

# 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

★

Felelős szerkesztő:

Hinsenkamp Alfréd

★

Főszerkesztő:

Dr. Korányi György

★

Szerkesztőbizottság:

Bereczky Endre

Beke Béla

Erdély Imre

Grofcsik János

Király György

Király Jenő

dr. Knapp Oszkár

dr. Lehmann Edit

Mayer Károly

Szentmártony Gusztáv

★

Szerkesztőség:

Budapest, V., Honvéd u. 22

II. lépcső I. emelet 4

Telefon: 124-438

★

Kiadja:

Műszaki Könyvkiadó,

Budapest, V.,

Bajcsy-Zsilinszky út 22

Telefon: 113-450

★

Felelős kiadó:

Solt Sándor

## TARTALOM

	Oldal
Lázár Jenő: Az aprítógépek működése és az aprított halmaz szem- szerkezete közötti összefüggések — — — — —	273
Sasvári György: Az elmélet közvetlen alkalmazása technológiai fo- lyamatokra — — — — —	277
Dr. Albert János: A perlit expandálásánál végbemenő folyamatok — — — — —	284
Grofcsik Elemér: Cordierit bázisú elektrokerámiai anyagok — — — — —	287
Cser Arisztid: Különleges tűzálló betonok — — — — —	293
Újhelyi János: A tufa építőipari felhasználása — — — — —	298
Dr. Knapp Oszkár: Alkaliszilikátüvegek viszkozitás-izotermái — — — — —	310
Simon Miklós: A közszalék minőségi és mennyiségi kérdései az aszfaltútépítő iparban — — — — —	313
Sebestyén Gyula: A világ könnyűbeton termelése — — — — —	323
Csutor János: A betontömörítés egyes különleges kérdései — — — — —	325
Könyvismertetés — — — — —	330
Lapzemele — — — — —	330

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Енэ Лазар: Действие дробильных установок и связь между измель- ченным скоплением и его гранулометрией .....	273
Дьердь Шаувари: Непосредственное использование теории на тех- нические процессы .....	277
Д-р. Янош Альберт: Экспандированный перлит .....	284
Элемер Грофчик: Электрокерамические материалы с кордиеритным основанием .....	287
Ари-тид Чер: Особые огнестойкие бетоны .....	293
Янош Уйхели: Употребление туфа в строительной промышлен- ности .....	298
Д-р. Оскар Кнапп: Изотермы в клейкости щелочно-силикатных стекол .....	310
Миклош Шимон: Качественные и количественные вопросы камен- ных мелочей в промышленности асфальтных путей .....	313
Дюла Шебештен: Производство легкого бетона в мире .....	323
Янош Чутор: Некоторые особые вопросы уплотнения бетона .....	325
Аннотация книг .....	330
Обзор газет .....	330

## INHALTSVERZEICHNIS:

	Seite
J. Lázár: Zusammenhänge zwischen dem Betrieb von Zerklei- nerungsmaschinen und der Korngröße des zerkörnten Haufens	273
Gy. Sasvári: Unmittelbare Anwendung der Theorie im Fertigungs- verfahren — — — — —	277
dr. J. Albert: Expandierter Perlit — — — — —	284
E. Grofcsik: Elektrokeramische Stoffe auf Cordierit-Basis — — — — —	287
N. Cser: Besondere feuerfeste Betone — — — — —	293
J. Újhelyi: Anwendung von Bimsstein in der Bauindustrie — — — — —	298
dr. O. Knapp: Viskosität-Isothermen von Alkalisilikatgläsern — — — — —	310
M. Simon: Qualitäts- und Quantitätsfragen von Steinschlag im Asphaltstrassenbau — — — — —	313
Gy. Sebestyén: Weltproduktion von Leichtbeton — — — — —	323
J. Csutor: Einige besondere Probleme der Betonverdichtung — — — — —	325
Buchbesprechung — — — — —	330
Zeitschriftenrundschau — — — — —	330

Címképünk: Iszapbefolyó esatorna a kemencébe

Lapunk legközelebbi száma dupla terjedelemben, február hónapban  
jelenik meg.



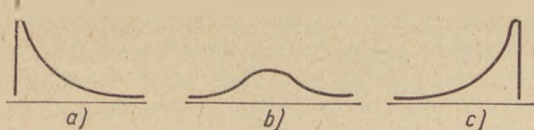
# ÉPÍTŐANYAG

9. ÉVFOLYAM 6. SZÁM

## Az aprítógépek működése és az aprított halmaz szemszerkezete közötti összefüggések\*

LÁZÁR JENŐ

Aprított halmazok szemnagyság szerinti összetételére vonatkozólag úgy az empirikusan megállapított Rosin—Rammmler-féle képlet, mint a valószínűségi számítási levezetések alapuló Kolmogorov—Rényi-tétel — mely szerint a megoszlási görbék alakulása „logaritmikusan normális” —, azt jelentik, hogy a szemszerkezeti görbék alakulása jobbra ferdülő és esüspontjuk erősen az ordinátatengely felé tolódik el.



1. ábra

Ilyen görbét mutat az I. ábra „a” görbéje.

Már korábban reámutattunk arra, hogy a szemszerkezeti görbék fenti jellege csak az aprítógépek bizonyos csoportjánál — a malmoknál és finomra aprító gépeknél (kalapácsos-törő, hajító-törő stb.) — áll fenn. Az aprítógépek egyéb csoportjainál sem „szabálytalan” azonban a szemnagyság szerinti megoszlás alakulása, hanem szintén szorosan meghatározható törvényszerűségek szerint alakul. A pofás- és kúpostörők által aprított halmazok összetétele a Gauss-féle görbe szerint alakul — tehát „normális megoszlású”, a hengertörőké pedig — közepes aprítási fok mellett — szintén normális megoszlású, kis aprítási fok mellett pedig jobbra ferdülő és a log. normális megoszlás tükrökéjének megfelelő.

Kimutattuk azt is, hogy fenti megoszlási törvényszerűségek csak egy általános érvényű törvényi különleges eseteit jelentik. Eszerint a szemszerkezeti megoszlás jellege az aprítás közben elszorított aprító behatások számától függ. Nagyszámú aprító behatás elszorítása esetén, a halmaz gyakorlatilag log. normális megoszlású, közepes számú aprító behatás mellett normál megoszlású, kisszámú aprító behatás eszközésénél pedig jobbra ferdülő.

Fenti megállapításokat a különféle aprító-

géptípusok által aprított halmazok szemszerkezeti görbéinek alakulása alapján eszközöltük. A következőkben más oldalról kiindulva a technológia — tehát az aprítógépek működése — szempontjából kívánjuk e kérdést kutatni és megvizsgálni, hogy mi okozza a szemszerkezeti megoszlás jellegének az aprító behatások számától függő változását.

Vizsgálatainknál az ún. Galton-féle tábla segítségével lefolytatható közismert kísérletből indulunk ki.

Két tábla között, lefelé háromszög alakban szélesedő elrendezésben, szögek vannak beverve. Ha felülről rugalmas golyókat engedünk a táblák közé, ezek a szögek között ide-oda pattognak, majd alul kiesnek. Ha rekeszekre osztott tartályba felfogjuk a kieső golyókat és az egyes rekeszekbe esett golyók számát grafikusán ábrázoljuk, úgy Gauss-féle görbét kapunk. A golyók tehát „normálisan” oszlanak meg a rekeszekre. Ennek oka a következő: a tölsérbe eső golyó a legfelső szögről pattanhat jobbra vagy balra. Akár a jobboldali, akár a baloldali szögre esett, innét ismét pattanhat a közép felé, vagy pattanhat a tábla széle felé. Az alsó sorokban ez a folyamat ismétlődik. A közép felé, tehát balról is, jobbról is, kerülhet golyó, itt tehát a lehetőségek összegeződnek. Ezért a középső rekeszekbe több golyó esik, mint a szélsőkbe.

Ugyanez a valószínűségi helyzet áll fenn aprított halmazok szemnagyságaira vonatkozóan is, a következő okokból:

Ha pofás, vagy kúpos zúzógépet úgy állítottunk be, hogy az általa előállított halmaz max. szemnagysága pl. 60 mm legyen, úgy az aprított halmaz darabjainak szemnagysága 0 és 60 mm között változik.

A törőgépen keresztülhaladó kődarabokat két csoportba oszthatjuk:

1. Olyan kődarabok, melyek kisebb nyomószilárdsággal bírnak, vagy melyek úgy helyezkednek el a pofák között, hogy az átlagosnál nagyobb nyomás éri őket.

2. Nagyobb nyomószilárdságú darabok, vagy olyan darabok, melyek úgy helyezkednek el a pofák között, hogy kisebb nyomásnak vannak kitéve.

\* Az Építőanyagipari Kutatók 1957. évi konferenciáján tartott előadás.



Az első csoportba tartozó kövek minden valószínűség szerint több és kisebb darabra törnek, mint a második csoportba tartozók. Nem valószínű azonban az első csoportba tartozó kődaraboknál sem, hogy azok pl. csupa 20 mm-nél kisebb darabra törnének, de valószínű, hogy a megzúzott kődarabok zöme 0—40 mm nagyságú lesz és csak kevés lesz közöttük az 50, vagy 60 mm nagyságú darab.

Ugyanígy a második csoportba tartozó kövek zöme valószínűleg 20—60 mm nagyságú darabokra törik és belőlük csak kevés 20 mm-en aluli darab fog termelődni.

A 20—40 mm szemnagyságú darabok tehát mindkét esetben termelődnék, az egyik esetben mint felső, a másikban mint alsó szemnagyság. A középső szemnagyságoknál tehát itt is összegeződnek a lehetőségek ugyanúgy, mint a Galton-féle tábla golyóinál. A pofás- és kúpostörők által aprított halmazok ezért szintén normális megoszlásúak.

Ha azonban az aprításnál, a pofás- és kúpostörőknél szokásos 1 : 2—1 : 3 aprítási foknál lényegesen túlhaladunk és így lényegesen több finom szemnagyságú anyagot állítunk elő, úgy az aprított halmaz megoszlásgörbéjének csúcsa a középtől balfelé tolódik és a halmaz nem lesz többé normális megoszlású, mint az alábbiakból következik :

Az 1 : 3 aprítási fokot meghaladó aprítási műveleteknél kétféleképp járhatunk el. Ipari üzemekben általában az a szokásos eljárás, hogy az aprítást több lépcsőben végzik, az előtörő és utántörő közé pedig osztályozót iktatnak közbe, mellyel a már kellőleg aprított anyagot kiosztályozzák és csak a „túlfolyó“ kőanyagot viszik az utántörőre további aprításra.

Így pl. ha 300—400 mm nagyságú terméskődarabokat (ilyenek rakhatók fel a bányában kézi erővel) 60 mm-nél kisebbre kívánunk aprítani, úgy a terméskövet az előtörőben kb. 150 mm-nél kisebbre aprítjuk, az így nyert halmazból kiosztályozzuk a 60 mm-nél már kisebb részleget és csak az osztályozón még fennmaradó anyagot visszük az utántörőre, mely ily módon 150 mm max. szemnagyságú halmazt aprít tovább 60 mm-nél kisebbre.

Ha — gépi felrakásnál — 500—600 mm szemnagyságú tömböket kívánunk 60 mm-nél kisebbre aprítani, úgy az aprítást három fokozatban végezzük.

Az aprítási fok :  $\frac{D_{max}}{d_{max}}$  fenti esetekben úgy

az elő- mint az utántörőknél 2—2,5 között van, tehát egyforma nagyságrendű, az anyag tehát az elő és utántörőkben hozzávetőlegesen egyező számú aprító behatást szenved el. A szemnagyság szerinti megoszlásgörbéknek ezért egyforma jellegűeknek kell lenniük úgy az elő-, mint az utántörőknél, és mindkettő normál megoszlású.

Másképp alakul azonban a helyzet, ha az aprítási folyamat folytonosságát nem zavarjuk meg azzal, hogy szakaszonként kiemeljük a folyamatból az aprítandó anyag egy részét, hanem

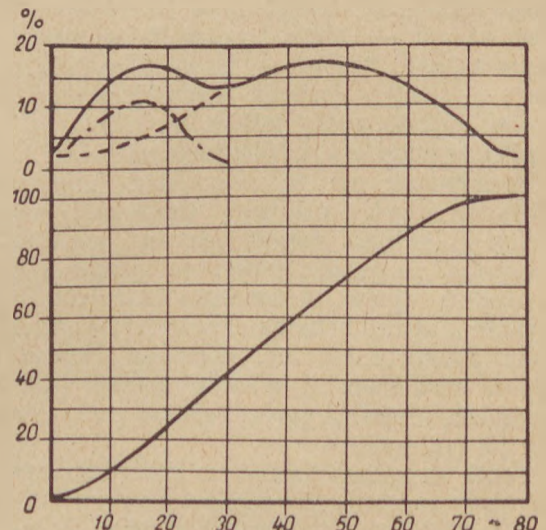
ha az előtörő által megtört mennyiséget teljes egészében átvisszük az utántörőbe.

Ilyen halmaz szerkezetét mutatja a 2. ábra, melyet a reeski kőbányában vettünk fel, ahol az üzemi berendezés — a szokásostól eltérően — olyan, hogy a kőanyag az előtörőből — közbenső osztályozás nélkül — teljes egészében az utántörőbe kerül. Mivel így a kb. 400 mm-es terméskődarabokat megszakítatlan aprítási folyamatban aprítjuk kb. 70 mm-nél kisebbre, az aprítási fok kb. 1 : 6, tehát lényegesen nagyobb a szokásosnál.

A kísérletnél a 2. ábrán mutatott kettős-hullámú görbét nyertük, melynek alakulása első pillantásra nem volt megmagyarázható és a kísérlet ezért sikertelennek tűnt. Valójában azonban éppen ez a görbe mutatja igen szemléltetően, hogy mi játszódott le az aprítás folyamán. Látuk már, hogy amennyiben csak a túlfolyó anyag került volna utántörésre, úgy az utántörőkből kikerülő halmaz összetétele normális megoszlású lett volna. Most azonban a túlfolyó-anyagon kívül azon részleg is az utántörőbe került, mely már az előtörőben is elég finomra aprítódott és ez az anyag az utántörőben még tovább aprítódott. Míg tehát a szokásos üzemi elrendezésnél az utántörőből is normál megoszlású halmaz került ki, addig most ehhez a halmazhoz még további finomra tört anyag került, úgy hogy a súlyszázalék szerinti görbe súlypontja balra tolódott, ill. bal oldalából külön hullám emelkedett ki.

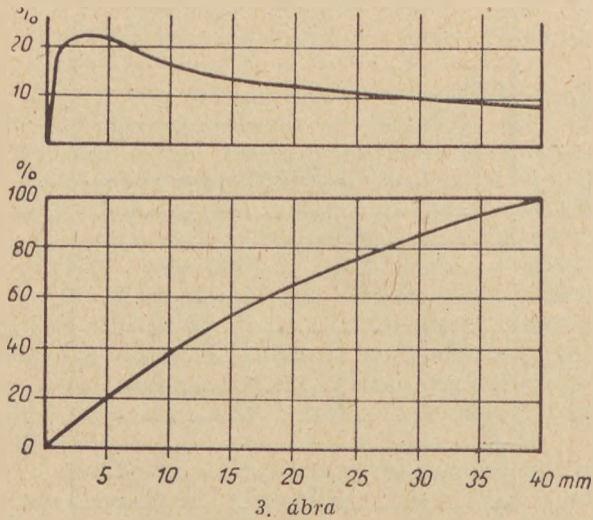
Ha a — teljes vonallal jelölt — súlymegoszlási görbe koordinátáiból levonjuk a normál-megoszlási görbe (vonalkázottan rajzolt) ordinátáit, úgy láthatjuk, hogy a púpot okozó finom halmaz szintén normál-megoszlású. (Pont-vonalkázottan rajzolva.) Az előtörőből kikerülő 0—70 mm szemnagyságú anyag tehát — melyet most nem osztályoztunk ki — az utántörőben kb. 30 mm-nél kisebbre aprítódott tovább és balra tolta az utántörőből kieső halmaz alakulását.

Ha ezt az eljárást igen sokszor megismételjük, úgy a súlyeloszlási görbe maximális pontja állandóan balfelé tolódik és a súlyeloszlási görbe alakja állandóan közeledik a logaritmikusan normális megoszláshoz.



2. ábra





3. ábra

Ezt igazolja a 3. ábra, mely egy — a vi-segrádi kőbányáuzemben eszközölt — kísérlet eredményét mutatja.

A kísérletnél pofástörővel 300—400 mm méretű terméskövet aprítottunk. A törőből ki-kerülő — már aprított — halmazt teljes egészé-ben visszavezettük a törőgéphe további aprításra. Ezt az eljárást hatszor ismételtük, miközben a törőgép kiömlőrését háromszor szűkítettük.

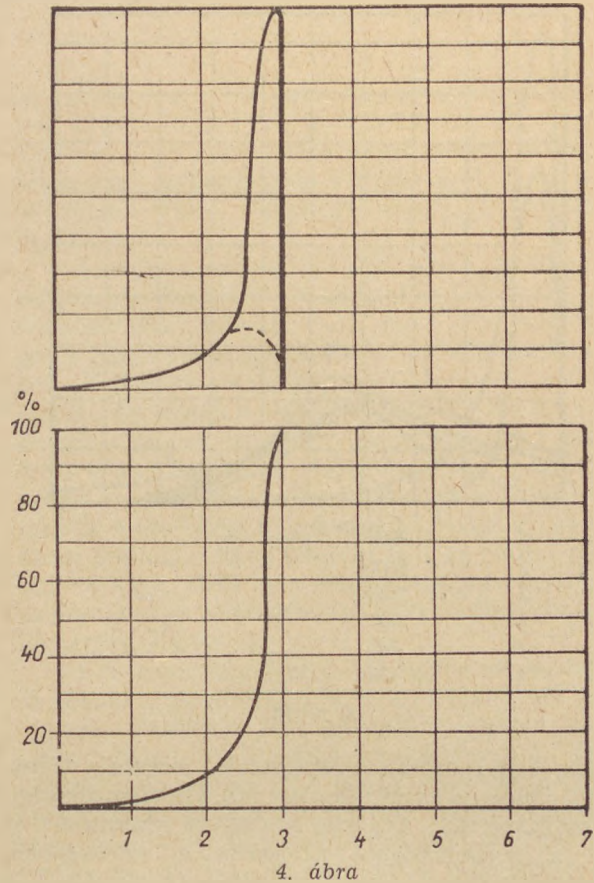
Az ábra mutatja, hogy a pofástörő által aprított halmaz szemszerkezetének jellege hat-szoros aprítás után gyakorlatilag már olyan, mint a kalapácesos-törőké, vagy más finomra törő gé-peké.

Ezzel a technológia szempontjából is nemcsak megállapítást, de magyarázatot és indokolást nyert az a körülmény, hogy a szem nagyság szerinti görbék közepes aprítási fok mellett — tehát közepes számú aprítási behatás eszközlésénél — normális megoszlásúak, de alakulásuk annál in-kább közeledik a log. normális megoszlás felé, minél jobban növeljük az aprítandó halmazra mért aprító behatások számát.

Ugyanúgy, mint ahogy fentiekben a görbék balra ferdülését az elszenvedett aprító behatások növekedésével indokoltuk, indokolható technoló-giai szempontból az a körülmény is, hogy ha erő-sen esőkkentjük az aprítandó halmazra mért aprító-behatások számát, úgy a görbék jobbfelé fordulnak.

Vizsgálatainknál a 4. ábrán mutatott gör-béből indulunk ki. Ez a görbe hengertörőhöz tar-tozik, mely 2 mm résbeállítás mellett 2—3 mm szem nagyságú gránitot aprított. Mivel az aprítási fok kicsi, az aprítandó anyag már igen kis számú aprító behatás elszenvedése után át tud haladni a résen. A görbe ennek megfelelően erősen jobbra ferdül. A görbe ferdülést azonban még növeli az a körülmény is, hogy a feladott 2—3 mm szem nagyságú anyag tekintélyes rész-lege aprítás nélkül halad át a 2 mm-es résen.

A töretlenül áthaladó részlegnek a diagram alakulására való hatásának kiküszöbölésére meg-szerkesztjük a szemese szám szerinti megoszlás görbéjét. Ez a görbe — az eddig tárgyaltakkal ellentétben — nem azt mutatja, hogy bizonyos



4. ábra

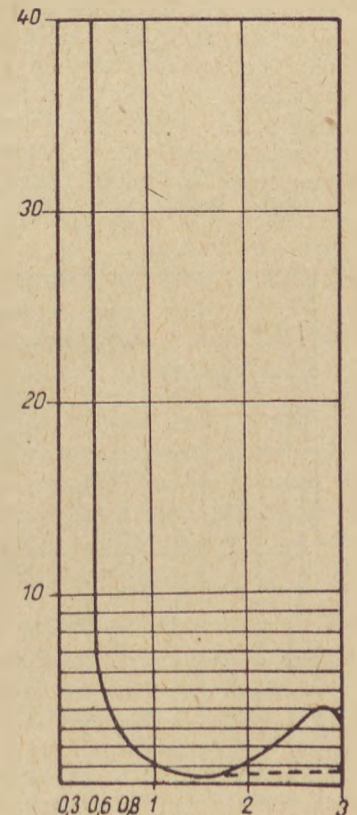
szem nagyságú szemesek súlya hány százaléka a halmaz összsúlyának, hanem azt, hogy bizonyos szem nagyságú szemesek száma hány százaléka a halmaz össz-szemese-számának.

A súlyszázalék szerinti sűrűséggörbé-ből az alanti képlet szerint állapíthatjuk meg a szemese szám szerinti görbe ordiná-táit ( $y_x$ ).

$$y_x = \frac{y}{x^3}$$

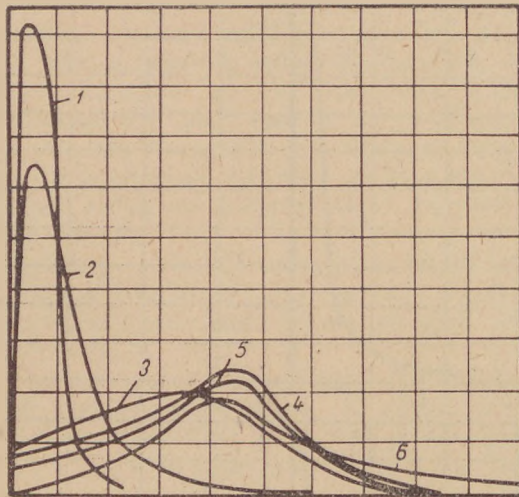
Az „ $y$ ” ordináta ugyanis az „ $x$ ” szem-nagyságú (bizonyos határok közötti) szem-esék összsúlyát adja meg. Az „ $x$ ” szem-nagyságú szemesek számát pedig meg-kapjuk, ha e szem-esék összsúlyát eloszt-juk egyetlen szemese súlyával, ami viszont  $x^3$ -al arányos.

A szemese szám-görbe alsó részét az 5. ábra mutatja. A görbe log. normális alakulású, de jobb ol-



5. ábra



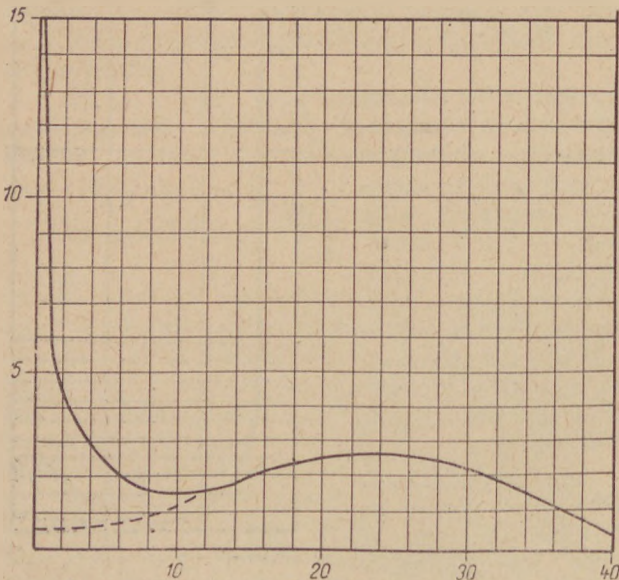


- 1 3000 ford/perc
- 2 2000 "
- 3 1500 "
- 4 1000 "
- 5 750 "
- 6 500 "

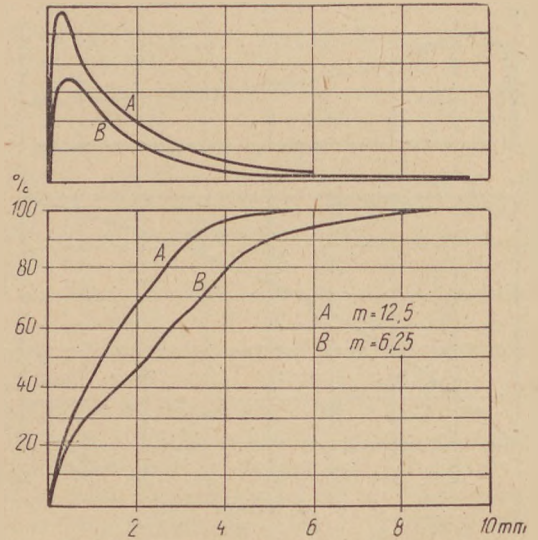
6. ábra

dalán felpúposodás mutatkozik, melyet a töretlenül áthaladó szemcsék okoznak. Ha megrajzoljuk (vonalkázottan) a görbe szabályos alakulását és ezt a görberészleget átvisszük a súlyszázalék szerinti görbére, úgy a vonalkázottan megadott görbealakulást kapjuk, mely — kevésbé túlzottan ugyan — de szintén jobbfelé ferdül. Ennek oka a következő:

A szemcsék egy része — mint láttuk — aprítás nélkül halad át a résen. A szemcsék zöme azonban aprítódik. Ezek között a szemcsék között is vannak azonban olyanok, melyek éppen csak valamivel nagyobbak a résnél, melyek tehát már minimális számú roppantás elszenvedése után keresztülhaladhatnak rajta. Ezek ezért sokkal kevesebb — tehát sokkal nagyobb méretű — darabra törnek szét, mint az aprítandó szemcsék



7. ábra



8. ábra

zöme. Ezek a szemcsék ezért most nem a finom, vagy közepes szemnagyságok súlyszázalékát növelik, hanem a durva szemnagyságokét és így a súlyszázalék szerinti görbét jobbra ferdítik.

Megállapíthatjuk tehát, hogy a súlyszázalék szerinti megoszlásgörbék jellegének különbözőségét nem az a körülmény okozza, hogy a különböző géptípusok különféle módokon aprítják az anyagot, tehát az, hogy a kalapácsos-törők „törrik” az aprítandó anyagot, a pofás- és kúpostörők „zúzzák”, a hengertörők „roppantják” stb., hanem vizsgálataink kimutatták, hogy ennek a körülménynek csak másodrendű befolyása lehet, mert a súlyszázalék szerinti görbék jellegét az aprított halmazra mért aprító behatások száma határozza meg. Ugyanazon gép alkalmazása és ugyanazon anyag aprítása mellett is különböző görbéket nyerünk, ha az anyagra mért aprító behatások számát megváltoztatjuk.

Így pl. ha finomra törő gépek fordulatszámát csökkentjük, úgy a súlyszázalék szerinti megoszlási görbe csúspontja mindinkább jobbfelé tolódik és ha a csökkentés nagyméretű, úgy normális megoszlási görbéket nyertünk (6. ábra).

Pofás- vagy kúpostörők görbéje — rendes üzemi körülmények között — normális megoszlású, de ha az aprító behatások számát az aprítandó anyag többszöri visszavezetésével növeljük, úgy log. normális megoszlást kapunk (3. ábra). Ugyanez a helyzet, ha igen kis szilárdságú kőanyagot (pl. riolit tufát) aprítunk (7. ábra), mert ez az anyag már közepes számú aprító behatás elszenvedése esetén is úgy viselkedik, mint nagyszilárdságú anyag nagyszámú aprítóbehatás elszenvedésekor.

Ha viszont az elszenvedett aprító behatások számát rendellenes adagolással, vagy erősen lekopott pofák alkalmazásával csökkentjük, úgy jobbfelé ferdülő görbéket kapunk.

A hengertörőknél kis aprítási foknál jobbra ferdülő, közepes aprítási foknál pedig normálmegoszlású görbéket nyerünk. Ha azonban az aprítási fokot túlságosan növeljük, úgy már log. normális megoszlást kapunk (8. ábra).



# Az elmélet közvetlen alkalmazása technológiai folyamatokra\*

SASVÁRI GYÖRGY

Üzemeink műszaki vezetőinél gyakran észlelhetünk bizalmatlanságot az elmélettel szemben. Általában eléggé elterjedt az a nézet, hogy az elmélet és a technológiai megvalósítás között igen hosszú az út. Nem vitás, hogy valamely technológiai is jelentős probléma elméleti tisztázása és az üzemi megvalósítás között általában szükség van először laboratóriumi, majd pedig félüzemi méretű kísérletekre, de vannak olyan esetek és ezek nem is ritkák, ahol az üzemnek az elmélet szakszerű alkalmazásával közvetlenül segíthetünk. Ebben az előadásban néhány ilyen példát fogok felhozni.

A technológia gyakran jóideje használ sikerrel olyan eljárásokat, amelyeknek fizikai vagy kémiai lényege vagy még ismeretlen, vagy csak részben tisztázott. A gázgenerátort pl. jó eredménnyel használták évtizedeken át anélkül, hogy a szén elgázosodásának folyamata minden részletében ismert lett volna. A fizikai vagy kémiai folyamat teljes vagy részleges ismeretlensége akkor zavaró, ha a folyamaton valamilyen irányban változtatni kell. Ilyen esetben a technológus nem lehet biztos abban, hogy valamely üzemi tényező változtatása milyen irányban és mennyire fogja a gyártási eredményt módosítani. Miután az üzemi berendezés teljesen alkalmatlan a benne lejátszódó folyamatok pontos és rendszeres felderítésére, a technológus ilyen esetben önmagára utalva nehezen ér el eredményt.

Az üzemi berendezéseknél ugyanis igen sok a változó faktor, amelyek mindegyike jelentősen befolyásolja az eredményt és amelyek nem is tarthatók eléggé kézben ahhoz, hogy az esetleg elért eredmény pontossága meggyőző volna. Tegyük fel, hogy valamely üzemi berendezésnél a változtatható üzemi paraméterek száma  $n$ . Minden paramétert  $k$  helyen kívánunk a kísérlet folyamán vizsgálni.\*\* Ha az egyedi és csoportos változásokat is figyelembe vesszük, akkor a szükséges kísérletek száma

$$N = (k + 1)^n - 1 \quad (1)$$

Jobb érthetőség kedvéért ezt a gondolatmenetet példán is bemutatom. Felteszem, hogy egy alagútkemencével kell üzemi kísérletet folytatni. Az alagútkemencénél a változtatható üzemi paraméterek legyenek a következők: égetési hőmérséklet, huzat, légfeslelesleg tényező, rakási mód, tolási sebesség.

Ötöt soroltam fel, de a valóságban ennél jóval több van. Példánkban  $n = 5$ . Minden felsorolt paramétert három helyen vizsgálunk. Így pl. az égetési hőmérsékletet egyszer 1380, egyszer 1410 és egyszer 1440°-on tartjuk, a huzatot először 16, azután 20 és végül 24 mm v. o.-ra szabályozzuk be és így tovább. A kísérletnél  $k = 3$ . A változtatások

egyedi és csoportos kihatására vonatkozóan teljes képet  $(3 + 1)^5 - 1 = 1023$  kísérlet nyújt. Világos, hogy folyamatos üzem mellett a kísérleteknek egy százada sem végezhető el, és az üzem feltétlenül külső segítségre szorul problémáinak megoldására.

A segítség szokásos és legmegbízhatóbb módja megfelelő laboratóriumi kísérletek folytatása, erre azonban nem mindig van mód. Ha erre nincs mód, akkor lehet megkísérelni az elmélet közvetlen alkalmazását a módosítandó technológiai folyamatra. Az elméleti vizsgálat előfeltétele az eddig követett módszerrel elért üzemi eredmény fizikai értelemben szabatos rögzítése. Ha például a példaképen felvett alagútkemencében kiegészített termék szilárdsága nem kielégítő és azt kívánja az üzem fokozni, akkor ismerni kell az eddigi üzemi tényezőkkel elért termék szilárdságot legalábbis az égetés vég hőmérsékletén, de lehetőleg közben is hőmérsékleteken is.

A kemencében lejátszódó folyamatnak fizikai és kémiai szempontból aránylag kevés számú jelenséget lehet az alapja. Ha e jelenségek elmélete tisztázott, akkor a mérésrel meghatározott üzemi tényezők (paraméterek) segítségével meghatározhatók számítás útján a termék változó tulajdonságai a művelet folyamán, valamint a végtermék tulajdonságai is. Ha valamely figyelembe vett jelenség elméleti képlete a terméktulajdonságok mért értékeihez közelálló eredményeket szolgáltat, a többi viszont nem, akkor igen valószínű, hogy a technológiai folyamatot ez a jelenség irányítja döntő módon.

A jelenség lefolyását meghatározó matematikai képlet mindenkor szükségképpen tartalmazza az üzemi tényezőket, vagy azok fizikai megfelelőit. A képletből eszerint jó valószínűséggel meg tudjuk adni az üzem felé, hogy melyik üzemi paraméter milyen irányban módosítandó a kívánt eredmény elérésére. A képlet arra is választ ad, hogy a változtatható tényező, vagy tényezők milyen mértékben fogják a kívánt hatást előidézni, aszerint, hogy a képletben a kérdéses tényező milyen súlyú, pl. hányadik hatványon szerepel.

A módszerre két példát fogunk adni. Az első példa a bekevert szénrel történő tégláégetésre vonatkozik, ahol a kiégés sebességét befolyásoló tényezőket fogjuk a gázkinetika és reakciókinetika ismert összefüggéseivel tisztázni, a második példa a porlasztásos szárításra fog vonatkozni és ennél az adott készülék hibás működését részben a hőátadás, részben pedig a folyadékok mechanikájának ugyancsak ismert képleteivel derítjük fel.

## 1. példa

Egy téglagyár 24 kamrás körkemencéjében bekevert szénrel történő égetésre tért át. A teljes szénmennyiséget bekeverik és a tűz haladási sebességét a táplevegő pontos adagolásával szabályozzák. Az üzem első hetében nyert tapasztalatok nem kedvezők. Ha a kemence eddigi teljesítményét

\*Az Építőanyagipari Kutatók 1957. évi konferenciáján tartott előadás.

\*\* $k$ -ban nem foglaltatnak a normális üzem paramétereit.



el kívánják érní, akkor rendkívül hosszú tűzzóna alakul ki, amely a kemence teljes esatornahosszá-  
nak több, mint  $\frac{1}{3}$ -át teszi ki. Ennek következté-  
ben a kihordott késztermék elviselhetetlenül meleg  
és a gyár kénytelen a kemence teljesítményét mes-  
terségesen csökkenteni. A feltett kérdés az, hogy  
milyen üzemi tényezők változtatásával csökkent-  
hető a tűzzóna hossza anélkül, hogy a teljesít-  
mény is csökkenjen.

#### A kemence adatai

Kamraszám: 24.

Kamrahossz: 6,36 m.

A kemencecsatorna teljes hossza: 152 m.

A kemencecsatorna szelvénye: 7,72 m<sup>2</sup>.

**Rakásmód:** A rakási sűrűség 280 kisméretű  
tégla/m<sup>3</sup>.

**Égetési adatok:** 1500 tégla/ó teljesítmény  
mellett

levegőadagolás ..... 1120 Nm<sup>3</sup>/ó

max. hőmérséklet ..... 1000 C°

tűzzóna hossza ..... 60 m

A kísérleti égetések folyamán a tűz haladási  
sebessége 1 m/ó volt. A kiégés ideje ebből láthatóan  
60 óra. 12 óránként próbákat vettek ki a kemencé-  
ből és ezek széntartalmát meghatározták. Az üzem  
megfigyelése szerint a hőmérséklet emelkedése  
lineáris volt az idővel. Az égetés körülményeit az  
alábbi mérési átlagokból összeállított táblázat  
tartalmazza:

	0	12	24	36	48	60
	ó r a u t á n					
Hőmérséklet C° ...	500	600	700	800	900	1000
A füstgáz O <sub>2</sub> - tartalma tf. % ..	1,2	2,3	4,5	8,8	14,2	20,8
A próbatégla C-tartalma, g/db .	109	105	97	80	52	5

Az elméleti vizsgálatot fenti táblázat alapján  
végezzük. Nyilvánvaló, hogy először a lehetséges  
fizikai és kémiai jelenségeket kell megállapítanunk,  
amelyek következtében az agyagba ágyazott szén-  
por kiégése bekövetkezhet. A száraz nyerstégla  
porózus test. A kiégéshez szükséges levegő, ill.  
O<sub>2</sub> nyilván a pórusokon át közelíti meg a beágya-

zott szénszemcsét és az égéstermékek ugyanezen  
az úton hagyják el a téglát. Igen valószínű, hogy  
a téglá testében történő égés következtében a szén-  
szemese körül csak égéstermék van és oxigén  
nincsen. Emiatt a pórusban koncentráció gradiens  
keletkezik. A kemencetérben uralkodó oxigén-  
koncentrációt a mérési adatokból ismerjük. Ha a  
beágyazott szénszemese körül az oxigénkoncen-  
tráció 0, akkor a gradiens értéke ismert. Így első-  
sorban a koncentráció gradiens következtében fel-  
lépő *molekuláris diffúziót* vizsgáljuk meg az üzemi  
körülmények között. Ezt Fick első képlete hatá-  
rozza meg:

$$i = D \frac{dC}{dt} \text{ mol/cm}^2 \text{ sec} \quad (2)$$

Ha a koncentráció gradiens a pórus hossza  
mentén állandónak tételezzük fel, akkor a Fick-  
féle képlet a következő formában írható:

$$i = D \frac{C - C_b}{l} \text{ mol/cm}^2 \text{ sec} \quad (3)$$

ahol  $D$  a diffúzió állandó cm<sup>2</sup>/sec

$C$  a kemencetér változó O<sub>2</sub> koncentrációja  
mol/Nem<sup>3</sup>

$C_b$  az O<sub>2</sub> koncentráció az égő szénszemese  
környezetében mol/Nem<sup>3</sup>

$l$  a pórus hossza cm

Mind a diffúzió állandó, mind pedig a kon-  
centráció függ a hőmérséklettől.

$$D = D_0 \left( \frac{T}{T_0} \right)^2 ; C = C_0 \left( \frac{T}{T_0} \right)^{-1} \quad (4)$$

A (4)-et a (3)-ban figyelembe véve:

$$i = D_0 \frac{C_0 - C_b}{l} \frac{T}{T_0} \text{ mol/cm}^2 \text{ sec}$$

Az (5) összefüggés állandóit az alábbi szám-  
szerű értékekkel helyettesítjük:

$$D_0 1,35 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{sec}$$

$$l 1,75 \text{ cm}$$

$$C_b 0$$

Ezen felül a téglá síkbeli porozitását 11%-ban  
vesszük fel, eszerint a téglá nagy határoló lapjai-  
nak nyílt pórusfelülete 66 cm<sup>2</sup>.

Fenti számszerű értékekkel a következő szá-  
mított égetési jellemzőket kapjuk:

C°	C fogyaszték mol/cm <sup>2</sup>	Átlag hőm. C°	O <sub>2</sub> konc. mol/Nem <sup>3</sup>	Diff. sebesség mol/cm <sup>2</sup> s	Égési idő óra
C°	1	2	3	4	5 (1 : 4) 0,75
500— 600	5,28 · 10 <sup>-3</sup>	550	7,69 · 10 <sup>-7</sup>	1,8 · 10 <sup>-7</sup>	5,9
600— 700	1,01 · 10 <sup>-2</sup>	650	1,54 · 10 <sup>-6</sup>	4,02 · 10 <sup>-7</sup>	5,2
700— 800	2,15 · 10 <sup>-2</sup>	750	2,94 · 10 <sup>-6</sup>	8,50 · 10 <sup>-7</sup>	5,3
800— 900	3,54 · 10 <sup>-2</sup>	850	5,08 · 10 <sup>-6</sup>	1,59 · 10 <sup>-6</sup>	4,7
900—1000	5,95 · 10 <sup>-2</sup>	950	7,80 · 10 <sup>-6</sup>	2,86 · 10 <sup>-6</sup>	4,4

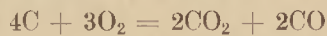
A diffúzió sebesség képletéből megállapítható  
égési idők, ha lényegesen rövidebbek is, nagyság-  
rendileg megegyeznek a mért égési időkkel. Az is  
mutatja, hogy jó nyomot követtünk, hogy a szá-  
mított időszakok nagyjából egyenlők, mert a

mérések is egyenlő időközönként történtek. (Mé-  
részi periódus 12 óra.) Kétségtelen azonban, hogy  
a számított teljes égési idő 25,5 óra, azaz a mért  
égési időnek csak 43%-a.

Meg kell jegyeznünk, hogy Grodzovszkij és



Csuhánov általánosan elfogadott tétele alapján a szén égésének primer reakciója



Fenti sztöchiometrikus egyenlet szerint 1 mol C elégséhez 0,75 mol O<sub>2</sub> szükséges. Emiatt jelöltük be az előző táblázat utolsó rovatába a 0,75 faktort.

Másodsorban megvizsgáljuk a kiégő téglafelületén lejátszódó gázcsere sebességét. Ha ugyanis a felületi gázcsere lassúbb folyamat, mint a pórusokban történő molekuláris diffúzió, akkor a mért adatok nyilván ehhez állanak közelebb. Ha viszont a felületi gázcsere a vezérlő folyamat és az lassúbb a diffúziónál, akkor a téglafelület közelében a környező gáz gyakorlatilag O<sub>2</sub> mentes lesz és csak égéstermékből áll.

A felületi gázcsere sebességét a hasonlóság elmélet alapján a hőátadási tényezőből számítjuk olyan módon, hogy a Nusselt-féle szám helyett a Schmidt-féle számot képezzük. A téglarakomány közötti hézagokat csatornáknak tekintjük és ezekben a hőátadási tényezőt a gyakorlatban jól bevált Merkel-féle képlettel határozzuk meg. A Merkel-féle képlet:

$$Nu = \frac{\alpha d_h}{\lambda} = 0,04 Re^{0,75} Pr^{0,75}$$

A Schmidt-féle szám ebből egyenlő lesz

$$Sc = \frac{\beta d_h}{D} = 0,04 Re^{0,75} \left(\frac{r}{D}\right)^{0,75} = 0,04 \left(\frac{v \cdot d_h}{D}\right)^{0,75} \quad (6)$$

ahol *Re* a Reynolds-féle szám

*Sc* a Schmidt-féle szám

*Pr* a Prandtl-féle szám

*r* a füstgáz kinematikus viszkozitása cm<sup>2</sup>/s

$\beta$  a gázcsere tényező cm/s

*v* a füstgáz sebesség cm/s

*d<sub>h</sub>* a csatorna hidraulikus átmérője cm

A (6)-ból kifejezzük a gázcsere tényezőt.

$$\beta = 0,04 \left(\frac{v \cdot d_h}{D}\right)^{0,75} \frac{D}{d_h} \text{ cm/sec} \quad (7)$$

Úgy a diffúzió állandó, mint a gázsebesség függvénye a hőmérsékletnek.

$$D = D_0 \left(\frac{T}{T_0}\right)^2; v = v_0 \frac{T}{T_0} \quad (8)$$

(8)-at a (7)-be helyettesítve

$$\beta = \beta_0 \left(\frac{T}{T_0}\right)^{1,25} = 0,04 \left(\frac{v_0 d_h}{D_0}\right)^{0,75} \times \frac{D_0}{d_h} \left(\frac{T}{T_0}\right)^{1,25} \text{ cm/sec} \quad (9)$$

A gázcsere intenzitását akkor kapjuk, ha a gázcsere számot ( $\beta$ ) megszorozzuk a koncentrációval.

$$I = \beta C \quad \text{mol/cm}^2 \text{ sec}$$

Miután azonban a koncentráció is függ a hőmérséklettől

$$C = C_0 \left(\frac{T}{T_0}\right)^{-1} \quad (10)$$

a felületi gázcsere intenzitása

$$I = \beta_0 C_0 \left(\frac{T}{T_0}\right)^{0,25} \text{ mol/cm}^2 \text{ sec} \quad (11)$$

A (11) összefüggés állandóit az alábbi szám-szerű értékekkel helyettesítjük:

$$D_0 \ 1,35 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{sec}$$

$$v_0 \ 8,44 \text{ cm/sec}$$

$$d_h \ 5,83 \text{ cm.}$$

Fenti értékeket helyettesítve (9)-be  $\beta_0 = 7,68 \cdot 10^{-2} \text{ cm/sec.}$

A gázcsere szám ismeretében most már a (11) segítségével meghatározhatjuk az égés jellemzőit.

	C fogyatéék mol/cm <sup>2</sup>	Átlag hőm C°	O <sub>2</sub> konc. mol/Nem <sup>3</sup>	Felületi gázcsere intenzitása mol/cm <sup>2</sup> s	Égési idő óra
C°	1	2	3	4	5 (1 : 4)
500— 600	5,28 · 10 <sup>-3</sup>	550	7,69 · 10 <sup>-7</sup>	7,88 · 10 <sup>-8</sup>	13,4
600— 700	1,01 · 10 <sup>-2</sup>	650	1,54 · 10 <sup>-6</sup>	1,63 · 10 <sup>-7</sup>	12,9
700— 800	2,15 · 10 <sup>-2</sup>	750	2,94 · 10 <sup>-6</sup>	3,16 · 10 <sup>-7</sup>	14,3
800— 900	3,54 · 10 <sup>-2</sup>	850	5,08 · 10 <sup>-6</sup>	5,69 · 10 <sup>-7</sup>	11,5
900—1000	5,95 · 10 <sup>-2</sup>	950	7,80 · 10 <sup>-6</sup>	8,91 · 10 <sup>-7</sup>	13,9

A felületi gázcsere intenzitásának képletéből a kapott eredmények közelítőleg megegyeznek a mérésekkel. A teljes égési idő 66 órára adódik, tehát mindössze 10%-kal tér el a mért időtől.

Harmadsorban megvizsgáljuk, hogy mennyire lehet a „*termikus elcsúszás*”-nak nevezett jelenség a folyamat alapja. Ha kapilláris cső, vagy pórus mentén hőmérsékleti gradiens áll fenn, akkor a pórusban lévő gáz elmozdul. Ha a pórus egyik végén zárt, akkor a fal mentén a hőgradiens irá-

nyában történik az elmozdulás, a tengely mentén pedig ezzel ellentétes. Az elmozdulás sebességét egy oldalon zárt pórusban az alábbi összefüggés adja meg:

$$v = 0,75 K \frac{dT}{dl} = 0,75 \frac{3 LR}{2cM} \frac{dT}{dl} \text{ cm/s,} \quad (12)$$

ill. ha a gradiens állandó, akkor

$$v = 0,75 \frac{3 LR}{2cM} \frac{\Delta T}{l} \text{ cm/s} \quad (12a)$$

Itt  $K$  a thermikus elcsúszás tényezője  $\text{cm}^2/\text{sec}$   
 $L$  a molekulák átlagos szabad úthossza  $\text{cm}$   
 $c$  a molekulák átlagos sebessége  $\text{cm}/\text{sec}$   
 $M$  molekulasúly  $g$   
 $R$  az univerzális gázállandó  $\text{erg}/\text{C}^\circ$   
 $\Delta T$  a hőmérsékletkülönbség a pórus két vége között  $\text{C}^\circ$   
 $l$  a zárt pórus hossza  $\text{cm}$

Az átlagos szabad úthossz és a molekulasebesség is függenek a hőmérséklettől

$$L = L_0 \frac{T}{T_0}; c = c_0 \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad (13)$$

A (13)-at a (12)-be helyettesítve kapjuk

$$v = 0,75 \frac{3 L_0 R \Delta T}{2 c_0 M l} \sqrt{\frac{T}{T_0}} \text{ cm/s} \quad (14)$$

Az  $\text{O}_2$  csere intenzitását akkor kapjuk meg, ha az áramlási sebességet az  $\text{O}_2$  koncentrációval szorozzuk.

$$J = v_0 C_0 \left( \frac{T}{T_0} \right)^{-0,5} \quad (15)$$

A (15)-ben a koncentráció hőmérsékleti függését már figyelembe vettük.

A hőmérsékletkülönbséget a pórus külső nyílt és belső zárt vége között  $20 \text{ C}^\circ$ -ban tételeztük fel. Ez okvetlenül pesszimisztikus, mert ekkora hőmérsékletkülönbség még a bekeverés nélkül történő téglaegetésnél sem igen léphet fel a téglafelület és felezősík között.

A (15) képlet segítségével meghatározzuk az égetés jellemzőit.

