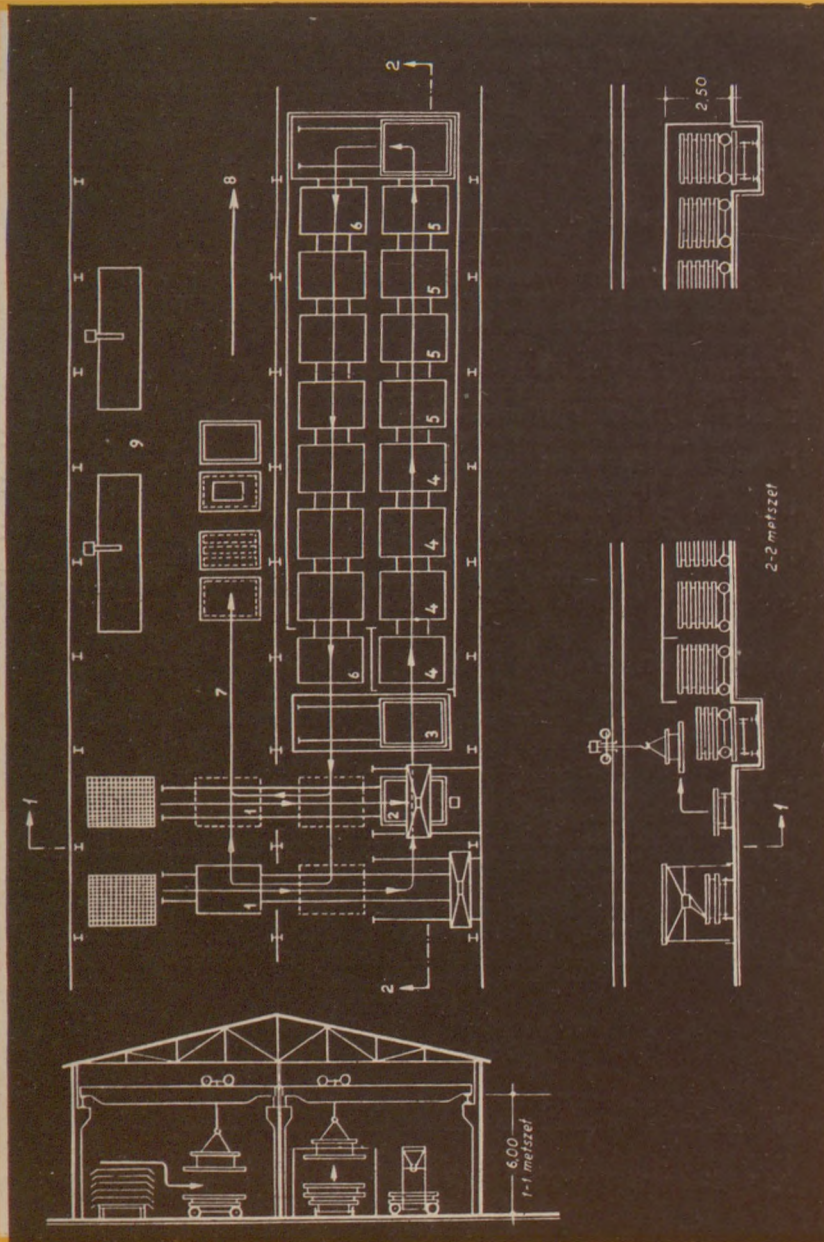


# ÉPÍTŐANYAG

CEMENT, MÉSZ  
TÉGLA, KERÁMIA  
ÜVEG ÉS KŐIPAR



**8-9.** SZÁM

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

Felelős szerkesztő:

Egyed Zoltán

\*

Főszerkesztő:

Dr. Korányi György

\*

Szerkesztőségi titkár:

Hinsenkamp Alfréd

\*

Szerkesztőbizottság:

Bereczky Endre

Beke Béla

Baksay Zoltán

Erdély Imre

Grofcsik János

dr. Knapp Oszkár

dr. Lehmann Edit

Mayer Károly

Németh Béla

\*

Szerkesztőség:

Budapest, V., Honvéd-u. 22,

II. lépcső I. emelet 4.

Telefon: 124-438

\*

Felelős kiadó:

az É. M. Építőipari

Könyv- és Lapkiadóvállalat

igazgatója

\*

Kiadóhivatal:

V., Kossuth Lajos-utca 17.

Telefon: 384-324

## TARTALOM

	Old.
Építőanyagipari Kutatók Konferenciája .....	261
* <i>Korach Mór</i> : Az alagútkezele és a szendvics-gyorségetés .....	262
* <i>Egyed Zoltán</i> : Néhány érdekes eredmény a szovjet építőanyag- ipari tudományos kutatás anyagából .....	272
* <i>Gáspár Géza</i> : Új, különleges tulajdonságú cementek és a kutatás irányai .....	281
* <i>Péntek László</i> : Többégetési kísérletek cementipari forgókemencékben .....	287
* <i>Gomperz István</i> : Szovjet szárítási elméletek és a szárítással kap- csolatos kutatási feladatok .....	290
<i>Beke Béla</i> : A cementipar műszaki fejlesztési feladatainak egy- és többkészlékes megoldásai .....	295
<i>Rathing Ferenc</i> : Feszített betonelemek gyártásának egyes műszaki problémái .....	305
<i>Jermendy Károly</i> : Üveglvasztás nátriumszilikáttal .....	311
Kérdés — Felelet .....	313

## Содержание:

	сторона
<i>Корач Мор</i> : Туннельная печь и скоростный обжиг „сэндвич“ .....	262
<i>Эдед Золтан</i> : Некоторые интересные результаты советских научных исследований в области промышленности строительных материалов .....	272
<i>Гашпар Геза</i> : Новые цементы, имеющие особые качества и направление исследований .....	281
<i>Пентек Ласло</i> : Испытания многократного обжига в враща- ющихся печах цементной промышленности .....	287
<i>Гомперц Иштван</i> : Советские теории сушки и исследовательские задания по сушке .....	290
<i>Беке Бела</i> : Одно- и много аппаратные решения заданий по техническому развитию цементной промышленности .....	295
<i>Ратхинг Ференц</i> : Некоторые технические проблемы производ- ства напряженных бетонных элементов .....	305
Стеклование силикатом натрия .....	311

## SOMMAIRE:

	Nos. Pages
Conférence des explorateurs de l'industrie des matériaux du bâtiment <i>M. Korach</i> : Le fourneau avec tunnels et la cuite vite à la manière Sandwich .....	261
<i>Z. Egyed</i> : Quelques résultats intéressants de recherches scientifiques dans le domaine de l'industrie des matériaux en Union Sovié- tique .....	272
<i>G. Gáspár</i> : Nouveaux ciments de propriétés spéciales et les directions de recherches .....	281
<i>L. Péntek</i> : Expériences de plusieurs cuites dans des fours tournants de l'industrie du ciment .....	287
<i>I. Gomperz</i> : Théories soviétiques du séchage et devoirs de recherches en rapport avec le séchage .....	290
<i>B. Beke</i> : Solution de un et de plusieurs appareils dans les devoirs du développement technique de l'industrie du ciment .....	295
<i>F. Rathing</i> : Quelques problèmes techniques de la fabrication des éléments du béton prétendu .....	305
Fonte de verre avec natriumsilicat .....	311
Question — réponse .....	313

A \*-gal megjelölt cikkek a f. év októberében megtartandó építőanyag-  
ipari kutatóankét anyagát képezik.



# ÉPÍTŐANYAG

5. ÉVFOLYAM 8—9. SZÁM

## Építőanyagipari kutatók konferenciája

Az Építőanyagipari Tudományos Egyesület a Magyar Tudományos Akadémia Építőanyagipari Főbizottságával és az Építésügyi Minisztériummal karöltve ez év október havában rendezi első kutatói konferenciáját. Az építőanyagipar szempontjából ezen nagyjelentőségű megmozdulásra a kutatók és mérnökök egyaránt lelkesen készülnek. A konferencián az Építőanyagipari Központi Kutató Intézet és az Építéstudományi Intézet kutatói, valamint mérnökök számolnak be a gyártástechnológiai kutatásokról.

A kutatók első konferenciája jelentős az ipar fejlődése szempontjából is. Néhány évvel ezelőtt is az építőanyagiparban az alapvető termelési hiányosságok kiküszöbölése, a technológiai fegyelem betartása, a régen bevált építőanyagok mennyiségi gyártásának növelése, valamint a kevésbé korszerű gyártástechnológiák toldozása volt a döntő feladat. Ma már ennél tovább tartunk. A szovjet tapasztalatok széleskörű felhasználása sok tudományos kérdést, főleg hazai nyersanyagaink felhasználásának kérdését vetették fel. A szovjet tapasztalatok hazai alkalmazása, valamint más fejlett iparú országok egyes jó technológiai eljárásainak eltérjesztése az építőanyagiparban a problémákat magasabb síkon vetették fel és kutatási, tudományos kidolgozási feladatokat jelentenek.

A kutatás nemrégben indult meg, ennek ellenére már bizonyos mértékben megmutatkozik az építőanyagipari technológiai kutatás kedvező hatása. A kutatók konferenciája összegezni kívánja az eddigi eredményeket és azon a hiányosságon kíván segíteni, hogy a kutatási feladatok eddig nem voltak egyértelműleg tisztázva. Különösen kiemeli a konferencia anyaga a technológiai kísérleti üzemi kutatások fontosságát, valamint Pártunk és Kormányunk új programjával kapcsolatos feladatokat.

A konferencia tematikájában emellett szerepelnek az egyes iparágak legjelentősebb, kutatást igénylő kérdései, mint pl. a téгла- és cserépiparban a száradás közben végbemenő folyamatok, a cementiparban a forgókemencés gyorségetésnél végbemenő folyamatok kutatási feladatai. Ugyancsak foglalkozik a konferencia a telepített előgyártás egyes korszerű technológiai kérdéseivel és az új, a közeljövőben széles körben elterjesztendő építőanyagok kutatásaival.

A konferencia egyes előadásait az Építőanyagban közöljük. Kívánatos, hogy az építőanyagipari műszaki értelmiség kísérje figyelemmel a konferencia anyagát, szóljon ahhoz hozzá és lehetőleg lapunk hasábjain fejlesszen ki olyan élénk vitát, mely a kutatási munkálatok helyes irányának kialakításához jelentős segítséget nyújthat.

# Az alagútkemence és a szendvics-gyorségetés

KORACH MÓR  
a műszaki tudományok doktora

## 1. A gyorségetés technológiai és hőtechnikai feltételei s az alagútkemence elmélete

1-1. A gyorségetés problémája az utolsó években vált aktuálissá. A Szovjetunióban és Olaszországban üzemileg is hasznosítható megoldásait dolgozták ki.

A Duvanov gyorségetési módszer a Szovjetunióban és már Magyarországon is kitűnően bevált a körkemencéknél. A Német Demokratikus Köztársaságban most elméletileg is kidolgozzák ennek az eljárásnak tudományos alapjait (1). Olaszországban az alagútkemencéknél alkalmazták először a gyorségetést ipari méretekben, mégpedig egy új égetési elv, az ú. n. szendvics-égetés elve alapján (2). A szendvics-égetés elméleti kidolgozása eddig csak részben került nyilvánosságra, mégpedig Magyarországon, az Építőanyag-ipari Tudományos Egyesület előadásainak keretében. Jelen tanulmány célja az alagútkemence és ezzel kapcsolatban a szendvics-gyorségetés elméletének további kifejtése.

Hőtechnikusok és kemencetervezők meglepőnek tarthatják, hogy az alagútkemencében történő gyorségetés és szendvics-rendszerű válfaja csak ilyen későn vált a tudományos és gyakorlati tevékenység tárgyává. Ennek a ténynek objektív történelmi okai vannak. Nézetem szerint az elmaradásnak, annak, hogy az alagútkemence elmélete nem fejlődött ki és nem fejlődhetett ki, első oka egyszerűen az, hogy az erre a kemencére vonatkozó összes tanulmányok főleg technológiai elgondolásból indultak ki. Az alagútkemencében való égetés ugyanis már kezdetben olyan technológiai nehézségekbe ütközött, amelyeket csupán az égetési hődiagramm és a kemence atmoszférájának vegyi összetétele alapján törekedtek a kerámiában leküzdeni. Az érdeklődés hagyományosan főleg a tárgyak alakja, kémiai, fizikai tulajdonságai okozta égetési nehézségekre irányult és senki sem gondolt arra, hogy a kemencék elvi felépítését ezektől függetlenül vizsgálják. Egyetlen kivétel: Grum-Gzsimailo, a kiváló orosz kohász, akiről 1949-ben jelent meg a Szovjetunió Tudományos Akadémiájának szerkesztésében (3) egy főbb munkáit összefoglaló méltatás. Ő az egyetlen, aki a lángkemencék légáramlási (aerodinamikai) elveit és az ezekkel összefüggő belső kemencekialakítást már 1905-től kezdve tanulmányozta. Tanulmányai azonban — bár több

esetben ismeretessé is váltak a műszaki világirodalomban — nem hatoltak máig sem a kemence-technikai köztudatba. Magában a Szovjetunióban is csak Jezman fejlesztette tovább az elmélet matematikai alapjait, s ott a Grum-Gzsimailo—Jezman-féle áramlási egyenletek használatban is vannak. A kemencetechnika elméleti kifejtésében egyébként a Szovjetunió jóval előtte jár az összes nyugati országoknak, de ami az alagútkemencéket illeti, Jezman munkáin mindmáig ott sem jutottak túl (4).\*

Azon a területen, ahol a szovjet hőtechnikai iskola (Kirpicsev, Mihejev stb.) leginkább haladta meg a tőkés országokat, a modellezés területén, Grum-Gzsimailo szintén úttörő munkát végzett. Ő volt az első, aki áramlási elméletét a kemencékben modellkísérletekkel támasztotta alá (5). A közismert hőtechnikai kézikönyvekben azonban modellkísérleteire nem találtam utalást, s ezekben a munkákban neve sem szerepel. Így nem találni pl. Grum-Gzsimailo nevét sem Mc. Adams, sem Schack, sem Groeber, sem Heiligenstaedt, sem Kern nemrég megjelent kézikönyveiben, de Mihejevnek 1949-ben, Ginzburgnak és Ziminnek 1951-ben, Lükovnak 1952-ben a Szovjetunióban megjelent könyveiben sem. Csak Gurvics kerámiai technológiai munkájában szerepel a kiváló kohász neve, ott is a szárítókkal, nem pedig a kemencékkel kapcsolatban (6).

Tárgyunk szempontjából mindenesetre ki kell emelnem, hogy az alagútkemencéknél Grum-Gzsimailo gázáramlási kemenceelmélete képezte egyik kiindulópontját annak az Olaszországban kidolgozott elméletnek, amely a szendvics-égetés elvéhez és elméletéhez vezetett. El lehet mondani, hogy ebben a tárgykörben a nagy orosz kohász úttörő munkája továbbfejlődéséhez csak Olaszországban talált termékeny talajra.

1-2. Hogy a kutatás Grum-Gzsimailo elmélete nyomán oly sokára indult csak meg, annak az okát abban látom, hogy a hőtechnika figyelmét főleg

\* Jellemző ebben a vonatkozásban H. Costa cikke (Energietechnik 9—1952. szept. 281. old.), amelyben azt olvassuk, hogy „A mai törekvésünknek lehetőleg kis kemencetérfogatokra és rövid égetési időre kell irányulnia.“ Itt még nyilván távol vagyunk az optimális kemenceméretek fogalmától, amelyet a következőkben fogunk kifejteni. Hozzáteesszük, hogy a szerzőnek a cikk megírása idején még nem volt tudomása arról, hogy Olaszországban már több éve működnek az optimális keresztmetszet elvén alapuló alagútkemencék.



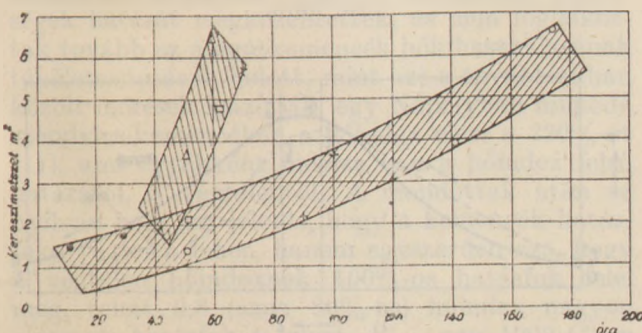
a hasonlóság elmélete, a sugárzás tanulmányozása és az áramlási ellenállások problémája kötötte le. Különösen a légáramlás és a hőátadás kapcsolódása a témával összefüggő modellezés segítségével olyan ragyogó eredményekre vezetett, hogy a kutatók és műszakiak figyelmen kívül hagyták éppen azokat a konvekciós folyamatokat, amelyeket Grum-Gzsimailo tanulmányozott; ezeket a klasszikus, hasonlóságon alapuló modellezés, a jelenségek bonyolultsága miatt mindeddig nem tudta matematikailag tanulmányaiba illeszteni.

Olaszországi kutatásainkban, az ott világvizonylatban úttörő elektromos alagútkemence-építés során, maga a tapasztalat irányította figyelmünket Grum-Gzsimailo munkáinak kiváló alkalmazhatóságára az alagútkemencék, különösen a lángkemencék áramlási problémáinak a területén. Így rájöttünk hamarosan, hogy az alagútkemencékben a konvekció szerepe távolról sincs tisztázva, s emiatt a hőátadás egyéb tényezőit, a sugárzás, a kényszeráramlás és a hővezetés szerepét az alagútkemencékben lehetetlen kibogozni. Szükségessé vált tehát ezeket a tényezőket szétválasztani és befolyásukat egymástól függetlenül tanulmányozni.

A forró gázok vegyes, konvekciós és kényszeráramlása az alagútkemencékben, képezte a kutatás első tárgyát. A keresztmetszet méreteivel való összefüggésre vonatkozólag először is a létező alagútkemencék sok típusáról gyűjtöttünk számszerű adatokat és arra az érdekes eredményre jutottunk, hogy a világ legkülönbözőbb részeiben működő alagútkemencék keresztmetszete és hossza között meglehetősen állandó arány alakult ki a gyakorlatban, amelyet a Korach-féle empirikus egyenlet jelez ki:

$$l = 60 \div 70 d \quad (1)$$

ahol  $l$  a kemence hosszát,  $d$  pedig a „hidraulikus átmérőt“ (a keresztmetszet felületének megfelelő kör átmérőjét) jelenti. Ugyanakkor kiderült az is, hogy a kemencék keresztmetszete meglehetősen szűk határok között változik: a szélességek 3 métert nem haladnak meg (és ezeket a méreteket is csak ritkán érik el). A különféle kerámiai termékek égetési idői szintén meglehetősen hasonló gyakorlati számértékeket mutatnak az egész világon; s úgy látszik, hogy csak most kezd terjedni az a fölismerés, hogy ezek a számok nemcsak az égetés technológiai és különféle kerámiai áruk fizikai, vegyi, alak adottságaitól függnék, hanem éppen



1. ábra.

a kemence méreteitől is. Erre vonatkozólag vegyük figyelembe a következő grafikont, amely a legfőbb kerámiai termékek égetési időtartamát a kemence keresztmetszetének függvényében ábrázolja, s amelyet Ginzburg és Zimin 78. és 79. táblázata alapján készítettünk (6).

Nyilvánvaló, hogy az égetési időt nemcsak az áru technológiai adottságai, hanem a keresztmetszet is döntően szabja meg. Ez a felismerés vezetett bennünket arra a gondolatra, hogy a szokottnál jóval gyorsabban is lehet égetni, a kemence keresztmetszetének megfelelő kialakítása révén. Eljutottunk ahhoz a fölteshez, hogy kiskeresztmetszetű alagútkemencékkel valószínűleg ugyanannyi árut lehet kiégetni, mint a nagykeresztmetszetű kemencékkel, ami már magában véve befektetési megtakarítást jelentene. Mivel azonban ismeretes, hogy a keresztmetszet csökkenésével az égetett áru súlyegységére eső felületi hővesztés nő, meg kellett vizsgálni, vajjon a kis kemence energiafogyasztása nem lesz-e nagyobb, mint a nagy kemencéé. Ezt a kérdést az alagútkemence itt következő elméletének első része fogja tárgyalni.

1-3. A második kérdés, amit a keresztmetszetre vonatkozólag meg kellett vizsgálni, nem a keresztmetszet méretére, hanem annak alakjára, mégpedig a magasság és a szélesség viszonyára vonatkozott. Ebben a tekintetben döntő jelentősége volt kutatásaink során Grum-Gzsimailo elméletének, mert a forró gázok áramlása az alagútkemencében ugyanazt a jellegzetességet mutatja, amit az ő másfajta kemencékkel végzett modellkísérletei is üzemi kísérletei mutattak, csak bizonyos komplikációkkal, amelyeket a mi vizsgálataink derítettek fel.

Tény az, hogy a forró gázok áramlását a csövekben (az alagútkemence csőnek tekinthető) a hőtechnikai irodalom csak most kezdi vizsgálat tárgyává tenni; csak most kezdik felfogni annak a ténynek a jelentőségét, hogy a természetes konvekciónak még kényszeráramlás és turbulens mozgás esetén is fontos szerepe van az áramlás és a hőátadás dinamikájában, mert — amint Grum-Gzsimailo fényesen kimutatta és amint azt számtalanszor mi is megfigyeltük — az alagútkemencékben a forró gázok, bármilyen erős turbulencia esetén is, a hidegebb levegőrétegek fölött úsznak a kemence boltozata mentén: az ezzel összefüggő hőkülönbségeket a sugárzás tökéletesen csak a kemence égető zónájában s ott is csak magas égetési hőfokon tudja kiegyenlíteni. Erre vonatkozólag a továbbiak során igen tanulságos hőfokdiagramokat fogunk látni. Itt csak egyet kívánok előrebocsátani: Grum-Gzsimailo elvének az alagútkemencére való alkalmazása azt mutatta, hogy az alagútkemencében a hőeloszlás függőleges irányban annál egyenletesebb, minél alacsonyabb a kemence keresztmetszete.

1-4. A harmadik kérdés, amivel az alagútkemence általunk kidolgozott elmélete foglalkozik, szintén a kemence keresztmetszet-magasságára vonatkozik, de már nem a kemencében áramló gázok hőeloszlása, hanem az égetendő kerámiai



tárgyak hővezetése szempontjából. Ismeretes a kerámiai anyagok igen gyenge hővezetőképessége, amint az 1. táblázatból kitűnik.

1. táblázat

	keal/m ó C°
Samot .....	0,46— 1,16
Tégla, cserép .....	0,35— 0,60
Karborundum .....	10,00—16,00
Porcellán .....	0,89— 1,70
Dinasz .....	0,56— 1,20
Öntöttvas .....	32,00—55,00

Nyilvánvaló, hogy valamely kerámiai tárgy — pl. téglá, elektromos szigetelő, mosdó — csak akkor van „kiegetve“, ha egész tömegében át- esett azokon a fizikai-kémiai változásokon, amelyek az égetés lefolyása és tartama határoznak meg s amelyeket az áru gyakorlati alkalmazása megkövetel. A kerámiai technológia szerint ez csak akkor következik be, ha a hőmérséklet minden egyes árutípusnál a tárgy egész keresztmetszetében eléri az égetési hőfokot, és ezen a hőfokon marad mindaddig, amíg a szükséges fizikai-kémiai átalakulások végbemennek. Az erre szükséges idő minden tárgynál az égetés minimális tartama. Minthogy a hőkiegyenlítődés a kerámiai tárgy keresztmetszetében a hővezetés most említett gyengesége miatt általában lassú, s azonkívül az égetendő tárgy méreteitől is függ, nyilvánvaló, hogy a kerámiai égetés jóval lassúbb, mint pl. azonos méretek esetén a fémtárgyak hőkezelése és annál lassúbb, minél nagyobb az égetett kerámiai tárgy keresztmetszete. Ez a megfontolás érthetővé teszi, miért annyira hosszú a normális alagútkenecsekben az égetés ideje. Az 1. ábra mutatja, hogy a kemencék keresztmetszete — és így az égetett tárgyak tömege is — a rossz hővezetőképességhez viszonyítva nyilván aránytalanul nagy.

Az adott hővezetési viszonyok között — mint látni fogjuk — az égetendő tömeg optimális méretei szempontjából a szendvics-égetés elve teszi lehetővé a legrovidebb égetési idő megvalósítását.

Összefoglalóan: ha a technológiai feltételeket a szükséges égetési időtartamra redukáljuk, akkor az alagútkenecse áramlási és hővezetési viszonyai a keresztmetszet minél alacsonyabb kiképzését teszik indokolttá. A megfelelő optimális magasság a továbbiakban a szendvics-égetés elméletéből fog kiderülni.

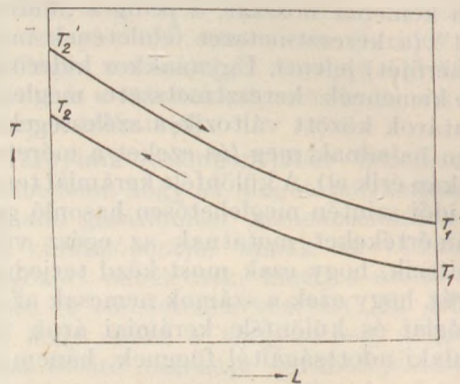
Bevezetőnket azzal végzem, hogy az alagútkenecsek méreteit mindmáig nem ezekből az optimális méretekből számították ki, hanem a technológiai gyakorlat égetési időtartamaiból és az azoknak megfelelő keresztmetszetekből (1. ábra). A hosszúságot azután a termelendő mennyiség, a keresztmetszet és az égetési idő alapján határozták meg. A hosszúságot az égetési zóna hossza és az annak megfelelő időtartam, azonkívül a felfűtésre, valamint a hűtésre szükséges idő is megszabja. De ez a számítás inkább utólagos ellenőrzés, amint a fenti (1) egyenlet is bizonyítja. Az alagútkenecsek belső méreteit nyilván

ván mindmáig csak empirikusan, a gyakorlat alapján adták meg, elvi számításról nem lehet komolyan beszélni.

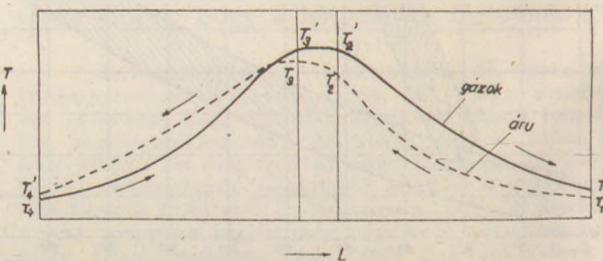
Látni fogjuk, hogy az alagútkenecse itt kifejtendő elmélete lehetővé teszi a kemencék optimális keresztmetszetének egyszerű és gyors kiszámítását, amennyiben a négyzetes hasábalakú rakomány optimális rétegvastagsága egy hőtechnikai paraméterekből kiszámított parabola és hiperbola metszéspontjából adódik.

## 2. Az alagútkenecse hőgazdasága és elmélete.

2-1. Az alagútkenecse lényegében egy égetőcső, amelyben az égetendő anyagok először lehűlő, majd felmelegedő gázárammal haladnak szemben, úgyhogy előbb felmelegednek, azután lehűlnek. Az alagútkenecse tehát hőkicserélő készülék; elvileg csak annyiban különbözik az iparban elterjedt közönséges ellenáramlású hőkicserélőktől, hogy az utóbbiakban az egyik áthaladó anyag az egész készülékben csak felmelegszik és a másik csak lehűl, viszont az alagútkenecsekben ez a két folyamat egyszerre, de megfordított előjellel játszódik le, a kemence két részében: az elsőben felmelegedő anyag a második részben lehűl, és az elsőben lehűlő anyag a másodikban felmelegszik. Ennek megfelelően, ha felrajzoljuk az ellenáramú hőkicserélőkészülék hőfokdiagrammját, és alája rajzoljuk az alagútkenecse hőfokdiagrammját (2. ábra), akkor olyan alagútkenecse-diagrammot kapunk, amelyben a hőkicserélőkészülék hőfokdiagrammja a saját megközelítő tükröképével együtt szerepel. Ennek a hőkicserélésnek közismerten rekuperatív célja van, mely elvileg sokáig másodrendű fontosságúnak látszott. Az égetés



2a. ábra.



2b. ábra.



energetikai fogalmai itt is főleg a technológiai megoldásokhoz kapcsolódtak, s így most már nem könnyen kibogozható fogalomzavart teremtettek, amelyet tisztáznunk kell.

2-2. A kerámiai iparban a kemence-működés egyik legáltalánosabban használt jellemzőjét *hőkihasználásnak* vagy *hőhatásfoknak* nevezik s azt a következő képlet határozza meg:

$$R = \frac{Q}{Q_n} \quad (2)$$

ahol:

$$Q = c \Delta t \quad (3)$$

$R$ -t nevezik „hőhatásfoknak“,  $Q$  az égetendő anyag súlyegysége által felvett hő, amely a (3) képlet szerint a  $c$  középfa-hőnek és  $\Delta t$ , az égetendő áru kezdeti hőfoka és égetési hőfoka közötti különbségnek szorzata.  $Q_n$  a súlyegység égetésére elhasznált hőenergiát jelenti. Ez a mérőszám jellemzi ugyan egy kerámiai kemence működését, de a „hatásfok“ elnevezés tévútra vezette a szakembereket nagyrészt, mert azt a gondolatot keltette, hogy a (2) egyenletnek — mint minden hatásfoknak — felső határa az egység. Ezzel szemben könnyen kimutatható, hogy a nevezett egyenlet felső határa:

$$\lim_{Q_n \rightarrow 0} R = \infty \quad (4)$$

Ezért a nevezett mérőszámra Korach már 1923-ban a „hőindex“ elnevezést javasolta (7). A hőhatásfok fogalma tisztán energetikai fogalom, amelyet közismerten az

$$\eta = \frac{Q_b - Q_v}{Q_b} \quad (5)$$

viszonyszám mér.

Itt  $Q_b$  a rendszerbe bevezetett hőt és  $Q_v$  a veszendőbe ment hőt jelenti. Ennek a világos fogalomnak ellenére ezen a területen a keramikusok között még mindig nagy fogalomzavar uralkodik, amint azt pl. egy nemrég Olaszországban lejátszódtott vita (8), Maase 1951 szept. 27-i előadása a DKG-ben, a Duvanov-rendszerre vonatkozó ankét a Német Demokratikus Köztársaságban (9), vagy a Magyar Építőanyagipari Tudományos Egyesületben és az Építőanyag c. folyóiratban lefolyt vita (10) tanúsítja.

Erről a témáról azonban más helyen lesz módomban nyilatkozni. A mi célunk szempontjából csak annyit jegyzek itt meg, hogy — mint már említettem — amikor a modern alagútkeemencék hőindexe közeledni kezdett az egységhez, a legtöbben azt képzelték, hogy az energetikai lehetőségek határát megközelítették, és nem foglalkoztak tovább az alagútkeemencék hőkihasználásának tökéletesítésével, holott, mint azt a továbbiakban közölt mérések igazolják, egy Nápolyban működő szendvics-kemencében a hőindex eléri a 220%-ot (11), ami egyébként messze van a hőindex felső határától, a végtelentől. A mondottak után ez nyilván nem azt jelenti, hogy a kemencék hatásfoka végtelen lehet, hanem egyszerűen azt, hogy a végtelen hőindexnek 100%-os hatásfok felel meg, tehát 0,8 (azaz 80%-os) hőindex nagyon alacsony hatásfokot jelent. Pl.: egy 1000 C°-on

égető kemencében, amelyben minden kg árura 300 cal-t fogyasztottunk, a hőindex:

$$R = \frac{0,25 \times 1000}{300} = \frac{250}{300} = 0,83.$$

A veszendőbe ment hő (sugárzás, vezetés, füstgáz-veszteség stb.) kb. 280 k cal-t tett ki, s az égetett áruban pro kg csak 20 k cal energia maradt, mint az égetés által keletkezett vegyi energia. Ez esetben a hatásfok:

$$\eta = \frac{300 - 280}{300} = \frac{20}{300} \approx 0,07,$$

vagyis minimális volt. Mikor a hőindex  $R=220$  (l. az említett nápolyi példát), a hatásfok ugyanannál az árunál még mindig csak 0,17. Szükséges volt ezt előrebocsátani, mert a továbbiakban az összehasonlító mérések eredményeit hőindexek mérőszámaival fejezzük ki.

2-3. Az alagútkeemence hőkicserélése során a következő hőmennyiségek szerepelnek:

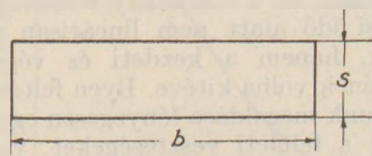
- $q_1$  = az áruval kivitt meleg,
- $q_2$  = a füstgázokkal eltávozó meleg,
- $q_3$  = a felületi veszteségek,
- $q_b$  = a bevezetett hő.

Nyilvánvaló, hogy:

$$q_b = q_1 + q_2 + q_3. \quad (6)$$

Ha a kemence elég hosszú,  $q_1$  és  $q_2$  elméletileg majdnem nullára redukálható, mint azt több gyakorlati eredmény bizonyítja (12). Lényegében tehát a bevezetett hőnek ilyenkor csakis a felületi veszteséget kellene pótolnia.

Az alagútkeemence *hőgazdaságára* vonatkozó elméletünk elsősorban ezekkel a felületi veszteségekkel foglalkozik. A kemence hőgazdaságossága szempontjából az a hőmennyiség döntő, amelyet a termelt áru súlyegységére fordítunk s amelyet *fajlagos hőkiadásnak* fogunk a köve kezökben nevezni. Hasonlóképpen *fajlagos hőveszteségnek* fogjuk nevezni a súlyegységre eső hőveszteséget. Vegyük most már tekintetbe, hogyan függ a fajlagos hőveszteség az égetendő tömeg alakjától és térfogatától. Könnyen kimutatható, hogy azonos térfogat esetén a négyzetleteres hasábalakú testek között annak a hasábnak legkisebb a sugárzó felülete, amelynek a keresztmetszete négyzetes (3. ábra).



3. ábra.

l m hosszúnál a térfogat:

$$V = l s = \text{const. és az összfelület } F = 2(l + s).$$

Innen:

$$F = 2 \left( \frac{V}{s} + s \right), \quad \frac{dF}{ds} = 2 - \frac{2V}{s^2}. \quad (7)$$

Ennek megfelelően a minimális (vagy maximális) felületnél:

$$2 - \frac{2V}{s^2} = 0, \quad s^2 = V = l s, \quad s = l.$$



Minthogy a második differenciál hányados:

$$\frac{d^2 F}{ds^2} = \frac{4V}{s^3} > 0,$$

$s = l$ -nél a (7) függvénynek minimuma van.

Különböző térfogatú, de hasonló keresztmetszetű hasábok között a legnagyobb fajlagos hővesztesége a legkisebb térfogatú hasábnak van, mert a térfogat a lineáris méretek harmadik hatványa, a felület pedig azok második hatványa szerint változik. Ebből a szempontból tehát egy hasáb alakú test hővesztesége annál kisebb, minél nagyobb a térfogata, és minél jobban közeledik a keresztmetszete a négyzetes alakhoz. Ez az elgondolás vezetett valószínűleg a többekévesebbé négyzetes keresztmetszetű nagy alagútkemencékhez. *De az elv téves, azért, mert a hőveszteségnek csak egyik tényezőjét, a sugárzófelületet vette tekintetbe, a másikat: az időt pedig nem.* Az alagútkemence felfűtési görbéjének alakját és hosszát az idő függvényében, mint azt mindjárt látni fogjuk, az égetési idő, amelynek tartamával a felületi hőveszteség nő, vagyis az ú. n. hőkezelésnek az időtartama szabja meg. A felfűtési görbék, amelyeket vándorhőelemek segítségével különböző alagútkemencékben nagy számban vettünk fel, azt mutatják, hogy — mint már említettük — a szokványos alagútkemencék kocsirakományának minden pontja különböző diagrammot ad,  $s$  a rakomány felső és alsó része között, a belső részekben, a felfűtési szakasz közepe felé egyes esetekben 300—400 C° különbség is mutatkozik, azonkívül a felső görbe alakja az alsótól lényegesen különböző (l. a 7a ábrát).

Jelen munkánkban kitűzött első feladatunk: az alagútkemence optimális keresztmetszetének kiszámítása, megengedi azonban, hogy első megközelítésben — amely a gyakorlatban elfogadhatónak bizonyult — a rakomány-felület felfűtési görbéit egy ideális egyenessel helyettesítsük, vagyis feltételezzük, hogy a hőfok a rakomány egész felületén az időegységben állandó emelkedést mutat. Feltesszük azonkívül, hogy — mint az elméletileg bizonyítható — a rakomány magvának felfűtési görbéje gyakorlatilag egybeesik azzal a felfűtési görbével, amelyet akkor kapnánk, ha a rakomány felülete változatlan felfűtési idő alatt nem lineárisan emelkedő hőhatásnak, hanem a kezdeti és végső hőfok középértékének volna kitéve. Ilyen feltételek mellett feladatunk megoldása lényegesen egyszerűbbé válik, mert a felületi veszteségeket, valamint a felfűtés tartamát ugyanarra az állandó hőfokra vonatkoztathatjuk,  $l$  m hosszúságú rakományrészlegre végezve el a számítást, mivel első megközelítésben az alagútkemencén áttolt kocsirakomány összessége egy négyzetes keresztmetszetű és nagyon hosszú hasábnak tekinthető. Megjegyezzük, hogy differenciális alakban pontosabb számításokat végezhetünk, de a gyakorlatból vett felfűtési görbék ilyen számítások praktikus alkalmazhatóságát teljesen kizárják. A számításokat az elméleti elemzés kedvéért más helyen mégis közölni fogom.

Ezt előrebocsátva, vizsgáljuk meg a jelzett  $l$  m hosszú szelvényen a kemencében égetett hasábalakú test fajlagos hőveszteségét, mégpedig a hőveszteség szempontjából legkedvezőbb, négyzetes keresztmetszettel. Ez esetben az  $s$  oldal-hosszú hasáb felülete:

$$F = 4s.$$

A kemence falain keresztül ennek a felületnek, a Fourier—Newton-féle hővezetési törvény szerint (amely a fenti feltevések szerint alkalmazható állandósított hővezetésre vonatkozik) egy  $F$ -el arányos hőveszteség felel meg, mert a kemence-felület gyakorlatilag arányos a rakomány felületével, vagyis:

$$F_k = KF, \quad (8)$$

ahol  $F_k$  a kemence felület és  $K$  egy arányossági tényező.

A tekintetbe vett rakományrészlegnek megfelelő hőveszteség a Fourier—Newton-féle általános hőátbocsátási egyenlet szerint:

$$Q = kF_k (t_1 - t_2)\tau, \quad (9)$$

ahol  $Q$  — a hőveszteség kcal-ban,

$k$  — a hőátbocsátási tényező kcal/m<sup>2</sup>C°-ban,

$t_1$  — a kemence belsejében uralkodó közép-hőmérséklet C°-ban,

$t_2$  — a környező léghőmérséklet C°-ban,

$\tau$  — az idő ó-ban.

A rakománynak megfelelő fajlagos hőveszteség ennél fogva:

$$Q_s = Q/V\gamma = kF_k (t_1 - t_2)\tau/V\gamma, \quad (10)$$

ahol  $V$  a rakomány térfogata m<sup>3</sup>-ben és  $\gamma$  a faj-súlya kg/m<sup>3</sup>-ben. Minthogy:

$$F_k = KF = 4sK, \quad V = s^2,$$

a (10) egyenletbe helyettesítve:

$$Q_s = \frac{4kK (t_1 - t_2)\tau}{s\gamma} = \frac{K_1\tau}{s}, \quad (11)$$

ahol  $K_1 = 4kK (t_1 - t_2)/\gamma$  állandó, ha a kemencénél állandósított hőátadást tételezünk fel.

A (11) egyenlet, ha a hőkezelés ideje  $\tau = \tau_h$  meghatározott tartalmú, egy egyenlőoldali hiperbola egyenlete (4. ábra), amelyben minden  $s$  értéknek egy meghatározott,  $Q_s$ , illetve az időegységben  $Q_s/\tau_h$  érték felel meg. A hiperbola azt mutatja, hogy:

*a fajlagos hőveszteség a rakomány-keresztmetszet oldalhosszával eleinte rohamosan csökken, de egy bizonyos ponton túl alig változik.*

Ebből a szempontból tehát a rakomány méreteit bizonyos határokon túl nem érdemes növelni.

Vizont minden  $\tau = \tau_h$  hőkezelési időnek annál nagyobb fajlagos hőveszteség felel meg, minél tovább tart a hőkezelés.  $\tau$  értékét tehát a lehető legkisebbre kell csökkenteni. Határt szab itt azonban a kerámiai anyagok rossz hővezetése. Szükséges volt ezért megvizsgálni, melyik az a minimális időtartam, amelyben a rakomány magva a felület hőfokát megközelítőleg felveszi.



2-4. Az alagút-kemencében a kocsirakomány folytonosan emelkedő hőfokú gázárammal szemben halad át, vagyis, mint már mondtuk, ellenáramú hőkicszereléséről van szó. A felhevítési idő kiszámítása többféleképpen lehetséges. A alkalmazhatjuk a Williamson—Adams-féle (12), vagy a Schmidt és Helweg-féle (12) (13), vagy a többi számítási módszert, amelyek az általános Fourier-féle differenciál egyenletből indulnak ki:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \nabla^2 t,$$

ahol:

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

a Laplace-féle operátor,  $a = \frac{\lambda}{c\gamma}$  a hőfokvezetési

tényező,  $\lambda$  a rakomány hővezetési tényezője,  $c$  a fajhője és  $\gamma$  a fajsúlya. A (12) egyenlet alkalmazása ellen azt lehet felhozni, hogy benne a  $\lambda$ ,  $c$  és  $\gamma$  paraméterek a  $t$  hőfoktól függetlenül vannak feltüntetve, holott ez ellentmond a gyakorlatnak. Schmidt és Helweg ezért kiterjesztették a (12) egyenletet, bizonyos egyszerűsítő feltételekkel, arra az esetre, amelyben a fenti paraméterek (különösen  $\lambda$  és  $c$ ) a hőfok függvényei. Újabb és tökéletesebb megoldást dolgozott ki erre az esetre Vanicsev az ú. n. elemi hőmérlegek módszerével. Jelen munkában a Williamson—Adams-féle egyenleteket alkalmazzuk, két okból. Az egyik az, hogy a megfelelő grafikonok rendelkezésre állnak, úgyhogy azokból könnyen kivethető a nekünk szükséges  $s$  rakomány-oldalhossz vagy vastagság és a  $\tau_h$  felhevítési idő közötti összefüggés. A másik ok az, hogy ennek az időnek a számértéke a különböző módszerek-nél gyakorlatilag egybeesik, függetlenül attól, hogy a  $\lambda$  és  $c$  paraméterek középértékét, vagy a Schmidt—Helweg, illetve a Vanicsev-féle módszert követve, azoknak valódi értékeit alkalmazzuk-e. A mi szempontunkból ugyanis a felhevítés ideje, nem pedig a felhevítési görbe hőfokeloszlása a döntő (amely eloszlás viszont lényegesen függ a fenti paraméterek változásától).

