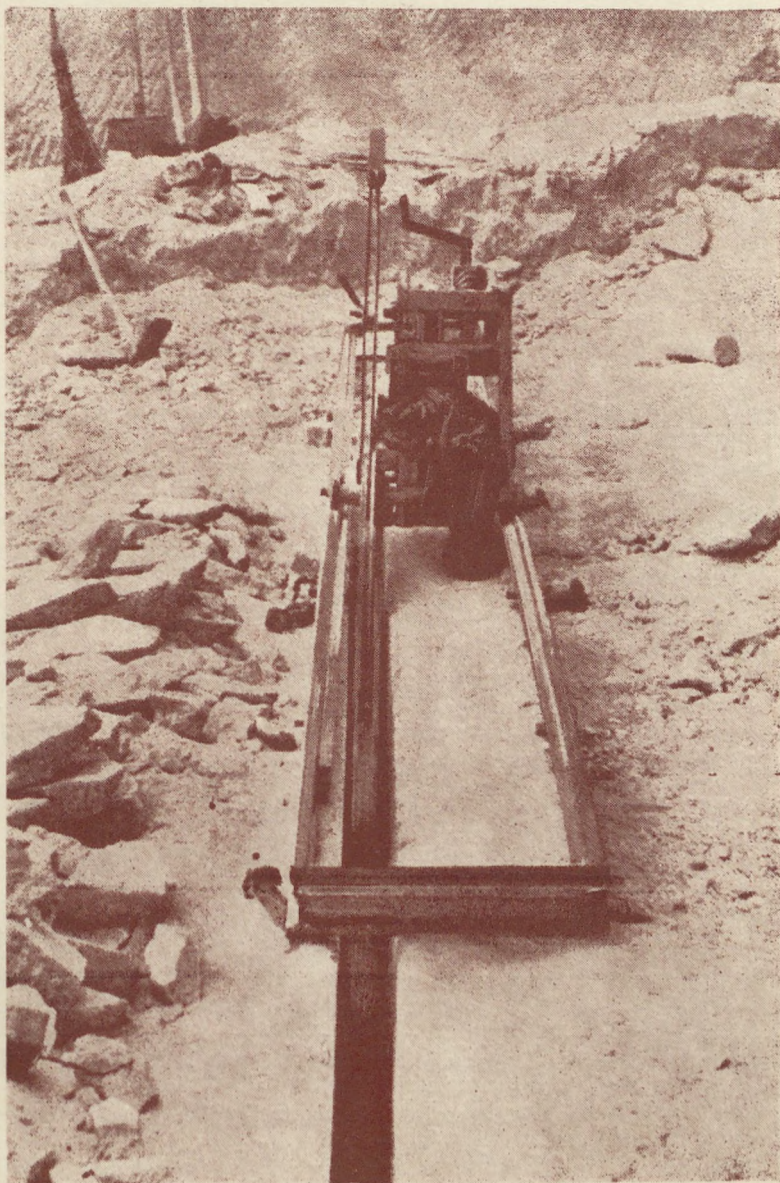


V 302935

# ÉPÍTŐANYAG

CEMENT, MÉSZ  
TÉGLA, KERÁMIA  
ÜVEG ÉS KŐIPAR



**2.** SZÁM

A mész- és cementipar,  
az üvegipar, a finom-  
kerámia-, a tégl-, eserép-  
és kőbányaiipar tudományos  
szakirodalmi folyóirata

★  
Felelős szerkesztő :  
Egyed Zoltán

★  
Főszerkesztő :  
Dr. Korányi György

★  
Szerkesztőségi titkár :  
Hinsenkamp Alfréd

★  
Szerkesztőbizottság :  
Bereczky Endre  
Beke Béla  
Erdély Imre  
Gröfcsik János  
Király György  
Király János  
dr. Knapp Oszkár  
dr. Lehmann Edit  
Mayer Károly  
Németh Béla  
Szentmártony Gusztáv

★  
Szerkesztőség :  
Budapest, V., Honvéd u. 22.  
II. lépcső I. emelet 4.  
Telefon : 124-438