	C fogyaték mol/cm <sup>2</sup>	Átlag hőm. C°	O <sub>2</sub> konc. mol/Nem <sup>3</sup>	J mol/cm <sup>2</sup> s	Égési idő óra
C°	1	2	3	4	5 (1 : 4)
500— 600	5,28 · 10 <sup>-3</sup>	550	7,69 · 10 <sup>-7</sup>	3,89 · 10 <sup>-9</sup>	270
600— 700	1,01 · 10 <sup>-2</sup>	650	1,54 · 10 <sup>-6</sup>	7,32 · 10 <sup>-9</sup>	287
700— 800	2,15 · 10 <sup>-2</sup>	750	2,94 · 10 <sup>-6</sup>	1,31 · 10 <sup>-8</sup>	344
800— 900	3,54 · 10 <sup>-2</sup>	850	5,08 · 10 <sup>-6</sup>	2,14 · 10 <sup>-8</sup>	346
900— 1000	5,95 · 10 <sup>-2</sup>	950	7,80 · 10 <sup>-6</sup>	3,10 · 10 <sup>-8</sup>	400

Az adódó égési idők több, mint egy nagyságrenddel nagyobbak a mért értékeknél, annak ellenére, hogy igen nagy hőmérsékleti gradienst tételeztünk fel. Emiatt a thermikus elcsúszás jelenségét kizárhatjuk a technológiai folyamat okozói közül.

Végül pedig megvizsgáljuk, hogy a szén elégsének kémiai reakció sebessége befolyásolhatja-e a folyamatot. A szén égése felületi reakció, tehát elsősorban az alkalmazott széndara fajlagos felületét kell ismernünk. Az üzem adata szerint a bekevert tüzelőanyagot alkalmazása előtt 1 mm lyukátmérőjű szítán rostálják át. A téglában tehát 1 mm-nél nagyobb kokszzemese nem lehet. Felté-

telezzük, hogy a bekevert tüzelőanyag tisztán 1 mm átmérőjű kokszzemecsből áll. Egy szemcse  $6,55 \cdot 10^{-5}$  mol C-t tartalmaz és felülete  $3,14 \cdot 10^{-2}$  cm<sup>2</sup>. 1 cm<sup>2</sup> pórusfelületre a téglában  $1,37 \cdot 10^{-1}$  mol C jut. Ebből az 1 cm<sup>2</sup> pórusfelületre eső kokszzemese felület

$$\frac{1,37 \cdot 10^{-1}}{6,55 \cdot 10^{-5}} 3,14 \cdot 10^{-2} = 66 \text{ cm}^2/\text{cm}^2.$$

Az égés sebességét Tu-Davis és Hottel tapasztalati képletével állapítjuk meg:

$$B = 10^{-3} \exp_{10} 7,462 - \frac{9064}{T} \text{ gC}/\text{cm}^2 \text{ s} \quad (16)$$

	C fogyaték mol/cm <sup>2</sup>	Átlag hőm. C°	B mol/cm <sup>2</sup> s C felület	B mol/cm <sup>2</sup> s pórus	Égési idő óra
C°	1	2	3	4	5 (1 : 4)
500— 600	5,28 · 10 <sup>-3</sup>	550	2,4 · 10 <sup>-8</sup>	1,52 · 10 <sup>-6</sup>	0,9
600— 700	1,01 · 10 <sup>-2</sup>	650	4,03 · 10 <sup>-7</sup>	2,72 · 10 <sup>-5</sup>	0,104
700— 800	2,15 · 10 <sup>-2</sup>	750	4,37 · 10 <sup>-6</sup>	2,76 · 10 <sup>-4</sup>	0,022
800— 900	3,54 · 10 <sup>-2</sup>	850	2,04 · 10 <sup>-5</sup>	1,29 · 10 <sup>-3</sup>	0,008
900— 1000	5,95 · 10 <sup>-2</sup>	950	9,6 · 10 <sup>-5</sup>	6,05 · 10 <sup>-3</sup>	0,003

A (16) képlet segítségével meghatározzuk az égetés jellemzőit.

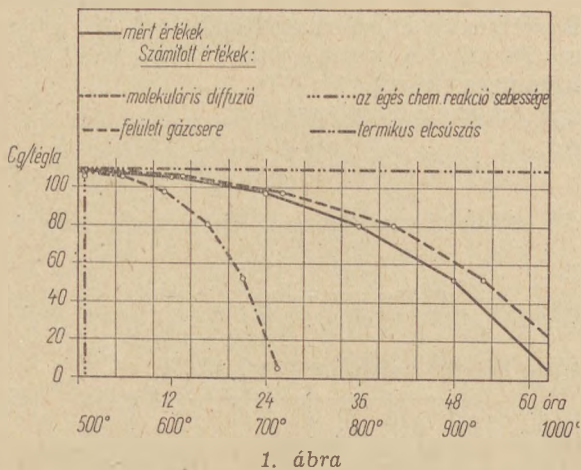
Az égési idő másfél nagyságrenddel kisebbre adódik a mért értéknél. Ez arra mutat, hogy az alkalmazott szemes nagyságnak jelen esetben semmiféle befolyása nincs a folyamat gyorsaságára és a szemesek további őrlésének nem volna értelme.

Igen plasztikusan tűnik szembe a mért és a négy különféle módon számított értékek hasonlósága, ill. különbözősége, ha közös diagramon ábrázoljuk őket.

A végzett számítás és az ábra alapján valószínűnek mondható, hogy a technológiai folyamatot vezérlő fizikai jelenség a felületi gázcsere. Az 1. ábrán láthatjuk, hogy a mért értékek a pórusdiffúzió és a felületi gázcsere számított értékei közé esnek, de lényegesen közelebb állnak a felületi gázcsere képletéből számított égési időkhöz. A mért és a két számított görbe iránya és lejtése nagyjából megegyezik.

Kézenfekvő az a következtetés, hogy a bekevert szén elégsét a pórusokban történő molekuláris





1. ábra

diffúzió sebessége irányítaná, ha a felületi gázcsere-t növelni tudnánk. Emiatt vizsgáljuk meg a (9) és (11) képletet abból a szempontból, hogy milyen faktorokat tudunk a folyamat gyorsítása érdekében megváltoztatni. A gázcsere intenzitása egyenesen arányos a füstgázsebesség 0,75-ik hatványával és fordítva arányos a csatorna-szelvény hidraulikus átmérőjének 0,25-ik hatványával. Az üzem felé tehát azt a tanácsot kell adni, hogy az sűrítse a rakást. Ha az egyes téglák között keletkezett csatornák szelvénye a felére csökken, akkor a gázsebesség a duplájára nő, a hidraulikus átmérő pedig a  $\frac{2}{3}$ -ára csökken, a kettő hányadosa így a háromszorosára növekszik. A kitevők figyelembevételével megállapíthatjuk, hogy a rakás ilyen mérvű sűrítésével a felületi gázcsere intenzitása

$2^{0,75} \cdot \left(\frac{2}{3}\right)^{0,25} = 1,86$  faktoriall nő. A valószínű kiegészítő idő ilyen rakási mód mellett 32 óra lesz. Ahhoz, hogy a téglaközök ennyire csökkenjenek, az eddig használt  $280 \text{ tégl}/\text{m}^3$  rakási sűrűség helyett  $380 \text{ tégl}/\text{m}^3$  sűrűség szükséges. Miután 1 fm kemencehosszra így 1,35-ször több téglát jut, mint az eredeti ritka rakásmód mellett, a tűzzóna jobban rövidül, mint ahogy a kiegészítő ideje csökken. A tűzzóna előrelátható hossza 24 m lesz, anélkül, hogy a kemence teljesítménye csökkenne. Világos, hogy a kemence huzatellenállása lényegesen nő, mégpedig kb. a négyszeresére. Az üzemnek tehát a javasolt égetési mód mellett valószínűleg mesterséges huzatot kell majd alkalmaznia.

## 2. példa

Egy festéküzem a porfesték-gyártásnál az eddig használt szűrőszájtolás és lepényszárítás helyett porlasztásos szárításra tért át. A szárítást egy örvénykamrában, nagynyomású porlasztófej végzi. A készülék működése nem kielégítő, mert részben nem használja ki kellőképpen a füstgáz hőtartalmát, másrészt ugyanakkor nem szárít kellőképpen. A szuszpenzióból elpárologtatandó víznek mintegy felét vonja csak el. Az üzem a nyomás növelésével próbált javítani a helyzeten, ekkor azonban a teljesítmény lényegesen a szükséges fölé nőtt, a kiszárított termék pedig ugyanolyan nedves maradt. A hőmérséklet emelésével

nem történt kísérlet, mert a meleg levegőt az üzem kazánjának füstgázaival fűtött kaloriferből nyerik és ez melegebb levegőt szolgáltatni nem tud.

### A szárító adatai :

készülék-hossz .....	3000 mm
készülék-átmérő .....	300 mm

### A szárítási folyamat adatai :

kezdeti levegőhőmérséklet $t_1$	300 °C
távozó levegő hőmérséklet $t_2$	220 °C
táplevegő áramlási intenzitása .....	$V \cdot 1,9 \cdot 10^{-1} \text{ Nm}^3/\text{sec}$
a megkívánt porlasztóteljesítmény .....	$V_0 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{sec}$
a porlasztott szuszpenzió víztartalma a száraz anyag százalékában ..	100%
a szárított termék víztartalma a száraz anyag százalékában .....	47%

Elsősorban azt vizsgáljuk meg, hogy az adagolt meleg levegő igénybevehető melegtartalma elegendő-e a teljes vízmennyiség elpárologtatásához, azaz, ha a teljes vízmennyiség elpárolog, nem hűl-e le  $100^\circ$  alá a levegő. A szuszpendált por fajsúlya az üzem adata szerint  $2,7 \text{ kg}/\text{lit}$ . Ebből a  $10^{-5} \text{ m}^3/\text{sec}$  porlasztóteljesítmény mellett a másodpercenként elpárologtatandó vízmennyiség  $7,3 \cdot 10^{-3} \text{ kg}/\text{sec}$ . Az ehhez szükséges hőmennyiség  $4,4 \text{ kcal}/\text{sec}$ . 50%-os hatásfok mellett a meleg gáz másodpercenkénti hővesztése kerekén  $9 \text{ kcal}/\text{sec}$ . Ennek ismeretében számítható a teljes vízmennyiség elpárologtatásához szükséges hőmérséklet-emelés.

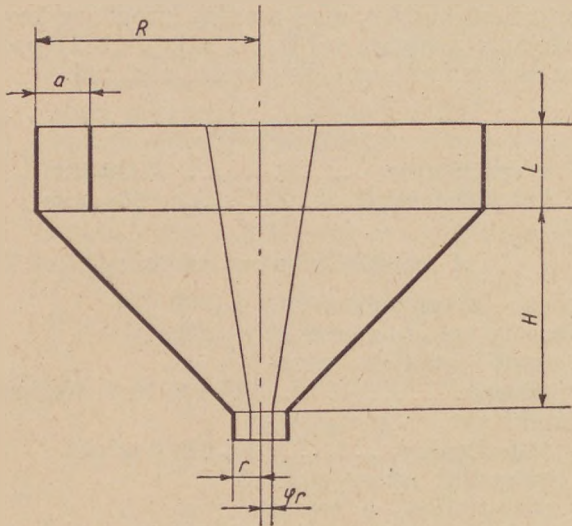
$$\Delta t = \frac{9 \text{ kcal}/\text{sec}}{1,93 \cdot 10^{-1} \text{ Nm}^3/\text{sec} \cdot 0,31 \text{ kcal}/\text{Nm}^3 \text{ C}^\circ} = 150 \text{ C}^\circ$$

A meleg levegő ez esetben tehát  $150^\circ$ -ra hűlné le, ami messze a megengedhető határon belül van. A tökéletlen működés oka tehát csak az lehet, hogy a fennálló hőátadási tényező mellett a tartózkodási idő túl rövid, ill. a fennálló tartózkodási idő mellett a hőátadási tényező értéke túlságosan kicsi. A hőátadási tényező kiszámításához viszont a szétporlasztott folyadék átlagos cseppátmérőjét kellene ismerni, mert enélkül a fajlagos felület nem meghatározható. Permetekben az átlagos cseppátmérő mérésével történő meghatározása bonyolult és bizonytalan kísérlet. Emiatt meg kell kísérelnünk ezt számításokkal meghatározni.

A vonatkozó irodalom a nagynyomású porlasztás folyamatára csak empirikus képleteket ad meg a cseppátmérő és a porlasztófej méreteinek összefüggésére, e képletek dimenzionálisan tökéletlenek és ezen felül csak igen szűk határok között érvényesek. Emiatt a fizika elemi összefüggései segítségével munkahipotézist állítunk fel. Abból indulunk ki, hogy a porlasztófej nyílásán kitérő folyadékoszlop minden energiáját a felületi feszültség legyőzése veszi igénybe.

Ez a feltételezés jogosult, mert Troesch vizsgálta





$R = 10^{-2} \text{ m}$   
 $a = 2.7 \cdot 10^{-3} \text{ m}$   
 $L = 4 \cdot 10^{-3} \text{ m}$   
 $\varphi = 0.8$   
 $H = R$

2. ábra

latai szerint a porlasztáshoz szükséges energia egyenesen arányos a felületi feszültséggel és csak 6. gyök szerint arányos a folyadék dinamikus viszkozitásával. Miután a vizsgált esetben kevésbé viszkózus folyadékról, vízről van szó, a munkahipotézis alap gondolata megengedhető.

A folyadék mozgása a 2. ábra porlasztófejének alsó nyílásában két mozgásból tevődik össze. Az egyik mozgás a folyadék axiális irányú kiömlése a csőből, de annak csak külső gyűrűjében, mert a fellépő igen nagy centrifugális erő gyűrű alakú víztestet alakít ki. A mozgás másik komponense nagysebességű forgómozgás. A készülék adataiból a két mozgás-komponens sebessége a következő lesz:

$$v_{ax} = \frac{V_v}{(1 - \varphi^2) r^2 \pi}; \quad v_t = 2nr \frac{\varphi + 1}{2} \pi \text{ m/s} \quad (17)$$

ahol  $n$  a periódus 1/sec.

A porlasztáshoz szükséges teljesítmény kiindulásunk értelmében egyenlő azzal a teljesítménnyel, amely szükséges  $V_v$  m<sup>3</sup>/sec folyadékmennyiség felületi feszültségének legyőzéséhez, ha az 1 mp alatt  $n$  számú és  $d$  sugarú cseppekre bomlik fel.\* A keletkezett cseppek száma

$$\frac{6 V_v}{d^3 \pi} \text{ sec}^{-1}$$

és egy keletkezett csepp felülete

$$d^2 \pi \text{ m}^2$$

A másodpercenként kialakult felület ebből  $6V_v/d$  és a szükséges teljesítmény

$$N_1 = \frac{6 \sigma V_v}{d} \quad (18)$$

ahol  $\sigma$  a folyadék felületi feszültsége kg/m.

\* Elhanyagoltuk a folyadéksugár eredeti, viszonylag igen kis felületét.

A tapasztalat szerint a vízoszlop forgása következtében keletkező centrifugális erő, ill. ennek munkája adja a porlasztáshoz szükséges teljes energiamentisítségét.

A tangenciális sebesség

$$v_t = 2nr \frac{\varphi + 1}{2} \pi \text{ m/s}$$

A cső alakú víztestben fellépő centrifugális erő

$$P = \frac{mv_t^2}{r} = \frac{V_v \gamma v_t^2}{n g r} = \frac{4 V_v \gamma r \left( \frac{\varphi + 1}{2} \right)^2 \pi^2 n}{g} \text{ kg} \quad (19)$$

ahol  $m$  a kiömlőnyílás gyűrű alakú víztestének tömege kgsec<sup>2</sup>/m.

A (19)-ből a teljesítmény

$$N = \frac{8 \gamma r^2 \left( \frac{\varphi + 1}{2} \right)^3 \pi x n^2}{g} \text{ m kg/sec} \quad (20)$$

E teljesítményt tesszük egyenlővé a (18) képletben kiszámított teljesítménnyel

$$\frac{6 \sigma V_v}{d} = \frac{8 \gamma r^2 \left( \frac{\varphi + 1}{2} \right)^3 \pi^3 n^2}{g} \quad (21)$$

A (23)-ből most már meghatározható az összefüggés a fordulatszám és a keletkezett átlagos cseppátmérő között. Az átlagos átmérő

$$d = \frac{3}{4} \frac{\sigma g}{\gamma r^2 \left( \frac{\varphi + 1}{2} \right)^3 \pi^3 n^2} \text{ m} \quad (22)$$

és a fordulatszám

$$n = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3 \sigma g}{\gamma r^2 \left( \frac{\varphi + 1}{2} \right)^3 \pi^3 d}} \quad (23)$$

Táblázatba foglaljuk a (24) és (25) képletek segítségével a különféle fordulatszámokhoz tartozó tangenciális sebességeket, ill. átlagos cseppátmérőket. Figyelembe vesszük, hogy a 2. ábra szerinti porlasztófej kiömlőcsővének átmérője 1 mm.

Fordulatszám 1/sec	Tang. sebesség m/sec	Átlagos cseppátmérő $\mu$
100	0,283	312
150	0,425	208
200	0,565	156
250	0,705	125
300	0,850	104
400	1,03	78
500	1,41	62
600	1,69	52
800	2,26	39

A folyadéktest rotációját nem a kiömlő csőben, hanem a koaxiálisan felette elhelyezkedő tágasabb örvénykamrában idézzük elő. A 2. ábra szerinti örvénykamra olyan kúp, amelynek csücszöge 90°. Az ilyen kamrában a hidraulika törvé-



neyei szerint a folyadék kerületi sebessége minden sugárnál egyenlő.

$$v_t = \text{konst.}$$

Ha azonban az örvénylő folyadék belső súrlódását is figyelembe vesszük, akkor ez az összefüggés módosul, és pedig a perdület tétele alapján

$$v_0 = \left(\frac{R}{r}\right)^{1/3} v_t \quad (24)$$

ahol  $v_0$  az örvénykamrába beömlő folyadék sebessége m/s

$v_t$  a kerületi sebesség a kiömlő nyílásban m/s

A beömlő sebességet a tangenciális nyíláson az örvénykamrába megkapjuk, ha a beáramló folyadék áramlási intenzitását ( $V_v$ ) elosztjuk a beömlő nyílás felületével.

$$v_0 = \frac{V_v}{L a} = \frac{V_v}{3RL} \text{ m/s} \quad (25)$$

Miután a beömlő nyílás szelvénye a 2. ábra szerint  $1,08 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$ , a beáramló folyadék sebessége 0,92 m/sec lesz. Ebből a (24) alapján a kiömlő nyílásban a tangenciális sebesség  $0,92 : 2,72 = 0,34 \text{ m/sec}$ . Az előző táblázatban ilyen felületi sebességnek közelítőleg 270  $\mu$  átlagos cseppátmérő felel meg.

Meg kell határoznunk az ilyen átmérőjű folyadékcsepp lebegési sebességét a szállító levegőben. Erre ugyanis szükségünk van mind a tartózkodási idő, mind pedig a hőátadási tényező kiszámításánál.

Az Allen-féle ellenállási tényező felhasználásával a lebegési sebesség

$$w = \left(\frac{8}{111} \frac{d^{1,6} \gamma g}{\gamma_l \nu^{0,6}}\right)^{0,715} \text{ m/s} \quad (26)$$

ahol  $\gamma_l$  a levegő fajsúlya  $\text{kg/m}^3$

$\nu$  a levegő kinematikus viszkozitása  $\text{m}^2/\text{sec}$ .

A (26) képletből a készülékben uralkodó átlagos hőmérsékleten a lebegési sebesség 1,58 m/s-re adódik. Az üzem adata értelmében a másodpercenként adagolt levegőmennyiség  $1,9 \cdot 10^{-1} \text{ Nm}^3/\text{sec}$ . Ez az átlaghőmérsékleten a szelvény figyelembevételével 6 m/s levegősebességet határoz meg. A cseppek emelkedési sebessége ennél azonban éppen a lebegési sebességgel kisebb, tehát  $6,00 - 1,58 = 4,42 \text{ m/s}$ . Most már számítható a tartózkodási idő, amelyet megkapunk, ha a készülék hosszát a szemcsék emelkedési sebességével elosztjuk. A tartózkodási idő  $3,00 : 4,42 = 0,677 \text{ sec}$ .

Meghatározzuk a lebegő cseppek felületén uralkodó hőátadási tényezőt. A hőátadási tényező Kudrjasev szerint lamináris áramlás mellett, lebegő gömböknél

$$\alpha = (2 + 0,33 Re^{0,5}) \frac{\lambda}{d} \text{ kcal/m}^2 \text{ ó C}^\circ \quad (27)$$

ahol  $Re$  a Reynolds-féle szám

$\lambda$  a nyugvó gáz hővezetési tényezője  $\text{kcal/m ó C}^\circ$

$d$  a cseppátmérő  $= 2,70 \cdot 10^{-4} \text{ m}$

A (27)-ből a megfelelő helyettesítéssel a hőátadási tényező  $309 \text{ kcal/m}^2 \text{ ó C}^\circ$ -ra adódik.

A párolgó cseppek felületén a hőmérséklet a teljes kiszáradásig valamivel  $100 \text{ C}^\circ$  alatt marad. A betáplált folyadék hőmérséklete  $20 \text{ C}^\circ$ . Az átlagos logaritmikus hőmérsékletkülönbség a meleg levegő és a cseppek között  $190 \text{ C}^\circ$ . Az  $1 \text{ m}^2$  felületű  $270 \mu$  átmérőjű csepphalmaz víztartalma  $3,29 \cdot 10^{-2} \text{ kg}$ . E vízmennyiség elpárologtatásához  $19,2 \text{ kcal/m}^2$  hőmennyiségre van szükség. E fajlagos hőmennyiség ismeretében most már számítható az elpárologtatáshoz szükséges idő.

$$i = \frac{19,2 \text{ kcal/m}^2}{309 \text{ kcal/m}^2 \text{ ó C}^\circ \cdot 190 \text{ C}^\circ} = 1,18 \text{ sec} \quad (28)$$

A számított idő közel kétszerese a tartózkodási időnek, tehát teljesen indokolt, hogy a szárítón áthaladt termék még csaknem 50% vizet tartalmaz és indokolt az is, hogy a szárító kalorikus hatásfoka ne legyen több mintegy 21%-nál.

Miután a hőátadási tényező a (27) értelmében fordítva arányos a cseppátmérő négyzetgyökével, a cseppátmérő  $1/4$ -ére való csökkentésénél elérjük a hőátadási tényező duplázódását. Az utolsó táblázat értelmében ehhez a tangenciális sebességet a kiömlő csőben mintegy  $1,22 \text{ m/sec}$ -ra kell emelni. Ennek az örvénykamra beömlésénél mintegy  $3,22 \text{ m/sec}$  beömlési sebesség felel meg.

Az üzem felé tehát az a javaslat, hogy a porlasztófej örvénykamrájának beömlő szelvényét radiális irányba csökkentse, mégpedig a ma alkalmazott  $0,92 \text{ m/sec}$  tangenciális sebesség és a számított  $3,22 \text{ m/sec}$  tangenciális sebesség arányában. A beömlő nyílás horizontális mérete tehát leszűkítendő  $2,7 \text{ mm}$ -ről  $0,9 \text{ mm}$ -re.

#### IRODALOM

1. W. Gumz: Gas Producers and Blast Furnaces. 1950. Wiley New-York.
2. Stoffhütte: Berlin, 1937. Verlag v. Wilhelm Ernst & Sohn.
3. A. Likov: A szárítás elmélete. 1952.
4. Feuerungstechnik. 1939. 1940—41. évfolyamok.
5. A. Eucken: Grundriss der Physikalischen Chemie. 1952.
6. W. R. Marshall, Jr.: Atomization and Spray Drying. American Institute of Chemical Engineers, 1954. Cleveland.
7. Troesch: Chemie Ingenieur Technik, 1954. 311. old.
8. Taylor, E.—Harmon, D.: Ind. Eng. Chem., 1954. 1455. old.
9. Gröber—Erk: Die Grundgesetze der Wärmeübertragung, Springer Verlag, Berlin—Göttingen—Heidelberg, 1955.
10. P. Reboux: Phénomènes de Fluidisation. Association Française de Fluidisation, Paris. 1954.



# A perlit expandálásánál végbemenő folyamatok\*

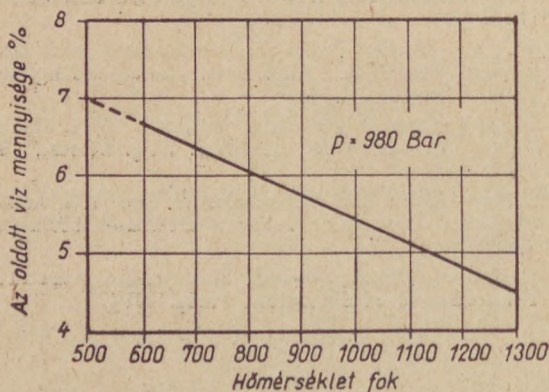
dr. ALBERT JÁNOS

Az expandált perlit hő- és hangszigetelő könnyűbeton adalék- és habarcsanyag. A perlit-expandálás technológiáját a negyvenes években az Amerikai Egyesült Államokban dolgozták ki. Nálunk az első perlitduzzasztási kísérleteket 1951-52. években a Budapesti Műszaki Egyetem Elektrokémiai Tanszéke végezte. 1953 óta a hazai perlitök építőanyagipari felhasználásának kérdésével az Építőanyagipari Központ Kutató Intézete foglalkozik. Ez a tanulmány a perlit duzzadását előidéző víz tanulmányozásával és a duzzadás optimális feltételeinek megállapításával foglalkozik, hazai kőzetekkel végzett vizsgálatok alapján.

Több olyan szilikátüveget ismerünk, amely kötött formában vizet tartalmaz. A Föld belsejében uralkodó nagy nyomáson a szilikátolvadékból álló magma tekintélyes mennyiségű vizet old fel. A felszínre kiömlő lávából a víz a nyomás alól felszabadulva, a legtöbbször gáz vagy gőz alakjában távozik. Savanyú lávák esetében, ha a lehűlés gyorsan megy végbe, vulkánikus üvegek képződnek és ezekben a víz egy része visszamarad. Ez annak a következménye, hogy a lehűlés folyamán olyan nagyfokú viszkozitásnövekedés áll elő az olvadékokban, hogy az nemcsak az anyag kikristályosodását, hanem a feloldott víz távozását is megakadályozza. A feloldott víz mennyisége a nyomástól és hőmérséklettől függően elég tág határok között változhat. E szilikátüvegek gyors felhevítéskor víztartalmuk elvesztése közben eredeti térfogatuk többszörösére duzzadnak.

Savanyú szilikátolvadékokban a víznek a nyomástól és hőmérséklettől függő oldhatóságára Goranson (1) mennyiségi meghatározásokat végzett. Kísérleteihez gránitból előállított üvegolvadékokat és különböző összetételű földpátüvegeket használt. A gránitüvegben feloldott víz mennyiségét 950 bar.-nyi állandó nyomáson a hőmérséklettől függően 500—1200° hőmérséklet határok között az 1. ábra, az albit-üvegben feloldott víz mennyiségét 900—1200° hőmérsékleten a nyomástól függően 4000 bar. nyomáshatárig a 2. ábra szemlélteti.

\* Az Építőanyagipari Kutatók 1957. évi Konferenciáján tartott előadás



1. ábra. Gránitüvegben feloldott víz mennyisége a hőmérséklettől függően

A víznek a nyomástól függő oldhatósága földpátüveg-olvadékokban különböző hőmérsékleten az

$$x = \frac{p}{a + bp}$$

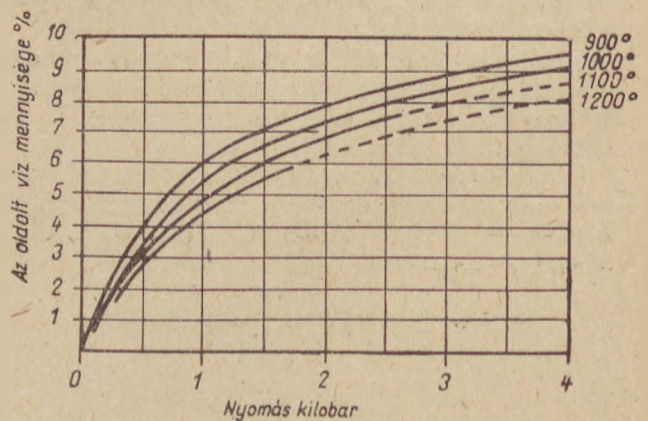
összefüggéssel jellemezhető, ahol  $x$  a  $p$  nyomás alatt álló olvadék által felvett víz mennyisége,  $a$  és  $b$  az anyagra jellemző állandó.

Salmang és Becker (2) légköri nyomáson vizsgálták az üvegolvadékok vízfelvevőképességét, illetve víztartalmát. Kísérleteik szerint technikai üvegolvadékok még az 1400°-ot meghaladó tisztulási hőmérsékleten is tartalmazhatnak vizet, oldat alakjában.

A szilikátüveg-víz rendszerekkel kapcsolatban még Barus és Morey (3) kísérleteiről kell említést tenni. 200° feletti hőmérsékleteken magas nyomáson huzamosabb ideig tartó hevítéssel különböző képlékeny és kemény víztartalmú termékeket állítottak elő, melyekből a víz a vulkánikus üvegekhez hasonlóan atmoszferikus nyomáson történő gyors hevítéssel, az anyag felhólyagosodása közben kiúzható. Morey azt is megállapította, hogy a feloldott víz az üveg olvadáspontját számottevő mértékben csökkenti.

A víztartalmú vulkánikus üvegek jellemző példái a riolitlávából képződött obszidián, perlit és szurokkő. Ezek közül különösen a nagy tömegekben települő perlitnek építőanyagipari jelentősége van. A duzzasztási eljárással előállított expandált perlit kiváló alapanyagot szolgáltat hő- és hangszigetelő könnyűbeton építőelemek, habarcsok és vakolat előállítására. Térfogatsúlya az eddig ismert könnyűbeton adalékanyagok között a legkisebb.

A perlit-expandálás technológiai eljárását negyvenes években dolgozták ki az Amerikai Egyesült Államokban, egyidőben az agyagpaláka agyagok, vermikulit és különböző ipari salakok duzzasztásának technológiájával. A duzzasztási eljárás lényegében abból áll, hogy a nyers kőzetből előállított zúzalékot oly módon hevítjük fel a



2. ábra. Albit-üvegben feloldott víz mennyisége a nyomástól függően



850—1200° expandálási hőmérsékletre, hogy a benne levő vízből képződő gőz távozása a perlit-üveg piropasztikus állapotában történjék.

Ez a tanulmány a perlitduzzasztás két kérdésével foglalkozik: a duzzadást előidéző víz meghatározásának vizsgálati módszerével és az expandálás optimális feltételeinek megállapításával.

## I.

### A duzzadást előidéző víz vizsgálata

#### A perlit dehidratációs görbéi

A perlitben analitikailag meghatározható víz kétféle formában, lazán és erősen kötött állapotban van jelen. A duzzadás folyamatában a víznek csak erősen kötött hányada, a hatásos víztartalom vesz részt, a lazán kötött víz duzzadási jelenségek nélkül, könnyen kiűzhető. A víztartalmú szilikátüvegek víztartalmának tanulmányozásával többen foglalkoztak.

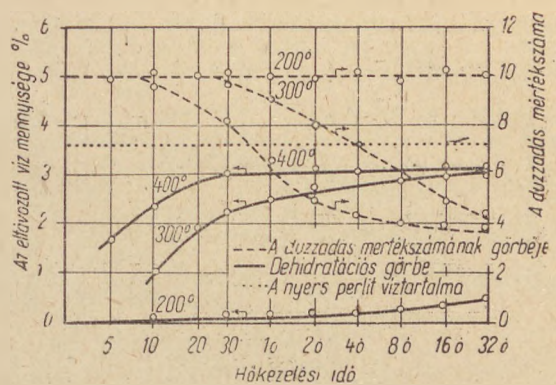
Goranson (1) szerint a lazán kötött víz önálló fázisban, az erősen kötött víz valódi oldat alakjában van a vulkánikus üvegekben. A víz ozmotikus nyomásának termodinamikai számítás útján kapott értékeiből arra következtet, hogy a víz csak a kevés vizet tartalmazó szilikátüvegekben, mint az 1—2% víztartalmú obszidiánban van jelen valódi oldat alakjában, sok vizet tartalmazó üvegekben, mint a 3—5% víztartalmú perlitokban már önálló fázisban lép fel. Goranson megállapítása a gyakorlati megfigyelésekkel teljesen összhangban, mert nem valószínű, hogy a jól duzzasztható perlit csak lazán kötött vizet tartalmaz.

King, Todd és Kelley (4) oldáshő méréseken alapuló vizsgálatainak megállapítására vezettek, hogy a perlitnek általában 3,5%-ot kitevő víztartalmából csak legfeljebb 1,2% tekinthető duzzadást előidéző, hatásos víznek, a fennmaradó rész duzzadás szempontjából hatástalan. Ez a vizsgálati eredmény sem általános érvényű, mert csak bizonyos perlitelfordulásokra alkalmazható.

Murdock és Stein (5) a perlit hatásos víztartalmát a 375° felett távozó víz mennyiségével jellemzi és annak mérése útján határozza meg. Ennek a vizsgálati módszernek a kiindulási alapelve hibás, mert a duzzadást előidéző víz távozása nincs meghatározott hőmérséklethez kötve.

Ezek a vizsgálatok tehát nem alkalmasak a kétfajta víz mennyiségének szabatos megállapítására. A hatásos víz meghatározására a szerző, Csízi Béla munkatársával a gyakorlati követelményeket kielégítő vizsgálati módszert dolgozott ki. A vizsgálati eljárás a következő.

Az izzítási veszteség mérése alapján először meghatározzuk a perlitben levő összes víz mennyiségét. Ezután a kőzetből meghatározott szemese-méretű zúzalékot készítünk és a zúzalékból vett mintákból két szakaszban a következő kísérleteket végezzük el. A kísérlet első szakaszában 200—500° hőmérsékleteken megmérjük a távozó víz mennyiségét a hőkezelés időtartamától füg-

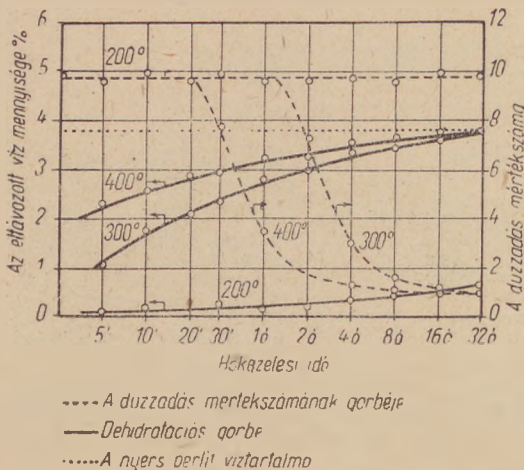


3a ábra. A pálházi perlit dehidratációs görbéi és duzzadási mértékszámának változásai

gően és a nyert adatok alapján megszerkesztjük a kísérleti hőmérsékletekhez tartozó dehidratációs görbéket. A második szakaszban a dehidratációs hőmérsékleteken különböző ideig hőkezelt anyagok duzzadási mértékszámát határozzuk meg azonos expandálási feltételek mellett és megszerkesztjük a duzzadás mértékszámának változását feltüntető görbéket, a hőkezelés idejétől függő víztartalom szerint. Azonos dehidratációs hőmérséklethez tartozó két görbe segítségével könnyen megállapíthatjuk a lazán és erősen kötött víz mennyiségét. Nem kell egyebet tenni, mint a duzzadás-változást feltüntető görbén megkeresni azt a pontot, amelytől kezdve a duzzadás mértékszámja csökkenni kezd. Az ennek megfelelő érték a dehidratációs görbén adja meg a lazán kötött víz mennyiségét. Ha ezt levonjuk a perlit összes víztartalmából, megkapjuk a duzzadást előidéző hatásos víz mennyiségét.

A pálházi perlit 200°, 300°- és 400°-ra megállapított dehidratációs görbéit és duzzadási mértékszámának változásait a 3a ábra szemlélteti. A kísérletekhez a kőzet 0,5—1,2 mm szemese-méretű zúzalékából előkészített 5 g-os mintáit használtuk és a duzzasztást 1150°-ra beállított kemencetérben végeztük, az expandálás időtartama 5 mp volt. Az ábrán látható, hogy 200°-on a dehidratáció annyira kismérvű, hogy ez a duzzadást nem befolyásolja; a duzzadás mértékszámát feltüntető görbe vízszintes egyenes, a térfogatnövekedés mértékszámja állandóan 9,6. A 300°-os görbe már másképpen alakul; a vízvesztés kezdetben igen nagy, 25 perc alatt 2,2%-ra növekszik, ettől kezdve azonban a víz távozásának sebessége lelassul. A duzzadási görbéből az tűnik ki, hogy a duzzadás mértékszámja az első 25 percen nem változik, innen kezdve azonban fokozatosan csökken. Ez csak azzal magyarázható, hogy a 2,2%-on felüli előzetesen eltávolított víz már erősen kötött, hatásos víz és ennek fokozatos kisebbedése következtében csökken egyre a perlit duzzadási mértékszámja. 400°-os dehidratációnál az eltávozó víz már 8 perc múlva eléri a 2,2%-ot és ennek megfelelően hamarabb csökken a duzzadás mértékszámja. A pálházi perlit izzítási veszteségmérés alapján meghatározott összes víztartalma 3,6%. Minthogy az elvégzett kísérletek szerint a





3b ábra. A telkibányai perlit dehidratációs görbéi és duzzadási mértékszámának változásai

lazán kötött víztartalom 2,2%, a két értékszám különbségéből a hatásos víz mennyisége 1,4%.

A telkibányai perlitre vonatkozó vizsgálati eredményeket a 3b ábra tünteti fel. Eszerint a telkibányai perlit összes víztartalma 3,8%, ebből a lazán kötött víz mennyisége 2,9%, a duzzadást előidéző hatásos víze 0,9%. A telkibányai perlit dehidratációjának és duzzadásmértékszámának görbéiből megállapítható, hogy a hatásos víz gyorsabban távozik és a duzzadás mértékszama ezzel összefüggésben rohamosabban csökken, mint a pálházi perlitnél. Így például a 400°-on történő dehidratációnál a duzzadás 4 óra múltán gyakorlatilag megszűnik.

Az elvégzett kísérletekből következik, hogy mind a lazán kötött, mind az erősen kötött hatásos víz távozása már alacsony hőmérsékleten megindul és hogy a dehidratáció gyakorlatilag 200°-tól kezdődően bármely hőmérsékleten végbemegy. A dehidratációs hőmérséklet emelése azonban a folyamat gyorsabb lefolyását eredményezi. Az egyes perlitfajták víztartalmukban, a lazán és erősen kötött víz viszonylagos mennyiségében és a dehidratáció sebességében különböznek egymástól.

II.

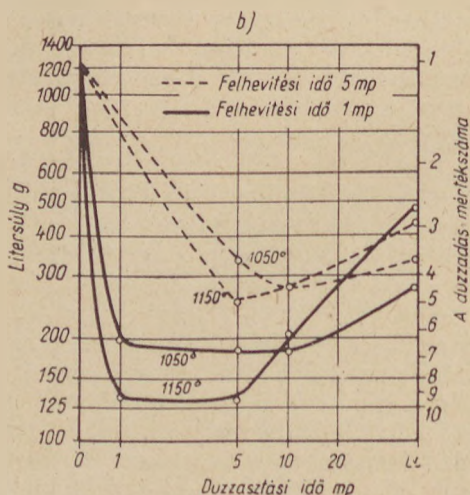
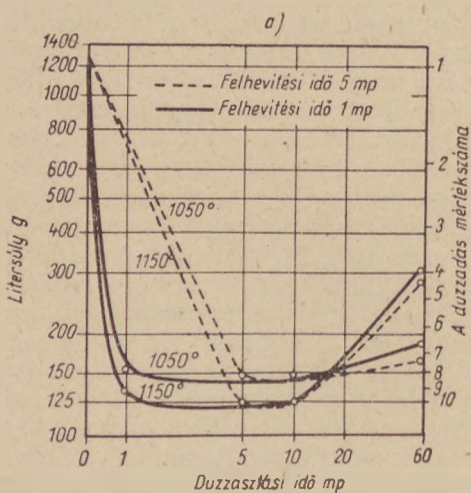
Az expandálás optimális feltételei

Az expandálás optimális feltételeit az egyes perlitfajtákra külön-külön kell megállapítani. Ezeket a feltételeket a duzzasztásra megfelelően előkészített zúzalék szemcsemérete, az expandálási hőmérséklet, továbbá a felhevítés és expandálás időtartama adják meg. A pálházi és telkibányai perlitre vonatkozó kísérleteink eredményeit a 4. ábra szerint a következőkben foglaljuk össze. Az expandálási vizsgálatok állandó hőmérsékletre beállított gáztüzelésű kísérleti kemencében történtek.

1. A duzzasztásra előkészített zúzalék legkedvezőbb szemcsemérete mindkét perlitfajtánál 0,15—1,2 mm.

2. Az expandálás optimális hőmérséklete is azonos mindkét perlitfajtánál, és pedig 1150°. Ez esetben a duzzadás kb. 10-szeres, a duzzasztott termék litersúlya 125—130 g. Ennél alacsonyabb hőmérsékleten a duzzadás kisebbmrvű. A duzzadás mértékszámának csökkenése különösen a telkibányai perlitnél szembetűnő. Míg a pálházi perlitnél az optimális hőmérsékletnél 100°-kal alacsonyabb, 1050°-on történő expandálásnál a duzzadás mértékszama 10-ről 8-ra csökken, vagyis a litersúly 125 g-ról csak 145-re emelkedik, ugyanakkor a telkibányai perlitnél a duzzadás mértékszama 9,8-ról, 6,5-re csökken, azaz a 125 g-os litersúly már 185 g-ra nő. Magasabb hőmérsékleten történő duzzasztásnál mindkét perlitnél olvadási jelenségek lépnek fel, a duzzasztott termék összesül.

3. Lényeges különbség van a felhevítés és expandálás időtartamában. A felhevítés és expandálás összes időtartama a pálházi perlitnél 10—11 mp, a telkibányainál csak alig 5 mp. Ezért, hogy az expanzió hatásosan végbemehessen, a telkibányai perlitnél a felhevítésnek igen rövid idő alatt, 1 mp-en belül meg kell történnie. Ezzel szemben a pálházi perlit felhevítési időtartama 5 mp is lehet. Ha a telkibányai perlitnél 5 mp felhevítési időt alkalmazunk, a duzzadás mértékszama majdnem a felére csökken, a duzzasztott termék litersúlya 250-re emelkedik.



4. ábra. A perlit duzzadási mértékszámának különböző hőmérsékleten az expandálási időtől függően. a) pálházi perlit, b) telkibányai perlit



A vizsgálatok alapján ezek szerint megállapítható, hogy a pálhási perlit könnyebben duzzasztható, mint a telkibányai, mert expandálási hőmérséklet- és időintervallumai tágabbak.

#### IRODALMI UTALÁSOK

- (1) *Goranson R. W.* : Amer. Journ. Sci. 22. 1931. 481—502 lap.  
*Eitel W.* : Physikalische Chemie d. Silikate. 1941. 499—501 lap.

- (2) *Salmang H. u. Becker A.* : Glastech. Berichte, 1929. 6. 625—634 lap., 1929. 7. 241—244. lap.  
 (3) *Morey G. W.* : Zeitschrift f. anorg. Chemie. 1914. 318—321. lap.  
 (4) *King E. G., Todd S. S. u. Kelley K. K.* : Thermal Data and Energy Required for Expansion of Perlite. U. S. Bureau of Mines, 1948. XI. 15. és köv. lap.  
*Wifley R. C., Taylor C. W.* : Engineering and Mining J. 1950. VI. 80—83. lap.  
*Taylor C. W.* : Chemical Engineering. 1950. I. 90—94. lap.  
 (5) *Murdock I. B., Stein H. A.* : Mining Engineering. 1950. I. 111—116. lap.

## Cordierit bázisú elektrokerámiai anyagok\*

GROFCSIK ELEMÉR

### Bevezetés

A hazai finomkerámiai ipar mind ez ideig nem állított elő olyan gyártmányokat, melyek jó elektromos szigetelés és egyes esetekben nagyfrekvenciás igénybevétel mellett hőálló tulajdonságokkal is rendelkeznek.

Fenti követelményeket kielégítő masszákat használnak a nagyfrekvenciás technikában szikra és ívelleni szigetelés, tartóelemek, kondenzátoralkatrészek készítésére. (Nagyfrekvenciás indukciós rudak, kondenzátor rudak, tekeresek, tekerestokok, nagyfrekvenciás vezetőanyagok stb.) A rádiótechnikában a rezgőkörök tekerestartóinak hő hatására történő méretváltozása a tekeres önindukcióját megváltoztatja. Kis hőtágulási együtthatójú, de nagyfrekvenciás célokra alkalmas masszából készített tekerestartók bizonyultak a kívánt célra legalkalmasabbnak. Nagyfrekvenciás technikán kívül használják még termoelemek, reosztátok, fűtőlapon, hőszigetelés, különleges biztosíték anyagok stb. céljára; általában minden olyan helyen, ahol hirtelen hőlékési igénybevétel van.

A hőtechnikai célokra hazai viszonylatban gyártott „pirolit” elnevezésű anyag, mely samott-tűzállóanyag alapon készül, porozitása, ezáltal nedvszívó képessége következtében, valamint aránylag nagy ( $5-6,10^{-6}$  mm C°) hőtágulási együtthatója miatt a kívánt célokra nem alkalmas, nagyfrekvenciás térben történő felhasználása pedig szóba sem kerülhet.

A klasszikus tűzállóanyagok a kívánt követelményeknek, különösen az elektromos szempontoknak, nem felelnek meg.

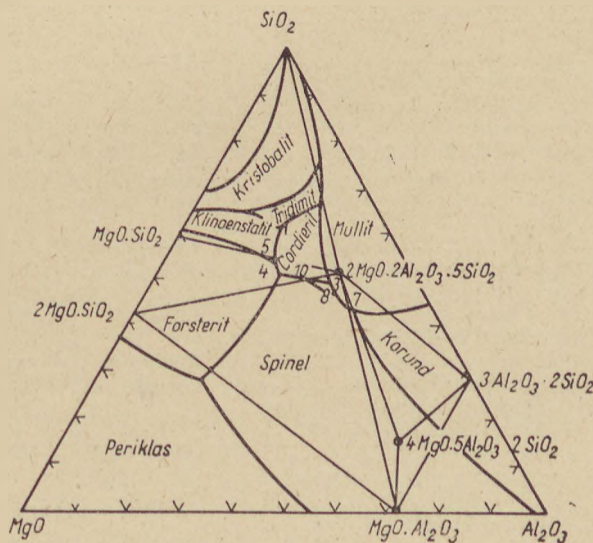
A porcelán — tömörségi és szigetelési szempontok alapján — nem nagyfrekvenciás igénybevételnél számításba vehető lenne, azonban viszonylag rossz hővezetőképessége és ennek következtében hőmérsékletváltozások iránti nagyfokú érzékenysége miatt hőtechnikai célokra nem alkalmas. Felületén a hirtelen hevítés nyomán, a hirtelen hűtés hűzofeszültséget kelt. Hevítésre a  $\beta-\alpha$  kvare átalakulással járó térfogatnövekedés következtében, különösen 500 és 600 C° között igen érzékeny. Javítani lehet a porcelán hirtelen

hőmérsékletváltozás iránti érzékenységet a cserép szabad kvartartalmának csökkentésével, melyet finomőrléssel és huzamosabb égetéssel érhetünk el; továbbá adalékok alkalmazásával. Litium-alumíniumszilikát vagy magnézium-alumíniumszilikát adagolásával a hőtágulási együttható alacsonyabb értékre szorítható le. A porcelánénál lényegesen jobb hőtágulási együttható érhető el megfelelő dielektromos tulajdonságok mellett a cirkonszilikátos anyagokkal.

### A MgO—Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>—SiO<sub>2</sub> rendszer

A járható út azonban elsősorban a MgO—Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>—SiO<sub>2</sub> hármass rendszerben található meg (1. ábra). Ebbe a rendszerbe tartoznak a steatit, forsterit, spinell és cordierit alapú masszák. Ezek közül a cordierit bázisú anyagok felelnek meg legjobban.

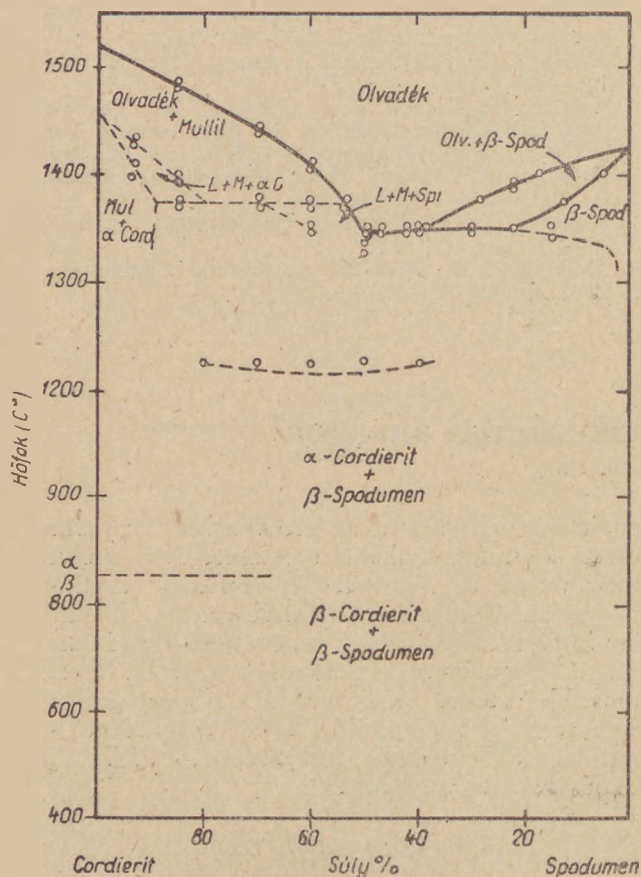
A rendszert először *Rankin* és *Merwin* (1) vizsgálta, majd az eredményeket *Bowen* és *Greig* (2, 3, 4) módosították. *Rankin* és *Merwin* megállapították egy inkongruensen olvadó termérvagyület, a cordierit jelenlétét. A krisztallográfiai vizsgálatok alapján a cordierit képlete  $2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$ -nek felel meg. A cordieritnek három módosulata ismeretes. Az  $\alpha$  cordierit a nagy hőmérsékleten



1. ábra

\*Az Építőanyagipari Kutatók 1957. évi konferenciáján tartott előadás.