A Williamson—Adams-féle egyenletek szerint a testek felmelegedésének sebességét, mint látni fogjuk, olyan görbe adja, amely a test méreteivel először lassan azután rohamosan nő. Így nyilvánvalóan egy optimum-problémával állunk szemben, amelynek megoldása a fenti (9) és az itt következő Williamson—Adams-féle (13) egyenlet kombinációjából következik. Ezt az egyenletet a következőképpen írhatjuk fel:

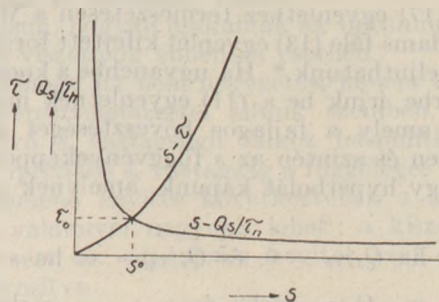
$$t_k = t_2 + (t - t_2)\varphi(4F_0), \quad (13)$$

ahol  $t_k$  az égetendő massa középpontjának kezdeti hőfoka,  $t_2$  a hőátadó gázok hőfoka (amelyet első megközelítésben egyenlőnek vehetünk a rakomány hasáb felületi középhőfokával),  $t$  az égetendő tömeg hőfoka a felmelegedés előtt,  $F_0$  a Fourier-féle szám. A  $\varphi$  függvény meglehetősen bonyolult jellegű kifejezés, amelyet a Fourier-féles sorok segítségével vezettek le. Ezt a leveztést rövidség kedvéért itt nem ismételjük. A függ-

vényből az  $F_0$  szám alapján, amely az adott viszonyoknak felel meg, kiszámítható a felmelegedési idő. Még könnyebben kiszámítható ez az idő a megfelelő diagrammok segítségével, amelyekben a  $\psi$  függvény az  $F_0$  számnak megfelelően van feltüntetve (10). Mint ismeretes:

$$F_0 = \frac{\lambda \tau}{\gamma c s^2} = \frac{a \tau}{s^2} \quad (14)$$

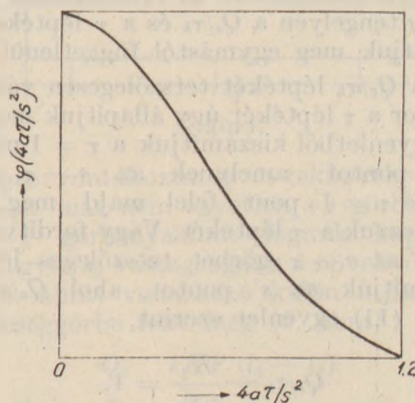
Ismerve tehát az égetendő anyag fajsúlyát, fajhőjét, hővezetési tényezőjét, valamint a tömeg felületének hőátadási tényezőjét, továbbá a gáz hőfokát és a test felületének hőfokát, a (13) és (14) egyenletből kiszámíthatjuk minden  $s$ -nek megfelelőleg a szükséges  $\tau$  időt ahhoz, hogy az égetendő tömeg központi hőfoka  $t_k$  megközelítőleg egyenlővé váljék a felület  $t_2$  hőfokával. Ha a különböző négyzetes keresztmetszetű hasábok  $s$  oldalának megfelelő  $\tau$  felmelegedési időket egy koordináta rendszerbe rajzoljuk be, egy  $s - \tau$  diagrammot kapunk (4. ábra).



4. ábra.

Be lehet bizonyítani, hogy az így nyert  $s - \tau$  görbe határalakja egy parabola, amelynek csúcserintője az  $s$  tengely, az  $s - \tau$  koordináta rendszer 0 pontjában.

A Williamson—Adams-féle görbét, a négyzetes keresztmetszetű végtelen hasábra, az 5. ábra mutatja.



5. ábra.

Ha feltesszük, hogy a hőkiegyenlítődés véges  $\tau$  idő múlva gyakorlatilag tökéletesnek tekinthető, a Williamson—Adams egyenletében:

$$t_k = t_2 + (t - t_2)\varphi(4F_0) \approx t_2, \quad (15)$$

s akkor:

$$\varphi(4F_0) \approx 0.$$



Az ábra szejint ebben az esetben :

$$\frac{4a\tau}{s^2} = 4 Fo \approx 1,2 \quad (16)$$

és így :

$$\tau \approx \frac{1,2}{4a} \cdot s^2 \approx K_a s^2, \quad (17)$$

ahol :

$$K_a = \frac{1,2}{4a} = \frac{1,2c\gamma}{4\lambda}$$

állandónak tekinthető, mivel itt  $c$ ,  $\gamma$  és  $\lambda$  középértékeit az adott  $t$  és  $t_2$  határok között vehetjük számításba ; ami viszont, ismételjük, ebben az esetben megengedhető, mint az kitűnik a Mihejev-Vanicsev-féle hőfokgörbéből [(7) — 228. oldal], amelyek bármilyen hővezetési paramétereknél is, az exponenciális felfűtési vagy lehűtési görbék természeténél fogva ugyanazon idő alatt a rakomány magvában megközelítőleg ugyanazon határérték felé közelednek. A (17) egy parabola egyenlete.

A (17) egyenlethez természetesen a Williamson—Adams-féle (13) egyenlet kifejtett formájából szintén eljuthatunk.\* Ha ugyanebbe a koordináta rendszerbe írjuk be a (11) egyenletnek megfelelő görbét, amely a fajlagos hővesztéseget az időegységben és szintén az  $s$  függvényképpen adja, akkor egy hyperbolát kapunk, amelynek aszimptotái :

$$s \rightarrow \infty \text{ ha } Q_s/\tau_h = 0, \text{ és } Q_s/\tau_h \rightarrow \infty \text{ ha } s = 0.$$

Az  $s - Q_s/\tau_h$  görbe és a  $s - \tau$  görbe a  $P$  pontban metszik egymást ; az ennek a pontnak megfelelő  $s_0$  oldalhosszúság felel meg annak az optimális keresztmetszetnek, amely az égetendő test  $t_k$  középponti hőfokról  $t_2$  felületi hőfokra való felmelegítésére — vagyis a hőegyensúly elérésére a test egész keresztmetszetében — a legkisebb fajlagos hővesztéseget és ennek megfelelőleg a legkisebb energiafogyasztást biztosítja.

Hogy a metszéspont az optimumnak feleljen meg, az  $y$  tengelyen a  $Q_s/\tau_h$  és a  $\tau$  léptékeit nem választhatjuk meg egymástól függetlenül.

Ha a  $Q_s/\tau_h$  léptékét tetszőlegesen választjuk meg, akkor a  $\tau$  léptékét úgy állapítjuk meg, hogy a (12) egyenletből kiszámítjuk a  $\tau = 1$ -nek megfelelő  $s$  pontot, amelynek az  $s - \tau$  görbére vonatkozó  $\tau = 1$  pont felel majd meg. Ezzel meghatározzuk a  $\tau$  léptékét. Vagy fordítva, megrajzoljuk az  $s - \tau$  görbét tetszőleges léptékkel és kiszámítjuk az  $s'$  pontot, ahol  $Q_s/\tau_h = 1$ , vagyis, a (11) egyenlet szerint,

$$Q_s/\tau_h = \frac{K_1}{s} = 1.$$

Ebből :

$$s = s' = K_1$$

adja meg azt az  $s'$  pontot amelynek a másik tengelyen a  $\frac{Q_s}{\tau_h} = 1$  pont felel meg,  $s$  így megkapjuk a  $\frac{Q_s}{\tau_h}$  léptékét.

Az  $s - \tau$  görbén az  $s_0$ -nak megfelelő minimális felmelegedési  $\tau_0$  idő szabja meg az egész égetési időt. Ez az idő tudniillik éppen úgy az égetendő tárgy keresztmetszetének függvénye, mint a  $\tau_0$  idő.

A  $\tau_0$  idő a felfűtési időt adja meg és egyúttal közelítőleg megadja, a kemence másik oldalán, a lehülési időt is.\*\* Ehhez még csak a tapasztalati úton megállapított időtartamot kell hozzáadni, amely arra szükséges, hogy az égetési hőfokon az égetendő masszában megkívánt technológiai folyamatok végbemenjenek. Ily módon ki van számítva az alagút kemence optimális keresztmetszete és hosszúsága is, amennyiben a számításba vett hasáb hossza 1 m, tehát a kemence hossza annyi m, ahány órát tölt benne az 1 m-es rakomány.

2-5. Az így kapott kemenceméretet azonban egyrészt nem felelnek meg Grum-Gzsimailo gázáramlási tételének, másrészt az ilyen kemence amortizációja az égetendő áru súlyegységére számítva túl magas, mert a számítás a fal tömegéhez képest aránylag kis szabad keresztmetszetet ad. Tekintetbe kell vennünk, hogy az égetés költségei nemcsak a fűtőanyag használatából erednek, hanem az amortizációból is, eltekintve a munkabérektől, amelyek az alagút kemence méreteitől aránylag függetlenek.

A kemencében áramló gáztömeg rétegmagasságának kiszámításakor vegyük tekintetbe, hogy a füstgázok  $u_f$  áramlási sebességét a kémény  $H$  magassága és  $t_f$  középfőfoka szabja meg, a Toricelli kifolyási törvényének megfelelő Grum-Gzsimailo-féle egyenlet révén :

$$U_f = \sqrt{2gH \frac{t_f - t_i}{t_i}}, \quad (18)$$

ahol  $t_i$  a környező hideg levegő hőfoka. Ennek megfelelően, ha a füstgázok óránként áramló súlya  $G$  és sűrűségük  $t_f$  hőfokon  $d_f$ , az áramlási keresztmetszet :

$$A_f = \frac{G}{d_f u_f}. \quad (19)$$

Az áramlási keresztmetszet  $t_n$  hőfokon :

$$A_n = A_f \left(1 + \frac{t_n}{273}\right). \quad (20)$$

Mint hogy az alagút kemence keresztmetszete és  $b$  szélessége, a kissé tágabb égetőzónát kivéve, állandó, az áramló gázréteg magassága a megfelelő helyen :

$$H_n = \frac{A_n}{b} = \frac{A_f}{b} \left(1 + \frac{t_n}{273}\right). \quad (21)$$

\* A Williamson—Adams-féle egyenletek leveztésében hibák vannak, amelyekre egy későbbi, szigorúan elméleti jellegű munkában visszatérünk. Az eredményekre azonban ezen hibáknak nincs befolyásuk.

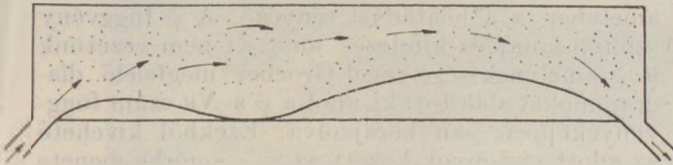
\*\* A felmelegedési időt egyesek még ma is a Newton-féle egyenlettel számítják ki :

$$\tau = \frac{\gamma c}{\alpha s^2} \ln \frac{t_f - t_a}{t_f - t_k}.$$

Ez azonban csak igen alacsony hőfokkülönbségekre fogadható el és téves eredményekre vezet.

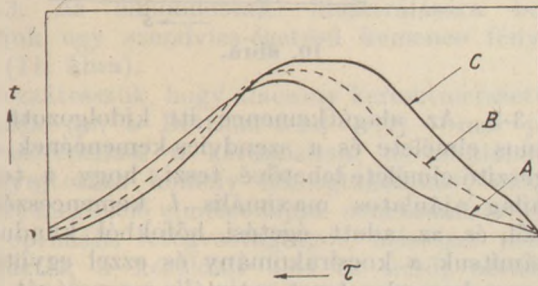


Mínthogy  $A_f$  és  $b$  a kemence normális meneténél állandó,  $H_n$  anná' magasabb, minél nagyobb  $t_n$  s fordítva. Mínthogy az áramló gázok  $G$  súlyteljesítménye az alagútkenecében normális körülmények között állandónak tekinthető, az áramló gázok hosszmetsete a 6. ábra szerint alakul. A magas rakású égetett tömegben a gázok, a kemence bejárata felé, csak a felső rétegben áramlanak és az árut csak ott me'egítik fel gyorsabban.

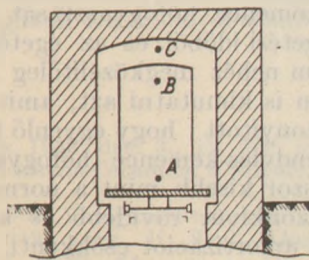


6. ábra.

Ennek teljesen megfelel a 7/a ábrában feltüntetett hőfokdiagramm, amelyet vándorhőelemekkel egy nápolyi alagútkenecéről vettünk fel.\* Ha tehát el akarjuk érni azt, hogy a kemencerakomány minél nagyobb része merűjön a forró gázokba, a 6. ábrának megfelelően csak a tolókocsik felső részét kellene megraknunk, s ebből a szempontból a fekvő téglalap alakú keresztmetsetet előnyösebb, mint a négyzetes keresztmetsetet.



7a. ábra.



7b. ábra.

Az alagútkenecse itt kifejtett elmélete azt mutatja, hogy a 4. ábra diagrammjának megfelelő négyzetes és  $s_0$  oldalhosszú keresztmetsetet nem a legmegfelelőbb — két okból :

1. túl kicsi  $s$  így súlyegységenként túl magas amortizációjú kemencét eredményez ;
2. a kocsirakományt a kemence egész hosszában nem egyenletesen hevíti át.

Mindkét nehézséget a szendvicségetés elve hártja el.

### 3 A szendvics-rendszerű alagútkenecse elmélete.

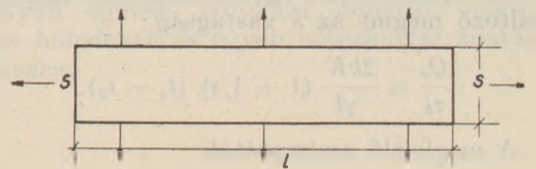
3-1. Az előbb kifejtett, nagyjából négyzetes keresztmetsetű alagútkenecse elméletében a Williamson—Adams-féle (13) egyenlet azon a feltevésen alapszik, hogy a négyzetes keresztmetsetű hasáb felhevítése minden oldalról egyforma felülethőfokkal történik. A valóságban, részben a Grum—Gzsimailo által megállapított gázáramlás jellege miatt, részben, mert a tolókocsinak megfelelő alsó hasábfelület nem érintkezik szabadon a hevítő lángokkal (sőt elektromosfűtés esetén egyáltalán nem közvetlenül hőt), a felfűtési idő a 4. ábrának megfelelőnél is hosszabb. Így az optimumnak megfelelő már amúgy sem nagy  $s_0$  hasáboldal még csökken. Ez az utóbbi megoldás vezetett minket arra, hogy a fekvő téglalap keresztmetsetű hasábot és — a fekvő téglalap rövidebb, jobb- és baloldalának mindenképpen megtörténő hevítésén kívül — a hasáb felső és alsó hevítését is kívánatosnak tartjuk. Ez az égetési mód az, amit szendvics-égetésnek nevezünk el (Korach, 1950.).

Lássuk, hogyan alakulnak az optimumra vonatkozó viszonyok ebben az esetben.

Mínthogy itt nem négyzetes, hanem téglalap alakú keresztmetsettel állunk szemben, amely egy fekvő  $s_0$  vastagságú falhoz hasonlítható, a kapott optimális  $s_0$  vastagság a függőleges oldalon is végbemenő hevítés következtében a kiszámítottnál valamivel nagyobb lehet ; a kiszámított  $s_0$ -nál ezért az egyenletes hevítés csak jobban van biztosítva.

Ami a fajlagos hővesztésre vonatkozó görbét illeti, az ebben az esetben az előzőtől különbözni fog.

Térjünk vissza a megfelelő (10) egyenlethez, de a  $\frac{Q_s}{\tau h}$  fajlagos hővesztéget  $l$ -re, a hasáb-



8. ábra.

szélességre vonatkoztatva és tekintetbevéve azt, hogy most már nem egyetlen  $s$ - $\tau$  görbét, hanem egy  $l$ - $\tau$  görbenyalábot fogunk kapni, mert minden egyes  $s_0$  vastagságnak a növekvő  $l$  szélességre (8. ábra) vonatkozó külön fajlagos  $Q_s/\tau h$  hővesztésgörbe felel meg (9. ábra) :

$$\frac{Q_s}{\tau h} = \frac{kKF(t_1 - t_2)}{V\gamma} \quad (22)$$

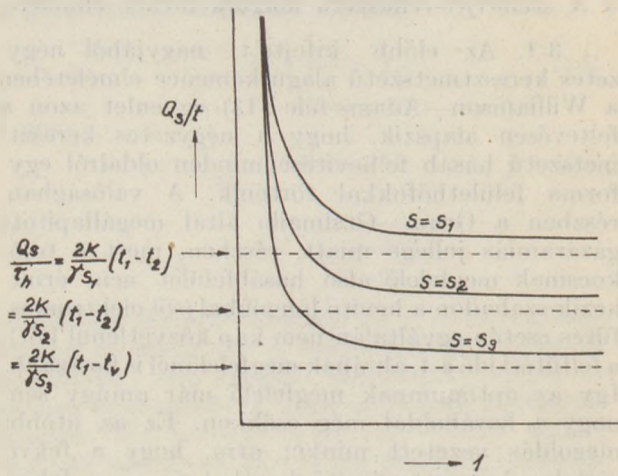
Mínthogy :

$$F = 2(s + l) \text{ és } V = sl$$

$$\frac{Q_s}{\tau h} = \frac{2kK}{\gamma s} \left( \frac{s}{l} + 1 \right) (t_1 - t_2). \quad (23)$$

\* A 7/a ábra a 7/b ábra keresztmetsetpontjainak megfelelő hőfokgörbéket mutatja a kemence hosszában, de az idő függvényében.





9. ábra.

Minden  $s = \text{const.}$  értékre a (23) egyenlet hiperboát ad, amelynek aszimptótái:

$$\frac{Q_s}{\tau_h} \rightarrow \infty, \text{ ha } l = 0, \tag{24}$$

$$l \rightarrow \infty \text{ ha } \frac{Q_s}{\tau_h} = \frac{2kK}{\gamma s} (t_1 - t_2). \tag{25}$$

A 9. ábra azt mutatja, hogy minden  $s$  vastagságnál a fajlagos hőveszteség  $Q_s/\tau_h$  az  $l$  növekvésével csökken, és minden adott  $l$  szélességnél annál kisebb, minél nagyobb az  $s$  vastagság. Ennélfogva a szélesség megválasztásánál minden esetben a maximum felé kell törekednünk. Az a'agútke­mencék statikája azonban ennek határt szab és általában — mint láttuk — a 3 m szélesség alagútke­mencéknél már kivételes. Kiindulva egy  $l = \text{const.}$  határértékből felrajzolhatjuk most már az ennek megfelelő fajlagos hőveszteségi görbét (8. ábra):

Ez a görbe a (26) egyenletnek felel meg, ahol a változó megint az  $s$  vastagság:

$$\frac{Q_s}{\tau_h} = \frac{2kK}{\gamma l} (1 + 1/s) (t_1 - t_2). \tag{26}$$

A megfelelő aszimptóták:

$$\frac{Q_s}{\tau_h} \rightarrow \infty, \text{ ha } s = 0, \tag{27}$$

$$s \rightarrow \infty, \text{ ha } \frac{Q_s}{\tau_h} = \frac{2K}{\gamma l} (t_1 - t_2). \tag{28}$$

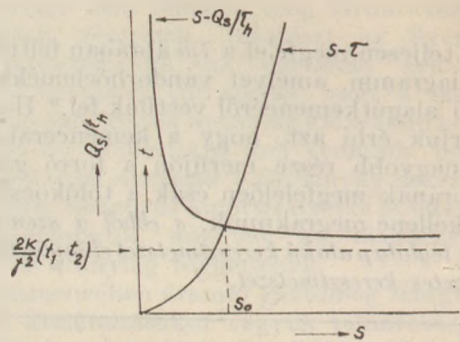
Ha itt a minimumot akarjuk megállapítani, nagyobb pontosság kedvéért a Groeber-féle egyenletet alkalmazzuk (16):

$$t_k = t_2 + (t - t_2) \psi(4Fo, Nu), \tag{29}$$

ahol  $t_2$  az égető gázok hőfoka,  $t$  a rakomány kezdeti felületi hőfoka és  $Nu$  a Nusselt-féle szám:

$$Nu = \alpha s / 4l, \tag{30}$$

amelyben  $\alpha$  a hőátadási tényező. A  $\psi$  függvény szintén komplex kifejezés, amit itt nem vezetünk le, s amelynek segítségével Groeber megfelelő diagramokat alakított ki, ahol a  $\psi$  a  $Nu$  szám függvényeképpen van berajzolva. Ezekből kivehető az adott viszonyok között az  $s - \tau$  görbe menete s a megfelelő optimális  $s_0$  (10. ábra).



10. ábra.

3-2. Az alagútke­mence itt kidolgozott általános elmélete és a szendvics-ke­mencének azt kiegészítő elmélete lehetővé teszi, hogy a technikailag ajánlatos maximális  $l$  kemenceszélességből és az adott égetési hőfokból kiindulva kiszámítsuk a kocsirakomány és ezzel együtt a ke­mence-keresztmetszet optimális magasságát, azután a már ismert módon a felhevítés, a hőkezelés és a hűtés megfelelő időtartamát s ebből a ke­mence hosszát. A ke­mence hőfogyasztását annak méreteiből, az égetési időből, és az égetési hőfokból ezek után nem nehéz megközelítőleg kiszámítani s ezen az úton is kimutatni azt, amit a gyakorlat már bebizonyított: hogy egyenlő teljesítmény mellett a szendvics-ke­mence hőfogyasztása legalább háromszor kisebb, mint a normális alagútke­mencéé. Azonkívül rövidebb és kevesebbe is kerül, ami az amortizációt csökkenti.

2. táblázat

Szendvics-ke­mence és alagútke­mence összehasonlító adatai

Az égetett áru neve	Napi bruttó termelés kg	Hőfogyasztás 1000 k cal		Hőindex		Maximális hőfok C°
		normális ke­mence	szendvics-ke­mence	normális ke­mence	szendvics-ke­mence	
Kőedény, nehéz típus .....	8000	7900	1920	29 (35)*	104 (229)	1150
Kőedény, könnyű típus .....	6400	7900	1855	24 (69)	86 (190)	1150
Kőedény, vegyes .....	6100	7900	1882	22 (52)	81 (178)	1150

\* A zárójelben szereplő hőindexek a szárításra elvont hő levonásával adódnak.





11. ábra.

3-3. Az elmondottak illusztrálására bemutatjuk egy szendvics-égetésű kemence fényképét (11. ábra).

Hozzáteesszük, hogy alacsony keresztmetszetű kemencék (pl. a Dettmer-féle) — (1) — már jó ideje szerepelnek a kerámiában, de általában nem nyújtottak komoly hőmegetakarítást, mert egyrészt megfelelő elmélet híján nem számították ki az optimális rétegvastagságot, másrészt nem alkalmazták a kétoldali alsó és felső szendvicsrendszerű hevítést. Végül még csak azt jegyzem meg, hogy az itt kifejtett elmélet hézagoss elhelyezésű kocsirakományra is érvényes, amennyiben a forró gázok áramlásával szemben a héza-

gos rakomány is olyan ellenállást fejt ki, hogy a gyakorlatban a gázok alig mozognak a rakomány belsejében és ott a hővezetés úgyszólván csak a sugárzásra korlátozódik. A kocsirakomány ritkulásával a hőátadás ebből a szempontból javul, de a Grum-Gzsimailo-féle gázáramlás szempontjából rosszabbodik. A szendvics-égetés elvének előnyeit tehát a ritka kocsirakomány sem pótolhatja. A 2. táblázat összehasonlítás céljából (11) a 11. ábrán lefényképezett szendvics-égetésű lépéskemence és egy ugyanolyan teljesítményű és ugyanolyan égetési hőfokkal dolgozó alagút-kemence hőindexeit és egyéb hőtechnikai adatait tartalmazza.

## IRODALOM

1. Silikattechnika, 1952. dec. 3., 12. 529. old. és folyt.
2. Morelli: L'Industria Ceramica e Silicati, 1949, 3. sz., 14. old.
3. Grum-Gzsimailo: „Válogatott munkák“, Moszkva — Leningrád 1949, a Sz. U. Tud. Akadémiájának kiadása. V. ö. a 39—64. o.
4. U. a.: „Essai d'une théorie des fours a flammes“, Paris, 1913. és 1920.
5. U. o. és „The hydraulic theory of the flow gas in furnaces“ London 1926. Azonkívül, idézve a 3. munkában, „Die hydraulische Theorie des Gastromes im Ofen“, Feuerfestigkeit, 1927.
6. Ginzburg, Zimin és m. t.: „A szilikátipari előírások hőtechnikai számításai“, Moszkva, 1951. Állami É. A. Ipari Kiadó, 78. és 79. táblázatok.  
Lükov: „A hővezetés elmélete“, Moszkva, 1952.  
Mihejev: „A hőátadás gyakorlati számításának alapjai“. Tankönyvkiadó, Budapest, 1953.
7. Korach: „I laterizi ed affini“. 1923. dec. 1., 12.
8. Padou és Korach: „L'Industria Ceramica e Silicati“. 1951. 3. sz.
9. Silikattechnika u. o.
10. Építőanyag 1953. jan. 5., 1. 33. old.
11. G. L. Siliprandi: Doktori értekezés. Bologna, 1952. dec.
12. Eigen: „Zement, Kalk, Gips“ 1952. júl.
13. Williamson és Adams: „Phys. Rev.“ 919. 14. 99—114. old.
14. Ernst Schmidt—Eberhard Helweg: Temperaturverteilung usw. Forschung auf d. Gebiete d. Ingenieurwesen 1933, 238—248.
15. Vanicsev A.: Sz. U. Tud. Akad. Közleményei, 1946. és a Tud. Kutatóintézet munkálatai, 1947., idézve Mihejev-nél (6) 280. old.
16. Groeber: „Einführung i. d. Lehre der Wärmeübertragung“. Berlin, Springer, 1926. 40. old.
17. Mattyasovszky: Építőanyag, 1952. május—június 4—5—6., 103. oldal.



# Néhány érdekes eredmény a szovjet építőanyagipari tudományos kutatás anyagából

EGYED ZOLTÁN

Az építőanyagipar tudományos kutatóinak első szélesebbkörű megbeszélésén, azon a konferencián, melyen először cserélik ki szervezeten egymással gondolataikat és tapasztalataikat, először ismertetik meg egymással módszereiket és eredményeiket, rá lehet mutatni arra, hogy az a tudomány, melynek dolgozói erre a megbeszélésre összejönnek, a népgazdaság tervszerű irányításának egyik fontos alapja.

A tudomány fejlődése a kapitalista gazdasági rendben nem töretlen, nem átfogó, s nem is egységes, mert nem a köz javára fejlődik, nem is válhat a köz kincsévé, ezt nem teszik lehetővé a kegyetlen kapitalista verseny, a féltve őrzött gyártástitkok, a ködösen megfogalmazott szabadalmi leírások, a profitéhség.

Lenin mondotta: "... azelőtt az emberi elme, annak egész zsenialitása csak azért alkotott, hogy a technika és a kultúra minden javával csupán egyeseket lásson el, a többieket pedig megfossza a legszükségesebbtől — a művelődéstől és a fejlődéstől".

A szocializmust építő népi demokráciákban — hazánkban is — megszűnt lényegében a kizsákmányolás, nincs többé kapitalista verseny, senki nem rejt el a közösség előtt gyártási titkokat, minden tudományos dolgozó kötelességének érzi és tartja, hogy ködösített szabadalmi leírások helyett, szabatosan, világosan megfogalmazott publikációkon keresztül eredményeit, tapasztalatait, gondolatait és találmányait a népgazdaság — a nép rendelkezésére bocsássa.

Ebben a szellemben fognak az anketon építőanyagiparunk tudományos kutatói eredményeikről és további célkitűzéseikről beszámolni. Eredményeink forrása a Szovjetunió iránytmutató tudományos kutató tevékenysége és hatalmas gyakorlata. Az itt következőkben néhány olyan eredményt mutatjuk be a szovjet építőanyagipari kutatásnak, melyek soronkövetkező feladataink megoldásához egy-egy hasznos szemponttal jelentősen hozzájárulhatnak.

★

Az építőanyagipar kutatói nem sokat foglalkoztak eddig azzal a kérdéssel, hogy a mészhabarcok milyen lassan szilárdulnak és viszonylag milyen alacsony az első — igen hosszú — időszakban a szilárdságuk. Ez a körülmény pedig érdekesen hasonlítható össze azzal a ténnyel, hogy a kalciumhidrát — ha az idő függvényében viszonylag lassan is — a levegőből szénsavat elvonva kalciumkarbonáttá alakul át és ekkor igen szilárdvá válik.

A karbonizálódás folyamata igen lassú, de a szovjet **Bajkov** mintegy 50 évvel ezelőtt már rámutatott arra, hogy ezt a folyamatot a mészhidráthoz szénsavat adagolva jelentősen meg lehet gyorsítani.

Bajkov gondolatával sokáig nem tudtak mihez kezdeni és csak néhány évvel ezelőtt sikerült **K. Sz. Zascsepinn** alkalmas eljárást kidolgoznia a karbonizálásra.

Zascsepin eljárása lényegében a következő:

Könyűbeton — vagy normálbeton — adalékanyagokhoz, pl. salakhoz, mészkőzsaladékhoz, vagy esetleg egyéb adalékanyagok homokos keverékéhez mintegy 12—15% őrölt oltatlan meszet, 0,35—0,45% őrölt gipszkövet  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  és 0,012—0,015% melaszt kevernek víz jelenlétében. Az enyhén plasztikus keveréket zsaluzómintákba töltik és mintegy 12—15 órára szénsav-gázzal telített térben tartják.

Ezalatt a 12—15 óra alatt a karbonizálódás teljes mértékig lezajlik, a kötőanyagul szolgáló mészhidrát teljes egészében kalciumkarbonáttá változik.

Az adalékanyagok leírt keverékéhez adagolt őrölt oltatlan mesz, miközben a zsaluzómintában kalciumhidráttá oltódik, egyfelől —\* duzzadása folytán — tömöríti az adalékokat, másfelől a hidratáláskor **leköti** a nedvesség egy részét, másrészt viszont exoterm tulajdonságainál fogva **elpárologtatja**. A nedvességtartalom csökkenése a karbonizálódást siettet — ez a folyamat kevés vizet igényel — ugyanakkor pedig az őrölt gipszkő csökkenti az őrölt égetett mesz oltódásának sebességét és lokalizálja az anyagban a nagy hőképződés következtében létrejövő, belső feszültségeket.

Ismeretes emellett, hogy a mészhidrátszemcsék és a szénsavgáz között teljes reakció csak igen nehezen jön létre, mert a lassan, fokozatosan végbemenő reakció alatt a mészhidrát szemcséket tömör  $\text{CaCO}_3$  kéreg veszi körül, amin a szénsavgáz nehezen képes áthatolni, tehát a kéreggel körülvett szemcsék belseje kizáródik a folyamatból, ami a készítmények minőségét jelentősen rontja.

Jelentéktelen mennyiségű glukozé vizes oldata — amit a vízzel kevert melasszal vizünk be a keverékbe — oldja a mészhidrátot és kalciumszacharátot hoz létre. A szénsavgáz ezt a szacharátot bontja és most már a teljes mészhidrát mészkarbonáttá alakul.

A bemutatott szellemes elgondolást a szovjet gyakorlatban mészégetőkemencék közelébe telepített üzemekben valósították meg. Ezekben az üzemekben a mészégetés közben keletkezett szénsav-



gázát használják fel — természetesen előzetes gondos tisztítás után. Hazánkban a vegyipar egyes ágaiiban jelentékeny mennyiségű hulladék szénsvagáz keletkezik, ami a megfelelő vidéken a mesterségesen karbonizált meszet igen vonzó helyi építőanyaggá teheti.

A karbonizált mészbeton anyagra nézve a szovjet gyakorlatban néhány érdekes mutatószámot találunk. Így pl. az előállításhoz — a szénsvagáztermelés energiaigényét, mint hulladékanyagot elhanyagolva — a karbonizált mészbetonból készített téglához képest a mészhomoktégla tüzelőanyagfelhasználása 110%-al magasabb, a közönséges égetett agyagtéglaé 250%-al több. A mészigénye a mészhomoktéglaé 10%-al haladja meg a karbonizált mészbetontéglaét és az előállítás költségeiben mutatkozó arány, ha a karbonizált mészbetontégla előállításának költségét 100%-nak vesszük, a mészhomoktéglaé 147%, az égetett agyagtéglaé 271%-nak mutatkozik.

A szilárdsági adatok is igen kedvezőek. A mészből és homokból készített karbonizált mészbeton 28 napos kockaszilárdsága mintegy 150 kg/cm<sup>2</sup>, tehát az égetett agyagtégla szilárdságával vetekszik. Megfelelő technológiai eljárással azonban a vasbeton igényeit is kielégítő 400 kg/cm<sup>2</sup> kockaszilárdságú anyagot is előállítottak karbonizálás útján. Az így előállított mesterséges kalciumkarbonát a vasbetonnal teljesen egyenértékű anyag, nem engedi a beágyazott acélt korrodeálni, és emellett még csiszolható és fényvezető is, ami nem vitatható esztétikai előny.

A felhasználás lehetőségeinél a következőkre gondoltak:

- falazótömbök,
- válaszfalakok,
- burkolólemezek,
- födemelemek,
- vasbetont helyettesítő szerkezetek,
- külső és belső díszítőelemek.

A felhasználás széles lehetőségei, valamint az, hogy különböző színű adalékok hozzáadása és a legkülönbözőbb megmunkálási lehetőségek igen változatos esztétikai hatást is biztosítanak, igen kívánatosnak teszik azt, hogy a hazai kutatás fokozott figyelmet fordítson ennek az olcsón előállítható igen érdekes anyagnak a hazai gyártási lehetőségeire. Etekintetben szerény **kezdeményezés** már eddig is jelentkezett, az erre irányuló **fokozott** munka eredménye nem maradhat el.

★

A hazai téglagyártás során egyes igen zsíros agyagelőfordulásoknál az agyagot salak adagolásával „soványítják”. Ezt a módszert csak viszonylag szűk területen alkalmazzák.

A szovjet gyakorlat ezzel a lehetőséggel szélesebb körben él.

A viszonylag kövér agyagoknál a salakadagolás — legfeljebb 5% átlagos átmérőjű aprított salak jöhet csak szóba — 50%-ig is felmehet, soványabb agyagok esetében a salak egy részét fűrészporral helyettesítik. A fűrészpor pótlására hazai vonatkozásban feltehetőleg számításba lehetne venni különböző mezőgazdasági hulladékokat, kenderpozdorját, töreket és egyebeket.

A hazai barnaszénsalakok hasznosítását nagymértékig megnehezíti a viszonylag magas éghetőanyagtartalom. A salakagyagtégla gyártását a salak magas éghetőanyagtartalma fokozottan indokolja, mert égetés közben

1000 téglánként mintegy 100 kg tüzelőanyag takarítható meg és

a nyerstégla szárítási ideje 20—40%-kal, égetési időtartama pedig 30—50%-kal lecsökken.

Az említett előnyök mellett a salakagyagtégla térfogatsúlya csak 1300—1500 kg/m<sup>3</sup>, a közönséges égetett téglánál fagyállóbb, míg a nyomószilárdsága megegyezik az égetett agyagtégla nyomószilárdságával, a hajlítószilárdsága jelentékenyen — sokszor 50%-nál is nagyobb értékkel — magasabb.

Hazai barnaszénsalakkészleteink indokoltá teszik, hogy a salakagyagtégla kérdését **tudományos alapossággal** feltárjuk.

★

Hazánkban csak kismértékben tekinthető megoldottnak a beton szilárdulásának **mesterséges gyorsítása**. Viszonylag kiterjedt ismereteink vannak a **gőzölésről**. Ezen a munkaterületen eléggé hasznosítottuk a szovjet tapasztalatokat, egyes kutatóintézeteinktől is aránylag sok empirikus adatot kaptunk saját kísérleteink során és **Adonyi** kísérletei nagyban hozzásegítettek a kérdés tudományos feltárásához. Az elmúlt évben beszerzett csehszlovák tapasztalatok sokat segítettek a gőzölés gazdaságossá tételénél, a gőzölési idő racionális csökkentésének lehetőségével, de természetesen ezen a téren is van még mit tennünk és tanulnunk.

A melegvízrelelés kérdése elhanyagoltabb munkaterület és a beton elektromos szilárdításával sem foglalkoztunk még komoly ipari mértékben.

Erműhálózatunk fokozott kiépítése széles perspektívát nyit meg az elektromos hőszilárdítás számára. A kutatást ebben a vonatkozásban ki kell terjeszteni a szovjet gyakorlatból ismert, úgynevezett **termoaktív** zsaluzóminta alkalmazására.

A termoaktív zsaluzóminta kettősfalú zsaluzat, melynek üregeibe nátriumklorid és fűrészpor nedves keverékét szórják be. Ha ebbe a keverékbe rüdelektrodákat vezetnek be, termoelektromos hatásra egyenletes felmelegedés következik be, ami a beton szilárdulásgyorsításának kedvező feltételeit teremti meg.

**Kutatóintézeteink** feladata ezt az egyszerű eljárást hazai céljainkra kikísérletezni, a hátrányként jelentkező tűzveszélyt kiküszöbölni és az eljárást az imert egyéb elektromos hőrelelési eljárásokkal összehasonlítani.

★

A kormányprogram célkitűzései között szerepel — egyebek között — a mezőgazdaság jelentékeny fejlesztése, ezen belül nagyszámú parasztház építése. A fejlődés mai szakaszában még nem lehet teljes egészében előregyártott házak építésére gondolni és talán egyet lehet érteni azzal a felfogással, hogy a segítség útja a nehezen előállítható szerkezeteket, pl. a tetőszerkezetet, az ajtókat és ablakokat üzemi gyártás termékeként a fa messzemenő megtakarításával előállítva „egységcsomagban” a dolgozó parasztság rendelkezésére bocsátani. A többi dolgozó parasztságunk saját



— néhány jótanáccsal némileg irányított — leleményességére kell bízni. A nagyobb **köelőfordulások** területe körül, a **téglagyarak** környékén ezzel a leleményességgel nincs is baj. A falazóanyag kérdése ott válik égetővé, ahol a **vályog** az egyetlen falazóanyag. A vályogépítés technikája sok száz év alatt alig fejlődött. A fejlődés **lehetőségét** a Welmarban erre a célra létrehozott vályogiskola a „Lehmbauschule” dolgozta fel tudományos alaposítással és az érdekes kutatásokról **Grigutsch** számol be.

A szovjet kutatás is sokat foglalkozik a vályogból, a nem égetett agyagból és a földanyagból való építés kérdésével.

A gyakorlatban az agyagból és szalmatőrethől készült vályog mellett agyagos vert-földet és előre elkészített agyagtömböket is alkalmaznak. Itt kell rámutatni, hogy a Szovjetunióban alkalmazott egyik legrégebbi falazóanyag a nem kiégetett anyagtéglá. Ezeknek az anyagoknak egységes **rossz** tulajdonságuk az, hogy nem vízállóak és nem is eléggé szilárdak.

A szovjet építőipari kutatás jelentékeny eredményeire lehetnek büszkék **Budnyikov**, **Nyekraszov** és **Popov** professzorok, akik a mezőgazdasági építmények — lakóépületek és egyéb építmények — számára

mésszel,  
kátránnyal,  
szurokkal és bitumennel,

lúggal, vagy mésszel kezelt mezőgazdasági haszonhulladékokkal, pl. olajpogácsával, cefrével stb.-vel és

egyéb kötőanyagokkal, pl. mésszel kevert órölt granulált kohósalakokkal stabilizált földanyagokat állítottak elő.

Ezeknek a stabilizált földanyagoknak az alkalmazásával — melyeket ne<sup>n</sup> tévesszünk össze az útépítés stabilizált földjével — az anyag teljes kiszáradása után fokozottan szilárd és vízálló anyagokhoz jutnak.

Természetesen a stabilizált földanyagok között is megkülönböztetnek vízben szét ázó, vízben szét nem ázó, de nedvesség hatására romló és végül teljesen **vízálló** anyagokat. Ez utóbbiak magas kátrány vagy bitumenadagolást igényelnek és fokozottan fagyállóak is.

Kutatóink a stabilizált földanyagok építőanyagként való előállításának egyszerű jó technológiáját kidolgozva, jelentékeny segítséget nyújthatnak a mezőgazdaság dolgozóinak. Munkájukban elsősorban **B. G. Szkrámájev** és **N. A. Popov** kísérleti eredményeire támaszkodhatnak.

★

Hazánkban elsősorban az ipari építkezés gyakorlatában egyre szélesebb körben alkalmaznak nagyméretű — főleg tetőfedő — paneleket. Ezek építési gyakorlata lényegében kialakult, nagy gondot okoz azonban a lakó- és középületek emeletközi födémeinek nagyelemekkel való helyes megoldása, a megfelelő gyártási technológia megválasztása és mindenekelőtt a legalkalmasabb zsaluzóminta kialakítása.

Az utóbbi évek hazai tapasztalatai a födémgerendagyártás területén nem tették különösképpen vonzóvá a betonzsaluzóminták alkalmazását. Egy-

felől valóban objektív hátrányként jelentkezett a hőszilárdítás területén az a körülmény, hogy a gerendával együtt azonos, vagy nagyobb tömegű zsaluzómintát kellett felfűteni, másfelől azonban ezeket a zsaluzómintákat kevésbé helyesen szerkesztették, nehézkesek, túlvasáltak voltak, ami szintén nemigen segített leküzdeni a betonzsaluzómintával szembeni idegenkedést.

A szovjet gyakorlatban elsősorban a nagy vasbeton födémelemek gyártását szét nem szedhető, sokszorosán felhasználható vasbeton zsaluzómintákban folytatják le. Ezeket a zsaluzómintákat — melyek a tapasztalat szerint mintegy 300-szor használhatók fel — **matricáknak** nevezik.

**Hajdukov**, aki mint a Szovjetunió Építészeti Akadémiája mellett működő Építéstechnikai Intézet munkatársa a matricás panelkészítési eljárást kidolgozta, ennek lényegét nagyjából a következőkben foglalta össze.

A matricákat, vagy helyhez kötötten — nem mozgó kivitelben — vagy mozgathatóan készítik. (A helyhez kötött matricák úgynevezett **sztend**-eljárás céljára alkalmasak, olyan technológia mellett, hogy a teljes gyártási folyamat alatt a panel a rögzített matricában fekszik, míg a mozgó matrica a folyamatos **szalagszerű gyártási technológia** munkaeszköze.)

