemzavaró sajtóhibák vannak. A fenti bekezdések helyes szövege:

„1958. évi csehszlovákiai tanulmányútunk során azt tapasztaltuk, hogy a csehszlovákok felismerték a külföldön gyártott nagyteljesítményű gépek önköltségcsökkentő jelentőségét és annak ellenére, hogy náluk

később kezdték el a nagylyukú robbantásokat, igen sok különféle külföldi gépet szereztek be. Mikor a csehszlovákok 1955. évben Tatabányán tanulmányozták a nagylyukú robbantásokat, ők még kizárólagosan nagykamrás robbantásokat alkalmaztak. Azóta tértek át a nagylyukú robbantásra, s 1958. nyarán már náluk tanulmányozhattuk a Böhler HM 471, Climax WD 4, Redord HS Universal, Salzgitter H 60, és a Wirth HS 51—3 típusú fúrógépeket. Az alábbi táblázat tünteti fel ezen gépek főbb adatait.”

ÉPÍTŐANYAG

Felétős szerkesztő: Hinsenkamp Alfréd — Kiadja a Műszaki Könyvkiadó V. Bajcsy-Zs. Húszky út 22. Telefon: 113-450

Felétős kiadó: Solt Sándor — Megjelent 750 példányban

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

Előfizetési díj: ¼ évre 18.— Ft., félévre 36.— Ft., egyes szám ára: 6.— Ft. — Csekk számlaszám: egyéni 61,252, közzületi: 61,006
48393-689/2 - Révai-nyomda Budapest V., Vadász utca 16. (Felétős: Pováry Jenő)

Felhívjuk figyelmét szakkönyv ujdonságainkra !

Gerő László:

Építészeti műemlékek

A könyv elsősorban az építészeti műemlékek feltárását, helyreállítását és védelmét ismerteti. A korszerű műemlékvédelmet mutatja be olyan példákon, amelyek kiemelkedően sikerültek, követendő elvi vagy gyakorlati útmutatást adnak. Így és ezért vezet végig az egyiptomi feltárásokon, az olasz városrendezéseken, a görög műemlékvédelmen, a kiemelkedő szovjet, francia, német helyreállításokon, a nagyszerű lengyel és cseh újjáépítéseken és a magyar műemlékvédelmen, amely utóbbit részletesen, első ízben, átfogóan, mindenre kiterjedően tárgyalja.

428 oldal

354 ábra

Ára kötve: 91,— Ft

Előkészületben levő szakkönyvek:

Bachmann—Novák: Épületek szigetelése, víz és savszigetelés (Ipari Szakkönyvtár) Kb. 420 oldal	Ára fűzve kb.: 24,— Ft
Megyer—Seidl: Építészeti műszaki rajz 2. kiadás. 216 oldal	38,— Ft
Palotás László: Mérnöki kézikönyv III. Kb. 1360 oldal	Ára kötve: 180,— Ft
Széchy—Maróti—Gerle—Kölley: Építőipari csőállványok Kb. 182 oldal	Ára fűzve kb. 25,— Ft

Fenti könyvek beszerezhetők, illetve megrendelhetők az

**ÁLLAMI KÖNYVTERJESZTŐ VÁLLALAT KÖNYVESBOLTJAIBAN
SZAKBOLTOK:**

Műszaki Könyvesbolt — Antikvárium,
Budapest, VII., Lenin krt. 7.

Erkel Könyvesbolt,
Budapest, VII., Lenin krt. 52.

Technikus Könyvesbolt,
Budapest, XI., Bartók Béla út 25.

Példányonkénti eladási ára : 6.— Ft.