2. ábra

stabil módosulat, amely általában a kerámiai anyagokban található. A másik két módosulat nem általános és csak különleges feltételek mellett állítható elő. Az ún.  $\mu$  cordierit, üvegnek levegőn 900 C° alatti hőmérsékleten történő kristályosodásakor képződik metastabil módosulat

alakjában,  $\alpha$  módosulattá 925 C° és 1150 C° között alakul át. Karkhanavala, Hummel (5) és Yoder (6) szerint kis hőmérsékleten stabil cordieritet csak hidrotermálisan lehet előállítani. A  $\beta$ — $\alpha$  cordierit egyensúly inverziós hőfoka Yoder szerint 830 C°. A cordierit 1470 C°-on inkongruensen olvad olvadékká és mullittá. A leggyakrabban talált  $\alpha$ -cordierit valószínűleg rombos pseudo-hexagonális rövid prizmák formájában kristályosodik. Kioltása egyenes, és a prizmák optikailag negatívak. Törésmutatója  $\alpha = 1,524$   $\gamma = 1,528$ . Szilárd oldat képződése is lehetséges  $\text{SiO}_2$ -vel és ez a törésmutató csökkenését idézi elő.

Nemrég Miyashiro és Yama (7) azt közölték, hogy a cordieritnek legalább két pseudo-hexagonális formája fordul elő a természetben és ezek különböznek a tisztább  $\alpha$ ,  $\beta$ , és  $\mu$  cordieritektől. Azt javasolták, hogy a szintetikus vegyületet  $\alpha$ ,  $\beta$  és  $\mu$  indialitnak nevezzék és a cordierit nevet a természetben előforduló típusoknak tartásuk fenn.

A 2. ábra alapján azt a következtetést lehet levonni, hogy a konjugációs vonal közelében fekvő összetételeknek megfelelő kerámiai anyagok legalább kétfázisúak és így nem várható, hogy ellenállóképességük hirtelen hőfokváltozással szemben jelentősen javuljon.

Van egy másik inkongruensen olvadó vegyület is a cordierit mellett, melynek stabilitási zónája szűk és távol van az összetételét jelentő ponttól. A spinelltől optikailag rendkívül nehéz megkülönböztetni, ha mindkettő kis kristályok formájában van jelen. Megemlítése azonban szükséges, mert az irodalom még rendkívül kevés foglalkozott vele. A legutóbbi években Foster ezt a vegyületet, melyet szafirinnak neveztek el, a fázis diagramba helyezte és kimutatta, hogy a szafirin primer fázisú területének a cordierit, mullit és spinell közötti invariáns ponthoz közel kell állnia.

1. táblázat

	Porcelán		MgO—Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> —SiO <sub>2</sub> rendszer anyagai			
	Elektropore	Stecatit	Különleges stecatit	Forsterit	Cordierit	Spinell
Fajsúly %	2,2—2,3	2,6—2,8	2,6—2,8	1,9—2,2	2,3—2,4	3,6
Pórusosság (vízfelv. %) . . . . .	0	0	0	10—15	0	0
Húzószilárdság kg/cm <sup>2</sup> . . . . .	250—300	500—800	550—950	100—150	250—350	19 000
Nyomószilárdság kg/cm <sup>2</sup> . . . . .	3000—3500	8000—9500	9000—10000	1000—2500	3000—3500	19 000
Hajlítószilárdság kg/cm <sup>2</sup> . . . . .	350—600	1100—1400	1400—1600	300—500	500—800	
Fajhő, Kcal/kg·fok . . . . .	0,19—0,21	0,19—0,22	0,19—0,22	0,20—0,23	0,20—0,22	
Lineáris hőtágulási együttható m/m C°·10 <sup>-6</sup> 20 és 100 C° között . . . . .	6—7	7—9	6—8	5—7	1,0—1,2	6—8
Hőfokvezetőképesség m <sup>2</sup> /ó·10 <sup>-4</sup>	21—29	39—40	39—40	30—32	40—41	
Hőfokvezetőképesség Keal/ó·m·fok . . . . .	1,0—1,4	2,0—2,4	2,0—2,4	1,3—1,5	1,7—2,0	
Ellenállás hőváltozással szemben . . . . .	gyenge	gyenge	gyenge	gyenge	kitűnő	
Dielektromos állandó . . . . .	6—7	5,5—6,5	5,5—6,5	4,0—4,7	4,5—5,3	7
Dielektromos állandó hőmérséklet coeff. 20°—80 C° között em/c·fok . . . . .	+150—+180	+100—+140	+120—+160	+500—+600		
Dielektromos vesz. tényező 20 C° 1 MHz·10 <sup>-4</sup> . . . . .	30—80	15—20	3—5	2—4	30—40	
Átütési szilárdság kV/mm 50 Hz . . . . .	25—30	20—30	35—45		10—20	
Szigetelő ellenállás ohm·cm	10 <sup>10</sup> —10 <sup>13</sup>	10 <sup>11</sup>	10 <sup>11</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>10</sup>	10 <sup>10</sup>



Keith és Schairer (8) pontosan meghatározzák ezt a helyet. A szafirin képlete  $4\text{MgO} \cdot 5\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ .

A rendszer anyagainak lineáris hőtágulási együtthatói:

Steatit	7—9	20 és 100 °C között.
Forsterit	5—7	20 és 100 °C között.
Spinell	6—8	20 és 100 °C között.
Cordierit	1,0—1,2	20 és 100 °C között.

Az 1-es számú táblázatból (9) látható, hogy a cordierit dielektromos szempontból viszonylag elfogadható értéket nyújt és ezért alkalmazható nagyfrekvenciás technikában is.

#### Külföldi kísérletek cordierit bázisú masszák alkalmazására

A cordierit bázisú masszák alkalmazása technikai célokra eléggé újkeletű. Eredetileg kizárólag tűzálló főzőedényeket készítettek ilyen masszából. Még Schätzer 1953-ban kiadott könyvében is kizárólag főzőedény gyártására történő felhasználásáról ír, holott ekkor már sok helyen áttértek a cordierit masszák elektromos célokra való hasznosítására.

Mont-Gomery (10), majd később Singer (11) foglalkozott ilyen masszák előállításával. Krause beható vizsgálatokat folytatott annak megállapítása céljából, hogy az ilyen alacsony hőkiterjedési együtthatójú masszák az  $\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$  háromszögdiagram, mely területén található.

Palatzky könyvében (12) közli a Krause által lefolytatott kísérletet. E szerint 15 massa készült, melyek közül a 15. számú pontosan megfelel a cordierit teoretikus összetételének (13,7%  $\text{MgO}$ , 34,9%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 51,4%  $\text{SiO}_2$ ). A többi massa ezen összetétel körül, illetve a cordierit zónában fektűt, azonban a

9. számú massa a forsterit,
10. számú massa a korund,
11. számú massa a spinell,
12. számú massa a mullitt,
13. számú massa klinóenstatit területén található.

Ezeket a kísérleti masszákat különböző (SK 4, 8, 10, 12 és 14) hőfokon ipari kemencében égette ki annak megállapítására, hogy a különböző égetési hőfokon milyen mértékben képződik cordierit.

Krause (13, 14) mérte a kiégetett kísérleti masszák hőkiterjedési együtthatóit, különböző hőmérsékletre hevítve próbatesteket. Ezen vizsgálatok eredményeiből az alábbi következtetések vonhatók le:

Kiégetési hőfoknak az optimálishoz, a tömörre égés hőfokához való közeledésekor egyidejűleg csökken a kiégetett darab hőkiterjedési együtthatója. A tökéletes tömörre égési hőfok közelében már egyenletessé válik a hőkiterjedési

együttható változás. Ha a massa a cordierit teoretikus összetétele közelében a mullit vagy a korund stabilitási területén fekszik, a hőkiterjedési együttható a legkisebb. Ha azonban a klinóenstatit, forsterit vagy a spinell stabilitási területén fekszik akkor hőkiterjedési együtthatója azonos az átlagos kerámiai masszákéval.

Összefoglalva: Ha az anyag kiégetése nincs a tömörre égési hőfok közelében, úgy nem képződik elegendő kristályos cordierit ahhoz, hogy kis hőtágulási együttható és ennek megfelelően a hőfok ingadozással szemben nagymértékű ellenállás biztosítva legyen. A túlégetés a cordierit bomlását eredményezi forsteritté és mullittá, ami jelentős mértékben növeli a hőtágulást.

A cordierit kristályszövetű kerámiai anyag, alapnyersanyagai az agyag és talkum. Ezeket kívül adalékanyagokkal előnyösen befolyásolható a cordierit képződés. Kezdetben adalékanyagul szilimanit, mullit, cirkondioxid vagy  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -t alkalmazták. A kristálygócok képződésére, sűrű, aprókristályos, tömörszövetű anyag kialakulására a  $\text{ZrO}_2$  gyorsítólag hat. Ezen adalékanyagokkal a tömörre égési intervallumot is szélesíteni lehet, ami az ilyen masszák technológiájának kialakításánál döntő szerepet játszik.

A cordierit bázisú masszák közismerten szűk égetési intervalluma a gyártást megnehezíti. Palatzky igen szemléltető vizsgálatot végzett ez irányban. A cordierit elméleti összetételének megfelelő masszából 4 cm átmérőjű 3 cm magas hengert sajtolt és szilitrúd fűtésű elektromos kemencében kiégette. Égetés után tapasztalta, hogy a henger azon része, mely a szilitrúdhoz a legközelebb került — tehát a magasabb hőt kapta — megolvadt, a másik harmada tömörre égett és a harmadik része, amelyik a legtávolabb volt a szilitrúdtól, porózus maradt.

A cordierit masszákat előállító gyárak egyik fő technológiai problémája a tömörödési — olvadási intervallum szélesítése. Különösen az amerikai kerámikusok foglalkoztak és foglalkoznak sokat ezzel a témával. Lamar (15) újabb vizsgálatai szerint proklorit és agyag keverékéből megfelelő égetés esetén cordierit állítható elő. A hőtágulási együttható és az anyagban képződött kristályos cordierit mennyiség közötti összefüggésre vonatkozóan Beals és Cook (16) röntgen-diffrakciós vizsgálatokat végzett. Sikerült olyan keveréket összeállítani, melyből 96% kristályos cordierit képződött, hőtágulási együtthatója pedig 0,98 volt 20 °C és 300 °C között.

Zsugorított cordieritnek kimondottan technikai célokra történő előállítása terén Wisely és Gebler (17) jelentős eredményt ért el  $\text{BaCO}_3$  és  $\text{PbSiO}_3$  alkalmazásával. Megállapították egy új kristályos fázisú 4 komponensű vegyület létezését, melynek a  $2\text{MgO} \cdot \text{BaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 9\text{SiO}_2$  vagy  $3\text{MgO} \cdot \text{BaO} \cdot 4\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 9\text{SiO}_2$  képletet javasolták. E fázist rövidítve Ba—C fázisnak jelölték.

Lamar és Warner különböző összetételű masszákkal végzett kísérleteiből számos rendkívül fontos következtetés vonható le, ezért ezt részletesebben ismertetjük.



A masszasorozat elkészítéséhez az alábbi nyersanyagokat használták:

E. P. K. jelű kaolin  
Yellowstone-i talkum  
Proklorit  
 $\text{Al}_2\text{O}_3$   
 $\text{BaCO}_3$   
 $\text{MgCO}_3$   
 $\text{PbSiO}_3$

A nyersanyagok kémiailag rendkívül tiszták voltak, szennyező komponenseket csak elhanyagolható mértékben tartalmaztak.

2. táblázat

Jelzés	Kao- lin	Tal- kum	Pro- klorit	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{MgCO}_3$	$\text{BaCO}_3$	$\text{PbSiO}_3$
A—A	67,9	14,7			17,4		
A	72,3	21,9			5,8		
A—1	67,9	14,7			17,4	+10	
A—2	67,9	14,7			17,4		+10
B—B	50		50				
B	50	9,2	40,8				
B—O	50		50			+10	
B—2	50		50			+10	+10
C—C	41	44		15			
C—O	41	44		15			+10
C—1	41	44		15		+10	+10
C—2	41	44		15		+5	+5

3. táblázat

Masszajel	$\text{Al}_2\text{O}_3$	MgO	$\text{SiO}_2$
A—A.....	34,3	15,8	49,9
A.....	34,0	11,1	54,9
B—B.....	35,4	14,8	49,8
B.....	32,8	15,3	51,9
CC.....	34,6	14,8	50,6
Teoretikus cordierit összetétel.....	34,9	13,7	51,4

Az A jelzésű masszasorozatban az A és A—A jelű mintákban  $\text{MgCO}_3$ -t adtak a talkumhoz, hogy az összetételt klinóenstatit és forsterit irányában módosítsák. Ezután a talkum és  $\text{MgCO}_3$  keverékéhez kaolint adagoltak és így lehetőség szerint megközelítették a cordierit összetételét.

Az A—1 mintához 10 súlyszázalék  $\text{BaCO}_3$ -t, az A—2 mintához pedig 10 súlyszázalék  $\text{PbSiO}_3$ -t adagoltak. A minták differenciál termoanalitikus vizsgálata alapján cordierit kristályosodását 1300 C°-on nagy exoterm csúcs jelzi. Megfelelő mennyiségű Ba-ión jelenlétében 1250 C°-on cordierit helyett a Wisely által kimutatott Ba—C fázis kristályosodik ki, amit nagy exoterm csúcs jelez.

Az ólomszilikát, a kaolin bomlásánál keletkező amorf  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -nak  $\gamma\text{Al}_2\text{O}_3$ -á való átalakulására gyakorol hatást. Lamar—Warner szerint lehetséges, hogy ez az  $\text{Al}_2\text{O}_3$  egy részét megkötő alacsony olvadáspontú ólomüvegekkel van összefüggésben. Ólomszilikát alkalmazása esetén egyéb-

ként csökken a cordierit kristályosodási hőfoka. Az exoterm csúcs kb. 40 C°-kal csökken.  $\text{PbSiO}_3$  és  $\text{BaCO}_3$  együttes adagolása esetén további csökkenés következett be és az uralkodó Ba—C fázis mellett mintegy 60 C°-kal csökkent a kristályosodási hőfok. Kevés Ba-ión adagolása esetén együttesen keletkezett a cordierit és a Ba—C fázis. A masszából nem lehetett megfelelő gyártmányokat előállítani a tömörre égési hőmérséklet és az olvadáspont közelsége miatt. Az A—A mintát porózusra tudták égetni,  $\text{BaCO}_3$  és  $\text{PbSiO}_3$  adagolásával az égetési hőfok 38 C°-kal csökken és az égetési hőfok intervallumot 20 C° szélességre növelték.

A  $\text{BaCO}_3$ -nál a  $\text{PbSiO}_3$  jobbnak bizonyult; az A—2 összetétel szerinti masszából pórusmentes tömör szerkezetű darabokat lehetett készíteni.

A mintákat röntgendiffrakciós vizsgálatoknak is alávetették. Így kimutatható volt a cordierit, Ba—C, mullit és spinell. A mullit csökkenésével párhuzamosan különösen alacsony hőfoktartományban csökkent a hőtágulás is. A  $\text{BaCO}_3$  és ólomszilikát adagolásának csökkentő hatása észlelhető a mullit képződésre. A Ba—C fázis igen stabilnak mutatkozott, gyorsan kristályosodott és képződéséhez a rendelkezésre álló  $\text{Al}_2\text{O}_3$  és  $\text{SiO}_2$  zömét felhasználta.

A röntgendiffrakciós vizsgálat az A—1 mintánál nem mutatott ki mullitot, azonban lehetséges, hogy ennek ellenére egy kevés képződött. Cordierit kimutatható volt valószínűleg azért, mert a rendelkezésre álló BaO nem volt elegendő a Ba—C fázis képzéséhez. Az A—2 mintánál, mely 10%  $\text{PbSiO}_3$ -t tartalmazott, a cordierit csúcsok viszonylag kisebbek voltak valószínűleg azért, mert az ólom fékező hatást fejtett ki a cordierit kristályosodására. Valószínűleg ólomüveg képződött és ez csökkentette a cordierit képződéshez rendelkezésre álló  $\text{Al}_2\text{O}_3$  és  $\text{SiO}_2$  mennyiségét. Ez megmutatkozott abban is, hogy ezeknél a masszánál emelkedett a hőtágulási együttható. A röntgendiffrakciós görbék alapján élesen megkülönböztethető volt a cordierit és a Ba—C fázis.

A  $\text{BaCO}_3$  és  $\text{PbSiO}_3$  külön-külön is, de együttesen különösen javították a dielektromos tulajdonságokat.

A közettani vizsgálat azokban a masszákban (A—A, A), melyekben nem volt  $\text{BaCO}_3$  vagy  $\text{PbSiO}_3$  elszórtan kis reagálatlan MgO zárványokat mutatott ki. Minden valószínűség szerint ez a kis reakcióképesség következménye. A homogenitást növelte a  $\text{BaCO}_3$ ,  $\text{PbSiO}_3$  adagolás, valószínűleg az ilyen masszákban a MgO reakció készségére javító hatással van.

A B jelű masszapróbánál a  $\text{BaCO}_3$  és  $\text{PbSiO}_3$ -ra vonatkozóan azonos hatást tapasztaltak, mint az A-nál.

Érdekes a cordierit gyorsabb képződése, ami a prokloritban rendelkezésre álló  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -nak tudható be. A proklorit ultrafinom őrlése a reakciót még jobban gyorsítja. Az égetési hőfok pórusmentes darabok előállításánál 1149 C° volt, 20 C° széles égetési hőfokintervallummal.



A röntgenvizsgálatok szerint a B—O, B—2 minták főtömegükben Ba—C-t tartalmaztak, a többi ilyen típusú minta cordieritet. Tíz rész BaCO<sub>3</sub> és tíz rész PbSiO<sub>3</sub> tartalmú massa dielektromos vesztesége megnőtt, ami az üvegfázis emelkedésének tudható be. A BaCO<sub>3</sub> önálló adagolása sem javította megfelelően az értéket. 5—5 rész BaCO<sub>3</sub>, PbSiO<sub>3</sub> adagolás adja a legjobb dielektromos veszteségi értéket. A közettani vizsgálat a B típusú masszánál a cordierit rossz kristályosodását mutatta. A B—B masszákban a cordierit volt az uralkodó kristályos fázis. A B—O, B—2 masszánál a Ba—C fázis volt az uralkodó. A B—O minta a Ba—C fázis mellett cordieritet is tartalmazott.

A C típusú masszának igen szűk volt az égetési hőfokintervallumuk, próbatestjeik azonban tűzállóbbak voltak. Ultrafinom nyersanyag őrléssel készített masszakkal tágabb égetési hőfokintervallumot és alacsonyabb tömörreégetési hőfokot értek el. A C—C minta két kristályos fázist tartalmazott, főként cordieritet kevés MgO Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-al. A C—O minta cordierit tartalma a CC-nél lényegesen kevesebb volt; nőtt viszont a MgO Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tartalom. A C—1 próba Ba—C fázis és egy nem azonosítható fázist tartalmazott, C—2 minta azonos mennyiségű cordieritet és Ba—C fázist adott. Ebben a masszasorozatban a dielektromos tulajdonságokat úgy a BaCO<sub>3</sub>, mint a PbSiO<sub>3</sub> javította.

**A Kőbányai Porcelángyárban végzett kísérletek kis hőtágulású cordierit masszák előállítására**

Mivel a külföldi tapasztalatok azt bizonyítják, hogy különböző nyersanyagbázisokon felépített termékekkel közel azonos, alacsony hőtágulási együttható érhető el, célszerűnek látszott, hogy hazai nyersanyag és technológiai helyzetünknek megfelelő összetételű anyagot dolgozzunk ki, figyelembe véve a szükséges import nyersanyagok beszerezhetőségét is.

Szebeni Sándor vegyész mérnökkel — ki a kísérletek gyakorlati részében működött közre — összeállítottuk azt a masszasorozatot, melyből kísérleti alapon a legmegfelelőbb tulajdonságot kiválasztva kívántuk a problémát megoldani (4—5. táblázat).

4. táblázat

Massza sorszám	Tal-kum	K <sub>NO</sub> -lin	Agyag	Aplit	Tim-föld	Sa-mott	Kvare
1.	30	15	10			30	15
2.	20	25	5			40	10
3.	30	20	10	5	5	30	
4.	30	20	10	4	6	30	
5.	30	20	10	5	5	30	
6.	30	20	25	8	5	12	
7.	30	29	25	10	6		
8.	37	40	10	8	5		
9.	35	35	10	10	10		
10.	25	15	30	5	20		5
11.	30	29	25	10	6		5
12.	40	12,5	22,5	9	8		8

5. táblázat

Massza sorszám	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO
1.	66,93	22,43	10,64
2.	63,85	28,85	7,30
3.	57,98	31,26	10,76
4.	57,03	32,27	10,70
5.	57,03	32,27	10,70
6.	57,20	31,90	10,90
7.	57,05	31,90	11,05
8.	58,50	29,20	12,30
9.	55,47	32,66	11,87
10.	48,91	42,01	9,08
11.	59,35	30,21	10,44
12.	65,40	22,40	12,20

*I. Csoport. Samottos masszák*

E masszák az 1-es sorszámú kivételével a hármas rendszer mullit mezőjében helyezkednek el.

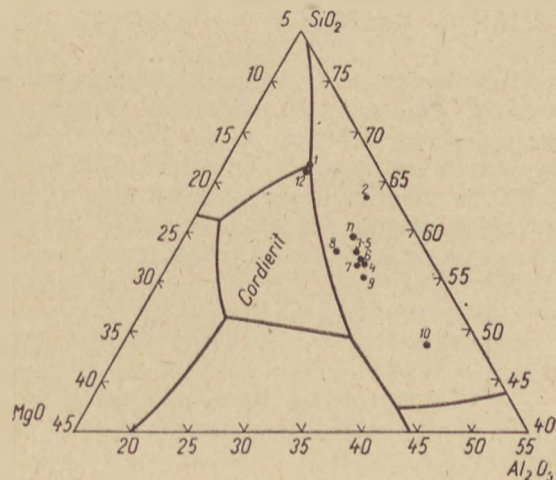
Az 1-es számú próba massa, mely a cordierit-tridimit-mullit határon van, 1390 °C-on égett tömörre. A tömör próbatest úgy mechanikai tulajdonságai, mint porozitás szempontjából megfelelő volt, azonban lineáris hőtágulási együtthatója 20 °C és 100 °C között 7—8 értéket mutatott, mely hőtechnikai célokra alkalmatlanná tette.

A 2. számú massa közeledik a cordierit teoretikus összetételéhez, azonban még 1400 °C-on nem égett tömörre.

A 3. számú massa összetétele szempontjából a MgO tartalom irányába a 2. számú masszához viszonyítva kis eltérést mutat. 1410 °C-on kiégetve tömör kagylós törésfelületű testet ad, rendkívül jó lineáris hőtágulási értékkel (0,5—1,0).

Hátránya, az olvadási és tömörödési hőfok közelsége, mely alkalmatlanná teszi a széntüzelésű kemencében való biztonságos nagyüzemi égetésre.

A 4, 5, 6. számú masszák lényeges eltérést az előbbiektől nem mutattak. A samottos masszák általános esztétikai tulajdonságai az egyenetlen színeződés, foltosság, kiolvadások.



3. ábra



## II. Csoport. Samottmentes masszák

E masszák túlnyomó része a mullit zónában helyezkedik el. Általános tulajdonságuk az olvadási és zsugorodási pont közelsége.

A 10. számú massa üzemi kemencéinkben nem is volt kiegészítő magas égetési hőfoka következtében (1560 C°).

Ezek a masszák — eltérően a samott tartalmúaktól — teljesen tiszta fehér színű cserépet adnak, tehát esztétikailag kifogástalanok. Mechanikai és elektromos tulajdonságaik kielégítőek.

Legmegfelelőbbnek a 9. számú massa mutatkozott.

A kísérleti masszaszorozatokból látható, hogy nem mindegyik helyezkedett el a hármas rendszer tulajdonképpeni cordierit zónájában. Gyakorlatilag számos ilyen összetétel lehetséges. Ezek bár nem esnek szükségszerűen a fázisdiagramban ábrázolt mezőben, mégis cordierit tulajdonsággal rendelkeznek.

A cordierit anyagokra különösen jellemző az az általános kerámiai tapasztalat, hogy a kristályszerkezet és a tökéletlen reakció legalább úgy befolyásolja az anyag tulajdonságait, mint a kémiai összetétel. Ezen anyagok összetétele közel esik az eutektikus pontokhoz és ez az oka a gyártás égetéstechnológiai problémáinak, mely mint már az előzőekben is utaltunk rá, úgy jelentkezett a kísérletek alatt, hogy a hőmérséklet kismértékű változását a tulajdonságok nagyfokú változása követte. Széntüzelésű kemencében végzett égetéseknél könnyen előfordulható hőegyenletlenségek esetén, vagy nem alakul ki teljesen a cordierit, vagy pedig forsteritté és mullittá esik szét.

Mivel hazai iparunk egyes felhasználási helyeken nem nélkülözheti a cordierit szigetelőket, az import megszüntetése érdekében áthidaló megoldást kellett találni a hazai gyártás technológiájának kialakításakor. Ennek megfelelően a gyártmányokat nem égetjük a tökéletes zsugorodásig, a kiegészített testeket pedig mázzal vonjuk be. Megfelelő hőtágulási együtthatóval bíró máz kidolgozása cordierit testek esetében nagy problémát jelent. Ebben a vonatkozásban a külföldi irodalom sem tud határozott eredményekről beszámolni. Egyes szerzők szerint a megfelelően kis hőtágulási együtthatóval bíró máz összeállítása szinte lehetetlen.

Kísérleteztek az úgynevezett önmáz kialakításával is. *Thiess L. E.* kísérletei szerint nem hajszálrepedéses, félmatt mázat lehetett elérni, ha a masszához színező fénoxidokat keverték. *Thiess L. E.* kísérleti önmáz masszaira jellemző az aránylag magas földpát-tartalom. Feltételezhetően ez az oka az önmáz képződésnek.

*Singer* (19) kitűnő sajátmázat ért el, úgy hogy a földpát-tartalmat nagy nátriumtartalmú nátronföldpáttal, vagy nefelinszienittel biztosította. Az égetést SK 13-nál magasabb hőfokon végezte. Úgy találta, hogy a földpát és nefelin nátriumtartalma és valószínűen a kalcinált timföld nátriumja is elgőzölög. A nátriumgőz a felületen levő kavasavval, vagy szilikátokkal vegyül és vékony mázréteget képez.

*Singer* ezenkívül mázatlan cordierit polírozásával is eredményeket ért el.

A magnézium-alumínium szilikátok erősen reagálnak más olvasztó anyagokkal és eközben egyes erőstűzű masszák esetében a cserép és a tulajdonképpeni máz között közbenső réteg alakul ki, melynek hőtágulási együtthatója a máz és a cserép értéke között van. Ilyen esetben a hajszálrepedések elkerülhetők.

Kísérleteinknél nem alkalmaztuk az ún. erőstűzű mázak felvitelét, hanem inkább 900—1000 C°-on képződő olmos mázat próbáltuk ki. Ez a második égetéssel képzett máz jól bevált a cordierit anyagra.

Bár a hazai gyártást üzemi berendezésünkhöz alkalmazkodó átmeneti technológiával kellett megoldani, a kísérletek tovább folynak a cordierit gyártás fejlesztése érdekében.

## IRODALOM

- (1) *Rankin, G. A.* és *Merwin, H. E.* : J. Amer. Ceram. Soc. 45, 301—25, (1918).
- (2) *Bowen, N. L.* és *Greig, J. W.* : J. Amer. Ceram. Soc. 7, 238, (1924).
- (3) *Greig, J. W.* : Ceram. Abstr. 6, 157, (1927).
- (4) *Greig, J. W.* : J. Amer. Ceram. Soc. 13, 1, (1927).
- (5) *Karkhanavala, M. D.* és *Hummell, F.* : J. Amer. Ceram. Soc. 36, 389, (1953).
- (6) *Yoder, H. S.* : J. Amer. Ceram. Soc. Bowen-volume II. 569, (1952).
- (7) *Miyashiro, A.* és *Iyama, T.* : Proc. Acad. Japan 31, 166, (1955).
- (8) *Keith, M. L.* és *Schairer, I. F.* : J. Geol. 60, 181, (1952).
- (9) *Grofcsik, J.* : A kerámia elméleti alapjai. Akadémiai Kiadó (1956).
- (10) *Mont-Gomery, E. T.* : Trans. Brit. Ceram. Soc. 606, (1913).
- (11) *Singer, F.* : Ber. dtsh. keram. Ges. 10, 269, (1929).
- (12) *Palatzky, A.* : Technische Keramik. VEB. VERLAG TECHNIK BERLIN (1954).
- (13) *Krause* és *Jäckel* : Ber. dtsh. keram. Ges. 15, 485, (1934).
- (14) *Krause* és *Jäckel* : Sprechsaal 67, 509—525—543, (1934).
- (15) *Lamar, R. S.* : J. Amer. Ceram. Soc. 32, 65, (1949).
- (16) *Beals, R. J.* és *Cook, R. L.* : J. Amer. Ceram. Soc. 35, 53, (1952).
- (17) *Wisely, H. R.* és *Gebler, K. A.* : Progress Rep. No. 3, Rutgers Univ. (1947).
- (18) *Lamar, R. S.* és *Warner, M. E.* : J. Amer. Ceram. Soc. 12, (1954).
- (19) *Singer, F.* és *Singer, S.* : Sprechsaal 5, 6, (1956).



## Különleges tűzálló betonok\*

C SER A R I S Z T I D

A technika kezdetén nagyobb méretű falazó elemek készítése és alkalmazása nehézségekbe ütközött a gépi felszerelések tökéletlen volta miatt. Részben ez tette elterjedtté a jelenleg is használatos téglaméretű alkalmazását. A jelenlegi gépi felszerelések már lehetővé teszik nagyobb falazó elemek mozgását. A monolitos kiképzés és az előregyártott építőelemek adta előnyöket az építőipar elterjedten használja. Megfelelő tűzállóbetonok hiányában ez a tűzállóiparban, ill. a kemence építkezéseknél nem fejlődhetett ki.

Jelen rövid ismertetésben az ilyen irányú törekvéseinkről szeretnék képet adni és a kutatási eredményeinket ismertetni, hogy a szélesebbkörű alkalmazása a kidolgozott betontípusoknak a használhatóságát bebizonyítsa. Reméljük, hogy értékes tulajdonságú tűzállóanyagként szélesebb körben el fog terjedni.

Az általunk készített tűzálló betonok egy lényeges alkatrész tekintetében eltérnek az eddig alkalmazott ilyen anyagoktól, mivel hidraulikusan kötő alkatrészt nem tartalmaznak.

A beton elnevezést azonban mégis megtartottuk, mivel a bedolgozás módja, egyes esetekben a viselkedése hasonló ahhoz, és jobb elnevezést nem találtunk. Tulajdonképpen tehát a fogalomnak egy szélesebbkörű kiterjesztéséről van szó.

A szokásos hidraulikus kötőanyagokra részletesen nem kívánok kitérni, mivel ezekről bő ismertetés található hazai szerzőktől (1). Ezeknél a kötést portland- vagy aluminátcement végzi, míg adalékanyagként samot-, szilika-, kromit-, korund- vagy magnezitörleményt használnak. A felsorolt fajtáknál az értékes tűzálló tulajdonságot a töltőanyag szolgáltatja, míg az alkalmazott kötőanyag azt lerontja. Ennek oka, az alacsony hőmérsékleten és nagy mennyiségben keletkező olvadáskor keresendő. Az alkalmazott betonok általában 1300 °C-ig használhatók, egyes esetekben 1600 °C-ig, azonban korróziós és eróziós hatásokkal szemben az ellenálló képességük az égetett tűzálló anyagoknál lényegesen kisebb.

A felsorolt hibák kiküszöbölésére alkalmazzuk, ill. fejlesztettük ki a különböző vegyi kötésű tűzálló betonfajtákat. Kutatásaink alapján bátran elmondhatjuk, hogy bármilyen tűzálló anyagból készíthető vegyi kötésű tűzálló beton, tehát a célnak legmegfelelőbb tűzálló anyag választható, a rendeltetésének alkalmas minőségben. A kötőanyag minden esetben oly módon lett megválasztva, hogy az a használati hőmérsékleten elbomolva már hatástalanná váljék, ill. az olvadásképző hatása jelentéktelen mértékben változzon meg az eredeti tűzálló anyagnak. Egyes esetekben megfelelő adalékokkal biztosítottuk, hogy a mechanikai szilárdsága minden hőmérséklet határok között közel egyenletes legyen. A kötőanyag szerepe ugyanis csak addig fontos, míg a kialakuló keramikusság nem biztosítja a kellő szilárdságot az alkalmazott hőmérsékleteken.

\*Az Építőanyagipari Kutatók 1957. évi konferenciáján tartott előadás.

Bázikus tűzállóanyagoknál oxisulfát kötésű betonokat alkalmazunk. Itt a kötőanyag az üzemi hőmérséklet alatti hőmérsékleten már disszociál és csupán a keramikusság adja a megfelelő mechanikai szilárdságot. A bomláskor keletkező  $SO_2$ , ill.  $SO_3$  a tűzálló anyag tulajdonságait nem befolyásolják számottevően, illetve egyes szerzők szerint előnyösek a szilárdságra (2). A másik komponens rendszerint a visszamaradó  $MgO$ , amelynek a tűzálló tulajdonságai közismerten jók.

Mivel ennél a kötéstípusnál 400—1300 °C közötti hőmérséklettartományban jelentős mechanikai szilárdságsökkenés lép fel, különlegesebb célokra borátok és nehezen bomló szulfátok adagolásával javítjuk ebben a hőmérséklettartományban a fenti rossz tulajdonságaikat. 1300 °C feletti használati hőmérséklet azonban gyakrabban használatos, s így az adalékok sokszor elhagyhatók.

Mindkét fajta betonból készült próbatestek szilárdsági és tűzálló tulajdonságait mutatja be a mellékelt táblázat:

I. táblázat

	Magnezit		Krómmagnezit	
	Nyers	1600 °C-on égetett	Nyers	1600 °C-on égetett
Térfogatsúly g/ml . . . . .	2,66	2,73	2,79	2,73
Vízfelvevő képesség % .	7,25	8,45	6,08	10,46
Látványlagos porozitás % .	19,28	23,07	16,96	28,56
Nyomásszilárdság $kg/cm^2$ .	390	336	360	100
Lágyuláspont $T_a$ °C . . . . .	1390	1520	1340	1460
$T_c$ °C . . . . .	1530	—	1520	—

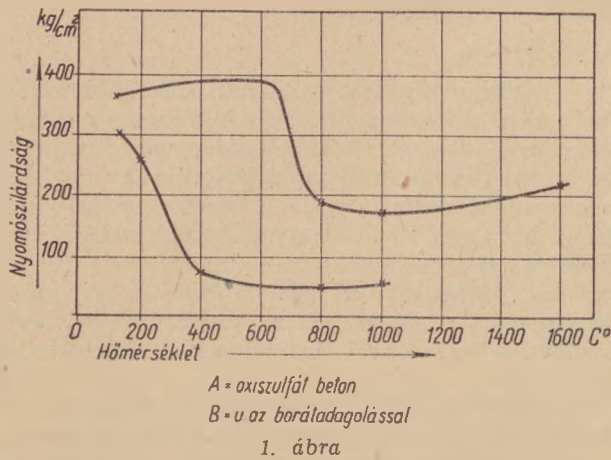
Az adalékanyaggal készült betonfajták alkalmazásának csak ott van értelme, ahol 1300 °C alatti a használati hőmérséklet, mivel ezek gyártása jelentősen drágább. A hőmérséklet hatását mutatja be ezeknél a típusoknál a bemutatott ábra:

Samot-, szilika-, mullit- és korundbetonok foszfátkötéssel készülnek. Ezek a betonfajták igen előnyös tulajdonsággal és minden hőmérsékleti tartományban igen jó mechanikai és tűzálló tulajdonságokkal rendelkeznek, alacsony hőmérsékleteken is már jelentős szilárdsággal bírnak; magasabb hőmérsékleten pedig tulajdonságaik csak javulnak. Egyéb különleges adalékok ezeknél nem szükségesek a használt kötőanyagon kívül.

A rendelkezésre álló viszonylag rövid idő alatt csupán a korundbeton kötésére vonatkozó vizsgálatainkra szeretnék részletesen kitérni, a többi



II. táblázat



A = oxisulfát beton  
B = u az borítadagolással  
1. ábra

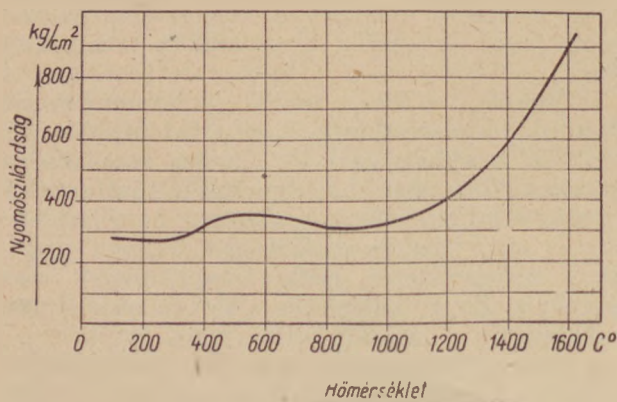
típust csupán érinteném. Mindjárt előljáróban meg szeretném jegyezni, hogy a foszfátokra vonatkozó alapkutatások még nagyon kismértékben állnak rendelkezésünkre, különösen a hőmérsékleti összefüggések igen gyérek. Ezen a téren a kutatásnak még bő tere van és több kutatóintézet összefogásával oldhatók meg a felmerülő problémák.

A korundbetonokból az alábbi típusok készíthetők:

1. Melegen kötő döngölő beton.
2. Hidegen kötő beton.
3. Szárazon tárolható betonkeverék.
4. Torkret beton.

Minden fajta beton  $P_2O_5$ -t tartalmaz, de míg az első kettőnél azt foszforsav formájában visszük be, a két utolsónál közvetlenül alkalmazzuk. A melegen kötő keverés után hosszú ideig tárolható, míg a hidegen lekötő keverék kötése ideje a bekeveréstől számítva 3–4 órától 3–4 percig szabályozható, a hőmérséklet megfelelő beállításával.

A szárazon tárolható és torkret betonnál a bekevert  $P_2O_5$  erősen nedvszívó, ezért levegőtől tökéletesen elzártan kell csomagolni. Jelenleg alkalmas csomagolóanyagok drága volta miatt ezekkel beépítési kísérleteket nem végeztünk, így részletesen nem ismertetem. A foszforsavval készült két tűzálló beton tulajdonságait mutatja be a II. táblázat:



2. ábra

	Melegen kötő		Hidegen kötő	
	Nyers	1600 C°-on égetett	Nyers	1600 C°-on égetett
Térfogatsúly g/ml . . . . .	2,86	2,86	2,85	2,80
Vízfelvevő képesség% . . . . .	7,07	5,71	7,44	8,66
Látszólagos porozitás% . . . . .	20,22	16,33	21,20	24,25
Nyomószilárdság kg/cm² . . . . .	270	910	350	366
Lágyuláspont Ta C° . . . . .	1390	1450	1440	1450
Tc C° . . . . .	1470	—	—	—

A kötés a melegen kötő beton esetében 130 C° körül kezdődik és 350 C°-on éri el a kötési szilárdságát. Hidegen kötő betonnál szobahőmérséklet esetén a kötés kb. 1 óra múlva kezdődik. Ezt az időt a sav hűtésével elnyújthatjuk. 24 óra állás után 120 C°-ra emeljük lassan a hőmérsékletet, majd a kötött víz eltávolítása céljából 350 C°-ra hevítjük. Teljes szilárdságot ez a típus is csak ezen a hőmérsékleten éri el. A további melegítés mindkét fajtánál már gyorsabb lehet. Még nagyobb falvastagság esetén sem lép fel robbanásszerű szétesés, szemben a hidraulikus kötőanyagokkal, mivel a víztartalmát lassan adja le.

A hőmérséklet függvényében a szilárdsági adatokat mutatja be a 2. ábra.

A kötés mechanizmusára nézve a vélemények még nem kristályosodtak ki vegyi kötésű tűzálló anyagok esetén. Valószínű, hogy tisztázása a szeretlen vegyületekről alkotott felfogásainkat nagymértékben módosíthatják.

Az oxisulfát kötésű anyagoknál az alkalmazott kötőanyagokból a kolloidálisan kiváló  $Mg(OH)_2$ -on kívül valószínűleg kondenzációs reakciók is lejátszódnak magasabb hőmérsékleten. Ezek pontos folyamatáról tiszta kép még nem áll rendelkezésünkre. Röntgen vizsgálatok csak nagyobb mennyiségű  $Mg(OH)_2$  keletkezését mutatták ki.

Foszfát kötésű anyagoknál, hogy a kötési folyamatokról képet adhassunk, a polimér foszfátok viselkedését kell tárgyalnunk. Thiló és munkatársai tettek közzé adatokat (3) a polimér foszfátok keletkezéséről és szerkezeti viszonyairól. Thiló közleményéből bemutatunk egy táblázatot, amely különböző kationok jelenlétében a polimerizációra és a kialakult szerkezetre vonatkozóan közöl adatokat (4).

A polifoszfátok  $Al^{3+}$  esetében tehát tetra- metafoszfát keletkezésére vezetnek, amelyek, amint az ábrából látható, láncszemű molekulákat alkotnak. A keletkező metafoszfátok természetesen kialakulhatnak oly módon is, hogy a trifunk-



III. táblázat

Savanyú monofoszfátokból keletkező kondenzált foszfátok

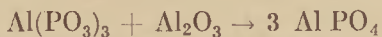
Li+(0,78 Å)	Polifoszfát	Be <sup>++</sup> (0,34 Å)	Polifoszfát	
Na+(0,98 Å)	Trimetafoszfát (Polifoszfát)	Cu <sup>++</sup> (0,65 Å) Mg <sup>++</sup> (0,78 Å) Ni <sup>++</sup> (0,78 Å) Co <sup>++</sup> (0,82 Å) Fe <sup>++</sup> (0,83 Å) Mn <sup>++</sup> (0,91 Å)  Zn <sup>++</sup> (0,83 Å) Cd <sup>++</sup> (1,03 Å)	Tetrametafoszfát	Al <sup>+++</sup> (0,57 Å)
K+(1,33 Å) Rb+(1,49 Å) Cs+(1,65 Å)  Ag+(1,13 Å)	Polifoszfát	Zn <sup>++</sup> (0,83 Å) Cd <sup>++</sup> (1,03 Å) Hg <sup>++</sup> (1,12 Å)  Ca <sup>++</sup> (1,06 Å) Sr <sup>++</sup> (1,27 Å) Ba <sup>++</sup> (1,43 Å) Pb <sup>++</sup> (1,32 Å)	Polifoszfát	Cr <sup>+++</sup> (0,64 Å) Fe <sup>+++</sup> (0,67 Å) Bi <sup>+++</sup> (1,24 Å)

A zárójelben lévő számok az ionrádiuszokat jelentik

ciós Al<sup>3+</sup> + különböző metafoszfát láncok között térhálós szerkezetet hoz létre.

Ez a szerkezet a műanyaghoz hasonlítható leginkább. Magasabb hőmérsékleten azonban az üveghez hasonlóan alakul ki, amire mutatnak a szilárdsági adatok is.

Tűzálló szempontból vizsgálva a jelenségeket, a kialakuló üvegszerű térhálós szerkezet igen nagy viszkozitásúvá válik, így a deformáció azonos olvadákmennyiség esetén kisebb mértékű lesz. Mivel a megfelelő állapotábrák nem ismertek és saját adatunk nincs, az olvadék mennyiségére számításokat végezni nem tudunk. Feltehetően magasabb hőmérsékleten a keletkező Al(PO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> és az Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> között reakció játszódik le; AlPO<sub>4</sub> keletkezik, amelyet az alábbi reakció egyenlettel írhatunk le:



<p>Metafoszfát Gyűrűs anion <math>(P_n O_{3n})^n</math> <math>n = 3, 4</math></p>	<p>Polifoszfátok Lánc anion <math>(P_n O_{3n})^{n+2}</math> <math>(H_x P_n O_{3n+2})^n</math> <math>n = 1 - 10^5</math></p>	<p>Térhálós polifoszfátok <math>(n-2x)</math> <math>(P_n O_{3n-x})</math></p>
<p>pl: Trimetafoszfát</p>	<p>pl: Tetrametafoszfát</p>	<p><math>O = P - O - P = O - P = O</math></p>

Ez a reakció arra vezet, hogy az alacsonyabb olvadáspontú Al(PO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> magasabb olvadáspontú AlPO<sub>4</sub>-né alakul át. Ennek olvadáspontja 1500 C° felett van és egyidejűleg bomlást szenvedve korund válik ki, az olvadék mennyisége nem növekedik jelentősen, sőt hosszabb használat után csökkenhet. Úgy a polimerizáció, mint ez az utóbbi bomlás hosszabb ideig tart, így az egyensúly állandóan változik a körülményektől függően. A vizsgálatokat nagyon megnehezíti a polimerek vízerzékenysége, az alkalmazott magas hőmérsékleten pedig ezek viselkedésének vizsgálata. Mivel tűzálló szempontból a vízerzékenység számításba nem jön, így alkalmazásának lehetősége szinte korlátlan.

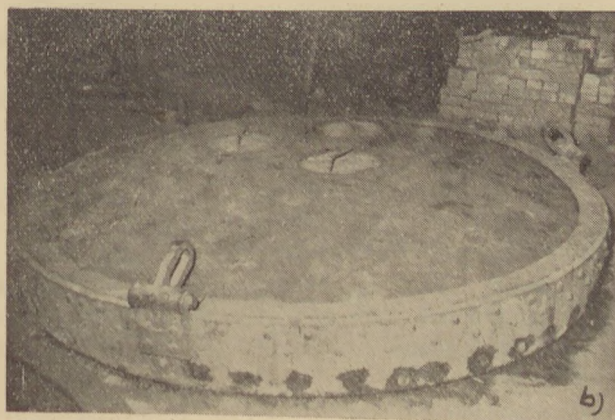
Maga az AlPO<sub>4</sub> igen jó tűzállóanyag. Magasabb hőmérsékleten ez keletkezik. Izomorf az SiO<sub>2</sub>-vel 400, 816, 1316 C°-on vannak az átalakulási pontjai. 200—226 C°-on van az α-β átalakulási hőmérséklete a kristályalattal azonos kristályformának.

Az átalakulási pontokat jól láthatjuk az AlPO<sub>4</sub> DTA görbéjén.

Hőtágulásra vonatkozó adatokat a 6. ábrán mutatjuk be (5). Egyéb adatait a mellékelt táblázat tartalmazza.

IV. táblázat

Mólsúly AlPO <sub>4</sub> .....	121,95
Fajsúly .....	2,56 g/cm <sup>3</sup>
Olvadáspont .....	> 1500 C°
Bomlása kezdődik .....	> 1350 C°
	színtelen, hatszögletű kristályok
Törésmutató .....	Na D vonalra n 1,524 n 1,530
Kristálytengelyek .....	a 4,93 Å c = 10,94 Å

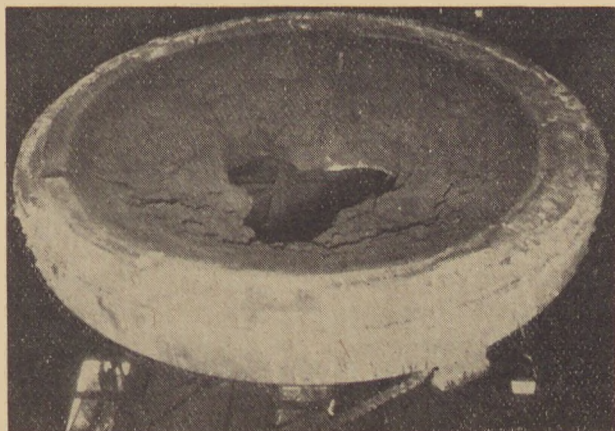


3. ábra

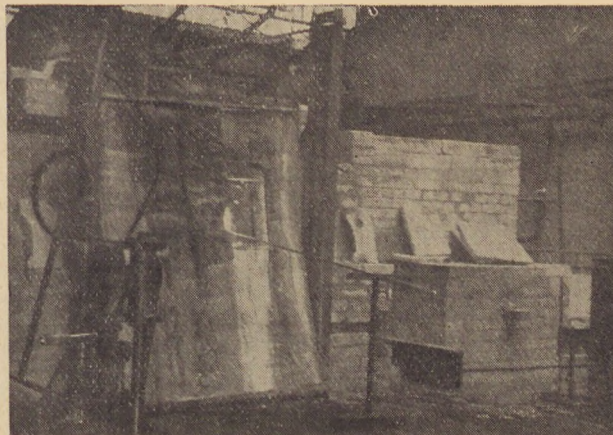








7. ábra



8a ábra

Korundbetont a Nagykanizsai Üveggyár kísérleti kemencéjében építettünk be boltozatba és égőként. Ez év januárja óta hibátlanul működik kb. 1750 C°-on, minden eróziós vagy korróziós hatás jele nélkül. A boltozat megtekintésekor még matt felületű volt, az égők pedig éles kontúrral voltak láthatók.