A matrica gyengén vasalt betonszerkezet, amelyben bedolgozzák a gyártásra kerülő elem negatív formáját. A betonelem szilárdulásának mesterséges gyorsítására a matricába melegítő berendezést építenek be. A melegítő berendezést a következő megoldásokban alkalmazzák:

1. a matricába csövet vezetnek, vagy esetleg üreget hagynak ki és ezen keresztül forróvizet, vagy gőzt juttatnak be;

2. a matrica belsejébe izzószálakat vezetnek és ezeket — porcelán szigetelőanyagban vezetve — elektromos árammal izzítják;

3. a matricák munkafelületeihez közel erősáramú csupaszvetéteket betonoznak be. Ezeket elektromos áramot keresztülvezetve az elem frissen bedolgozott betonjában, melynek az ellenállása matrica betonjánál kisebb, hő fejlődik.

Világos, hogy a hőérlelés módját a rendelkezésre álló energiafajtától teszik függővé.

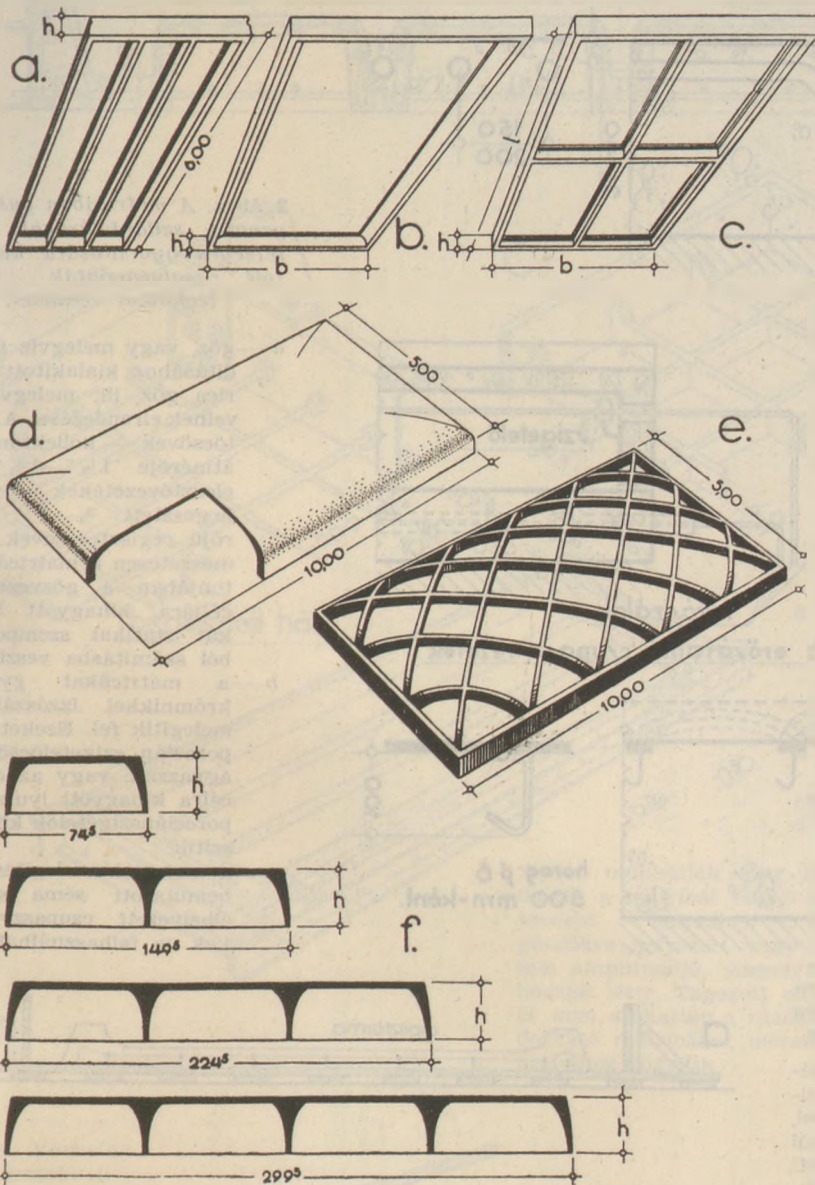
A matricákat a szükséghez képest különböző leszorító alkatrészek és kiemelő berendezések egészítik ki.

A hőszilárdítást vagy zárt térben hajtják végre, köpenyök beiktatásával, vagy az elemeket ponyvával fedik be, nehogy az érlelés alatt álló elemek elveszítsék a kötéshez szükséges víztartalmukat.

Döntő része a **matricakészítés** technológiájának az, hogy a melegítő berendezést a betonozás időtartamára 50°-nál nagyobb hőmérsékletre fel kell melegíteni, nehogy a magas hőmérséklet hatására zsugorodási repedések álljanak elő.

A matricáknak a termékekkel érintkező felületeit igen alapos felületi megmunkálásnak kell alávetni. Ez a felületi megmunkálás lehet egy mintegy 3—4 mm vastag cementhabarcssimítás, de gyakran mozaikbetont készítenek és azt lecsiszolják. A felületi megmunkálás után 24 órával a melegítő berendezést újból felfűtik és kellő időn keresztül magas hőmérsékleten tartják, hogy ezáltal a matricák szilárdulását mesterségesen gyorsítsák. A részletes technológiai megoldást a 3. ábra mu-





1. ábra. Matricában gyártott emeletközi és tetőfödémelemek.

- a — sűrűbordás emeletközi födémpanel;
- b — szegélybordás — az orosz szóhasználat szerint „sátor” — emeletközi födémpanel;
- c — kazettás emeletközi födémpanel (a kazetták tagozatainak kialakítását a belső építészeti kiképzéssel gondosan összehangolják);
- d — vékonyfalú, nagy fesztávolságú, széles — mintegy 50,00 m<sup>2</sup> felületű — tetőhéj;
- e — nagy fesztávolságú, széles — mintegy 50,00 m<sup>2</sup>-es rácsos tetőhéj;
- f — a különböző tetőpanelek jellegzetes keresztmetszelei.

Az a, b és c ábrarészleten jelölt méretek közül

- „l” 3200—6800 mm
- „b” 800—4000 mm
- „h” 160—300 mm

között variál 30—70 mm lemezvastagság mellett, a méretugrás az „l” méretnél 400, — a „b” méretnél 200 mm. A méretugrások megkötése arra enged következtetni, hogy igen széles, modula alapozott méretkoordináció szabályozza az előregyártott elemek gyártási méreteit.

tatja be, míg a mozgó matrica gyártásának eljárását a 4. ábra szemlélteti. A matricákban való panel-gyártás technológiája — a hőérleléstől eltekintve — lényegében a hazánkban ismeretes eljárásoktól nem különbözik.

A technológia részleteinek kidolgozásában jelentékeny szerepe van V. V. Mihajlov professzornak.

A termékek gyártási technológiájának egyes részleteit helyhez rögzített matricákban a 6. ábra, a mozgó matricákban a 7. ábra mutatja be.

Hajdukov és munkatársainak eljárása sok olyan érdekes technikai részletet tartalmaz, melyek kutatóinknak hasznos segítséget nyújthatnak elsősorban az előttünk álló hatalmas lakásépítési program megvalósításánál. Nem érdektelen tehát az, hogy az előregyártással kapcsolatos kutatás a matricában történő nagy födémgyártás kérdéseit is alapos vizsgálat tárgyává tegye.

★

A karbonizált mész-betonnól szólva már rámutattunk arra az ismeretes tényre, hogy a mészhabarcsok igen lassan szilárdulnak és a kezdeti szilárdságuk szinte jelentéktelen. Szilárdulás közben emellett — a dolog természetéből következőleg — sok vizet választanak ki.

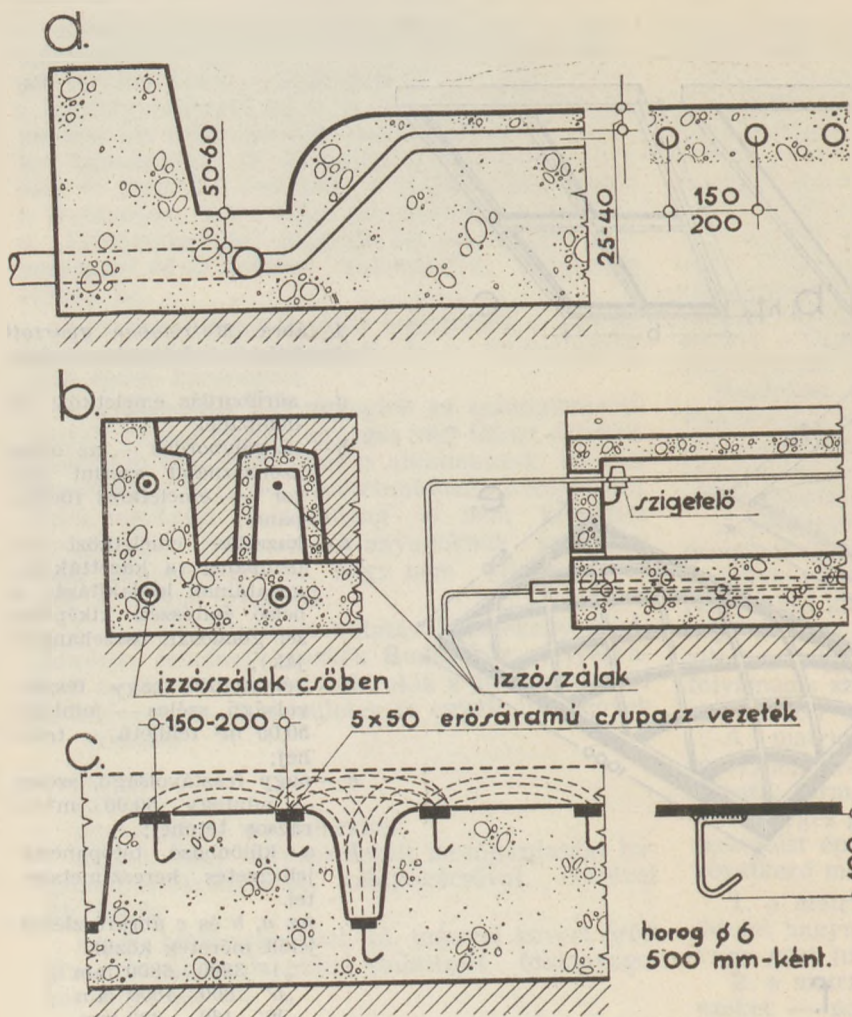
A szovjet építőanyagipari kutatás ezt a kérdést alaposan megvizsgálta és a karbonizálási eljárás mellett — amelyet különben habarcsok szilárdulásgyorsítására és szilárdságnövekedésére alkalmazni egyébként is túlzás volna — sok egyéb eljárást, építési segédanyagot dolgozott ki.

A szilárdulás gyorsítására vezették be a Sztálin-díjas Szmirnov javaslatára az örölt égetett mész alkalmazását, amely döntően gyorsabban szilárdul mint a mészpép.

A szilárdság növelésére — mint nálunk is — cementkeverést, vagy hidraulikus pótlékokat alkalmaznak,

Emellett a szovjet kutatók kidolgoztak néhány, nálunk inkább csak az irodalomból ismert habarcs



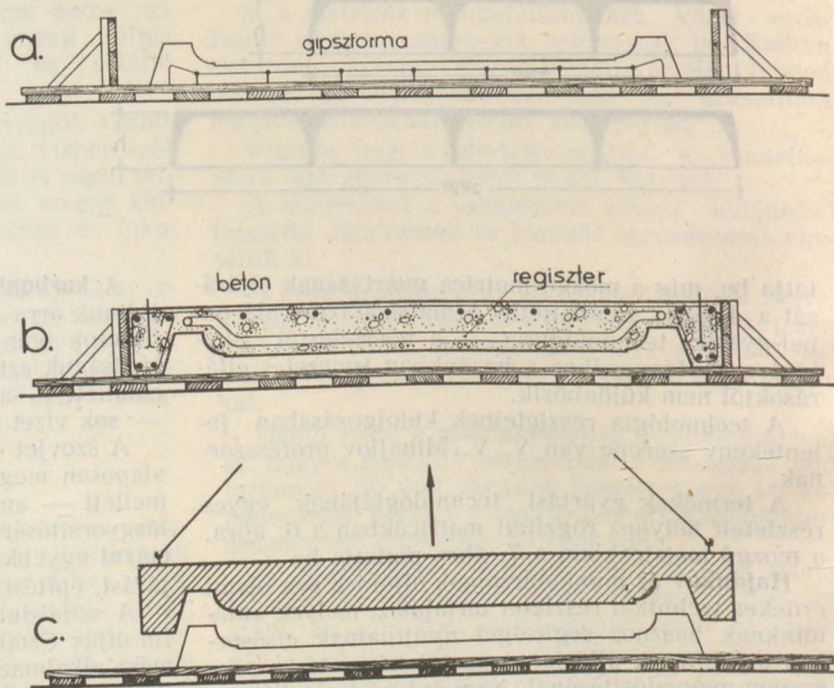


2. ábra. A matricában gyártott panelek szilárdulásának mesterséges gyorsítására kialakított zsaluzóminták egyes technikai részletei.

- a — gőz, vagy melegvíz szilárdításához kialakított matrica gőz, ill. melegvízcsöveinek elrendezése. A gyűjtőcsövek — kollektorok — átmérője  $1\frac{1}{4}$ "— $1\frac{3}{4}$ ", az elosztóvezetékek ezekbe hegesztett  $\frac{3}{8}$ "— $1$ " átmérőjű regisztercsövek. Természetesen a matricák betonjában a gőzvezetékek céljára kihagyott lyukakat statikai szempontokból számításba veszik;
- b — a matricákat gyakran krómnikkel izzószálakkal melegítik fel. Ezeket vagy porcelán szigetelőcsövekbe ágyazzák, vagy az erre a célra kihagyott lyukakban porcelánszigetelők közé feszítik.
- c — a matricák melegítésére a bemutatott séma szerint elhelyezett csupasvezetékek is felhasználhatók.

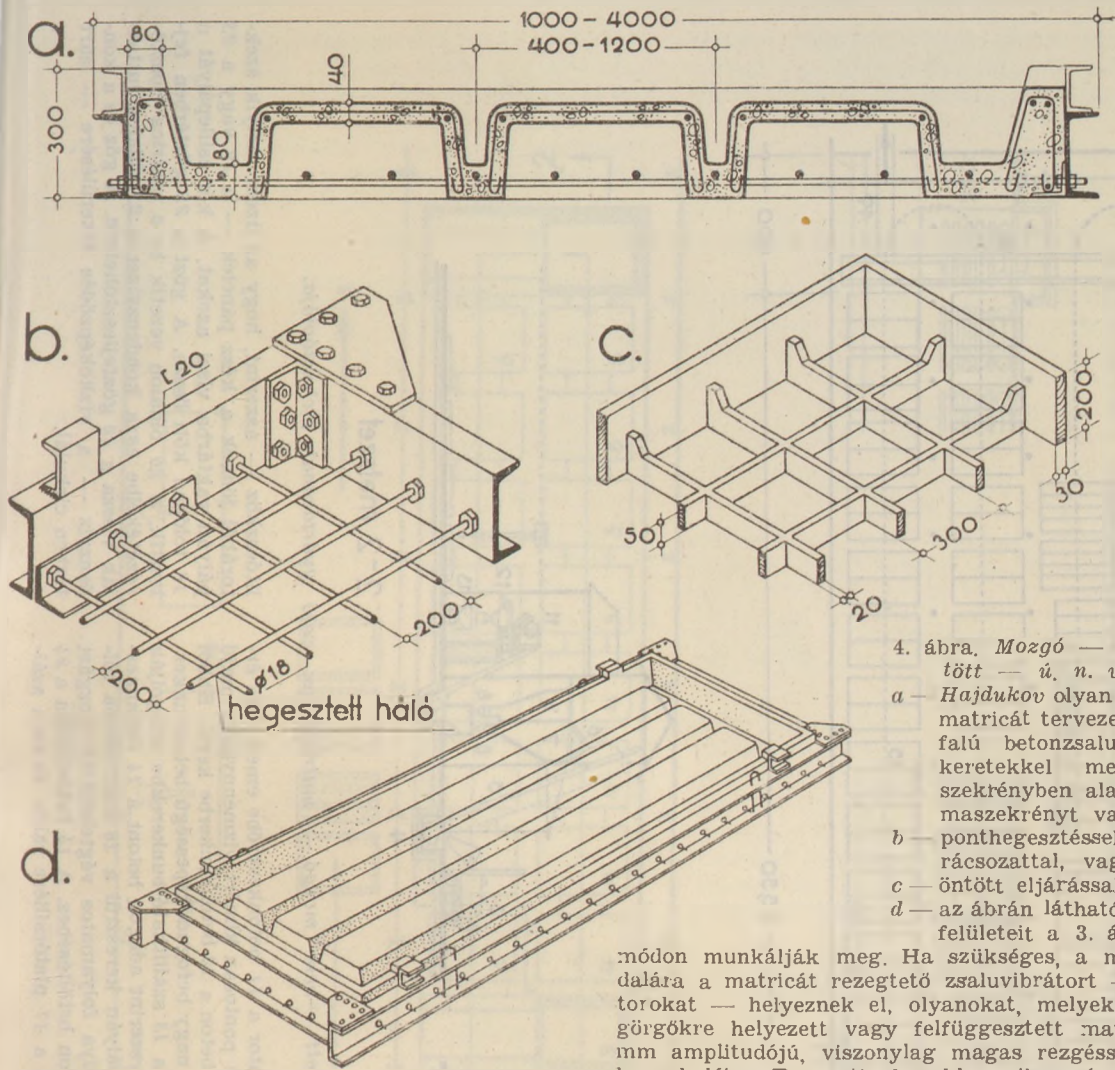
3. ábra. A szilárdan rögzített — nem mozgó — betonmatricák gyártása öntéssel, megfordított helyzetben.

- a — a gyártandó elem pontos, mérethű és mérettartó mását alkalmas anyagból — pl. fából, betonból, de leginkább gipszből — elkészítik és az ábraszerű elrendezésű faalátétekre helyezik, majd a matrica kontúrjai mentén feállítják a külső zsaluzást;
- b — az a szerint kialakított matricát zsaluzómintába behelyezik a matrica felmelegítésére szolgáló gőzvezeték, vagy elektromos izzószál, illetve csupasvezeték és ezeket a számításba jöhető üzemi terhelésre gondosan kipróbálják. Ezt követően elhelyezik az acélszerelést és a kiemelés célját szolgáló horgokat, vagy gázcsőhüvelyeket, majd beöntik és bevibrálják a min. 200 márkájú, max. 20 mm szemnagyságú adalékanyaggal készült betont. A matricák szilárdulását saját melegítőberendezésük üzembehelyezésével gyorsítják;
- c — a matrica zsaluzómintáinak oldalfalait eltávolítják és a matricát 4 ponton megfogva, a magzsaluzatról leemelik. Természetesen a matricát — mint minden betonelemet — a szilárdulás alatt nedvesen kell tartani. A lehült matrica apró hibáit cement-



péppel javítják ki és a gyártó felületeket csiszolókövel való megmunkálás után fluátkézeléssel, vagy polivinilkloridos átkenéssel vízhatlanná, víztaszítóvá teszik.

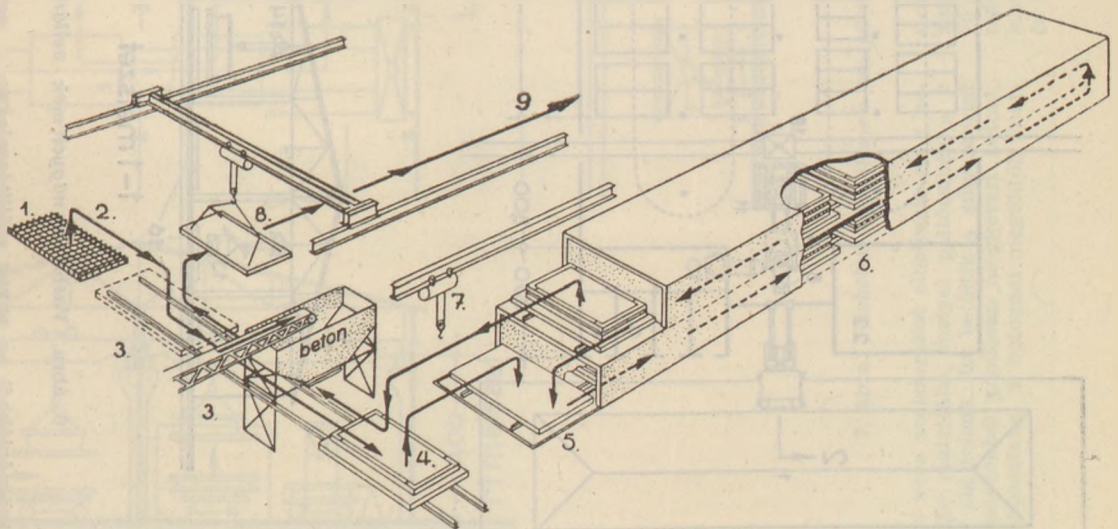




4. ábra. *Mozgó — helyhez nem kötött — ú. n. vibromatrica.*  
 a — Hajdukov olyan mozgó rendszerű matricát tervezett, ahol a vékonyfalú betonzsaluzómintát U-vas keretekkel merevített formaszekrényben alakítják ki. A formaszekrényt vagy  
 b — ponthegesztéssel készülő betonrácsozattal, vagy  
 c — öntött eljárással készítik;  
 d — az ábrán látható matrica gyártófelületeit a 3. ábrán bemutatott

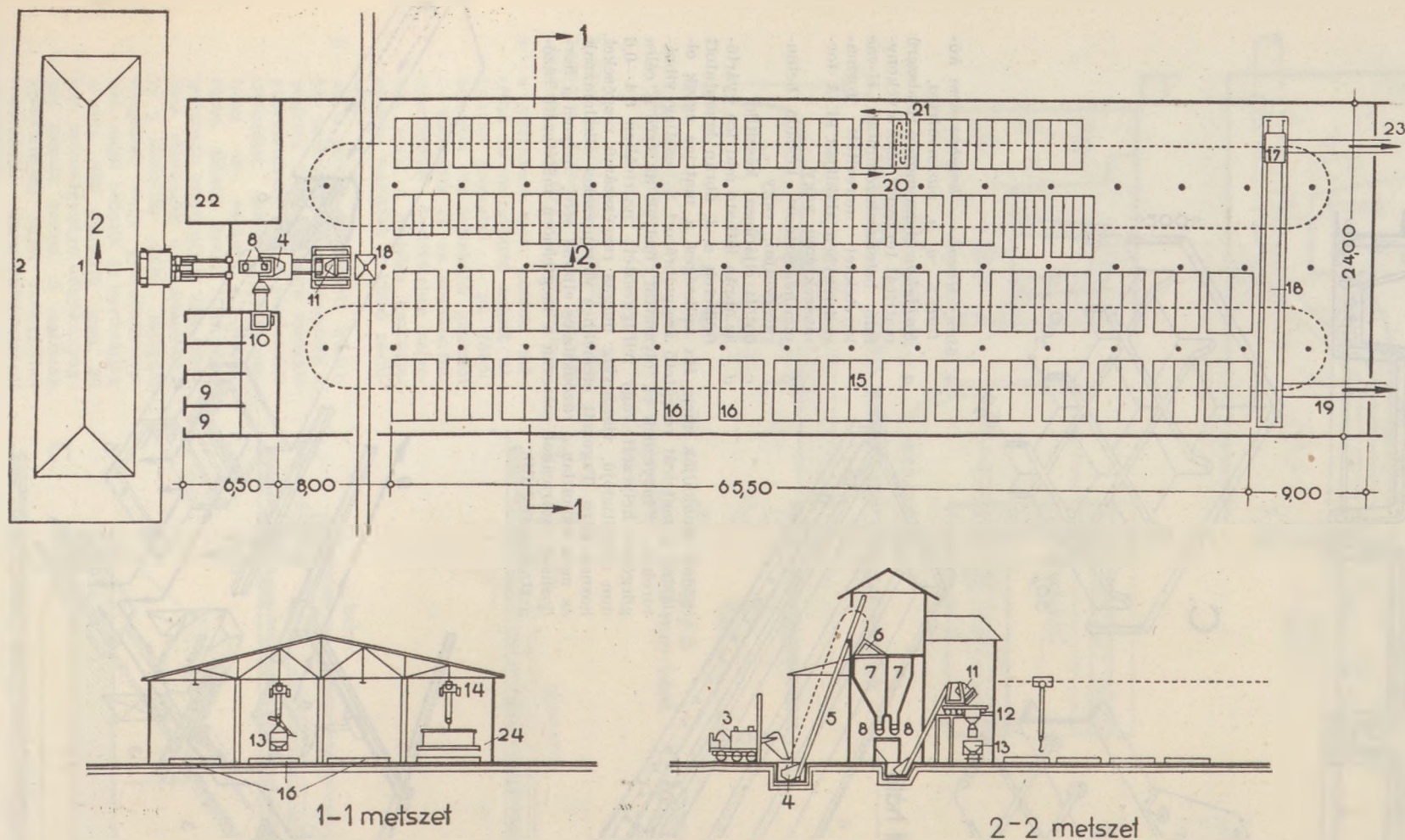
módon munkálják meg. Ha szükséges, a matrica egyik oldalára a matricát rezegtető zsaluvibrátort — esetleg vibrátorokat — helyeznek el, olyanokat, melyek az erre a célra göngökre helyezett vagy felfüggesztett matricákon 0,4—0,6 mm amplitudójú, viszonylag magas rezgésszámú rezgéseket hoznak létre. Tagozott elemekhez vibopréseket alkalmaznak és nem szokatlan a rázóasztalos eljárás sem, melynél a hordozható matricákat mereven a megfelelően méretezett rázóasztalhoz rögzítik.

5. ábra. *Vasbeton nagyelemeknek mozgó matricákban történő előállítás folyamatos szalagszerű gyártási technológiával.* Az 1 hegesztett acélvázat a 2 emelő szállítóeszközzel gondosan megtisztított és zsaluzati mázzal átkent felületű matricába helyezik és a szállítószalaggal töltött betonbunkerből bebetonozzák. A matricába töltött betont a 4 vibrátoros platócsillére tolják, betömörítik, majd a vibrátor bekapcsolása után az 5 kétszintű gőzölőalagútba viszik. Itt az alagútban az állandó mozgásban lévő 6 szállítószalag lassú egyenletes mozgással végigviszi a gőzölés összes fázisán a matricában lévő elemeket, az alsó szintről a felsőbe emeli azokat, majd



a 7 futómacska segítségével a betonbunker alatt visszaviszi a matricát a 3 előkészítőhelyre, ott a 8 futódaru segítségével a készelemeket kiemelik a matricából. A matricát új betonozáshoz készítik elő és a futómacska segítségével a panelek a 8 raktárba kerülnek.





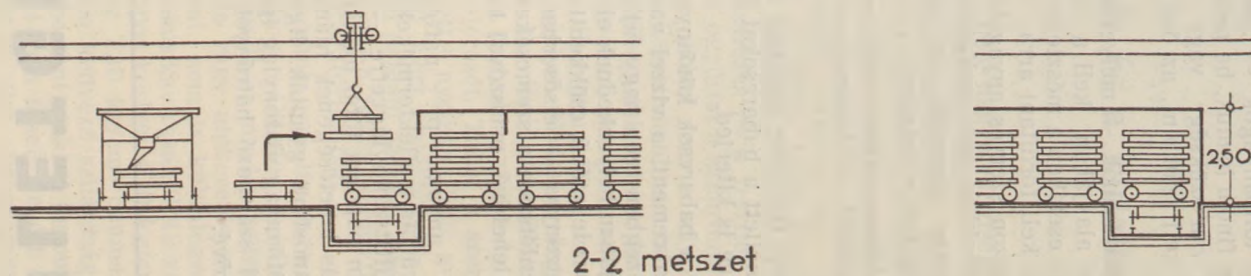
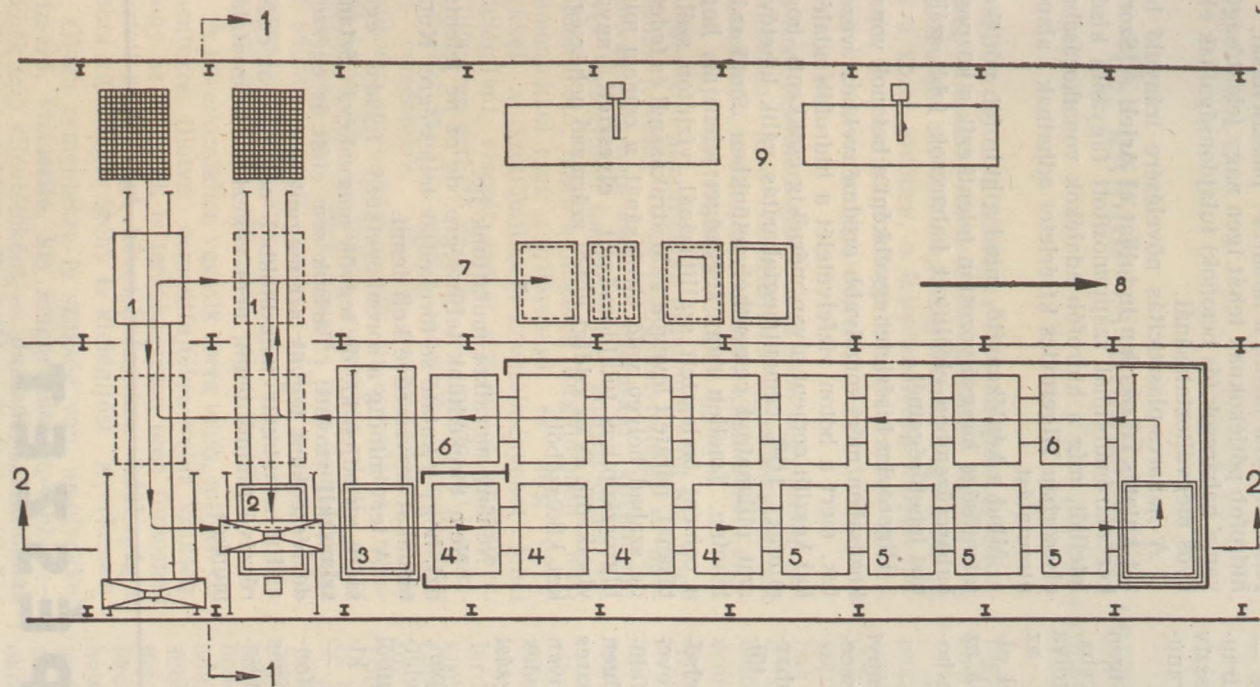
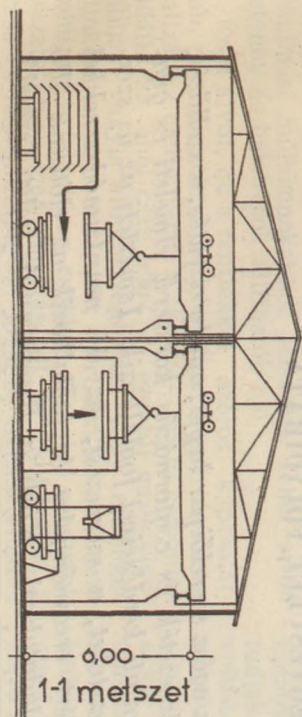
6. ábra. Vasbeton nagyelemek szilárdan rögzített —nem mozgó— matricákban való gyártásának technológiája.

Az 1 anyagdepóniákból az anyag szállítózsalagon, vagy esetleg a 2 betonozott területen gördülő egyéb szállítóeszközön pl. a 3 emelőtargoncán a 4 etetőkanálba, innen az 5 elevátoron át a 6 elosztóba és onnan a megfelelő 7 bunkerszektorokba jut. A megfelelően osztályozott adalékot a bunker egyes szektoráiból a 8 adagolók súlyszerint kiadagolják. A különböző adalékfrakciókat, majd a 9 cementraktárból érkező cementet a 10 ugyancsak súlyszerinti adagolóból az osztályozott adalékanyaggal együtt rövid

serleges elevátor a 11 betonkeverőbe emeli. Ide érkezik az igen pontosan kimért vízmennyiség, majd a megkevert beton a 12 betonbunkerbe kerül. Ebből a viszonylag nagy befogadóképességű betonbunkerből a betont a 13 szállítható bunkerekbe adagolják és az ide súlyszerint adagolt betont a 14 futómackával a 15 pályán keresztül a 16 matricákba töltik. A 15 pálya folyamatos végtelenített mozgást biztosít a beton betöltéséhez. A 14 futómacka a 24 készterméket a 17 platócsillére rakja és ez a szál-

lítőeszköz — aszerint, hogy az üzem melyik szektorából jönnek a kész panelek — a 19 vagy a 23 pályán raktárba viszi azokat. A két csillepályát a 18 tolópad köti össze. A gőzt a 22 gőztérben fejlesztik, a 20 oldalon vezetik be a matrica elosztóvezetékeibe és a kondenzvizet a 21 oldalon juttatják vissza a 22 gőzfejlesztőhelyre. A gőz és a kondenzvíz — a vízkőképződés elkerülésére — zárt térben cirkulál.





7. ábra. Vasbeton nagyelemek mozgó matricákban történő előállítása folyamatos szalagszerű gyártási technológiával.

A hegesztett kész acélszerelést elhelyezik az 1 helyen a mozgó matricába, melyet platócsillén a 2 betonbunker alá tolnak. Itt betöltik a súly szerint adagolt összetevőkből gondosan megkevert betont, majd a 3 rázóasztalon a betonnal megtöltött mat-

ricába a betont betömörítik és gőzkamrába viszik. Ennek a 4 jelű részén a betont lassan, fokozatosan 70°-ig felfűtik, majd az 5 fázisokban ezen a hőmérsékleten tartják. A platókocsikon lévő elemeket lassú mozgás közben a 6 útvonalon 40°-ig lehűtik és a kész elemeket az 1 munkahelyen a matricá-

ból kivéve a 7 munkahelyen pihentetik, utánkezelik és a teljes szilárdulás után a 8 raktárba szállítják. A 9 munkahely a vasszerelés hegesztőműhelye. Az ábra feltünteti a jobb megértéshez szükséges metszeteket is.



alanyagot. Ezek közül építőanyagipari kutatásunk figyelme helyesen terjedhetne ki a habarcsokhoz alkalmazható különböző tulajdonságú töltőanyagokra.

A leggyakoribb töltőanyagok — pótlékok — az agyagok és igen finom hamuk, ha pedig hidraulikus habarcsokra van szükség, vagy agresszív vizék behatásával kell számolni, az örölt granulált kohósalakok.

Az agyag alkalmazásánál, — melyet száraz igen finomra örölt por alakjában kell a habarcsba, mészcementhabarcs esetében a mésztejbe adagolva bevinni — gondot kell fordítani arra, hogy az agyag ne tartalmazzon szerves anyagokat, jól oldódó sókat és nyomokban sem szulfátokat. Ha az agyagport a mésztejbe adagolják, azt teljesen homogén finom péppé kell eldolgozni.

Az agyagos mészcementhabarcsok valamennyi tulajdonsága előnyösebb a közönséges mészcementhabarcsoknál.

A szovjet kutatás figyelme azonban új habarcsok kidolgozása mellett a habarcsokat javító töltőanyagok területére is kiterjed.

Ismeretes, hogy a habarcsok kötőanyagai, elsősorban a mész és a cement, a vízzel való elkeveréskor a nedves közegben igen nagy fajlagos felületű szemcsék alakjában helyezkednek el, ami igen nagy vízfelvételt tesz lehetővé, csökkenti a habarcs fagyállóságát, és bizonyos — elsősorban könnyen oldódó — sók jelenlétében a szemcséken lepedék kiválasztását teszi lehetővé, másszóval kivirágzást eredményezhet.

Néhány szerves anyag, pl. nafténszappan, oleinsav, a papírgyártás melléktermékeként keletkező besűrített szulfitszennylúgcefre — amiből különben hazánkban naponta több tonnát kell kivenni a felhasználás lehetőségének hiányában — különböző elszappanosított gyanták, lignoszulfonsavas sók stb. a kötőanyag viszonylag igen magas fajlagos felületéből származó hátrányok kiküszöbölését teszik lehetővé.

Ezek az anyagok ugyanis igen jelentéktelen 0,01—0,1% mennyiségben adagolva a szemcséken rendkívül finom hártát alkotnak és ez a hártya csökkenti a habarcs vízfelvételt, emellett jelentékenyen növeli a habarcs plaszticitását. A hidrofob pótlékoknak tehát igen nagy jelentőségük van a habarcsok (és betonok) tulajdonságainak előnyös megváltoztatásánál.

A habarcs-plaszticitás növelésére irányuló hazai kutatás célszerűen indulhat el **Arieli** és **Szoro-ker** marónátronnal szappanosított fagyanta kísérleteiből, míg a hidrofób adalékok vonatkozásában elsősorban **Higerovics** kísérletei adhatnak alapos útmutatást.

Mind a képlékenyítő, mind a hidrofób pótlékok jelentősége hangsúlyozottan jelentkezik a központi habarcsüzemben előállított habarcsok jobb szállítási lehetőségénél.

Higerovics kísérletei egyébként a betonok vonatkozásában még komolyabb eredményekhez vezetnek, mert a beton vízfelvételt a hidrofób adalékkal készült cement olyan mértékig csökkenti, hogy mintegy 10% cementmegtakarítás válik lehetővé, ami pillanatnyi cementhelyzetünkben döntő szám lehetne. Emellett nagy segítséget jelent az, hogy a cement ömlesztett szállításánál víziúton szállításánál, páratelt levegőn való átrakásánál és fedett, de szabad helyen való tárolásánál, a cement mint higroszkopikus tulajdonságait **elvesztett** anyag viselkedik és az eddigi ebből származó nehézségeket kiküszöböli.

★

Néhány mozaikot mutattunk be.

Nem törekedtünk teljességre, de ez ne jelentse azt, hogy a kutató se törekedjék teljességre. Kutatásunkat tervszerűvé kell tenni.

A terv mindig a soronkövetkező feladat egészére terjedjen ki, de tegyük magunkévá **Sztanislavszkij** szavait: „Tartsuk sem előtt az egészet, de részenként tegyük azt magunkévá”.

Ha bemutatott mozaikokból néhányat az egész részévé tudunk tenni, nem végeztünk haszontalan munkát.

## ÉPÜLETGÉPÉSZET

A MAGASÉPÍTÉSI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET FOLYÓIRATA

*az egész szerelőipar lapja, amely a fűtés, a szellőzés, vízvezeték és csatornázás korszerű elméleti és gyakorlati kérdéseivel foglalkozik. Ismerteti az új szerkezeteket, a szervezést, az új munkamódszerekkel elért eredményeket és foglalkozik az előttünk álló feladatokkal. Közli a Szovjetunió fejlett szerelőiparának eredményeit. A hibák és hiányok őszinte feltárásával harcol a szocialista Magyarország felépítéséért és az ötéves terv sikeréért*

Előfizetési ára:

Félévre 18.— Ft

Egy évre 36.— Ft



# Új, különleges tulajdonságú cementek és a kutatás irányai

G Á S P Á R G É Z A

1. Az új és különleges cementfajták gyártásának, felhasználásának szükségességét mérlegelve, elsősorban azt kell megvizsgálnunk, hogy jelenleg és a közel jövőben, a felhasználónak milyen műszaki és gazdasági követelményei várnak nálunk még kielégítésre. Nyilvánvaló, hogy e téren sok a tennivalónk.

Nem feledhető azonban az sem, hogy a már forgalomban lévő cementjeink egyenletességének biztosítása és tulajdonságainak kiismerése egyúttal majd szintén nagy munkát igényel.

Meg kell állapítanunk mindenk előtt azt, hogy nálunk jelenleg — és pedig helytelenül — úgyszólván kizárólag csak a szilárdsági követelmények kielégítését hangoztatják. Jórészt ennek tulajdonítható, hogy a jelenleg forgalomban lévő cementekkel csak a szilárdsági és még egyesekkel a szulfátállósági követelményeket lehet kielégíteni, viszont ezeket sem teljes mértékben. Különösen érthető ez, ha a gazdasági szempontokat is figyelembe vesszük. Mindezekért új cementekre, sőt új cementfajtákra van szükség, amelyeket a jó és egyenletes minőség biztosítása érdekében gyárakban kell majd előállítani. Szerintünk ugyanis még nem érkezett el nálunk az ideje annak — főleg a mozgó örlőberendezések hiánya miatt —, hogy az építéshelyen állítsanak elő egyes cementfajtákat.

A következőkben vegyük sorra tehát, milyen cementekre, illetve cementfajtákra volna szükség, hogy az általunk is természetesen igen fontosnak tartott **szilárdsági követelményeken felül** még a többi különleges igény is kielégítést nyerhessen.

Olyan cementekre is szükség van, amelyekkel **vízzáró, víztaszító, kis zsugorodású, továbbá — ennek épp ellentétéként — duzzadó, szulfátoknak és fagnak jobban ellentálló, mélyfúrási célokra** alkalmas, műkömnkhöz tetszetős, **fehér színű** betonok és habarcsok állíthatók elő.

Ezen kívül, de a fentiekkel szoros kapcsolatban, nagy figyelmet kell fordítani a gyártás racionalizálása mellett arra is, hogy — az új cementek előállítása, ahol csak lehet — ezentúl gazdaságosabban, vagyis klinkerszegényen vagy esetlegesen klinkermentesen történjék, mert ezáltal a cement szénigénye jelentősen csökken. Tehát a cementek összetevőinek megválasztásánál a kohósalak, a trasz és más kőzetporok, továbbá összetételüknél fogva alkalmas hamufajták, valamint — és nem utolsósorban — mészhidrárt, gipsz, továbbá gyártási melléktermékek az eddiginél nagyobb mértékben, de alaposan kivizsgálva jussanak szerephez.

Olyan cementfajták is kellene, amelyeknél a beton bedolgozásakor — amint azt ismertetni is

fogjuk — még nagymennyiségű kézi vagy gépi energia is megtakarítható.

2. A legáltalánosabban kielégítendő követelmény, amint említettük, a **szilárdság**. Cementjeink ennek — általánosságban szólva — eleget is tudnak tenni. Ha azonban, mint például a feszített szerkezeteknél, nagyon nagy, pl. 28 napos korban 600 kg/cm<sup>2</sup>-en felüli betonszilárdság elérése a célunk, mégpedig párosítva azzal, hogy a mielőbbi kiszaluzás és a feszítés mielőbbi feloldása érdekében egyúttal a szilárdulás is gyorsan következék be, akkor sem a selypi alit, sem a tatai 600-as portlandcement nem minősíthető megfelelőnek. Különösen akkor nem, ha az adagolandó cementmennyiséget észszerű határok között akarjuk tartani. A Szovjetunióban szerte alkalmazott **utó-vibrálás**, melyet **Weiss György** kartárs újabban nálunk is kipróbált, természetesen nagyon megkönnyíti a nagyobb szilárdság és a gyorsabb szilárdulás elérését. Talán a **szerző** vezetésével ki kísérletezett,<sup>1</sup> nyomás alatti gőzkezeléssel érlelt betonokkal elért eredmények is jól hasznosíthatók, hiszen például ezekkel 1 napos korban 600—1000 kg/cm<sup>2</sup>-n felüli betonszilárdságot értünk el az ÉTI laboratóriumban.