★  
Kiadja :  
Műszaki Könyvkiadó,  
Budapest, V.,  
Bajcsy-Zsilinszky út 22.  
Telefon : 113-450

★  
Felelős kiadó :  
Solt Sándor

## AZ ÉPÍTŐANYAGIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

## TARTALOM

	Old.
Lócsei Béla: Üvegtermékek tömeggyártásának statisztikai minőség-ellenőrzése .....	41
Sasvári György: A durvakeramiai szárítás elméletének és gyakorlatának fejlődése az utolsó tíz évben .....	51
Dr. Wessely Imre: A portlandcementgyártás kémiai technológiájának fejlődéstörténete .....	56
Erdélyi Imre: A sóskúti mészkőbánya fejlesztése .....	62
Csutor János—Kéry Gyula: Törekvések a közönséges betoncsövek nagyüzemi előállításának korszerűsítésére .....	70
Kecső István: Az épületelemgyártásról .....	75
A csehszlovák építőipar új feladatai .....	79
A Sztróityelnűe Materialü 1955. 12. decemberi számának tartalmából	80
Üzemkísérleti berendezés a portlandcementklinker gyártására tűzfolyós kohósalakból .....	B/3

## СОДЕРЖАНИЕ

	сторона
Бела Лочей : Штатистический контрол качества в массовом производстве стеклянных изделий .....	41
Дьердь Шаивари : Доклад о развитии теории и практики сушки керамических изделий в последнем десятилетии .....	51
Имре Вессели : История развития химической технологии в производстве силикатных цементов .....	56
Имре Эрдельи : Развитие карьера по добыче известняка в Шомкут	62
Янош Чупор—Дюла Кери : Стремления по совершенствованию индустриального производства нормальных бетонных труб .....	70
Иштван Кечё : О производстве сборных элементов зданий .....	75
Новые задачи строительного дела в Чехословацкой Народной Республике .....	79
Краткое содержание „Строительные Материалы“ год. 1955 № 12.	80
Производственно-опытное оборудование для производства клинкера силикатных цементов из горячо-текучего доменного шлака .....	B/3

## CONTENU

	Nov. Page
Béla Lócsei: Contrôle de qualité de la grosse fabrication des produits de verre par méthode statistiques .....	41
György Sasvári: Rapport. Le développement de la pratique et de la théorie du séchage dans l'industrie céramique dure pendant les dernières dix années .....	51
Dr. Imre Wessely: L'histoire de développement de la technologie chimique de la fabrication de ciment portland .....	56
Imre Erdélyi: Le développement de la carrière de pierre à chaux à Sóskút .....	62
János Csutor—Gyula Kéry: Efforts à la modernisation de la fabrication en série des tuyaux de béton ordinaires .....	70
István Kecső: De la fabrication des éléments de construction .....	75
Les nouvelles tâches de l'industrie des bâtiments tchécoslovaques ..	79
L'équipement expérimental d'usine pour la fabrication du ciment portland à base du laitier en état coulant de feu .....	B/3

# A Magyar Enciklopédia „Építési anyagok” anyagának címszójegyzéke

Alábbiakban közöljük a Magyar Enciklopédia „Építési anyagok” anyagának címszójegyzékét.

Kérjük olvasóinkat, hogy a címszójegyzékkel kapcsolatos észrevételeiket, bírálatukat, kiegészítésre, pótlásra, törlésre, vagy változtatásra vonatkozó javaslatukat küldjék a Magyar Enciklopédia szerkesztőségéhez (Budapest, V. Szalay u. 10. VI. 39., tel.: 129-430 235 mellék címre). Kérjük bírálat tárgyává tenni a címszó kiválasztás helyességét és a tervezett terjedelmet is, melyet a címszó után közölt szám vagy betű jelöl. (Lásd »Jelmagyarázat»). A □ jel az előtte közölt számmal a tervezett illusztrációk számát jelzi, míg a »B» jelöléssel ellátott cikkeknél szakirodalmat is közlünk. A címszó után zárójelben közöljük a címszó esetleges variánsát, vagy szűkebb meghatározó értelmezését, tárgykörét. A címszó alatt »bokorban» adjuk