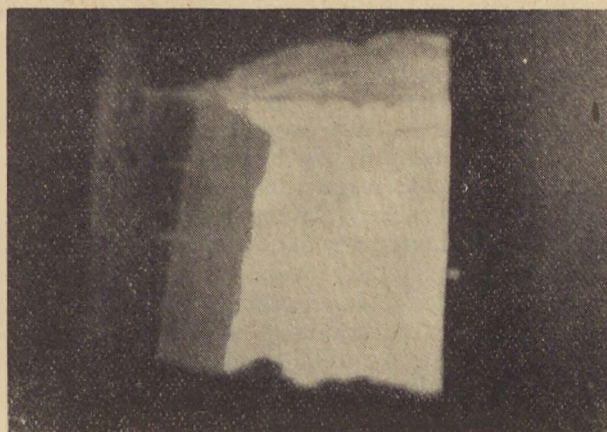
Bár a szillimanit égőkkel és boltozatokkal szemben a magasabb, kb. ötszörös ár kedvezőtlen, az élettartamban jelentkező tartósságnövekedés a viszonylag magas árat várhatóan kompenzálni fogja.

Szilikabetont a Lampart gyár zománcolvasztó kemencéjében használtunk fel, amely azonban valószínűleg mechanikai hatás miatt idő előtt tönkrement.

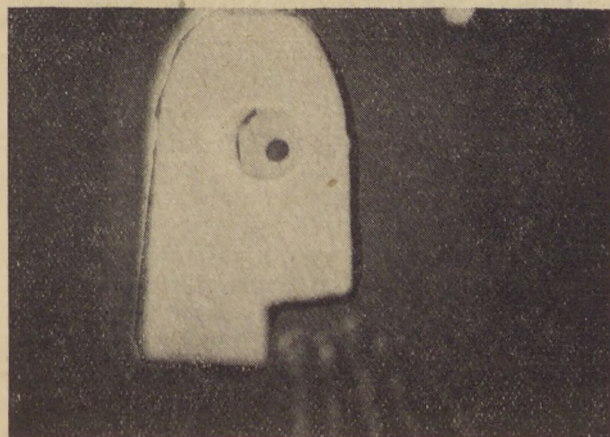
Samotbetont az Inotai Erőmű kazánjaihoz építettünk be, amelyről azonban eredményeket még nem ismerünk. Ebben az esetben meg kívánom jegyezni, hogy formatestek készültek belőle, ellentétben az előzőkkel, mikor is monolitos falazat nyert kiképzést.

Hangsúlyozni szeretném, hogy a bedolgozás egyaránt történhet a betonozásnál bevált módon és eszközökkel és a döngölőmasszáknál alkalmazottan is. A szokásos tűzálló beton rögzítési módokat kell alkalmazni. Előregyártott elemek gyártásának nincs akadálya és megfelelő hőkezelés után bármelyik fajta beemelhető. Bikerámikus falazatok is készülhetnek a közölt módon, ezáltal az értéke- sebb tűzállóanyagokkal takarékoskodni lehet.

A felsorolt anyagokból természetesen vegyi kötési téglák is készülhetnek, amelyekbe fém- betéteket is be lehet sajtolni. A betonoknál egyébként nem lebecsülendő az az előny, hogy nincs szükség nagyszámú, drága idomok raktározására és az anyagmozgatási selejt is minimálisá válik. Mint értékes, jó tulajdonságú anyagok nem pótlóanyagként tekintendők tehát, hanem az új építési technikának alkalmas és megfelelő, egyen- értékű tűzálló építőanyagként. Számos előnyével alkalmazása az egész népgazdaság számára energia megtakarítást jelenthet és olcsóbb termelést tesz lehetővé.



8b ábra



8c ábra

## IRODALOM

- (1) *Naszályi*: Tűzálló beton, mint ipari kemencék építőanyaga.
- (2) *Salmang*: Die physikalischen und chemischen Grundlagen der Keramik. 1951. 261. oldal.
- (3) *Thilo*: Zur Chemie der kondensierten Phosphate. Chem. Technik. 1956. 5. 251. oldal.
- (4) *Thilo*: u. ott.
- (5) *Gützen—Hart—McZura*: Phosphate-Bonded Alumina Castables: Some Properties and Applications. Amer. Cer. Soc. Bull. 1956. jún. 217. oldal.



# A tufa építőipari felhasználása\*

ÚJHELYI JÁNOS

## 1. Bevezetés

Építőiparunk és építőanyagiparunk gazdaságos fejlődésének alapvető feltétele hazai nyersanyaglelőhelyeink lehető teljes kihasználása. A vulkáni kőzetek tufáit ez ideig csak kismértékben alkalmazta építőiparunk, pedig ez az anyag igen sokoldalúan hasznosítható. Az Építéstudományi Intézet Beton és habarcs osztályán 1954. év óta foglalkozunk a tufa építőipari felhasználásának kutatásával. Vizsgálatainkat három csoportba sorozhatjuk:

a) A tufaörlemény, vagyis trasz építőipari felhasználása.

b) Zúzott tufaadalék felhasználása könnyű-beton-adalékként.

c) Faragott, vagy darabos tufakő alkalmazása falazóanyagként.

Munkatervünk szerint a kísérleteket a fenti csoportosítás szerinti sorrendben végeztük, így részletes eredmények elsősorban a trasz- és a tufaadalék-kutatás terén állnak rendelkezésünkre. A sorrendet a felmerülő igények szabták meg, vizsgálataink beosztása tehát rajtunk kívül álló okokból alakult ilyenképpen. Eredményeink természetesen egyik témakörben sem mondhatók teljesnek, hiszen a tudományos kutatás számtalan új problémát vet fel munka közben, de eddigi eredményeink alapján tett több következtetésünk is számot tarthat az érdeklődésre. A továbbiakban a fenti sorrend szerint fogjuk ismertetni munkánk eddigi eredményeit.

## 2. A trasz építőipari felhasználásának kutatása

A trasz kutatás fontosságának hangsúlyozására idézem Bereczky professzornak az 1955. évi, Építőanyagipari Kutatók III. Konferenciáján tett megállapítását (1), amely szerint külföldön sokkal kisebb értékű nyersanyagokat használnak fel, mint amilyenekkel hazánk rendelkezik s bár az utóbbi években a puccolános természetes nyersanyagok alkalmazása nálunk visszafejlődött, számítani lehet és kell a mennyiségi és minőségi igények fokozódásával. A trasz alapú kötőanyagok nagyobb mérvű hazai alkalmazása mindenképpen kívánatos, elsősorban energiamegtakarítás szempontjából. Hazai nyersanyaglelőhelyeink olyan nagy számban találhatóak Sátoraljaújhelytől a Balaton-vidékéig, Miskolctól Pécsig (2) s területi eloszlásuk szállítási szempontból annyira kedvező, hogy kiaknázásuk gazdaságos volta kétségtelen.

### 2.1 Mészpuccolánként alkalmazott traszanyagok minősítő vizsgálata

Kísérleteink során először azt kívántuk kideríteni, hogy melyek azok a hazai traszok, amelyek mésszel keverve a legkedvezőbb szilárdságú kötő-

anyagot szolgáltatják. Végeredményben egyszerű összehasonlító vizsgálatokat kellett volna végeznünk, ha rendelkezésünkre állt volna egy olyan szilárdságvizsgálati eljárás, amelynek eredményei elfogadhatók. Bár az MSZ 4706 traszvizsgálati szabvány olyan szilárdságvizsgálati módszert ír elő, amelyet több külföldi országban is alkalmaznak, kísérleteink szerint ez a vizsgálati eljárás nem alkalmas sem a mészpuccolánhoz, sem a traszportlandcementhez felhasználandó traszok minősítésére. Hazai (3, 4, 5, 6) és külföldi (7, 8, 9) vizsgálatok eredményei szerint ugyanis az idézett szabvány vizsgálati eljárásának alkalmazatlan volta az alábbi okokból következik:

a) az alkalmazott adalékanyag durva normálhomok, amely finom részeket egyáltalán nem tartalmaz s így a trasz egy része finomadalékként viselkedve növeli a tömörséget. A tömörségnövekedést okozó trasz mennyisége nem állapítható meg s ez vizsgálati bizonytalanságot okoz;

b) a szabványos habarcs konzisztenciája túlságosan száraz, amilyent a gyakorlatban csak a legritkább esetben alkalmazhatunk;

c) csak azonosan földnedves konzisztenciájú habarcs vizsgálatát írja elő, holott a plasztikus konzisztenciájú habarcsoknak a földnedves konzisztenciájú traszhabarcsokhoz viszonyított szilárdsága traszfajtánként lényegesen különböző, mivel a traszanyagok vízerzékenysége eltérő. Ezt a lényeges tulajdonságot tehát a szabvány nem veszi figyelembe;

d) a kötőanyagkeverékben kötött a méz: trasz arány, márpedig különböző származású traszok mézszigénye különböző, vagyis a legnagyobb habarcsszilárdságot egyébként azonos körülmények között különböző méz: trasz arány mellett lehet elérni;

e) a vizsgálati próbatestek elkészítésénél alkalmazott, az MSZ 523 szerinti tömörítési módszer a gyakorlattól teljesen eltérő;

f) sok esetben megállapították, hogy egyes traszhabarcsok szilárdsága idősebb korban tetemesen visszaesik, ezt a jelenséget viszont a szabvány nem vizsgálja;

g) a portlandcementhez adagolandó trasz minőségét nem lehet ugyanazzal a vizsgálati eljárással megállapítani, jellemezni, mint a mészpuccolánként alkalmazott trasz minőségét.

A fenti okok következtében az MSZ 4706 alkalmazatlan a mészpuccolánként alkalmazandó traszanyagok minősítésére. Kísérleteink során sikerült olyan vizsgálati eljárást kidolgozni, amelynek alkalmazásával a traszanyagok szilárdsága, térfogatváltozása, vízerzékenysége stb. megbízhatóan megállapítható. A vizsgálati eljárást részletesen ismertettük egy régebbi dolgozatban (6), így jelenleg helyszűke miatt, adatok közlése nélkül csak röviden foglaljuk össze az új módszer kidolgozását és alkalmazására tett javaslatunkat.

\* Az Építőanyagipari Kutatók IV. Konferenciáján kivonatossan ismertettett előadás teljes szövege. A témát a szerző az Építéstudományi Intézetben dolgozta ki,



Különböző méz : trasz, illetve méz : gipsz : trasz arányú kötőanyagkeverékekkel 40% finomhomoktartalmú adalékanyaggal és a száraz keverék súlyára számított 12, 15, 18 és 23% vízmennyiséggel 4×4×16 cm-es hasábokat készítettünk. Mértük a friss habarcsanyag terülését az MSZ 523 szerint, valamint a nyomó- és hajlítószilárdságot és térfogatváltozást 7 napos, 1, 3, és 6 hónapos korban. Ugyanakkor az MSZ 4706 szerint is végeztünk vizsgálatokat.

A kísérleti eredmények alapján megállapítottuk, hogy a különböző trasz-fajták mézigénye annyira eltérő, hogy a méz-trasz keverékek alkalmazásával a traszanyagok minősítése nem oldható meg. Megfelelő mennyiségű égetett gipsz alkalmazása esetén a különböző arányú keverékek 28 napos nyomószilárdságai között csak a szórási határon belüli eltérés észlelhető s így pl. a 42% őrlött égetett méz, 3% őrlött égetett gipsz és 55% trasz összetételű kötőanyagkeverékek vizsgálata alkalmas a traszanyagok egyértelmű minősítésére. Megállapítottuk továbbá, hogy az idősebb korban esetleg fellépő szilárdságvisszaesés szoros korrelációban van a traszhabarcsok zsugorodásával. A traszhabarcsok zsugorodása azonban nemcsak a méz : trasz keverési aránytól, a vízadagolás nagyságától és az utókezelés módjától függ, mint ahogy ezt az eddigi bel- és külföldi kutatások megállapították, hanem függ a trasz fajtájától is, s a zsugorodás mértéke megfelelő gipszadagolással csökkenthető. Vizsgálataink során észleltük továbbá a különböző traszfajták eltérő vízerzékenységét is, amelyből egy, az általános nézettől eltérő következtetést tehettünk. Az a véleményünk, hogy az azonos konzisztencia biztosításának a traszhabarcsok minősítése szempontjából nincs döntő jelentősége, mert akár az azonos vízmennyiséggel, tehát különböző konzisztenciával, akár az azonos konzisztenciával, tehát különböző vízmennyiséggel készített traszhabarcsok szilárdságát hasonlítjuk össze, azonos minőségi sorrendet kapunk. Ennél sokkal lényegesebb, hogy a plasztikus és földnedves konzisztenciájú traszhabarcsok szilárdságát egymáshoz viszonyítva állapítsuk meg, mert az így kapott viszonyszám mértékadó a trasz alkalmazhatóságának megállapításánál, ez a viszonyszám jellemzi a trasz minőségét betontechnológiai, tehát gyakorlati szempontból.

A közölt eredmények alapján az alábbi vizsgálati módszert javasoljuk a traszanyagok minősítésére :

Az MSZ 523—53 szerint 4×4×16 cm-es hasábokat kell készíteni az alábbi összetételű habarcsból (mennyiség 6 db-ra) :

42 súly % őrlött égetett méz (CaO tartalom 85—90%) .....	294 g
3 súly % őrlött égetett gipsz .....	21 g
55 súly % trasz .....	385 g

kötőanyag összesen .....	700 g
finom normálhomok (MSZ 523—53) .....	1000 g
durva normálhomok (MSZ 523—53) .....	800 g
1—5 mm-es dunai homok .....	800 g

és kétféle vízmennyiség :

- 15 cm területnek megfelelő vízmennyiség,
- 20 cm területnek megfelelő vízmennyiség.

A területet az MSZ 523—53 szerinti rázóasztalon kell mérni.

Tájékoztatásul közöljük, hogy 15 cm területnek megfelelő konzisztencia előállításához, traszfajtától függően, az alábbi vízmennyiségek alkalmazhatók :

- riolittufa esetén kb. 17% a száraz keverék súlyára vonatkoztatva ;
- bazalttufa esetén kb. 15% a száraz keverék súlyára vonatkoztatva ;
- andezittufa esetén kb. 13% a száraz keverék súlyára vonatkoztatva.

Mindkét vízmennyiséggel 6—6 db hasábot kell készíteni, amelyből 3—3 db-ot térfogatváltozás vizsgálatához szükséges mérőszegekkel is el kell látni (MSZ 523—53 6,5 pont). A kiszalasztást 1 napos korban végezzük, a hasábok hosszúságát 2 napos korban mérjük először. A próbatesteket törésig 18—20 C° hőmérsékletű, 95—98% relatív nedvességtartalmú térben kell tárolni. Szilárdságvizsgálat és térfogatváltozás vizsgálat az MSZ 523—53 szerint 7 és 28 napos korban. A traszanyagok minősítése a 15 cm területnek megfelelő 28 napos nyomószilárdság alapján történik :

- I. minőségű trasz: legalább 100 kg/cm<sup>2</sup>
- II. minőségű trasz: legalább 70 kg/cm<sup>2</sup>
- III. minőségű trasz: legalább 40 kg/cm<sup>2</sup>
- IV. minőségű trasz: legalább 25 kg/cm<sup>2</sup>

A trasz mézpuccolánként való felhasználása a szilárdsági eredmények figyelembevétele mellett azonban csak akkor engedélyezhető, ha a 15 cm területnek megfelelő vízmennyiséggel készült traszhabarcs zsugorodása a 0,6‰-et nem haladja meg. Azonkívül feltétlenül szükséges megállapítani, hogy a 20 cm területű traszhabarcs 28 napos nyomószilárdsága a 15 cm területű traszhabarcs 28 napos nyomószilárdságának hány százaléka. Ha ez az érték 70%, vagy annál nagyobb, akkor a trasz kevésbé vízerzékeny, ha 60—70%, a trasz közepesen vízerzékeny, ha 60%-nál kisebb, a trasz vízerzékeny. Ezek az adatok a trasz felhasználásánál figyelembe veendőek.

### 2.2 A hazai traszfajták minősítése

Az 1. táblázatban közöljük a 15 cm területű traszhabarcsoknak a 2.1 pontban leírt vizsgálati eljárással meghatározott szilárdsági eredményeit, a 2. táblázatban pedig ugyanezen traszhabarcsok térfogatváltozás vizsgálatának eredményeit. A 3. táblázatban a 42% méz, 3% gipsz, és 55% trasz összetételű, 20 cm területű habarcsoknak a 15 cm területű habarcsokhoz viszonyított szilárdságát adjuk meg százalékban kifejezve.



15 em terhelésű mész-gipsz-trasz keverékek szilárdságvizsgálati eredményei

1. táblázat

A trasz származási helye	Kor nap	Nyomószilárdság kg/cm <sup>2</sup>					Hajlítószilárdság kg/cm <sup>2</sup>				
		22—3—75	27—3—70	32—3—65	37—3—60	42—3—55	22—3—75	27—3—70	32—3—65	37—3—60	42—3—55
Bodrogkeresztúri I. bánya riolittufa	7	26		23	25		4	6	6		
	28	42		39	44		16	14	15		
	90	67		62	66		17	13	16		
	180	39		68	87		13	12	15		
Bodrogkeresztúri II. bánya riolittufa	7	20	20	18	17	20	8	8	7	6	9
	28	41	44	39	39	46	9	10	17	14	13
	90	37	41	69	78	58	12	14	25	19	16
	180	29	36	70	82	69	7	12	22	22	18
Bodrogkeresztúri V. bánya riolittufa	7	14	15	13	14	16	6	5	4	4	7
	28	36	38	35	34	39	9	10	9	12	13
	90	32	37	58	64	52	7	9	21	20	14
	180	21	31	64	73	59	5	8	18	22	17
Sátoraljaújhelyi riolittufa	7	45		44	44	46	19		15	17	18
	28	94		93	96	98	20		26	28	26
	90	90		100	130	135	16		22	31	28
	180	63		80	138	148	13		16	29	31
Hejőcsabai riolittufa	7	19		19		18	8		7		7
	28	33		32		36	13		14		15
	90	36		50		55	12		14		14
	180	28		48		59	6		13		12
Andornaktállya riolittufa	7	25	21	24	28	29	9	10	9	11	9
	28	58	54	56	50	51	14	16	17	15	14
	90	64	63	70	68	91	13	14	18	18	22
	180	55	58	65	77	98	11	12	17	19	24
Ond riolittufa	7		58	51	58	52		21	22	19	19
	28		106	104	108	100		30	30	28	31
	90		134	151	152	148		32	35	36	34
	180		121	119	132	124		21	23	24	27
Rátka riolittufa	7	20	21	24	24	24	7	7	7	7	9
	28	33	37	38	38	39	9	9	12	13	12
	90	27	32	36	36	42	9	10	11	12	12
	180	19	26	38	41	45	7	10	12	14	14
Gyöngyös andezittufa	7	23		19	21		7		7	6	
	28	37		35	34		14		14	13	
	90	38		54	51		10		15	15	
	180	29		50	63		8		13	18	
Szentendre (Dömörkapu) andezittufa	7		12	14	13	13		4	4	5	4
	28		26	27	29	28		10	9	9	9
	90		31	55	57	59		12	17	18	16
	180		38	68	76	74		11	23	24	25
Nógrádverőce andezittufa	7	24	24	22	23	22	7	6	7	8	7
	28	36	33	34	37	37	9	10	12	12	13
	90	37	38	33	45	47	12	12	14	14	15
	180	28	29	44	48	48	10	11	14	16	16
Tar andezittufa	7	55	60	62	61	64	17	18	22	20	20
	28	88	95	105	92	108	24	26	28	26	27
	90	76	80	125	126	135	20	18	24	25	32
	180										
Sághegy bazalttufa	7	28		23	21		9		8	8	
	28	38		40	36		13		12	12	
	90	43		58	65		12		14	17	
	180	41		71	73		10		16	19	
Uzsabánya barna bazalttufa	7	24	26	23	21	26	9	8	8	8	9
	28	46	47	42	44	42	11	13	11	10	12
	90	37	48	70	74	65	10	13	15	16	17
	180	31	39	80	82	78	9	11	18	19	18
Uzsabánya szürke bazalttufa	7			14	15				5	7	
	28			29	30				12	14	
	90			41	48				12	15	
	180			42	56				11	17	



2. táblázat

15 cm területű mész-gipsz-trasz keverékek térfogatváltozás vizsgálati eredményei [0,1 mm/m]

A trasz származási helye	A próbatest kora nap	A traszhabarcsok összetétele				
		22—3—75	27—3—70	32—3—65	37—3—60	42—3—55
Ond riolittufa	7	-10,33	- 8,60	- 7,70	- 7,58	- 6,80
	28	-14,26	-12,40	- 9,11	- 9,42	- 7,76
	180	-15,63	-12,92	-11,02	-10,20	- 9,06
Hejőcsaba, riolittufa	7	-12,40		- 9,01		- 7,14
	28	-13,38		- 9,98		- 8,36
	180	-14,16		-11,04		-10,48
Tar, andezittufa	7	-13,50	-11,88	- 7,28	- 5,36	- 5,71
	28	-15,54	-12,37	- 9,42	- 9,40	- 6,86
	180	-15,96	-13,05	-11,85	-10,67	- 7,10
Rátka, riolittufa	7	- 5,63	- 4,59	- 5,38	- 4,56	- 3,04
	28	- 9,61	- 7,77	- 6,84	- 6,75	- 6,13
	180	-10,02	- 8,82	- 7,62	- 7,25	- 5,66
Bodrogkeresztúr, I. bányai riolittufa	7	- 9,62			- 6,96	- 4,75
	28	-10,34			- 7,44	- 5,83
	180	-12,66			- 7,88	- 6,41
Sátoraljaújhely, riolittufa	7					
	28	- 9,27	- 7,96	- 6,71	- 5,56	- 3,96
	180	-13,39	- 8,94	- 7,96	- 5,97	- 5,19
Andornaktálya, riolittufa	7	- 6,93	- 6,44	- 4,53	- 4,14	- 3,22
	28	- 8,40	- 7,49	- 6,32	- 5,57	- 4,49
	180	- 9,58	- 9,62	- 7,87	- 6,23	- 4,76
Nógrádverőce, andezittufa	7	- 7,58	- 4,58	- 2,92	- 2,14	- 1,73
	28	- 9,53	- 7,16	- 5,62	- 4,08	- 3,83
	180	- 9,48	- 8,42	- 8,22	- 5,25	- 4,69
Sághegy, bazalttufa	7	- 8,79		- 5,42		- 2,32
	28	- 9,67		- 5,94		- 3,04
	180	-10,08		- 7,33		- 3,53
Szentendre (Dömörkapu) andezittufa	7	- 6,72	- 5,37	- 4,81		- 2,14
	28	- 8,45	- 5,98	- 5,20		- 2,81
	180	- 9,56	- 6,44	- 5,43		- 3,22

3. táblázat

A 15 és 20 cm területű habarcsok 28 napos szilárdságának viszonyzamai

A traszfajta megnevezése	A 20 cm területű habarcs szilárdsága, a 15 cm területű habarcs szilárdságának %-ában
Gyöngyös, andezittufa	79
Szentendre, andezittufa	78
Tar, andezittufa	75
Rátka, riolittufa	74
Sátoraljaújhely, riolittufa	74
Nógrádverőce, andezittufa	72
Sághegy, bazalttufa	68
Hejőcsaba, riolittufa	66
Bodrogkeresztúr, I. bányai, riolittufa	66
Bodrogkeresztúr, II. bányai, riolittufa	64
Bodrogkeresztúr, V. bányai, riolittufa	63
Ond, riolittufa	60
Uzsabánya, szürke bazalttufa	58
Uzsabánya, barna bazalttufa	56
Andornaktálya, riolittufa	52

2.3 Traszanyagok minősítése portlandcementhez való adagolás esetén

A rendelkezésünkre álló traszanyagok egy részénél megvizsgáltuk a tatai 600-as portlandcementhez való adagolás lehetőségét. Bár a traszadagolás tatai 600-as cementhez a gyakorlatban nem képzelhető el, e cementfajtának minősége a legállandóbb s ezért alkalmaztuk kísérleteinkhez. A vizsgálatokat a 2.2 pontban közöltek szerint végeztük azzal a különbséggel, hogy a kötőanyag trasz és 600-as tatai portlandcement különböző arányú keveréke volt. Az 5. táblázatban a szilárdságvizsgálat eredményeit közöljük. Megjegyezzük, hogy mivel a kísérleteket különböző időpontokban végeztük, a felhasznált tatai 600-as portlandcement különböző ideig volt tárolva s így szilárdsága nem volt teljesen egyenletes. Éppen ezért, a könnyebb összehasonlíthatóság kedvéért, a táblázatban nem a tényleges szilárdsági eredményeket közöljük, hanem a tisztán tatai 600-as portlandcementtel készült habarcspróbatestek 28 napos szilárdságához viszonyított százalékos értékeket.

Ha az 5. táblázat adatait összehasonlítjuk az 1. táblázat adataival, vagy a 2.2 pont szerinti értékeléssel, azonnal megállapíthatjuk, hogy a trasz mézpuccolánként történő alkalmazására vonatkozó, általunk javasolt minősítő vizsgálat nem alkalmas a trasz portlandcementhez való adagolásának meghatározására is. Pl. a sátoraljaújhelyi

Az 1—3. táblázatokban közölt adatok szerint az általunk vizsgált traszokat a 4. táblázatban közöltek szerint lehet csoportosítani:



4. táblázat

Vizgált traszok minősítése mészpuccolánként való felhasználhatóságuk szempontjából

Megnevezés	Szilárdsági oszt.	Térfogat változás	Vízérzékenység	Minősítés
Tar, andezittufa .....	I.	Nagy	Nem vízérzékeny	Mészpuccolánként nem alkalmazható
Ond, riolittufa .....	I.	Nagy	Közepesen vízérzékeny	Mészpuccolánként nem alkalmazható
Sátoraljaújhely, riolittufa ...	II.	Kiesi	Nem vízérzékeny	Mészpuccolánként jól alkalmazható
Andornaktállya, riolittufa ..	III.	Kiesi	Vízérzékeny	Mészpuccolánként alkalmazható
Bodrogkeresztúr, II. bánya, riolittufa .....	III.	Kiesi	Közepesen vízérzékeny	Mészpuccolánként alkalmazható
Bodrogkeresztúr, I. bánya, riolittufa .....	III.	Kiesi	Közepesen vízérzékeny	Mészpuccolánként alkalmazható
Uzsabánya, barna színű bazalttufa .....	III.	Kiesi	Vízérzékeny	Mészpuccolánként alkalmazható
Bodrogkeresztúr, V. bánya, riolittufa .....	IV.	Kiesi	Közepesen vízérzékeny	Mészpuccolánként alkalmazható
Rátka, riolittufa .....	IV.	Nagy	Nem vízérzékeny	Mészpuccolánként nem alkalmazható
Nógrádverőce, andezittufa ..	IV.	Kiesi	Nem vízérzékeny	Mészpuccolánként jól alkalmazható
Sághegy, bazalttufa .....	IV.	Kiesi	Nem vízérzékeny	Mészpuccolánként jól alkalmazható
Hejőcsaba, riolittufa .....	IV.	Nagy	Közepesen vízérzékeny	Mészpuccolánként nem alkalmazható
Gyöngyös, andezittufa .....	IV.	Kiesi	Nem vízérzékeny	Mészpuccolánként jól alkalmazható
Szentendre, andezittufa .....	IV.	Kiesi	Nem vízérzékeny	Mészpuccolánként jól alkalmazható
Uzsabánya, szürke bazalttufa	IV.	Kiesi	Vízérzékeny	Mészpuccolánként alkalmazható

5. táblázat

Trasz-cement keverékek szilárdságvizsgálati eredményei — A tiszta cementhabares 28 napos szilárdságához (=100) viszonyított százalékos értékek

A trasz származási helye	Kor, nap	Nyomószilárdság a 28 napos tatai 600-as cementhabareshasáb szilárdságának %-ában										
		100—0	95—5	90—10	80—20	70—30	60—40	50—50	40—60	30—70	20—80	10—90
Ond riolittufa	7	79,2	80,5	79,2	71,1	61,3	52,6	51,6	46,3	36,9	23,1	8,7
	28	100,0	103,7	102,8	102,8	81,4	78,5	83,8	72,1	49,0	28,2	11,2
	90	133,2	144,8	147,5	132,8	118,2	111,9	108,6	90,4	61,1	31,1	7,6
	180	136,4	146,5	149,4	135,9	119,4	112,6	107,0	78,4	31,7	17,1	4,5
Nógrádverőce andezittufa	7	80,1	70,4	66,0	52,4	41,6	35,6	29,7	25,8	16,2	12,2	7,9
	28	100,0	82,9	81,2	69,6	54,3	46,6	35,0	30,5	18,4	10,1	4,7
	90	124,0	97,4	91,8	70,3	51,9	48,2	37,8	32,2	19,2	10,6	5,7
	180	132,0	101,0	94,6	71,6	59,9	53,3	39,2	33,0	22,2	10,9	5,3
Rátka riolittufa	7	85,0	77,0	67,9	59,3	49,1	37,1	33,6	27,6	24,4	18,8	10,5
	28	100,0	91,7	87,2	75,3	57,1	45,5	40,0	28,4	26,1	20,3	9,2
	90	127,2	98,9	89,7	78,0	58,1	49,9	38,8	29,0	25,1	16,7	7,1
	180	133,4	103,5	92,1	79,2	69,3	55,4	41,9	28,7	21,5	14,8	7,0
Tar andezittufa	7	83,1	85,0	74,1	70,1	65,1	54,5	48,1	40,2	41,4	30,5	14,0
	28	100,0	100,3	91,6	87,2	72,1	65,8	65,7	47,1	53,4	35,6	13,9
	90	119,5	105,4	96,6	94,6	81,2	73,4	67,9	50,4	52,1	31,1	9,7
	180	124,2										
Sátoraljaújhely, riolittufa	7	74,5	69,2	66,2	58,4			37,4				
	28	100,0	96,5	88,0	80,6			46,9				
	90	122,6	103,2	96,3	85,8			48,8				
	180	131,4	108,8	98,6	92,3			54,2				

és a rátkai trasz között az 1. táblázat szerint lényeges minőségi differencia van, ezzel szemben az 5. táblázat szerint tatai 600-as portlandcementtel összekeverve a két trasz között gyakorlatilag nincs különbség. Ez az eredmény egyébként megegyezik Gáspár Géza 1957. évi, az EM Építésfejlesztési Főosztály részére végzett traszkiérleteivel, ahol nem állandó v/c-vel, hanem azonos kon-

zisztenciával dolgozott. A tati és ondi traszok minősége az 1. táblázat szerint egyforma, ugyanakkor tatai 600-as cementtel összekeverve igen különböző a szilárdságuk. Ezek az adatok tehát bizonyítják Bereczky professzornak az Építőanyagipari Kutatók III. Konferenciáján közölt megállapítását, amely szerint a trasz és a cementklinker anyagszerkezeti összhangja elengedhetet-



len a jó traszportlandcement előállításához s bizonyítja, hogy a trasz cementpótlékként való felhasználása esetén más vizsgálati módszerrel minősítendő, mint mészpuccolánként való alkalmazás esetén. Itt jegyezzük meg, hogy Gáspár Géza már 1936. évben megállapította vizzáró beton kísérletei során (4), hogy az időben egyedül rendelkezésre álló selypi trasz lábatlani 500-as portlandcementtel keverve kifogástalanul jó minőségű vizzáró kötőanyagot ad, míg más származású akkori portlandcementekkel a selypi trasz rosszabbnak mutatkozott, tehát a trasz cementkiegészítőanyagként való alkalmazásának eldöntésére a traszt nem mésszel, hanem cementtel kell keverni.

Véleményünk szerint a trasz cementpótlékként való alkalmazását egyelőre úgy kell megállapítani, hogy *adott* traszanyag és *adott* cement különböző arányú keverékéből azonos konzisztenciával készített próbatestek szilárdságát megvizsgáljuk. E vizsgálat alapján természetesen csak arra kapunk feleletet, hogy az adott trasz az adott cementtel keverhető-e, vagy nem és semmilyen más következtetésre nem alkalmas. A trasz cementpótlékként történő alkalmazásának megállapításához szükséges minősítő vizsgálatokat csak további kísérletek alapján lehet kidolgozni.

#### 2.4 Traszanyagok gyakorlati felhasználása mészpuccolánként

A 2.2 pontban közölt, a traszanyagok mészpuccolánként való alkalmazásának minősítésére vonatkozó adatok szerint már eddigi vizsgálataink alapján is több hazai tufalelőhely anyaga alkalmas kisebb szilárdságú betonok, illetve javított habarcsok készítésére. A továbbiakban a mészpuccolánbeton, illetve mészpuccolán habarcs előállítására vonatkozó vizsgálataink eredményeit közöljük. E vizsgálatainkat részben  $4 \times 4 \times 16$

cm-es hasábokkal, részben 20 cm élhosszúságú kockákkal végeztük. Helyszűke miatt vizsgálataink részletes adatait csak részben közölhetjük, az eredmények alapján levonható következtetéseinket azonban közreadjuk.

A mészpuccolán összetétele akkor a legkedvezőbb, ha azt az általunk javasolt minősítő vizsgálatnál felhasznált kötőanyag összetételének megfelelően állítjuk elő. Ez a keverék 42% őrlött égetett meszet, 3% gipszet és 55% traszt tartalmazott. Azért célszerű e kötőanyagösszetétel alkalmazása, mert ennek a legkisebb a zsugorodása. Őrlött égetett mesz helyett méshidrárt is alkalmazható, azonban ennek vízigénye nagyobb, így a méshidráttal készült mészpuccolán szilárdsága 5—20%-kal kisebb, zsugorodása pedig 5—10%-kal nagyobb, mint az őrlött égetett mésszel készülté. A szilárdulás és zsugorodás jellege egyébként azonos. A méshidráttal készült mészpuccolán összetétele azonos legyen az őrlött égetett mésszel készült mészpuccolán összetételével. A mészpuccolánál készült beton alacsony hőmérsékletre érzékeny, ezt a tárolásnál is figyelembe kell venni.

A mészpuccolánál készült beton utókezelésénél még nagyobb gondosság szükséges, mint a kavicsbetonok utókezelésénél. Legalább hét napig bőséges vízzel kell locsolni az elkészült betont s amennyiben lehetséges, továbbra is célszerű nedvesen tartani. Vizsgálatainknál egyébként azonos összetételű hasábokat különböző módon utókezelünk. Eredményeink közül példaképpen közöljük egy, a zsugorodás, vagyis az idősebb korban bekövetkező szilárdságviisszaesés szempontjából kedvezőtlen összetételű mészpuccolán vizsgálati eredményeit a 6. táblázatban. A kötőanyag összetétele: 17% őrlött égetett mesz, 3% gipsz, 80% sátoraljaújhelyi trasz. A próbatesteket a 2.2 pontban közölték szerint készítettük.

6. táblázat

Kedvezőtlen összetételű, különböző tárolású sátoraljaújhelyi traszhabarcsok szilárdságvizsgálatának eredményei

Az utókezelés módja	Nyomószilárdság kg/cm <sup>2</sup>				Hajlítószilárdság kg/cm <sup>2</sup>			
	7 nap	28 nap	3 hó	6 hó	7 nap	28 nap	3 hó	6 hó
Szobalevegőn törésig .....	34	21	20	15	8	5	5	4
Nedves térben törésig .....	54	66	31	20	14	13	7	4
21 napig szobalevegőn, azután törésig víz alatt .....	37	39	32	27	8	11	10	6
7 napig nedvestérben, azután törésig víz alatt .....	57	76	70	56	25	32	35	21

A 6. táblázat alapján először is azt állapíthatjuk meg, hogy az utókezelés módja rendkívül fontos a mészpuccolán zsugorodásának szempontjából. Ha a próbatesteket a készítéstől számított 21 nap után helyezzük víz alá, a nedvesen tartás még ebben az esetben is nagy hatással van a szilárdulásra. A legkedvezőbb szilárdsági eredményeket a törésig víz alatt tartott próbatesteken észlelhetjük. Másodszer az állapítható meg, hogy ellentétben különböző irodalmi adatokkal (8, 11) a kedvezőtlen összetételű mészpuccolán szilárdságcsökkenése nem akadályozható meg még az állandó nedvesentartással sem, legfeljebb mértéke csökkenthető. Ebből pedig levonható az a következte-

tés, hogy a szilárdságviisszaesés oka nemesak a Ca(OH)<sub>2</sub> karbonizálódásában keresendő, hanem a trasz fajtájától, s a mészpuccolán összetételétől függ. Ezt a következtetésünket egyébként alátámasztják az 1. táblázat adatai is, amelyben azonos összetételű s azonos módon utókezelt próbatestek törési eredményei találhatók s az eredmények szerint egyes traszféleségeknél semmilyen szilárdságcsökkenés nem tapasztalható, míg egyes traszféleségek szilárdsága minden összetételben csökkenést mutat.

A mészpuccolánhabarcsok, illetve betonok szilárdulásának gyorsítására irodalmi adatok szerint (9,10) kedvező hatású a gőzölés, illetve auto-



klávkezelés. Kísérleteink eredményei közül a 7. táblázatban a kedvező összetételű sátoraljaújhelyi és sághegyi traszhabarcsok gőzöléssel és autoklávkezeléssel szilárdított próbatesteinek vizsgálatait közöljük. A sátoraljaújhelyi mészpuccolán összetétele: 32% őrlött égetett mész, 3% gipsz, 65% trasz; a sághegyi mészpuccolán összetétele: 42% őrlött égetett mész, 3% gipsz és 55% trasz, illetve 45% őrlött égetett mész és 55% trasz. Készítési víz a száraz keverék súlyára számított 12% vízmenyiség. A gőzölés menete:

2 óra pihentetés  
2 óra felfűtés 80 C°-ra  
8 óra gőzölés 80 C°-on  
2 óra lehűtés.

Az autoklávkezelés menete:

2 óra pihentetés  
4 óra felfűtés 176 C°-ra (8 atü)  
8 óra autoklávkezelés  
2 óra lehűtés.

A próbatesteket a 2.2 pontban közölt összetételben és módon készítettük.

7. táblázat

Szobahőmérsékleten szilárdult, gőzölt és autoklávzott traszhabarcsok szilárdságvizsgálatának eredményei

Megnevezés	Utókezelés	Nyomószilárdság kg/cm <sup>2</sup>							Hajlítószilárdság kg/cm <sup>2</sup>						
		1 nap	3 nap	7 nap	1 hó	3 hó	6 hó	1 év	1 nap	3 nap	7 nap	1 hó	3 hó	6 hó	1 év
Sátoraljaújhely	Normális	—	—	58	126	167	179	—	—	—	21	32	36	40	—
	Gőzölés	131	137	154	162	194	177	142	38	34	31	32	44	41	32
	Autokláv	370	421	442	407	395	439	391	75	88	85	88	77	71	51
Sághegy, mész-gipsz-trasz	Normális	—	—	27	48	85	94	—	—	—	10	16	21	25	—
	Gőzölés	14	20	33	59	43	40	44	5	7	10	23	17	12	16
	Autokláv	325	328	357	301	378	371	324	72	73	76	78	75	72	60
Sághegy, mész-trasz	Normális	—	—	25	38	90	95	—	—	—	8	13	19	22	—
	Gőzölés	39	40	45	70	71	83	83	10	10	11	15	18	19	22
	Autokláv	224	219	212	225	206	218	208	48	56	52	—	—	—	35

A 7. táblázat adatai alapján mindenképp az állapítható meg, hogy nem lehet általában hatásosnak tekinteni a gőzölést, illetve autoklávoltat. Kétségtelen, hogy a hőérlelés a kezdeti szilárdságokat növeli, azonban a mész-trasz összetételű sághegyi mészpuccolán gőzölt próbatesteinek kivételével idősebb korban — különösen a hajlítószilárdságoknál — jelentős szilárdságviszsaesés lép fel. Ugyanakkor a sághegyi mész-gipsz-trasz összetételű mészpuccolán autoklávoltatás tekintetében sokkal kedvezőbben, gőzölés tekintetében viszont sokkal kedvezőtlenebbnél viselkedik, mint az azonos módon készített mész-trasz összetételű mészpuccolán. Ezek az eltérő eredmények arra figyelmeztetnek, hogy a mészpuccolánok hőérlelésének kérdését nem lehet lezártnak tekinteni, nem lehet általánosságban kimondani a mész-

puccolánok hőérlelésének kedvező voltát, hanem ezen a téren még további részletes vizsgálatok szükségesek. Mindenesetre érdemesnek tartjuk megjegyezni, hogy a kisebb zsugorodású sághegyi mészpuccolánál a szilárdságviszsaesések jóval kisebb mértékűek, mint a nagyobb zsugorodású sátoraljaújhelyi mészpuccolánál.

Irodalmi adatok szerint (1, 3, 12) a traszanyagok magas hőfokon (3—700 C°) való égetése a szilárdságra kedvező befolyással van. Néhány kísérletet mi is végeztünk a traszanyagok égetéssel való aktivizálásának vizsgálatára. Kísérleteinknél 700 C°-on, 3 órán át hevítettük a traszanyagokat, majd az égetőtérből kivéve hirtelen lehűtöttük. Eredményeink közül a 8. táblázatban az égetett sátoraljaújhelyi trasszal végzett vizsgálatainkat közöljük.

8. táblázat

Égetett sátoraljaújhelyi trasszal készített mészpuccolánhabarcs szilárdságvizsgálatának eredményei

Az utókezelés módja:	Nyomószilárdság kg/cm <sup>2</sup>				Hajlítószilárdság kg/cm <sup>2</sup>			
	7 nap	28 nap	3 hó	6 hó	7 nap	28 nap	3 hó	6 hó
Szobalevegőn törésig .....	37	26	22	20	13	9	9	7
Nedves térben törésig .....	77	78	48	34	16	17	10	10
21 napig szobalevegőn, azután törésig víz alatt .....	42	58	54	45	13	19	23	17
7 napig nedves térben, azután törésig víz alatt .....	73	101	104	107	34	40	44	38

A 8. táblázatban található eredményeket a 6. táblázat eredményeivel lehet összehasonlítani, mivel a próbatestek összetétele, készítése stb. azonos volt. Tudatában vagyunk annak, hogy kísérleteink az égetés tekintetében nem mondhá-

tók teljesnek, hiszen az égetés hatásossága szorosan összefügg az égetés módjával, a hevítés hőfokával, s mindenképp a lehűtés módjával és gyorsaságával, viszont e részletes kísérletek eredményeiből is levonható egy figyelemre méltó követ-



keztetés. A 6. és 8. táblázat összevetéséből ugyanis nemcsak az állapítható meg, hogy az égetés a szilárdságot növeli, hanem az is, hogy kedvező hatású idősebb korban is a szilárdulásra, még kedvezőtlen összetétel esetén is csökken a szilárdságvisszaesés, vagyis az égetés a trasz zsugorodását is csökkenti. Érdemes tehát a traszanyagok égetésével behatóbban foglalkozni, hiszen az égetés rövid időtartamával kevésbé energiaigényes műveletet jelent. Ezt a kérdést egyébként érdemesnek tartanánk alaposabban megvizsgálni. Az eddig ismert adatok alapján egy további, általános észrevétel tehetünk. A traszanyagokkal kapcsolatos kutatásoknál igen ritkán fordul elő olyan vizsgálat, amely többfajta mészpuccolánféleség szilárdságát hosszabb időn keresztül figyelemmel kísérte volna. Ennek lehet az a következménye, hogy pl. a traszanyagok idősebb korban bekövetkező szilárdságcsökkenése és a zsugorodás mértéke közti összefüggésre nem lehet adatot találni az irodalomban. Ez arra figyelmeztet bennünket, hogy új kötőanyagok, új eljárások kidolgozásánál, vagy bevezetésénél feltétlenül hosszabb időn keresztül figyeljük a szilárdulás jellegét, különben nem ismerjük meg eléggé az anyag gyakorlati szempontból fontos tulajdonságait (lásd bauxit-cement példáját).

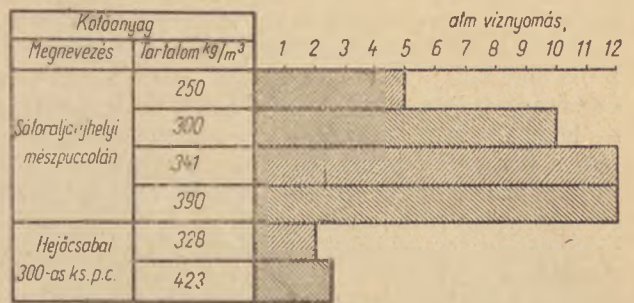
A traszanyagok felhasználásával kapcsolatban végeztem egy-két betonvizsgálati eredményt ismertetőnk. Kézenfekvő, hogy a mészpuccolánokat a kisebb értékű cementekkel hasonlítsuk össze, ezért betonvizsgálatainknál a sátoraljaújhelyi mészpuccolánnal és a hejőcsabai 300-as cementtel készítettünk próbatesteket. Mivel a mészpuccolán főleg vízalatti, illetve vízzáró betonok készítésénél jöhet számításba, ezért a szilárdságvizsgálatokon kívül vízzáróságvizsgálatot is végeztünk. A szilárdságvizsgálatok eredményeit a 9. táblázatban, a vízzáróságvizsgálat eredményeit az 1. ábrán közöljük.

9. táblázat

Sátoraljaújhelyi mészpuccolánnal és hejőcsabai 300-as kohósalakportlandcementtel készített betonok szilárdságvizsgálatának eredményei

Kötőanyag	Kötőanyag-tart. kg/m <sup>3</sup>	Adalékanyag min. oszt.	Nyomószilárdság kg/cm <sup>2</sup>		
			7 nap	28 nap	90 nap
Sátoralja- újhelyi mészpuccolán	147	III.	7	19	—
	202	III.	17	52	80
	251	III.	19	54	—
37% őrölt ég.	294	III.	37	73	104
	354	III.	53	111	—
mész	394	III.	70	137	—
3% gipsz	304	II.	54	147	—
60% trasz	390	II.	69	163	—
Hejőcsabai 300-as kohó- salakport- landcement	206	III.	16	38	78
	300	III.	21	59	126
	408	III.	54	120	—
	328	II.	61	127	—
	423	II.	87	176	—

A 9. táblázat és az 1. ábra alapján megállapítható, hogy a sátoraljaújhelyi trasszal készült mészpuccolán-beton szilárdság szempontjából egyen-



1. ábra. Sátoraljaújhelyi mészpuccolánnal és hejőcsabai 300-as kohósalakportlandcementtel készített betonok vízzáróságvizsgálatának eredményei

értékű a hejőcsabai 300-as kohósalakportlandcement-betonnal, míg vízzáróság szempontjából azt messze felülmúlja. Ezek az eredmények pedig arra hívják fel a figyelmet, hogy vízzel érintkező és vízzáró betonkészítésnél a traszanyagok alkalmazása megfelelő és igen gazdaságos.

### 3. Zúzott tufaadalék felhasználása könnyűbetonadalékanyagként

A falazóanyagszükséglet növekedésével a téglagyártó ipar nem tud lépést tartani, ezért új falazóanyagok készítését kell bevezetni. A tufakőzetből robbantással, majd további aprítással olyan szemnagyságú betonadalékanyagot lehet előállítani, amelyből üreges tufabeton falazóblokkok készíthetők. A falazóblokkgyártás gazdaságos, hazánkban azonban ez ideig csak kazánsalak felhasználásával készítették kézi falazóblokkokat. Hazai barnaszénsalakjaink azonban — kevés kivételtől eltekintve — a betonra káros alkotórészeket is tartalmaznak, így érthető, hogy a salakok helyett más anyagok felhasználása került előtérbe. A tufa betonadalékként való alkalmazására az ÉTI első ízben 1949. évben végzett kísérleteket (13), akkori javaslatainkat azonban az ipar nem vette figyelembe.

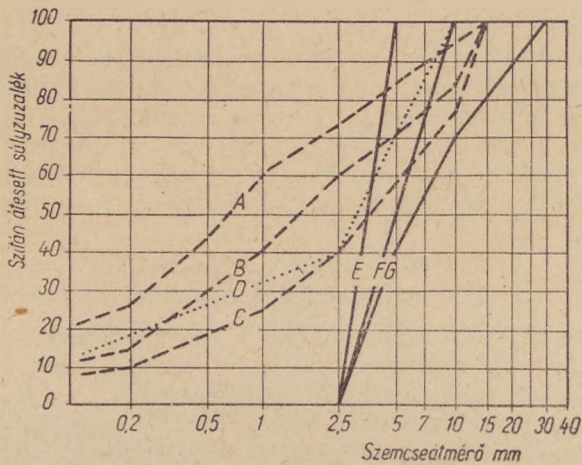
A tufabetonblokkok készítési technológiáját 1956—57. években dolgoztuk ki az ÉM Beton-elemgyártó Igazgatóságnak utasítására. Bodrogkeresztúri, nógrádverőcei, andornaktállyai, és tati tufákkal végzett terjedelmes kísérleti munkánk eredményeiből helyszűke miatt csak néhány adatot közölhetünk.