Emlékezzünk arra is, hogy már volt olyan cementünk, a Citadur védjegyű tatai bauxitcement, amellyel minden különleges és költséges bedolgozás vagy utókezelés nélkül 300 kg/m<sup>3</sup>-es adagolással, nem is különlegesen jó szemszerkezettű homokos kavicsal, 0,42 vízcementtényezővel, már 1 napos korban 470 kg/cm<sup>2</sup>, 28 napos korban pedig 720 kg/cm<sup>2</sup> betonszilárdság volt elérhető. Ilyen kedvező szilárdsági eredményeket jelenlegi cementjeinkkel hasonló körülmények között elérni nem lehet, ezért és egyéb előadandó okok miatt is, újra programmba kell venni a **bauxitcement-gyártását**. Ezt természetesen alapos kutató munkának kell megelőznie, mert — mint tudjuk — a bauxitcementtel készült betonnak voltak nagy hátrányai is. Ezeket a hátrányokat azonban, melyek főleg a bauxitbeton időbeli szilárdságcsökkenésében mutatkoztak, főleg csak akkor lehet észlelni, ha nagytömegű, vastkos betonszerkezeteket építettek, vagy ha a betonkészítés forró nyári időben történt. A hidratáció termékeiként keletkező hidroaluminátok hatszöges rendszerű kristályai mindkét esetben szabályos rendszerű kristályalakba mentek át. Ez az átkristályosodás természetesen a beton meglazulásával járt. Kikutatandó azonban, hogy ez a kétségkívül veszélyes átkristályosodási folyamat nem küszöbö-

<sup>1</sup> Lásd: Gáspár G.: Nyomás alatti gőzöléssel kezelt beton. (Magy. Tud. Akadémia Közleménye, VI. kötet 1—2. szám.)



lódik-e ki, illetve nem küszöbölhető-e ki a vékony, előregyártott szerkezetekben, amelyek előállításkor még a meleg hatásától is megóvhatók. A bauxitcement egyéb — most hely hiánya miatt nem részletezhető — hátrányai, véleményünk szerint, kutató munka árán elkerülhetők. A bauxitcementtel kapcsolatban természetesen az utóvíhárálás hatása is kikutatandó, mert ez szintén nagy cementmegtakarítás és még gyorsabb kiszaluzásra teremthet lehetőséget.

Ha a jó betonszilárdságot a cement eredeti tulajdonságai révén, nem pedig többletmunkát, többletköltséget okozó bedolgozással vagy utókezeléssel akarjuk elérni, akkor oly cementet kell használnunk, amely már a betonkészítésnél kisebb mennyiségű keverő vizet igényel. Ilyen a **plasztifikáló anyaggal kevert cement**, melyet a Szovjetunióban nagy mennyiségben gyártanak és használnak fel. Gyártása úgy történik, hogy a portlandcement klinkert plasztifikáló anyaggal együtt őrlik. Plasztifikáló anyagként ú. n. termopolimert használnak, amely szulfitos szeszcefre termék 170—180° C hőmérsékleten való kezelésének az eredménye. Ezt az anyagot a megőrölt klinker súlyához viszonyítva csak 0,15—0,25%-nyi mennyiségben adagolják. Amint említettük, az ilyenfajta cementtel készült betonokhoz kevesebb víz kell, a vízcementtényező tehát a betonkonzisztencia változása nélkül kisebb. Kisebb vízcementtényezővel pedig nagyobb betonszilárdság jár együtt, illetve általa valamely szilárdság kisebb cementmennyiséggel érhető el. Szovjet kísérletek és tapasztalatok szerint a közönséges portlandcementhez képest 8—10%-kal kevesebb mennyiségű plasztifikált cementre van szükség valamely szilárdság eléréséhez. A kísérletek szerint azonban a plasztifikáló anyagok csak oly portlandcementekhez keverhetők hozzá gazdaságosan, amelyeknek klinker-tartalma legalább 85%.

Itt végül csak azt jegyezzük meg, hogy a gyors szilárduló, nagyszilárdságú alítcement, valamint a teljesen homogén és a betonban is igazán nagyszilárdságú portlandcement sikeres előállításának előfeltételei, köztük elsősorban a megfelelő tüzelőanyag, nem voltak biztosítva.

**3. Vízáró cement.** A forgalomban lévő 1953. évben gyártott cementek eddigi vizsgálata során azt tapasztaltuk, hogy cementjeink vízárótság szempontjából nem teljesen kielégítőek, különösen ha a gazdasági szempontokat is figyelembe vesszük. A legkedvezőbbnek a tatai 600-as cement bizonyult: de az is csak nagyobb (350 kg/m<sup>3</sup>) adagolásnál és jó szemszerkezetű adalékanyaggal vízáró. A többi fajta, így pl. az 500-as, 300-as cementek az eddigi kísérletekben igen kedvezőtlen vízárótsági eredményeket nyújtottak. Minthogy a folyamatban lévő és tervezett víziépítményeknél igen nagy mennyiségű, jó vízáróást biztosító, olcsó cementfajtára van szükség, ezért az **ÉTI**-ben kikísérleteztünk egy ilyenfajta cementet, melynek klinkertartalma mindössze 33,6%, többi alkotórészek: 1,4% gipszkő, 55% rátkai trasz és 10% dorogi méshidrárt.

Nyomban feltűnő lehet, hogy a trasztartalom 55%, hiszen ez külföldi heterogén cementekben sem nagyobb 40%-nál. Mi viszont e magas trasztartalomhoz 10% méshidrártot adtunk, hogy az oldható kovasavat lekössük. A méshidrárt-adagolás egyúttal e cementfajta térfogatállandóságát is biztosította.

A megadott összetételű heterogén cementtel szabványos plasztikus cementvizsgálatot, beton- és vízárótsági vizsgálatot végeztünk.

#### a) Plasztikus cementvizsgálat

A vizsgálatot a MNOSZ. 523. Idevonatkozó előírásai szerint végeztük.

#### Örlésfínomság:

900-as szitán fennmaradt:	5	súly %
4.900-as szintén fennmaradt:	15	„ %

#### Kötésidő:

Kötés kezdete:	1 óra 55 perc,
Kötés vége:	7 óra 05 perc

#### Térfogatállandóság:

A gombóc-próbát: kiállotta (a gombos kalapács-csal ütögetve tiszta, csengő hangú).  
A lepény-próbát: kiállotta.

#### Szilárdsági vizsgálat:

Keverővíz: 360 cm<sup>3</sup>. Vízcementtényező: 0,8.  
Terülés: 17 cm.

Kor	Hajlítószilárdság kg/cm <sup>2</sup>	Nyomószilárdság kg/cm <sup>2</sup>
2 napos	3,02	9,7
3 „	4,10	15,6
7 „	11,40	37,3
28 „	41,90	128,0

Keverővíz: 270 cm<sup>3</sup>. Vízcementtényező: 0,60.  
Terülés: 10 cm.

Kor	Hajlítószilárdság kg/cm <sup>2</sup>	Nyomószilárdság kg/cm <sup>2</sup>
2 napos	4,30	20,2
3 „	8,75	33,5
7 „	20,90	81,0
28 „	55,00	186,0

Ezeket az eredményeket összehasonlítva az 1953. évben gyártott cementek vizsgálatának eredményeivel kitűnik, hogy ez a cement szilárdsági szempontból a hejőcsabai 300-as, a selypi 300-as és a lábatlani 400-as cementtel körülbelül egyenértékű.

#### b) Szabványos betonvizsgálat

A betonkészítéshez adalékanyagul dunai homokkavicsot használtunk, melynek szemszerkezete a következő:

0—0,2 mm-es rész	8	súly %
0,2—0,5 „	7	„ %
0,5—1 „	10	„ %
1—5 „	25	„ %
5—15 „	25	„ %
15—30 „	25	„ %

100 súly %



A szemszerkezet—a 89. sz. Miniszteri Utasítás szerint — II. („közepes”) minőségű.

Cementadagolás: 254 kg/m<sup>3</sup>.  
Vízcementtényező: 0,675.

A 20 cm élhosszúságú próbakockákat a MNOSZ 934. előírásai szerint készítettük és vizsgáltuk.

A nyomószilárdsági vizsgálat eredményei:

A beton kora	Térfogatsúly töréskor		Nyomószilárdság	
	egyenként kg/m <sup>3</sup>	átlagosan	egyenként kg/m <sup>3</sup>	átlagosan
7 napos	2328		73	
	2328	<b>2334</b>	73	<b>72</b>
	2345		71	
28 napos	2318		153	
	2323	<b>2321</b>	157	<b>156</b>
	2323		158	

A 90 napos próbatestek 200 kg/cm<sup>2</sup> átlagos szilárdságúak voltak.

A nyomószilárdsági vizsgálat eredményei szerint a vízzáró cementtel készült beton 28 napos nyomószilárdsága jobb, mint a hejőcsabai 300-as, illetve a selypi 300-as cementtel készült betoné és egyenértékű a lábatlani 400-as cementtel készült betonéval.

### c) Vízzárósági vizsgálat

A vízzárósági vizsgálatot 20×20×12 cm-es szabványos próbatestekkel végeztük. A beton összetétele azonos a b) alatti nyomószilárdsági próbatestekével.

A vízzárósági vizsgálatot a következő fokozatokban végeztük:

1 atű	8 óra	6 atű	2 óra
2	„ 8 „	7	„ 2 „
3	„ 8 „	8	„ 2 „
4	„ 8 „	9	„ 2 „
5	„ 2 „	10	„ 2 „

A vizsgált próbatesteken a fenti fokozatokban adott víznyomásnál sem szivárgás, sem vízáttérés nem volt észlelhető.

Összehasonlításként közöljük az 1953. évben gyártott cementekkel készült azonos szemszerkezetű adalékanyaggal készült betonok eddigi vízzárósági eredményeit.

Cementfajta	Cementadagolás kg/m <sup>3</sup>	Klinker-tartalom kg/m <sup>3</sup>	Vízzáróság
tatai 600-as	240	230	2 atűnél átütött
tatai 600-as	305	293	5 „ „
tatai 500-as	240	177	2 „ „
tatai 500-as	300	222	4 „ „
bélapátfalvai 400	296	174	2 „ „
hejőcsabai 300-as	255	82	1 „ „
hejőcsabai 300-as	332	105	1 „ „
hejőcsabai 300-as	346	111	1 „ „
vízzáró cement	254	85	10 atűt killította

A vízzáró cementtel készült beton vizsgálati eredményeit összehasonlítva a fenti táblázat többi értékeivel is, láthatjuk, hogy ennek a vízzárósága jóval kisebb klinker-tartalma mellett valamennyi cementfajtánál lényegesen jobb,

Megemlítjük azt is, hogy a 354 kg/m<sup>3</sup> adagolású tatai 600-as portlandcementtel:

0—0,5	dunahomok	7%
0,5—1	„	3%
1—2,5	„	11%
2,5—5,0	„	9%
5—10	dunakavics	28%
10—15	„	15%
15—30	„	27%

szemszerkezetű homokos kavicsal és 0,49 víz-cementtényezővel készült beton szintén 10 atű víznyomást állott ki. Fel kell azonban hívni a figyelmet itt arra, hogy eme betonkeveréknek a 10 atűt kiálló vízzárósága a közölt nagyon nagy mennyiségű adagolással, tiszta homogén portlandcement felhasználásával volt csak elérhető.

Megjegyezzük még, hogy az ismertett cementtel készült betonoknál a kedvező hajlítási szilárdság, a jelentékeny utószilárdulás, a fokozott szulfát- és fagyállóság, valamint a hőfejlődés csekély volta is biztosítottak tekinthető, mely utóbbi tulajdonság nagy jelentőségű a nagyütömegű betonépítményeknél. Mindezek után e cement forgalombahozatalát, minthogy klinkertartalma csak 33,6%, vízpáráseink miatt szükségesnek tartjuk, hisz gyártása azonnal megkezdhető, ha a mészhidrárt az építőipar rendelkezésére áll.

A szovjet műszaki irodalom a vízzáró cementek közé sorolja az ú. n. **duzzadó** cementeket is, amelyek térfogatukat a kötés, illetve a szilárdulás alatt növelik, valamint a zsugorodásmentes cementeket is, melyek térfogatukat nem változtatják.

Többféle duzzadó cement van. Ezek között első helyen kell említenünk a **Mihajlov**, kétszeres Sztálin-díjas professzor által 1942-ben felfedezett, 65% bauxitcementből, 22% nagyszilárdságú gipszből és 13% kalciumhidroalumináttól álló duzzadó cementet.

A 31,5×31,5×100 mm méretű, s ebből a duzzadó cementből készült péphasaboknak az elkészítésük után 1 órán át tartó vízbemerítésnél legalább 0,5% és legfeljebb 1% lineáris duzzadást kell mutatniuk, a cementhabarccsal készült próbáknak 1 napos korban pedig legalább 5 atmoszféra víznyomást kell kiállniuk. E cementfajtáknak, természetesen egyéb, például szilárdsági követelményeket is ki kell elégítenie. A cement az előregyártott elemek hézagainak kitöltésére, a szerkezet tökéletes monolit jellegének biztosítására szolgál. Legfontosabb alkalmazására az alagutak kiképzésénél, a földalatti vasúti építkezéseknél talál, ahol nagyon sikeresen alkalmazták és az eddig használt drága ólomtömítést helyettesíthették vele. Tárnák víztelenítésére is használják, továbbá gépalapok építésére, ahol pl. a duzzadó cementtel készült habarcs jól kitölti a gépváz alatti térséget, biztosítja a gépváz és az alap közötti tapadást, miáltal a gép élettartama megsokszorozódik. Torkrétaozással készült vízszigetelésekhez alkalmazva, jelentős pénz- és anyagmegtakarítást eredményez. Előrefeszített vasbetonszerkezetekhez, valamint vasbeton nyomócsövek vízhatlanná tételére is számtalan esetben bevált. Alkalmazásának lehetőségeit hely hiánya miatt el sem sorolhatjuk. Hátránya, hogy ott, ahol nagyobb fagyállóság szükséges, nem használható, valamint hosszabb ideig sem raktározható.



A szovjet **cementkutató intézet** oly duzzadó cementfajtát kísérletezett ki, amely nagy timföld-tartalmú kohósalak- és gipszkőrleményekből áll. E cement alkalmazási területe az előbbinél korlátozottabb, mert  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál alacsonyabb hőmérsékleten beépítésre nem alkalmas.  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on felüli hő, valamint lúgos oldatok hatásának nem tehető ki.

A Szovjetunióban használatos úgynevezett **tömítő-duzzadó cement** 80—92% granulált bózikus kohósalakból, 3—5% bauxitcementből és 5—15% félmolekula vizet tartalmazó gipszből áll. Ennek a cementfajtának a lineáris tágulása, szilárdsága és vízhatlansága jóval kisebb, mint a Mihajlov-féle duzzadó cementnek.

A francia **Lossier**-féle duzzadó cement jellemzésére, minthogy értesülésünk szerint nem váltotta be a hozzáfűzött reményeket, csak azt említsük meg, hogy portlandcementből és mesterségesen előállított szulfoaluminátokból áll, víz hatására hajlító szilárdsága jelentősen csökken és hajszálrepedésekkel lesz tele.

Az ÉTI-ben a portlandcement bázisú duzzadó cementfajtákkal végzett kutatások során magas szulfát tartalmú ajkai porszénhamu 20%-os adagolásával eddig elég jó eredmények mutatkoztak. Ugyancsak az ÉTI-ben 77,5% hazai bauxitcement és 22,5% stukaturgipsz keveréke megfelelő nyomószilárdságot, vízzáróságot és expanziót adott. Az előadottakból is nyilvánvaló, hogy a bauxitcement gyártását hamarosan újra tervbe kell venni.

A szovjet **zsugorodásmentes vízzáró cement** 85% bauxitcement, továbbá félmolekula vizet tartalmazó gipsz- és méshidráttal keveréke, amely még csekély mennyiségű azbesztet is tartalmaz. Nedves közegben kiválóan vízzárónak bizonyult.

**4. Vízszűrő cementjeink** nincsenek. Pedig Selypen Bereczky professzor már 1948-ban folytatott ezirányú kutatásokat. Az ÉTI-ben végzett kísérleteink szerint pedig reménykeltő kötőanyag-nak bizonyult, mert a vele és selypi salakkal készített salakbeton-próbatestek vízfelvétele jóval kisebb volt, mint a közönséges portlandcementtel készültké. Ez pedig nagyon értékes tulajdonság, mert a salakbeton falak könnyen átnedvesednek és sokáig tartják a vizet.

A Szovjetunióban a **vízszűrő cementeket** úgy készítik, hogy klinkercementhez, esetleg hidraulikus anyaggal készült heterogén cementhez 0,1—0,2% vízszűrő töltőanyagot, acidol-szappannaf-tát, esetleg oleinsavat tartalmazó szappannaf-tát kevernek. A cement őrlése közben, a vízszűrő anyag jelenléte következtében a cementrészecskék felületén vékony hártya képződik, ez megakadályozza a cement átnedvesedését, megcsomósodását, és lehetővé teszi hosszabb raktározását. A habarcs- és betonkészítésekhez viszont a cementrészecskéken lévő vízhatlan hártya felszakad, úgyhogy a kötés és a szilárdulás normális lefolyása biztosítva van. E cement vízigénye kisebb, mint a közönséges portlandcementé, s e révén mintegy 8—10% cementmegtakarítás érhető el. Ugyanis plasztifikáló tulajdonsága is van. A betonkeverék vízszükségletét 10—12%-kal csökkenti. A közönséges portlandcementhez képest a vízszűrő cementtel készült habarcsok és betonok zsugorodása, valamint a kapilláris vízfelnyomás bennük kisebb, vízhatlanságuk és fagyállóságuk pedig nagyobb. A vízszűrő cement gyártása semmiféle technológiai hátránnyal nem jár. Ellenkezőleg, a víz-

szűrő töltőanyag — a közlések szerint — megkönnyíti és meggyorsítja a klinker őrlését. Főleg lábazatok, pincefalak építésénél és nagy tapadószilárdságot igénylő habarcsoknál alkalmazható.

**5. Szulfátálló cementek** nálunk is vannak, még hozzá igen kiváló minőségűek. Ezek között első sorban a lábatlani S 54-es cementet kell felemlítenünk. Minősége az utóbbi időben, sajnos, nem egyenletes. Kohósalakcementjeink közül a hejőcsabai 300-as cement elég kedvezően szulfátálló; ennél meg azt kell kifogásolnunk, hogy vízzárósága nem megfelelő. Már pedig szulfátos talárvizek jelenlétében a vízzáróságnak természetesen fontos járulékos tulajdonságnak kell lennie. Traszportlandcementjeink körül egvesek pedig, vízzáróság tekintetében kohósalakcementjeinknél gyengébb minőségűek.

Szovjet és amerikai kutatók kiderítették, hogy a traszportlandcementektől csak akkor lehet jó szulfátállóságot várni, ha a klinker trikalciumaluminát tartalma 5—8%-nál kisebb, a hidraulit pedig — vagyis jelen esetben a trasz — sok aktív  $\text{SiO}_2$ -t és kevés  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -t tartalmaz. A képződő kolloid hidroszilikátok erős duzzadása következtében az igazi traszportlandcementek tömörek és vízzárók. A vízzárás megnehezíti az agresszív vizek behatolását, miáltal természetesen a vegyi ellenállás is nő.

Itt meg kell emlékeznünk még **Greco, Mazzetti** és **Periani** olasz vegyészek kísérleteiről is, akik kolloidális finomságú, közelebről meg nem határozott mézből, Pozzuolo környéki puzzolánból és néhány százalék gipszből olyan kötőanyagot állítottak elő, amelynek a szulfátállósága még a Ferrari-cementét is felülmúlja.

**6. Légbuborékos beton** oly cementtel készül, amely a benne lévő 3—5%-nyi mennyiségű anyagoknál fogva zárt, egymással össze nem függő pórusokat tartalmaz. Főleg fagyállósági, részben pedig szulfátálló tulajdonságával tűnik ki. Külföldön igen elterjedt, nálunk az ÉTI-ben kutatások folynak előállítására.

**7. Mélyfűrési célokra** nálunk a klinkercementet használják. Külföldön viszont, különösen francia és belga kutatók, oly salakcementet találtak mélyfűrési célokra legalkalmasabbnak, amelynek összetétele: 80—90% kohósalak, 5—10% klinker és 5% gipszkő. E cementek mélyfűrési célokra való alkalmasságának vizsgálata számos reológiai problémát vetett fel. Ilyen pl. a kezdeti sűrűsödés, a tixotropia, a szabad vízkiválás jelensége, a vizkozitást csökkentő anyagok — például a borax, a dextrin, a foszfátok — befolyásának a tanulmányozása az idő, a hőmérséklet és nyomás függvényében.

**8. A magyar műköipar** sajnos nélkülözi a **fehér portlandcementet**, amelyet pedig azelőtt a belápatfalvai cementgyár sikeresen, többnyire jó minőségben állított elő. E cementből sokat is exportálunk.

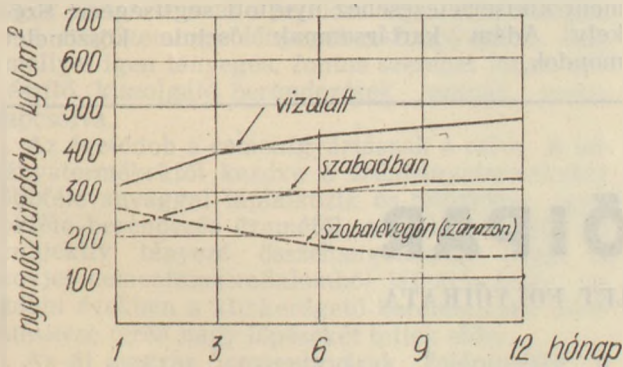
A fehér cement előállításánál a  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -tartalom csökkentése nagy gondot és költséget okoz. Talán az alumíniumklorid, illetve az ammoniumsulfát + konyhasó Slobodjankjak szovjet tudós által ajánlott adagolásával sikerül az őrléményt nálunk is megfehérinteni.

**9. Szólnunk** kell most a klinkermennyiség le-szorítása révén gazdaságosan előállítható és speciális esetekben jól használható cementfajtákról.



Ezek egyik csoportjába tartozik az úgynevezett **soliditit** cement, amely klinker és kőzetpor, nevezetesen diorit-, illetve gránitörlemény keveréke. Tudtunkkal ez a cement Németországban a kényes betonburkolatoknál is hosszú évtizedeken át bevált. Esetleg nálunk is kísérletezni kellene előállításával, majd felhasználásával. Úgy tudjuk, hogy gyártását Németországban is csak gazdaságpolitikai okokból szüntették be.

A szinte klinkermentes cementek egyik legjellemzőbb és legkiválóbb fajtája az úgynevezett **anhidrit-salakcement**. Feszített betonszerkezetek előállítására külföldön — értesülésünk szerint — újabban még gipszsalakcementtel és anhidritsalakcementtel is kísérleteznek. (Ez az ú. n. cement metallurgique sursulfaté.) Az anhidrit-salakcement 12,5% anhidritből ( $\text{CaSO}_4$ ) + 85% bázikus, legalább 15—18%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tartalmú kohósalakból és 2,5% portlandcementből áll. E cementfajta igen finoman van őrölve, mert a 4900-as szitán legfeljebb 1—2%-a maradhat fenn. Felhasználása azért is előnyösnek látszik, mert gyártási költsége rendkívül alacsony. Szénszükséglete a néhány százalékban alkalmazott portlandcementtől eltekintve, igen csekély. Gyártása úgyszólván csak őrlési munkát igényel. Kötés-kezdet, kötés-vég, térfogatállandóság szempontjából nagyjában úgy viselkedik, mint a portlandcement. Ami normálszilárdságát illeti, kb. a mi 500—600-as kategóriájú cementünknek felel meg. Betonban alkalmazva azonban már  $200 \text{ kg/m}^3$ -es adagolással kb. ugyanakkora szilárdságot lehet vele elérni, mint a  $600$ -as cementfajta  $300 \text{ kg/m}^3$ -es adagolásával. Szabad levegőn, de különösen víz alatt szilárdulásának előrehaladása igen kedvező, szárazon (szobalevegőn) ellenben csökkenő tendenciájú (l. 1. ábrát).

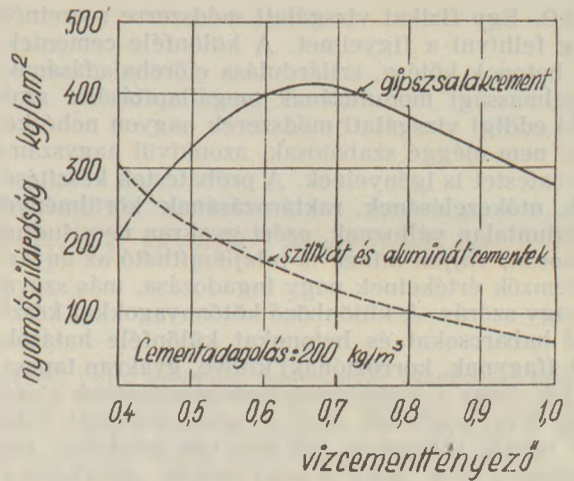


„Z 325”-ös gipszsalakcementtel készült  $200 \text{ kg/m}^3$ -es adagolású beton szilárdsága a tárolási mód szerint.

1. ábra

Ezért főleg vízepítményeknél használatos. Szulfáttartalmú talajvizekben — a kísérletek szerint — igen ellenállónak bizonyul. Igen fontos körülmény még az anhidrit-salakcementtel készített betonnál az is, hogy ellentétben a többi cementfajtaival, éppen jó plasztikusan (0,6—0,7 vízcement-tényezővel) készítve adja a legnagyobb szilárdságot (l. 2. ábrát).

Ez pedig azt jelenti, hogy alig, vagy egyáltalán nem kíván tömörítési munkát. A zsugorodás mértékére vonatkozó vizsgálatok pedig azt mutatták, hogy míg a levegőn tárolt p. c. próbatestek 28 na-



„Z 325”-ös gipszsalakcementtel készült  $200 \text{ kg/m}^3$  adagolású beton szilárdsága a  $v/c$ -től függően

2. ábra

pos korukban  $0,47 \text{ mm/m}$ -rel zsugorodtak, addig az anhidrit-salakcement — azonos körülmények között — csak  $0,32 \text{ mm/m}$ -rel. Az anhidrit-salakcement hazai előállítására is megvannak a lehetőségek, úgy tudjuk, a kohósalak  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -tartalmának dúsítása érdekében tanulmányok is folynak.

A kohósalak cementek után meg kell emlékeznünk az eléggé változatos, sőt helyileg is nagyon ingadozó összetételű barnaszén-salakfajták és pernyék hidrauliként való alkalmazásáról.

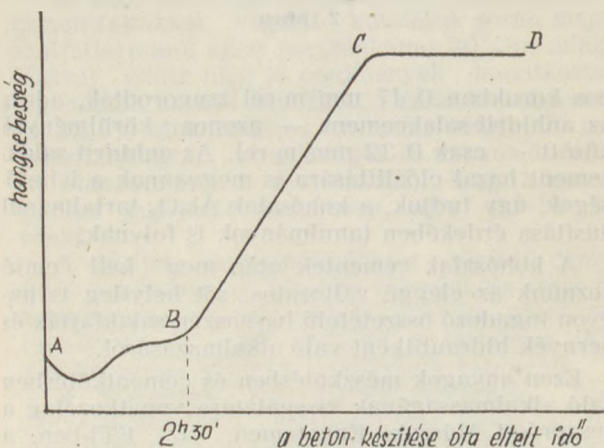
Ezen anyagok mészkötésben és cementkötésben való alkalmasságának vizsgálatára vonatkozólag a veszprémi Műszaki Egyetemen, az ÉTI-ben, a NEVIKI-ben és a Tatabányai Cementgyárban kutatások folynak. Nem célunk most, hogy ezeknek az eredményeiről beszámoljunk. A pernyéket, salakokat, de még a kohósalakokat is, amikor kötőanyagpótlékként használjuk, igen alaposan meg kell vizsgálnunk és már felhasználásuk előtt tudnunk kell, vajjon a velük cement- és mészkötésben készült habarcs, illetve beton légállósága, térfogatállandósága **hosszabb** időre is biztosítva van-e. S amikor a vízzáróság is követelmény, tudnunk kell, elvárhatjuk-e ezt a felhasználásukkal készített betonoktól?

E problémák tisztázása érdekében a kutatásoknak a salakok és pernyék vegyi, mineralógiai összetételén kívül a habarcs-, ill. betonvíz optimális (esetleg mesterségesen szabályozandó) pH értékére is ki kell terjedniök. A pH érték ugyanis döntően közrejátszik abban, hogy kötéskor a kalciumaluminátszulfáthidrátok közül melyik módosulat képződik, ugyanis ez dönti el a készített habarcs-, ill. betonszilárdságát és későbbi térfogatállandóságát. Meg kell itt említenünk, hogy a cementgyártás eléggé előreszaladt, hiszen gyártottuk traszportlandcementjeinket úgyszólván trasz nélkül, szén-salakok és pernyék felhasználásával, de csak utólag fogjuk — elméleti kutatásokkal párosulva — alkalmasságukat igazában megvizsgálni.

Mondanunk sem kell, hogy a most tárgyalt anyagok józan mértékű, tudományosan megalapozott módon való alkalmazása gazdasági előnnyel járhat, hisz most csak helyet elfoglaló hulladékok.



10. Egy fizikai vizsgálati módszerre szeretnők még felhívni a figyelmet. A különféle cementek, ill. betonok kötése, szilárdulása előrehaladásának, rugalmassági modulusának megállapítására szolgáló eddigi vizsgálati módszerek nagyon nehézkesek, nem eléggé szabatosak, azonkívül nagyszámú próbatestet is igényelnek. A próbatestek készítésének, utókezelésének, raktározásának körülményei minduntalan változnak, ezért gyakran nem tudjuk biztosan, vajjon minek is tulajdonítható az anyagjellemzők értékeinek nagy ingadozása, más szóval a nagy szórás. A különböző kötőanyagokkal készített habarcsokat és betonokat különféle hatásoknak (fagynak, korrózióknak) kitéve, gyakran tapasztaljuk, hogy a próbatestek homogenitásának a szórása jóval nagyobb, mint a tanulmányozott hatások okozta változások. Ma már van lehetőség, van módszer arra, hogy a kísérleteket exaktabban, szinte egyetlen próbatesten végezzük el. Ezzel a módszerrel meghatározzuk a hang terjedési sebességét a betonban, annak valamennyi fázisában, a friss betontól egészen a megszilárdult anyagig.



3. ábra

Erre vonatkozólag diagrammot mutatunk be (lásd 3. ábra).

Eszerint a betonnál a hang sebességének változásában három szakaszt különböztetünk meg:

a) az A—B szakaszt, ahol még nem szilárd, nagy víztartalmú anyaggal van dolgunk, a sebesség változása nagyon lassú, a görbe alakja azonban jellemző a különféle cementekre, illetve a velük készült betonokra;

b) a B—C szakaszban a hang sebessége nagyon növekszik, ez a kötés ideje;

c) a C—D szakaszban, mely a szilárdulás fázisa, a hang sebessége lassan emelkedik.

Erre, a beton különböző tulajdonságait megállapító **elektronikus** mérési módszerre itt azért hívjuk fel a figyelmet, mert ez a jövő vizsgálati módszere, mely számtalan lehetőséget rejt magában. Ezzel lehet majd igazán kiismerni meglévő és újonnan gyártandó cementjeink, illetve felhasználással készített betonjaink tulajdonságait.

11. Befejezésül rá kívánunk mutatni még arra, hogy az ismertett cementek legnagyobb részének előállítására tulajdonképpen már a legközelebbi jövőben megindulhat, hiszen a nyersanyagok rendelkezésre állnak. Természetes azonban, hogy forgalombahozataluk előtt a cementeket alaposan ki kell kísérletezni. Megvizsgálandó az is, hogy a nyersanyagokon kívül a gyártás megindításának még milyen más előfeltételei vannak.

A jövő cementjei előállításának előmunkálatai közben persze nem feledkezhetünk meg jelenlegi cementjeinkről sem, amelyek egyenletes és jó minőségben való gyártása, valamint tulajdonságaiknak alaposabb kiismerése továbbra is feladatunk marad.

Végül kötelességemnek teszek csak eleget, amíg a 3. pont első részében ismertett vízzáró cement kikísérletezéséhez nyújtott segítségéért Székely Ádám kartársamnak őszinte köszönetet mondok.

# MAGYAR ÉPÍTŐIPAR

A MAGASÉPÍTÉSI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET FOLYÓIRATA

*Az építéstudomány és az építési gyakorlat lapja. Ismerteti az építésszervezést, az élenjáró munkamódszereket, az elért eredményeket, az előttünk álló feladatokat. Segítségét nyújt az építőipari dolgozóknak, mert ismerteti a Szovjetunió élenjáró építőiparának eredményeit és azoknak hazánkban való felhasználási és alkalmazási lehetőségeit. Kritikával harcol öt éves tervünk megvalósításáért, a szocializmus építéséért*

Előfizetési ára:

Félévre 25.— Ft

Egy évre 50.— Ft



# Többégetési kísérletek cementipari forgókemencékben

P É N T E K L Á S Z L Ó

Népgazdaságunk rohamos fejlődése megköveteli az építőanyagipari termelés minőségi és mennyiségi fejlesztését. Az építőipari tevékenység kiszélesedésével a cement-szükséglet ugrásszerűen emelkedik. Az építendő létesítmények konstruktív természetű, valamint gazdasági érdekek szerint a tervezők illetve a kivitelezők egyre nagyobb követelményeket támasztanak a cementfajtákkal szemben.

A cementtermelés bázisa minőségi és mennyiségi szempontból egyaránt a klinker. Hazai klinkerégető kemencéink jelenleg kivétel nélkül forgókemencék. A forgókemencék természetüknél fogva nagy beruházást követelő létesítmények, legyártásuk és szerelésük erősen anyag- és munkaigényes. Beépítésük és felszerelésük több hónapos jól szervezett munkát kíván. Egy-egy forgókemence normális élettartama 25—35 év körül van, ezalatt lényeges szerkezeti elemei annyira elhasználódnak, hogy tekintettel az időközben végbement technikai fejlődésre, a régi kemence generál átalakítása helyett feltétlenül új egység beépítése volna célszerű. A nagy beruházási költségek elkerülése és időnyerés céljából mégis gyakran kell a régi egységek átalakításával a fejlődés útján előbbrelépni.

A forgókemence lényegében forgó-égető dob, amellyel igen lényeges, fontos szerepet játszó előkészítő, kiszolgáló berendezések vannak sorba-kapcsolva.

Az égetődob a cementgyártásnak a szíve. A kőbányatermékektől kezdve a szénbányatermékekig többféle anyaggal táplálkozik és működése igen sokféle berendezés üzemétől, sokféle tárgyi és szubjektív tényező összehangolásától függ. A szovjet cementszakirodalomból látható, hogy az utóbbi években a klinkerégető berendezések tökéletesítése terén nagy lépéseket tettek előre.

Az új magyar cementgyárak felépítéséig a cementszükséglet rohamos növekedése megköveteli a hazai kemencék korszerűsítését is. Iparunk fokozott követelmények kielégítéséért, gyorsabb tökéletesítéséért küzd.

Hogy az égetőegységek átalakításához szerencsés kézzel foghassunk hozzá, alapos kísérletezésre van szükség. A termelési szempontok és a kemencék lényeges konstruktív részzeinek nehéz beszerzése nagy kockázatot vállalását nem engedi meg.

Mindezt forgókemencéinknél lassúbb, a klinkergyártás minden egyes fázisára, minden egyes kiszolgáló berendezésére kiterjedő vizsgálatot kell végeznünk, hogy a leglényegesebb technológiai keresztmetszet kibővítését elérhessük.

A sok év óta üzemben lévő égető komplexumoknál általában minden üzem tudja, hogy hol van a technológiai szűk keresztmetszet. Annak kibővítése rendszerint több kapcsolt berendezés tökélete-

sítését, vagy az égető berendezés szerkezeti átalakítását kívánja. Az utóbbi kívánalom megvalósítása üzemben lévő kemencéknél a pillanatnyi termelési érdek miatt állandó halasztást szenved.

A kísérletekhez kezdő kutató első feladata, hogy helyes nyomon járjon: megismerje a gyártási technológia lényegét.

A kísérletezéshez kezdő kutató első feladata, helyesen beállított hőtechnikai viszonyok között az előírás szerinti vegyifolyamat biztosítása, amely a hidraulikus tulajdonságú klinkerásványokat hozza létre.

A kísérletekhez adva van egy forgó-égetőberendezés tüzelőanyag előkészítő berendezéssel, valamint az adott nyersanyagviszonyoktól függően, megfelelő nyerskeverék előkészítő berendezéssel.

Célunk lényegében a megfelelő vegyi folyamat biztosítása, amelynek alakulását a nyersanyag-beállítás, az égetőberendezés és a tüzelőberendezés adottságai nagymértékben befolyásolják.

A jó klinkerégetés fő feltétele a nyersanyagok, az égetődob és a tüzelőberendezés adottságainak legcélszerűbb összehangolása.

A minőségi és mennyiségi klinkerégetés sok változó függvénye. Ennek megfelelően a megoldás az előkészítés és a kivitelezés során sokrétű minőségi és mennyiségi munkát igényel.

A többégetési kísérletek technikája megkívánja a nyersanyagok, előkészítőberendezések, égető és tüzelőberendezések, tüzelőanyagok szigorú tételes vizsgálatát az egyenletes technológiai folyamat-hoz való idomítását. Az összes technológiai folyamatbeli változások pontos számbavétele, a késztermék előírt vizsgálati eredményei szolgálnak állandó zsinórmértékül a változtatások tolerálására.

Kísérletezéskor állandóan segítségül kell felhasználni az irodalomban talált vizsgálati eredményeket és módszereket. Ezeknek szolgálai átvétele azonban legtöbb esetben nem lehetséges, mert a nyersanyagoknak, a tüzelőanyagoknak, égető és tüzelőberendezéseknek annyi változtatással találkozunk, hogy nyugodtan állítható: minden egyes forgókemencének megvan a saját „természete”, s mindenkor eszerint kell megtalálni a nyersanyag, valamint tüzelés optimális beállítását.

A forgókemence vizsgálata igen hosszadalmas, éppen a sok változó variálódás miatt. A széles körben és hosszú időn át folyó részletvizsgálatok, megfigyelések lerögzítésekor sok szubjektív tényező is közrejátszhatik, minek folytán gyakran ellentmondások, az exaktság rovására lazaságok jelentkeznek.

A tételes vizsgálat területén meg kell állapítani a felhasznált nyersanyagok (mészkövek, márgák, agyagok, homok) fizikai és kémiai jellemzőit. A minerológiai összetétel a nyers-előkészítés és az



égethetőség szempontjából fontos szerepet játszik. A nyerskeverék megfelelő ugyancsak fontos feltétele a jobb égethetőségnek. A nyersanyagkeveréket úgy kell előkészíteni, hogy iszap vagy por alakjában legkisebb részecskéiben is vegyileg egyenletes legyen. Ezen a vonalon igen nagy előnyt élveznek a természetes keverékek, amelyek ásványi alakjukban kedvező összetétellel keletkeznek. A mesterséges keveréknél ezt a feltételt kellő finomsági őrléssel és a homogenizálási lehetőség megteremtésével kell biztosítani. Nem elegendő azonban az egyenletességet csak vegyileg biztosítani, mert így még nincs garancia a technológiai folyamat egyenletes lefolyására.

Az anyag a forgókemence háromnegyed részében tulajdonképpen csak fizikai változásokon esik át. Ebbeli viselkedése az aránylag szűk térre szorítkozó vegyi folyamat alakulására nem közömbös. Akár nedves, akár száraz eljárású forgókemencével dolgozunk, a jó klinkerégetés fő követelménye, hogy vegyi összetétel és őrlési finomság beállításával olyan nyers előkészítést biztosítsunk, amelynek révén a kemencében előreáramló nyersanyaghalmozat fizikai állapotváltozása közben mint jó hőátvevő tömeg viselkedjék és a nagy hőlépcsős kihasználásnak kedvezzen.

A nyerskeverék beállításánál nem lehet célunk a kemencén kívüli vizsgálatok szerint ideálisnak tartott keverék előállítására. Mindig szem előtt kell tartanunk a forgókemence belső szerkezetét és annak hatását mindenkor számításba kell vennünk.

A kemencében lejátszódó fizikai változások során fontos folyamat a fizikailag kötött nedvesség eltávolítása. A kemence szárító zónájának munkáját úgy kell szabályozni, hogy a füstgázok hőenergiájának lehető legnagyobb kihasználásán felül a további hő-átvitel szempontjából kedvező csemce-összetételű nyers granállá tömeget kapjunk.

A forgódob hosszában előreáramló szemcséjű anyaghalmozat különféle szemcséinek egyenletes érintkezése a füstgázokkal, egymással és a kemencefalazattal csak akkor folyik le szabályos rendben, ha a vegyes szemcséjű tömeg mozgásának határozott geometriai törvényszerűsége van. Könnyen rekonstruálható kísérlet szerint 15—20 százalékos poros anyagot tartalmazó szemcsehalmozat előrehaladását a por miatti szabálytalan megcsúszások nagyon megzavarják és a szabálytalan előreáramlás rontja az egyenletes égetés feltételeit. A nyerskeverék víztartalmának nem minimálisra, hanem optimálisra való beállítását a szemcséképződés alakulása szerint kell eszközölni; figyelembevéve a porképződés és kiküszöbölése szempontjait.

A kemencében végbemenő vegyi folyamatok rekonstruálása igen nehéz feladat. Pedig a kemence-menet szempontjából legdöntőbb a kalcinálás és a zsugorodás alakulása. Sajnos hazai kemencéink egyike sincs ellátva a kalcináló és zsugorító zónában próbavevő nyílásokkal. Ezért sokoldalú következtetések egybevetésével kell a viszonyokat tisztázni és sokszori helyesbítések után lehet helytálló megállapításokat tenni.