a cikk tartalmi vázlatát és azokat a fontos fogalmakat, melyeket a cikk tárgyalni kíván; ezek közül a dőltbetűs (kurzív) szedésű fogalmak az inde -kötetben is szerepelni fognak. Ez utóbbiak természetesen nem szerepelnek az enciklopédia címszavai között, viszont az összes címszóval is szerepelni fognak az enciklopédia inde -kötetében. Ismétléseknél szedésmegtakarítás céljából ~ jelet alkalmaz-

zuk.

Jelmagyarázat:		
T = törpe cikk:	4 sor	1 = 1 hasáb: 70. sor
K = kis cikk:	8 sor	B = bibliográfia
¼ = ¼ hasáb:	17 sor	□ = illusztráció
½ = ½ hasáb:	35 sor	~ = címszóismétlési jel
¾ = ¾ hasáb:	52 sor	

## Építési anyagok

### 1. építési (építő) anyagok 2 B 140

természetes anyagok:

szerves anyagok:

fa →

nád →

szalma →

szerveetlen anyagok:

tern éskő →

pala →

kavics, homok, talaj → mélyépítés,

talajosztályozás

víz →

mesterséges anyagok:

kerámiák → tűzálló anyagok → kötő-

anyagok → habarcsok → beton →,

vasbeton →, műkö →, mesterséges építő-

kövek → szigetelőanyagok → fémek és

acélok →, építési üvegek → festékek,

lakkok →, műanyagok, egyéb anyagok

műanyag (az építészetben) → vegyészeti,

műanyagok:

duropasztok:

fenopasztok (bakelit, pertinax, trolit-

um, rétegzett fa, lignofol)

aminopasztok:

karbamid, futurit, kauril, melamin stb.

termopasztok:

polivinylkloridok: (vinidur, igelit,

P. V. C.)

gumi →, linóleum →

vulkánfibre

egyéb építési anyagok:

macseko →

tapéták →

vályogok →,

habarcsötmitőszerek →

gombaelleni védőszerek: (mikrosol, merulit)

beeresztő-, védő- és telítőszerek (tinktoral,

karbollineum antiphlog, fluátok, stb.)

vegyi korróziók és azok elleni védelem

fémeknél, köveknél, műköveknél, fa-

anyagoknál, stb.

építési anyagok minőségi ellenőrzése, szab-

ványos vizsgálatok

2. fa (mint építőanyag) 1 1/4 □ B komplex

→ faipar

általános tárgyalása építőipari szempontból

~ hibái, befekéség, védőszerei

~ szilárdsági vizsgálata

minőség és az építőiparban használatos

fajták szerinti osztályozás és felsorolás.