A tufa betonblokkadalékként való alkalmazásánál az anyagot max 15 mm szemnagyságra kell aprítani. Az aprítást vagy pofás-, vagy kalapácsos törőn célszerű végezni, mindkét törőnél előtörést kell azonban alkalmazni, mert a berendezésekbe rakható anyag max szemnagysága kb. 50 mm. A tufa bányanedves állapotban kerül az aprítóberendezésekbe, azonban kivételes esetekben (pl. tartós esőzés hatására átázott anyagnál) nagyobb nedvességtartalmú tufa törésével is számolni kell. A vizsgált anyagok közül a bodrogkeresztúri tufában kaolinos zárványok igen nagy számban találhatóak s emiatt nagyobb (20% feletti) nedvességtartalomnál az anyag a törő-



gépbe beragad. A többi tufafeleségnél még a vízzel való teljes telítés esetén sem tapasztaltunk beragadást. A bodrogkeresztúri tufánál tehát már a törésnél kellő gondossággal kell eljárni; a tartós esőzésnek kitett s így átázott tufát csak részbeni — lehetőleg zárt térben való — szárítás után szabad a törőgépbe tenni. Ha viszont a kifejtett kőanyag száraz időben csak napok múlva kerül törésre, célszerű az anyagot törés előtt kissé megnedvesíteni, hogy a nagymértékű porképződést elkerüljük.

Kísérleteink alkalmával a tufát pofástörőgépen aprítottuk s részben az aprított anyagot alkalmaztuk rostálás nélkül, részben rostálással állítottunk elő különböző szemszerkezeteket. A



2. ábra. Tufaadalékanyagok szemszerkezeti görbéi

szemszerkezeti görbéket a 2. ábrán közöljük. E szemszerkezetekkel 200 kg/m<sup>3</sup> tatai 500-as portlandcement adagolással, a későbbiekben részletezett víztelítési eljárással 20 cm élhosszúságú próbatesteket készítettünk, amelyek szilárdságvizsgálati eredményeit a 10. táblázatban közöljük.

10. táblázat

Különböző szemszerkezetű tufabetonok  
kockaszilárdsága

Szemszerkezet jele	Térfogatsúly kg/m <sup>3</sup>			Nyomószilárdság kg/cm <sup>2</sup>	
	készítéskor	7 nap	28 nap	7 nap	28 nap
A	1650	1580	1480	18	53
B	1660	1590	1500	40	79
C	1600	1520	1470	48	83
D	1558		1433	32	79
E	1392		1288	42	76
F	1297		1222	37	59
G	1468		1368	48	67

A 10. táblázat adataiból azt lehet megállapítani, hogy a vizsgált szemszerkezetek között — a túlságosan sok finomrészt tartalmazó A jelű szemszerkezeten kívül — betonszilárdság szempontjából gyakorlatilag nincs számottevő különbség. Éppen ezért az adalék szemszerkezetét a vékonyfalú blokkba való bedolgozhatóság, tömöríthetőség és bedolgozás utáni azonnali kiformázhatóság követelménye szabja meg. Laboratóriumi és üzemi

vizsgálataink szerint e szempontokból az az adalékanyag megfelelő, amelynek 0—1 mm-es finomrésztartalma 25—40% között van. Ha a tufát megfelelő pofástörő, vagy kalapácsos-törő berendezésen max 15 mm szemnagyságúra aprítjuk, ez a feltétel teljesül s így a megtört anyag további osztályozás nélkül is alkalmazható.

A tufabeton készítésénél legnagyobb nehézséget a megfelelő vízadagolás biztosítása jelentette. A 0—15 mm szemnagyságú tufaadalék vízfelvevétele 30—32 súly-%, vagyis az anyag rendkívül nedvszívó. Magától értetődő tehát, hogy a tufaadalékhoz annyi vizet adjunk, hogy azzal a tufát teljesen telítsük, s annyi felületi nedvesség is maradjon, amely a cement hidratációjához elegendő. Külföldi adatok (14, 15) és saját kísérleteink eredményei alapján legmegfelelőbb eljárásnak azt találtuk, hogy a tufaadaléket előzetesen vízzel telítettük, majd további vízadagolás nélkül adtuk hozzá a cementet. A betont kényszerkeverőben kevertük meg, a keverési idő kb. 3 perc. A vízzel való telítés a legmegfelelőbb módszer, mert a vízmennyiség állandóságát bonyolultabb berendezések nélkül is biztosítja. Laboratóriumi méretekben a víztelítés egyszerűen megoldható, azonban a Tatabányai 3. sz. Betonelemgyárban végzett üzemi kísérletek során sok nehézséggel kellett emiatt megbirkózni. Legnagyobb problémát az okozta, hogy a tufa a vízbeáztatás során fellazult s a felszívott vízmennyiségen kívül nagy mennyiségű szeglet-, rétegvíz és vízfízet tartott vissza, amelyet csak hosszadalmas munkával lehetett eltávolítani. Ha a tufa fellazulását megakadályoztuk, a víztelítés megfelelővé vált, vagyis ezt a kérdést az üzemen is sikerült megoldanunk. A 3. és 4. ábrán a túlságosan sok vízzel készült, a nem megfelelő (keves finom részt tartalmazó) durva szemszerkezetű és a megfelelő összetételű és készítésű tufabetonblokkok láthatók. Az ábrák szerint a durva szemszerkezetű adalékkal készült betonblokknál az átmenő hézagok egyoldali lezárása, sem biztosítható, holott erre a falazóhabarcs felhordásánál feltétlenül szükség van.

A tufabetonkeveréket a kényszerkeverőgépéből célszerű azonnal bedolgozni, hogy az esetleges száradás során a bedolgozhatóság ne romoljék. A bedolgozásra nagy frekvenciájú, kis amplitúdójú vibrációkat kell alkalmazni (16). A legkedvezőbb körülmények között bedolgozható tufabeton konzisztenciája enyhén plasztikus, ezt a konzisztenciát a vízzel telített tufa alkalmazásával biztosíthatjuk. A tufabeton szilárdsága összefüggésben áll térfogatsúlyával, ezért a beton készítési térfogatsúlya legalább 1550 kg/m<sup>3</sup> legyen. Ha a beton készítési térfogatsúlya 1550 kg/m<sup>3</sup>-nél kisebb, a fenti összetétellel nem biztosítható a megkívánt 40 kg/cm<sup>2</sup> blokkzilárdság.

Az elkészült blokkokat lehet szabad levegőn tárolni és hét napig nedvesen tartani, vagy lehet hőérlelésnek alávetni.

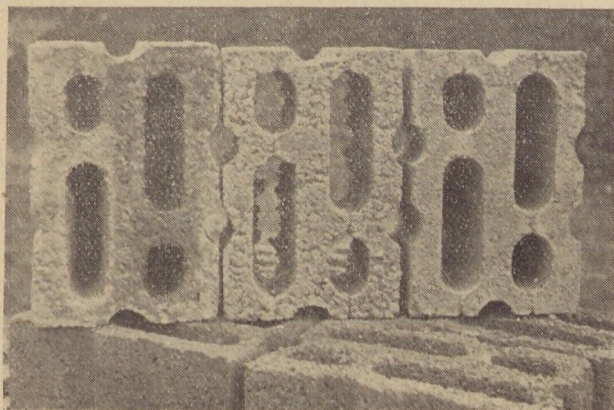
Laboratóriumi kísérleteink során 200 kg/m<sup>3</sup> tatai 500-as portlandcement adagolással, vízzel telített tufából 20 cm élhosszúságú próbatesteket készítettünk, amelyeket az 5. ábra szerinti hőérlelési eljárással kezeltünk. Ugyancsak az 5. ábrán



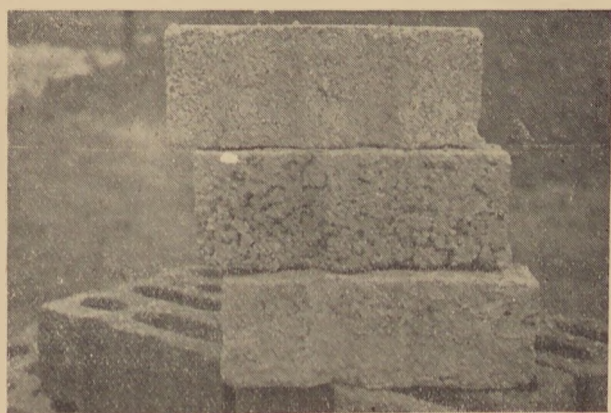
tüntettük fel a szilárdságvizsgálati eredményeket is.

Az 5. ábrán közölt eredmények szerint mind az egynapos, mind a 28 napos nyomószilárdság szempontjából kedvezőbb a száraz meleg levegővel történő érlelés, mint a gőzkezelés. Technológiai javaslatainkban éppen ezért a száraz meleg levegővel történő érlelést írtuk elő. Ha az új, már kivitelezés alatt álló blokkgyártó üzemeket egész éven át kívánják üzemeltetni — s mindenképpen ezt kell gazdaságosnak minősíteni — a hűvös idő beálltával rá kell térni a hőérlelésre, míg az átlag 15 °C hőmérséklet feletti napokon, energiatakarékossági okokból, a szabad levegőn való tárolást és utókezelést kell választani. Természetesen mind a hőkezelt, mind a szabadban szilárdult blokkok nedvesentartásáról legalább egy héten át gondoskodni kell. Az elkészült tufablokkokkal 40 kg/cm<sup>2</sup> blokkszilárdság esetén háromemeletes épületek teherhordó falazata is készíthető.

A tufabányák környékén faragott tufakövel évszázadok óta építkeznek, s olyan tapasztalatokat szereztek, hogy a falazat csak kb. egy év múlva vakolható, mert előbbi vakolása esetén a vakolat lehullik. Ennek oka a tufa száradás közbeni zsugorodása. A tufabeton zsugorodása lényegesen kisebb mértékű, mint a tufa zsugorodása s laboratóriumi kísérleteink szerint 35 napos korú



3. ábra. Tufabetonblokkok (felülnézet)



1. ábra. Tufabetonblokkok (oldalnézet)

Gőzölés menete	Térf. súly kg/cm <sup>3</sup>		Nyomószil. kg/cm <sup>2</sup>		Melegítés menete	Térf. súly kg/cm <sup>3</sup>		Nyomószil. kg/cm <sup>2</sup>	
	1	28	1	28		1	28	1	28
	Napos korban					Napos korban			
	1,72	1,58	33	59		1,72	1,61	42	99
	1,70	1,62	48	81		1,68	1,57	71	96
	1,68	1,60	55	86		1,69	1,60	85	114
	1,72	1,61	35	59		1,45	-	-	78
1,73	1,61	39	53	1,54	1,53	83	98		

5. ábra. 200 kg/m<sup>3</sup> 500-as tatai p. c. adagolású, hőérlelt tufabetonkockák vizsgálati eredményei

tufablokkok bevakolva a vakolatot eddigi megfigyeléseink szerint már két hónapja tartják.

A tufabetonblokkok készítésére vonatkozóan a tatabányai 3. sz. Betonelemgyárban üzemi kísérletet is végeztünk. Négyféle tufából (Andornaktálya, Bodrogkeresztúr, Nógrádverőce és Tar) kb. 12 000 db blokkot készítettünk s a tufablokkokkal a 3. sz. Betonelemgyár telepén irodaépületet építettünk és a salakgyártó üzemet bővítettük. (L. 6. és 7. ábra.)

A blokkok sorozatos törése szerint a gyártás előrehaladásával a szilárdsági eredmények javultak, vagyis a begyakorlottság a minőségre jelentős hatású (17). A Tatabányai Betonelemgyárban készített blokkok teherbírása 200 kg/cm<sup>2</sup> tatai 500-as cementadagolás mellett átlag a rendkívül csekély 8 kg/cm<sup>2</sup> szilárdságról 40 kg/cm<sup>2</sup> átlagszilárdságra növekedett. Itt jegyezzük meg, hogy mind laboratóriumi, mind üzemi kísérleteink szerint a vizsgált négyféle tufából azonosan készített betonok szilárdsága között nincs lényeges különbség, s a térfogatsúlyok eltérése sem nagyobb 10%-nál.

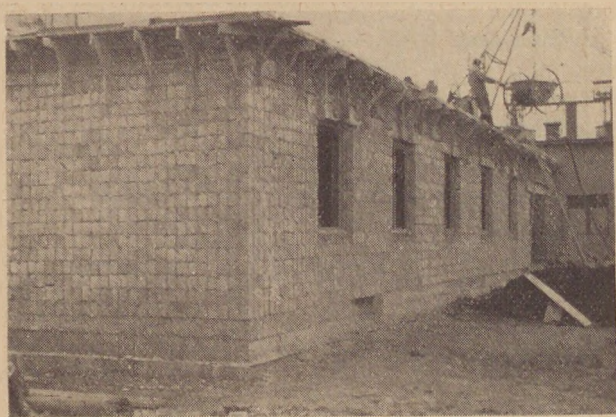
A 12. Betonelemgyártó Igazgatóság tervei szerint 1958. évben Bodrogkeresztúron, 1959. évben Nógrádverőcén nagyteljesítményű vilbroprés-sel felszerelt, évi kb. 30—30 millió téglacsgység gyártására alkalmas tufabetonblokkgyár létesül.

#### 4. Kivágott, faragott vagy darabos tufakő alkalmazása falazóanyagként

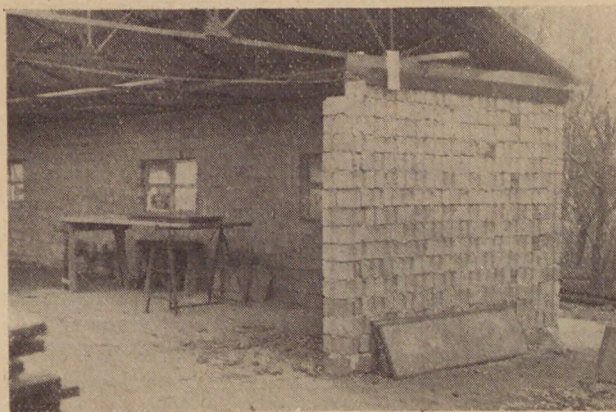
Hazai tufáink legtöbbje alkalmas gondosan, vagy durván megmunkálva falazatok készítésére. Ezt mind a kísérletek, mind a tufaléghelyek környékén található, több évszázad óta állékonyan bizonyult falazatok igazolják.

A tufa fejtése és megmunkálása jelenleg kézzel történik. Ez a munka nem termelékeny, a





6. ábra. Tatabányai 3. sz. Betonelemgyár tufablonkból készülő irodaépülete



7. ábra. Tatabányai 3. sz. Betonelemgyár tufablonkból készülő üzemi épülete

gépi vágás (fűrészelés) ezen a téren nagy haladást jelentene és olcsó falazóanyaghoz juttatná az építőipart. Külföldön — Szovjetunióban, Franciaországban, Csehszlovákiában — erre elegendő példát is lehet találni.

A durván megmunkált, vagy éppen megmunkálatlan (kirobbantott) tufakő előállítás egyszerűbb és olcsóbb, ez esetben azonban a falazat elkészítése költséges, nehézkes, sok habarcsot igénylő és csak az a munkában jártas kőműves tudja kifogástalanul elvégezni. Mindenesetre meg kell állapítani, hogy a tufaleőhelyek vidékén dolgozó, jól begyakorlott kőművesek igen gyorsan tudnak állékony, szemre is tetszetős falazatokat készíteni alaktalan tufával is.

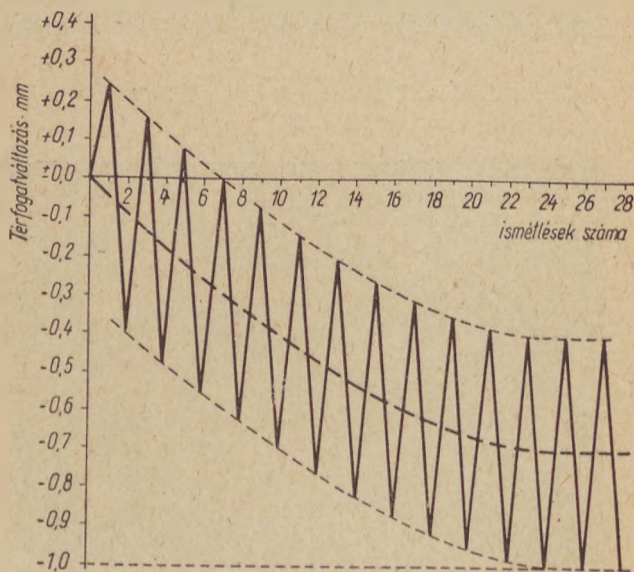
Akár faragott, akár alaktalan tufakővel készítünk falazatot, a gyakorlati tapasztalatok, a tufaleőhelyek környékén az építkezők részéről tett megfigyelések szerint a vakolással hosszabb ideig kell várni. A tufát ugyanis bányanedves állapotban termelik ki s általában kitermelés után azonnal felhasználják falazatkészítésre. A tufa azonban kiszáradás közben jelentős mértékben zsugorodik s ezt a zsugorodást a vakolat nem tudja követni, a falról lehullik. Helyszíni megfigyelések szerint a falazás elkészültétől számított egy év múlva lehet a vakolat elkezdési után az idő után a vakolat megmarad.

Laboratóriumi kísérleteink során elsősorban a tufa fent említett térfogatváltozásának kérdését kívántuk tisztázni. Vizsgálatainkat csak ez év második felében kezdtük el, azonban olyan meglepő részeredményeket kaptunk, amelyet a vizsgálatok lezárása és a végleges értékelés előtt — szükségesnek tartunk közölni.

Kétségtelen, hogy a kivágott, faragott, vagy darabos tufa térfogatváltozása a nedvességtartalom változására vezethető vissza: a vízzel telített tufa duzzad, kiszáradás után zsugorodik, s emiatt a vakolatot nem tartja. Méréseink során viszont azt tapasztaltuk, hogy pl. a bodrogkeresztúri tufa vízzel telítve és kiszáritva csak kb. 0,4 ezreléket zsugorodik s ez valószínűleg még nem olyan mértékű térfogatváltozás, amely a vakolat lehullását indokolná. Mint említettük, a helyi tapasztalatok szerint a tufafalazat elkészülte után egy évet várni kell a vakolással, vagyis a falazat térfogatváltozása ez idő alatt megszűnik, vagy legalábbis minimálissá válik. Feltételezhettük, hogy a térfogatváltozás megszűnése összefüggésben van a tufa 1 év alatt bekövetkező többszöri átnedvesedésével és kiszáradásával. E téren talán párhuzamot lehet vonni az építőanyagok szilárdságának ismételt terhelések során megállapított „fáradásával” is. E feltételezésünket az alábbi vizsgálattal ellenőriztük:

Bodrogkeresztúri tufából kővágógépen  $4 \times 4 \times 16$  cm-es hasábokat vágtunk ki, amelyek két véglapjába az MSZ 523—53 szerinti térfogatváltozási vizsgálathoz szükséges mérőszegeket helyeztünk, s ezt cementpéppel megerősítettük. A hasábokat ezután víz alá helyezve vízzel telítettük, majd  $105^\circ\text{C}$  hőmérsékletű szárítószekrénybe súlyállandóságig szárítottuk. Mind vízzel telített, mind kiszáritott állapotban megállapítottuk a hasábok hosszát s ezt az eljárást 28-szor megismételtük. Az eredményeket a 8. ábrán tüntettük fel.

A 8. ábra szerint a bodrogkeresztúri tufánál kétféle térfogatváltozást lehet megkülönböztetni.



8. ábra. Bodrogkeresztúri tufa térfogatváltozása ismételt kiszáritás és vízzel telítés esetén



Elsődleges térfogatváltozásnak tekinthetjük a vízzel telített, majd kiszáritott tufa térfogatváltozását, amely a méréseink szerint 0,3 mm/m, a teljes térfogatváltozás tehát 0,6 mm/m, s ez a vizsgálat többszöri ismétlése esetén is változatlan marad. Tapasztalhatunk azonban egy másodlagos térfogatváltozást is, amely bizonyos számú ismétlés során növekszik, majd kiegyenlítődik. E másodlagos térfogatváltozás mértéke — 0,7 mm/m. Az elsődleges és másodlagos térfogatváltozások összege adja meg a tufa teljes térfogatváltozását: 1,3 mm/m-t.

Az eredmények alapján feltehető, hogy a vakolást akkor lehet elkezdni, amikor a tufa másodlagos zsugorodása megszűnik, vagyis a 8. ábrán vastag szaggatott vonallal kihúzott térfogatváltozás-tengely vízszintessé válik. Mint említettük, vizsgálateinket még nem fejeztük be, hanem folytatni kívánjuk többféle tufával és egyéb, a gyakorlathoz közelebb álló vizsgálati módszerekkel is.

A tufakő gyakorlati felhasználása szempontjából fontos tulajdonsága, hogy általában nem fagyálló, ezért lábazati kőnek nem használható. Ez a tény azonban nem befolyásolja alkalmazhatóságát, hiszen pl. a fagyállóság csak nagyszilárdságú téglánál követelmény.

Az utóbbi időben több napilapban cikkeket közöltek a tufa gépi fejtésének szorgalmazására. Meg kell jegyeznünk, hogy a gépi faragás bevezetését mi is szükségesnek tartjuk, azonban fel kell hívunk arra is a figyelmet, hogy a gépi vágást csak néhány tufalelőhelyen lehet alkalmazni, ti. olyan kőzetnél, amely homogén és kevésbé repedezett. Ilyen tufabánya tudomásunk szerint azonban kevés van az országban. Ezenkívül még azt is meg kell jegyeznünk, hogy a gépi tufakővágás termelékenysége nem olyan, amellyel nagy mennyiségű építőanyagot lehet előállítani. Az ún. „kétkezes“ blokk felső súlyhatára kb. 15 kg, ezért tömör tufából legfeljebb 10 liter térfogatú falazóanyagot lehet előállítani, vagyis öt téglaméretnek megfelelő nagyságú falazóidomot.

## 5. Összefoglalás

Eddigi vizsgálataink alapján megállapítható, hogy hazai tufalelőhelyeink megfelelő kiaknázásával értékes, sok irányban felhasználható építőanyagokat nyerhetünk.

5.1 A tufa traszként történő alkalmazásával kapcsolatos kutatások során sikerült egy, a mészpuccolánként alkalmazható traszok tulajdonságait az eddigieknél részletesebben és pontosabban kimutatni, vizsgálati eljárást kidolgoznunk. Megállapíthattuk továbbá, hogy a mészpuccolánok idősebb korban bekövetkező szilárdságcsökkenése elsősorban a traszfajtától függ, e szilárdságviasszaeset azonban csökkenthető kis mennyiségű őrlött égetett gipsz hozzáadásával és minél hosszabb ideig való nedvesentartással, illetve e szempontból kedvező hatású a megfelelő hőfokon történő előzetes kiegészítés is.

A sátoraljaújhelyi trasszal készített mészpuccolánbetonok szilárdsága azonos a hejőcsabai 300-as kohósalakportlandcementtel készített beto-

nok szilárdságával, míg vízzárósága jobb, mint legtöbb portlandcementünkkel készített betoné.

5.2 A tufabetonblokkok készítésével kapcsolatos kutatásaink során kidolgoztuk a tufabetonblokk-készítés legkedvezőbb gyártási technológiáját, amelyet üzemi szinten is kipróbáltunk és megfélelőnek találtunk. Meghatároztuk a tufabeton legfontosabb tulajdonságait s eddigi eredményeink szerint a vakolhatóság szempontjából is pozitív értékelést tehetünk.

5.3 A faragott tufakő készítése, illetve felhasználása tekintetében folytatott kutatásainknál rögzítettük a bodrogkeresztúri tufa térfogatváltozásának lefolyását. Eszerint a bodrogkeresztúri tufánál egy elsődleges — áztatás és kiszáradás közben fellépő — zsugorodást és egy másodlagos — külső hatásoktól független — zsugorodást lehet megállapítani. Feltehető, hogy a tufafal akkor vakolható, ha a másodlagos zsugorodás befejeződött.

5.4 Kísérleteinket egyik témakörben sem fejeztük be. További vizsgálatokat végzünk a traszanyag cementpótlékként való felhasználásának tüzetes vizsgálatára, s az ebből a szempontból eddig még nem vizsgált tufaanyagok minőségét is meg kívánjuk állapítani. Vizsgálatokat végzünk továbbá a tufakő zsugorodásának végleges tisztázására s meg kívánjuk állapítani a tufabeton eddig még nem vizsgált — rugalmasság, kúszás stb. — tulajdonságait is.

5.5 A közölt vizsgálatok eredményei alapján javasoljuk a mészpuccolánként alkalmazandó traszok általunk kidolgozott eljárással való minősítését s a sátoraljaújhelyi, nógrádverőcei, gyöngyösi és szentendrei traszok mészpuccolánként való alkalmazását. E mészpuccolánokkal vízzáró és vízalatti betont, valamint javított falazó- és vakolóhabarcsokat lehet készíteni.

Javasoljuk, hogy a fenti traszok kiegészítésére, a kiegészítésnek a traszanyagok tulajdonságaira gyakorolt befolyására további részletes kutatásokat végezzenek.

A tufabetonblokkok készítését nemcsak nagyüzemi méretekben célszerű elkezdni, hanem a gyártást kis üzemekben is meg kell indítani. Az eddig vizsgált tufakon (Andornaktálya, Bodrogkeresztúr, Tar, Nógrádverőce) kívül többi tufabányánk anyagát is meg kell vizsgálni tufabetonkészítésre való alkalmazhatóságuk megállapítására.

## IRODALOM

- (1) *Berczky E.*: Hidraulikus kiegészítő anyagok szilárdulásával kapcsolatos anyagszerkezeti kérdések. Építőanyag 1956. 3. sz. 82—89. lap.
- (2) *Jugovics L.*: A vulkáni tufák, mint építőközetek. Építőanyag. 1954. 11. szám 399—405. lap.
- (3) *Dr. Wessely I.*: A trasz értékelése és felhasználása. Doktori disszertáció. 1924. Bp.
- (4) *Gáspár G.*: Jelentés a Vízművek részére végzett trasz-kísérletekről. Kézirat. 1936.
- (5) *Dr. Löw M.*: Hazai traszainkról. Anyagvizsgálók Közlönye. 1937. 4. szám 139—166. lap.
- (6) *Újhelyi J.*: A traszanyagok vizsgálatának módszereiről. Építőanyag. 1957. 2. szám 80—89. lap.
- (7) *Dr. F. Parissi—H. Straub*: Pozzolan, als Bindemittel und Zusatzstoff. Schweizerische Bauzeitung. 1953. július 18.



- (8) P. N. Grigorjev: A mész alkalmazása az építőiparban. Moszkva. 1952.
- (9) W. Eitel: Hydraulische Zuschläge: die Puzzolanstoffe. Physikalische Chemie der Silikaten. 1941. 765—770. lap.
- (10) H. Kühl: Bindemittel mit hydraulischen Zuschlägen. Zement Chemie. 1951. Berlin. II. kötet.
- (11) L. D. Ersov: A mészpuccoláncementek légállósága. Ukrain. Him. Journ. 1951. 17—463.
- (12) Über die Herstellung von künstlichen Puzzolanen. Referatum. Tonindustrie Zeitung. 1936. nov. 30. 1183—1185. lap.
- (13) Röhringer K.: Az andornaki tufa vizsgálata. Jelentés az Építésügyi Minisztériumnak. Kézirat. 1949. XI. 15.
- (14) La pouzzolane et les conditions d'exécution et d'emploi des bétons légers de pouzzolane. Összefoglalás. Cahiers du C. S. et T. du B. 218 füzet 24—25. szám.
- (15) K. H. Wesche: Versuche an Schüttbeton aus Hüttenbims. Stahl und Eisen 1956. 1. szám 27—30. lap.
- (16) K. Walz: Verdichten von Leichtbeton durch Rütteln. Betonstein Zeitung. 1953. 3. 83—85. lap.
- (17) Dr. ing. Hamann: Über die Druckfestigkeit von Leichtbeton. Betonstein Zeitung. 1953. 9. szám 349—354. lap.

## Alkálszilikátüvegek viszkozitás-izotermái\*

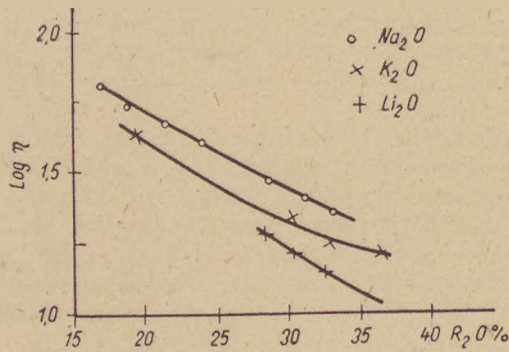
dr. KNAPP OSZKÁR

Általánosan ismeretes, hogy az üvegek viszkozitása úgy elméleti, mint gyakorlati szempontból igen fontos tulajdonság. Szakkörökben köztudomású az is, hogy az üveg viszkozitásának mérése igen nehéz feladat és hogy a teljes viszkozitáshőfokgörbe kísérleti meghatározásához három készülékre van szükség. Az üvegolvadék viszkozitási értékeit ugyanis bonyolult rotációs, torziós vagy golyóejtési, a dermedt üvegét száluhuzásos és a két halmazállapot közötti egy értéket a Littleton-féle lágyulási pont meghatározó készülékkel mérjük.

Többen foglalkoztak azzal a kérdéssel, hogy a fáradságos és hosszadalmas mérési eljárások helyett a viszkozitás-hőfokgörbét az üveg összetételének ismerete vagy meghatározása alapján számítási vagy grafikus úton lehessen meghatározni. Első ízben Gehlhoff és Thomas dolgozott ki egy számítási eljárást, amellyel ismert össze-

tartozó hőfokát ki lehet számítani, ha azok összetétele megadott határok között van. Egy lineáris számítást az üveg oxidösszetételéből számított szilikátalkatrészeire vonatkozó tényezőkkel, magam is kidolgoztam. Megállapítottam továbbá, hogy a szilikátüvegek viszkozitása és az  $1/K^3$  értékek között, ha a K a Kelvin hőfokot jelenti, lineáris összefüggés van. Pool bizonyos üvegek viszkozitása és az abszolút hőfokok reciprok értékei között linearitást talált, ha a viszkozitást  $\log \eta$  értékben fejezzük ki. Dietzel és Bruckner három ismert mérési pont alapján

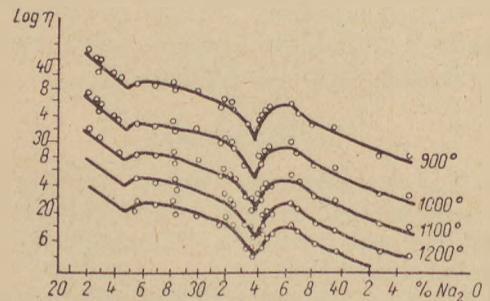
a Fulcher-féle  $\frac{1}{x-1}$  funkció alapján számítja ki a teljes viszkozitás-hőfokgörbét. Ugyanezt a feladatot elvégezhetjük két ismert viszkozitású értékhez tartozó hőfok ismeretében a  $\log \eta - 1/K^3$  funkció vagy a Lillie-féle eljárással, amely megnyújtott abszcisszájú diagramban ábrázolja a lineáris viszkozitás-hőfokgörbe összefüggést.



1. ábra

tételből és négy megadott viszkozitás értékhez tartozó oxidcseretényezővel egy másik ismert összetételű üveg azonos viszkozitáshoz tartozó hőfokát ki lehet számítani. A Gehlhoff-féle táblázatok azonban az alkáliák cseretényezőit csak 15%-on felül adják meg, miért is ez az eljárás csak 15% nátron- vagy kálitartalom feletti üvegeknél alkalmazható. Egy lineáris képletet Ohotin állított fel, amellyel megadott oxidtényezővel ismert összetételű üveg bizonyos viszkozitás értékekhez

\* Az Építőanyagipari Kutatók 1957. évi konferenciáján tartott előadás.



2. ábra

A viszkozitás és hőfok összefüggését tehát számos kutató tanulmányozta. Az a kérdés azonban, hogy azonos hőfokon a viszkozitás értékei miképpen függnek a különböző üvegek összetételétől, csak igen szórványos vizsgálat tárgyát képezte. Ez a kérdés igen bonyolult, mert az üvegeket alkotó oxidalkatrészek száma igen nagy és azok igen változatosak. Első feladat tehát e kérdés megoldása szempontjából, hogy a legegyszerűbb, a két oxid alkotós, az alkáli szilikátüvegek törvényszerűségét állapítsuk meg.

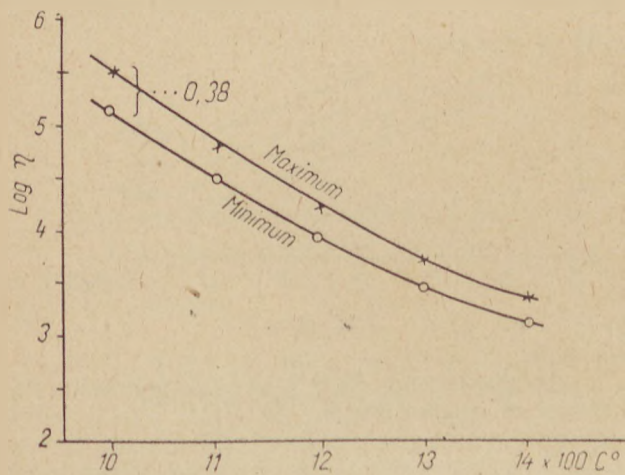
Az első kutató, aki a viszkozitás izotermáit vizsgálta, Capps volt, aki Shartsis és munkatársai-



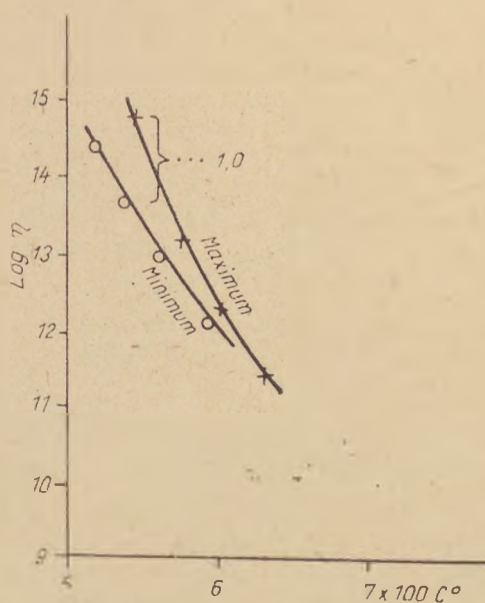
nak vizsgálati eredményei alapján a különböző koncentrációjú alkáliszilikátüvegek viszkozitás-értékeit azonos hőfokon is összehasonlította. E vizsgálat eredményeit az 1. ábra foglalja össze. Látjuk, hogy a vizsgált pontok, amelyek 1400 C°-ra vonatkoznak, első megközelítéssel egy egyenes mentén fekszenek, úgy a nátron, mint a káli és a litium üvegeknél. A megfigyelt üvegek száma azonban aránylag kicsiny. Nagyobb számú, saját méréseken alapuló viszkozitás-izotermákat Eipelhauer és Jangg állapítottak meg. Eredményeik alapján, miként az a 2. ábrán látható, a Na<sub>2</sub>O. 2 SiO<sub>2</sub> és Na<sub>2</sub>O. 3SiO<sub>2</sub> összetételű üvegeknél mélypontokat találtak. Ebből a megfigyelésből arra következettek, hogy e két vegyület az üvegolvadékban mint alkotórész jelen van.

Annak a kérdésnek az eldöntése céljából, hogy az alkáliszilikátüvegek viszkozitás-értékei azonos hőfokon a koncentráció függvényében milyen összefüggést mutatnak, továbbá, hogy elfogadható-e az a feltevés, amely szerint az alkáliszilikátüvegek viszkozitás-izotermái a di- és triszilikát alkotórészek jelenlétét jelzik; összegyűjtöttem irodalmi adatok alapján az eddig végzett, az alkáliszilikátokra vonatkozó viszkozitási mérési eredményeket. A vizsgálatokat 14 kutató végezte 61 üveggel. A moloxidokra számított üvegek összetételeit csökkenő alkáliatartalom szerint csoportosítottam. Majd a viszkozitás értékeit olyan koordinátarendszerbe állítottam, amelynek ordinátája a viszkozitás log-ben kifejezve, abszcisszája pedig az alkálimólok százaléka.

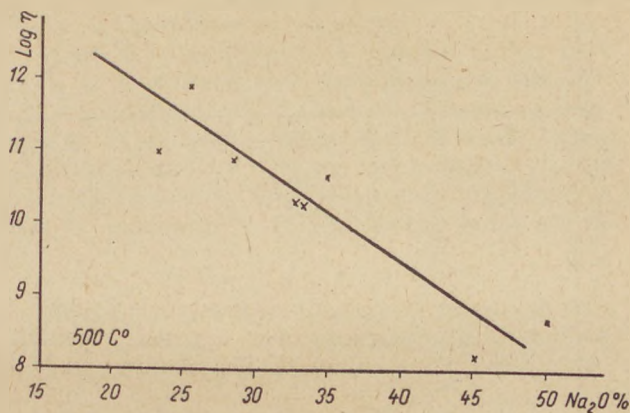
A viszkozitás mérésével kapcsolatos hibahatárokat az utolsó húsz esztendő mérései alapján Dudding hasonlította össze. Eredményeit a 3. és 4. ábrák foglalják össze. Mindkét diagram azokat a minimális és maximális értékeket adja meg, amelyet több laboratóriumban és különböző módszerrel azonos összetételű, Pyrex-üveggel végeztek. A 3. ábra az olvadék viszkozitási érték határait mutatja. A legnagyobb eltérést 1400 C°-on találták log  $\eta = 0,26$  értékkel, 1000 C°-on pedig log  $\eta = 0,36$  értékkel. Még nagyobb az eltérés a dermedt Pyrex-üveg mérési eredményei között. A 4. ábra szerint 540 C° körül a legnagyobb különbség log  $\eta = 1,0$ .



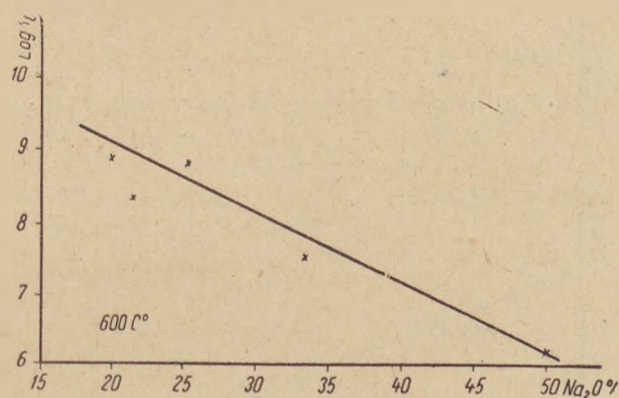
3. ábra



4. ábra



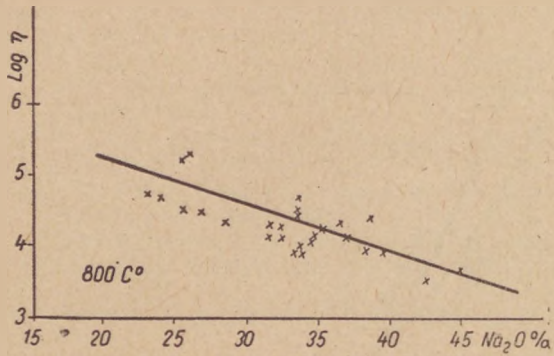
5. ábra



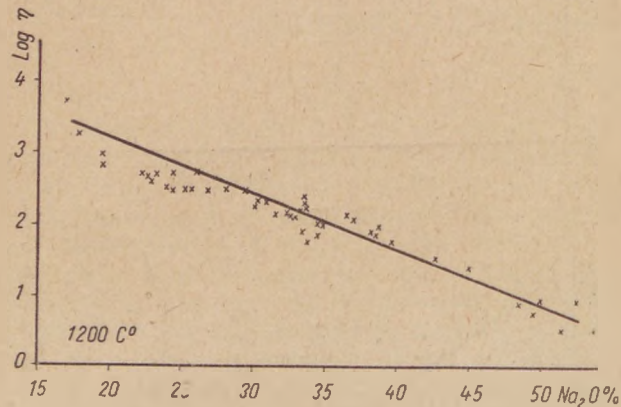
6. ábra

A különböző hőfoknál mért üvegek izotermáit az 5—12. ábrák tüntetik fel. Látjuk, hogy a mért értékek egy egyenes mentén helyezkednek el. Előfordul ugyan, hogy az értékek eltérnek az egyenestől, tekintetbe kell azonban vennünk, hogy a mérési adatok nem ugyanazon kutatótól, más-más laboratóriumból származnak és különböző — részben rotációs, részben torziós vagy gölyőejtéses — eljárással készültek.

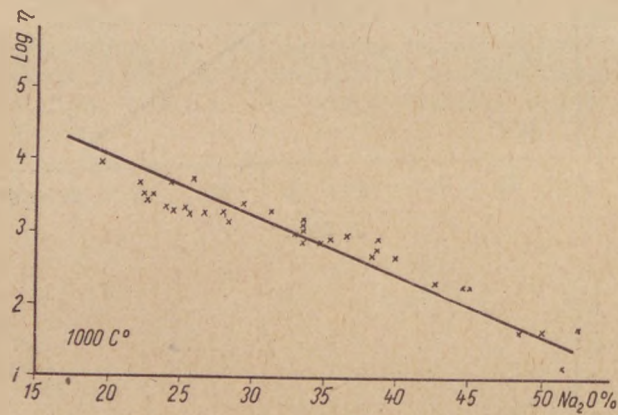




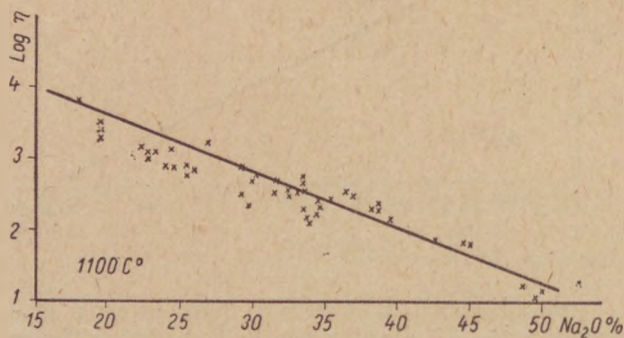
7. ábra



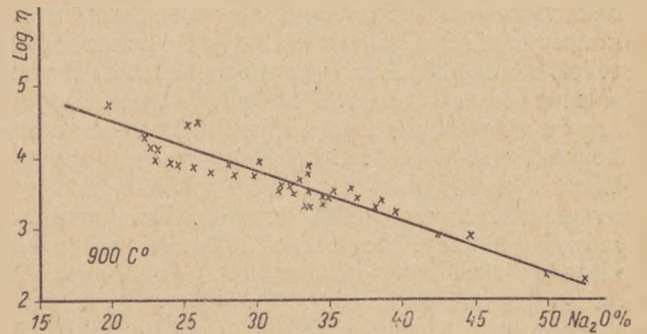
8. ábra



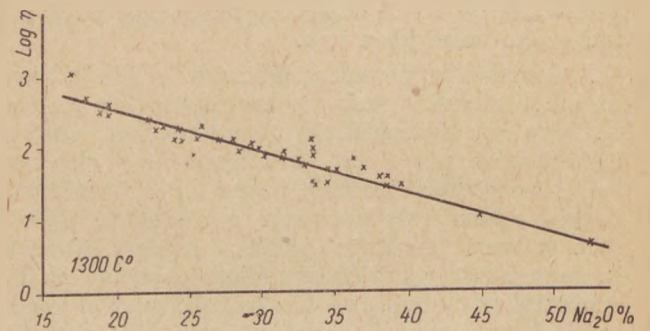
9. ábra



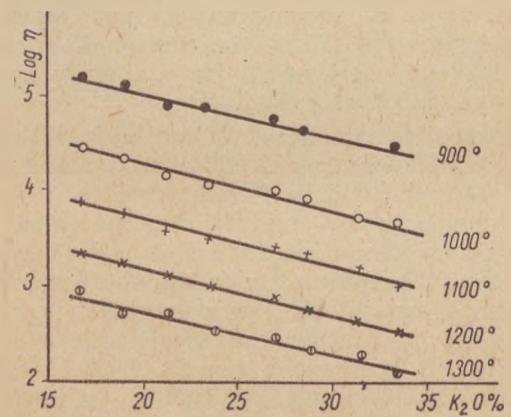
10. ábra



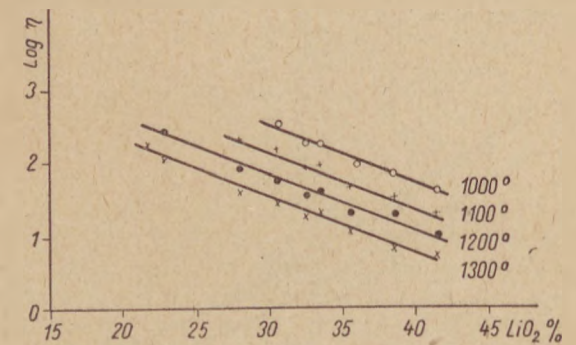
11. ábra



12. ábra



13. ábra



14. ábra

Feltételezhetjük tehát, hogy a diagramokban a mérési pontok közé húzott legjobban illő egyenes vonal első megközelítéssel a viszkozitás és a nátron mólkoncentrációja közötti törvényszerű összefüggést fejezi ki.

Az ábrákban az Eipelhauer-féle mérések eredményei is megtalálhatók. Az általa jelzett mélypontok azonban a szórásokon belül vannak. Levonhatjuk tehát azt a következtetést, hogy a két mélypont, amely az elkülönített diagramban



jelentkezik az izotermák vonalain, eltűnik, ha az eddig ismert összes eredmények közé helyezzük. Ez a tény ellenkezik azzal a felfogással, hogy az üveglvadéokban a nátriumdi- és triszilikát mint alkotórész van jelen.

A kálium- és litiumszilikátüveg viszkozitási értékeire kevés adattal rendelkezünk. Az ismert adatok alapján azonban, miként ezt a 13. és 14. ábrák mutatják, ezek az üvegek épp úgy viselkednek, mint a nátronüvegek és viszkozitás-

izotermái koncentrációjukkal lineáris összefüggést adnak.

Ha a fent tárgyaltakat összefoglaljuk, azt a következtetést vonhatjuk le, hogy ámbár az eddigi viszkozitási eredmények aránylag nagy szórást adnak, az alkáliszilikátüvegek viszkozitás-izotermái első megközelítéssel a molszázalékokban kifejezett alkálikoncentrációval lineáris összefüggésben vannak.

## A közüzalék minőségi és mennyiségi kérdései az aszfaltútépítő iparban\*

SIMON MIKLÓS (Ütülgyi Kutató Intézet Aszfaltlaboratórium)

Az elmúlt 5—6 év alatt az útépítő iparban mind nagyobb mértékben előretört az aszfaltútépítés. Ennek magyarázata nemcsak abban található, hogy mintegy 6 évvel ezelőtt — a nagylengyeli olajmező feltárásakor — az ország igen nagy bitumenforráshoz jutott, hanem abban is, hogy az aszfaltburkolatok építése az egyik leggazdaságosabb utánépítési és útfejlesztési mód — szemben a cementbeton-útépítéssel. A régi nyomvonal kópályáját — ami nagy útvagyon képez — megtartani, egyszerű módon kiszélesíteni és a mindenkori forgalom nagysága számára a legkedvezőbb műszaki és gazdasági jellemzőkkel rendelkező burkolatot kiképezni csak aszfaltból lehet. Az aszfaltburkolat könnyen és gyorsan építhető, forgalomnak azonnal átadható és ennek zavarása nélkül javítható. Megkopása, vagy teher-

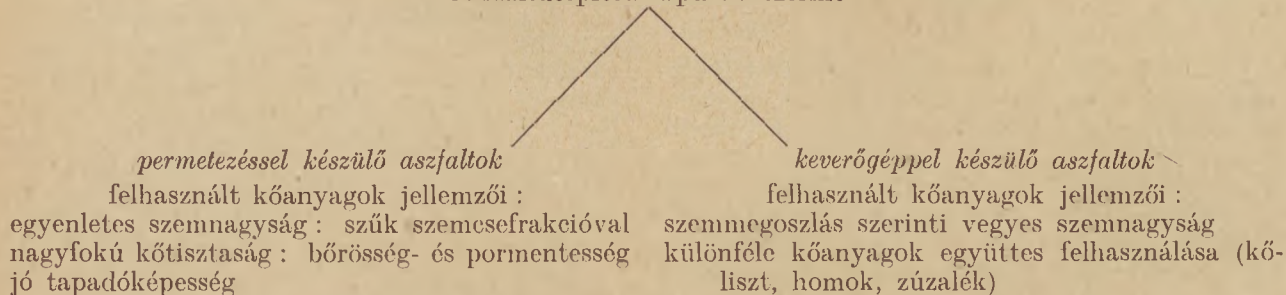
bírásának csökkenése esetében újabb aszfaltréteggel lefedhető.