Forgókemencéink leglényegesebb és a kutatás szempontjából is legérdekesebb szakasza a kalcináló és zsugorító zónák találkozása. Ez sohasem éles határvonalon történik; a két zóna kisebb-nagyobb átlapolással nyúlik egymásba. Ez az a

terület, ahol a sok változós függvény ismeretlen tagjai bonyolult tüzeléstechnikai szempontokkal gyarapodnak és a tüzelőanyaggal bevitt salak mint híg folyósított szekunder nyersanyag még jobban összekuszálja a vegyi folyamat lefolyását. A forgókemencében lefolyó változásokat az anyag- és füstgázáramokat a kemence hőmértékének felvételével kell megállapítani. Kielégítő következtetéseket csak a folyamatosan felvett hőmérték és az egyidejűleg készített vizsgálati eredmények összevetése adhat. A tüzelőanyagok fizikó-kémiai jellemzői az előkészítés lehetőségei, továbbá a tüzelőberendezés működésének a vegyi folyamat helyes alakításához való hozzáhangolása a forgókemencés égetés legérdekesebb és legsokrétűbb problémája.

Fő célunk nem a tömény kalória-felszabadítás, hanem a hőenergia égéstérbeli és a kemence hosszában való eloszlásának kedvező összehangolása a vegyi folyamattal. A jó tüzelőanyag-elégetés általános feltételein felül a forgókemencéknél döntő követelmény a vegyi folyamatokhoz való tökéletes igazodás. Ezen feltétel kialakításában nagy szerepet játszik a magas hőfokon dolgozó kalória.

A forgókemence égető terében lejátszódó hőenergia-felszabadítás mai kemencéinknél csak szabad szemmel kísérhető figyelemmel és sok szubjektív tényező zavarhatja meg helyes megítélését. Az égéstér fizikai szemmel való ellenőrzése során ugyanis az észlelhető fényváltozás a végbemenő hőenergia változásoknak csak kis töredékét mutatja. A hőfokváltozással hatványozottan érvényesülő hőenergia viszonyok alakulását csak fejlettebb fotócellás észlelő illetve vezérlőberendezések birtokában figyelhetjük meg kellőképpen. A hűtőzónába, illetve hűtődobba kerülő klinker prompt vizsgálatának ki kell terjeszkednie az összes fizikai jellemzőkre. A makroszkópiai vizsgálatot a kemencét vezető szakembernek állandóan meg kell ismételnie.

A kísérleti terület súlyponti kérdéseit így foglalhatjuk össze: megfelelő képzettségű szakembereknek megfelelő felszereléssel ki kell kutatniok a legkedvezőbb nyersanyag-összetételt, a legmegfelelőbb nyers előkészítési módot. Meg kell állapítaniok, figyelembevéve a különböző bányatermékek kényszerű változását és a salak behatását a vegyi összetételre, az előkészítésnek az adott tüzelőanyag-viszonyok között leghelyesebb módját.

A forgókemence méretei, beépítményei, hajlásszöge adva vannak, tehát a kemence munkafelületének változását a fordulat, illetve a tüzelőberendezés szabályozásával érhetjük el. A forgókemence égető zónájában az égéstér köbtartalma, előmelegítő és szárító zónájában a hőátadó felületek játszanak nagyobb szerepet. A kemence teherbírása, maximális terhelhetősége leginkább az égéstérben az időegység alatt felszabadítható hőenergia mennyiségétől, továbbá a füstgáz-árammal szemben előreáramló nyersanyaggal érintkező hőátadó felület nagyságától és a vegyes szemcsehalmozat hőátvevő hajlamától függ.

Az optimális viszonyok meghatározása sorbakapcsolt berendezések munkájának minden méretű és típusú kemencére vonatkozó tételes elemzését kívánja. A nyers mérési eredményeket diagramokban kell ábrázolni, hogy a változások tendenciája könnyen áttekinthető legyen.

Helyesnek tartott következtetések kiértékelése sokszor áthatolhatatlan akadályok miatt nem való-



sítható meg, ilyenkor az ellenkező hatás előidézése nyújthat újabb bizonyítékot.

A kemencékben végbemenő folyamatokat a forgókemence összes számításbajóhető méreteinek ismeretében és változtatható tényezők variálásával összes részleteikben is ismételten végig kell számítani. A forgókemencék maximális kapacitásra való beállításának feltételeit megállapítani könnyebb feladat, mint kiküszöbölni az előre nem kalkulálható kisebb-nagyobb változások hatását ill. megteremteni megelőzésének biztosítékait.

A nagyüzemi forgókemence-vizsgálat a legtanulságosabb és a valóságnak megfelelően értékelhető ki. A helyes kiértékelés a folyamatosan, párhuzamosan folyó vizsgálatok állandó rögzítésével és azonnali megvitatásával lehet csak eredményes. Az exakt tárgyi tényezőkből és szubjektív megnyilatkozásokból a helyes következtetéseket nyomban le kell vonni, hogy a reális alapot nélkülöző feltevéseknek elejét vegyék. Mindamellet maradnak kézzelfoghatóan be nem bizonyítható tényezők, amelyeket további tapasztalatgyűjtés érlelhet csak meggyőződéssé. Az adatgyűjtés helyes kiértékelésére komoly elméleti felkészültségnek és jó gyakorlati érzéknek kell párosulnia, különben gondolkodásunk útvesztőkbe téved. Ennek elejét veheti a módszeres kísérletsorozat.

A forgókemencés klinkerégetésnek magyar szakirodalma gyakorlatilag még nincsen. Szovjet és más külföldi szakcikkekben kiderül, hogy a klinkergyártási technológiának főleg a többtermelés érdekében történő fejlesztése világszerte sok erőfeszítést kíván. A problémák sokrétűsége folytán a klinkerégetés területe megérdemli és a fejlődés irama megköveteli megfelelő intézménynek a problémák precíz megoldásával való foglalkoztatását.

A képzett kutatókkal, megfelelő felszereléssel működő kutató intézet munkaprogrammjaiba a kutatás következő témái kívánkoznak:

A klinker nyersanyagainak plaszticitási vizsgálata

a beállított nyerskeverék granáliképződése szempontjából.

Forgókemencék szárítóbetéteinek munkája különböző víztartalmak és füstgáz viszonyok esetében.

Mineralizátorok alkalmazási lehetősége és területe.

A kalcinálódási folyamat lefolyásának pontos tisztázása vegyes szemcsehalmaznál, tekintettel a forgómozgás közbeni dörzsöléssel, valamint a gázfejlődéssel kapcsolatos porképződésre.

A klinkerásványképződés kielemezése természetes keverékeknél és mesterséges keverékeknél.

A barnaszemek salakjának behatása a klinker összetételére, tekintettel a felületi olvadék képződésre és a kemencebélés tapadására.

A tüztér-alakítás vizsgálata különféle barnaszemekkel, összehasonlítása gázszegény kőszemek azonos viszonyok közötti tüzelésével, valamint az olaj és gáztüzeléssel.

A gyorsűtés szerepe a klinkerásványok stabilizálása és a klinkerminőség szempontjából.

A heterogén cementgyártáshoz felhasználandó legkedvezőbb összetételű klinker meghatározása a keverésre kerülő adalékanyagoktól függően. A különféle típusú és eljárású klinkerégető kemencékre általános érvényes megállapítások kidolgozása nagyüzemi kísérletek alapján.

A sokféle szempont egybevetésével meghatározandó a jövő típuskemencéje a legkedvezőbb gazdasági eredmény alapján.

A hazai forgókemencés kutatómunka nagy késséssel indult. Széleskörű tapasztalat összegyűjtésével azonban sok felesleges, időtrabló próbálkozást lehet megrövidíteni s az üzemi dolgozókkal egybefogva be lehet és be kell hozni eddigi elmaradásunkat.

A korszerű üzemvezetés és kutató tevékenység ezt sürögösen követeli a klinkerégető kapacitás növelése, következőleg a cementtermelés fokozása érdekében.

# MAGYAR ÉPÍTŐMŰVÉSZET

A MAGYAR ÉPÍTŐMŰVÉSZEK SZÖVETSÉGE FOLYÓIRATA

A szocialista építőművészet elméleti és gyakorlati kérdéseit tárgyalja.

Példaképünk, a nagy Szovjetunió építészetének ismertetéseivel és tanulságaival, haladó hagyományunk értékelésével foglalkozik. Építéstevékenységünk vita-fóruma harcol a kozmopolitizmus ellen és örködik építőművészetünk elvi tisztaságán.

Előfizetési ára: félévre 30.— Ft, egy évre 60.— Ft



# Szovjet szárítási elméletek és a szárítással kapcsolatos kutatási feladatok

GOMPERZ ISTVÁN

A szárítás szovjet tudósok által felfedezett és továbbfejlesztett elméletét, mint a szovjet tudományt általában, az jellemzi, más országok tudományos munkájától elsősorban az különbözteti meg, hogy a folyamatok objektív törvényszerűségeit nemcsak felfedezi, hanem behatóan vizsgálja a törvények okait és hatását, végigkíséri a folyamatok lejátszódását keletkezésüktől eredményükig. Röviden: a tudományos munkának ezen a területén is alkalmazzák a dialektikus materialista módszert. Ez az egyik oka annak, hogy a szárítás régebbi elméleteit számottevően fejlesztették és az új felfedezések egész sorával gazdagították; másik oka az, hogy a szocialista Szovjetunióban a kutatásnak, a laboratóriumi és üzemi kísérletezésnek, általában a tudományos munkának olyan lehetőségei nyílnak, amelyekre más társadalmi rendben gondolni sem lehetett.

Konferenciánk célja, hogy meghatározza a magyar építőanyagipari kutatás feladatait. Nézzünk meg tehát néhány szovjet elméleti tételt, amelyek a mi kutatómunkánk irányát megszabják, anélkül persze, hogy részleteikbe behatolnánk, amit egy rövid referátum keretében nem tehetünk.

A nedves anyagokat általában a

1. kolloid testek,
2. a kapilláris-pórusos testek,
3. a kolloid kapilláris-pórusos testek három főcsoportjába soroljuk.

A kerámiai gyurmák a 3. csoportba, a kolloid kapilláris-pórusos testek csoportjához tartoznak. Az anyagnak mint kolloid testnek az oldószere mindig elektrolitnak tekinthető. A kolloid szemcsék — a micellák — az intermicelláris, illetőleg intramicelláris folyadék ionjait abszorbeálják és ennek következtében negatív előjelű elektrostatikus töltést nyernek.

A száraz szubsztancia és a nedvesség különféle kapcsolatait P. A. Rebinder szovjet akadémikus táblázatba foglalta össze. A táblázat rendszerének elvi alapja a száraz anyag és a nedvesség közötti kapcsolat intenzitása. Az anyag és a nedvesség kötési formáit Rebinder 3 főcsoportba sorolja:

I. Kémiai (sztöchiometriai) kötés. Ezzel a csoporttal nem foglalkozom, miután a vegyi kötés megszüntetése nem tartozik a szárítás témakörébe.

II. Fiziko-kémiai kötés. Ebbe a főcsoportba 3 kötési forma tartozik:

- a) adszorpciós kötés (nedvesség a hidrátburokban),
- b) az ozmotikus kötés,
- c) a strukturális kötés.

III. Mechanikai kötés. Ide ismét 3 kötési formát sorol:

- a) kötés a mikrokapillárisokban,
- b) kötés a makrokapillárisokban,
- c) nedvesítési kötés.

Rebinder táblázata valamennyi kötési formára vonatkozólag ismerteti:

a kötési forma képződésének okait, példaként az adott kötési formát képező anyagokat,

a kötési forma intenzitását (energiáját), a kötés megszűnésének feltételeit, s hogy miként változik az anyag a kötési forma létrejöttével.

Rebinder munkájának nagy jelentősége abban rejlik, hogy az anyag és a víz viszonyának a haladó szovjet tudomány által tisztázott különféle formáit tudományos rendszerbe foglalta. Táblázata a szárítási kutatás kiindulási alapja.

A kerámiai testek a nedvességet 3 formában tartalmazzák; ezek különböző intenzitású kapcsolatok, így megszüntetésük a szárítási művelet 3 fázisát képezi. A nedvesség e 3 formája:

- a) a kapillárisokban (a szemcsék között) helyetfoglaló víz,
- b) az adherált, tehát a szemcséket körülvevő vízfilm,
- c) a szemcsék által felvett víz.

A kapilláris víz távozása felületi folyamat. A. V. Likov szovjet akadémikus szerint a felület és a test belseje közötti hőmérsékletkülönbség az az erő, amely a kapilláris vizet eltávolítja.

A kapilláris nyomás:  $p_k = \frac{2\sigma}{r}$  ahol  $\sigma$ : a felületi feszültség erg/cm<sup>2</sup>-ben,

$r$ : a meniszkusz sugara cm-ben.

Submikroszkopikus hajszálcsövek esetén a meniszkusz sugara és a hajszálcső sugara egyenlőnek tekinthető ( $r = r$ ), ebben az esetben  $p_k = \frac{2\sigma}{r}$ .

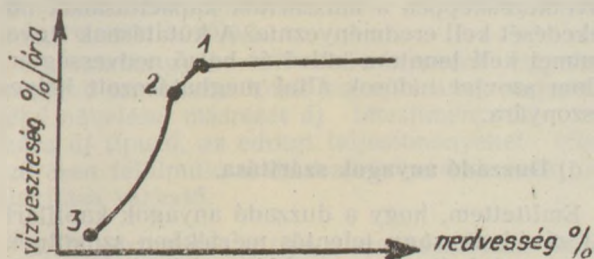
Abból kiindulva, hogy a felületi feszültség a hőmérséklet emelkedésével csökken, Likov megállapítja, hogy a felület hőmérsékletének alacsonyabbnak kell lennie a maghőmérsékleténél, mert így a külső meniszkusz feszültsége nagyobb, párolgása tehát maga után húzza a kapilláris vízoszlopot, ami viszont biztosítja a nedvesség vándorlását a test belsejéből a felület felé.

A vándorlás sebessége:  $v = b \cdot \frac{r^2 \cdot \nu}{8\eta} \cdot p_k$ ; b



koefficiensban szerepel a kapilláris hajlásszöge, a gravitációs gyorsulás és a vízszlop hossza:  $\eta$  a vándorló folyadék viszkozitása, ami a hőmérséklettel befolyásolható.

A nedvesség eltávozása a következő jellegű görbe szerint történik:



1. ábra

A görbe azt mutatja, hogy a nedvességszökkenés mindaddig, amíg a kapilláris víz el nem távozik, egyenletes, ettől kezdve csökkenő, majd fokozottan csökkenő tendenciájú. Ebből azt a következtetést kell levonnunk, hogy a szárítás csak addig veszélyes, addig követeli a legnagyobb óvatosságot, amíg a kapilláris víz el nem távozik — ezután már sokkal agresszívebben folytatható.

A szovjet tudomány a legaprólékosabban feltárta, matematikailag meghatározta azokat a törvényszerűségeket, amelyek szerint a szárítás folyamatai lejátszódnak. Külön tárgyalja a szovjet irodalom a száradó test belsejében, a száradó test és a szárító közeg határán, valamint a szárító közegben lejátszódnó folyamatokat: ezzel megteremti a lehetőségét annak, hogy a különböző folyamatok összhangban legyenek. A kerámiatestek száradási sérüléseit az okozza, hogy felületükről több nedvesség párolog el, mint amennyi a test belsejéből utánaáramlik. Miután a szovjet tudomány segítségével a testben történő nedvességvándorlást is, a felületről való párologást is számítani tudjuk, összhangjuk megteremthető, s a magyar kutatók feladata, hogy ennek a metodikáját a mi műszárítóink viszonyaira kidolgozzák.

Különösen veszélyes a montmorillonit alapú anyagok szárítása. Ugyanis a rács-síkjaik közötti helyetfoglaló víz a szemcséket megduzzasztja, a pórusok ennekfolytán szűkülnek, illetőleg részben elzáródnak. Ha a negatív elektrosztatikus töltésű szemcsék közé olyan elektrolit kerül, amely a diszperz anyag töltését csökkenti, koaguláció következnek be. Ezt a hatást adalékokkal lehet elérni. Ilyenek: ásványi sav, savasan disszociáló só, mésztej. A koaguláció mértékének határt szab az a körülmény, hogy általa az anyag képlékenysége csökken.

A nedves levegő összes paramétereinek szemléletes vizsgálatára L. K. Ramzin diagramot szerkesztett. A Ramzin-féle Id-diagramm alapparamétere: a hőtartalom (I) és a nedvességtartalom (d).

Az abszolút nedvesség:  $d = \frac{V \text{ kg}}{L \text{ kg}}$  ahol V: a vízgőz súlya, L: a száraz levegő súlya.

A relatív nedvesség:  $\varphi = \frac{p_g}{p_{gt}} = \frac{d}{d_i}$ , ahol  $p_g$ : a gőz parciális nyomása,  $p_{gt}$ : a telített gőz parciális nyomása.

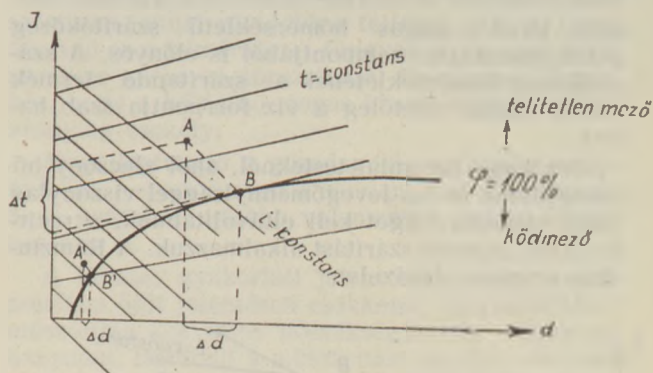
A száraz levegő entalpiája:  $i_1 = c_{pl} \cdot t$  Kal/kg.

A vízgőz entalpiája:  $i_g = d \cdot (c_{pgt} + r_0)$  ahol  $r_0$  a párolgási hő 0°C-on.

Innen a nedves levegő entalpiája:

$$i = c_{pl} \cdot t + d \cdot (c_{pgt} + r_0) \text{ Kal/kg.}$$

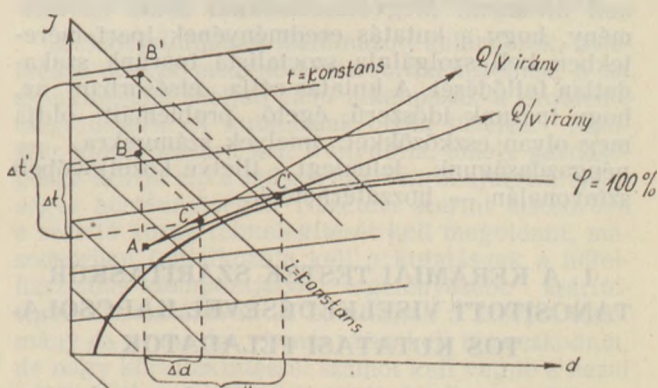
Ezekután lássuk a Ramzin diagramot:



2. ábra

„A” pont szerinti paraméterek által jellemzett állapotú szárítóközeg az  $i = \text{constans}$  vonalakkal párhuzamosan, változatlan entalpia mellett  $\Delta d$  mértékben növeli meg páratartalmát, miközben hőmérséklete  $\Delta t$ -vel csökken. „B” pont szerinti paraméterek a szárítóközeg állapotára a száradó test és a szárítóközeg határán jellemzőek. Az ábrából világosan látható, hogy ha a hőmérséklet alacsony, akkor a  $\Delta d$  rendkívül kicsi, mint azt az „A” pont mutatja. Ez azt jelenti, hogy alacsony hőmérsékleten a szárítás nagymennyiségű szárítóközéget igényel, de azt is jelenti, hogy a szabad szárítóközeg bizonyos hőmérséklet alatt alig képes nedvesség felvételére. Gyakorlatilag 10°C hőmérséklet alatt már nincs szárítás.

Most nézzük meg a műszárítást az Id-diagramm tükrében:



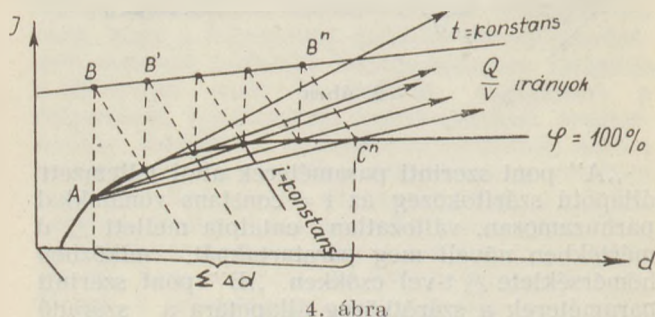
3. ábra

Az „A” szerinti paraméterek által jellemzett szárítóközéget felmelegítjük. Helyzetét most „B” jellemzi, közben  $d$  értéke constans marad. A nedvességfelvétel megindultával a szárítóközeg az izoterma mentén „C”-ig telítődik. Amint látható, a felmelegítés folytán  $\Delta d$  nő. Ha nem „B”-ig, hanem „B'”-ig melegítünk, akkor  $\Delta d'$  az eredeti  $\Delta d$  érték többszöröse.



A Ramzin diagrammban ábrázolható a szükséges hőmennyiség és az eltávolított víz mennyiségének a viszonya is. A  $\frac{Q}{V}$  viszony irányt határoz meg, ez a szárítóközeg végállapotát jellemző ponton halad keresztül. A diagramm megmutatja, hogy magasabb hőmérséklet esetén a  $\frac{Q}{V}$  irány laposabb, tehát a magas hőmérsékletű szárítóközeg a hőfelhasználás szempontjából is előnyös. A szárítóközeg hőmérsékletének a szárítandó termék érzékenysége, illetőleg a víz forrponja szab határt.

Érzékeny kerámiai testeknél, ahol alacsony hőmérsékleten és kis levegőmennyiséggel viszonylag nagy vízmennyiséget kell eltávolítanunk, a recirkulációs, lépcsős szárítást alkalmazzuk. A Ramzin-diagrammban ábrázolva:



A  $\frac{Q}{V}$  irány hajlásszöge minden lépcső után csökken.

A légszárítástól eltérő szárítás lehetőségei rendkívül sokfélék. A kerámiai iparban a szárítás vacuummal vagy ultrasonikus berendezésekkel, infravörös vagy diathermikus sugárzással is történhetik.

Rátérek most azokra a témakörökre, amelyeket nézetem szerint a kutatómunka programjába be kell illeszteni. Megválasztásuknál döntő követelmény, hogy a kutatás eredményének ipari méretekben kell szolgálnia szocialista iparunk szakadatlan fejlődését. A kutatás célja elsősorban az, hogy iparunk időszerű, égető problémáit oldja meg olyan eszközökkel, amelyek számunkra, — népgazdaságunk jelenlegi, illetve közeljövőbeli színvonalán — hozzáférhetőek.

## 1. A KERÁMIAI TESTEK SZARÍTASKOR TANÚSÍTOTT VISELKEDÉSÉVEL KAPCSOLATOS KUTATÁSI FELADATOK

### a) A szárítás kritikus pontjainak meghatározása.

Az agyag a szárítás első fázisában, a kapillárisokban helyetfoglaló víz távozásának időszakaszában hajlamos a repedésre, különösen fontos tehát ennek a fázisnak a befejezési időpontját meghatározni. A kutatás eredményei alapján pontosan meg lehet állapítani a különböző fázisok minimális időtartamát, ill. szárítási sebességét. Ezt a kutatást előbb egyes jellemző agyagokra, majd valamennyi jelentős téglagyári bánya agyagjára vonatkozólag el kell végezni.

A kutatás gyakorlati jelentősége abban mutatkozik, hogy kiküszöböli a műszárítókval való hosszas kísérletezést és az ezzel járó sok selejtet. A műszárítók rezsimjét tudományosan megalapozott terv szerint lehet beállítani, mégpedig közvetlenül üzembevetélük alkalmával. A beállításnak feltétlenül műszárítók legjobb kihasználását követekedésképpen a műszárítók kapacitásának növekedését kell eredményeznie. A kutatásnak figyelemmel kell lennie a külső és belső nedvességtartalom szovjet tudósok által meghatározott helyes viszonyára.

### d) Duzzadó anyagok szárítása.

Említettem, hogy a duzzadó anyagok kapillárisai záródnak vagy jelentős mértékben szűkülnek. Kutatnunk kellene a megoldás mindkét módszerét: a koagulációt és a soványítást, valamint a kettő kombinációját. Állapítsuk meg a különböző adalékanyagok által előidézett koaguláció mértékét. Határozzuk meg a koaguláció mértékét és a plaszticitás csökkenésének a görbéjét, ebből pedig az adalék optimális mennyiségét. Hasonló vizsgálat tárgyává kell tenni a különféle soványítóanyagokat (salak, homok stb.), tekintettel a granulációra is. A koagulálás és a soványítás együttes hatásának a vizsgálatát azért tartom szükségesnek, mert nézetem szerint nem biztos, hogyha a koaguláció „a” értékű, a soványítás „b” értékű plaszticitáscsökkenést eredményez, együttes alkalmazásuk esetén a plaszticitás csökkenésének mértéke a + b és nem kisebb. A kutatásnak a szovjet diffúzió- és nedvességvándorlási elméletre kell épülnie.

Ennek a kutatásnak a gyakorlati eredménye nemcsak a duzzadó agyagok műszárításának a megoldása lenne, hanem szabadszárításuké is. A duzzadó agyagból készült termékeket — rendkívül érzékenyséjük, nagy zsugorodásuk miatt — szabadon is nehéz szárítani, óvni kell őket a naptól, a legcsekélyebb légmozgástól, ezért szárításuk igen lassú, finomabb termék előállítására pedig alkalmatlanok.

## 2. A SZARADASI FOLYAMAT MEGGYORSÍTÁSÁT CÉLZÓ KUTATÁSOK

### a) A szárítandó termék és a talajszint távolságának hatása a szabadszáradási időre.

Köztudomású, hogy a természetes légáramlás intenzitása általában együtt nő a talajszinttől való távolsággal. Mégis — nyilvánvalóan az anyag mozgatasának megkönnyítéséért — a szárítás a talajszinten ill. annak közvetlen közelében történik. A nálunk jelenleg bevezetésre találó Kartavcevféle szárítási módszer részben ezen változtat, amikor a fészerek alá rakott téglarakomány felső sorait eltávolítja, a felső sorok helyét többször használja fel, különösen pedig mikor a kazalozás után a rakomány legalsó sorát nem a talajra, hanem attól kb. 80 cm-re rakja le. Ezzel a kérdéssel nálunk még inkább kell foglalkozni, mint a Szovjetunióban, mert az üzemidény éghajlati viszonyaink folytán jóval hosszabb, s ezért a szabadszárításnak nagyobb a jelentősége most is, és jelentős marad a belátható jövőben is.

A kutatás kiindulópontja Kartavcev módszere. Meg kell állapítani a talajszinttől különböző ma-



gasságokban a légáramlási viszonyokat és hatásukat a száradási időre. Ennek alapján Kartavcevs gyakorlatban már megvalósított gondolatának továbbfejlesztésére nyílik lehetőség. Megállapítandó a kutatások alapján, nem volna-e célszerű magasabb fűszerek építése. A kutatásnak elméletileg tisztázni kell helyes-e az Anyagterv javaslata az általa „toronyszárító”-nak nevezett létesítményre vonatkozólag.

A kutatás gyakorlati eredményeként egyrészt meglévő szabadszárítóink kapacitásának nagymértékű növelése, másrészt új létesítményeink számára új típusú, az eddigi teljesítményeket többszörösen felülmúló szabadszárítóberendezések kialakítása várható.

#### b) A gőzfeltárás hatása a szabadszárítási időre.

A kutatás iránya kettős. A gőzzel feltárt anyagból készült termék meleg, tehát a mag és a felület közötti hőmérsékletkülönbség nagy, ennek folytán a száradás első óráiban — a hőkiegyenlítődés megtörténte előtt — a nagy külső menizkuszfeszültség hatására intenzív nedvességvándorlás indul meg a magból a felület felé. Ez a folyamat kéregképződés nélkül gyors száradást eredményez. Meg kell vizsgálni:

1. Mennyire rövidül meg a száradás első, legkényesebb fázisa?

2. Mi az eljárás előnyös hatása a kényes termékek selejtképződésére?

A kutatás másik iránya azon alapszik, hogy a gőzfeltárás növeli a képlékenységet, ezenkívül az agyaggyurma bizonyos mértékű evakuálásával egyenértékű. Nyilvánvaló, hogy alkalmazásakor a formázási víz mennyisége csökkenthető kevesebbet kell tehát szárításkor eltávolítani. Megállapítandó a formázási víz csökkenthetőségének a mértéke, ezzel kapcsolatban a száradási időben jelentkező megtakarítás.

A kutatás gyakorlati jelentősége a szárítófűszerek kapacitásának, a szárítófelület fajlagos teljesítményének növelésében, a selejtképződés csökkentésében nyilvánul meg.

#### c) A szárítandó termék fajlagos felületének és a száradási időnek az összefüggése.

Itt elsősorban a lyukas termékekre gondolok. A kutatás döntse el, milyen alakú üregek, milyen rétegvastagságok a legelőnyösebbek a száradás szempontjából. Ez a téma a szovjet száradási elméletek segítségével tisztán elméletileg annyira kidolgozható, hogy nagyüzemi kísérletek alapjául szolgálhat.

A kutatás gyakorlati jelentősége u. a., mint 2/b. pontnál.

### 3. MŰSZÁRÍTÁSRA VONATKOZÓ KUTATÁSOK

#### a) A felfűtési idő csökkenésének meghatározása a gőzfeltárás útján való felmelegedés függvényében.

A mi műszárítóinknál a felfűtési idő rendkívül hosszú. Ez idő alatt a terméket a szárítóközeg hőmérsékletére melegítik (a hőlépcső figyelembevételével), anélkül, hogy a nedvességet eltávolítá-

nák. A termék tehát a műszárítóban van, ott helyet foglal el, de szárítása még nem indul meg.

A gőz mennyisége 1000 drb. kisméretű téglagőzre vonatkoztatva a bányanedvességétől és a vízzel való együttes adagolástól függően átlagban 150 kg és 250 kg között variálhat. A gőz mennyiségével arányosan alakul a kiformázott nyerstermék hőmérséklete. Minél magasabb hőmérsékleten szárítunk, annál rövidebb a felfűtési idő. A felfűtési idő és a hőmérséklet függvénye ugyanis logaritmikusan görbével ábrázolható. De az sem közömbös, hogy a hőlépcső magas hőmérséklet esetében arányilag csekély.

Megállapítandó a gőzadagolás optimális mennyisége, — elsősorban a muszarítóval már rendelkező gyárakra, később valamennyi gyárra vonatkozóan.

A kutatás gyakorlati jelentősége, hogy a műszárítási időt jelentősen csökkenti, megtakarítja a műszárítás közvetlen hőszükségletének bizonyos hányadát, mérsékli a műszárítási selejtet. Jelentős ez a kutatás iparpolitikai szempontból is: egy tudományosan megalapozott, jól bevált szovjet technológiai eljárás kerül végre bevezetésre. Bizonyos fokig mulasztás terhel bennünket azért, hogy a gőzfeltárás még csak a tanulmányozás, illetve kísérletezés fokáig jutott.

#### b) Műszárítók kapacitásának meghatározása.

Tudjuk, hogy műszárítóink kapacitásának kihasználása nem kielégítő, de nincsenek mérőszámok, amelyekkel kihasználásukat matematikailag ki tudnók fejezni. A megállapítás tehát szubjektív. Meg kell találni azt a matematikai képletet, amelynek alapján a műszárítók kapacitása, illetve kihasználásának foka egyértelműen mérhető és kifejezhető. Az anyag minőségétől függő változóra koeficiens kell a kifejezésbe állítani, amely külön kidolgozandó.

#### c) A műszárítás hőszükségletének leggazdaságosabb forrása a magyar durvakerámia iparban.

A Szovjetunióban alkalmazott kaloriferek, amelyeket donyec-medencei antracittal tüzelnek, a mi szénkincsünk mellett nem alkalmasak a probléma megoldására. A kutatásnak olyan tüzelési rendszert kidolgozására kell irányulnia, amely gazdaságosan állítja elő a műszárítás végrehajtására szükséges hőmennyiséget. Nézetem szerint elsősorban a szárító közeg felmelegítését kell megoldani, másodsorban foglalkoznia kell a kutatásnak a hőfelhasználás szempontjából legelőnyösebb szárító-típus kialakításával. A kutatásnak a szovjet tudomány és gyakorlat vívmányaira kell támaszkodnia, de nagy körültekintéssel számot kell vetnie a hazai adottságok nyújtotta lehetőségekkel.

Ennek a kutatási témának a jelentőségét különösen kihangsúlyozom, mert a már bevezetett szovjet gyorsítási rendszerek a kemencében keletkezett hőmennyiség nagyobb hányadát hasznosítják magában a kemencében, mint a régi rendszerek, tehát a műszárításra fordítható kemence-hulladékmeleg mennyisége csökken. A gőzgépek hulladékmelegére a távolabbi jövőre nézve ugyancsak nem számíthatunk, mert kétségtelen, hogy a fejlődés a durva kerámiai üzemek saját erőtelepeinek felszámolása felé vezet.



#### 4. ÚJ MŰSZARITASI ELJÁRÁSOKKAL KAPCSOLATOS KUTATASI FELADATOK

Nyilvánvaló, hogy a nedvesség szárítóközeg útján való eltávolítása nem az egyetlen módja a kerámiai testek műszárításának. A kutatásnak ki kell terjednie valamennyi lehetőségre, a Szovjet unióban ezek egész sorával kísérleteket folytatnak.

Ezek azok a témakörök, amelyek nézetem szerint vázát képezhetik a durvakerámiai szárítással kapcsolatos, a legközelebbi jövőre vonatkozólag összeállítandó kutatási tervnek. Az 1—3. pontokban felsorolt problémák az iparág időszerű problémái, amelyeknek megoldása nem tűr halasztást. Ugy gondolom, hogy az anyagba kevert különböző adalékok hatásának, a nyomás alatti bepárlások vagy a légszárítás és az elektroforetikus víztelenítés stb. eljárásának a kutatási programba való felvétele nem időszerű, ez nem a legközelebbi jövő feladata.

Az eredményes kutatás érdekében szükségesnek tartom a következőket:

1. Olyan berendezést kell a kutatás rendelkezésére bocsátani, amely alkalmas arra, hogy a kidolgozott eljárások kikísérletezése laboratóriumi és félüzemi méretekben azonnal és a helyszínen a kutatószakember által végrehajtható legyen.

2. A termelő üzemek álljanak a kutatás rendelkezésére azzal, hogy a nagyüzemi kísérleteket lehetővé teszik, illetőleg végrehajtsák.

3. Üzemi mérnökeink, elméleti és gyakorlati szakembereink ne mint kívülállók tekintsenek a kutatásra, ne úgy ítéljék meg, mint a vele hivatásszerűen foglalkozó szakemberek feladatát, hanem maguk is segítsék elő. Tartsák szocialista kötelességüknek, hogy tevőlegesen résztvegyenek benne, hogy tudásukkal, tapasztalataikkal, bírálatukkal támogassák.

4. Ki kell bővíteni a kutatási témákra vonatkozó dokumentációt. Mindenek előtt az iparág valamennyi szakemberének ismernie kell a korszerű tudomány, a modern technika, elsősorban a legfejlettebb szovjet tudomány és technika elméleti és gyakorlati vívmányait. Be kell látnunk, hogy a feszített termelési tervünkben elének állított feladatok miatt ez a kérdés háttérbe szorul. Ezt a hiányosságot meg kell szüntetnünk.

A magyar építőanyagipari kutatás megindulása rendkívül nagy jelentőségű iparunk fejlődése szempontjából. Valamennyiünk feladata hozzájárulni ahhoz, hogy az építőanyagipari kutatás jól megfeleljen nagy hivatásának. Nevezetesen, hogy megteremtse azt az új korszerű technikát, amelynek alapján a fontos népgazdasági ág termelésének szakadatlan növekedése dolgozó népünk javára, a világ békeszerető népei javára megvalósul.

S Z A B Ó L Á S Z L Ó :

## TŰZÁLLÓ ANYAGOK ÉS FALAZATOK

*É. M. Építőipari Könyv- és Lapkiadó Vállalat. 1953.  
63 oldal. Ft. 10.—.*

Az égetés az építőanyagipar technológiai alpművelete. E művelet elvégzéséhez szolgálnak a kemencék. A kemencék üzemidejét és termelési volumenjét a tűzálló falazat tartóssága szabja meg. A könyv feladata, hogy az erre vonatkozó ismereteket röviden összefoglalja. A szerző részletesen tárgyalja a tűzálló építőanyagokat, a tűzálló falazatokat, valamint a tűzálló anyagok és falazatok kezelését.

*A könyv az építőanyagipari technikusok és mérnökök számára készült*



# A cementipar műszaki fejlesztési feladatainak egy- és többkészülékes megoldásai

BEKE BÉLA

Az elméletileg kidolgozott gyártási technológia megvalósítása — bármi is legyen a gyártandó termék — számos gép vagy készülék beállítását kívánja meg.

Ha nagyobb a készülékek száma, több a hibaforrás, nagyobb a beruházási és karbantartási költség. Érthető a készülékek számának csökkentésére irányuló igyekezet; ez viszont engedményeket kíván a technológia megvalósításának követelményeiből és az anyag- és energiatakarékosság terén is.

Gyáraink berendezése az egy- és többkészülékes megoldások előnyei és hátrányai esetenkénti mérlegelésének és rendszerint megalkuvásnak az eredménye. A műszaki fejlődés során hol az egy-, hol a többkészülékes elv válik uralkodóvá.

Közismert példát szolgáltat erre a gőzkazánok fejlődése. A századforduló körül az akkor legkorszerűbb 12 légkörös gőzkazánok füstgázai 300°-nál magasabb hőmérséklettel távoztak, ami megsabta a folyamat gazdaságosságát; a gőzhőmérséklet nem tette lehetővé a gázok további lehűtését. Az akkoriban elterjedt tápvízmelegítő (economiser) beállítása — mesterséges huzat egyidejű alkalmazásával — a füstgázok 200° alá hűtésével a gazdaságosság lényeges emelésére nyújtott módot egy további készülék beiktatása révén; mindenestre a beruházási költségek és az üzembiztonság terén hozott áldozatok árán. A műszaki fejlődés további fokát jelenti a füstgázhasznosító berendezésnek (tápvízmelegítőnek és léghevítőnek) és a kazának egy készülékbe való egyesítése; itt egyetlen egység több technológiai részfolyamat (gőzfejlesztés, vízmelegítés, levegőmelegítés) végrehajtását szolgálja.

A cementipar fejlődése során különösen éles formában jelentkeztek az egy- és többkészülékes megoldások irányzatai és ezek küzdelme egyes időszakok és egyes országok cementiparára rányomja bélyegét. Az alábbiakban a cementgyártás technológiájának három főfeladata, az égetés, az őrlés és az anyagmozgatás kérdéseit kívánjuk az említett szempontból vizsgálat tárgyává tenni.

## I. Égetés.

A klinkerégető kemencékben — mint ismertes — akár száraz eljárással (6—14% nedvességtartalmú nyersliszttel), akár nedves eljárással (33—40% nedvességtartalmú iszappal) dolgozunk, a lehülő füstgázok ellenáramlása közben három, egymástól lényegesen különböző, de tény-

leges lefolyásában összefonódó folyamat megy végbe: a szárítás, a kalcinálás és a zsugorítás.

Klinkerégetésre az iparban ma túlnyomórészt forgokemencéket alkalmaznak. Az 1885-ben alkalmazott első kemence 1,8 m átmérőjű és 18 m hosszú dob volt. Nagyobb mérvben 1900 körül terjedt el, főméretei ekkor 2,5  $\varnothing$   $\times$  40 m körül voltak, napi teljesítőképessége pedig mintegy 100 tonna, a kg klinkerre eső fajlagos hőfogyasztás meghaladta a 2500 kalóriát, távozó füstgázainak hőmérséklete 600—900° C volt.

A fejlődés menete a kemenceméretek növelésére irányult, a kemence hossza 1910 körül már elérte a 70 m-t is, az átmérő a 3 m-t, amellet az égéstér növelése céljából a zsugorítózónát 3,3—3,4 m-re bővítették. További fejlődést jelentett a szárítózóna működésének tökéletesítését szolgáló láncheéptmények alkalmazása. Ezen időszak kemenceépítésének sikerült példája a tatabányai cementgyár régebbi kemencéi. Napi teljesítőképességük jobbminőségű hazai szeneink eltüzelésével meghaladja a 200 tonnát, fajlagos hőfogyasztásuk mintegy 1800 kal., távozó füstgázaink hőmérséklete 350° C körül van.

A műszaki fejlődés további fokát jellemzik a Szovjetunió második ötéves terve reprezentatív gyárának, a Gigant gyárnak bővített zsugorítózónával, láncheéptményekkel működő forgókemencéi. Ezeknek főméretei: 3,6/3,3  $\varnothing$   $\times$  107 m. 6000 kalóriás szén eltüzelésével napi teljesítmény 450 tonna, fajlagos hőfogyasztásuk 1800 kal., távozó füstgázok hőmérséklete 400°.

A Szovjetunióban a második világháborút követő években felállított kemencék főméretei: 3,6/3,3/3,6  $\varnothing$   $\times$  150 m. A kemencék bővített zsugorító- és szárítózónával, láncheéptményekkel vannak ellátva. Napi teljesítményük eléri a 600 tonnát, fajlagos hőfogyasztásuk 1600 kal., távozó füstgázaink hőmérséklete 250°. E kemencék súlya a tűzálló bélés nélkül 930 tonna.

A fejlődés legújabb irányát jelzi a Giprocement által tervezett napi 1200 tonna teljesítőképességű forgókemence, melynek főméretei: 5, —/4, —  $\varnothing$   $\times$  135 m; súlya tűzálló bélés nélkül 1300 tonna. A felbővített zóna a korábbi megoldásokkal ellentétben itt nem a zsugorító, hanem a szárító zóna, amely láncokon kívül szórólápat-beéptményekkel is föl van szerelve.

Az egykészülékes megoldások fejlődésének menete, mint látjuk, a kemence méreteinek és hőátadó felületének folytonos növelésével a hőkihasználás javítására, a távozó füstgázok hőmérsékletének csökkentése felé haladt. Eredménye a fajlagos hőfogyasztás javulása, egyidejűleg a kemenceegy-



ség nagyobb teljesítménye; ez utóbbi, az egy-készülékes elvnek nagyüzemek létesítésénél nemcsak technológiai, de mennyiségi tekintetben következetes alkalmazásának eredményeképpen a kitűzött célok között egyre fontosabbá vált.