3. nád (mint építőanyag) T komplex →

mezőgazdaság 5

nád, mint fedőanyag

4. szalma (mint építőanyag) T komplex →

mezőgazdaság 3

felhasználásmódja

5. terméskő (mint építőanyag) K komplex →

földtan 10

mélységbelli kőzetek: gránit, szlenit,

gabbro

kőmlésbelli kőzetek: andezit, bazalt

üledékes kőzetek: mészkövek, dolomit,

homokkő, vulkáni tufák

~ vizsgálata: fajsúly, térfogatsúly, víz-

felvételképesség, időállóság, szilárdság

szerint

6. pala T komplex → földtan 4

7. víz (mint építőanyag) T komplex → vegy-

tan, hidrológia 4

8. kerámia (mint építőanyag) T komplex →

vegyipari technológia 5

tégla →, cserép →, fehér-cserép →, fehér-

cserép-csempe →, kályha-csempe →, ma-

ajolika →, kerámit →, kőagyag →, kő-

agyagcső → és lap →, klinker →

9. tégla T → még vegyipari technológia 5

10. cserép (mint építőanyag) T 4

11. fehér-cserép T

egészségügyi berendezések anyaga

fayance 5

12. fehér-cserép-csempe T 5

13. csempe T 5

14. kályhacsempe 4

15. majolika (építőanyag) → építőművészet 3

16. kerámit T 3

17. kőagyag (metlachi) → burkolólap T, 3

18. kőagyagcső (kőagyaglap) T 3

19. klinker (kongótégla) T 5

20. tűzálló anyagok 1/4 B 15

tűzálló tégla: samott-tégla, samott-idom

szilika-tégla, szilika-idom, magnezit-tégla

krómmagnezit tégla, dolomit-tégla, tűz-

álló habarcs, döngölőmassza 3

21. tűzálló tégla → tűzálló anyagok 9

22. samott-tégla → tűzálló anyagok 3

23. szilika tégla → tűzálló anyagok 3

24. magnezit tégla → tűzálló anyagok 3

25. krómmagnezit tégla → tűzálló anyagok 3

26. dolomit tégla → tűzálló anyagok 3

27. tűzálló habarcs T → tűzálló anyagok 3

28. döngölőmassza T → tűzálló anyagok 3

29. kötőanyag (építési) K 3

mész →, hidraulikus pótlék →, cement →,

gipsz →

30. mész T (építési) komplex → vegyipari

technológia 5

oltott fehér mész

porrá oltott mész

szürke mész

hidraulikus mész

karbid-mész

31. hidraulikus pótlék (kötőanyag) K → föld-

tan, kohászat, tüzeléstechnika 10

trasz

kohósalak

kovaföld

porzénhamu

kazánsalak

puccolón (puzzolón)

32. cement (kötőanyag) 1/4 - kompl. vegy-

ipari technológia 20

homogén cement:

portlandcement

románcement

S 54-es cement

bauxit cement

Sorel-cement

heterogén cement:

kohósalak-portlandcement

trasz-portlandcement

33. gipsz (kötőanyag) K → földtan, vegy-

ipari technológia, építőművészet 10

építési gipsz

model- vagy formagipsz

alabástromgipsz

keménygipsz

márványgipsz

34. habarcs (építőanyag) 1/4 20

falazóhabarcs

vakolóhabarcs

különleges cementhabarcsok

ágyazó cementhabarcs

simító cementhabarcs

meszes simító cementhabarcs

egyéb habarcsok

kőporos habarcs

gipszes belső vakoló

gipszes belső simító

gipsz-rabitzhabarcs, stb.

35. beton 2 1/4 □ B → még betonozás (épi-

tészet) 160

beton alkotászei

adalekanyag

kötőanyag

víz

levegő

beton keverése:

keverési arány

keverési arány viszonya szilárdsághoz

víz-cementtényező

bedöngölési tényező

konzisztencia

vizigény

készítési vízmennyiség

vízbecslőképlet

vízdróság

cementhidratálás

beton tömörítése → betonbedolgozás

beton utókezelése → betonbedolgozás

hőmérséklet befolyása a betonra

vegyi hatások:

~ költésgyorsító szerek

szulfátok, savak hatása

beton szilárdsága; szilárdsági vizsgálata:

→ még betonozás, szilárdságtan

próbakocka, annak készítése, tárolása

kockaszilárdság

kockapróba

próbagerenda (Emperger-gerenda)

gerendapróba

területi próba

átalakítási próba

behatolási szám

betonfajták:

tűzálló beton

szűrőbeton

vízálló beton

nehézbeton

keménybeton		szervetlen hőszigetelő anyagok:	vörösréz
könnyűbeton		kőszivacs-tégla	sárgaréz
gázbeton (Siporex, Ytong)		kovaföld	tombak
sejtbeton		termalit-tégla	bronz
könnyű adalékanyagú beton		magnezit-tégla	aluminium és ötvözetel
salakbeton		üvegfonal	dural
betongyártmányok:		salakgyapot	antikorodál
betoncső		szendvics-panel: könnyűbeton-tartó, üveg-	hidronalium
csatornacső		gyapotréteg, aluminium fólia	horgany (cink)
vízvezetési nyomócső		horzsakő	ön
beton-kütyűrű		tufaréteg	ólom
cementcserép		tufatégla	forraszkó
cementlap		könnyűbeton → beton	félkész és készgyártmányok:
előregyártott vasbetonelemek és szerkezetek → előregyártás (építészet)		könnyűgipsz	tartók
36. vasbeton T komplex → épületek kivitelezése	3	szerves hőszigetelő anyagok:	idomacélok
hidak		parafa (gyártmányai)	betonvasak
37. adalékanyag → beton	3	faforgácslemez	nyílászáró szerkezetek szerelvényei
38. vízcementtényező → beton	3	rostlemez	épületgépészeti szerelvények, anyagok, segédanyagok
39. bedőngölési tényező → beton	3	nádlemez	lemez, huzalok, szegek, csavarok, stb.
40. konzisztencia (beton) → beton	3	turfalemez	61. építési üveg 1/4 komplex → üveg, vegyipari technológia
41. nehézbeton → beton	3	hangszabályozó építőanyag	húzott üveg:
42. könnyűbeton → beton	3	hanggátló anyag	általászó üveg
43. gázbeton (habbeton) → beton	3	hangszigetelő anyag	homályosított üveg
44. műkö (építőanyag) K	10	hangelnyelő anyag	mintás üveg
45. mesterséges építőkövek 1/4	16	szerves hangszabályozó építőanyagok:	öntött üveg:
cementlap		parafa	simá öntött üveg
mozaiklap		faforgácslemez	mintás öntött üveg
azbesztcement (eternit) →		rostlemezek	huzalbetétes üveg
mészhomoktégla		fa	sajtott üveg:
gázzilikát-panel		textiliák	üvegtégla
46. cementlap → mesterséges építőkövek	3	gumi	üvegcserep
47. mozaiklap → mesterséges építőkövek	3	nemez	különleges üveg:
48. azbesztcement (eternit) K	10	szervetlen hangszabályozó építőanyagok:	színes üveg
~ lap		azbeszt	törhetetlen üveg
~ tetőfedő pala		üvegfonal	kemény üveg
~ burkolólemez		salakgyapot	tükörüveg
~ hullámlémez		gáz (hab) szilikát	ultraviolet üveg
~ cső		bazalt-gyapot	hősugarak ellen védő üveg
49. gázzilikát-panel → mesterséges építőkövek	4	szigetelő feltöltések	62. festékek, lakkok (építőanyag) komplex
50. mészhomoktégla → mesterséges építőkövek	4	hangelnyelő vakolatok	- vegyipari technológia
51. szigetelőanyag (építőanyag) 1/2	40	fémforgács	szobafestő munkánál használt anyagok
vízszigetelő anyagok: → még vízépítés-		hangtompító falak	mázoláshoz, alapozásokhoz használt anyagok (mázoló munkáknál)
tan, alapozások		rezgésszigetelő anyag:	63. P. V. C. (polyvinylchlorid) (mint építőanyag) → vegyipari technológia
Alapanyagok:		sajtott parafa	64. gumi (mint építőanyag) T komplex → gumipar
bitumen		nemez	65. linóleum (mint építőanyag) T → vegyipari technológia, művészeti technikák
kátrány		gumi	66. macseko (mint építőanyag) T
zuzalék, homokos kavics		acélrugó	67. tapéta (falkárpit) K
nyerspapírlémez		bőr	bársonytapéta
aszfalt		52. vízszigetelő anyag → szigetelőanyag	mosható tapéta
ragacs		53. hőszigetelő építőanyag → szigetelőanyag	fatapéta
viasz (emulzió)		54. hangszabályozó építőanyag → szigetelőanyag	68. vályog T
tapasz (szigetelő)		55. hanggátló építőanyag	69. habarcstömítő szer T
itatott lemezek:		56. hangszigetelő építőanyag → szigetelőanyag	granitol
csupaszlemez		57. salakgyapot → szigetelőanyag	szikurit
fedéllemez		58. gáz (hab-) szilikát → szigetelőanyag	trikozál
szigetelőlemez		59. szendvics-panel → szigetelőanyag	szanit
hőszigetelő építőanyag:		60. fémek és acélok (építőanyag) 1/2 komplex	70. karbolineum (carbolineum) T
		- kohászat, vasipar	
		→ nyersanyaga	
		vas	
		réz és ötvözetek	