Az adalékanyagok minőségi kérdéseit eddig legnagyobb részt a cementbeton-útburkolatok minősége szempontjából vizsgálták a hazai szakemberek. Most a kőanyagok legkülönbözőbb kérdéseit az aszfaltozó ipar szempontjából vizsgáljuk. Nem törekszünk teljességre, bár az aszfaltútépítés és a kőbányászat fejlesztésének ügy megkívánná ezt, de a hazai tudományos adatok száma olyan csekély még, hogy ezek alapján műszaki és gazdasági megállapításokat tenni aligha lehet.

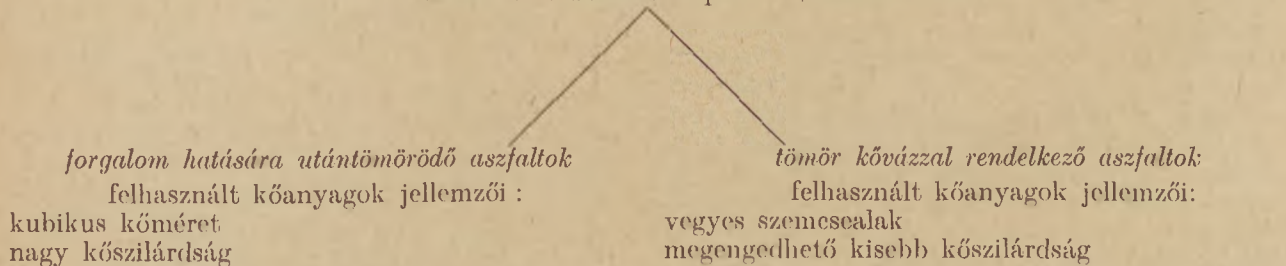
\*

Az aszfaltburkolat típusokat a felhasználandó kőanyag minőségének tárgyalása szempontjából a következőképpen lehet felosztani:

### Aszfaltútépítési típusok szerint



### Elkészített burkolat-típusok szerint



Vizsgáljuk meg, hogy az egyes — előbb felsorolt — aszfaltút típusoknál milyen különleges mi-

nőségi feltételek merülnek fel a kőanyagokkal szemben. Klasszikus kőminősítő feltételekkel, mint a fagyállóság, vízfelvétel stb. a cikk keretében nem foglalkozunk.

\* A szerzőnek az Építőanyagipari Tudományos Egyesület Kőbányász Szakosztályában 1957. májusában megtartott előadása.

1. A permetéssel készülő aszfaltrétegek közé



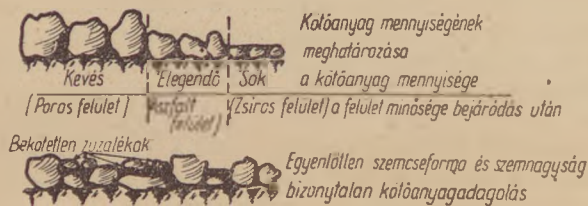
tartozik a felületi bevonás és az itatott aszfaltmakadám.

A *felületi bevonás* az alaphurkolatra (amely vizesmakadám, vagy régi aszfaltburkolat) lepermetezett kötőanyagra rászórt zúzalék rétegből áll. A szükséges zúzalék mennyisége elméleti számítások és gyakorlati megfigyelések alapján kerül megállapításra. A lényeges az, hogy egy sor zúzalék a kötőanyagrétegbe bekössön. Ezen egyrétegű felületi bevonás ugyanezzel a felépítéssel megismétlődhet, s ekkor két vagy több rétegű felületi bevonásról beszélünk. A felhasznált zúzalék szemmagyságát forgalomtechnikai szempontok szerint választják meg, amely általában 5 mm-től 25 mm-ig terjedhet.

Az *itatott makadámpálya* úgy készül, hogy egy sor NZ 40—65 mm-es szemmagyságú durva nemes zúzottkő közeit kötőanyaggal permetezve kitöltjük, majd erre annyi 5 mm-től 25 mm-ig terjedő szemmagyságú nemes zúzalékot hengerlünk, hogy az a zúzottkővet szilárdan kiékelje.

Ez a két aszfalt réteg-típus méreteiben különbözik ugyan, de technológiájában végeredményben azonos és sok rokon vonást mutat a kőanyag minősége szempontjából.

Vegyük sorra az itt felhasználandó kőanyag minőségére vonatkozó feltételeket:



1. ábra. A zúzalék és kötőanyag minősége a felületi bevonásoknál

a) *Egyenletes szemmagyság*: Az 1. ábra bemutatja szemtikusan a felületi bevonás I—II rétegét. A felső kép azt ábrázolja, hogy ha különböző szemmagyságú zúzalékunk van, akkor azok hogyan ágyazódnak be a lepermetezett kötőanyagba. A kötőanyagréteg vastagsága adott és az útpálya felületén mindenütt egyenletes. E kötőanyagvastagságot a felhasználandó közútlék közepes szemcseméretének megfelelően határozzuk meg. A kép középső részén látható, hogy a közepes szemcsemérethez tartozó kötőanyagmennyiség elegendő arra, hogy a zúzalékszemeket jól körülvegye és mintegy 2/3—3/4 magasságig beágyazza. Ha ennél a méretnél nagyobb szemcséjű a zúzalékunk (baloldalt), akkor alig, vagy pedig egyáltalában nem köt be a kötőanyagrétegbe, ill. a gépjármű-gumiabroncsok szívó hatása könnyen kiszakítja azt a helyéből. A közepes szemcseméretnél kisebb zúzalékszemek (jobb oldal) elmerülnek a kötőanyagrétegben. Ilyen helyen a burkolat kötőanyagfelesleget fog tartalmazni, vagyis a burkolat izzadni fog.

Az 1. ábra alsó képe a gyakorlati képet mutatja be, amikor is az apró szemmagyságok legnagyobb része egymáson fekszik és nem köt be,

ill. a bitumen felületét elfedi és a felettük levő szemek bekötni már nem tudnak.

Az egyenletes szemmagyság szükségességének számszerű bizonyítására külföldön vizsgálatokat végeztek. Ez a következőképpen történt:

Egy bádoglepra 0,9 liter/m<sup>2</sup> lágy bitumet permeteztek fel, amelyre szabványok által meghatározott mennyiségű, mintegy 9,32 kg/m<sup>2</sup> zúzalékot szórtak.

A zúzalék szemmegoszlását a kísérlet során két frakció mennyiségének változtatásával módosították. Az I. frakció 5/10 mm-es, a II. frakció 2/5 mm-es zúzalékból állott.

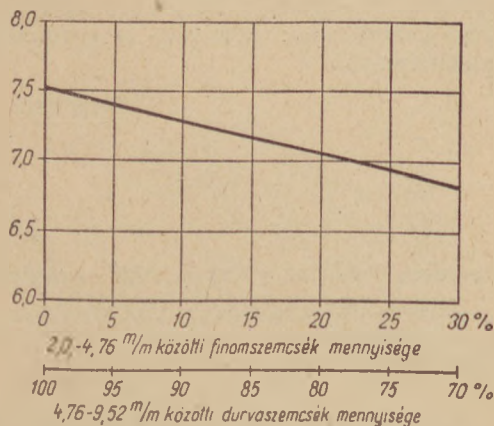
A kísérlet során az arányok a következők voltak:

100%	I. sz. anyag
90%	I. sz. anyag + 10% II. sz. anyag
80%	I. sz. anyag + 20% II. sz. anyag
70%	I. sz. anyag + 30% II. sz. anyag

A 2. ábra diagramja szerint látható, hogy a 2/5 mm-es szemmagyságú zúzalékok növekedésével a kötőanyagfelületen megtapadt zúzalék mennyisége csökkent. 30% finomabb szemmagyságú zúzalék esetében mintegy 0,65 kg/m<sup>2</sup> zúzalékkal kevesebb tapadt meg.

A felületi bevonásnak olyannak kell lennie, hogy benne a zúzalékszemek egyenletesen, mozaikszerűen helyezkedjenek el a vékony rétegben. Ha a zúzalékszemek közel azonos méretűek, akkor ez könnyen elérhető. Ilyenkor a forgalom valamennyi zúzalékszemet egyenlően veszi igénybe. Ha a zúzalékszemek között túl nagy a méretkülönbség, akkor a forgalom — különösen a vasabroncsos — igénybevételét túlnyomó részben a nagyobb szemek viselik, míg csak szét nem töredeznek.

A zúzalékoknak a kipermetezett kötőanyagba való egyenletes bekötésének, valamint a zúzalékszemek egyenletes teherbírásának biztosítása érdekében a gyakorlati megfigyelések alapján arra a megállapításra jutottak, hogy akkor helyes a zúzalék szemmagysága, ha a legnagyobb szemcseátmérő a legkisebbnek másfélszerese. A



A felvitt zúzalék mennyisége 9,32 kg/cm<sup>2</sup>  
A felhasznált kötőanyag (230-as pen) mennyisége 0,9 l/m<sup>2</sup>

2. ábra. Szemmegoszlás hatása a bekötött zúzalék mennyiségére felületi bevonás esetében



külföldi gyakorlatban a felületi bevonáshoz ezért használnak fel 5/8 mm-es, 8/12 mm-es, 12/18 mm-es és 18/25 mm-es zúzalék-szemnagyságokat. A hazai zúzalékszernagyságok alsó és felső mérete igen kedvezőtlen.

Az 5/12 mm-es és 12/22 mm-es szemnagyságú zúzalékokból készült felületi bevonásokban fel-tétlen előfordul az a kedvezőtlen eset, amikor két zúzalék szemese egymáson fekszik. Kétségen kívül, felületi bevonásaink egyik hibaforrása ez. Az elkészített pályafelületen sokáig megtalál-hatók a szabadon guruló, bekötetlen zúzalék-szemek, amelyek összeaprózódva végül is padkára sodródnak. Ez a zúzalék veszteség gyakran 20—25% fölé emelkedik és az elkészített felületi bevo-nás ennyivel lesz gyöngébb.

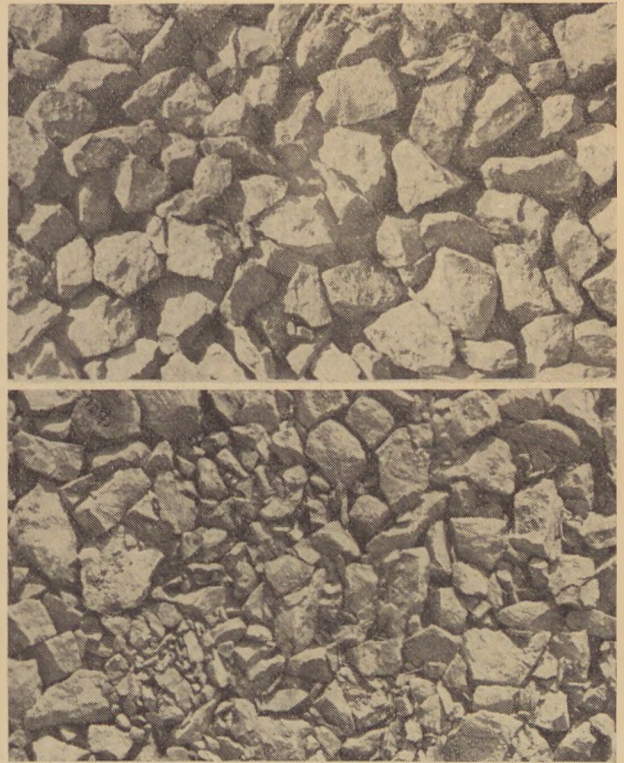
Itatott makadampályák zúzottkőrétege ha-sonló feladatot tölt be. Itt is szükséges az egyen-letes, mozaikszerű szemesnagyság. A hazai szab-ványok a 40/65 mm-es durva zúzott kőnagya-sággal kielégítőek (3a ábra). Sajnos azonban a gyakorlat sokszor megeáfolja a szabvány adatait. A bemutatott 3b ábra felvétele vegyes, törmelékes szemnagyságú zúzottkőről készült. Az ilyen mó-don készült itatott, vagy akár kötőzúzalékos aszfaltmakadampályák könnyen felbomlanak, az apró, vegyes szemnagyságú helyeken gyorsan le-kopnak, ill. hámlásnak indulnak.

b) *Bőrösség és pormentesség*: A 4. ábra az előbb ismertetetthez hasonló kísérlet eredményét mutatja be. Vashádoglalpra 0,94 kg/m<sup>2</sup> mennyi-ségnek megfelelő lágy bitument permeteztek fel egyenletesen és erre 10,0 kg/m<sup>2</sup> mennyiségű mészkőzúzalékot szórtak. A mészkőzúzalékhoz azonban finom mészkőport kevertek különféle mennyiség-ben. A diagramból jól láthatjuk, hogy a növekvő portartalommal csökken a bekötött zúzalékok mennyisége. Ez a csökkenés 1% por esetében már 25—30%-ot is kitehet. Meg kell jegyezni, hogy a por minősége a kísérlet esetében mézspor volt és — a későbbiekben tárgyalt okoknál fogva — a mészkőliszt a kötőanyagokkal viszonylag jól nedvesedik, továbbá kötőanyag abszorbeáló képes-sége nagy. Ha a por agyagos, iszapos talajszem-nagyságból áll, ami egyes kőbányáknál a meddő-ből és a fedőrétegből könnyen adódik, vagy pedig az útpadkára kihordott zúzalék ezekkel könnyen beszennyeződhet, akkor a kötőanyagok bevonó-képessége még rosszabb lesz, vagyis nagyobb zúzalékpergéssel és veszteséggel kell számolni. Ez ugyancsak az elkészített aszfaltpálya minőségi rovására megy.

Gyakorlatban a zúzalékaink porosak, agyag-gal és iszappal szennyezettek. Ez azért is káros, mert a duzzadó, kolloid tulajdonságú agyagok víz hatására a kötőanyagot emulzióba vihetik.

A 4. ábra azt a gyakorlati megfigyelést is igazolja, hogy ha a zúzalék vagy zúzottkő felüle-tén levő por nedves, akkor több zúzalék kötődik le, vagyis a kötőanyag jobban be tudja vonni a poros felületet. A nedvességtartalom természetesen csak 0,1% nagyságrendű.

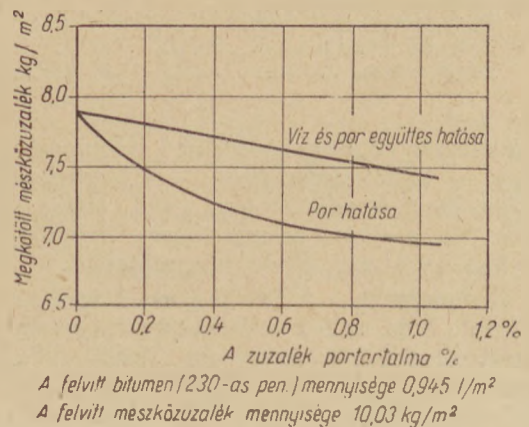
Ha a zúzalék vagy zúzottkő egyik felülete hőrös, akkor ez a hőrös köfelület ugyanúgy visel-kezik a kötőanyaggal szemben, mintha a zúzalék



3. ábra. Fent: Szabványos minőségű NZ 40/65-ös zúzottkő  
Lent: Vegyes szemnagyságú, selejtes zúzottkő

poros lenne. A kötőanyag ugyanis nem éri el és így nem vonja be a tiszta köfelületet. Felvetődik a kérdés, hogy a le nem pattogzó hőrös köfelület is káros-e? Arra nézve sincs adat, hogy a zúzalék-felületek hány %-án engedhető meg a le nem pattogzó hőrösség.

c) *Közetek tapadóképessége*: A jó aszfalt-burkolatnak egyik elemi feltétele, hogy a kötő-anyag jól bevonja az ásványi anyagot és jól tapadjon hozzá. Keveréssel előállított aszfaltoknál a gépekben felmelegített és száraz zúzalékszemek mindig jól bevonódnak mechanikus úton, egyen-letes rétegvastagságban, kötőanyaggal. Ezeknél a tapadóképesség aránylag kisebb probléma. A permetezéssel előállított burkolatoknál azonban a hideg köfelületre permetezzük rá a kötőanyagot és



4. ábra. Por és nedvesség hatása a bekötött zúzalék mennyi-ségére felületi bevonás esetében



a zúzalékszemét a kötőanyag csak napok, sőt hetek múlva, részben a meleg időjárás, napsütés, részben pedig a forgalom dagasztó, gyúró hatására vonja be. Ilyen hosszú idő alatt elkerülhetetlen, hogy az amúgy is légnedves zúzalékszem meg ne ázzon. A tapadás igazi problémája akkor lép fel.

Amint tudjuk, a kőzetek savas vagy bázikus jellegűek, de a felületükön elhelyezkedő molekulák jellege mindenképpen poláros. A kötőanyag molekulái azonban túlnyomó részben apolárosak, vagyis a molekulák elektromos töltése nincs szétválasztva. Alapvető kémiai törvény, hogy az apoláros molekulák az apolárosakkal, polárosok a polárosokkal lépnek elsősorban fizikai kapcsolatba pl. adhézió útján. A bitumenek tehát igen kis adhézióval kapcsolódnak a kőzetekhez. A savas kőzetekhez való adhéziójuk még kisebb, mint a bázikus kőzetekhez. Ha a kőzet felülete nedves, akkor a poláros víz jól benedvesíti (hidrofil) a kőzet felületét és leszorítja a bitumenes kötőanyagot. Ezt a folyamatot ábrázolja az 5. ábra. Nedvesség hatására először a kőzet éleiről tolódik le a kötőanyag, majd csepp formájában teljesen leszakad.

A kőzet savas-bázikus karaktere — mint említettem — befolyásolja a tapadást. Végvizsgáltuk — Reznák László kollegámmal együtt a hazai kőzetek egy részét ebből a szempontból. Sorrend az 1. táblázat szerinti. A bázikus kohó-

1. táblázat

Bányák, kőzetek megnevezése	Tapadás-érték
Ózdi kohósalak . . . . .	7
Somoskőújfalui bazalt . . . . .	6
Szobi andezit . . . . .	6
Dorogi mészkő . . . . .	6
Sághegyi bazalt . . . . .	6
Kurrarai márvány . . . . .	6
Tapolcai (diszeli) bazalt . . . . .	6
Nemesgulácsi bazalt . . . . .	6
Komlói andezit . . . . .	6
Erdőbényei andezit . . . . .	5
Diósgyőri kohósalak . . . . .	5
Nógrádkövesdi andezit . . . . .	5
Sümegei bazalt . . . . .	5
Zalahalápi bazalt . . . . .	5
Szentendrei andezit . . . . .	4
Tarcali andezit . . . . .	4
Tállyai andezit . . . . .	4
Badaacsonytomaji bazalt . . . . .	4
Folyami kvarekavics . . . . .	1
Hirdi fonolit . . . . .	1

salak a legnagyobb tapadásértékű, a folyami kvarekavics — ami teljesen  $\text{SiO}_2$  — a legrosszabb. A bázikus hirdi fonolit is igen rossz értéket adott, ennek oka a kőzet erősen tömör, üveges volta, ami legkisebb mértékben sem olajszívó.

A nedvesség a kőzet poláros karakterét növeli. A 6. ábra az előzőekben már ismertetett kísérletekből adódott diagramot tünteti fel. A kipermetezett kötőanyagra  $9,05 \text{ kg/m}^2$  mennyiségű mészközúzalékot, majd egy külön lapra  $8,35 \text{ kg/m}^2$  kvarekavicsot szórtak fel. A zúzaléknak és kavicsnak nedvességtartalmát változtatták. Láthat-

Alacsony viszkozitású kötőanyag a víz hatására levált a kőzet felületéről

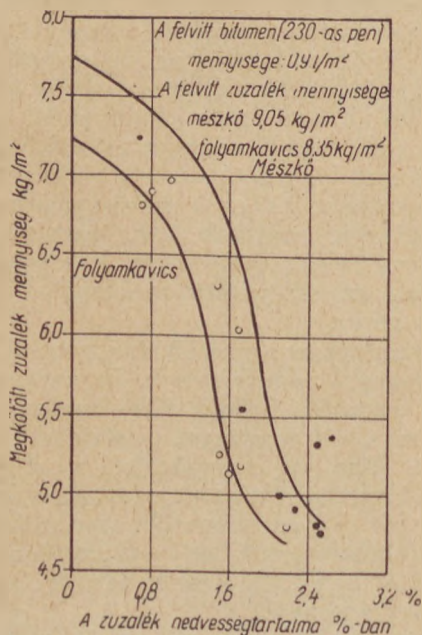


5. ábra. Hígított bitumen tapadása zúzalék felületén víz jelenlétében

juk, hogy 0% nedvességtartalom mellett a  $9,05 \text{ kg}$  mészközúzalékból  $7,75 \text{ kg/m}^2$ , a  $8,35 \text{ kg/m}^2$  kvarekavicsból  $7,3 \text{ kg/m}^2$  kötött meg. 2% nedvességtartalom esetében a le nem kötött zúzalék mennyisége már 40—50% között volt. A gyakorlatban az ilyen rossz tapadással készült útburkolatok rövid időn belül teljesen tönkremennek.

A rossz tapadóképességet ma már kémiai adalékanyagokkal teljesen meg lehet változtatni. A 7a ábra bitumennel bevont kvarekavicsot mutat, amiről 24 órai vízbenállás után a kötőanyag teljesen levált. A 7b ábra ugyancsak a kvarekavicsot mutatja, de itt a kötőanyagba tapadásjavító adalékanyagot adagoltunk és így 24 órai vízbenállás után sem mutatkozott leválás.

2. A keverőgépben készült aszfaltok közé tartoznak az aszfaltzúzalékos szőnyegek, a kevert aszfaltmakadámok és az aszfaltbetonok. Ezen



6. ábra. Nedvesség hatása a bekötött zúzalék mennyiségére felületi bevonás esetében



aszfaltanyagok előállítása úgy történik, hogy a rendelkezésre álló különféle minőségű mészköliszt, homok, andezit és bazalt-zúalék szemnagyságokból szemmegoszlást állítanak össze. Ezt a szemmegoszlást kielégítő összetételű adalékanyagokat először a szárítódobba adagolják, ahol 140—200 C° közötti hőfokra melegítik fel és teljesen kiszáritják. A forró anyag osztályozón és mérlegen keresztül a keverőteknőbe kerül. Itt keverik össze a kiszámított, pontos mennyiségben adagolt kötőanyaggal addig, amíg a közet felületén egyenletes vastagságú kötőanyag bevonat nem keletkezik.

Vegyük most sorba azokat a feltételeket, amelyeket a kevert aszfalt ásványi adalékanyagának ki kell elégíteni.

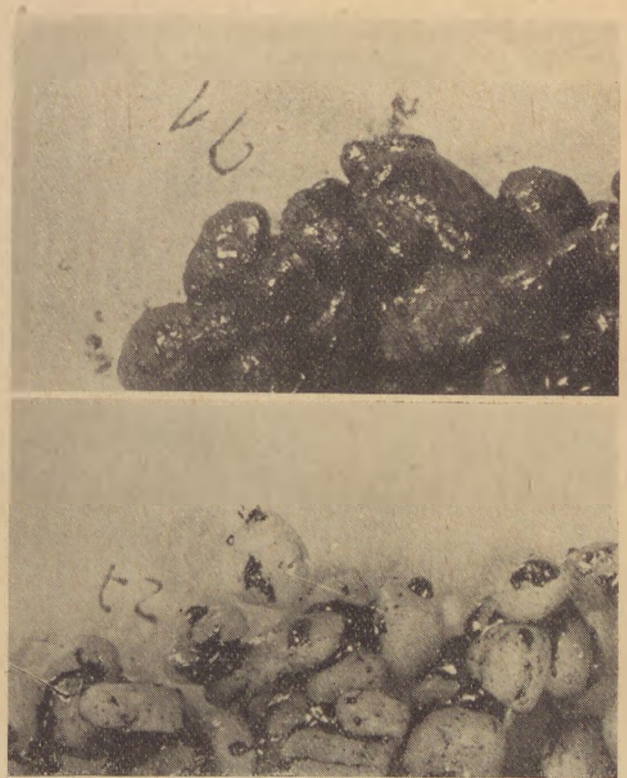
a) Szemmegoszlás szerinti vegyes szemnagyságok

A kevert aszfaltok prototípusa a betonelv szerint felépített ún. aszfaltbeton, pl. a topeka. Az ilyen típusú aszfaltok adalékanyagainak egy meghatározott szemmegoszlási görbe két határa közé kell esnie. A szemmegoszlási görbe értékei különböző elméletek szerint (Bolomey, Fuller, Rothfuchs, Stellwag stb.), vagy pedig a gyakorlati megfigyelések alapján kerülnek meghatározásra, ill. a szabványban rögzítésre. Az adalékanyagok szemmegoszlása biztosítja az aszfaltok stabilitását, az elkészített burkolat hézagmentes tömörségét.

Az egyes összetevő ásványi adalékanyagoknak külön-külön is olyan összetételűeknek kell lenniük, hogy azok összességéből a szemmegoszlási görbét össze lehessen állítani. Például, ha a topekaburkolatban legnagyobb szemnagyság 10 mm lehet, akkor az adalékanyagok ennél nagyobb szemnagyságot nem tartalmazhatnak. A maximális szemnagyságot az elkészítendő burkolat rétegvastagsága megszabja. Általában a burkolat vastagságának 1/2, legfeljebb 2/3-át kitevő szemnagyságot szabad tartalmaznia. Nagyobb szemnagyságok az aszfaltréteg felületének egyenletes kidolgozhatóságát befolyásolják.

A keverőtelepen előállításra kerülő aszfaltok zúalékigényét szemnagysághatár szempontjából a jelenleg érvényben levő előírások kielégítik.

Ezt a témakört a leszállított zúalékok frakción belüli gyakori változása miatt részletesebben is tárgyalni kell. Például az 5/12 mm-es nemes zúalék e frakción belüli szemmegoszlása a bányák közetminőségétől, a törő- és osztályozóberendezéstől függ. Ugyanazon közetnek ugyanabban a gépi berendezésben való feldolgozásánál a frakción belüli szemmegoszlás általában nem, vagy csak lényegtelen mértékben változik. Mégis egy útépités keverőtelepére leszállított 5/12 mm-es nemes zúalékok szemmegoszlása szélsőséges határok között változik. Ennek oka legtöbbször szervezési kérdésekre vezethető vissza. Kezdődik ott, hogy a kőbányákban a zúalékok gyártási minőségét a gondatlan tárolás és az idegen szemnagyságokkal való keverés miatt nem tudják megőrizni. Ugyancsak a tényezők fokozzák a szemnagyságok inhomogén szemmegoszlását az útépités munkahelyein. Gyakran okoz zavart az is,



7. ábra. Fent: Rossz tapadóképességű kvarc kavicsról víz hatására levált a bitumen

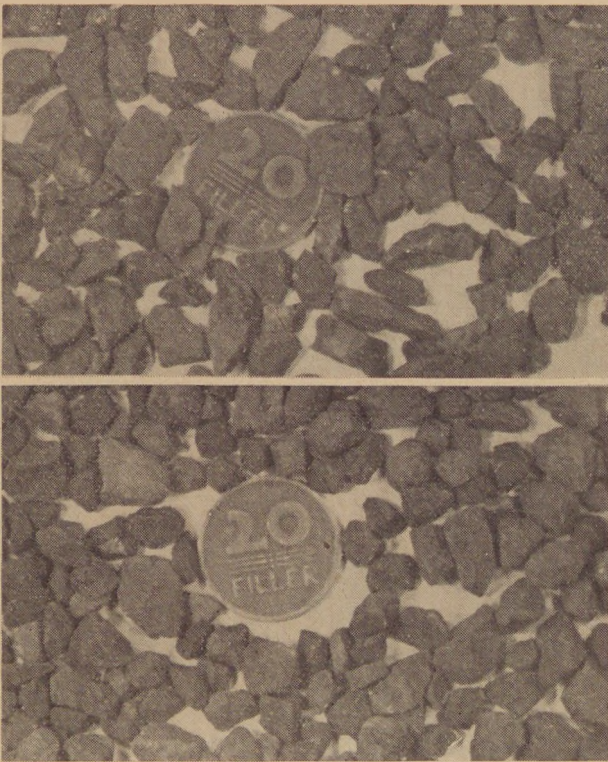
Lent: Tapadást javító szer hatására sértetlenül maradt bitumen bevonat 24 órás vízbenállás után

hogy egy szemcse frakciót több bánya is szállít egy munkahelyre.

Az egyes szemcsefrakciókon belüli szemmegoszlás-változás jelentős, sokszor az előírt szemmegoszlási határokat is túllépő ingadozást okoz az aszfaltgyártásban, amelyek a betonrendszerű burkolatok előállításában nem engedhetők meg. Éppen ezért a zúalékok tervszerű, szakszerű szállítását és tárolását fokozottabb mértékben kell megoldani. A modern aszfaltkeverőgépekkel ezeket az ingadozásokat a minimumra le lehet csökkenteni, de ezek a gépi berendezések a hazai útépitőiparban hiányoznak. Ezen hiány pótlására állandó és szakszerű munkahelyi laboratóriumi ellenőrzést kellene beállítani, amely hivatva volna a szemmegoszlás módosítást naponta többször elvégezni. Sajnos ez az ellenőrzés a legtöbb munkahelyen teljesen hiányzik.

A keverőberendezésben előállításra kerülő aszfaltok ásványi anyagainál sem engedhető azonban meg az, hogy a zúalék poros, agyag és iszap szemnagyságokat tartalmazzon, bár a modern keverőgépek exhausztor (porelszívó) berendezéssel el vannak látva. Esős, nedves időben a por és egyéb agyag-iszapos szennyeződések ugyanis sáros burokkal veszik körül a zúalékszemet, ami a közvetlen tüzelésű szárítódob 180—200 C°-os melegében ráég. Ez a burok a zúalékszemről csak akkor mállik le, amikor a henger, vagy pedig a kész burkolaton a forgalom gyűrő hatása szétmállasztja. Az ilyen góccokon a burkolat-romlás minden esetben megindul.





8. ábra. Fent: NZ 5/10-es nemes zúzalék szemcseformája beépítés előtt  
Lent: A fenti nemes zúzalék szemcseformája 1 évig forgalom alatt álló felületi bevonásból kivonva

b) *Különbő kőanyagok együttes felhasználása.*  
A keverőtelepen elkészített aszfaltoknak (pl. a topekának, bitumaknak) bedolgozás után tömörökre, hézagmentesekre és stabilokra kell lenniük. E két utóbbit a megfelelően megválasztott szemmegoszlás biztosítja, de általában csak akkor, ha a tömörségi érték is megfelelő lesz. A tömörségi értéket, ill. a tömöríthetőséget még ugyanazon szemmegoszláson belül is az aszfalt ún. „bedolgozhatósága”, vagy „kezelhetősége” befolyásolja. Ha például egy bizonyos szemmegoszlást egy bazalt zúzalékalmazából állítjuk össze, éppúgy nehezen betömöríthető lesz, mintha azt folyami kavics és homok frakcióiból készítettük volna el. Ugyanazon szemmegoszláson belül is a „bedolgozhatóságot” az egyes szemcsék alakjai nagymértékben befolyásolják. A kialakult gyakorlat szerint a bedolgozhatóság érdekében a zúzással előállításra került kőanyagok mellett bizonyos % erejéig durva és finom homokokat is felhasználunk. Ezek a gömbölyű felületű homokszemcsék az aszfalt hézagmentességre való tömöríthetőségét lényegesen elősegítik.

A homokoknak is megfelelő tisztasági fokkal kell rendelkezniük, és vonatkozik ez elsősorban az agyag és iszap, továbbá a szerves anyag tartalmára.

A kevert aszfaltoknál a kőzetre tapadó port exhausztorral távolítjuk el. E bizonytalan minőségű — és a kötőanyag alkalmazandó helyes mennyiségének meghatározását lényegesen befolyásoló — poros részeket meghatározott felületű, egyenletes összetételű mészköliszttel cseréljük ki.

A mészköliszt előnyei közé tartozik, hogy bázikus kőzetből lévén, a bitumenek és kátrányok savas karakterű vegyületeivel vegyi kapcsolatot létesít, ezenkívül nagy adhéziós és adszorpciós ereje is van. E tulajdonságainál fogva a kötőanyagot a zúzalék felületén jól stabilizálja.

3. Az elkészített aszfaltburkolatokat általánosságban két csoportba sorolhatjuk az alkalmazott kőanyagok minősítése szempontjából. Az egyik típus a forgalom alatt *utántömörödő aszfaltok*. Ide tartozik a felületi bevonás és az úgynevezett makadámelven felépült burkolatok. Ezek a burkolatszerkezetek elkészítésük után hosszú ideig hézagosak, a hézagokat kötőanyag, vagy esetleg levegő tölti ki. Ezeknek a burkolatszerkezeteknek a vázát két-három zúzottkő és zúzalék szemnagyság kiékelte halmaza alkotja, amely frakciókon belül az alsó és felső szemnagyságok között — amint ezt az előzőekben is említettem — legfeljebb másfélszeres különbség engedhető meg. Az ilyen szemcsehalmazok elkészítésük után hézagosak és a forgalom nyomó és kalapáló hatására (annak gyakoriságának függvényében) fognak aprózódni és tömörödni. A szemcseaprózódás végeredményben hosszabb idő elmúltával a legtömörebb szemcsehalmaz kialakulásához vezet.

A klasszikus makadám elv alapján épült aszfaltburkolatoknál, ha kisebb szilárdságú kőzetet alkalmazunk, amely könnyebben törik, akkor a beépítés után erősebb szemcseaprózódás következik be. Ennek hatására a burkolat gyorsabban tömörödik be és gyorsabban éri el a maximális teherbíró és az igénybevételnek ellenálló állapotot, ha egyébként a kötőanyag az aprózódásból keletkezett új felületeket is be tudja vonni. A burkolat aszfaltrétegében azonban rendszerint ilyenkor — elkészítés után hosszú évek múltával — már nincs elegendő és megfelelő minőségű kötőanyag erre a bevonásra. A szemcseaprózódás mértékének arányában megy tönkre, kátyúsodik ki az ilyen, utántömörödő típusú burkolatszerkezet.

Az utántömörödő aszfaltoknál tehát jobb az olyan kőzet alkalmazása, amelynek szemcseaprózódása nagyobb igénybevételek esetében is kisebb lesz, vagyis a klasszikus makadámstruktúrát hosszú ideig megtartja.

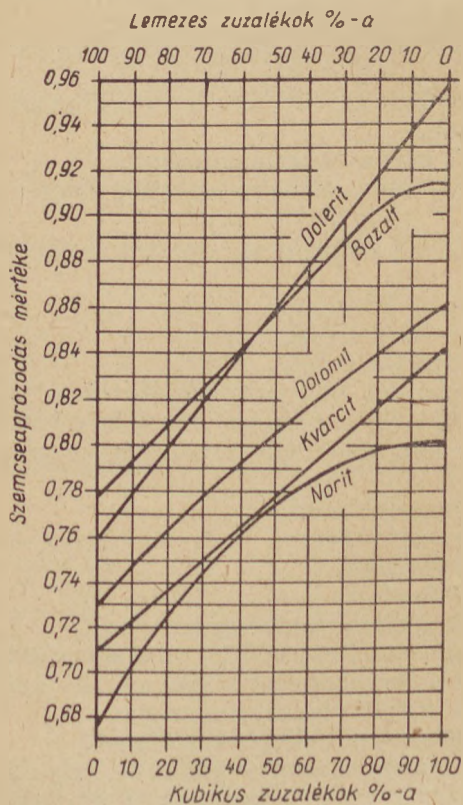
Ezeket a feltételeket csak a kubikus méretű és nagyszilárdságú zúzalékok elégítik ki. Vizsgáljuk meg tehát ezeket a tulajdonságokat.

a) *Kubikus kömért:* Az előbbieken láttuk, hogy az utántömörödő burkolatok kőszemcséi pontszerű felékvéssel, csúcsokkal és élleikkel ékelik ki egymást és így veszik fel a forgalmi terhelést. Nyilvánvaló, hogy ennek az igénybevételnek legjobban a gömb alakú szemcsék felelnek meg. A teljesen gömb alakú szemcsék, pl. folyami kavics, az ilyen burkolattípusoknál azonban nem kívánatosak, mert a legnagyobb hézagtartalmat zárják be maguk közé, amit bitumennel kell kitölteni, továbbá bekötésük, hengerrel való betömörítésük igen nehéz. Éppen ezért a kedvező szemcsealakot kubikus névvel jelöljük. Ezek a kubikus szemcsék — anélkül, hogy a kubikusság számszerű méréséről és értékeléséről beszéljünk — zömök, sokszögű

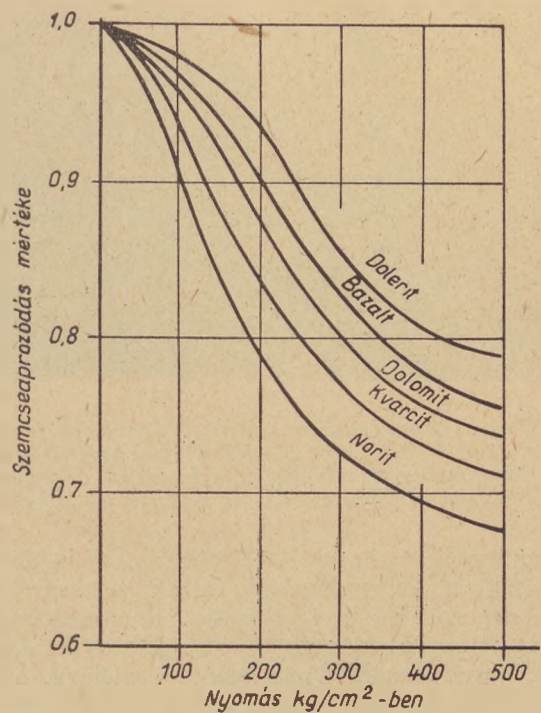


hasáb és kocka alakok. Ilyen kubikus zúzalékot nem akármilyen kötőgéppel lehet előállítani. Természetesen felvetődik az a kérdés, hogy az elméleti megfontolásokon túlmenően a gyakorlatban van-e szükség kubikus zúzalékra? Erre két fényképpel válaszolok. A 8a ábra az egri Útfenn-tartó Vállalat pincepataki kőbányájában elő-állított kubikusnak mondható 5/10 mm-es zúza-lékát mutatja. Ezt a zúzalékot egy kb. 1000 t/napi, tehát kis forgalmú úton építették be felü-leti bevonásként. Egy év múlva a kocsinyomból mintát vettünk. A kötőanyag kioldása után visszamaradt ásványi anyag 5/10 mm közötti szitafrakcióját kiválasztottuk — mivel jelentékeny szemcseaprózódás történt. A 8b ábra ezt a frak- ciót mutatja be. Amíg az előző képen a kubikusság mellett éles éleket és csúcsokat találunk egy-egy lemezes szemcsével, addig ezen a képen csak le- gömbölyödött, él nélküli szemcséket láthatunk. Ha egy kifejezetten lemezes zúzalékot vizsgáltunk volna, akkor a szemcseaprózódás még szemlélte- több lett volna.

A 9. ábra laboratóriumi vizsgálat eredményét mutatja. A vizsgálat úgy történt, hogy egy acél pohárba különböző arányokban azonos szem- nagyságú lemezes és kubikus alakú zúzalékot töl- töttek és azt 500 kg/cm<sup>2</sup> nyomásig felmenően 16-szori nyomópróbának vetették alá. Az igénybe- vétel után az anyagot leszitálták és megállapí- tották a szemcseaprózódás mértékét. Ezt a vizsgá- latot többféle minőségű kőzettel elvégezték és más- más, de egyértelmű eredményt kaptak. Láthatjuk, hogy a kubikus zúzalékok kisebb szemcseaprózó- dást mutattak, bazalt esetében mintegy 8%-ot,



9. ábra. Lemezes és kubikus zúzalék alak hatása a szemcse- aprózódásra



10. ábra. Nyomás hatása a szemcseaprózódásra

norit esetében 19,5%-ot, míg a lemezes zúzalékok sokkal nagyobb, bazalt esetében 22%-ra emel- kedett, norit esetében 32%-ot láthatunk.

b) *Kőszilárdság* : A 9. ábrából már láthatjuk, hogy az utántömörődő burkolatoknál a kubikus kőméret csak az egyik minőségi kritérium, amely- nek párosulnia kell a kőszilárdsággal is. Az előbbi laboratóriumi módszerrel, acélpohárba be- tömörítve, meg lehet állapítani a különféle minő- ségű kőzetzúzalékok szemcseaprózódását, ami gya- korlati szempontból a zúzalék forgalom alatti kőszilárdságának is mértéke lehet.

A 10. ábrában a dolerit, bazalt, dolomit, kvarcit és norit szemcseaprózódását mutatom be.

Szükséges lenne hazai vonatkozásban is végig- vizsgálni a különféle kőbányák zúzalékminőségeit szilárdsági, ill. szemcseaprózódási szempontból. Szükséges lenne tehát magának a módszernek is a kidolgozása.

4. Az elkészített útburkolatok egyik típusa az előbb tárgyalt utántömörődő aszfaltburkolatok, a másik típusa a *tömör kővázalattal rendelkező* aszfalt- burkolatok. Ide tartoznak elsősorban az ún. aszfaltbeton burkolatok.

A tömör kővázalattal rendelkező burkolatok, amint a nevük is mutatja, a forgalom hatására egyáltalán nem, vagy csak lényegtelen mérték- ben tömörödnék. Itt a zúzottkőszemek bitumenes habarcsba vannak ágyazva. A habarcs mészkő- liszt, homok és finom szemmagyságú zúzalékok bitumenes keveréke. A 11. ábra az ilyen burkolat esiszolatáról készült.

Vizsgáljuk meg, milyen igénybevételt kell kielégíteniük az ilyen burkolatszerkezetekben fel- használt ásványi anyagoknak.

a) *Vegyes szemcsealak* : A bemutatott ábrán feltűnik az, hogy a zúzalékok nem kubikusak, sőt úgy tűnik, hogy elég sok benne a lapos, lemezes

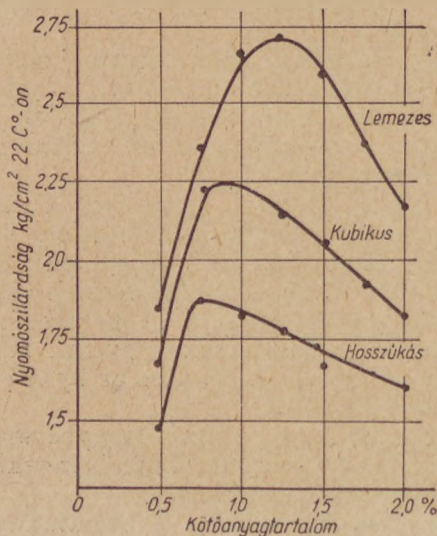




11. ábra. Háromrétegű aszfaltbeton útburkolat keresztmetszete: a két felső réteg zúzalékos finom aszfaltbeton, az alsó teherátadó réteg (binder). A teherátadó rétegben a hosszúkás zúzalékszemesek aprózódása jól látható

szemnagyság. Laboratóriumi vizsgálatok bizonyítják, hogy a bitumenes vagy kátrányos keverékeknel — ha ezek ásványi anyagának szemmegoszlása az ún. betonelvnek megfelel — kívánatos a lemezes és kubikus zúzalékoknak bizonyos aránya. A 12. ábra ezen vizsgálatok eredményeit mutatja. A 22 °C-on mért nyomószilárdság a kötőanyag-tartalom függvényében van ábrázolva. Látható, hogy az optimálisnál kevesebb vagy több kötőanyag rontja a keverék kohézióját. Ha paraméterként az alkalmazott kőszemesek relative hosszúkás, kubikus és lemezes voltát tüntetjük fel, a legteherbíróbb keveréket akkor kapták, ha a zúzalék lemezes volt. (Sajnos ezen kutatások nem teljeseek, mivel az alakméretek nincsenek definiálva számszerű értékekkel, de a konklúzió így is egyértelmű.) Az állandó kövázú aszfalttrétegeknél tehát kívánatos, hogy a zúzalékok jellemző alakja bizonyos mértékig lemezes legyen. Ezen a mértéken túl a lemezes szemnagyságok már aprózódnak a tömörítési munkafolyamatok során.

b) *Megengedhető kisebb kőszilárdság*: Ha az előző aszfaltcsiszolatról felvett fényképet jól megfigyeltük, jól láthatjuk, hogy nincs arra szükség, hogy az egyes kőszemesek nagy nyomószilárd-



12. ábra. A zúzalék szemcseformájának hatása a bitumenes-ásványi keverék stabilitására

ságú kőzetből készüljenek. A nagyobb kőzet-szemcsék egymással nem érintkezve ágyazódnak be a bitumenes habarcsba. A teherátadás nem pontokon, éleken és csúcsokon keresztül történik, mint az utántömörődő aszfaltoknál, hanem a kőzetszemcse egész beágyazott felületén keresztül. Szemcseaprózódás tehát a burkolat belsejében nem fordulhat elő. Ezeknek a burkolatoknak kőzeteit elsősorban a forgalmi *terhelés koptató és kalapáló hatásának* megfelelően kell megválasztani. A DIN, DVM 2100 szabvány a zúzaléknak felhasználandó kőzet szilárdságára vonatkozólag az alábbi adatokat adja meg:

1000 t/nap forgalomig legalább ... 800 kg/cm<sup>2</sup>  
 2000 t/nap forgalomig legalább ... 1000 kg/cm<sup>2</sup>  
 2000 t/nap forgalom felett legalább 1500 kg/cm<sup>2</sup>

Ezek az értékek logikusak. Ha ebből a szempontból megvizsgáljuk a hazai útépitési és kőszabványokat, akkor azokat merevnek és átdolgozandónak kell minősíteni, hogy olyan gazdaságos kőelőfordulások bányászását is meg lehessen kezdeni, amelyeknek zúzalékait az indokolatlan műszaki előírások jelenleg az alkalmazásból kizárják.

Az aszfaltiparban használatos zúzott ásványi anyagok minőségi kérdését összefoglalva megállapíthatjuk, hogy azokat az aszfaltburkolat típusától függően két minőségi csoportba lehet foglalni.

Az első csoportba sorolhatók a peremező eljárással vagy a keverőtelepen készülő, de mindenképpen a forgalom hatására utántömörődő aszfalt típusok, amelyek közé tartozik:

az egy- és többrétegű felületi bevonás, aszfalt- és kátrányzúzalékos szőnyegek, aszfalt és kátránymakadám burkolatok (klasszikus szemcsefelépítéssel), itatott aszfalt és kátránymakadám burkolatok, kötőzúzalékos aszfalt és kátránymakadám burkolatok.

Ezek közúzalékminőség-igénye: egyenletes szemnagyság, szűk szemcsefrakcióval,

nagyfokú kőtisztaság: bőrosság és pormentesség,

kubikus kőméret, nagy kőszilárdság, jó tapadóképesség.

A második csoportba sorolhatók a keverőtelepen előállított, beépítés után a forgalom hatására már nem tömörödő aszfalttrétegek, ezek közé tartozik:

finomaszfaltbeton, durvaszfaltbeton, homokaszfalt, öntöttaszfalt.

Ezek közúzalékminőség-igénye: szemmegoszlást kielégítő szemnagyságok, vegyes szemcse alak: lemezes és kubikus, valamint gömbölyű szemnagyságok, megengedhető kisebb kőszilárdság.

A jelenlegi szabvány (MSZ 14 605) előírásai (2. táblázat) csak a második aszfaltburkolat-típusokat elégítik ki. A gyakorlati életben, sajnos a szállított zúzalékok minősége a szabvány



2. táblázat  
Természetes kövek aprításából nyert zúzalék és zúzottkő szemmagyság szerinti osztályozása  
(M.Sz. 14. 605).

Az adalékanyag			Kisebb	Nagyobb	1 mm	A 0,02 mm-nél kisebb részek (F) mennyiségének felső határértéke súlyszázalék
n e v e	jele	névleges szem- magysága mm	nyílású rostán			
			áteső	vissza- maradó	átcső	
			mennyiség felső határértéke, súlyszázalék			
Finom nemes zúzalék .....	NZ 0/5	0—5	0		40	3
Apró nemes zúzalék .....	NZ 5/12	5—12			10	3
Durva nemes zúzalék .....	NZ 12/22	12—22	**	5	7	1,5
Apró nemes zúzottkő .....	NZ 22/40	22—40			5	
Durva nemes zúzottkő .....	NZ 40/65	40—65			3	

\*\* Szerződésben kőhányánszerű megadandó számérték  $\pm$  eltéréssel, de max 20.

Pl.:  $8 \pm 5 = 13$ , illetve 3.

Pl.:  $17 \pm 5 = 20$ , illetve 12.

előírásaitól gyakran távol áll. Szükséges lenne tehát, hogy az aszfaltútépítő ipar a szabványoknak megfelelő minőségű adalékanyagot kapna.