A többkészülékes megoldások kiinduló gondolata ugyancsak az, hogy a gazdaságosságot a távozó füstgáz melegének hasznosításával kell növelni. A századforduló körül merült fel a **hulladékhőkazánok** alkalmazásának gondolata. Ezzel lehetőség nyílt a 600—900° hőmérsékletű füstgázok melegének gőzfejlesztésre való hasznosítására. A lehűthetőséget a melegítőendő közeg hőmérséklete szabja meg; ha 12 légkör nyomású gőzt kívánunk előállítani, a füstgázok mintegy 320°-ig hűthetők le. A fejlődés további során economisert is beépítettek, ezzel a füstgáz lehűthetősége is fokozódott. Tapasztalat szerint az előálló hőesések lehetővé teszik, hogy a hulladékhőkazánban 0,7 kg gőzt fejlesszünk klinker kg-ként. Ha pedig a csatlakozó erőgép (gőzturbina vagy gőzgép) kWó-kénti gőzfogyasztását 7 kg-ra becsüljük, akkor látjuk, hogy a füstgázhasznosítás fejlesztette energia épp összhangban van a cementgyártás energiaigényével (100 kWó/t.).

A gyakorlati tapasztalatok ezt a csábító lehetőséget nem váltották valóra. A kemence kívánatos egyenletes üzemeltetése mellett nem kerülhető el a nagy energiafogyasztó malomegységek és a kőbányaüzem műszakokhoz igazodó rá- és leterhelése. Sok gondot okozott a kemenceszállópor is, amely nemcsak mennyiségével, de minőségével (hidraulikus sajátságaival) is fokozta a normális kazánüzemben legyűrt nehézségeket. E tekintetben egészen különleges megoldások is születtek. Egy lengyel cementgyárban (Goeszov) a száraz eljárással és hulladékhőkazánal működő kemencék mindegyike két kéménnyel van ellátva, egy-egy a kazán előtt és mögött, a kazántisztítás idejére az elülső kéményre kapcsolnak. Ezek a körülmények világosan mutatják, hogy a cementgyár csupán hulladékhőkazánal önálló nem lehet és vagy további fűtött kazánokat kell beállítani, vagy pedig az országos hálózattal megszervezni a kooperációt.

További probléma a beruházási költség. A hulladékhőkazán általában olyan alacsony hőfokszinten dolgozik, ahol a korszerű gőzkazánban már nem gőzfejlesztés, hanem víz- és levegőmelegítés megy végbe. Ennek a következménye, hogy a hulladékhőkazán fajlagos gőztermelése rendkívül alacsony. A gőzkazánok fajlagos gőztermelése már 1910 körül is mintegy 20 kg/m<sup>2</sup> óra volt, a korszerű berendezésekben pedig meghaladja a 150 kg-ot, ugyanakkor hulladékhőkazánoknál az üzemi gyakorlat 6,5 kg körüli értékeket ér el, ami élesen rámutat a rendkívül nagy beruházási költségre; nyilvánvaló, hogy az új erőművekben

termelt gőz tonna/óra teljesítőképességére eső beruházási költség és vasszükséglet csak töredéke a hulladékhőkazánénak.

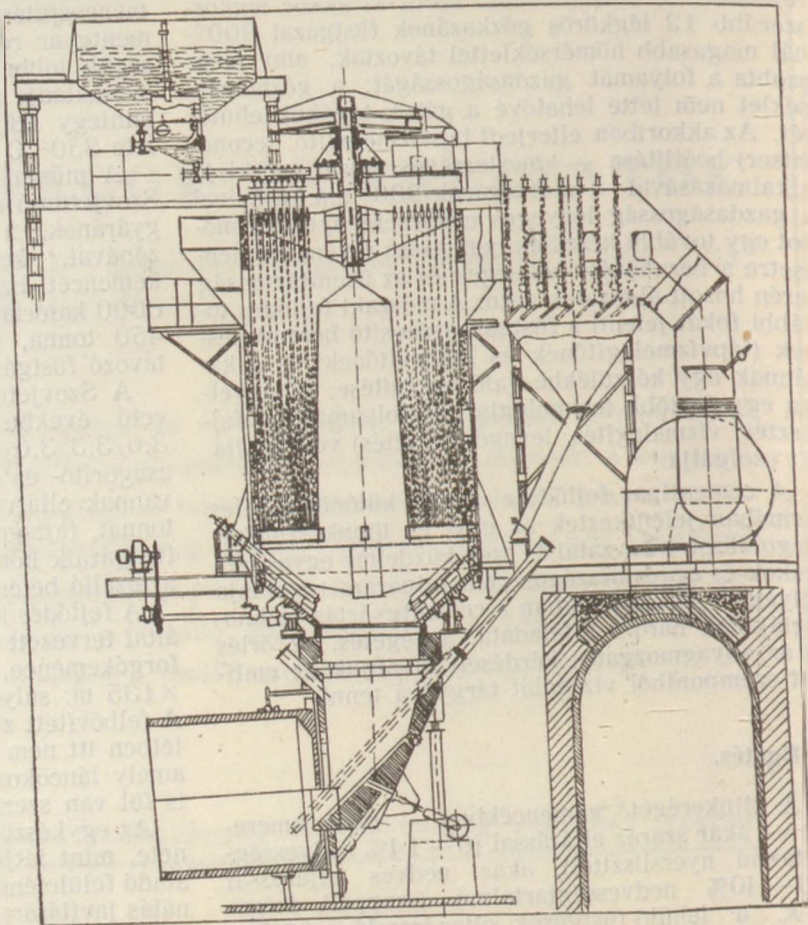
Ma már az egész világon minden cementtechnikus egyetért tekintetben, hogy a hulladékhőkhasznosítás ne energiafejlesztésre, hanem annak klinkertöbbszermelést eredményező módjaira irányuljon. Persze vannak egészen kivételes energiaellátási adottságok (exotikus vidékeken, vagy pedig a cement- és energiaérdekeltség árharcra a kapitalista gazdálkodásban stb.) s mlattuk a hulladékhőkazán mégis alkalmazásra kerülhet. Ily esetben, mint az alábbiakban látni fogjuk, a száraz gyártási technológiát kell előtérbe helyezni.

Általános energiagazdálkodási szempontból letagadhatatlan a hulladékhőkazánnak mint soros kapcsolásnak az az előnye, hogy a lehűthetőségs alsó határát képező mintegy 150° alatti hőtartalom benne csak egyszerűen vész el, nem pedig kétszer, az erőműben és a cementgyárban.

A rövid forgókemencékből távozó magashőmérsékletű füstgáz hőtartalmát oly módon is lehet hasznosítani, hogy az égetés alacsony hőszinten is végbemenő folyamatait (a szárítást, esetleg a kezddő kalcinálást) a kemencéhez csatlakozó járulékos készülékeken hajtjuk végre és ily módon a gazdaságosságot és egyben a teljesítőképességet is növeljük.

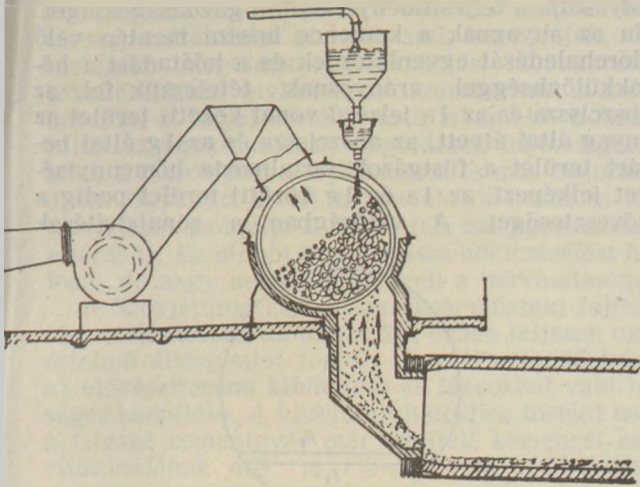
Az alábbi megoldások vannak elterjedve:

**Iszapszárító torony** (1. ábra): kizárólag nedves eljárásnál használható. Az iszap a lassan körbeforgó láncfüggönyön végigcsorog és közben az ellenáramban kiszárad; a berendezés működésében azonos a hosszú forgókemence lánczónájával.



1. ábra. Iszapszárító torony.



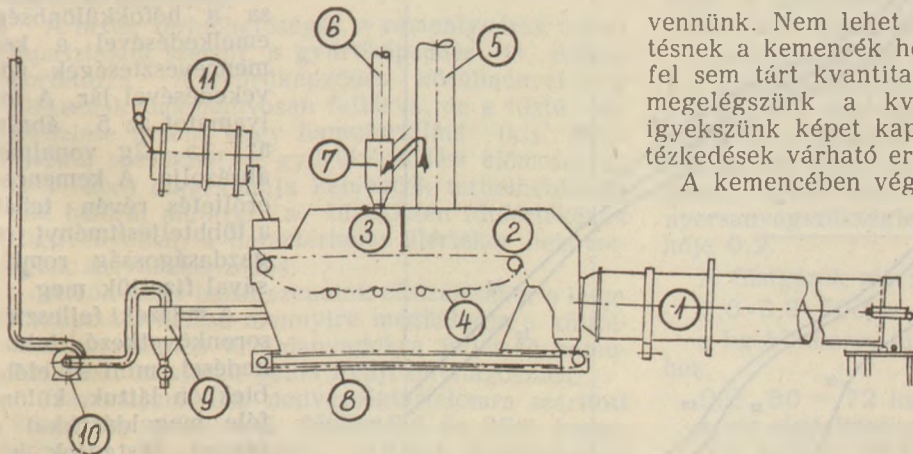


2. ábra. Kalcinátor.

A füstgázok által elragadott szállópor a rajzon felül jobboldalt látható porleválasztó gyűjtőtől-csérből visszajut a kemencébe.

**Kalcinátor vagy koncentrátor** (2. ábra): nedves és száraz eljárásnál egyaránt alkalmazható. 3—5 méter átmérőjű, 1,5—3 méter hosszú dob, melynek palástja rostélypálcákból áll. A dob körülbelül 50%-ig Raschig gyűrűkkel van feltöltve. Lassú körülfordulása és a gyűrűk állandó átgördülése folyton váltakozó és megújuló kis áramlási csatornákat állít elő, amelyekben ellenáramban található az iszap, illetve nedves nyersliszt a füstgázokkal. A jó konvekciós hőátadás a füstgázoknak mintegy 150°-ig való lehűthetőségét eredményezi.

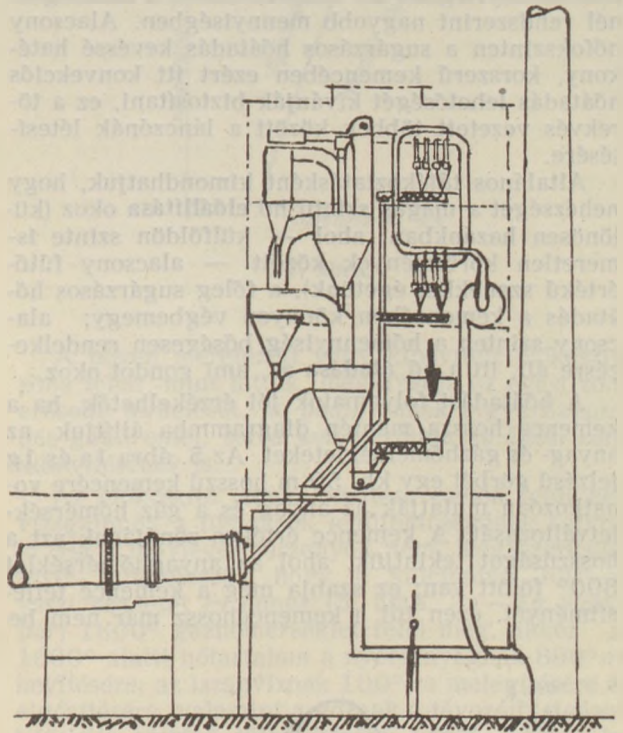
**Lepol rostély** (3. ábra): csak száraz eljárásnál alkalmazható. A rendszerint dobban előkészített granáliákat láncrestélyhoz hasonló szerkezet viszi a kemencébe, miközben a kemencegázok felülről lefelé átáramlanak a granáliákkal fedett rostélyon; eredmény: az igen jó konvekciós hőátadáson kívül a granáliák teljes kiszáradása és részleges kalcinálása; a füstgázok kb. 150°-ra hűthetők le, a fajlagos hőfelhasználás 1000 kal. körül van.



3. ábra. Lepol-kemence. 1. kemence; 2. forró kamra; 3. szárító kamra; 4. Lepol-rostély; 5. begyűjtő kémény; 6. levegőbevezetés; 7. légkeverő; 8. granállavisszavezetés; 9. porleválasztó; 10. szívóhuzam-ventilátor; 11. granuláló dob.

A lebegtető hőkicserélő (4. ábra) a legújabb fejlődés eredménye. A kemencegázok négy sorba-kapcsolt ciklonon vannak keresztülvezetve, amelyek egyikébe (leginkább a másodikba) adagolják be nedvesítést és granulálás nélkül a nyerslisztet. A lebegés közben adódó jó konvekciós hőátadás során a nyersliszt kalcinálása megy végbe és a forgókemence mint zsugorítódob szerepel. Az elért eredmények kb. a Lepol rostélyéval megegyezők viszont a készülék rendkívüli egyszerűsége (nincs mozgó alkatrésze) és ebből következő olcsó előállíthatósága révén kétségtelenül a többkiszülékes megoldások legmagasabb fejlődési fokát képviseli.

Az ismertetett egy- és többkiszülékes megoldások értékelése céljából a továbbiakban a berendezésekben lezajló hőfolyamatokat kell szemügyre



4. ábra. Lebegtető hőkicserélő.

vennünk. Nem lehet feladata ezen rövid ismertetésnek a kemencék hőfolyamatainak még teljesen fel sem tárt kvantitatív viszonyait tárgyalni; — megelégszünk a kvalitatív elemzéssel, ezáltal igyekszünk képet kapni a műszaki fejlesztési intézkedések várható eredményeiről.

A kemencében végbemenő folyamatok, a tényleges helyzet lényeges leegyszerűsítésével, mint említettük, a szárítás, kalcinálás és zsugorítás folyamataira bonthatók. A kemence működésének alapvető követelménye a zsugorodás előidézéséhez szükséges kb. 1450°, ami az égési térben a gázok 1600—1800° hőmérsékletét kívánja meg. A zsugorodás hőfejlesztő, exoterm folyamat, magas szintű hő szükséges azonban a kalcinálás (CO, kiűzés) 800° fölötti végbemenő folyamatához és a már kalcinált anyagnak 1450°-ra hevítéséhez,



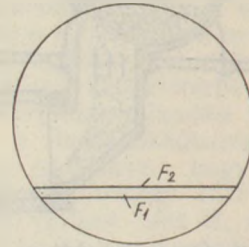
nemkülönböztetve a magashőfokú zónák tekintélyes dob-sugárzási vesztesége fedezéséhez. Ezen hőigény szolgáltatására az égésgázok  $1600^{\circ}$  feletti hőtartalma áll rendelkezésre. A kemence hőelőállítását, tüzelését olymódon kell méreteznünk, hogy a magas szintű hőmennyiség valóban rendelkezésünkre álljon; ennek felső határát ugyanis az égéstér terhelhetősége szabja meg. Ezen magas szinten a hőátadás túlnyomórészt sugárzással történik: a láng-sugárzás hevíti a zsugorodó anyagot és a tűzálló bélést, ez utóbbi visszasugároz az anyagfelszínre. Az átadható hőmennyiséget a láng (porszénláng, gázláng) sugárzóképeségén kívül az anyagfelszín és a hőfokkülönbség szabja meg.

Más a helyzet a szárítást és a kalcinálási hőmérsékletre hevítést szolgáló alacsonyszintű hőnél. Ez a felsőszintű zónák hőfolyamata által megsza-bott mennyiségben áll rendelkezésre; a szükséges-nél rendszerint nagyobb mennyiségben. Alacsony hőfokszinten a sugárzásos hőátadás kevésbé hatékony, korszerű kemencében ezért itt konvekciós hőátadás lehetőségét kívánják biztosítani, ez a tö-rekvés vezetett többek között a lánczónák létesítésére.

Általános tájékoztatásként kimondhatjuk, hogy nehézséget a magas szintű hő **előállítása** okoz (különösen hazánkban, ahol — külföldön szinte ismeretlen körülmények között — alacsony fűtőértékű szennelkeket, a főleg sugárzásos hőátadás a kemencében könnyen végbemegy; alacsony szinten a hőmennyiség bőségesen rendelkezésre áll, itt a hő **átadása** az, ami gondot okoz.

A hőátadási folyamatok jól érzékelhetők, ha a kemence hossza mentén diagrammba állítjuk az anyag- és gázhőmérsékletet. Az 5. ábra 1a és 1g jelzésű görbél egy kb. 50 m hosszú kemencére vonatkozóan mutatják az anyag és a gáz hőmérséklet-változását. A kemence értékes zónájának azt a hosszúságát tekintjük, ahol az anyaghőmérséklet  $800^{\circ}$  fölött van; ez szabja meg a kemence teljesítményét, ezen túl a kemencehossz már nem be-

folyásolja a teljesítményt, csak a gazdaságosságot. Ha az anyagnak a kemence hossza mentén való előrehaladását egyenletesnek és a hőátadást a hőfokkülönbséggel arányosnak tételezzük fel, az abszcissa és az 1a jelzésű vonal közötti terület az anyag által átvett, az abszcissa és az 1g által be-zárt terület a füstgázok tartalmazta hőmennyiséget jelképezi, az 1a és 1g közötti terület pedig a hőveszteséget. A valóságban a zónabővítések

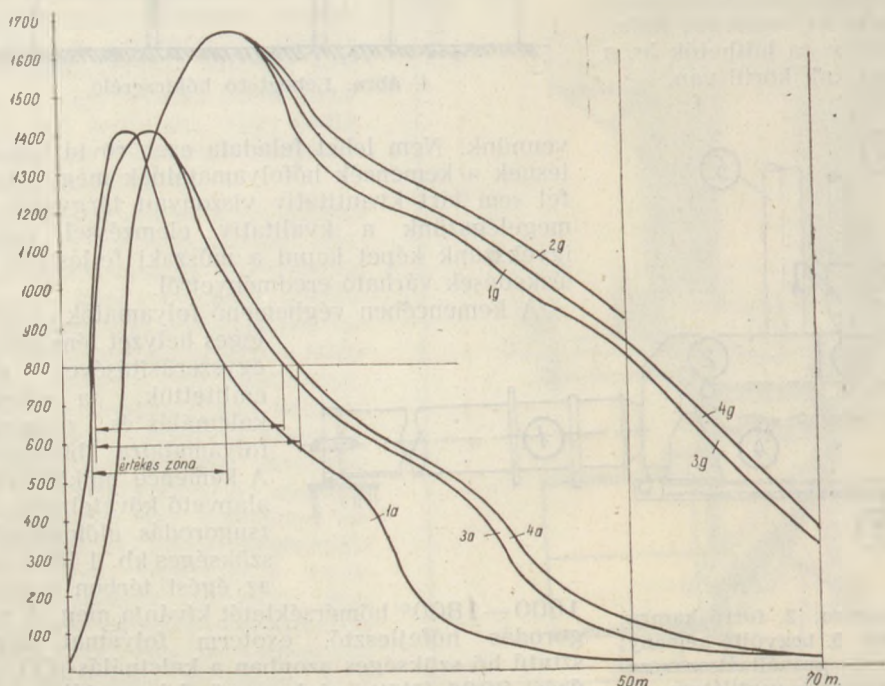


6. ábra.

és a beépítések miatt az anyagvándorlás nem egyenletes, a hőátadás pedig a sugárzás és a konvekció együttes jelenléte miatt nem lehet a hőfokkülönbséggel arányos, ez az ábrázolásuk azonban a jelenségek minőségi megfigyelésére könnyen érzékelhető képet ad. Amint látjuk, ezen rövid és konvektív hőátadó elemekkel el nem látott kemencénél az alacsonyszintű zónákban a sugárzásos hőátadáshoz magas hőfokkülön-bözet szükséges; ennek következménye, hogy a távozó füstgázok hőmérséklete legalább  $500^{\circ}$  és nagy az elvesző hőmennyiség,

A kemencével szemben támasztott termelésnövelési követelmények kielégítésére a legkézenfekvőbb lehetőség a kemence erőltetése, azaz az eltűzelt szén és a beadagolt nyersanyag mennyiségének egyidejű növelése. A változás az eredeti állapottal szemben abban nyilvánul, hogy a magas hőszintű zónában azonos hőfokon több hő áll rendelkezésre. Minthogy az anyagadagolás, a töltés növelésével az anyagfelszín alig változik (6. ábra), a több-lethőmennyiség átadása a hőfokkülönbség emelkedésével a kemenceveszteségek növekedésével jár. A folyamatot az 5. ábrán az 1a—2g vonalpár ábrázolja. A kemenceerőltetés révén tehát a többteljesítményt a gazdaságosság romlásával fizetjük meg.

A műszaki fejlesztés soronkövetkező intézkedésel, mint az előbbiekben láttuk, különféle megoldásokkal a távozó füstgázok hőmérsékletének csökkentését és ezzel a hatásfok növelését kívánták elérni. A kemencehossz egyszerű



5. ábra. Forgókemencék hőfolyamatai.



növelése az alacsony szintű zónában csupán többlet-sugárzófelületet biztosít, ami, mint látjuk, nem kielégítő megoldás. A konvekciós hőhasznosítás többkészlűes kivitelei: az iszap-szártók, a kalcinátorok, a Lepol rostély és a lebegtető hőkicsérélő. Az egyik-készlűes megoldások lehetőségei: a lánc, a szórólapát, a lapátkereszt és más beépítmények. Ugyanezt a célt, a konvekciós hőközlés előmozdítását szolgálja a Rigby-féle **iszapporlasztás** eljárás is. Ez utóbbi igen hatásos hőkicsérélést biztosít, de nagy mértékben növeli a porvesztéséget.

A Szovjetunió cementiparának műszaki fejlesztése etekintetben az utolsó két évben teljesen egyértelmű álláspontot foglalt el: a követendő irány az **előkészítőkibővítés** és láncokkal való bővítés. A közelmúlt hetekben történt meg a Gigant cementgyár már említett kemencéi szárítókibővítésének 4,5 m  $\varnothing$ -re való felbővítése. A füstgáz melegségtartalmát hasznosító eljárás az 5. ábrán az 1g gázlehűlési diagramm 3g meghosszabbítását eredményezi. A diagrammon a kemence meghosszabbítása nem csupán a dobhoszság növelését, hanem a kemence egyéb hőátadó felületeinek (lánc stb.) hosszgyenértékét képviseli. A felületnövekedés (és konvektív hőátadás) révén a gáz és az anyag közötti hőfokkülönbség lecsökken; az anyag melegedésének menetét a 3a vonal jelzi. Ha ennek a 800°-os hőmérséklet vízszintesével való metszetét nézzük, akkor látjuk, hogy a kemence értékes zónája megnyúlt, a kemence teljesítménye megnőtt, anélkül, hogy többlet tüzelőfelhasználásra szükség lenne.

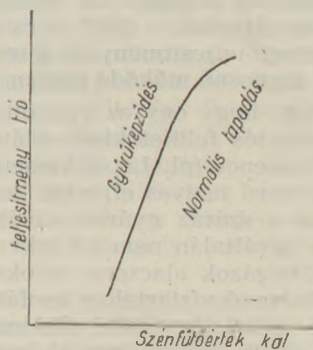
Az előkészítőkibővítés (egy- vagy többkészlűes) bővítésével tehát a hatások javítására és annak mértékében teljesítménynövelésre nyílik lehetőség. Ennek határát már rendszerint — főleg pedig a mi szeneink eltüzelésekor — a magasszintű zóna üzemi körülményei szabják meg. Irodalmi adatok és üzemi tapasztalatok szerint a lángzónában mintegy 300.000 kal/m<sup>3</sup> óra tüztérterhelés tartható fenn. Nem közömbös azonban, és megint csak hangsúlyozni kell, hogy a mi alacsonyfűtőértékű szeneinknél különbséggel nem közömbös, hogy ezen tüztér rövid, vagy hosszan elnyúló-e. A hosszan elnyúló lángcsóva vége már nem tisztán levegőben, hanem részben a csóva elülső részéből származó égéstermékekben ég, ami a láng hőmérsékletét lenyomja.

A tüztér terhelhetőségét, a cementgyárak üzemi tapasztalata szerint, a **gyűrűképződés** is erősen korlátozza. A gyűrűképződés körülményei még nincsenek tudományosan feltárva, de a tüztér túlterhelése főként nagy hamutartalmú (kis fűtőértékű) szeneknél, a gyűrűképződést előmozdítja. A 7. ábra diagramja kemencék terhelhetőségének határát mutatja a tüzelőszén fűtőértékének függvényében; a határterhelés elértekor bekövetkezik a gyűrűképződés.

Arról, hogy hazai szeneink eltüzelésekor a lángter hamuterhelése mennyire meghaladja a külföldön használatos tüzelőanyagokra jellemző hamuterhelést, az alábbi példa nyújt felvilágosítást:

Használjunk 8% nedvességtartalomra szártított állapotban 4500 kal. fűtőértékű és 25% hamutartalmú hazai szenet. 10<sup>6</sup> kal. előállításához  $10^6/4500=220$  kg szén szükséges, ennek hamutartalma 55 kg. Ha a légfeslegetényező 1,1, az elégségeskor keletkezik 5,8 kg/Nm<sup>3</sup> füstgáz, 10<sup>6</sup> kal-ra jut  $220 \cdot 5,8 = 1280$  Nm<sup>3</sup> füstgáz. 1000 Nm<sup>3</sup> füstgázra jut pedig ezek szerint 43 kg hamu.

Ugyanez a számítás 7000 kal. fűtőértékű és 6% hamutartalmú szén esetén a következő eredményre vezet: 10<sup>6</sup> kal.-ra jut 142 kg szén és 8,6 kg hamu; 1,1 légfeslegetényező esetén 1 kg tüzelőanyagra 8,75 Nm<sup>3</sup> és 10<sup>6</sup> kal.-ra 1240 Nm<sup>3</sup> füstgáz, végül 1000 Nm<sup>3</sup> füstgázra 6,9 kg hamu. Az égésgázok több mint hatszoros hamuterhelése élesen rávilágít hazai kemencéink kihasználhatóságának gátjaira, de emellett arra is, hogy a jóminőségű klinker előállítását minő nehézséget jelent, különösképpen, ha még ezen gyenge szénminőség is folytonosan változik.



7. ábra.

A bőven méretezett vagy kibővített előkészítőkibővítés tehát, mint láttuk, megkivánja az égési zóna erősebb terhelését, ha pedig ennek a gyűrűképződés gátat emel, sorra kell kerülnie az égési zóna kibővítésének is.

Az előkészítőkibővítés esetén felül kell vizsgálnunk a füstgázok lehűthetőségének határát is. Ha a tényleges viszonyok némi leegyszerűsítéssel feltételezzük, hogy a kalcinálás 800°-on veszi kezdetét és ennek (5. ábra, 3a—1g vonal-pár) 1600° gázhőmérséklet felel meg, akkor az 1600° alatti hőtartalom a nyersanyag 800°-ra hevítésére, az iszapvíznek 100°-ra melegítésére és elgőzítésére, valamint a gőznek a távozó füstgázok hőfokáig történő túlhevítésére, végül a kapcsolatos hővesztések fedezésére fordítható. A számszerű viszonyokról a következő példa nyújt felvilágosítást.

Nedves gyártás eljárás, 35% víztartalom és 1,1 légfeslegetényező esetén a füstgázok mennyisége kb. 3,5 Nm<sup>3</sup>/kg klinker; ebből 1,05 Nm<sup>3</sup> az iszap-víztartalomból ered. A füstgázok átlagfajhője 0,36, benne a vízgőzé 0,53; a távozó füstgázok hőmérséklete 300°. A klinker fajlagos nyersanyagszükséglete 1,6, a nyersanyag fajhője 0,2.

A füstgázok alacsony szintű felhevítéséhez

$$1,6 \cdot 0,2 \cdot 800 = 256 \text{ kal.}$$

a kg klinkerre jutó kb. 0,9 kg víz felhevítéséhez

$$0,9 \cdot 80 = 72 \text{ kal.}$$

a víz elgőzítéséhez

$$0,9 \cdot 539 = 485 \text{ kal.}$$

a gőz túlhevítéséhez

$$0,9 \cdot 0,47 \cdot 200 = 85 \text{ kal szükséges.}$$

Összesen tehát, szemben a rendelkezésre álló 920 kal.-val, a köpenyvesztés fedezésén kívül kerekén 900 kal. használható fel. Ezen megfont-



tolás után bírálata tárgyává tehetjük azt az elterjedt felfogást, mely szerint a száraz gyártási eljárás hógazdaságosság tekintetében eleve fölényben van a nedves eljárással szemben. Fenti gondolatmenet világosan mutatja, hogy a különféle száraz gyártási eljárásoknál leírt  $200^{\circ}$  alatti távozó füstgázhőmérsékletek csakis hamis levegővel való hígítással állhattak elő. A száraz és nedves eljárás hógazdaságosság szempontjából való összehasonlítására képzeljük el egy kb. 100 m-es nedves eljárású forgókemence mintegy 20 m-es lánczónáját leválasztva a kemencéről. A 80 m-es kemencét a lánczónától távozó kb. 10—12% nedvességtartalmú nyersanyag táplálná; az eredmény: egy 80 m-es, száraz eljárású, a 100 m-es nedves eljárású kemencével teljesítmény és gazdaságosság szempontjából azonosan működő kemence.

Kimondhatjuk, hogy egy az alacsony szintű zónában jó konvekciós felületekkel ellátott száraz eljárású forgókemence (pl. Lepol kemence) gazdaságosabb a korszerű nedves eljárású kemencéknél is, de magából a száraz gyártás elvéből a jobb gazdaságosság egyáltalán nem következik. A száraz eljárás a füstgázok alacsony hőfokra való lehűtésére, a hőfelvevő víztartalom korlátozott mértékű jelenléte miatt, kevésbé alkalmas, mint a nedves eljárás és itt, hacsak igen jó konvektív hőátadásról nem történik gondoskodás, szóba jöhet a füstgázok hőtartalmának technológiáján kívüli hasznosítása (pl. hulladékhőkazánban). A két gyártási eljárásnak a keverés és így a klinkerminőség szempontjából, valamint a nyersanyagelőkészítés szempontjából való összehasonlításával ez alkalommal nem kívánunk foglalkozni.

A műszaki fejlesztési intézkedések között megvizsgálandó az **iszap víztartalmának csökkentése** is. Miután a nyersiszap kevesebb vizet tartalmaz, az anyag melegebbé kevesebb hőfelhasználással, gyorsabban megy végbe (4a görbe az 5. ábrán), az anyag hamarabb eléri a  $800^{\circ}$ -ot, azaz a kemence értékes zónája megnyílik, s teljesítménynövekedésre nyílik lehetőség. Ugyanakkor azonban nincs lehetőség a gázok jobb lehűtésére, mert nincs többfelület, ami az alacsony szintű hőt felvegye. Következésképpen a többteljesítmény lehetőségének kihasználása érdekében a bevitt hőt kell növelni: a kemencét erőltetni, a gáz és anyag között nagyobb hőfokkülönbséget fenntartani (4g görbe). Látjuk tehát, hogy az iszap víztartalmának csökkentése bizonyos többteljesítményt tesz lehetővé, de a távozó füstgázok hőmérsékletének növekedése, a fajlagos hőfogyasztás romlása árán. Még súlyosbítja a helyzetet a gyorsan növekedő porvesztés is. Az iszapnedvesség csökkentésének elfogadható határát oly módon lehet megszabni, hogy a lánczóna végén a nedvességtartalom ne csökkenjen 10—12% alá, mert különben tűrhetetlen, a többteljesítményt esetleg felemészti vagy meghaladó porvesztés állhat elő. Külön említést érdemel, hogy erős előkészítőzóna esetén az iszapnedvesség csökkentése egyáltalán nem kerülhet szóba, mert az értékes kemencezóna megnyújtását az előkészítőövezet bővítése már előidézte, mégpedig, mint láttuk, a hógazdaságosság egyidejű növelésével.

Néhány külföldi gyárban az iszap víztartalmát **vakuumiszűrők** beiktatásával kb. fele értékére csökkentik. Az eddigiekből nyilvánvaló, hogy a füstgázok lehűtésére ilymódon nincs lehetőség, legfeljebb technológián kívüli hőhasznosítással. A va-

kuumiszűrős kemencék mindig hőhasznosító kazánal vannak kapcsolva. Maga a szűrő kényes szerkezet, a víztelenített iszap kezelése is nehézkes, nagy porvesztések is adódnak. Azt látjuk tehát, hogy a jelentős beruházás és nehéz üzemeltetés eredménye nem a klinkertermelés, hanem az energiaellátás terén jelentkezik. Ezen elv alkalmazásának helyessége erősen vitatható.

A forgókemencék fontos kiegészítő részlet a **klinkerhűtők**. A klinker hűtésére régebben a kemence alatt elhelyezett külön dob szolgált. Ebben a klinkerrel szembeáramló levegő felveszi a klinker hőtartalmát és — a leginkább szokásos módon, szekunderlevegőként a kemencébe áramolva — visszaiuttatja a folyamatba.

Az egykészülékes elv térfgoglalása hozta magával a kemence kiömlővégét bolygószerűen övező kisméretű dobokból álló, a kemencével együttforgó, vele egy egységet képező csöveshűtő kialakulását. A klinker jó minősége a gyors lehűlést, a hógazdaságosság pedig a klinker teljes lehűtését kívánja. Ennek érdekében a csöves hűtők tökéletesítésének legújabb kísérlete a már lehűlt klinker kb. fele mennyiségét a kemence kiömlő végébe visszavezetni, ilymódon a hideg és a még forró klinker érintkezése gyors lehűlést eredményez.

Jó konvektív hőátadás érdekében egyes újabb berendezéseknél megint külön készüléket, a Lepolrostllyal elvileg egyező hűtőrostélyt alkalmaztak.

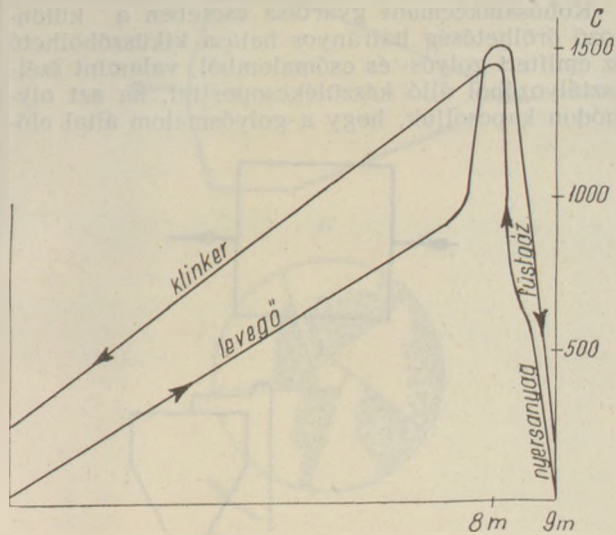
A klinkerégetés kérdéseinek tárgyalása során összehasonlítást kell tenni a forgókemencés és aknakemencés égetés között is. Az **aknakemencés égetést** a teljes hőfolyamat során konvekciós hőátadás jellemzi. Ennek tulajdonítható az alacsony hőfogyasztás (1100 kJ/kg klinker, újabban ennél jobb eredmények is) és a nagy térfogatteljesítmény, a forgókemencék térfogatteljesítményeinek mintegy négyszeres értéke. Csekély a kemencék vasigénye és a beruházási költsége. A kemencekeresztmetszet egyenletes levegőellátása a kemence méreteit korlátozza, így átlagban napi 120 tonnát meghaladó egységenkénti teljesítmények nemigen érhetők el. Az aknakemencés üzem tehát mennyiségi szempontból jellegzetesen többkészülékes megoldás. A jó üzemeltetés lehetősége érdekében 4. legfeljebb 6 kemencés gyárak létesültek, azaz legfeljebb középüzemek.

A klinkerégető aknakemence hőfolyamatait a 8. ábra tünteti fel. Jellegzetes a kalcinálás és zsugorodás rendkívül gyors és a lehűlés lassú végbenetele. A konvekciós hőátadás kisebb hőfokkülönbségeket enged meg a gáz és az anyag között. A lassú lehűlés folytán bekövetkezhetik a dikalciumszilikát bomlása, kívánatos tehát a magas mésztelítés és a magas hőfokon való égetés, ez az égetés előtt szét nem eső granuláták előállítását kívánja (nyersanyag-plaszticitás). Látható, hogy a klinkerminőség szempontjából a forgókemence előnyösebb lehetőségeket biztosít, mint az aknakemence.

Meg kell emlékezni az aknakemencés technológia fejlesztési lehetőségei között a szoviet irodalomban újabban szereplő **oxigénfuvatásról** is. Ennek előnyei, hogy az égetési hőmérséklet magasabb; azaz jobb a klinkerminőség, nem fenyeget a tökéletlen égés és CO feloldás veszélye, ami aknakemencéknél általános, kisebb a gázmennyiség, azaz a gázok jobban lehűthetők, hőtartalmuk kihasználható, javul a hógazdaságosság.



A klinkerégetés készülékeinek és eljárásainak tárgyalása után kívánatos, hogy felállítsuk használhatóságuk és gazdaságosságuk mérlegét.



8. ábra. Aknakemence hőfolyamatai.

A kemencére háruló sokrétű feladatnak (szárítás, granállaképzés, hevítés, kalcinálás, zsugorítás, mindezen folyamatokban az anyag kellő sebességgel való továbbítása) általában csak a kemence egyes övezetel tudnak kifogástalanul eleget tenni, a többi méretei vagy mozgási viszonyai nem kielégítőek. Világos, hogy többkészülékes megoldásnál ezen nehézségeken jobban úrrá lehet lenni; — a kalcinátor forgó dobjának vagy a Lepol-rostélynak a beállítása független a kemencedobtól. Az sem kétséges, hogy a jó összehangoláshoz jobban képzett kezelőkre van szükség. Emellett a többkészülékes megoldások hátrányára erősen esik latba az üzembavarlehetőség fokozódása.

E tekintetben az egykészülékes megoldások legújabbja, a bővített zónákkal ellátott nagyteljesítményű forgókemence kétségkívül sikerült kompromisszumot jelent, különösképpen ha még a dob folyamatos fordulatszabályozására is lehetőséget biztosítanak.

Hőgazdaságosság tekintetében a füstgázok lehűthetősége a döntő tényező. Mint láttuk, ez az egy- és többkészülékes megoldásoknál egyaránt biztosítható, amennyiben sikerül az alacsony hőszintű övezetekben konvekciós hőátadásról gondoskodni. E tekintetben az aknakemencés égetés a legjobb megoldás, de közeljár hozzá a Lepol-rostély, a lebegtető hőkicszerelő, a kalcinátor és a kemencébe beépített láncbetét is.

Összefoglalóul azt lehetne megállapítani, hogy a fejlődés legmagasabb fokát az egykészülékes megoldásnál a kibővített zónákkal és konvekciós hőátadó elemekkel ellátott nagyteljesítményű forgókemence, a többkészülékes megoldásnál pedig, jó hőátadása és egyszerű, olcsó kivitele miatt a lebegtető hőkicszerelő képviseli.

## II. Őrlés.

A cementgyártás őrlési folyamatai közül a nyers- és szénőrlés követelményei eltérnek a cementőrlés követelményeitől. A nyers- és szénőrlés

termékétől azt kívánjuk, hogy egy bizonyos szemcseméretnél nagyobb méretek ne forduljanak elő (mert különben a nyersanyagszemcse a kemencében rendelkezésre álló idő alatt nem képes kalcinálódni, a szénszemcse nem képes elégni), ennél apróbb szemcsék viszont a túlórlés felesleges felületképzése folytán csak energiapazarlást jelentenek. A szemszerkezeti méreteknek tehát az átlaghoz képest kis szórás kell mutatniok. A cementőrlésnél más a kívánalom: a cement kötése nagy fajlagos felületet, sok igen apró szemcsét, tehát nagyszórású szerkezetet kíván.

A gazdaságos megoldás keresése közben még két követelményt kell szem előtt tartani: biztosítani kell az őrlés durva fokozatához a hatásos ütést, a finom fokozatokhoz a dörzsölést, ezenfelül az őrlőtestméreteknek csökkenő irányzattal kell igazodniuk az őrlemény finomodásához.

E sokféle követelmények kielégítésére leginkább a golyósmalmok nyújtanak lehetőséget; egyszerű szerkezetükön felül ez az oka az iparban való csaknem kizárólagos elterjedtségüknek. Az alábbiakban csakis a golyósmalmokkal foglalkozunk.

A legrégebb megoldást a szakaszos működésű zárt **dobmalom** képviseli. A finomság szabályozása ennél az őrlési idő megválasztásával történik: a fenti követelmények teljesítésére nincs meg a lehetőség, ezenkívül teljesítménye is kicsi.

A fejlődés következő fokán keletkezett a rövid **folyamatos működésű golyósmalom**. Ebben az őrlemény rövid ideig tartózkodik, ezért csakis durva őrlésre, ütésre beállított töltéssel alkalmazható. Finomőrlésre is alkalmassá tehető, ha osztályozóival (rendszerint szélosztályozóval) kapcsolva **kör-folyamatos őrlést** állítunk be: a durva szemcsék az osztályozóról visszakerülnek a malomba. Így az egykészülékes elvet, az egyszerűséget feladjuk. A kör-folyamatos őrlés természete megmutatkozik a szemszerkezetben is; a már bizonyos méretre leőrölt szemcsék az osztályozóból a végterméktartályba jutnak, további aprózhatásnak nincsenek kitéve, a szemszerkezet tehát kis szórású lesz. Ez az energiafogyasztásra kedvező, de, mint említettük, minőségi cement előállításánál nem engedhető meg.

A nagyszórású szemszerkezet előállítására alkalmas első megoldás ugyancsak kétkészülékes volt: a rövid golyósmalom termékét hosszú **csőmalomba** vezették. A csőmalom átmérője a golyósmaloménál kisebb volt, a golyósmalom ütéssel, a csőmalom dörzsöléssel működik. Az egykészülékes megoldás előnyeit kívánta biztosítani a fejlődés következő fázisa, az ú. n. **kombinátor**. Ebben tulajdonképpen a golyós- és a csőmalom van összeépítve. Őrléstechnikailag feltétlenül helyes megoldás, mert a bővített átmérőjű előőrőlőkamra 80—100 mm-es golyóöltéssel hatásos ütmunkára képes. A csőmalomrész közbenső kamrafallal két kamrára osztható, amelyekben például 40—60 mm-es golyók, illetve 20 mm körüli cilpebszek helyezkednek el; így kielégíti a fent említett elvi követelményeket. A kombinátor mégsem terjedt el. Ennek oka gyártási és karbantartási: a nagy- és kisátmérőjű rész csatlakozási helye nagy gyártási gondosságot kíván a centrikus kialakítás céljából, emellett ennek tartóssága sem bizonyult megfelelőnek.