# ÉPÍTŐANYAG

8. ÉVFOLYAM 2. SZÁM

## Üvegtermékek tömeggyártásának statisztikai minőségellenőrzése\*

LŐCSEI BÉLA

### I. Bevezetés

Az üvegipar területén megindult szabványosítás számos olyan minőségellenőrzési problémát vetett fel, melynek elemzésére üvegipari szakembereink mindezideig nem szenteltek kellő figyelmet. Habár szűrőpróbák eredményeinek kiértékelését, mérési sorozatok megítélését, folyamatos minőségellenőrzést különböző iparágak már régen statisztikus eljárások alkalmazásával végeztek, iparunkban a hasznos gyakorlati adatokat szolgáltatató eljárásokat — egyes adatok grafikus kimutatásán kívül — nem alkalmazták és nem történt semmi ezeknek a módszereknek az elterjesztése érdekében. Talán közreműködött ebben a matematikai módszerek alkalmazásával szemben mutakozó bizonyos mértékű idegenkedés is.

Statisztikai feldolgozásra van például szükség olyan kérdések kezelésénél, mint egyes öblösüvegipari termékek méreteinek megoszlása; különösen élesen jelentkezett a laboratóriumi üvegek falvastagság-megoszlásának kérdése. A szabványosítási eljárás megindításakor az illetékes bizottság teljesen tájékozatlanul állt ezen a vonalon. A bizottság arra a megállapításra jutott, hogy a falvastagság tényleges alakulásának meghatározására részletes vizsgálatot kell lefolytatni. A felhasználók és a kereskedelem, mint azt a későbbi vizsgálatok kimutatták, szintén helytelenül ítélték meg falvastagság-eloszlás szempontjából mind a hazai, mind a külföldi eredetű laboratóriumi árukat.

Az Építésügyi Minisztérium Üvegipari Igazgatósága és a Magyar Szabványügyi Hivatal felhívása alapján az Építőanyagipari Központi Kutató Intézet Üvegosztálya végezte el különböző üvegipari termékek méretstatisztikai adatfelvételét.

Vizsgálatainkat részben automata- és fél-automatagéppel gyártott konzervüvegekre, részben pedig kézi gyártású laboratóriumi üvegárukra terjesztettük ki. Mivel elsősorban a laboratóriumi üvegáru minősítése jelentette a súlyponti kérdést, a vizsgálat előterébe ezek kerültek.

Vizsgálataink azonkívül, hogy tisztázzák a fűvott üvegáruk falvastagság megoszlásának törvényszerűségeit, egyúttal rámutattak arra is, hogy az üvegipari termékek statisztikus vizsgálá-

lata mindezideig hiányzott üveggyáraink ellenőrzési módszerei közül, illetve jelentőségéhez viszonyítva elenyészően kis figyelmet fordítottak arra. Éppen ezért, mielőtt rátérnénk a vizsgálatok konkrét eredményeinek és a belőlük levonható elméleti és gyakorlati következtetéseknek az ismertetésére, szükséges a statisztikus vizsgálatok módszertanának a rövid ismertetése.

A tömeggyártás termékeinek ellenőrzése az üvegiparban is, mint minden más tömeggyártásban mintavétel útján történik. Nyilvánvaló, hogy minden egyes gyártott darabot nem lehet részletesen ellenőrizni. Az üvegiparban a minőségellenőrzés folyamán ugyan minden darabot kézbe kell venni, át kell nézni: ez a vizsgálat azonban nem terjedhet ki például minden üvegdarab méretének az ellenőrzésére, úgyhogy ezeknek a vizsgálata a kivett minták alapján csak a statisztikai módszerekkel történhet. Ennél a műveletnél a matematikai statisztika, illetve a valószínűség-számítás módszereit alkalmazzuk. A minták kivételének teljesen véletlenszerűen kell történnie, vagyis úgy, hogy azok az összes lehető értéket magukba foglalhassák. Akkor érhető ez el, ha megvan a lehetőség annak, hogy bármely vizsgálendő darab mintaként szerepelhessen. Egy többkarú gép termelésének ellenőrzésénél — bizonyos mértékig — módosítani kell ezt a mintavételi módszert; biztosítani kell azt, hogy a minták a gép különböző karjait azonos arányban képviseljék. Ez az úgynevezett reprezentatív mintavételi módszer.