Az elsőnek felsorolt aszfaltburkolat típusok zúzalékigényeit azonban ezzel az előírással kielégíteni nem lehet. Ezek számára újat kell készíteni, ami pormentes kétszer tört és kétszer rostált kubikus zúzalékot ír elő szűk szemese-frakció-határral. Példaképpen a DIN szabvány előírásait mutatom be. A 3. táblázat felső része egyezik a mi NZ minőségünkkel, az alsó rész előírásainak átvétele is szükséges lenne. Fel kell hívni a figyelmet arra, hogy ezek az anyagok igen tiszta minőségűek.

3. táblázat

## Szemese-csoportok

Egyszer tört és rostált anyagok

Megjelölés	Szemese- csoport	Sztitavizsgálat			
		DIN 1170 szerint mm		DIN 1171 szerint mm □	
Homok .....	0/5	—	7	0	5
Zúzalék .....	5/12	7	15	5	12
Zúzalék .....	12/25	15	30	12	25
Zúzottkő .....	25/35	30	40	25	35
Zúzottkő .....	35/45	40	50	35	45
Zúzottkő .....	45/55	50	65	45	55
Zúzottkő .....	55/65	65	75	55	65

Nemes zúzalékok (többször tört, rostált és portalanított anyagok)

Nemes zúzalék	0/0,6	—	1	—	0,1
Nemes zúzalék	0,6/2	1	3	0,6	2
Nemes zúzalék	2/5	3	7	2	5
Nemes zúzalék	5/8	7	10	5	8
Nemes zúzalék	8/12	10	15	8	12
Nemes zúzalék	12/18	15	22	12	18
Nemes zúzalék	18/25	22	30	18	25

Amikor egy szigorúbb igényeket kielégítő minőségű anyag gyártásának és szabványosításának szükségességét felvetem, fel kell vetni az árkérdést is és a kettőt együtt kell rendezni.

Lehetetlen helyzet az, hogy jó minőségű nemes-zúzalékot csak ráfizetéssel lehessen termelni, ill. emiatt ne lehessen termelni.

Befejezésképpen vázolom az útépítés zúzalék igényének várható alakulását az elkövetkező években.

A 15 éves úthálózatfejlesztési tervben a nemes zúzalék igény állandóan növekszik, vele együtt nő a mészköliszt felhasználás is. Növekedni fog, különösen az első években, a hengerlési zúzottkő igény, mivel a makadampályák korszerűsítésénél azok megvastagítása újabb zúzottkővastagsággal elkerülhetetlen. A hengerlési zúzalék, alapkö és fenntartási zúzottkő mennyisége eleinte növekszik, a fejlesztési terv utolsó éveiben azonban felhasználásuk csökkenni fog.

Nézzük meg részletesebben a zúzalék és zúzottkő felhasználás alakulását százalékban:

	1957. év	1960. év
NZ 0/5	1,2	2,3
NZ 5/12	5,2	5,7
NZ 12/22	2,9	2,6
Z 5/15	9,3	7,2
Z 10/25	20,1	14,0
Z 20/40	17,3	13,0
Z 40/65	34,5	33,6
Z 65/100	9,5	21,6
	100,00	100,00

Ila az egyes frakciók százalékos megoszlását összehasonlítjuk, azt látjuk, nagyobb ingadozás csak a Z 40/65 zúzottkőben van, ahol is 40%-ról 54%-ra emelkedik a szükséglet, a Z 20/40 és Z 10/25 mennyiségek esőknének. Az össz-zúzalék fogyasztás egyébként 50%-kal növekszik.

Most a nemes zúzalék felhasználás százalékait vizsgáljuk meg:

	1957. év	1960. év
NZ 0/5	13,0	22,0
NZ 5/12	56,0	54,0
NZ 12/22	31,0	24,0
	100,0	100,0



Amint látjuk, a nemes zúzalék szükséglet 54—56%-a 5/12-es szemnagyságban jelentkezik, a 0/5 mm-es kb. 22%, a 12/22 mm-es szemnagyságokban a szükséglet kb. 24% lesz.

A bemutatott számok természetesen csak tervezetek, amelyek a gazdasági élet, a rendelkezésre bocsátott hitelek alakulásától függően változhatnak. A százalékos megoszlásban azonban számottevő változás nem várható. A kőbányász szakemberek feladata, hogy ezeket, a szükséglet mennyiségi és minőségi igényeinek megfelelően kielégítsék, az útépítő szakemberek pedig adják meg a tőlük telhető legnagyobb segítséget.

1. A tényleges és tisztázott műszaki igényeknek megfelelő kőszabvány kidolgozása.

2. Olyan aszfaltburkolat típusok építésének növelése, amelyek több 12/22 mm-es, vagy több 0/5 mm-es szemnagyságú zúzalékot használnak és csökkentik az 5/12 mm-es igényt. Erre sok lehetőség van. Az aszfaltburkolat típusoknak olyan széles skálája van, amelyeknek ismeretében a kőbányászat úgyszólván valamennyi termékét (ha azok bizonyos minimális minőségi követelménynek megfelelnek) fel tudja használni. Ugyancsak csökkenthető a 40/65 mm-es zúzottkő szükséglet is.

Például: a felületi bevonásaink zúzalék-igénye 60—70%-ban az 5/12 mm-es zúzalékból áll. Ez a számarány a 12/22 mm-es szemnagyság javára megfordítható, vagyis 60—70% 12/22 mm-es nemes zúzalékot kellene a felületi bevonásoknál felhasználni és 30—40% 5/12 mm-es szemnagyságot. A topeka-aszfaltbeton helyett bitumakaszfaltbetont építhetünk, amikor ugyancsak csökken az 5/12 mm-es zúzalék felhasználása.

Igen nagy a zúzottkő-igény. Erre makadámpályáink megvastagításánál, áthengerlésénél mindenképp szükség van. Sok helyen azonban a 12/22 mm-es és 20/40 mm-es zúzottanyagok felhasználásával készült kevert aszfaltmakadámokkal ez a zúzottkő-igény lecsökkenthető. Ugyancsak zúzottkő-megtakarításhoz vezet az is, ha az új útépítésknél a stabilizált alapra közvetlen fektetünk aszfaltburkolatot. A stabilizált alapok építésében az utóbbi években sok helyen igen komoly eredményt értünk el.

3. Megfelelő minőségű bányák nyitásával, helyi anyagok felhasználásával a hiányzó kőszükséglet feltétlen fedezhető. Milyen új bányákat lehet nyitni: elsősorban megfelelő szilárdságú mészköveket kellene az aszfaltozó ipar szolgálá-tába állítani.

Többrétegű aszfaltburkolatok alsó rétegében a mészkőzúzalék mellett jól használható a rostált, esetleg egyszer tört folyami kavics. Franciaországban, Németországban 5—10 cm-es aszfalt-szerkezeteket készítenek folyami vagy moréna kavicsból.

Pótanyagnak számít a kohósalak, egyes helyeken a nagyszilárdságú dolomit murva is (pl. Veszprém környéke).

4. Teljesen kiaknáztalan aszfaltútépítési lehetőség a homokaszfaltok alkalmazása. Városi utcákban, átkelési szakaszokon, valamint a főközlekedési utainkon nagyobb mennyiségben kellene építeni. Hazánkban igen sok helyen van érdes homok, ami mint helyi anyag felhasználható lenne. A homokaszfaltok építése nagymértékben megnövelné a tiszta 0/5 mm-es nemes zúzalékok használatát is. Az Aszfaltútépítő Vállalat vezetőinek kezdeményezése ez évben biztató eredményeket mutatott fel és így remélhető, hogy a homokaszfaltok elfelejtett technológiája újra gyakorlat lesz.

#### Összefoglalás

A hazai útépítés és útkorszerűsítés — az elmúlt évek pangása és állagleromlása után — fejlődésnek indult. Az építési módok között elsősorban is az aszfaltozó-ipar fejlődik. Jelentősen megnő a nemes zúzalék-igény, amelyet úgy kell minőségben kielégíteni, hogy az útburkolatok élettartama és fenntartása a leggazdaságosabb legyen. A cikk feltárja az aszfaltburkolat, ill. építési mód zúzalékának minőség-igényét. Rámutat a jelenlegi kőszabvány hiányosságára és azokra a kutatási feladatokra, amelyek tisztázására mielőbb szükség van.

Az egyenletes és gazdaságos kötermelés érdekében az úttervezések során a különböző aszfalttípusok között feltétlenül olyan arányokat kell kialakítani, amelyben a kőfogyasztás megfelel a termelésnek.

#### IRODALOM

1. *Fred J. Jenson és Bob M. Galloway*: Retention of Aggregate by Asphalt Surface Treatments. Roads and Streets. 1954. április.
2. *Bernard H. Knight és Réna G. Knight*: Road Aggregates. London 1949.
3. *B. H. Knight*: Über den Einfluss der Gesteinsarten auf die Stabilität von Asphaltmischungen. Journal of Applied Chemistry 1953. március.
4. *Lázár Jenő*: A korszerű útburkolatok közútlék szükségletének biztosítása. Építőanyag 1957. 1. szám.
5. *Dr. Th. Temme*: Über das Verhalten der verschiedenen Gesteinsarten in bituminösen Makadambelägen. Bitumen 1954. március.



# A világ könnyűbeton termelése

SEBESTYÉN GYULA

Az elmúlt 50 év során a könnyűbetonok termelése (ideértve a könnyű adalékanyagok termelését) sok országban jelentős iparággá fejlődött. A következőkben az erre vonatkozó adatokat ismertetem.

## I. Sejtbeton

(Gázbeton, habbeton, gázszilikát, habszilikát.)

A legjelentősebbek közé tartozik *Svédország* sejtbetontermelése. 1929 óta gyártanak Ytong-ot (mészkötésű örölt palát). Az Ytong elnevezés az Yxhult központú „Yxhults Försäljnings A. B.” cég kezdőbetűjét és a svéd *betong* (= beton) szó utolsó négy betűjét egyesíti. Svédországban 6 Ytong gyár működik, 1980 m<sup>3</sup>/nap kapacitással, évi 375 000 m<sup>3</sup>/év összertermeléssel. A legújabb svéd Ytong üzemét 1954 októberében helyezték üzembe Stockholmtól 340 km-re. Kapacitása napi 500 m<sup>3</sup>. A másik nagy svéd sejtbeton gyártó cég a Siporex, amely cementkötésű homok alapanyag sejtbetont gyárt. További svéd sejtbeton (gázbeton) gyártmányok: Durox, Seltong. Az összes svéd gázbeton összertermelés 700 000 m<sup>3</sup> évenként. Ez évenként 0,1 m<sup>3</sup>/lakos termelésnek felel meg.

A svéd Ytong szabadalom alapján építettek sejtbeton gyárakat *Nyugat-Németországban* (Messel, Darmstadt mellett), *Olaszországban*, *Kanadában*. 1955-ben az *USA*-ban is üzembehelyeztek egy napi 76 m<sup>3</sup>, vagyis évi 20 000 m<sup>3</sup> teljesítményű Ytong-üzemet.

Siporex-szabadalom alapján építették át *Franciaországban* a Maise-i mézshomoktéglagyárat („Le Siporex—Maise”). Termelése 100 m<sup>3</sup>/nap, vagyis 30 000 m<sup>3</sup> évenként.

Franciaország további sejtbeton-gyárai:

St. Avold (Mosel),  
Montceau — les — Mines,  
Bonneuil — sur Marne.

Az első két üzem termelése megközelítően azonos a Maise-i gyáréval. A sejtbeton gyártáshoz porszénhamut is felhasználnak. Az utolsónak felsorolt üzem kapacitása kisebb: 60—80 m<sup>3</sup>/nap és ugyanesak porszénhamut használ. Így tehát a négy francia sejtbetongyár együttes napi termelése mintegy 350—400 m<sup>3</sup>.

Siporex-szabadalom alapján létesült az első gázbetongyár *Lengyelországban*. Ezt követően a lengyel építőanyagipar további gázbetongyárakat épített és jelenleg már exportál is komplett gázbetongyárakat, többek között a Szovjetunióknak is.

A nyugatnémet Siporex vállalatok: Siporex Hamburg A. G., August — Thyssen — Hütte A. G., Oberpfälzer Gasbeton GmbH (Amberg) és Siporexwerke Karl Stöhr A. G. (Huttenheim—Bruchsal).

Az első, Európán kívüli Siporex üzem *Mexikóban* létesült mintegy 30 000 m<sup>3</sup>/év kapacitással. Az üzem építése 1953-ban kezdődött. Az első Siporex-öntés 1954 decemberében történt. A be-

ruházás nagyságrendi adatai: 9 millió forint gépi berendezés és 4,5 millió forint építés (30.— Ft) \$ alapon számítva). A gyár 180 000 m<sup>3</sup>/év kapacitását bővíthető.

Siporex üzemek további építését tervezik még *Kanadában* (Montreal), *Venezuelában* (Caracas), *Belga-Kongóban* (Leopoldville).

Nyugat-Németországban a sejtbetongyártás mennyisége:

1952.....	82 800 m <sup>3</sup>
1953.....	171 136 m <sup>3</sup>
1954.....	226 000 m <sup>3</sup>
1955.....	230 000 m <sup>3</sup>

Számos sejtbetongyár működik a *Szovjetunióban*. Ezek többsége autoklávolt cementkötésű habbeton elemeket gyárt. Ilyenek: a Moszkva melletti litkarinói és az Uralban levő bereznyikii habbetongyár.

A bereznyiki habbetongyár nem különlegesen nagy üzem, kapacitása 30 000 m<sup>3</sup>/év, de az itt előállított autoklávolt habbeton-elemek mérete említést érdemel. A gyárban ugyanis többek között 360×160×35 cm méretű habszilikát falpaneleket, 365×145×16 cm méretű vasalt habbeton födémpaneleket állítanak elő. A 35 cm vastag vegyes kötésű habszilikát elemek repedésmentes előállításában azonban ebben a gyárban is nehézségeket okozott.

A gyárak más csoportja mészkötést alkalmaz. Ilyen a tallini szilikáit-gyár.

## II. Könnyű adalékanyagok

Jelentős könnyű adalékanyag gyártó üzemek működnek az *USA*-ban. Az *USA*-ban 1950-ben 190 000 ezer tonna vermikulitot (különleges duzzasztott csillám) és 80 000 tonna perlitet (ugyanesak duzzasztott adalékanyag) termeltek. Az új Jacksonville-i perlitgyárban 5 m magas, 75 cm átmérőjű aknakemencében 130 kg/m<sup>3</sup> térfogatsúlyú perlitet gyártanak. Megjegyzendő, hogy Magyarországon vermikulit előfordulás nem ismeretes; perlit viszont Sátoraljaújhely környékén nagy mennyiségben található.

A duzzasztott vermikulit gyártása az elmúlt 15 évben indult erős fejlődésnek. Vermikulit duzzasztógyárak az *USA*-n kívül még *Kanadában*, *Angliában*, *Franciaországban* vannak.

Perlit duzzasztó üzemek az *USA*-n kívül *Kanadában* is működnek.

A duzzasztott agyag (keramzit) gyártására az *USA*-ban két technológiát használnak: forgókemencés és zsugorító-rácsos technológiát. Az alkalmazott forgókemencék általában 10—45 m hosszúak, 1—2,5 m átmérőjűek, tengelyük dőlése 1,5 mm/m, fordulatszámuk 1—6 fordulat/perc, de optimálisnak a percenként 2 fordulatot tartják. A 10 m hosszú, 1 m átmérőjű forgókemencék ter-



melése 0,5 t/óra; olajfogyasztásuk 102 liter/tonna. Az egyik kaliforniai gyárban 4 darab egyenként 75 m hosszú és 2,5 m átmérőjű forgókemencét állítottak fel. Ottawaban (Kansas) az egyik gyárban 2 darab 37 m hosszú és 2,5 m átmérőjű forgókemencével és két 15 m hosszú, 1,5 m átmérőjű hűtődobbal napi 460 m<sup>3</sup> duzzasztott agyagot állítanak elő. A zsugorító rácsok termelése m<sup>2</sup>-ként 530—900 kg/óra. Kansas Cityben az egyik új gyár 450 m<sup>3</sup> duzzasztott agyagot termel naponként 3 műszakban égető rácson.

New York államban az egyik gyár 1,6 m széles égető rácson napi 450 m<sup>3</sup> keramzit előállítására képes. Az amerikai égető rácsok hossza eléri a 20 m-t.

Az USA-ban működnek kisebb, szakaszos működésű amerikai duzzasztó berendezések is.

Az USA-ban évenként mintegy 2,5 millió tonna habosított kohósalakot (termozit, kohósalaktufa) gyártanak. Clevelandban (Ohio) óránként 240 tonna habsalakot gyártanak levegő, gőz és levegővel porlasztott víz együttes alkalmazásával. Az elfogyasztott 3,5 atmoszférás gőz mennyisége 4,5—9 t/óra, illetőleg 510—1100 m<sup>3</sup>/óra, az elfogyasztott víz mennyisége 108—270 m<sup>3</sup>/óra.

Az USA-ban az évenként kibányászott 300 000 tonna kovaföld mintegy egyötödét is könnyűbeton adalékként felhasználják.

Angliában 1956-ban kezdte meg a működését az egyik londoni hőerőmű (Battersea) mellett egy porszénhamu-szemecéket előállító üzem. A porszénhamut ferde síkú forgótárnyérban granulálják (szemesézik) és aknakemencében agglomerálják.

A keramzit egyéb megnevezései: Porensinter, Blähton, Haydit (felfedezője Hayde után), Leca („light expanded clay aggregate” kezdőbetűiből); Nyugat-Németországban 1955 októberében indult meg Hennstedtben (Schleswig-Holstein) egy keramzit gyártó üzem. Továbbá még egy üzem építését Kielben tervezték. Három év óta működik Hollandiában forgókemencés keramzit-üzem mintegy 7500 m<sup>3</sup> évi termeléssel (1954. évi adat). Dániában három nagy üzem évi 250 000 m<sup>3</sup> keramzitet gyárt.

A Szovjetunióban 1955-ben mintegy 300 000 m<sup>3</sup> keramzitet állítottak elő.

Csehszlovákiában Pozsonyban indult meg az első forgókemencés keramzit üzem.

Kohóhabsalakot Európa számos országában gyártanak: Német Demokratikus Köztársaság, Ausztria, Nyugat-Németország, Franciaország, Anglia stb. Franciaországban a „Société d'Exploitation des Laitiers de Longwy” Uckange-ban, Thionville közelében gyárt angol szabadalom alapján habsalakot.

A Szovjetunióban többféle berendezéssel gyártanak habsalakot. A legújabb üzem Zaporozsijében épült meg évi több százezer tonna habsalak gyártására.

Magyarországon még számottevő könnyűbeton termelés nincs. Az eddigi gyártás adatai az alábbiak. A Parafakőgyárban 1955-ben 660, 1956-ban 720 m<sup>2</sup> gázsilikátból készült elemet gyártottak. A gyártás 1957-ben szünetelt a csak kísérleti gyártással foglalkozó üzem átalakítása miatt.

Tömör pernyebeton falpanel 1955-ben 2710 m<sup>3</sup> készült. Ennek nagyobb része az I. sz. Épület-elemgyárban, kisebb része a Csepeli Erőmű melletti üzemben; 1956-ban 4300 m<sup>3</sup> pernyebetonból készült falpanelt gyártottak az előbb említett két gyártási helyen.

A budapesti Fogarasi úti üzemben habosított mészpernyeelemeket gyártottak, éspedig 1955-ben 750 m<sup>3</sup>-t, 1956-ban pedig 450 m<sup>3</sup>-t.

Könnnyű adalékanyagot számottevő mennyiségben eddig még hazánkban nem gyártottak. Az egy lakosra jutó könnyűbeton termelés ezek szerint 1956-ban fajlagosan 200-szor nagyobb volt Svédországban, mint Magyarországon.

#### FORRÁSOK

- Betonstein-Zeitung, 1954. 8. szám 348—349. oldal.  
 Pedro Albin: First Siporex plant in Mexico (Rock Products, 1955. december).  
 И. Л. Ковельман: Производство и применение газосиликатных изделий „литон” за рубежом (Бюлетень строительной техники, 1956. № 7.).  
 Роспокий: Ячееные бетоны (Механизация Строительства, 1956. № 3.).  
 Г. Кузнецов: Теплоизоляционная промышленность в шестой пятилетке (Строительные материалы, 1956. № 9.).  
 И. А. Ковельман: Вермикулит и его применение в строительстве за рубежом (Бюлетень строительной техники, 1956. № 9.).  
 W. Stanzak: Porensinter (Bauzeitung, 1956. szeptember 17.).  
 Die Produktion der künstlichen Bausteine in der Bundesrepublik von 1952. bis 1955. (Betonstein-Zeitung 1956. augusztus.)  
 Л. Ф. Янкелев: Легкие заполнители для бетона (Строительная промышленность, 1956. № 4.).  
 Siporex — Tagung in Duisburg (Betonstein-Zeitung, 1957. január 1.).  
 E. G. Kistenmacher: New building — techniques in Western-Germany. (Prefabrication, 1954. április.)  
 В В Перегудов: Производство легких керамических заполнителей для бетона (Городское хозяйство Москвы, 1956. № 10.).  
 Ф. К. Почтарев, Ф. К. Манжура и М. Я. Кривицкий: Завод строительных конструкций из ячеистых бетонов (Строительная промышленность, 1956. № 1.).  
 L' équipement mécanique, 1956. december.  
 К. Н. Steinicke: Leca — Blähton (Bauwelt, 1957. IV. 29.).



# A betontömörítés egyes különleges kérdései

CSUTOR JÁNOS

A vibrációval végzett betontömörítés rohamos térhódítását az utóbbi 20 év alatt a beton-technikában bekövetkezett fejlődés egyik legjellemzőbb tényezőjének tekinthetjük.

A vibrációnak betonok bedolgozásához történő alkalmazását az a felismerés indította el, hogy a szapora rezgéshatásoknak kitett friss beton tömörödik. E felismeréstől természetesen hosszú idő telt el addig, amíg a tömörítést célzó rezgéshatást és annak mozgástani jellemzőit tudományos kísérletekkel alátámasztott kapcsolatba sikerült hozni a beton egyes jellemző adataival. Röviden: amíg kialakult az erre vonatkozó elmélet.

Ennek ellenére sem mondható, hogy ma már a vibrációs betontömörítés elméleti síkon egyértelműen tisztázott lenne, különösen hazai és gyakorlati szempontból nem. A rendelkezésre álló — túlnyomórészt külföldi — kísérleti eredmények sokszor csak elvi jelentőségűek és a gyakorlati életbe vagy csak nehezen, vagy egyáltalán nem ültethetők át.

Napjainkig a vibrációs betontömörítés területén végzett kutatómunka — röviden összefoglalva — általában az alábbi kérdések tisztázása köré csoportosul:

1. Hogyan hozható kapcsolatba a rezgés
  - a) frekvenciája,
  - b) amplitúdója,
  - c) gyorsulása és sebessége

a beton

- d) adalék-szemszerkezetével, illetve maximális szemmagyságával,
- e) cementtartalmával,
- f) víz-cement-tényezőjével, ill. konzisztenciájával?

2. Mi az optimális vibrálási időtartam adott jellemzők esetében?

A gyakorlat szempontjából mind az 1., mind a 2. pont alattiak a maximális betonszilárdság — mint végső cél — elérése érdekében érdekesekek. A maximális betonszilárdságot emellett elsőrendűen fontos gazdasági érdekek miatt elvileg minimális cementfelhasználással kell elérni. A beton végszilárdsága — köztudomásúan — alapvetően függ a tömörítés jóságától és emiatt ez a probléma — kapcsolatban a cementfelhasználással — a betontechnika egyik lényegesen fontos területévé vált.

Nem célunk az eddig elmondottakat tovább részletesen elemezni, mert e témát minden idevágó szakkönyv kimerítően tárgyalja. Ehelyütt csupán a beton- és épütelelemgyárak gyakorlatában mindennap jelentkező kérdést kívánunk kissé behatóbban megvizsgálni, előrebocsátva még a következőket:

A vibrációs betontömörítés gépei tekintetében viszonylag éles határ húzható a magas- és mély-építőipar és a beton- és épütelelemgyárak gyakorlata között. Az előbbi túlnyomórészt tű-, lap-, illetve zsaluvibrátorokat alkalmaz, míg az utóbbi

esetben a vibrátorok általában ismét kétféle módon, de az előbbitől lényegében különbözően kerülnek alkalmazásra:

1. Speciális elemgyártó gépekbe beépítve (pl. blokkgyártógépek, mozaiklapgyártógépek, csőgyártógépek stb.)

2. olyan helyeken, ahol az elemgyártás cél-gepekkel nem valósítható meg: vibrátorasztalok formájában.

Mivel a mai értelemben vett betontömörítő vibrátorokat kezdetben csak az építőipar alkalmazta, természetes, hogy azok a vibrátortípusok alakultak ki először, amelyek közvetlenül az építőipar speciális igényeinek kielégítésére voltak alkalmasak. Ezek a már felsoroltak. Mindhárom közös tulajdonsága, hogy a szerkezetbe beépített rezgés-gerjesztők által előállított harmonikus rezgéseket lényegesen nem érintő torzítással viszik át közvetlenül a betonra, vagy — zsaluvibrátor esetében — az ezzel együttrezgő elemformára.

Ezért érthető az is, hogy a vibráció elmélete — mondhatni — tiszta harmonikus rezgések figyelembevételével épült fel és a gyakorlat szempontjából lényeges összefüggésekben is kizárólag ezek szerepelnek, amit az alábbi táblázat is bizonyít: (Karl Bramberger: Vibrováni betonu c. könyvéből).

Az adalék maximális szem- nagysága .....	10	20	30	
A percnkénti optimális rezgésszám .....	6000	3000	2000	
Percnkénti rezgésszám ..	1500	3000	4500	6000
Szükséges amplitúdó minimum (cm) .....	0,03	0,10	0,006	0,004
Szükséges gyorsulás minimum (cm/mp <sup>2</sup> ) ....	230	1000	1260	1500
Szükséges sebesség minimum (cm/mp) .....	5,5	3,3	2,8	2,5

A táblázatban látható értékek mind olyanok, amelyek közvetlenül csak harmonikus rezgések esetében számíthatók. Mérésük bonyolult és pontatlan. Mint harmonikus-rezgés értékek viszont csak a vibrátorszerkezet rezgésének jellemzésére vonatkoztathatók. A betonelemgyárakban kialakult — végső fokon teljesen gépesített — technológiai eljárások és gépsorok jellegéből kifolyólag viszont az esetek többségében a tömörítést vibrátorasztalokkal végzik. Mivel pedig — általános-ságban — a vibrátorasztalhoz a tömörítendő elem formája nem rögzíthető, a beton effektív rezgése nem lehet harmonikus rezgés, amit az elemforma „ugrálása” szemmel is láthatóan bizonyít. Ezt az elmélettel foglalkozó szakkönyvek rendszerint csak az „ugrálás” tényének meg-



említésével veszik figyelembe anélkül, hogy a kérdés részletesebb vizsgálatába bocsátkoznának.

A közölt táblázat — de az egyéb elméleti adatok is — ezzel szemben eléggé egyértelmű kapcsolatot mondanak ki a rezgésjellemzők és a beton tulajdonságai között, ezért ezek betartása miatt a tömörítendő elem formáját a vibrátorasztalhoz rögzíteni kellene, mert hiszen másképp harmonikus rezgés-kép nem biztosítható. Itt most mellékkérdés, hogy a megfelelő rögzítőszerveket megszerkeszteni nem könnyű, ilyen szerkezet alkalmazása pedig mindenképp a munkáütem rovására történhet csak, s ez a nagyüzemi sorozatgyártásban nem elhanyagolandó szempont. A hangsúly azon van, javulna-e a beton minősége az elmélet adta adatok betartása mellett, együttrezgés esetében, vagy nem, lehetne-e ezáltal a cementadagolás mértékét csökkenteni, vagy nem. Ha igen, a rögzítőszerveket okozta hátrányokat érdemes volna vállalni. (Esetleg csökken a vibrálási idő.)

A jelenlegi gyakorlat szerint a beton előírt minőségi jellemzőit együttrezgés nélkül is el lehet érni és ez számos szakembert arra a következtetésre birt, hogy a témával nem érdemes foglalkozni. Még ha e felfogás helyességét el is fogadjuk, noha vitatható, fennáll az előbbieken vázolt tény, hogy ugyanis az eddig ismert elméleti irányelvek vibrátorasztalok esetében — ha a tömörítendő elem sablonja rögzítetlen a tömörítés során — közvetlenül nem érvényesek.

Ezt alátámasztandó a következőkben megkíséréljük az „ugráló” forma kétségtelenül igen bonyolult mozgását elvileg nyomon követni, másrészt a kapott eredményeket kísérleti adatokkal illusztrálni.

A vizsgálat könnyebbé tétele érdekében két egyszerűsítést alkalmazunk:

1. Nem vesszük figyelembe a vibrátorasztal rugóinak rezgést torzító hatását,

2. feltesszük, hogy az asztal mindenkor a teljes terhelésből számítható amplitudóval rezeg.

Feltevésünk jogosultságát igazolja

ad 1. a rugóhatás figyelembevételével meghatározott amplitudónövekedés mértéke, amely a gyakorlatban használt asztaloknál elhanyagolható. (Lásd részletesen többek között Szikszay: A beton tömörítése c. munkában.)

ad 2. A terhelt és terheletlen asztal amplitudóinak viszonya nincsen kihatással a frekvenciára és ezért azt az időtartamot, amíg az elemforma nem mozog együtt az asztallal, nem befolyásolja. S mivel célunk tájékoztató összefüggést nyerni, az ellenforma, ill. a beton rezgésszámának megváltozására, az asztal amplitudójának növekedése abban a pillanatban, amikor a sablon elválik az asztaltól, szempontunkból közömbös.

Ezek előrebocsátása után legyenek adva az alábbi adatok:

1. *A vibrátorra nézve:*

$G$  = az excentrikus tömeg súlya, kg,

$e$  = az excentrikus tömeg excentricitása, cm,

$p = G \cdot e =$  a vibrátor ún. kinetikai nyomátéka, kg cm,

$Q =$  az asztal súlya, kg.

2. *A tömörítendő elemre nézve:*

$S = M_1 \cdot g =$  a beton és forma együttes súlya, kg.

3. *A mozgó rendszerre nézve:*

$S + Q = P$  a mozgatandó összsúly, kg.

További jelöléseink a szokásos módon.

$A_0 = p/P = G \cdot e/P$  cm, az amplitudó maximális értéke,

$A = A_0 \cdot \sin \omega t$  cm, az amplitudó pillanatértéke,

$v_0 = A_0 \cdot \omega$  cm/mp, a rezgés sebességének maximális értéke,

$v = A_0 \cdot \cos \omega t$ , a rezgés sebességének pillanatértéke,

$a_0 = -A_0 \cdot \omega^2$ , a rezgés gyorsulásának maximális értéke,

$a = -A_0 \cdot \omega^2 \sin \omega t$ , a rezgés gyorsulásának pillanatértéke,

$\omega =$  a rezgés szögsebessége 1/mp.

Ha mármost az elemformát a vibrátorasztalra csupán rátesszük, de vibrálás közben nem rögzítjük hozzá, akkor a forma csak addig követheti az asztal rezgéseit, vagyis csak addig lenghet együtt vele, amíg az  $S$  súly és a  $T = a_0 \cdot M_1$  tehetetlenségi erő együttes hatásaként jelentkező ún. pályanyomás zérusnál nagyobb. Az asztalt terhelő váltakozó nagyságú nyomóerő ugyanis

$$N = S + T = M_1(g - A_0 \cdot \omega^2) \quad (1)$$

A határeset annál az  $\omega_h$  szögsebességnél következik be, amelynél  $S = T$ , vagyis

$$M_1(g - A_0 \omega_h^2) = 0 \quad (2)$$

Innen

$$\omega_h = \sqrt{\frac{g}{A_0}} \text{ 1/mp} \quad (3)$$

A gyakorlatban  $\omega$  kivétel nélkül mindig nagyobb, mint  $\omega_h$  mert a külföldön a betontömörítésnél már előírásként szereplő és hazai viszonylatban is elfogadott

$$A_0 \omega^2 = 4g$$

gyorsulásviszonyt be kell tartani s az asztalokat ennek az összefüggésnek figyelembevételével szerkesztik. Azaz  $S < T$ . Ezért a kapcsolat az asztal és a forma között az

$$a_0 \cdot \sin \omega t = -g \quad (4)$$

értéknél (a negatív előjel csupán ellentétes irányt jelez) szükségképpen megszakad a

$$t = \frac{\arcsin \frac{g}{a_0}}{\omega} \text{ mp} \quad (5)$$

időpillanatban.



Ebben a pillanatban a forma felfelé irányuló sebessége (5) figyelembevételével

$$v = v_0 \cdot \cos \left( \arcsin \frac{g}{a_0} \right) \text{ cm/mp} \quad (6)$$

Az ezzel a sebességgel felfelé lökött sablon

$$h = \frac{v^2}{2g} = \frac{v_0^2 \cdot \cos^2 \left( \arcsin \frac{g}{a_0} \right)}{2g} \text{ cm} \quad (7)$$

utat fut be,

$$t_1 = \frac{v}{g} = \frac{v_0 \cdot \cos \left( \arcsin \frac{g}{a_0} \right)}{g} \text{ mp} \quad (8)$$

időtartam alatt.

Ugyanazt a nívószintet, mint amelyikről a sablon függőlegesen felfelé lökve elindult, szabadon esve természetesen szintén  $t_1$  idő múlva éri el, de a kapcsolat a két test között csak abban az esetben áll helyre ezen a nívószinten, ha a rezgés periódusa  $2t_1$  időnek egész-számú többszöröse. Egyébként a sablon az asztalra vagy e nívó felett, vagy alatt esik vissza.

A sablon visszaesése ütközés jellegű s az ütközés okozta mozgásviszonyok konkrét matematikai vizsgálata a számos alig számbavehető mozgásállapot fellelése miatt túl bonyolult és a gyakorlat szempontjából kevésbé érdekes.

Mindaddig, amíg a forma az asztallal nem érintkezik, mozgásának képe az idő függvényében parabola. Erre tekintettel megrajzolható a következő diagramsor:

A diagramsor azonnal elárulja, hogy az asztal harmonikus rezgése igen nagymértékben eltorzul és a betont ez a torz rezgés tömöríti. E torzulás miatt a harmonikus rezgőmozgásra jellemző „amplitudó“, „frekvencia“ és „rezgésszám“ fogalmakat a forma periodikus, de szabálytalan mozgására csak bizonyos átvitt értelemben lehet alkalmazni.

Az asztal rezgésének csupán két első periódusára elhanyagolásokkal megrajzolt diagramok a formamozgást illetően csak egyetlen „periódus“ szabatos vizsgálatát teszik lehetővé. Sőt a sablon

viSSzaesésének helye és az ezen a helyen fennálló ütközési és mozgásviszonyok csak konkrét esetben határozhatók meg, mivel az általános számokkal megrajzolt diagramokba a parabola tetszőleges értékekkel helyezhető be. A következő formamozgás-periódus viszont szorosan függ attól, hogy az ütközés „A“ helye az asztal kilengésábráját melyik részén éri el. Az ütközés „A“ helyén azonban konkrét esetben a forma és az asztal  $v_1$ , ill.  $v_2$  sebessége a diagramból mindenkor lemérhető és ezért az ütközés utáni állapot bár elhanyagolásokkal, de számítható.

A gyakorlati szakembert azonban nem az érdekli, hogy a formamozgás időbeni lefolyását kinetikailag minden pillanatban ismerje, hanem legalább tájékoztató jelleggel következtetéseket tudjon levonni a harmonikus rezgőmozgáshoz viszonyított torzulás mértékére. Így képet tud alkotni arról, hogy az irányadó elmélettől a gyakorlat milyen mértékben tér el.

Ezért diagramjainknak az első két periódusra vonatkozó és matematikailag még viszonylag könnyen követhető adatait statisztikus közép, ill. átlagértéknek tekintve megállapítható, hogy

1. az amplitudó  $h/A_0$  mértékben megnövekszik,

2. a szemlélet is bizonyítja, hogy a forma az asztal rezgésszámától különböző rezgésszámmal végzi mozgását. Az asztal egy teljes rezgésének ideje

$$\tau = \frac{60}{n} \text{ mp,}$$

ha  $n$  a percenkénti asztal-rezgésszám. Ebből a  $\tau$  időből

$$\tau_1 = \frac{30}{n} \text{ mp}$$

esik valamelyik (le, vagy fel) irányban történő mozgásra. Ugyanakkor a forma mozgásában egy fel, ill. lefelé tartó mozgás a (8) alatti  $t_1$  idő alatt zajlik le. Tehát a forma rezgésszáma:

$$n_1 = \frac{30}{t_1} / \text{perc} \quad (9)$$

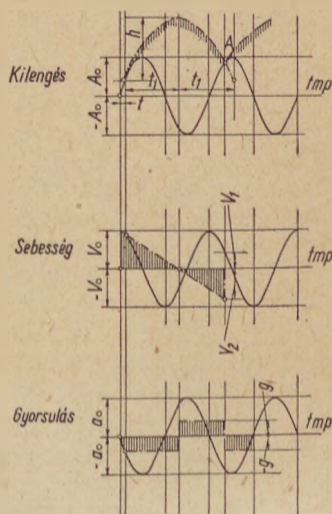
összefüggésből jó közelítéssel számítható.

3. Az elmélet a betontömörítés jóságára nézve a gyorsulást kiemelten hangsúlyozza és konkrét gyorsulás-értékeket ad meg, mint optimumokat. Megállapítható, hogy a gyorsulás nem rögzített forma esetében a tömörítési időnek csupán töredéke alatt éri el az előírásszerű  $4g$  értéket, egyébként csak  $g$ .

Az eddigi fejtegetésekhez — további következtetések levonása előtt — célszerű egy számpéldát kidolgozni.

Legyenek adva a következő adatok:

Az excentrikus súly	$G = 9,2 \text{ kg}$
Az excentricitás	$e = 2,02 \text{ cm}$
Az asztal súlya	$Q = 100 \text{ kg}$
A vibrálandó súly	$S = 280 \text{ kg}$
A percenkénti rezgésszám	$n = 2800/\text{perc}$



1. ábra



Az egyéb jellemzők rendre (közölt jelöléseinkkel és képleteinkkel számolva, de a számítást nem részletezve):

$$\omega = 293/\text{mp}; A_0 = 0,049 \text{ cm}; V_0 = 14,35 \text{ cm}/\text{mp}; \\ a_0 = 4200 \text{ cm}/\text{mp}^2$$

$$\frac{a_0}{g} = 4,28 > 4.$$

Az együttlengés határszögsebessége  $\omega_k = 141/\text{mp}$ , vagyis az elválás még nem következik be, ha a fordulatszám  $n_k = 1345/\text{perc}$ .

Az elválás időpillanata

$$t = 0,00081 \text{ mp},$$

a sebesség ebben a pillanatban  $v = 13,8 \text{ cm}/\text{mp}$ . Az ezzel a sebességgel felfelé lökött forma megtett útja

$$h = 0,097 \text{ cm}.$$

Az emelkedés ideje pedig  $t_1 = 0,0141 \text{ mp}$ , vagyis a forma rezgésszáma  $n_1 \approx 2120/\text{p}$ , azaz a rezgésszám csökkenése kerekben 25%! Az amplitudó megnövekedése pedig

$$\frac{h}{A_0} = 1,97,$$

gyakorlatilag tehát kétszeres.

A tömörítőrezgések eltorzulásának elvi megállapítása után a 4. sz. Épütelelemgyárban kísérlet-sorozatot hajtottunk végre annak tisztázása érdekében, hogy

1. a rezgéstorzulás kihatással van-e a beton végszilárdságára. A gyakorlat szempontjából ez a legérdekesebb kérdés. Más jellemző érték vizsgálatát a kísérletekből ki kellett rekeszteniünk, megfelelő felszerelés hiányában.

2. Ha igen, a jelenség milyen mértékben jelentkezik.

3. Az egész kérdéskomplexum vajon használható-e a cementmegtakarítás területén a vállalat szempontjából.

A kísérletekhez sorozatosan gyártott  $80 \times 80 \text{ cm}$  asztallapméretű (a 3. sz. Építőgépgyártó V. széria gépe) vibrátorasztalt használtunk olyanformán, hogy egyszerre két próbakockát tömörítettünk rajta, amelyek közül az egyiket az asztalhoz rögzítettük. A felhasznált beton jellemzői mindenkor az alábbiak voltak:

Szemszerkezet:	1. osztályú,
Max. szemnagyság:	20 mm
Cementadagolás:	300 kg/m <sup>3</sup>
Vízcementtényező:	0,41
Tömörítési idő:	1 perc

Egy-egy keverék mennyiségét úgy választottuk, hogy tíz db. próbakockához elegendő betont kapjunk, s így 5—5 egyszerre készülő rögzített és nem rögzített tömörítésű kockát nyerjünk.

A kockákat az előírásoknak megfelelően kezeltük, tároltuk és törtük.

A kísérlet-sorozat a következő táblázatban feltüntetett és sok tekintetben nem várt eredményt szolgáltatotta:

1. Nem feltétlenül következik be — mint várható lenne — hogy a rögzített kocka nagyobb szilárdságú mint a nem rögzített: a vizsgált összesen 40 eset közül 11 esetben (kerekben 25%) a nem rögzített kocka adott nagyobb szilárdsági értéket. A vizsgálati esetek viszonylag kis száma azonban nem teszi lehetővé, hogy a 75%-ot (mint magasabb szilárdsági értéket jelentő százalékot) általánosítani lehessen.

2. Ezzel szemben mind a matematikai átlag képzésénél, mind pedig az MSZ 16 030 előírásai szerint számított mértékadó szilárdsági értékek meghatározásánál a rögzített kockák általában jobb értéket adtak, mint a nem rögzítettek. (Egy matematikai átlagot kivéve.)

3. A készített beton térfogatsúlyának alakulására a rögzítés gyakorlati kihatással nem volt. A kocka súlyának 19 kg feletti, ill. alatti része ugyanis egyrészt oly kis eltéréseket képvisel, hogy gyakorlati jelentősége nincsen, másrészt ezen belül is olyan mértékű szórást mutat, amelyből következtetéseket levonni illuzórikusnak tűnik.

Fenti konkrét megállapítások mellett fennáll, hogy az ismertetett kísérlet-sorozat-adta eredmények a kísérleti kockák kis száma miatt nem általánosíthatók. A rögzítés — s ezzel harmonikus rezgések keltette mozgásviszonyok — betartásából, ill. megvalósításából származó szilárdságnövekedés statisztikus értelemben ennek ellenére bizonyítottan vehető. Ennek közvetlen gazdasági kihatása a cementadagolás csökkentésének elvi lehetőségében rejlik. E tény még akkor is jelentékeny olyan nagy cementfelhasználók esetében, mint bármelyik épütelelemgyár vagy cement-áruipari vállalat, ha a m<sup>3</sup>-kénti cementadagoláscsökkenés csupán pár kg-ot tesz is ki. Ilyen kis mértékű súlycsökkentésre viszont nagyüzemben csak ömlesztett cement használata és ennek mechanizált mérése esetében van gyakorlati lehetőség.

E gazdasági előnyök mellett részletes vizsgálatot igényel annak megállapítása, hogyan lehet célszerű és feltétlenül üzembiztos rögzítő-szerkezeteket konstruálni és a rögzítés művelete a sorozatgyártási ütemet milyen mértékben befolyásolja.

Csak az így — mindkét oldalról — kellően mérlegelt összehasonlítás adhat aztán képet arról, hogy gazdasági eredmények konkrétan mutatkoznak-e. A kísérlet-sorozat elvi oldalait illetően megállapítható a továbbiakban, hogy a vibráció elméletét a telepített vasbeton- és betonelemgyárak gyakorlata által felvett szempontok miatt módosítani szükséges. Ez az állítás még akkor is bizonyított, ha a kis számú kísérleti értékből adódó statisztikai adatok a jelen esetben elvileg is elégtelenek messzemenő elméleti következtetések levonására.

A tárgyalt témakör által felvetett kérdéseket egy cikk keretében reménytelen kísérlet lenne megválaszolni. Az esedékes elméletmódosítást sem lehet egy gyár feladatkörébe sorolni. Ezért e cikknek sem lehet más feladata, mint felhívni a



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sorszám	Rögzített kocka szilárdsága kg/cm <sup>2</sup>	Kockasúly kg	Matematikai átlag kg/cm <sup>2</sup>	MSZ 16030 szer. mért szilárds. kg/cm <sup>2</sup>	Nem rögzített kocka szilárdsága kg/cm <sup>2</sup>	Kockasúly kg	Matematikai átlag kg/cm <sup>2</sup>	MSZ 16030 szer. mért szilárds. kg/cm <sup>2</sup>	Megjegyzés
14 napos korban törve									
1.	230	19,11	221,4	219	252	19,19	224	201	
2.	244	19,21			215	19,36			
3.	205	19,45			190	19,43			
4.	228	19,63			202	18,87			
5.	200	19,36			264	19,66			
6.	215	19,15	271,8	228	175	19,00	191,4	190	
7.	212	19,26			185	19,20			
8.	250	19,10			200	19,10			
9.	245	19,10			202	18,70			
10.	237	19,20			195	19,00			
21 napos korban törve									
11.	400	19,40	292	196	365	19,42	260	123	Kiugró kocka értékek elhagyásával számolva
12.	296	19,20			356	19,35			
13.	180	18,90			207	19,09			
14.	265	19,20			172	19,07			
15.	318	19,35			200	19,50			
28 napos korban törve									
16.	370	19,61	336,4	320	302	19,42	279,2	277	
17.	305	19,46			255	19,35			
18.	320	19,37			287	19,53			
19.	330	19,52			282	19,42			
20.	357	19,28			270	19,53			
21.	300	19,70	332,6	310	275	19,65	261,4	220	
22.	362	19,05			300	19,45			
23.	308	19,25			250	19,65			
24.	318	19,15			295	19,35			
25.	375	19,44			187	19,38			
26.	372	19,20	342	310	277	19,15	325	288	
27.	345	19,32			292	19,30			
28.	330	18,90			410	19,40			
29.	355	19,40			298	19,00			
30.	310	19,53			355	19,00			
31.	425	19,35	406	370	372	19,20	388	336	
32.	370	19,42			425	19,35			
33.	430	19,73			336	19,50			
34.	378	19,15			405	19,30			
35.	432	19,38			405	19,28			
36.	408	19,50	362	310	272	19,40	334	297	
37.	356	19,52			400	19,60			
38.	456	19,48			300	19,35			
39.	300	19,10			376	19,30			
40.	295	18,80			323	19,00			



figyelmet arra, hogy a beton- és vasbetonelemgyárak gyakorlata szempontjából tekintve, a hazai tudományos kutatómunka e téren rendkívül elégtelen. Pedig bizonyára valamennyi hazai beton- és vasbetonelemgyár támaszkodna szívesen az ugyancsak hazai elméleti eredményekre, főleg a műszaki fejlesztés területén végzett tevékenység során. Ezért az illetékes kutatóintézetek feladatkörébe a mainál lényegesen nagyobb mértékben

kellene beilleszteni azokat a témákat, amelyekből a beton- és vasbetonelemgyárak gyakorlata számára születhetnének iránytmutató elméleti eredmények.

#### IRODALOM

*Pattantyús Á. Géza*: Gépészeti lengésstan.  
*Szikszay Gerő*: A beton tömörítése.  
*Bramberger*: Vibrováni betonu.

## Könyvismertetés

*Kitajgorodszkij*: Technologie des Glases. A szovjet eredetiből átültette; Dr. Winkler J. Jena. Kiadja: VEB Verlag Technik, Berlin és R. Oldenburg Verlag, München. 724. oldal, 300 kép, 83 táblázat.

A Kitajgorodszkij professzor és 14 munkatársa által szerkesztett és megírt könyvet, amely 1951-ben jelent meg Moszkvában, nem szükséges lapunk olvasóival megismertetni, mert a magyar fordítás megjelenése alkalmával lapunk 6. évfolyamának 6-ik számában részletes ismertetés és méltatás jelent meg. Most, amikor a könyv német nyelven is megjelent, újra vissza kell térnünk a könyv érdemeinek méltatására.

A német fordító teljesen elütő elv alapján ismerteti a német szakkörök számára a szovjet könyvet. Míg ugyanis a magyar fordító és lektorok szigorúan és hűen ragaszkodtak az eredeti szovjet szöveghez, addig a német fordító azt átdolgozta. Ennek következtében az eredeti szöveg bizonyos változásokon ment keresztül. Azok a részek, amelyek kizárólag csak a szovjet olvasókat érdeklik, elmaradtak, viszont az eredeti szövegben szereplő, csak a Szovjetben használatos gépek és eljárások az ismert német és nyugati iparban bevált gépekkel és eljárásokkal kiegészültek.

A képanyag is tetemes változáson ment keresztül. Az eredeti könyvben kevésbé jellemző képek helyett olyan képek szerepelnek, amelyeket a jénai gyárban vettek fel, vagy Jøbsen—Marvedel könyveiből vettek át. A gépek képeit a VEB Glasmashinebau Freital és a Lynch Corporation modern gyártmányainak képeivel helyettesítették. Viszont több képet, amelyek nem adnak kellő felvilágosítást szerepükről, elhagytak.

A nyersanyagok ismertetésénél lábjegyzetben megemlítik a német lelőhelyeket, vagy azok hiányát.

Az anyag beosztását az eredeti könyv szerint megtartották, de tízedes beosztással áttekinthetőbbé tették. Az irodalmi adatokat német szerzőkkel és műveikkel kiegészítették és részletes tárgymutatóval a könyv használatát megkönnyítették.