A fejlődés ezért a végig állandó átmérőjű megoldás, a cementőrlés ma is legelterjedtebb készü-



léke, a **többkamrás csőmalom** felé irányult. Ugyanez a malomtípus többnyire a nedves iszap-őrlésre is használatos. A többkamrás csőmalom előnye, hogy felépítésre egyszerű; üzembiztos és egy egységben nagy teljesítőképességet nyújt (pl. a 2,6  $\varnothing$  · 14 m főmértű malom közel 700 tonna cementet őröl 24 óra alatt). Vannak azonban ezen megoldásnak hátrányai is: ha nagyon egyenetlen a feladott anyag, a nagyobb szemcsék esetleg őrletlenül távoznak, ha pedig a beállítással ezekhez igazodnak, az adagolást vissza kell fogni, pedig az egyébként nem káros túlórlést a lemezképződés gátolja, azaz energiapazarlás következik be. Ezen segíteni hengermű vagy granulátortípusú törő előkapcsolással lehet miáltal elveszítjük az egykészülékes elv előnyét. A többkamrás malom másik hibája heterogén halmazok őrlésénél mutatkozik: a könnyebben őrlődő anyagot túlórlja, a nehezebben őrlődő viszont durva marad. Ezen külön őrléssel és azt követő keveréssel lehet segíteni, megintcsak feláldozva az egykészülékes elv előnyeit. A többkamrás malom legnagyobb és mindig jelentkező hibája azonban az, hogy átmérője állandó, noha nem lehet egyidejűleg megfelelő a durvaőrlés nagy átmérőt kívánó ütmunkájához és a finomőrlés dörzsöléséhez, amely kis átmérővel mehet végbe gazdaságosan.

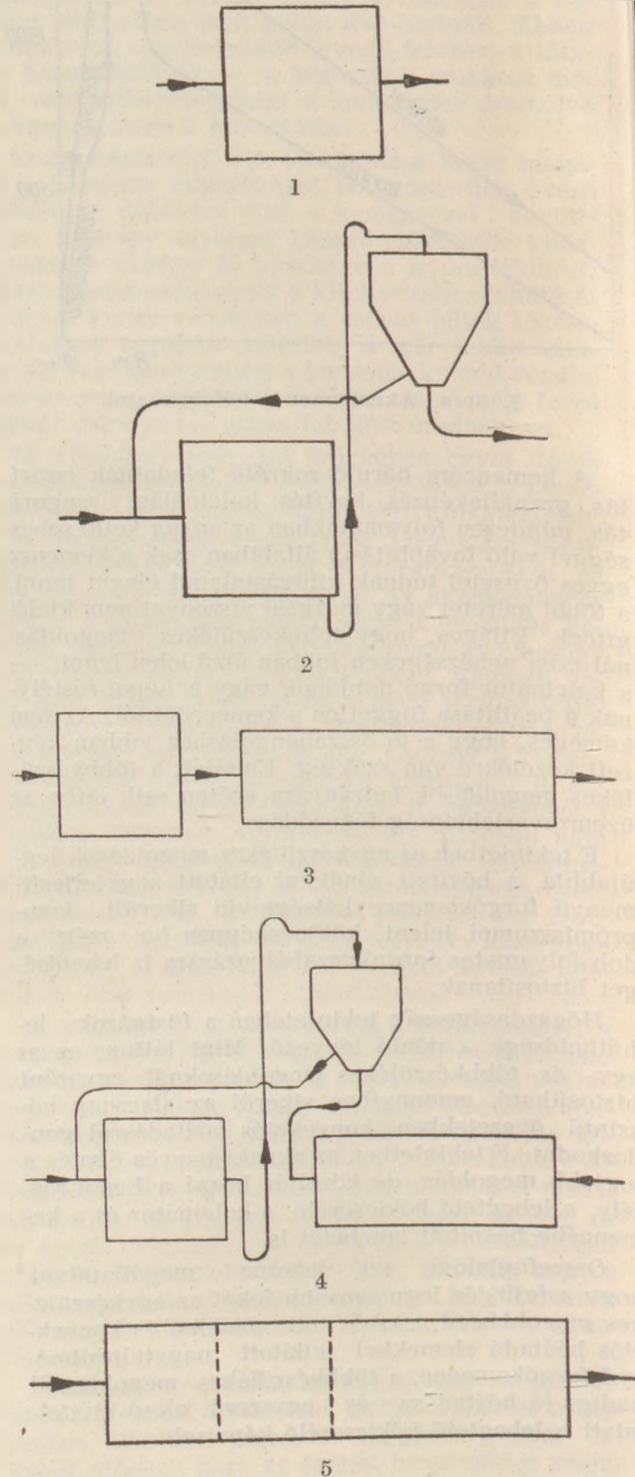
Ezen kíván segíteni az ú. n. **kúpos malom**. Ennél nincsenek kamrafalak, hanem a köpeny a kiömlés irányában szűkül. A malomtérbe a vegyes méretű golyótöltetet behelyezve és a malmot elindítva, a centrifugálerő hatására a nagy golyók a nagyátmérőjű részen helyezkednek el és a kisebb golyókat a kiömlőrész felé szorítják. Így biztosítva van, hogy az őrlemény finomodásával együtt a golyóméret és egyidejűleg az esési magasság is csökkenjen. Ezen típusnak hibája, hogy a kívánatos átmérő és a kúp nyílásszöge megszabja a legnagyobb dobméretet, ami csak kisebb teljesítményű berendezésekhez elegendő. A nagyátmérőjű malmok harmadik kamrájának gazdaságos működését van hivatva előmozdítani a hosszanti irányban beépített ú. n. **koncentra betétekkel** előállított több kisebb méretű malomtér. Ilyen betéteket pl. az előbb említett 2,6 m  $\varnothing$ -jű malmok harmadik kamrájában is alkalmaznak.

A kis szórású szemszerkezet (szén- és száraz nyersőrlés) gazdaságos előállítására, vagyis a túlórlés elkerülésére a malomtérben történő fajtázás bevezetése, az ú. n. légárammalomk rendszerre nyújtott kielégítő megoldást. E rendszerrel a kellő finomságot elért szemcsét a malomtérben átszivott légáram távolítja el. A légárammalomt szélesztályozóval kapcsolják, tehát körfolyamatos őrléssel működik. Az elszállított port leválasztókészülék juttatja a gyűjtőtartályba. A légárammalomk gazdaságos üzeme ráirányította a figyelmet a túlórlés elkerülésének fontosságára és ezért kerestek megoldást a nagyszórású szemszerkezet részlegesen körfolyamatos előállítására. A megfelelő elrendezésben legalább három készülék szerepel: az előőrölő golyósmalom, az utóőrölő, kisebb átmérőjű csőmalom és közbül a szélesztályozó (nedves őrlésnél gereblyés vagy hasonló, ülepítékes rendszerű osztályozó).

A portlandcementgyártásra bevált elrendezésnél a szélesztályozó durva frakcióját visszavezetik a golyósmalomba, finom frakcióját pedig a csőmalomba. Ily módon a többkamrás golyósmalom említ-

tett hátrányát, nevezetesen a bekerülő nagyobb szemcsék miatti túlórlést elkerülik, viszont a végtermékbe nem osztályozóból, hanem malomból kerül a szemcse, megtörténik tehát a „végigőrlése”.

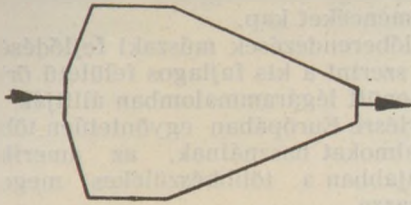
Kohósalakcement gyártása esetében a különböző őrölhetőség hátrányos hatása kiküszöbölhető az említett golyós- és csőmalomból, valamint szélesztályozóból álló készülécsoporttal, ha azt oly módon kapcsoljuk, hogy a golyósmalom által elő-



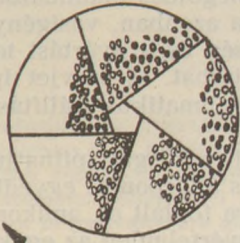
9. ábra. Golyósmalmok különböző működési rendszereinek vázlata. (1. rövid golyósmalom, 2. golyósmalom szélesztályozóval; 3. golyósmalom és csőmalom; 4. kombinátor; 5. többkamrás malom; 6. kúpos malom;



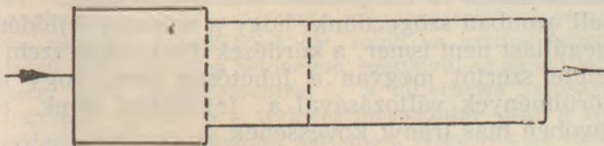
őrölt anyag osztatlanul a csőmalomba jut. A töltés úgy van beállítva, hogy a szükséges finomságúra egyszeri átmenetben csak a könnyebben őrölhető



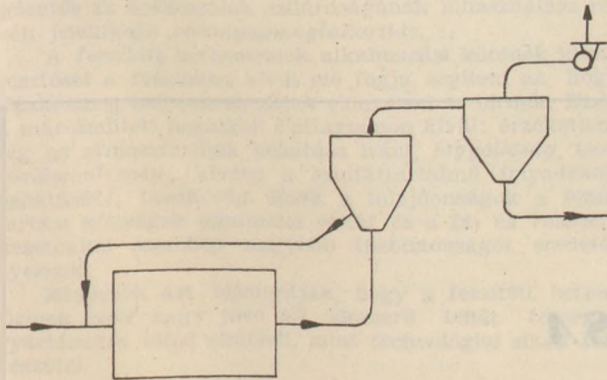
6



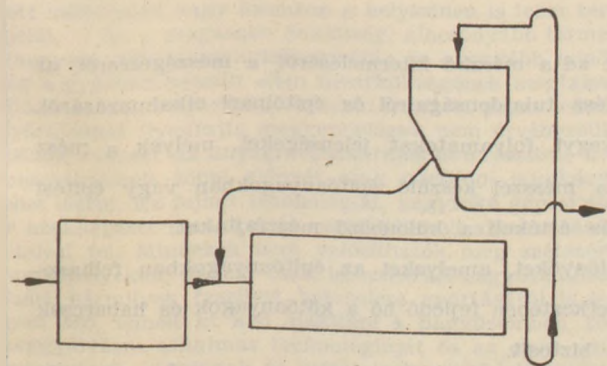
7



8



9



10

9. ábra. (Folytatás.)

7. koncentratbetét; 8. légáram-malom; 9. portlandcement többfokozatú őrlése, az első fokozatban zárt ciklussal; 10. kohósalakcement többfokozatú őrlése, a második fokozatban zárt ciklussal.)

szemcsék finomodnak. A termék a csőmalomból a szelőosztályozóba kerül, onnan a finom a végterméktartályba, a durva vissza a csőmalomba. Itt tehát lényegében zárt folyamattal van dolgunk, de minden szemcse végigmegy legalább egyszer a golyós- és csőmalmon. Ez a megoldás energiatakarékosság és jó keverés szempontjából felülmúlja a különőrlés és keverés rendszerét, de kisebb szórást, kisebb fajlagos felületet eredményez.

A golyósmalmok különböző rendszereit végigtekintve (valamennyinek vonalas vázlata látható a 9. ábrán), megállapíthatjuk, hogy kis szórású szemszerkezetnél, száraz-, nyers- és szénőrlésnél a körfolyamatos légárammalom tekinthető egyedül korszerűnek. Portlandcementőrlésnél az európai gyakorlatban közkeletű a többkamrás malom, vagyis az egykészülékes megoldás. Ennek előnye, hogy egyetlen készülékkel van dolgunk, amelyben az anyagmozgatás egyszerűen történik; hátrányait fentebb felsoroltuk. Az említett többkészülékes megoldások az energiatakarékosság célkitűzésével alakultak ki, hátrányuk a készülékek számos volta és meghajtásuk, valamint a körülményes anyagmozgatás, tehát, hogy sok bennük a hibaforrás. Alkalmazásuknál mindig tekintettel kell lenni a szemszerkezetre, illetve a fajlagos felületre. Tisztán körfolyamatos őrlés e tekintetben nem lehet kielégítő, legfeljebb, ha igen alacsony sziltamaradékot engedélyezünk. Heterogén cement őrlésénél előnyös a körfolyamatos elrendezés, de itt is alacsony sziltamaradék kívánatos.

### III. Anyagmozgatás.

A régebbi cementgyárak gyakorlatában közkeletű volt az anyagmozgatás feladatainak többkészülékes megoldása. A primitív csilléztést figyelmen kívül hagyva, darabos anyagok mozgatása vízszintes és ferde irányban szalaggal, rázócsatornával, függőleges vagy erősen meredek irányban elevátorral történt. Függőleges síkban a vízszintes és függőleges mozgás egymásutánjában a billenő-serleges ú. n. conveyor használatával két tetszőleges pont volt összeköthető. Porok szállításánál vízszintes irányban szállítócsiga, esetleg szalag, függőleges irányban elevátor volt használatos. A régi transzmissziós hajtásoknál ezek megindulása és leállása egyidejűleg történt, a sok kötél- és szíjhajtás karbantartása és azok nagy energiafogyasztása kívánatossá tette az egyedi meghajtások bevezetését. Ezeknek is megvan a hátrányuk: csakis körülményes villamos reteszelési rendszer biztosíthatja, hogy valamely motor vagy hajtás hibája és leállása esetében ne következék be anyagtorlódás, esetleg a helyiség anyaggal való elöntése.

Ezek a megfontolások vezettek az egykészülékes elrendezés keresésére.

Darabos anyagok egykészülékes mozgatását a markolós híddaruk teszik lehetővé, amelyek háromirányú mozgásukkal (hídmozgás, macskamozgás, emelés) hatóterük bármely tetszőleges pontját elérhetik. A rendszer alkalmazhatósága érdekében azonban mindenképpen szükséges a gyár oly elrendezése, hogy a kirakodás, tárolás és felhasználás egyetlen, hasábszelvényű térrészben történjék; bevezetésének lehetősége régi gyárakban tehát csak egészen kivételesen van meg. Hátránya nagy vaslignye és — a többkészülékes egyedi hajtásos rendszerhez képest — valamivel nagyobb energiafogyasztása, ami a nehéz hídszerkezet sok-



szori ide-odajáratásából adódik. Előnye az üzem-biztonság.

Porok szállításánál az egykészülékes megoldást a porok légáramban való mozgatása biztosítja; a porok csővezetékben mozognak, a tér két tetszőleges pontjának összekötése tehát tetszőleges vonal-vezetéssel lehetséges. Előnyösen alkalmazható ezért gyárbővítésekénél, ahol az útban lévő létesítményeket a szállítóvezetékek minden nehézség nélkül megkerülhetik. További előnye megfelelő karbantartás esetén a porzásmentessége. Súlyos hátránya a pneumatikus szállításnak a rendkívül nagy energiafogyasztás, amely a mechanikus szállítás energiafogyasztásának nagyságrendileg mintegy ötszöröse.

Többkészülékes megoldás esetén üzemi tapasztalatok szerint legelőnyösebb a szalagok alkalmazása; elevátorok alkalmazása esetén kerüljük a nagy magasságot.

#### IV. Összefoglalás.

A bevezetésben szó volt arról, hogy az egy- és többkészülékes megoldások alkalmazása az ipar fejlődése során váltakozva került előtérbe.

Az égetőberendezések fejlődése szerte a világon az egyetlen-készülékes berendezés tökéletesítése és teljesítménynövelése felé irányult; ezt az utat járta és járja a szovjet, a dán és az angolszász ipar. A német cementgépipar e tekintetben eltérő

utat választott, a fentebb felsorolt többkészülékes megoldások mind német eredetűek. Saját üzemüket a németek ma is ily berendezésekkel látják el, a NDK új nagy cementgyára (Fürstenberg) pl. Lepol-kemencéket kap.

Az őrőberendezések műszaki fejlődésének mai helyzete szerint a kis fajlagos felületű őrleményeket mindenütt légárammalomban állítják elő. A cementőrlésre Európában egyöntetűen többkamrás golyósmalmokat használnak, az amerikai ipar viszont újabban a többkészülékes megoldásokat szorgalmazza.

Az anyagmozgatásnál mindinkább elterjed az egykészülékes megoldás alkalmazása, a nagy híddaruk előállítása azonban, vasigényessége miatt a beruházási költség és a gyártási idő tekintetében nehézségekkel járhat. A szovjet ipar a markolós híddaruk és a pneumatikus szállítás mellett foglalt állást.

Általánosságban megállapíthatjuk, hogy teljesen következetes álláspontot egyedül a Szovjetunió cementipara foglalt el, amikor a műszaki fejlesztés során egyértelműen az egykészülékes megoldások bevezetése mellett döntött. Ezt a fejlődési irányt a hazai cementipar műszaki fejlesztése tekintetében is irányadóul kell tekintenünk. Le kell azonban szögeznünk, hogy a műszaki fejlődés megállást nem ismer, a kérdések dialektikus szemlélete szerint megvan a lehetőség arra, hogy a körülmények változásával a fejlesztési elvek a jövőben más irányt kövessenek.

GRIGORJEV

## A MÉSZ ALKALMAZÁSA AZ ÉPÍTŐIPARBAN

A könyv teljes és általános képet ad a mészko kitermeléséről, a mészégetésről, az égetett mész feldolgozásáról, a mész tulajdonságairól és építőipari alkalmazásáról. Ismerteti azokat a fizikai és vegyi folyamatokat, jelenségeket, melyek a mész kötése és szilárdulása folyamán a mésszel készülő építőanyagokban vagy építési elemekben végbemennek. Elemzi és értékeli a különböző mészfajtákat.

Részletesen tárgyalja azokat az előnyöket, amelyeket az építőanyagokban felhasznált őrölt, égetett mész oltása következtében fejlődő hő a kötőanyagok és habarcsok kötése vagy szilárdulása folyamán biztosít.

Ára 12.— Ft

*B e s z e r e z h e t ő a z Á l l a m i K ö n y v t e r j e s z t ő V á l l a l a t ö s s z e s k ö n y v e s b o l t j a i b a n*



# Feszített betonelemek gyártásának egyes műszaki problémái

RATHING FERENC

okl. mérnök, a műszaki tudományok kandidátusa

A feszített betonelemek gyártásának technológiája világszerte kialakulóban van. Mindenütt felismerték ennek az új anyagnak rendkívüli előnyeit a lágyvasbetétes vasbetonnal szemben. Előnyeinel fogva nemcsak a vasbetonszerkezetek helyettesítésére alkalmas, hanem a fa- és vasszerkezetek terén is számos olyan területen kerülhet felhasználásra, ahol eddig a vasbetonszerkezetek nem tudtak elterjedni.

A feszített betonelem *kisebb méreteekkel, nagyobb rugalmassággal és a fásztó igénybevételekkel szemben nagyobb ellenállással bír*, mint az azonos teherbírási lágyvasbetétes betonelem, ezenkívül *az üzemi terhelés alatt repedésmentes*, — a túlterhelés hatására megreped ugyan, de a terhelés megszűnése után a repedések újból nyomtalanul záródnak. Mindezek az elem kisebb súlyát, hosszabb élettartamát jelentik és tekintélyes anyagmegtakarítást eredményeznek. Különösen jelentős az acélhuzalok szilárdságának kihasználása révén jelentkező *vasanyagmegtakarítás*.

A feszített betonelemek alkalmazási körének kiterjesztését a fentiekben kívül elő fogja segíteni az, hogy általában a betonszerkezetek előnyeivel is bírnak. Ezek a már említett hosszabb élettartamon kívül: *érzékletlenség az atmoszferiális behatása iránt, fagyállóság, korróziómentesség* (kivéve a szulfáttartalmú folyadékok behatását), *tűzállóság*. Ezek a tulajdonságok a fenntartási költségek minimális voltát és a fa- és vasszerkezetekkel szemben nagyobb tűzbiztonságot eredményeznek.

Mindezek azt bizonyítják, hogy a feszített betonelemek előtt nagy jövő áll, időszerű tehát tömeges gyártásukra mind elméleti, mint technológiai síkon felkészülni.

A tömeges gyártás csak telepített gyárüzemben valósítható meg. A lágyvasbetétes betonelemet rögtönzött műhelyben vagy üzemben a helyszínen is lehet termelni, — ha a magasabb önköltség, alacsonyabb termelékenység, többletanyagfelhasználás és gyengébb minőség a gyárban készült elem fuvar költségének megtakarításával ellensúlyozható, azonban feszített betonelemek gyártásánál ilyenfajta megfontolások nem érvényesülhetnek, — mert az anyagmegtakarítást és a feszített betonszerkezetek többi előnyét csak *minőségi munkával* lehet elérni. Ez fejlett technológiát, nagyfokú gépesítést és szakképzett munkás- és vezetőkéaderek alkalmazását tételezi fel. Mindezek nem valósíthatók meg szétszórt munkahelyeken, hanem csak koncentrált nagyüzemben. Ezért bármilyen feszített betonelem gyártásáról is legyen szó, ennek ki kell alakítani a nagyüzemben, tömeggyártásra alkalmas technológiáját és az elem rendeltetésének, alakjának és méreteinek megfelelő különleges munkagépekből álló gépesítést.

A feszített betonelemek tömeggyártásával kapcsolatban több kérdés merül fel.

1. *A gyártani kívánt betonelem alkalmas-e tömeggyártásra?*

a) A technológia főbb követelményeinek figyelembevételével megállapított *legegyszerűbb alakú*,

b) *pontos méretezéssel meghatározott minimális méretekké*l bíró és

c) *egységes* vagy csak *igen kevés* számú típusú elem alkalmas tömeggyártásra.

A kérdés taglalása, túlnyomórészt építéspolitikai vonatkozásai miatt, nem képezi jelen tanulmány tárgyát.

2. *Működik-e már hasonló rendeltetésű elemet előállító, hasonló kapacitású gyár*, amely a létesítendő gyár mintaképe lehetne, ahonnan technológiai megoldások és gyártási tapasztalatok átvehetőek volnának?

A nyugati tőkés államok szakirodalmának tanulmányozásából kitűnik, hogy minden államban számos vállalat üzeme és gyára foglalkozik vasbeton- és feszített-betonelemek gyártásával. A kereslet a gyárak között megoszlik és így egyik vállalat üzeme sem tud igazán kifejlődni. Ennélfogva a gépesítés foka is és hatékonysága is más iparok fejlettségéhez képest elmaradt. Ezek tehát nem szolgálhatnak mintául egy korszerű nagyüzem kialakításához.

A Szovjetunió és a népi demokráciák államai tervgazdálkodást folytatnak, a betonelemszükséglet a tervben rögzítve van, így tehát a megkívánt kapacitás ismeretében mód van arra, hogy ezt az új ipart a szocialista iparosítás elvei szerint építsék fel.

A külföldi tanulmányutak beszámolóiból, a Szovjetunió és a népi demokráciák szakirodalmából megállapítható, hogy a feszített betonelemek gyártását mindezt nagy lendülettel kezdték el és sokfajta elem sokféle technológiával készül. A Szovjetunió és az egyes államok kutatói túlnyomórészt új, de egymástól különböző utakon járnak és a sokféle technológia üzembevétele egyelőre inkább a tapasztalatok gyűjtését, mint a termelést szolgálja.

Az előfeszültségek alkalmazásának elve, — mint egy magasabbfokú statikai szemlélet gyümölcse, — rendkívüli érdeklődést váltott ki a szakemberek körében, nem csodálható tehát az a nagy változatosság, ami mind a betonelemek szerkezeti kiképzésénél, mind a technológiai részletek megoldásánál kialakult. Ezeket Gersberg és Szorokt szovjet szerzők legutóbb magyar nyelven is megjelent könyvükben megkísérelték rendszerbe foglalni.

Kétségtelen, hogy ebből a sokrétű kutatómunkából fog kikristályosodni a tömeggyártás részére mind maga a kívánt célt legjobban kielégítő feszített betonelem, mind ennek gyártásához a legmegfelelőbb technológia. Saját feladataink megoldásához mintákat és tapasztalatokat tehát csak itt találhatunk.

A megoldások nagy száma és változatossága miatt nincs mód arra, hogy minden egyes gyártmány technológiájának és ennek számos változatának műszaki megoldásait külön-külön vizsgáljuk meg és értékeljük ki, — ehelyett megkíséreljük kiragadni a technológiák azon elemi műveleteit, amelyek a legtöbb technológiának részét képezik és ezért általánosan elfogadottnak tekinthetők. Ezeket a technológiai műveleteket fogjuk elemezni és ennek során ki fogjuk tenni, hogy melyek a



megoldottnak tekinthető és melyek a tisztázásra szoruló műszaki kérdések.

**3. Milyen rendszer szerint történjek az előfeszítettég létesítése?**

A feszített betonelemek készítésének, szórványos kísérletektől eltekintve — két rendszere alakult ki, ezek

a) a tapadó húrbetétes (túlnyomóan előrefeszített) és

b) a horgonyzott betétes (túlnyomóan utófeszített) rendszerek.

A két alrendszer között sok szempontból lényeges különbség áll fent. Ezek közül a fontosabbakat a következőképpen csoportosíthatjuk:

Rendszer:	Tapadó húrbetétes:	Horgonyzott betétes:
1. Az alkalmazott huzalok átmérője szerint:	Sima huzalok $\varnothing$ 1—2,5 mm-ig. Felületi érdesítésű huzalok $\varnothing$ 2,5—5 mm-ig.	$\varnothing$ 5—8 mm-ig (ötvözött acél esetén nagyobb is).
2. Az alkalmazott huzalok száma szerint:	Feszítőerő sok szál kis átmérőjű huzalba elosztva vagy több elemi szálból „sodort pászmák” veszik fel.	Feszítőerő kevesebb-nagyobb átmérőjű, vagy több huzal esetén azokból „sodort pászmákra” van elosztva.
3. A feszítés alkalmazásának ideje szerint:	Huzalbetétek feszítése betonozás előtt. (Előrefeszített szerkezet.)	Huzalok feszítése a beton megszilárdulása után. (Utófeszített szerkezet.)
4. A tartó maximális mérete szerint:	A tartó méretei elvileg nincsenek korlátozva, de mert a huzalok betonozás előtt feszítendőek, a reakciókat ideiglenesen, az ú. n. feszítőpadnak kell felvennie, — ezért csak üzemben lehet előállítani és így a méreteknél a szállítás és elhelyezés lehetőségei szabnak határt. Külön horgonyzó elem nem lévén, rövid tartók készítésére is alkalmas.	A tartó méretei elvileg nincsenek korlátozva, de rövid tartókon a horgonyzás alkalmazása nem gazdaságos.
5. A tartó anyagának folytonossága szerint:	Az így készült szerkezet monolith jellegű.	Lehet monolith és idomokból összeállított is, ekkor a folytonosságot egy bizonyos terhelésig az előfeszültség biztosíthatja.
6. Terhelés jellege szerint:	Fárasztó (dinamikus) igénybevételeket jól viseli. Dinamikus terhelésekre alkalmas szerkezet.	Dinamikus terhelésekre kevésbé alkalmas, mert a repedések koncentráltasága miatt a) nagyobbak a lehajlások, b) kisebb a beton nyomott zónája és így fokozott az igénybevétel.
7. Teherbírása szerint:	Túlterhelést repedések jelzik, — majd utána még törésig tekintélyes tartalék marad.	Repedések jelentkezése után már csekély a törésig fennmaradó tartalék.
8. Készítés módja szerint:	Üzemi gyártás.	Helyszíni monolith építés, vagy előgyártás.
9. Tömeggyártásra való alkalmassága szerint:	Feszített szerkezetnek, mint tömegcikkek készítésére és gépesítésre alkalmas.	Főképp egyedi készítésre alkalmas.

Adott méretű, rendeltetésű feszített betonelem gyártási rendszerének megválasztása a fenti összeállítás szerint eszközölhető. Az esetek túlnyomó többségében, miután nagymennyiségű betonelem előállításáról, — tehát tömeggyártásról — van szó, a tapadóhúrbetétes rendszer kerül alkalmazásra.

E rendszer alkalmazásával kapcsolatban több kérdés merül fel:

**4. Fix feszítőpadon, vagy pedig öntőmintához feszítve történjek-e a gyártás?**

A tapadóhúrbetétes rendszer szerint történő gyártásnál szükséges egy szerkezet, amely a kifeszített acélhuzalokat kitámasztja, illetve a feszítőerő reakcióját felveszi addig, amíg a beton megszilárdul. Ez a szerkezet lehet maga az öntőminta, mely ez esetben a reakcióerők felvételére van méretezve, de lehet egy független szerkezet is. Ez a feszítőpad. Ez lehet ismét helyhez kötött, vagy mozgatható. Technológiai szempontból a mozgatható feszítőpad a feszítőerő felvételére méretezett öntőmintával esik elbírálás alá.

A helyhez kötött feszítőpad lehet olyan, hogy a környezetéhez képest kis mozgásokat végezhet (dilatáció), — de olyan is, hogy a hőmérsékletváltozás hatására hosszát nem változtathatja.

A rövidebb mozgatható és a hosszú fix feszítőpadnak technológiai szempontból egyaránt vannak előnyei és hátrányai. De mert a mozgatható feszítőpad, vagy feszítő öntőminta a körfolyamatos futószalagrendszerű gyártásra alkalmas, — ez döntő súllyal esik latba a mozgatható feszítőpad javára.

Hazai viszonylatban azonban a feszített vasúti vasbetonalj mozgatható feszítőpados körfolyamatos gyártási eljárásától a feszített betongerendák gyártási eljárásának kidolgozásánál mégis el kellett térni és helyette a helyhez kötött, hosszú feszítőpaddal dolgozó eljárást választani, mert ezzel sikerült a gyártandó gerendatípusok számát 126-ról (kétféle betonkeresztmetszet, három terhelési fokozat, kétféle végkiképzés, huszonegyféle hosszban) 10-re redukálni. (Kétféle betonkeresztmetszet, öt teherbírási fokozat.) Ez azáltal volt lehetséges, hogy a gerendák hosszában és azok



végeinek kiképzésében a helyezkötött hosszú feszítőpad alkalmazása szabadkezet biztosít, azaz különböző hosszak és végek kiképzése a gyártóberendezés szerkezetét nem módosítja.

5. A hőérlelés alkalmazása szempontjából a feszítőpad melyik típusa előnyösebb?

Feszített szerkezetek gyártásánál általánosan elfogadottnak lehet tekinteni a betonszilárdulás meggyorsítását hőérlelés alkalmazásával. A helyezkötött feszítőpadok említett kétféle típusa a hőérlelés szempontjából nem azonos értékű. A hőérlelés műveletébe be kell vonni a huzalokat kitámasztva tartó feszítőpadot is, — abból a célból, hogy a huzalok feszültsége a hőmérséklet emelése során ne csökkenjen. Ehhez szükséges, hogy:

- a) a feszítőpad a huzalokkal együtt melegedjék,
- b) a hőtágulási együtthatója közel azonos legyen az acélhuzalok hőtágulási együtthatójával, és
- c) hőtágulásában ne legyen akadályozva.

Ebben az esetben a huzalok feszültsége a hőkezelés alatt nem csökken, mert a feszítőpadnak melegeése folytán bekövetkező hosszabbodása a huzalok feszültségének a hőemelkedés hatására bekövetkezett csökkenését kiegyenlíti. Ha ez a követelmény nincs teljesítve, akkor a huzalokat ilyen csökkentett feszültség mellett fogja meg a szilárduló beton. A kész elem lehülése természetesen ezen a feszültségállapoton már mítsem változtat, mert:

- a) már szilárd anyagi összefüggés létesült a huzal és beton között,
- b) a huzal lehülése ugyan emelné a feszültséget, ha közben a lehülő betonelem nem rövidülne és nem rövidítené meg a vele kapcsolatba került huzalt is.

A huzal és a beton hőtágulási együtthatója közel azonos lévén, a beton lehülése és az acélfeszültség csökkenése között arányosság áll fent.

A huzalok feszültségének ez a csökkenése tekintélyes előfeszültségvesztést, vagy ha ezt el akarjuk kerülni, — acéltanyag többletfelhasználást tesz szükségessé.

Ha egy feszített betonelemet hőérlelés céljából 20° C hőmérsékletéről 90° C-ra hevítünk, a hőmérsékletkülönbség 70° C lesz. Az acél hőtágulási együtthatója 0,00012° C-ként. Az acélnak fajlagos nyúlása tehát 0,00084, az ennek megfelelő feszültségcsökkenés pedig ( $E = 2\ 000\ 000\ \text{kg/cm}^2$ ) 1 680 kg/cm<sup>2</sup>. Ha  $\varnothing$  2,5 mm 180/150 K. B. szabványos patentírozott acélhuzalt használunk, melynek határfeszültsége 12 750 kg/cm<sup>2</sup>, akkor a feszültségvesztés ennek 13,2%-a, az így elké-

szített tartó teherbírása (az üzemi terhelés alatt a repedésmertesség biztosítása szempontjából) ennyivel csökken, illetve azonos teherbírási biztosítása céljából ennyivel több acélhuzal felhasználása szükséges. Ezt a nagyarányú veszteséget a feszítési gyakorlatban meghonosodott, Magnel professzortól származó túlfeszítés alkalmazásával csökkenthetjük oly módon, hogy a maximálisan 10% túlfeszítést nem mechanikusan eresztjük vissza, hanem azt a hőtágulásra bízuk.

A fentiek alapján tehát megállapíthatjuk, hogy olyan feszítőpad vagy öntőminta alkalmazása előnyös, amelyet a hőközlésbe be tudunk vonni és amelynek hőtágulása nincsen akadályozva. Olyan elrendezések tehát, mint pl. feszítőpad helyett feszítőbakok készítése, — amelyek súlyalapkba vannak ágyazva és a feszítés reakcióját passzív földnyomás útján a talajnak adják át, — kerüendőek.

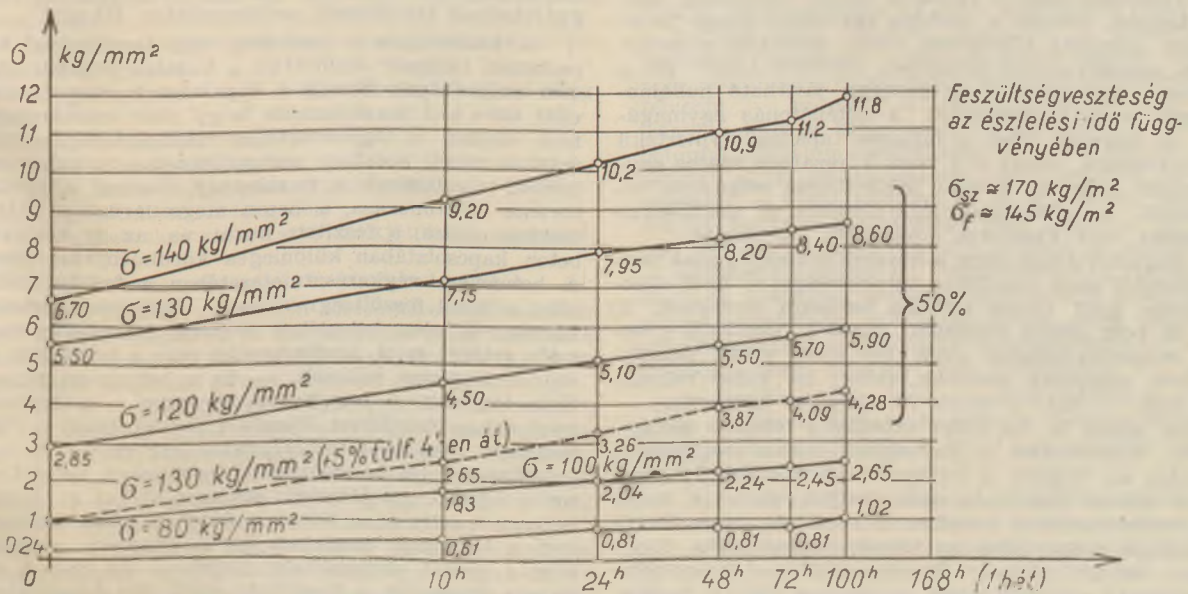
A hőérleléssel kapcsolatban fontos kérdés az, hogy:

6. milyen betonszilárdságnál oldható a huzalok feszítése úgy, hogy azokat a beton biztonsággal megfogja?

A szabvány B 400 és B 560-as betonminőségénél a 28 napos szilárdság 80, illetve 75%-át, tehát 320 kg/cm<sup>2</sup>, illetve 420 kg/cm<sup>2</sup> szilárdságot kíván meg. Ugyanakkor nem tartalmaz semmiféle kikötést arra nézve, hogy a  $\varnothing$  2,5—5 mm-ig terjedő huzalok felülete tapadás fokozása céljából különlegesen megmunkálható-e vagy sem. Ebből arra kell következtetnünk, hogy a tapadási felület szempontjából legkedvezőtlenebb  $\varnothing$  5 mm-es sima huzalt, — melyet a határfeszültségig feszítettünk — a 320 kg/cm<sup>2</sup> szilárdságú beton biztonsággal megfogja. De ha ez így van, akkor azonos biztonság mellett milyen beton szilárdságok szükségesek a különböző méretű huzalok megfogásához?

A hőérlelés energiaigénye és műveleti ideje szempontjából nem közömbös, hogy a  $\varnothing$  2,5 mm-es hullámosított huzallal szerelt feszített elem B 560-as minőségű betonját 420 kg/cm<sup>2</sup> szilárdságra kell-e érlelni, vagy pedig elég a 320 kg/cm<sup>2</sup> is. De figyelembevéve a  $\varnothing$  2,5 mm-es huzal nagyobb fajlagos tapadási felületét és a hullámosítással megnövelt tapadó szilárdságát, nem lesz-e elegendő még ennél kisebb szilárdság is?

Becslés szerint e kérdés tisztázása mintegy 40% hőenergia megtakarítását és a felszerelések gyártási fordulójának 25%-kal való megrövidítését jelentheti. Ez utóbbi a beruházott állóeszközök (terület, épület, gépek, öntőminták) arányos csökkenésén kívül, a belső szállítási utak rövidülése folytán az öntköstség csök-



1. ábra



kenését is maga után vonja, — vagy más fogalmazásban, — egy meglévő üzem kapacitása minden újabb beruházás nélkül 33%-kal volna emelhető, — az önköltség egyidejű csökkentésével.

A fentiekből önként adódik a következő kérdés:

7. milyen átmérőjű huzal alkalmazása a legkedvezőbb feszített betonelemek készítéséhez?

A kisebb átmérőjű huzalok alkalmazása a kedvezőbb, mert:

a) a kisebb átmérőjű huzalok szilárdsága és határfeszültsége magasabb, ezért alkalmazásuk acélananyag megtakarítással jár;

b) a kezdeti előfeszültség csökkenése túlnyomórészt a beton minőségétől (rugalmas összenyomódás, zsugorodás, lassú alakváltozás) és csak csekély mértékben az acélfeszültségtől (lassú alakváltozás) függ, ezért azonos méretű és minőségű betonkeresztmetszet esetében a csökkenés állandó értékűnek vehető, így a kis átmérőjű huzalok magasabb határfeszültsége jobb %-os arányban hasznosítható és ezzel fokozódik az anyagmegtakarítás; ezért

c) a beton keresztmetszetben  $1,0 \text{ kg/cm}^2$  végleges előfeszültség létesítéséhez szükséges huzalmennyiség beszerzési ára kevesebb a kis átmérőjű huzalok alkalmazása esetében;

d) a kis átmérőjű huzalok kezelése könnyebb és az egész szerelési művelet gépesíthető. (Kihúzás, kimérés, feszítés, oldás.) A szerelési műveleteknek a  $\varnothing 2,5$  mm-es huzalokra kidolgozott jól bevált technológiája és gépesítése lényegbevágó módosítások nélkül nem alkalmazható az  $\varnothing 5$  mm-es huzalokra; — végül

e) a már említett nagyobb fajlagos tapadófelület folytán remélhető, hogy a feszítés oldását korábban, kisebb betonszilárdságnál is biztonsággal elvégezhetjük, — amiből a 6. pontban leírt előnyök származnak.

Kétségtelen hátránya a kis átmérőjű huzalok alkalmazásának az, hogy nagyszámú huzalt kell a betonkeresztmetszetben elhelyezni, emiatt kisebbek a huzalok közei, csökkentendő a beton adalékanyagának maximális szemnyagfajléka és azonos szilárdság eléréséhez több cement felhasználása szükséges.

Ezen a hátrányon oly módon segíthetünk, hogy a huzalokat 2—3 szálanként egymásmellé soroljuk, vagy pedig kötéllel fonatjuk. Tisztázandó kérdés azonban, — az előző kérdéskomplexumhoz csatlakozóan, hogy:

8. a 2 vagy 3 szálan egymásmellé sorolt, párhuzamosan futó, vagy kötéllel font huzalpásmának milyennek a betonhoz való tapadási viszonyai?

Feltehető, hogy a fajlagos tapadó szilárdság kedvezőtlenebb, mintha a huzalok egymástól olyan távolságban volnának elhelyezve, amely közöttük a zavartalan betonstruktúra készítését lehetővé teszi. Ez a csökkent tapadószilárdság azonban javítható hullámosítással, vagy rovátkolással. A kötéllelfonás egymagában is elegendő lehet a fajlagos tapadás olymértékű megjavítására, amely a 2 vagy 3 huzalnak szoros egymásmellé helyezése folytán bekövetkező csökkenést kiegyenlíti. A műszakilag legkedvezőbb és gazdaságos módszert csak kísérletek útján lehet kiértékelni.

Nagymértékben függ a huzalok acélananyagának összetételétől azok plasztikus tulajdonsága: a *lassú alakváltozás*, amit tartós terhelés hatására mutatnak. A két fix pont között kifeszített huzal a feszítéstől a beton megszilárdulásáig eltelt idő alatt veszít feszültségéből, mégpedig nemcsak akkor, ha külső behatások érik, — mint a beton vibrálása és hőkezelése, — hanem akkor is, ha külső behatástól teljesen elszigeteljük. Ugyanennek a jelenségnek másik megjelenési formája az, hogyha a felfüggesztett huzalt súlyterheléssel állandó feszültség alatt tartjuk, akkor a huzal meghosszabbodik. A huzalban a feszültség esése, illetve hosszának megnyúlása az időnek exponenciális függvénye szerint alakul. Semilogaritmikusan koordináta rendszerben a logaritmikusan skálára az időt, a lineáris skálára pedig a feszültségcsökkenést vagy nyúlást felmérve,

— a függvény egyenessel ábrázolható. Az egyenes hajlása ugyanazon huzalra nézve a feszültség nagyságától függ. Nem közömbös a feszített betonelem méretezése szempontjából, hogy a huzalfeszültségből mekkora veszteséggel kell számolnunk, ezért megállapítandó, hogy:

9. a hazai acélananyagok milyen plasztikus tulajdonságokkal rendelkeznek?

Ha a huzalt a tervszerinti feszültségen (határfeszültségen) túlfeszítjük és rövid idő múlva visszahagyjuk, akkor a lassú alakváltozás mértéke csökken. Ez az eljárás, — mint említettük — Magnel professzortól származik. Az 5—10%-os túlfeszítés 5—10 percig való fenntartása a lassú alakváltozás jelenségeinek (feszültségcsökkenés, illetve nyúlás) 30—50%-os csökkenését eredményezik egy 168 órás (1 hetes) észlelési időtartam végén.

A  $\varnothing 2,5$  mm-es huzal (sima és hullámosított) lassú alakváltozásainak jelenségeit a Betontechnikai Intézet kiterjedt kísérletsorozat eredményeként megállapította, — de hiányoznak a többi huzalátmérőre vonatkozó kísérleti eredmények. Vizsgálat tárgyává kell tenni a huzalok felületi tapadását javító ú. n. hideg *megmunkálásoknak* (hullámosítás, rovátkolás) a lassú alakváltozás mértékére és időbeli lefolyására gyakorolt befolyását, — valamint a beton hőerlelésével kapcsolatos *hőkezelés* hatását is.

Külföldi szakirodalom közlései szerint a patentirozott acélhuzalok *mesterséges öregbítése*, — ami alatt  $250^\circ \text{C}$  körüli hőmérsékletre való felhevítést és igen lassú lehűtést értenek, — szintén tekintélyes mértékben csökkenti a plasztikus jelenségeket. Ez a kérdés is részletes feltárára vár.

Ugyancsak a külföldi irodalomból ismeretes, hogy *ötözött acélhuzalok* hengerléssel is készíthetők és ezek szilárdsága eléri a patentirozott acélhuzalok szilárdságát, — de a folyási határ és a lassú alakváltozás szempontjából lényegesen kedvezőbbek. Célszerűnek látszik ezt a kérdést is — esetleg a Vaskutató Intézettel karöltve, — tisztázni és egyúttal megállapítani azt, hogy:

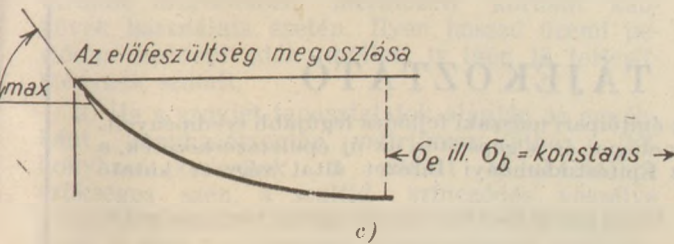
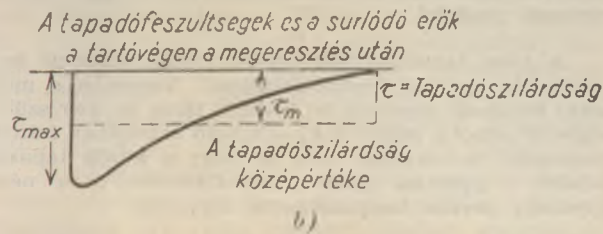
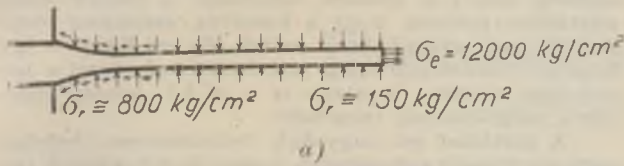
10. milyen feltételek teljesítése szükséges ahhoz, hogy a hazai ipar hengerelt ötvözött nagyszilárdságú acélhuzalokat gyárthasson?

Ennek a kérdésnek tisztázása annál inkább fontos, mert a hazai dróthúzó kapacitás, valamint a patentirozott acélhuzalok készítéséhez szükséges alapanyagellátás változatlanul szűk keresztmetszetet képez. Sajnálatos volna, ha a feszített betonelemek hazai gyártásának kifejlődését acélhuzalhiány fékezne.

A huzaloknak a betonhoz való tapadásával kapcsolatban többször említettük a huzalok *fajlagos tapadási szilárdságát*. Ennek a fogalomnak megvilágítása előtt előre kell bocsátanunk, hogy több vonatkozásban nem azonos a lágyvasbetétes vasbetonszerkezetekbe feszítés nélkül beépített vasbetéteknek a betonhoz való felületi tapadásával. A huzaloknak feszített állapotban történő behetonozása, a beton megszilárdulása után a feszítés oldása, a feszített huzal és az őt körülvevő beton kapcsolatában különleges körülményeket létesít. A betonelem végkeresztmetszetében a feszítés oldása után a huzal feszültségmentes, — bizonyos távolságra azonban az elem belsejében a huzal feszültsége maximális értéket ér el, amely tovább már a betonelem középvonaláig nem változik, — ha a betonelem prizmatikus test volt. A huzalfeszültség ezen a szakaszon a mechanikus feszítéssel létesített feszültségnél a bekövetkezett feszültségvesztésekkel lett kisebb. A huzal feszültségmentes és maximális feszültségű keresztmetszei között egy átmeneti szakasz alakul ki. Ezen a szakaszon adja át a huzal a feszítés során beletárolt erőt a betonnak, amelyben így a huzalerő reakciójaként a kívánt előfeszültség ébred, — és ezen a szakaszon növekedik a feszültség alatt álló huzal kisebb átmérője, a feszültségmentes huzal nagyobb átmérője,



jére. Az átmérő duzzadásával azonban rövidülés jár együtt. Ez okból a huzalvégnek kis mértékben be kell csúsznia a betonba. Az átmeneti szakaszon a fentiek szerint a huzalvégen egy kúpos képződmény alakul ki, amely az őt körülvevő betonra tekintélyes palástnyomást fejt ki és ezáltal nagy surlódó erőket ébreszt. Ezeknek a huzalra kihorganyozó hatásuk van és a tapadással együtt ezek alkotják a huzal és a beton között fellépő tapadási szilárdságot.



2. a) b) c) ábra.

A jelenségből ennyi ismeretes, illetve az elméleti megfontolások ebbe az irányba vezetnek. Nem közömbös az, hogy a tartóvégek támaszponti keresztmetszeiben mekkora az előfeszítés értéke, ezért felmerül a kérdés, hogy:

11. milyen hosszú az erőátadás szakasza? — és ezen belül

12. milyen törvényszerűség szerint változik az előfeszítés értéke?

Megállapítandó az is, hogy mindezek hogyan függenek:

- a) a huzalátmérőtől,
- b) a huzalfeszültségtől,
- c) a huzal felületének érdességétől,
- d) a beton szilárdságától,
- e) a betonkeresztmetszet alakjától  $\sigma_c$  méreteitől, valamint
- f) a huzalok sűrűségétől és elrendezésétől.

Ha a feszített betonelem történetesen gerenda, akkor a kéttámaszú tartó támaszponti keresztmetszetének méretezése szempontjából kívánatos volna, ha az erőátadás szakasza minél rövidebb lenne.

Ha a tartóvégtől a támaszponti keresztmetszetig az előfeszítés a tervezett mértékig növekszik, akkor az itt fellépő főhúzófeszültséget lényegesen lecsökkent.

A kéttámaszú gerendatartót általában mindig egyirányú pozitív nyomaték veszi igénybe. Ennek megfelelően excentrikus feszítést alkalmazunk, — azaz a feszített acélhuzalok súlyvonala a keresztmetszet alsó magpontjának környezetébe esik. Így maga az előfeszítés a terheletlen tartót teljes hosszában excentrikus nyomásra, — azaz centrikus nyomásra és hajlító nyomatéokra veszi igénybe. Ez a nyomaték a tartó

egész hossza mentén állandó értékű, kivéve a tartó két végét, ahol a végkeresztmetszetre ható 0 értékű nyomaték az erőátadás szakasza végéig a konstans ér-

tékre emelkedik. A nyomaték változása, a  $\frac{dM}{dx}$  érték

a nyíróerő nagyságát határozza meg, amely nyíró-, illetve főhúzófeszültséget ébreszt a tartóvégen, az erő-

átadás szakaszán. Ha a  $\frac{dM}{dx}$  nagy érték, azaz a nyo-

maték változása rövid szakaszon következik be, akkor ez a tartó végének vízszintes berepedését okozhatja. Ebből a szempontból az volna kívánatos, hogy az erőátadás szakasza hosszabb legyen. E két ellentmondó követelmény optimális kielégítése csak a 12. pontban felvetett kérdés tisztázása útján lehetséges.

Minden egyes patentírozott acélhuzal szállítmányhoz a Mű ú. n. műbizonylatot ad, amely a szabványban előírt szilárdsági vizsgálatok eredményeit tartalmazza. Ezekből a huzalanyag rugalmassági tulajdonságai kiolvashatók és a feszültségi diagrammokban megállapítható az  $E$   $\text{kg/cm}^2$  rugalmassági modulus értéke is. A hullámosítás, vagy több huzal kötéllel fonnas esetében ezek húzófeszültségi diagrammja az acélananyag eredeti húzódiagrammjától eltérő lesz: más rugalmassági modulus szerint alakul.

A hullámhossz 2,5%-ának megfelelő amplitudóval bíró hullámosítás, mint maradó alakváltozás a huzal rugalmassági modulusát csökkenti. A csökkenés azért következik be, mert a húzófeszültség hatására a huzal látszólagos nyúlása nagyobb. Az acélananyag nyúlásán kívül ugyanis a hullámoknak a húzóerő hatására történő elapulása is hossznövekedést okoz. Ez a látszólagos rugalmassági modulus a kísérletek eredményei szerint 1 250 000—1 300 000  $\text{kg/cm}^2$  között van, az acélanagnak eredeti 1 900 000  $\text{kg/cm}^2$  értékével szemben.

A szabvány az egypázmás huzalkötelekre 1 700 000  $\text{kg/cm}^2$ , a többpázmás huzalkötelekre pedig 1 500 000  $\text{kg/cm}^2$  értékű rugalmassági modulusot ad meg.

A fenti rugalmassági modulusok mindaddig alkalmasak az alakváltozás és feszültség viszonyának jellemzésére, amíg a huzalok a beton megszilárdulásával elmozdíthatatlanul be nincsenek ágyazva. Kérdés, hogy:

13. a betonba szilárdan beágyazott hullámosított, vagy kötéllel font huzalok feszültségének és alakváltozásának viszonyát milyen értékű rugalmassági modulus fogja jellemezni?

A szilárdan beágyazott huzalnak nincs módjában alakját megváltoztatni és ezért kézenfekvő volna, hogy a huzalok csak normális irányban (a huzalkeresztmetszetre merőleges, tehát a görbe tengely mindenkor érintőjének irányában) tudnak igénybevételeket felvenni, — ha pedig a terhelő erőhatás ettől eltérő irányú, akkor a kiegyensúlyozó összetevőt a környező betonfal reakciója szolgáltatja. A beton ezt az igénybevételt csak alakváltozással tudja felvenni, ez pedig visszahat a huzal alakjára is és így ennek mégis bizonyos mértékű módosulását teszi lehetővé. Ez azonban a rugalmassági modulus értékét is befolyásolja, — csökkentő értelemben. Végeredményben tisztázatlan, hogy az acélananyag eredeti rugalmassági modulusának milyen módosítása szükséges ahhoz, hogy szilárdsági számításainkkal a valóságot megközelítsük. A kérdés eldöntése csak kísérleti úton történhetik.

A feszített betonelemek tapadó hűrbetétes gyártásánál az elemek véglapjain elvágott huzalok végei általában szabadon maradnak. Ezzel kapcsolatban felmerül az a kérdés, hogy:

14. a huzalvégek milyen mértékben korrodálnak, illetve a korrózió ellen milyen védelem hatásos?

A huzalokat rendszeren autogén, vagy ívlánggal vágják el, így a vágás helyén egy olvadékgömb keletkezik. Ennek anyaga a huzal lágyvas alapanyagával egyezik meg, amely a korrózióknak jobban ellenáll, mint a huzalnak már szilárdított anyaga. Ez tehát bizonyos



fokig a huzalnak korrozio ellen való védelmére szolgál. Több mint 5 éves feszített vasbetonaljak huzalvégein korrozio nyomai nem voltak észlelhetők. Egyébként a vasbetonaljak huzalvégeinek korroziovédelmére kísérlet van folyamatban. Egy sorozat alj huzalvégei bitumenbevonást kaptak, egy másik sorozat véglapjai pedig cementhabarccsal vakoltattak. Az eddigi tapasztalat szerint a cementhabarcs-vakolást a vonatterhelés dinamikus hatásai lerepesztették.

Minden feszítési eljárásnál maradnak huzalvégek, amelyek a hulladékot szaporítják. Különösen sok veszteség lehet hosszú feszítőpadon végzett gyártásnál, mert minden tekerescből olyan hosszú darab maradhat, mint a feszítőpad, csak éppen már nem fogható be. Célszerű volna tehát a lefutó tekercs huzalvégehez az új tekercs huzalját toldani, de kérdés, hogy:

**15. hogyan lehet patentírozott acélhuzalokat megtoldani?**

Ezek nem hegeszthetők, illetve a hegesztési hő hatására megváltozik az anyag struktúrája és a szilárdsága az alapanyag szilárdságára csökken. Toldás céljára tehát a hegesztés nem jöhet szóba, hanem olyan kapcsolat szükséges, mely a huzalok szakítószilárdságával egyenértékű.

A hulladékok csökkentése érdekében a Betontechnikai Intézet kidolgozott és kikísérletezett az ipar részére a  $\varnothing$  2,5 mm huzalok toldására alkalmas módszert. Ez abból áll, hogy 0,5 mm falvastagságú  $\varnothing$  4

mm belső átmérőjű vékonyfalú, ú. n. szabatos acélcsövet csekély mértékben ellapítanak, miáltal alkalmassá válik 2 szál  $\varnothing$  2,5 mm-es huzal befogadására. A cső egyik végébe a lefogyó szálát, a másik végébe pedig az új tekercs szálát úgy vezetik be, hogy a két huzal a cső hosszában átfogja egymást. Az így elkészített huzaltoldást átengedik a feszített vasbetonaljak és gerendák technológiájában szereplő huzalhúmosító készülék pálcásfogó hengerei között. A 2 huzalvég és a burkoló cső nagymértékű alakváltozást szenved, amely a huzalok surlódását a csőben olyan mértékűre fokozza, hogy a huzalvég szakításig megfeszítve sem csúszik ki a csőből. Ez az illesztés így kibírja a hatásfeszültségig való feszítést és ezzel a huzaltoldás kérdése, legalább is a  $\varnothing$  2,5 mm-es huzalokra, megoldottnak tekinthető.

A surlódási erő nagyságát természetesen befolyásolja az illesztő acélcsődarab hossza is. A kísérletek szerint már 350 mm hosszú acélcsődarab a követelményeknek megfelel.

\*

A jelen tanulmányban felvetett és a feszített betonelemek gyártási technológiájával kapcsolatos műszaki kérdések elemzése fel kívánja tárnai az ipar szükségleteit abból a célból, hogy a kutató munkának irányt mutasson, de alkalmas arra is, hogy a közölt tapasztalatok a gyártási gyakorlatba átvihetők és a népgazdaság javára hasznosíthatók legyenek.

## MEGJELENT

### ÉPÍTŐIPARI MŰSZAKI TÁJÉKOZTATÓ

Két iv terjedelemben ismerteti az építőipari műszaki fejlődés legújabb eredményeit. Külön rovatban számol be a technológiai és a gépesítés, az új épületszerkezetek, a jelentősebb újítások, valamint az Építéstudományi Intézet által végzett kutató munka eredményeiről.

A *könyszemle-rovat* az *Építőipari Kiadó* legújabb könyveinek ismertetését szolgálja.

#### Az „Építőipari technológia fejlődése“

rovat ismerteti a betontechnológia legújabb fejlődését.

Bemutatja a G2/BD típusú tűvibrátor új konstrukciójú „D“ toldatát, a GA/6 típusú vibráosztalt, valamint a Szoknár-gerendák készítéséhez alkalmazott fémzsaluzó mintát.

Megtalálható a rovaton belül a Sztálinvárosban alkalmazott görgőpados előregyártó üzem technológiájának leírása is.

Beszámol a gépi vakolásokról, a téglá konténerben történő szállításáról, továbbá az új hazai gyártmányú, 6 tonnás kis toronydaruról, valamint a Márkus-féle önkirűtő kocsiszekerényről.

#### Az „Új anyagok és szerkezetek“

rovat az alkalmazásra jóváhagyott fűdém szerkezeteket, a kettősgörbületű boltozatot, a bitumines tőzeggel történő tetőfedést és a gyártásba vett konvektor fűtőtestet, a Gnädig—Kardos—Toma-féle utófeszített fűdém- és tetőelemeket és azok alkalmazását ismerteti.

#### Az ÉTI munkái közül

az 1953. évben gyártott cementek víziérzékenységéről és ezen cementekkel javított mészhidrát habarcsokról találunk ismertetőt.

#### Az „Építőipari Újítások“

rovatban világos ábrák ismertetik a legújabb újításokat.

**A tájékoztató célja: megismertetni a tervezésben és kivitelezésben dolgozó műszakiakkal a műszaki fejlődés legújabb eredményeit**

**Ara: 6.— Ft**

Szerkesztette az *É. M. Műszaki főosztálya*

Kiadta: Az *É. M. Építőipari Könyv- és Lapkiadó Vállalat*

Beszerezhető: az *Állami Könyvterjesztő Vállalat* összes boltjaiban



# Üvegolvasztás nátriumszilikáttal

JERMENDY KÁROLY

1950-ig hazánkban mind az öblös, mind a táblaüvegyártás általánosan import szódát használt üvegolvasztáshoz. Ebben az időben merült fel import szóda helyett a nátriumszulfáttal történő üvegolvasztás időszerűsége, mivel belföldi nátriumszulfát, a sósav, a mőselyem és a timföldgyártás egyébként nem értékesíthető mellékterméke bőségesen rendelkezésre áll. Ez időben álltak át öblösüvegyáraink sötétzöld palackféléket gyártó részlegel tisztán nátriumszulfáttal történő olvasztásra. Az azóta szerzett bőséges gyakorlati tapasztalat azt mutatja, hogy:

1. Az olvasztó kád üzeme 26 hónapig is fenntartható megfelelően méretezett korhadt kád-kövek használata esetén. Ilyen hosszú üzemi periódus szódaolvadék mellett is igen jó teljesítménynek számít.

2. Ha a szovjet tapasztalatok alapján az egyébként konyhasómentes nátriumszulfáthoz 2% konyhasót keverünk, a szulfát redukálásához szükséges szén, a szulfid színeződés veszélye nélkül az elméleti adagolásnál bővebben adagolható. E tény az üvegepe keletkezésének csökkentését jelentette a gyakorlatban. Az üvegepe csak akkor jelentkezett, ha a gázszolgáltatás üzembizavara miatt az olvasztókemence hőmérséklete csökkent.

Ilyen tapasztalatok dacára a fehér öblös- és a síküvegyártás Fourcault-részlege nem tértek át a szulfátos üveg olvasztására, mert:

1. A fehér öblösüveg színe szulfát alkalmazása következtében zöldes árnyalatot vesz fel.

2. Az ország egyetlen táblaüvegkemencéjének termelését, egy eddig be nem gyakorolt szulfát olvadékkal, veszélyes lett volna kockáztatni, annak ellenére is, hogy közismert tény, miszerint a Szovjetunió táblaüvegyárai szulfátolvadékkal kítűnő eredménnyel dolgoznak.

A Szovjetunióban a bányatermék formájában nyert korlátlan mennyiségű nátriumszulfátnak az üvegyiparban történő felhasználása nemzetgazdasági érdek. E nyersanyagnak széleskörű felhasználása készíthette a szovjet kutatóintézeteket arra, hogy keressék azokat a lehetőségeket, melyek mellett a szulfát üvegolvasztásra felhasználható, annak hátrányos tulajdonságai nélkül.

Elsőnek Kitalgorodszkij professzor és Szolomin mérnök kutatták a kérdést abból a szempontból, hogy lehetséges-e olyan üvegolvadékot előállítani, melybe az összes alkáliát nátriumszilikát formájában viszik be. A kísérletek eredményeit a Moszkvai Üvegtudományi Intézet 1931-ben tette közzé és röviden összefoglalt eredménye a következő:

Laboratóriumú méretben megolvasztották a következő összetételű üveget:

SiO <sub>2</sub>	72,5 %
CaO	10,5 %
Na <sub>2</sub> O	17,— %

Az egyik kísérleti olvadék normális nyersanyagokból készült, a másiknál az alkáliát finoman porított vízüveg alakjában adagolták, melynek összetétele: Na<sub>2</sub>O·2,5 SiO<sub>2</sub>, vagyis 29% Na<sub>2</sub>O, 71% SiO<sub>2</sub> volt. A kísérletek a következő eredménnyel záródtak:

Ha egy olvadékba az összes alkáliát nátriumszilikát formájában visszük be, anélkül, hogy annak eredeti összetételét megváltoztatnánk, akkor:

1. Az olvasztás menete jelentékenyen meggyorsul, különösen 700—1000 C° közt.

2. A nátriumszilikátnak az olvasztásra gyakorolt gyorsító hatása 850 C°-nál éri el csúcsertékét.

3. Az olvadékban a CO<sub>2</sub> kiválása 150—200 C°-al alacsonyabb hőfokon fejeződik be, mint a szódával olvasztott kísérleti olvadékban.

4. Szilárd fázisban már 450 C°-on megfigyelhető vegyhatás.

5. Az 1100 C°-nál már megolvadt, de még nem teljesen gázmentes vízüveges olvadékban a sósavban oldható CaO közel fele annak, amit a szódával olvasztott üvegben határoztak meg.

A vegyi reakciók az olvasztás minden hőmérsékleti periódusában lényegesen előrehaladottabbak voltak a vízüveges olvadéknál, a szódas olvadékkal szemben.

A kutatók e megállapításokból az alábbi következtetéseket vonták le:

1. Az olyan olvadékban, melyben az összes alkáliát nátriumszilikát alakjában van jelen, a szilikátképződés lefolyása gyorsabb, mint a szódával olvasztott azonos összetételű üvegnél.

2. A nátriumszilikátnak az olvasztás gyorsító hatása az összes vizsgált hőmérsékletnél megállapítható volt és csúcsertékét 800—900 C° közt érte el.

3. Nátriumszilikátnak üvegolvasztásra történő felhasználása az olvasztógyorsító hatás következtében még a szódával szemben is némely előnyt jelent.

4. Még nagyobb előnyt jelent a nátriumszilikát felhasználása nátriumszulfáttal szemben, ha e két anyagot, mint üvegekészítőt állítjuk szembe.

Egy másik igen érdekes irodalmi adat Szokolcskij és Osztapenkó cikke, mely a Sztekló i Kere-



mika 1951. évi 9. számában jelent meg: „Az üvegolvasztás gyorsítása nátriumszilikát alkalmazásával” címen. A kutatók közvéleményükben hivatkoznak Kitaigorodszkij professzor előbb ismertetett kutatásaira. A végrehajtott kísérletekre az szolgáltatott okot, hogy a merefszki öblösüveggyárnak kevés üvegcserepe volt és ezért a kemence teljesítménye csökkent. Megakarták állapítani, hogy lehetséges-e nátriumszilikáttal az üvegcserepet pótolni s vele a kemencek olvasztókapacitását növelni. A nagyüzemi kádkemencében kísérletileg olvasztott üveg összetétele:

73.68%	SiO <sub>2</sub>
1.30%	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
8.—%	CaO
1.04%	MgO
16.—%	Na <sub>2</sub> O

A felhasznált vízüveg összetétele:

71.6 %	SiO <sub>2</sub>
1.31 %	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
0.99 %	SO <sub>3</sub>
1.11 %	CaO
0.4 %	MgO
24.54 %	Na <sub>2</sub> O

ami megfelel a Kitaigorodszkij professzor által javasolt Na<sub>2</sub>O · 2.5 SiO<sub>2</sub> összetételének.

A részletesen leírt tervszerű kísérletek azzal az érdekes eredménnyel végződtek, hogyha az üveg eredetileg 16% Na<sub>2</sub>O tartalmából 5%-ot, vagyis annak közel 1/3-ad részét vízüveggel pólták és az összes berakott anyagnak eredetileg 30%-át kitevő cserépadagot a felére csökkentették, az olvasztási idő 16%-al csökkent. Ez az eredmény volt az optimum. Ha a vízüvegadagolást a szóda egyenértékű csökkentése mellett tovább növelték, az üveg minősége romlott. A gyakorlati kísérlet eredménye nem egyezik mindenben Kitaigorodszkij professzor laboratóriumi kísérleteivel. A két kísérlet eredménye közti lényeges eltérés az, hogy még Kitaigorodszkij laboratóriumi kísérletekben az üvegben lévő összes alkáliát nátriumszilikát formájában adagolva éri el a leírt jó eredményeket, addig Szokolszkij nagyüzemi kísérlettel az alkáliának csak egyharmad részét tudta jó eredménnyel így adagolni.

Nincs tudomásom róla, hogy az utóbbi kísérlet végrehajtása, tehát 1951 óta a Szovjetunió kutatói e kérdést tisztázták-e.

Hazai viszonylatban a nátriumszilikátnak üvegolvasztásra történő felhasználását Dr. Knapp Oszkár javasolta elsőnek, 1949 tavaszán. E javaslat egyik hazai üveggyárunkban háborús események miatt beállott szódahiány következtében 1941 évben végrehajtott eredményes kísérleteken alapult. Dr. Knapp a nátriumszilikát előállítását egy központi üzemben javasolja, mely összes üveggyárainkat elláthatná ezzel a nyersanyaggal.

E javaslatról függetlenül Jermendy 1951 őszén hozta javaslatba a nátriumszilikátos üvegolvasztást. A javaslat lényegében megegyezik Dr. Knapp javaslatával. A vízüveg előállítására boltozat nélküli elektromos kemence felállítását javasolja, különös nemzetgazdasági szempontból. A nátriumszulfát közvetett, vagy közvetlen felhasz-

nálásával ugyanis hazánkba import útnál kerülő kén elvész. Ennek visszanyerése a javasolt kemencetípus segítségével lehetséges. Ha a nátriumszilikátot olvasztó elektromos kemencét a Budapesti Kénsavgyárban állítanak fel, úgy a vízüveg olvasztásánál felszabaduló SO<sub>2</sub> gázokat a kénsavgyár kénsavvá dolgozhatja fel. Évi 13 000 tonna nátriumszulfát feldolgozásánál 2 800 tonna elemi kén volna visszanyerhető és közvetlenül kénsavvá feldolgozható. Hivatkozott javaslat egyébként az üveg összes alkáli tartalmát nátriumszilikát alakjában kívánja az üvegbe vinni.

A Promüslennosztj Sztoitelnüh Materialov, 1953. március 4. számában Zsilin A. „Nátriumszilikát tömeggyártásának megszervezése” című cikkében hírt ad arról, hogy: „a nátriumszulfát felhasználásának kérdését egyre általánosabban vetik fel. Javasolják, hogy a pótyanyag központosított előállítása mellett egyidejűleg kénsavat, vagy kenet is állítsanak elő felhasználva erre a célra a füstgázokat. Az üvegpapír és más iparágak részére előállítható nagy nátriumoxid tartalmú nátriumszilikát minden egyes tonnájára kb. 240 kg kén előállítása esik, ami a népgazdaságnak igen szükséges”. Tudomásom szerint, a szakirodalom az utóbbi időben a nátriumszulfátot a Szovjet Népgazdaság kénbázisának tekinti és mint ilyen kívánja kiaknázni.

Hazai viszonylatban a nátriumszulfát előállítására és felhasználására vonatkozó harmadik javaslatot a Tokodi Mendelejév kutató brigád mutatta be 1951 őszén. A javaslat az olvasztáshoz felhasznált szóda 50%-át kívánja vízüveggel helyettesíteni. A végrehajtott kísérletek eredménye alapján 3 mol · SiO<sub>2</sub> + 1 mol · Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> összeolvasztása adta nátriumszilikát előállításánál a legjobb eredményt.

Itt meg kell jegyezni, hogy Kitaigorodszkij professzor ismertetett cikkében 2,5 SiO<sub>2</sub> · Na<sub>2</sub>O összetételű vízüveget javasol, amely 68% SiO<sub>2</sub> · 31% Na<sub>2</sub>O-nak felel meg. A tokodi kutatók által legalkalmasabbnak talált 3 mol SiO<sub>2</sub> + 1 mol Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> olyan vízüvegnek felel meg, melynek összetétele 74,4% SiO<sub>2</sub> · 25,6% Na<sub>2</sub>O.

Gyakorlati szempontból fontos még, hogy az említett kutatóbrigád megállapítása szerint a nátron-vízüveget nem lehet vízbe csurgatni, mert összeragad és így nem örölhető. Az olvadékot mozgósítva hűtött formába csurgatták, ahol üvegszerűvé merevedett. Így könnyen örölhető, keverhető volt.

A tokodi kutatóbrigád kísérleti eredményei a kérdés több homályos pontját világították meg. A kísérletezés azonban nem tekinthető befejezettnek. E kísérleteknek az alábbi kérdéseket kell tisztáznunk:

1. Mind a szovjet, mind a tokodi gyakorlati eredmények szerint az üveg teljes Na<sub>2</sub>O tartalmát nem lehet vízüveggel az üvegbe vinni. Kitaigorodszkij laboratórium tudományos kísérletei ennek ellenkezőjét állítják. Megállapítandó, miként lehet Kitaigorodszkij laboratóriumi eredményét gyakorlatba átvinni, hogy a szódát ne csak 1/3—1/2 mennyiségben, hanem teljes egészében vízüveggel tudjuk pótolni.

2. Tudjuk, hogy a nátriumszulfát elbontásának sebessége arányos az SiO<sub>2</sub> nyersanyag felületének a nagyságával. Vízüveg gyártásánál ezért használnak igen finomszemű kovaföldet. Megállapítandó a nálunk legtisztább kovafölddel, a hegyaljaival olvasztott vízüveg olvadási viszonyai



és felhasználási lehetősége az üvegyiparban, szemben a külföldi homokból készült vízüveggel.

3. Megállapítandó, hogy gyártható-e gyakorlatilag színtelen öblösüvegáru, ha a szódát lehetőleg telfes egészében vízüveggel helyettesítjük.

4. Tervezendő olyan elektromosfűtésű boltzat nélküli, vízüveget olvasztó kemence, mely lehetővé teszi a nátriumszulfát kéntartalmának visszanyerését úgy, hogy az elszálló  $\text{SO}_2$  gázok közvetlenül kénsavgyártásra felhasználhatók legyenek.

Az üvegyipar szempontjából kívánatos a nátriumszulfátnak olyan vegyületté történő átalakítása, mely az üvegolesztésnél nem okoz nehézséget sem az olvasztás folyamán és az olvasztó kemencék tűzálló anyagára sem káros. Ha a nátriumszulfát ilyen átalakítása mellett a benne kötött kén kinyerhető és a vegyiparban feldolgozható, úgy kettős nemzetgazdasági érdeket szolgál-

lunk. Egyrészt a szulfáttal, mely a sósav, timföld és műselyemgyártás mellékterméke, az előbb említett nemzetgazdasági érdekek kielégítése mellett az egész hazai üvegyártást eddig fel nem használt hulladékanyaggal látnánk el, másrészt a szóda helyettesítésével import megtakarítást érhetünk el.

#### IRODALOM

1. Kitaigorodskij, J. Solomin: Glasbildung unter Anwendung von Natriumsilikat. — Glastechnische Berichte 9. évf. (1931) 6. füzet, 349—354. oldal.
2. Szokolszkij V. P. és Osztapenko T. Sz.: Az üvegolesztés gyorsítása nátriumszilikát alkalmazásával. — Sztekló i keramika 1951. évi 9. sz.
3. Zsilin A.: A nátriumszilikát tömeggyártásának megszervezése. — Promüslennoszty Sztroitelnüh Materialov, 1953. márc. 4.
4. Podjelszkij cikke a Promüslennoszty Sztroitelnüh Materialov 1952. évi 99. számában.

## Kérdés — felelet

### Kérdések:

29. Milyen módszerekkel vizsgálható meg a cementnyersliszt képlékenysége?

30. Mi az előnye a kétrészes keverővel összeépített vákum-téglaprésnek?

31. Hogyan kellene az önműködő Ruetz-féle tüzelőberendezések karbantartását megszervezni?

32. Száradásnál érzékeny anyagoknál hogyan lehet a száradás kezdetén szabályozni a száradást, a szabad Keller-száritóknál?

33. Hol előnyös a téglá nyersgyártási folyamatban 2 db finomhenger alkalmazása, s azokat milyen agyagoknál hova kell beépíteni?

34. Milyen műszerekre van szüksége egy  
a) kis  
b) közép  
c) nagy teljesítményű téglagyárnak, ha saját kazántelege és energia termelése is van?

### Feleletek:

6. Kérdés: Téglagyártásnál soványítás céljából az agyaghoz kevert kazánsalak szemcsenyagsága miképpen befolyásolja az idomoknak repedésre való hajlamát, ill. törőszilárdságát?

Felelet: A kazánsalaknak, mint soványítóanyagnak a téglá minőségére többféle befolyása lehet, ami egyrészt a salak vegyi összetételétől és kiégetési fokától, másrészt őrlési finomságától függ. Soványításra leginkább azok a salakok alkalmasak, amelyek oldható sókat — különösen szulfátokat — nem tartalmaznak, jól kiégetettek, ezzel összefüggésben szilárdak és őrlési finomságuk legalább 0—4 mm. Ez esetben 5—15%,

sót 20% a téglá anyagába bekevert salak, annak szárítását, mint soványítóanyag megkönnyíti, a kiégetett termék szilárdságát pedig nem befolyásolja károsan.

Ha a salak oldható sókat tartalmaz, soványításra nem alkalmas, mert a kész termék kivirágzásra való hajlamosságát nagymértékben növeli. Nem kellőképpen finomra őrölt, durvaszemcséjű salak mind a száradásnál, mind az égetésnél káros hatású, amennyiben a kiformált téglák száradásánál repedésre hajlamosak, égetésnél pedig nem adnak egynemű és megfelelő szilárdságú terméket. Gyakorlati tapasztalatok szerint túl durva szemcséjű salak használata a téglák szilárdságát 20—50%-ig csökkentti. Különösen fennáll ez üreges idomtesteknél.

7. Kérdés: Milyen adalékanyag-adagolással lehet a téglagyag képlékenységét növelni, hogy az vékonyfalú, üreges áru gyártására is alkalmas legyen?

Felelet: Az anyagok képlékenységének fokozása a legősibb módszer szerint teletteléssel történik. Telettelés alkalmával az agyag az ismétlődő fagy és felengedés hatására feltáródik. Hazai agyagoknál teletteléssel nem sikerült jelentékeny mértékben megnövelni a képlékenységet.

Laboratóriumi megfigyelések alapján a képlékenységet elektrolitokkal is lehet befolyásolni. Minimális mennyiségű lúg emeli, sav csökkenti a képlékenységet. Kis mennyiségben adagolt organikus kolloidok (pl. humuszsav, tannin) szintén növelik a képlékenységet. A téglá- és cserépiparban ezek a kísérletek azonban eddig eredményre nem vezettek.

Bizonyos mértékig fokozható a képlékenység vákumprés használatával, mert az a soványítóanyagként viselkedő levegőt a megmunkált agyagból eltávolítja.



Legbiztosabb módszer a képlékenység fokozására abban áll, hogy a kevésbé képlékeny agyaghoz 10—30%-nyi mennyiségben sok agyagásványt tartalmazó, nagyképlékenyséű és kötőképességű agyagot keverünk.

11. Kérdés: Mennyi az üveget alkotó oxidok izzítási vesztesége a közönséges üvegnek olvasztási hőfokán, és mikép korrigáljuk a veszteséget a keverék számításánál?

Felelet: A keverékkomponensek közül az olvasztás hőmérsékletén leginkább párolog a bórsavanhidrid és a bórsavas vegyületek oxidkomponensei, ezenkívül az arzénvegyületek és a szelén.

A  $B_2O_3$  üvegkeverékbe adagolt mennyiségének az olvasztás folyamán 3,6—48,3%-a párolog el, attól függően, hogy milyen mennyiségben fordul elő az olvadéokban, a keverék egyéb oxidkomponenseiből és az olvasztás módjától, valamint a keverék nedvességtartalmától is függően.

Irodalmi adatok alapján az egyes oxidokból 1%-onként a következő mennyiségek párolognak el az olvasztási hőmérsékleten átlagos olvasztási időtartam esetén:

$Na_2O$	szódából	0,032%
$Na_2O$	szulfátból	0,060
$K_2O$	hamuzsírbból	0,120
$B_2O_3$		0,150
$ZnO$		0,040
$PbO$ (50%)		0,140
$CaF_2$		50-ig
Se		90-ig

A  $SiO_2$  az olvasztás hőmérsékletén még nem illékeny. Az  $As_2O_3$  nagyobb mennyiségben adagolva teljes mértékben eltávozik már viszonylag alacsonyabb hőmérsékleten is, ha ellenben a keverékben szereplő mennyisége 0,25%-nál kisebb, az üvegből csak mintegy 40%-a távozik el olvasztásnál.

Szelénrubin üvegből a fém Se-nek mintegy 90%-a elpárolog. A szelénvegyületek sokkal kisebb százalékban távoznak el, erre vonatkozólag azonban irodalmi adatok még nem állnak rendelkezésre.

Boroszilikát, ólomboroszilikát és ólomüvegben a bór és ólomoxid főleg az olvadék felső részéről távozik el olvasztás közben, a termikus konvekció nem teljesen homogenizálja az olvadékot és még a tisztulás időszakában is az ólom, illetve bór-tartalom lokális koncentrációingadozásokat mutat.

Az olvasztási hőmérséklet emelésével az illó mennyiségek hirtelen növekednek.

Fentiekből kitűnik, hogy az oxid komponensek izzítási veszteségeit a keverék készítésénél figyelembe venni nem egyszerű feladat. A kérdést bonyolítja még a kemencekonstrukció jellege is, mert az olvadásban lévő keverék feletti gáz-atmoszféra nyomás és áramlási viszonyai is befolyásolják a párologási veszteségeket. Az optikai üvegek gyártásában a korrekciós tényezőket valamely meghatározott üvegre vonatkozólag kísérletileg szokták megállapítani oly módon, hogy elméleti összetételű keveréket megolvastva megvizsgálják a kapott üveg analitikai és elméleti összetétele közötti különbséget.

Amennyiben az üvegösszetételt csak +0,05% pontossággal kívánjuk beállítani, fent közölt számértékek a korrekció szempontjából jól felhasználhatók. Minden esetben ajánlatos azonban a nyert üveg összetételét analitikailag ellenőrizni.

25. Kérdés: Az iszap víztartalmának csökkentése milyen mértékig jár haszonnal a nedves eljárású klinkerégetésnél?

Felelet: Az iszap nedvességtartamának csökkentése általában a klinkerégető kemencék teljesítményének némi emelését teszi lehetővé. Ennek az az oka, hogy a kemencezónák miatta eltolódnak, a forrózónák megnyúlnak. A nedvességtartalom csökkentése az iszap folyósságát, ezzel szivattyúzhatóság is fokozatosan is megszünteti. A folyósság megtartása érdekében — mint ismeretes — különböző vízkozitáscsökkentő vegyszereket (vízüveg, szóda, szulfidgáz stb.) szokták adagolni. a nyersanyag tulajdonságaitól függő mértékben. Hazai nyersanyagaink alacsony víztartalom beállítását többnyire vegyszerek alkalmazása nélkül is megengedik.

A víztartalom csökkentése folytán hátrányos jelenségek is mutatkoznak: a fajlagos hőfogyasztás romlása (ami a távozó füstgázok hőmérsékletének emelkedésében nyilvánul) és a porvesztés sokszor igen nagy fokozódása. E hátrányos jelenségek túltengése a nedvesség csökkentésének észszerű határt szab.

Hangsúlyozzuk, hogy az irodalomból ismert adat, amely szerint az iszap víztartalmának minden százaléknyi csökkenése a kemenceteljesítmény 1,6 százalékos emelkedését eredményezi, csak a 40 százalékkörüli kezdő nedvességtartalomra vonatkozik. Hazai gyáraink ennél jóval kisebb nedvességgel dolgoznak.

Általános útmutatásul szolgálhat, hogy a kezdő nedvességtartalom beállítása akkor helyes, ha a lánczóna végéig 10—12 százalékosra csökken.

## OLVASD AZ ÉPÍTŐIPAR FOLYÓIRATAIT!



GRIGORJEV:

## A mész alkalmazása az építőiparban

A könyv teljes és általános képet ad a mész kitermeléséről, a mészégetéséről, az égetett mész feldolgozásáról, a mész tulajdonságairól és építőipari alkalmazásáról. Ismerteti azokat a fizikai és vegyi folyamatokat, jelenségeket, amelyek a mész kötése és szilárdulása folyamán a mésszel készülő építőanyagokban vagy építési elemekben végbemennek. Elemezi és

értékeli a különböző mészfajtákat. Részletesen tárgyalja azokat az előnyöket, amelyeket az építőanyagokban felhasznált őrölt, égetett mész oltása következtében fejlődő hő a kötőanyagok és habarcsok kötése vagy szilárdulása folyamán biztosít.

76 oldal

Fűzve 12 — Ft

MÁRKUS—TOÓKOS:

## Szállítás az építőiparban

Az építőiparban különösen fontos, hogy az építési anyagok, a termelőhelyekről a végső felhasználás helyéig a legkevesebb árumozgatással és a legkisebb költséggel jussanak el. A könyv erre vonatkozólag ad gyakorlati útbaigazítást, amikor részletesen tárgyalja

a szállítás tervezését, megszervezését és külön fejezetekben foglalkozik a szállítással vasúton, tehergépkocsin, szekéren és kordélyon, hajón és repülőgépen.

213 oldal

Fűzve 29,— Ft

MARKOV:

## Építőipari gépek javítása

A könyv a tőrésekre, illesztésekre és műszaki méretezésekre vonatkozó fontosabb ismereteket tartalmazza. Egyes fejezeteiben foglalkozik a fémek technológiájával, a surlódás és a gépalkatrészek kopásának kérdésével, valamint az építőipari trösztökben a tervszerinti megelőző karbantartás rendszerének meg-

szervezésével kapcsolatos kérdésekkel is. Tárgyalja az építőipari gépek javításának technológiáját, az alkatrészek helyreállításának és tartósabbá tételének általános módszereit és a fontosabb műhelyek tervezésének módszertanát.

288 oldal

Kötve 50,— Ft

POPOVICS:

## Építési anyagok építéshelyi vizsgálata

A mű igen alapos felkészültséggel, nagy tárgyi ismerettel összegyűjtött adatokkal ismerteti az építkezés helyszínén, illetve a helyszíni laboratóriumokban végezhető vizsgálatokat és azokat az ismereteket, amelyeket a helyszíni vizsgálatokat végző dolgozóknak, építkezési anyagátvevőknek tudniuk kell az építési anyagokról,

szerkezeti elemekről, azok helyszíni vizsgálatáról, a központi laboratóriumba vizsgálatra küldendő anyagok mintaátvételéről, csomagolásáról, vizsgálatkérés módjáról.

292 oldal

Kötve 50 — Ft

Beszerezhetők:

Minden ÁLLAMI KÖNYVESBOLTBAN

Budapesten és vidéken

és az üzemi könyvpropagandistáknál.