Kitajgorodszkij professzor a német kiadáshoz bevezető sorokat írt. Hangsúlyozza, hogy könyve megjelenése óta öt év telt el, amely alatt a nemzetközi kulturális és szakmai viszonyok nagymértékben megváltoztak. E javulás első jelei az 1956-i párisi nemzetközi üvegipari konferencián világosan megmutatkoztak. 1951-ben a különböző országbeli szakemberek még nem eléggé ismerték meg és méltányolták egymás műveit és tudományos eredményeit. Így Dietzel, Douglas, Long, Peyches, Stevels, Turner stb. munkásságát a szovjet tudomány és ipar nem vette kellőképpen tekintetbe. Elégtételként szolgálhat azonban, hogy könyvének német átdolgozása és megjelenése Kelet és Nyugat között közvetítő szerepet játszik. Köszönetet mond a német átdolgozónak, hogy megjegyzésekkel, rövidítésekkel, elhagyásokkal és toldásokkal, valamint a képanyag tökéletesítésével a munkát értékesebbé tette és reméli, hogy a német kiadás élénk tapasztalateszerésre és nyilvános kritikai tárgyalásokra fog alkalmat adni.

A kiadók azzal ajánlják a német könyvet, hogy ahhoz hasonló üvegipari szakkönyv német nyelven még nem jelent meg.

Szakirodalmunkat a német „Kitajgorodszkij“ egy korszerű, alapos, tárgyilagos és a közép-európai szakirodalomban hűzágpótló kézikönyvvel gazdagította, amelyet szakembereink a magyar kiadás mellett hasznosan és tanulságosan vehetnek igénybe.

*Dr. Knapp Oszkár*

## Lapszemle

### A SZTEKLO I KERAMIKA, Moszkva, 1957. XIV. k., 6. számából

*Dubrovskij, V. A.*: Az üveglvadék útja a kádkemencében (p. 1—6, á. 2, g. 2).

A stroncium 89 izotóp alkalmazása indikátorként folyamatos üveghengerről kádkemencében végzett vizsgálatkor. A kádkemence jellemzői és a benne lejátszódó folyamatok leírása. A vizsgálatok kimutatták, hogy a jelzett atomok módszere mindenféle kiegészítő eszköz nélkül lehetővé teszi a medencében levő üveglvadék állandó keveredése tulajdonképpen útjának felderítését, valamint az üveglvadék áramlásának irányítását.

*Dubina, N. I.*: Az üveglvasztás technológiájának kérdései (p. 5—8).

A kádkemence megfelelő működési rendszerének alapvető tényezője mindenek előtt a nátrium-szulfát és a redukáló-szer aránya a keverékben, amely az olvasztás technológiáját és jellegét be-

folyásolja. Hatással vannak ezen kívül az üveg olvasztási folyamatára a szulfát és a redukálószer mennyisége a keverékben, a kemence nyomása, valamint az atmoszféra jellege.

*Tuh, J. J.*: Az elhatároló esónakok felállítására a kemencében (p. 8—9).

Véleménykülönbségek a határoló esónakoknak kemencében való felszereléséről (a „Szteкло i Keramika“, 1957., 3. számában a határoló esónakok beállításáról szóló cikk egyes megállapításainak helytelenítése).

*Sztaszevics, N. N.*: Hajszálrepedések képződésének okai a fazekas mázban (p. 9—14, á. 5, t. 4, g. 1).

Különböző kísérletek alapján megállapították, hogy a fazekas mázban képződő repedések alapvető oka nem a mázréteg és a cserép különböző duzzadási tényezőiben, hanem a máz mikrostruk-



tűrőjében, vagyis abban, hogy a keverék fő komponensében a szilíciumdioxidban kristályrács van jelen, kereshető. A repedezésképződés magyarázható emellett még a mázkeverék különleges összetételével, a máz szerkezetének változásával, valamint a máz öregedésével.

*Ejremov, G. L.:* Az agyagos részecskék formájának és elhelyezkedésének hatása a gyártmányok zsugorodására (p. 14—17, á. 6, t. 1).  
A részecskéknek a masszában való elrendezésük jellegétől függően a kerámiai gyártmányok különböző irányban történő zsugorodása nem egyforma. Minél több részecske rendeződött el a masszában

formázáskor, annál nagyobb a minták hossz- és keresztirányában megnyilvánuló zsugorodáskülönbség. A táblázatból kiténik, hogy a zsugorodás mértéke a részecskék ásványi összetételétől és méretétől függ. A zsugorodást a hidrált hártya vastagsága is meghatározza.

*Suliko, L.:* Mázás burkolólapok Csehszlovákiában (p. 26—28, á. 2, t. 1).  
A burkolólapok jellemzőinek ismertetése. A burkolólapok nyersanyaga. A felhasznált adalékok ismertetése. A lapok gyártási folyamatának leírása.

## A SZTEKLO I KERAMIKA 7. számából

*Konovarov, V. V., Csicssetkin, V. I., Zalizinjak, D. V.:* Üvegkeverékek termikus előkészítése (p. 1—6, á. 1, t. 2, g. 9).

Az üvegkeveréket előzetesen hőkezelik és a kemencét 800—900° hőmérsékleten zsugorított anyagokkal táplálják. Ezzel az eljárással elérhető az anyagok olvadási idejének csökkentése, valamint az üvegolvastás gyorsítása. Ez a körülmény viszont lehetővé teszi a kádkemencék teljesítményének növelését.

*Kitaigorodszkij, I. J., Artamonova, N. V.:* KSz-16 és KSz-18 típusú hőálló üvegek (p. 7—8, t. 2)

A hőálló üvegek (nagy szilíciumtartalmú bór-szilikát, üvegek, és nagy tímföldtartalmú üvegek, továbbá a különleges csoportot alkotó kvarcoid és kvarszerű üveg) szintézise.

*Vargin, V. V., Kraszotkina, N. M.:* Bevont tejuvegből készült gyártmányok repedéseinek okai (p. 8—11, g. 3).

A tejuvegek hűtéskor megfigyelt jelenségek jellegének tanulmányozása (hőkitérjedés, lágyulási hőmérséklet, a különböző kristályok kiválása).

*Pavluskin, N. M.:* A zsugorított korund szilárdsága (p. 14—17, t. 7).

A különböző típusú zsugorított korund nyomószilárdságának meghatározásával, valamint a közönséges, eszszolt és maratott felületű minták nyomószilárdságának meghatározásával kapcsolatban végzett kísérletek leírása.

*Zajonc, P. M., Rahnan, Sz. A.:* Kerámiai massa tároló medencéknek és vegyipari berendezéseknek tömör eseréppel történő előállításához (p. 17—20, t. 4, g. 1).

A samott felváltása porcelántörmelékkel, vagy kaolinnal. A kísérleti masszák elkészítésének és vizsgálatának leírása.

*Delikiskin, Sz. N.:* A kemencék tüzelőanyagfelhasználásának szabályozása a porcelán égetésekor (p. 20—22, t. 1, g. 3).

A tüzelőanyagfelhasználás szabályozása az égési folyamat stabilizálása által (a kemence mindegyik tűzterében meghatározott mennyiségű tüzelőanyag kényszerű adagolása). A kemenceműködés egyéb paramétercinek egyidejű stabilizálása. Az égetési folyamat ily módon való szabályozásának eredményei: jelentős tüzelőanyagmegtakarítás, selejtcsökkenés, a termék minőségének javulása, az égetési ciklus lerövidülése, a munkaviszonyok könnyebbé válása, személyzetesökkenés lehetőség, az égetés automatizálása.

*Vjalurin, P. N., Gurevics, L. R.:* A mikroesizsolású por őrlésének és osztályozásának ésszerű sémája (p. 23—25, á. 5).

Az elektrokorund új őrlési rendszerének ismertetése zárt őrlési ciklusban, kúpos osztályozók alkalmazásával. Az elektrokorund-mikroesizsolású por előállítását szolgáló horizontális hidraulikus osztályozó ismertetése.

## 8. számából

*Brehovszkij, Sz. M.:* Nagy mennyiségű bizmutot és ólmot tartalmazó üvegek (p. 1—4, t. 2, g. 5).

A szerző megvizsgálta a  $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-PbO-SiO}_2$  rendszerbe tartozó üvegeket és meghatározta néhány szintetikus üveg tulajdonságait.

*Kitaigorodszkij, I. V., Blinov, V. A.:* A titánüveg, mint a kondenzátorok dielektrikumja (p. 4—7, t. 2, g. 4).

Az üvegkondenzátorokhoz legalkalmasabb üveg a nagy dielektromos állandóval és kis dielektromos veszteségekkel rendelkező üveg.

*Alejnikor, F. A.:* A esizsolás főbb mutatóinak meghatározása kölesönös esizsolási módszerrel.

A esizsolófej nyomása, forgási sebessége, a esizsolópor szemecskéinek mérete, valamint az üveg esizsolási folyamatának alapvető mutatói közötti összefüggés megállapítása. A kölesönös esizsolási módszernek, mint a esizsolás alapvető technológiai mutatói meghatározására szolgáló express-módszernek az ismertetése.

*Budnikor, P. P., Mescedlov Petroszjan, O. P.:* A tégláégetés „pirokatalitikus módszerrel” (p. 11—13, g. 2).

A „pirokatalitikus módszer” — kísérlet a tégláégetés folyamatán különleges hőmérsékleti rendszerben le-

játszódo fiziko-kémiai folyamatok elméleti meg-alapozására. A cikkírók véleménye erről a módszer-ről.

*Popov, I. N., Jamakov, I. Ja.:* Az elektromos porcelán-gyártmányok formázása elektromos árammal (p. 13—20, á. 7, t. 1, g. 9).

Három lehetséges eljárás ismertetése a porcelán-masszának a fémfornától való elválásztására — 1. egyenárammal, 2. váltakozó árammal, 3. váltakozó árammal, kondenzátor bekapcsolásával. E módszerek előnyei és hátrányai.

*Szmirnov, V. P.:* Folyamatok működésű, leegyszerűsített szerkezetű hűtő kemence (p. 20—21, á. 1, t. 1).

A kemence működésének leírása és vizsgálati eredményeinek ismertetése.

*Lecsenko, M. I., Vinogradov, M. A.:* A gömbüveg vágására szolgáló gép (p. 22—23, á. 1).

*Toporkona, A. A.:* Lapok égetése többesatornás tokos kemencében (p. 26—27, t. 1, g. 1).

Az égetés biztosítja a lapok intenzív áthevítését, továbbá lehetővé teszi a rövid zsugorodási tartományú agyag felhasználását a lapok előállításához. A sokesatornás kemence működésének leírása.



## SZTEKLO I KERAMIKA

### 9. számából

- Orlova, M. P., Polljak, V. V., Tikacsinszkij, I. D.:* Az olvasztásgyorsítók fokozzák az üvegolvasztó kemencék teljesítményét (1—4, á. 1, g. 1)  
A fluoridok, mint üvegolvasztásgyorsítók, (fluorvegyületek, folyópát, nátriumfluorszilikát alkalmazása). A fluoridok hatása: az üvegmassa hatásfokának növelése (0,75-ről 0,812-re). Az előállított üveg mennyiségének növekedése; a kemence teljesítményének fokozódása, a tüzelőanyagfogyasztás csökkenése.
- Szpiridonov, A. Sz., Bel'mina, V. V.:* A nátriumfluorszilikát alkalmazása az üvegolvasztás gyorsításához (p. 4—5).  
Az olvasztásgyorsítók alkalmazása. A „Velikij Oktjabr” üzem kád-kemencéjének leírása. A nátriumfluorszilikát alkalmazásával járó hátrányok és előnyök.
- Cserebatenko, L. V.:* Megnövekedett kemence teljesítmény (p. 5—6, á. 1).  
Új üvegolvasztó kemence építése a bitosevzki üveggyárban. Működésének leírása. Üvegolvasztás-gyorsítók alkalmazása. Az olvasztás fokozásának különböző módjai.
- Zaharikov, N. A., Mazaeva, O. L.:* Az üvegolvasztó kemencék tűzterének magassága (p. 6—12, á. 1, g. 3, b. 1).  
A tűztér magasságának jelentősége (gázmozgás, a gázréteg hőmérséklete). A hideg gázréteg hátrányos hatása. Kísérletek a boltozat magasságának a hőátadására irányuló hatásával kapcsolatban. Kísérleti berendezés leírása. A kaloriméterek hideg és forró felületével kapcsolatos kísérletek eredményei. A kemencetérben való hőeloszlás jellege különböző boltozatmagasságban. A boltozatmagasság csökkentésének avagy növelésének jelentősége. Jó minőségű tűzállóanyagok előállítása.
- Obuhov, V. P.:* Az automatizálás bevezetése — a kád-kemencék jobb működésének szükséges feltétele (p. 13).
- Kukolev, G. V., Korol, A. N.:* Felületaktív adalékok alkalmazása a kerámiai gyártmányok plasztikus előállításakor (p. 14—17, t. 2, g. 6).  
A technológiai folyamat megjavítása és a kerámiai

gyártmányok minőségének javítása. A felületaktív adalékok helyes kiválasztása. Különböző kaolin- és agyagszuszpenziók víztartó képességének vizsgálata. Egyes adalékok optimális koncentrációjának ismertetése. Kísérletek laboratóriumi szalagos présen.

- Lundina, M. G.:* Az agyag dehidratációja (p. 18—21, á. 1, t. 1).  
Jó minőségű, de szárítással szemben érzékeny agyag előállítása soványító adalékok bevitelével vagy a kiindulási nyersanyag természetes tulajdonságainak megváltoztatásával. Legjobb eredmények viszont az agyag dehidratációja által. A dehidratáció fogalmának pontos meghatározása. A különböző agyagok kerámiai, tulajdonságainak változásait a dehidratáció folyamán táblázat ismerteti. A dehidratált agyagnak adalékként való felhasználása. A szárítás ideje lecsökkenhet 2—4-szeresére. Az aggregátum kiválása az agyag hőkezeléséhez. Szárítás alagútkemencében. A vizsgálati eredmények összegzése.
- Pevzner, P. L.:* Az agyagok humusztartalma (p. 22—24, á. 1, t. 1, b. 1).  
A kerámiai termékek égetésénél alkalmazott új módszer, a „pirokatalikus módszer” szerves anyagok leírása. A humuszképződés tanulmányozása. A humuszsav meghatározása és részletes tanulmányozása. Az agyag humusztartalmának meghatározási és elemzési módjai. Különböző humusz-csoportok felsorolása.
- Vadova, M. V., Levcsenko, M. I.:* A pegmatit granulometrikus összetételének hatása az üveg minőségére (p. 25).  
A tűzálló agyagnak pegmatittal való felcserélése. Kísérleti üvegolvasztás finomra őrölt pegmatit alkalmazásával, ennek előnyei és hátrányai.
- Ol'sevszkij, B. N.:* Építészeti művészeti gyártmányok téglagyagból (p. 27—29, t. 2).  
Téglagyagból, gipszformákban való öntési módszer alkalmazásának ismertetése. Az agyag-öntőpép komponenseinek és a cserép jellemzőinek leírása.

### 10. számából

- Brehovszkij, Sz. M.:* Ipari üveg a Szovjetunióban (p. 7—11, á. 4, g. 1).  
Az üvegiparnak az ipari üveg területén elért fejlődése a cárizmus bukása óta. Az üveg csiszolása és fényezése automatizált, konvejeres, szalagrendszerű gépsorokon; a folyamat leírása. Az 1953-ban készített első szovjet csiszoló és fényező konvejer működésének ismertetése. A biztonsági üveg (triplex és sztalinit), a fényszűrők, a jelző és fénytechnikai üveg jellemző tulajdonságainak rövid ismertetése. Az üvegesövek gyártásának fejlődése; az előállítási folyamat leírása, alkalmazási lehetőségei. Az üvegszál sikeres széleskörű alkalmazása. A habüvegnek és kvarcüvegnek, mint új és értékes építőanyagoknak a jellemzése. Az üvegyártás gépesítése, új üvegolvasztó kemenceszerkezetek és új tűzállóanyag-típusok kidolgozása.
- Bondarev, K. T.:* A konsztantinovi „Avtoszteklo” üveg sikerei (p. 22—28).  
Az üzem történetének rövid leírása. Sikeres üvegolvasztás az újjáépített üzemben. Arzénpentoxid, cériumdioxid és különböző cériumpreparátumok bevitelére a keverékbe az üveg áttetszőségének fokozására. A csiszolati és fényezési folyamat intenzifikálása. A gépesítés terén elért sikerek. A sztalinit (edzett üveg) előállítása. A triplex előállításában beállott változások az utóbbi 25 év

folyamán. Új hatásos hőszigetelő anyag — a habüveg előállítása.

- Litvakovszkij, A. A.:* Ablaküvegyártás a Szovjetunióban (p. 17—21, á. 1, t. 1).  
A forradalom előtti Oroszország üvegyártásának elmaradott állapotának ismertetése. Az első gépesítési kísérletek 1911—1912-ben. A forradalom utáni nagyarányú fejlődés. Az ablaküveg gyártásának különböző módjai. Az üvegolvasztó kemencék rekonstrukciója. A helyes üvegösszetétel megválasztása. Az üvegolvasztó kemencék teljesítményét fokozó legjobb módszerek ismertetése. Olvasztásgyorsítók alkalmazásának jelentősége. A csónak nélküli üveghúzás módszerének kiterjesztése.
- Garcman, B. M.:* Az építészeti kerámiaiipar a szovjet hatalom éveiben (p. 22—28, á. 2, t. 4, g. 2).  
A kerámiaiipar helyzete a forradalom előtti Oroszországban. Az építészeti kerámiaiipar fejlődésének főbb mutatói a Szovjetunióban. Az építészeti kerámiaiipar átalakítása és az új termelési-technikai bázis megteremtése. A termelés fokozása és tökéletesítése. Az építészeti kerámiaiipar fejlődésének távlatai a hatodik ötéves tervben. A munka termelékenységének fokozása és a termék önköltségének csökkentése.
- Zugoresik, M. M.:* A szovjet üvegipar helyzete a 40 év alatt (p. 29—32).



A SZTROITEL'NIE MATERIALI, Moszkva, folyóirat,  
1957. évf. 8. számából

- Nikolaev, A.*: Az előregyártott vasbeton gyártásának és alkalmazásának állandó növelése (p. 3—6, á. 4).
- Hodorov, E., Koszarcova, V.*: Zsugorodó anyagok égetése lebegő rétegben (p. 12—14, á. 1).  
Az új klinkerelőállítási mód specifikus körülményeinek kidolgozása. A lebegő rétegben való égetés technológiájának ismertetése.
- Mirovorszkij, Sz., Guckov, E.*: Habbetongyártmányok ipari előállítása (p. 15—19, á. 7, t. 1).  
A habbeton-falazótömbök gyártástechnológiájának ismertetése. A különböző falazóanyagok és falszerkezetek technikai-gazdaságossági szempontból való összehasonlítása.
- Patrik, Sz.*: Az agyag átrákása és pihentetése — mint a téglá minőségét javító eljárás (p. 19—21, á. 4, t. 1).
- Gavrilkín, A.*: Szétszedhető szekrényes forma az öntött eséréphez (p. 21, á. 2).  
Az öntött mészhomok cserép formázására szolgáló egyszerű szerkezet ismertetése, és alkalmazásának előnyei.
- Neprohjaszsj, N.*: A forgókemencék gyors kijavítása (p. 24—25).  
Javító vállalatok alapítása, a cementgyárak egyes részlegeinek modern gépekkel való felszerelése. A két szakaszban történő javítási folyamat leírása.
- Dorofeev, P.*: A nem érees anyag-bányákban működő gépezetek ésszerű kihasználása (p. 26—28, á. 3, t. 1).  
A bányamunkák komplex gépesítésének ismertetése. Az exkavátorok működése és javítása.
- Arzanuhin, A.*: A cementmalmok teljesítményének fokozása (p. 28—29, á. 1).  
Csehszlovák mérnökök javaslata. Az eljárás előnyei.
- Bugrim, Sz.*: Egy téglakészítő berendezés korszerűsítése (p. 29—30, á. 2).  
Az agyagátdolgozó és formázó gépek korszerűsítésének eredménye: nagy technikai-gazdaságossági mutatók elérése, a karbantartási viszonyok megjavulása, a dezintegrátor-tengelyek teljesítményének fokozódása.
- Ipat'eva, V., Kosztjuk, B.*: Nagyszilárdságú gipsz előállítása főzőüstökben (p. 31).  
Új technológia kidolgozása. A nagyszilárdságú gipsz alkalmazása.
- Jankelev, L.*: A hőszigetelő anyagok gyors gőzölése és szárítása (p. 33—34, t. 2, g. 1).  
Együttes gőzölés és szárítás. Az új eljárás előnyei: a hőfelhasználás csökkenése, a külön szárító berendezés szükségtelenné válása, valamint a gyártmányok szilárdságának fokozódása. Az új szárítási eljárás kinetikájának tanulmányozása.

9. számából

- Lopovok, L.*: Alkalmazzunk modern anyagokat a tömeggyártásban (p. 16—19).  
Új falazóanyagok (keramzitbeton, habkeramzit, habszilikát, ásványi vatta) és könnyű adalékok (keramzit, aglaporit) alkalmazásának kérdése. Új homlokzati kerámiai gyártmányok, finom falazókerámia és mozaiklapok gyártásának jelentősége. Korszerű konyhaberendezések, új fürdőkád és tusolótípusok (ún. „ülő” fürdőkádak és tusoló-aljzatok) kidolgozása. Farostlapok (esetleg szintetikus gyanta hozzáadásával préselve), azbeszt-cementlapok alkalmazása. Különböző üvegyártmányok ismertetése.
- Kolomnin, G.*: Előregyártott alacsony épületek építése (p. 21—24).  
Alacsony falúak széleskörű építése, ennek magyarázata, előnyei. Új épületípusok kiválasztása gazdaságosság, anyagfelhasználás, befektetett munka stb. figyelembevételével. Az épületszerkezetek kérdése (a vázas szerkezetek előnyei). Helyi anyagok felhasználásnak jelentősége.
- Smidt, L.*: A fibrolit előállítása kis vállalatoknál (p. 25—26, á. 1).  
A fibrolitnak mint új építőanyagának a jellemzése. Alkalmazási lehetőségei, és az ebben rejlő előnyök. A fibrolit előállításához használt anyagok ismertetése. A fibrolitgyártás alapvető technológiai paraméterei, és a folyamat részletes leírása.
- Timkín, P.*: Hogyan érhető el nagyobb klinkerhozam (p. 27—29).  
A forgókemence megtöltése előtt végzett ellenőrző vizsgálatok (a tűzállóanyagok és a fűvókák ellenőrzése), a belés és az anyag hevítési intenzitásának helyes meghatározása. Égletes egy távolabbi, hosszabb zónában. Az elsődleges levegő adagolásának és nyomásának csökkentése. A füstelszívók üzembiztosításának kiküszöbölése. A nyerskeverék megfelelő minőségének biztosítása. A technológiai fegyelem betartása.
- Mojsesz, Ju. A.*: Az autoklávok ésszerű kihasználása nagyméretű szilikáttömbök előállításakor (p. 29—31, á. 3, t. 2).  
A főbb gépesportok nem megfelelő kihasználásának hátrányai. Különböző autokláv-megtöltési együtthetők felsorolása egyes üzemekben. A szilikáttömbök ésszerű elhelyezése az autoklávokban. Áttérés a hosszirányú-kombinált formák alkalmazására a keresztirányú kombinált formák alkalmazására (a tömbök függőleges elhelyezése). E módszer előnyeinak ismertetése. Az ilyen formákkal szemben felállított követelmények.
- Iooszi, H.*: Az ipar irányításának kérdései új körülmények között (p. 32—34).  
Az ipar és az építés irányításának átszervezése az Irszt Szövetséges Köztársaságban. Legfontosabb célkitűzések: szilikáitból előregyártott házak építése, a nyersanyagvizsgálattal kapcsolatos munkálatok összpontosítása, az aknakemencék szerkezetének tökéletesítése stb.
- Csubarov, G.*: A téglakirakás és szállítás különböző módszereinek viszonylagos hatásossága (p. 35—37, t. 4).
- Kuznecov, A.*: Nagyteljesítményű mészégető kemence (p. 38, á. 1).  
A kemence részeinek leírása és működésének részletes ismertetése. Működésének előnyei.
- Vasbetongerendák folyamatos formázása (p. 38).**  
Tömör és üreges vasbetongerendák megszakítás nélküli formázása egy amerikai formázógépen. A gép működésének leírása.

10. számából

- Szadomskij, F.*: Az építőanyagipar helyzete 40 év alatt (p. 4—9, á. 4).  
Az építőanyagipar múlt és jelenlegi helyzetének összehasonlítása. A cementipar területén elért eredmények számszerű szemléltetése minőségi és mennyiségi szempontból egyaránt. Az előregyártott vasbeton-előállítás jelentősége. A vasbeton szerkezetek és elemek megnövelt előállított mennyisége 1950-t és 1957-et összehasonlítva. A nagy kezdőszilárdságú cement előállításának fontossága. A hazai palaipar fejlődése (azbesztcement ipar). A rotációs tetőszigetelő anyag előállításában és



alkalmazásában az utóbbi években elért eredmények. A gipsz- és kerámiapár, valamint az üvegyár szerepe a lakóházépítkezésben. Új termelési ág, a standard házépítő ipar jelentősége és eredményei.

*Budnikov, P.*: Szovjet tudósoknak a szilikátok területén végzett munkássága (p. 13—17).

Üvegyár (p. 25, á. 1).

Természetes gáz alkalmazása a Szaratovi körzet-

ben lévő technikai üvegyár üvegolvasztó kemencéjében. A kemence működésének leírása. Az elért eredmények ismertetése.

**Korszerű gépek a szilikáttégla üzemekben** (p. 31).

Automata-nyersanyagadagoló szerkezet beállítása, amelynek segítségével elkerülhető több munkáigényes folyamat, továbbá lehetővé válik a sajtolóberendezés jobb kihasználása. Új vagonkirakó készülék a mészkiórákás gépesítésére.

## A „Sklár a Keramik“ Praha, folyóirat 1957. évf.

### 8. számából

*Schneider, K.*: A szilikonok, lényegük és ipari felhasználásuk (p. 227—228).

A szilíciumdioxid előfordulása és felhasználása az üvegyiparban. Kémiai úton előállított szilíciumvegyületek. A szilikonok felosztása három csoportba fizikai-kémiai szempontból. A szilikonolajok, szilikongyanták és szilikongunik, s ezek ipari felhasználása.

*Nosek, J., Krepelka, J.*: Vízzagaldkodási kérdések az üvegnek savval történő esiszolásakor (p. 228—229, t. 1).

Az üveg esiszolásához és maratásához használt savak. A szennyvizek savtartalma. A szennyvizek összetétele és mennyisége. Savvesztés elpárolgás következtében. A szennyvizek elvezetése. A szennyvizek befolyása a közüzemi vízvezetésekre. A fluoridok néhány tulajdonsága. A szennyvizek savtartalma és semlegesítése.

*Vykouk, V.*: Az üvegvezetékek méretei (p. 230—232, á. 1, t. 3, b. 5).

Az üvegvezeték méreteinek megválasztásakor

számbajövő tényezők. A gazdaságos üvegvezeték tervezése és a figyelembe vett energiavesztések. A vezetékben szállítandó anyag tulajdonságai és ennek hatása. Az üvegvezetékek előnyei és a méretek meghatározása és szabványosítása. Az egyes fajták és méretek a különböző iparágakban. Az üvegesövek falvastagságának meghatározása. Az üvegesöveknél megengedett feszültségek figyelembevétele, az egyes értékek táblázatos összehasonlítása.

*Turek, M., Bednar, S.*: Thermokémiai folyamatok az égetéskor. A láng elméleti maximális hőmérsékletének számítása (p. 233—234, á. 1, t. 3, b. 11).

A 7. számban közölt cikk folytatása.

A generátorgáz kémiai összetétele és a teljes elégetéshez szükséges oxigén mennyiség. Égetési hőmérsékletek különböző legfőlelegek alkalmazásakor. A láng elméleti maximális hőmérsékletének kiszámítása. Thermokémiai megfontolások, kémiai reakciók és a reakció hőjének ismertetése a hőtechnikai eljárások szempontjából.

### 9. számából

*Trojek, M.*: A nagykereskedelmi árváltozások befolyása az üzem gazdasági mutatóira (p. 254—255). Az üveg és kerámiái termékek nagykereskedelmi árainak elemzése. Az árki alakulás hatása az egyes vállalatok gazdasági működésére. A nagykereskedelmi árak újabb szabályozása 1958-ban. Veszteséges gyártmányok. A nagykereskedelmi árak szabályozása és a normalitívák megalkotásánál figyelembe vett tényezők. Az új árak befolyása az önköltség kialakulására és a gazdasági mutatókra.

*Schneider, K.*: Szilikonok az üvegyiparban (p. 255—258, á. 2, t. 1, b. 14).

Az üvegyipari felhasználásra alkalmas szilikonok tulajdonságai. Az üvegyártás egyes fázisaiban felhasznált szilikonok. A szilikonemulziók felhasználása az üvegyipari formáknál, az üvegfelület védelére, az üvegtéglák kötésére, a laboratóriumi és egészségügyi üvegek felületi kezelésére. A síküveg bevonása szilikonmázzal. A szilikonok felhasználása a vákuumelektrotechnikában.

*Kugler, V.*: A tükör minőségi vizsgálata (p. 258—261, á. 4, t. 1).

A tükör ellenállóképessége a környezet különféle hatásaival szemben. A tükör tulajdonságainak vizsgálata és mérése. Ezüstfonsorozás vastagságának mérése. A mérési folyamat ismertetése. Az ezüstreteg ellenállóképességének fokozása galvanikus eljárással felvitt rézrétegekkel. A réteg-

vastagság mérése kolorimetrikus eljárással. Különböző védőrétegek és ezek vizsgálata.

*Kucera, M.*: A műanyagiparban felhasznált üvegfonal gyártmányok (p. 262—265).

Az üvegfonal felhasználási területei. Az üvegfonal felhasználása a műanyagiparban. Az üvegfonal műszaki jellemzői, húzószilárdsága, rugalmassági modulusa, térfogatállósága, hő- és tűzállósága, kémiai ellenállóképessége stb. A műanyagipari felhasználásra gyártott üvegfonalgyártmányok. Az üvegfonalak mikrobiológiai immunitása és ennek jelentősége a gyógyszeriparban.

*Hezky, V.*: A porcelánmassza folyósítása optimális mennyiségű vízzel (p. 265—272, á. 12, t. 17, b. 11).

A porcelánmassza kémiai összetétele. A víztartalom csökkentése 12%-kal képlékeny anyagok alkalmazásával, illetve szerves anyagokat tartalmazó képlékeny anyagokkal. Az elektrolitek megválasztása, kémiai összetétele. A nagyobb víztartalom kedvezőtlenül befolyásolja a gyártási eljárást és a készgyártmányok minőségét. Az optimális víztartalom és az anyag helyes kémiai racionális összetétele. A megfelelő elektrolitek kombinálásával a porcelánmasszát alkalmasabbá teszik, mint az egyes alkalmazott diszperziós tényezők. A kísérletek eredményei szerint kisebb vízmennyiség felhasználása megfelelő elektrolitek segítségével folyóssá teheti az anyagot.

## A „Stavivo“ Praha, folyóirat 1957. évf.

### 8. számából

*Srbeek, F.*: Az Észak-Csehország-i szénmedence meddő agyagából készült tartó és kitöltő idomok (üreges blokkok) előfeszített kerámiái tödékek részére (p. 303—307, á. 22, t. 4, b. 8).

Előfeszített tartók közé kitöltő üreges blokkokat helyeznek. A kerámiái tartógerendák előfeszítése.

Külföldi tapasztalatok. A svájci „Stahlton“, a német „HAPA“, az osztrák „Rapid“ stb. előfeszített kerámiái tartók rövid ismertetése. Csehországi kísérletek és eredmények. A kerámiái tartók és kitöltő elemek kísérleti gyártása. Az egyes típusok és tulajdonságainak ismertetése. Gyártási



- technológia. Az Észak-Csehországi szénmedence meddő anyagából készült elemek. A műszaki jellemzők ismertetése és a gyártás kiértékelése.
- Pokorny, A. G.:* A mész-salak téglák tulajdonságai (p. 308—310, á. 3, t. 6, b. 13).  
A gyártás ismertetése. A téglá anyagának összetétele. A mész-salak téglá nyomószilárdsága, húzószilárdsága, kémiai összetétele,  $\text{CaO}$ -tartalma, vízfelvevőképessége és fagyállósága. Eltérések a téglák méreteiben és súlyában.
- Bechyň, S., Fildáková, E.:* A cement és beton beoltása (p. 311—312, á. 3, t. 3, b. 2).  
Oltóanyagok kísérleti felhasználása Csehszlovákiában a szilárdulás gyorsítása céljából. Szabványosított cement és beton próbatestek készítése oltóanyagok hozzáadásával és ezeknek vizsgálata. A cement kristályosodása és ennek meggyorsítása mint a szilárdulás meggyorsításának alapja. A beoltott cement hidratációja.
- Ruzicka, J.:* Vibráló csavaros szállító (p. 313—314, á. 3).  
A csavarmentes vibro-szállítóberendezés vázlata. A kísérleti gépi berendezés ismertetése. Az anyag-szállítás módja. A prágai Hőtechnikai Tudományos Intézetben kikísérletezték és elkészítették a szállítóberendezés prototípusát. A gép darabos, szemes és poralakú anyagok szállítására alkalmas. A szállítási sebesség. A gép bevezetése az iparba.
- Simon, L.:* A rádióaktív izotópok felhasználása (p. 314—316, b. 5).  
A rádióaktív izotópok áttekintése. Felhasználási lehetőségek az építőiparban az építőanyagok gyártásánál, az előregyártott elemek vizsgálatánál, beton tömörítésnél, a víztartalom mérésénél és az anyagvizsgálatnál. Csehszlovákiai kísérletek. A gamma-sugárzás hatásai az emberi szervezetre. Védekezés a rádióaktív izotópokkal való munka esetében a rádióaktív izotópok káros hatásával szemben. A rádióaktív izotópok felhasználása a különféle méréseknel és vizsgálatoknál.
- Strimny, A.:* Értékes tüzelőanyagok helyettesítésének lehetőségei a téglá és kerámiai iparban (p. 317—318, b. 2).  
Barnaszén felhasználása az ostravai vagy lengyelországi kőszén helyett. A barnaszén használata téglagyári körkemencékben, barnaszén kokszt elégetése, barnaszén elégetése periodikus kemencékben és generátorokban. Szénkátrányok kihasználása. A helyes tüzelőanyag gazdálkodás néhány alapvető tényezője.

### A „Stavivo“ 9. számából

- Soucha, A.:* Komoly helyzet a téglagyártmányok minősége tekintetében (p. 345—347, á. 2).  
A téglá és eszerp minőségének esőkkénése és ennek okai. Az egyes téglagyártmányoknál előforduló hibák, a hibák megállapítása és kiküszöbölése. A minőségromlást főképpen a technológiai figyelem megszegése okozta és a gyártásment egyes fázisainál elkövetett hibák. A minőségesőkkénés okai: a gyártási eljárás ellenőrzésének és a méréseknek elhanyagolása, a mérőeszközök hiánya, a műszaki káderek elégtelen szakképzettsége, a téglagyárak berendezéseinek elavultsága, a nem megfelelő karbantartás, a szükséges alkatrészek hiánya, a rossz tüzelőanyag. A minőségjavítás lehetőségei.
- Srbek, F., Jakubcová, H.:* A téglagyártásnál alkalmazott porszenttűzelésű kazánok szállóhamujának felhasználása (p. 348—352, á. 10, t. 8, b. 13).  
A porszenttűzelésből származó pernye felhasználása. Az Észak-Csehországi szénmedence meddő anyagának hasznosítása. A meddőanyag és pernye-keverék kerámiai technológiai tulajdonságai. A keverékből készült blokkok fűlüzemi gyártása. Az eredmények kiértékelése.
- Horn, H.:* Por alakú és finom szemszerkezetű anyagok pneumatikus szállítása (p. 353—358, á. 12, t. 1).  
A pneumatikus szállítás és szállítóberendezések ismertetése. A szállítási rendszerek osztályozása és alkalmazási lehetőségeik. A berendezések számítása, a motorok teljesítménye, a szállítási légnyomás és a szállítóávolság közötti összefüggés. A szállítóberendezések teljesítménye. A korszerű szállítóberendezések ismertetése: alacsony nyomású szállítás szívó módszerrel, a Fuller-féle pneumatikus szállítóberendezés, a Möller-típusú, Polysius-rendszerű, Oera-típusú és egyéb szállítóberendezések ismertetése és működése.
- Simon, L., Vosolsobé, K., Vostrovsky, J.:* A forgókemencében haladó keramzilgolyócskák sebességének mérése rádióaktív izotópok segítségével (p. 358—359, á. 4, t. 2).  
A keramzítkaevő forgókemencében duzzasztják. A keramzítkaevő mozgási sebességének mérési módszere. A mérés menete és kiértékelése. Rádióaktív  $\text{Na}^{24}$  felhasználása a méréseknel. A keramzítkaevő mozgási sebességének meghatározása a kemence egyes szakaszaiban regisztráló berendezés segítségével. A mérésnél a gamma sugárzás ellen ólomlemezrel védekeznek. A mérések számszerű eredményeiről készült táblázat. A mérési módszer alkalmazása a cementiparban.
- Stopka, V.:* A csehszlovákiai fajansz esempék (kőagyag faliesempék) fejlődése (p. 361—368, t. 6, b. 56).  
A fajansz esempék gyártásának története. A külföldi és csehszlovákiai gyártmányok közötti különbség. A esempék kémiai összetétele és technológiai tulajdonságai. A gyártási berendezések ismertetése, fejlődése és jelenlegi állapota. Burkolóelemek készítése különböző anyagokból különféle gyártási módszerek alkalmazásával. A csehszlovákiai export lehetőségek és az áruval szemben támasztott követelmények. A esempegyártás fejlesztése. A esempék ismertetése szín, méret, anyag, máz, gyártógépek, tüzelőanyag, kemence stb. tekintetében.
- Pesta, V.:* Mydlovár-i nyersanyagból készült nagyon könnyű téglá (p. 368, á. 1).  
A Mydlovár-i lignitbánya 14 m hosszúságú agyagrétege kova- és lignittartalmánál fogva alkalmas téglakészítésre. A nyersanyag magas égési tartalmú anyagokkal lehetőséget nyújt könnyített építőanyagok gyártására. Ebből az agyagfajtából készült téglafélék a szükséges hőfokra való felmelegítés után a saját finoman elegyedett éghető anyaguk égetése által kiégethető. Az így készült téglák műszaki adatai, a téglák méretei. A téglából készült falazat téglakötés rendszere. A téglafal hőszigetelési és szilárdsági értékei.
- Vavrin, F.:* Műanyagok felhasználása a csehszlovákiai építőiparban és a további kilátások (p. 369—372, b. 12).  
A műanyag az építészet iparosításának egyik legfontosabb tényezője. A műanyaggyártás Csehszlovákiában és a műanyag felhasználása. Műanyagok felhasználása védő, díszítő, hőszigetelő, hangszigetelő és szerkezeti célokra. A műanyagok felhasználásával lehetővé teszik a gyors és száraz építési eljárást.
- Bláha, J.:* A cement  $\text{SO}_2$  tartalmának meghatározása a Katex-féle gyors módszer segítségével (p. 373—374, t. 1).  
A cement  $\text{SO}_2$  tartalmának (gipszkő) meghatározása Bogdanov Katex módszer segítségével. A módszer alapelve, ismertetése és az alkalmazott Katex-anyagok. A Králov-Dvur-i cementgyárba bevezetett  $\text{SO}_2$  meghatározási módszere. A gyors



meghatározás egyes szakaszai. Az  $SO_3$ -tartalom meghatározása az egyes cementfajtáknál. A módszer 30—40 percig tart, a 4—5 óráig tartó gravimetrikus módszerrel szemben.

Stanek, L., Hykel, J.: Gyutaecok, gyújtózsínrok és gyújtóberendezések (p. 374—375).

A Csehszlovákiában használt gyutaecok, gyújtózsínrok és gyújtóberendezések ismertetése. Ezeket főleg a kőbányákban használják. A gyújtózsínor gyártása a Fritsche és Bickford-féle eljárások szerint. Az elektromos gyújtóberendezések ismertetése.

## A „Stavivo“ 10. számából

Bisek, F.: Tudományos műszaki együttműködés a Szovjetunióval, a technikai színvonal emelése (p. 389—390).

Streda, V.: Kőaprító üzemek gazdasági elemzése (p. 391—393, á. 1, t. 4, b. 2).

Az árakat befolyásoló zúzottkőanyag-szükséglet és szállítási költségek. A kőaprító-üzemek felosztása. Az optimális nagyságú üzem. A kőaprító-üzemek területi elhelyezése. Előregyártott aprító berendezések felhasználása. Szállítható aprító-berendezések.

Vavrin, F.: Könnyűbetonok a nyersanyagok szempontjából (p. 394—397, t. 11, b. 5).

A cikk ismerteti a hulladék nyersanyagokat. Kazánsalakok, kohósalakok, pernye, hányósalakok. A salakok kémiai tulajdonságai. A salakok szemszerkezete, a cementtartalom és a salakbeton szilárdsága közötti összefüggés.

Vosátka, V.: A forró levegő tökéletesített elszívása a körkemencéből (p. 398—399, á. 5).

Az Építőanyagipari Kutatóintézet és az Építészeti Technológiai és Gépesítő Kutatóintézet jelentése a „Szárítási folyamat mintaszzerű szabályozása“ feladat megoldásáról. A javasolt berendezés leírása. A Zidenice-i üzemben végzett mérések eredményei.

Jirsák, M.: A homokkal és zúzottkővel szemben támasztott minőségi követelmények (p. 405—406., á. 2).

A homok és zúzottkő mint a beton készítésére szolgáló nyersanyagok. A különböző fajtájú betonok és tulajdonságaik. A homokkal és zúzottkővel szemben támasztott minőségi követelmények. A kő szilárdsága, szemszerkezete, üregessége, tisztasága, a szemesek alakja stb.

Bárta, R.: A mészgártás új útjai (p. 407—408).

A szerző ismerteti a mészgártással szemben támasztott követelményeket. Az égetési és minőségjavítási kérdések. Külföldi tapasztalatok.

Kuttanová—Koresová, V.: Színes falicsempék gyártása (p. 409—411, á. 1, t. 1, b. 4).

A gyártás alapelvei. A gyártmányokkal szemben támasztott követelmények. Nyersanyagok. Gyártási technológia. Javaslat falicsempézéség önálló gyártásának bevezetésére.

Juha, J.: Kalibrált burkolósempék szárításának fejlődése (p. 412—415, á. 4, t. 2).

A kalibrált falicsempék jelenlegi szárítási módszerének rövid leírása. A különböző modelleken végzett vizsgálatok. A szárítóberendezések összehasonlítása a felhasznált meleg és költségek tekintetében.

Sirhal, H.: Nagyformátumú téglagyártmányok és téglablokkok gyártása. A vita összefoglalása (p. 416—417).

A szerző összefoglalja a témával kapcsolatos hozzászólásokat.

## A SILIKATTECHNIK, Berlin, folyóirat 1957. évf. 9. számából

Beierlein, A.: Az anyagterhelések kimerülése és a technikailag indokolt anyagfelhasználási normák a finomkerámiai iparban (p. 366—368).

A bővített szocialista termelés előfeltétele az állandóan javuló anyagellátás. A helyzet a finomkerámiai iparban. A szén és energia takarékos felhasználása. A kaolin és agyagellátás javulása. A nyersanyagok szabványosítása.

Hohl, R.: A fertiárquarzit lelőhelyek keletkezése (p. 368—372, á. 5, b. 25).

A kvarcitlelőhelyek. A kvarcit-típusok. A kvarcitok képződése. A tertiarquarcitok keletkezése.

Merker, L., Wondratschek, H.: Kristályfázisok a foszfat- vagy arzéntartalmú ólomüvegekben és zománcokban (p. 373—378, á. 1, t. 4, b. 10).

A vizsgálatok ismertetése. A vizsgált zománcok kémiai összetétele. A különböző zománcokról készült röntgen-felvételek fotométer-görbéi. Vizsgálati eredmények.

Röbert, S.: Kerámiai termékek fagyállósági vizsgálatai (p. 378—386, á. 15, t. 2, b. 31).

A szabványeljárások alapján nem kapunk egyértelmű eredményeket a kerámiai termékek fagyállósága tekintetében. A kerámiai termékek fagykárjai. A fagyállósági vizsgálat (DIN 105, DIN 52 250) foghatóságai. Összefoglalás és javaslatok.

Richter, W.: Hőálló „kevert kerámiai“ (mischkeramische) anyagok (p. 387—389, á. 10, b. 5).

Alfa-alumíniumoxid, molibden és króm keverékéből készült anyaggal végzett kísérletek leírása. A próbatesteket sajtolás után különböző atmoszférában és hőmérsékleten égették. Hőállósági vizsgálatok és eredmények.

Siniánsky, V., Barbulescu, E., Löbel, R.: Tűzálló stabilizált dolomitkövek kísérleti előállításai (p. 390—392, á. 6, b. 7).

Stoll, H.: A kerámiai anyagok szerepe az atomenergia-technikában (p. 398—401, á. 4, t. 3).

Atomreaktorok építéséhez és üzemeltetéséhez szükséges új anyagok. Thoriumoxidból és urándioxidból készült anyagok. A grafit felhasználása atomenergia célokra. Urán és más fémek olvasztásához és öntéséhez szükséges tűzállóanyagok. Tégelyanyagok. Bőrvegyületek. Az urándioxid technológiája.

Scheid, W.: Egy korszerű cementgyár gépi berendezése (p. 406—410, á. 10).

Egy nedves eljárással dolgozó portlandcementgyár tervének ismertetése. A gyár terv szerinti napi teljesítménye 2400 tonna. Nyersanyagként mészkövet vagy márgát és jól iszapollható agyagot vettek számításba.

## ÉPÍTŐANYAG

Felölős szerkesztő: Hinsenkamp Alfréd — Kiadja a Műszaki Könyvkiadó V., Bajcsy-Zsilinszky út 22. Telefon: 113-450

Felölős kiadó: Solt Sándor — Megjelent 840 példányban

Elölfizetés a Posta Központi Hírlap Iroda Vállalatnál, Budapest, V., József nádor tér 1. Távb. 180-850

Elölfizetési díj: 42.— Ft. (egész évre), egyes szám ára: 7.— Ft. Csekk számlaszám 61.282

41708-689/2 - Révai-nyomda, Budapest, V., Vadász utca 16. (Felölős: Povárnay Jenő)



**A Műszaki Könyvkiadó hirdetésekét vesz fel  
az alábbi díjszabás szerint :**

Egészoldalas hirdetés ára .....	1300,— Ft
Féloldalas hirdetés ára .....	650,— „
Negyedoldas hirdetés ára .....	325,— „

**HIRDESSEN AZ**

## **É P Í T Ő A N Y A G B A N**

A hirdetések az alábbi címre küldendők :

**MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ, Budapest, V., Bajcsy-Zsilinszky út 22. szám  
és ÁLLAMI HIRDETŐ, Budapest, V., Felszabadulás tér 1.**

A befizetéseket az MNB 44 csekkszámlára kérjük





# MEGJELENT!

J. G. SZMIRNOV:

## ***A vakolómunkák gépesítése***

A most megjelent kiadvány leírja a Szovjetunióban a legjobb vakológépekre kiírt második össz-szövetségi pályázaton bemutatott gépeket és ismerteti az egyes vállalatok és feltalálók tapasztalatait. A függelék ismerteti a vakolás gépesítésének magyar vonatkozásait, a hazai vakológépek és berendezések szerkezetét, valamint a gépi fröcskölés munkamódszerét. A könyvben foglaltakat kivitelező vállalatok, tervező intézetek és tudományos kutató intézetek mérnökei, műszaki dolgozói, valamint az építőipar művezetői részére írták.

88 oldal

65 ábra

Árá fűzve: 7,50 Ft

EGYEDI—ARATÓ—SEGÝÓ:

## ***Központi fűtés szerelő munka (4. kiadás)***

Az első három kiadásban igen rövid idő alatt elfogyott könyv a központi fűtés szerelésével kapcsolatos sokoldalú feladatokat olyképpen ismerteti, ami alkalmas arra, hogy az ezen a területen dolgozó főszerelő-lakatos, hegesztő és kőműves szakmunkások a szükséges alapismereteket elsajátíthassák, de a szakmai műveletekkel is tisztában legyenek. A könyv részletesen tárgyalja a központi fűtés rendszereit, a különböző kazánokat, fűtőtesteket és ezek szerelvényeit, a munkahelyen elvégzendő feladatokat és az egyes szerelési műveleteket. Részletezi a szerelés utáni munkákat és útmutatást nyújt az átadandó berendezés kipróbálására.

108 oldal

64 ábra

Ára fűzve: 8,50 Ft

*Fenti könyvek megrendelhetők, illetve beszerezhetők az*

**ÁLLAMI KÖNYVTERJESZTŐ VÁLLALAT KÖNYVESBOLTJAIBAN**

*Szakkönyvesbolt: Műszaki Könyvesbolt, Lenin körút 7*

*„Népszava” Műszaki Könyvesbolt, Lenin körút 17*