Különböző méretek meghatározása alapján, a kapott értékek gyakoriságának megállapítása útján olyan eloszlásgörbékhez jutunk, amelyek koordináta-rendszerben ábrázolva, az eloszlásgörbe törvényszerűségeinek meghatározásával a gyártási folyamat megítéléséhez támpontot adó értékeket szolgáltatnak.

### II. A méréseredmények megoszlásgörbéje

A tapasztalat azt mutatja, hogy sok esemény-sorozatnak az eloszlásfüggvénye az úgynevezett normális, vagy haranggörbének, amelyet Gauss-féle eloszlásgörbének is neveznek, felel meg. A normális eloszlás kialakulásának az a feltétele, hogy az egyes adatok, melyeket mérés útján rögzítünk, egymástól függetlenül álljanak elő, tehát az egyik mérés eredménye ne befolyásolja a má-

\* 1955. dec. 9.-i Építőanyagipari Kutatók III. konferenciáján megtartott előadás.

sikat. A jellegzetes haranggörbét, melynek sematikus lefutását az 1. számú ábra szemlélteti, méretstatisztikai szempontból a következő tulajdonságok jellemzik.

Az eloszlás függvénye:

$$f(x) = ke^{-h^2x^2}, \quad (1)$$

amelyben

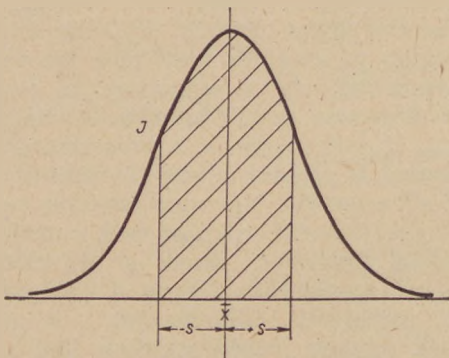
$$k = \frac{h}{\sqrt{\pi}}, \quad (2)$$

behelyettesítve az (1)-be

$$f(x) = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2x^2} \quad (3)$$

A képletben szereplő  $h$ -t szórási együtthatónak nevezzük. Megállapítható mindenekelőtt, hogy az  $f(x)$  függvény értéke minden  $x$  értéknél nagyobb, mint 0, és a függvény páros. Tehát görbéje az  $y$  tengelyre szimmetrikus. Minthogy  $\lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2x^2} = 0$

határértéke  $x$ -nek, mind a  $+$ , mind a  $-\infty$ -be való átmenete esetén a nullához tart, és a görbe aszimptotikusan közeledik az  $x$  tengelyhez.



1. ábra. Gauss-féle eloszlásfüggvény.

A függvény első differenciálhányadosa:

$$f'(x) = -2 \frac{h^3}{\sqrt{\pi}} x e^{-h^2x^2} \quad (4)$$

csak az  $x = 0$  helyen egyenlő 0-val, és ezen a helyen a második differenciálhányados értéke kisebb, mint 0, tehát  $x = 0$  helyen a függvénynek maximuma van. Ezenkívül a görbe két inflexiós ponttal rendelkezik, melyek szimmetrikusan helyezkednek el a 0 ponttól jobbra és balra.

$$f''(x) = 2 \frac{h^3}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2x^2} (-1 + 2h^2x^2) \quad (5)$$

Mivel a szorzat első tényezője nem lehet 0, a második pedig abban az esetben lesz 0-val egyenlő, ha

$$x = \pm \frac{1}{h\sqrt{2}} \approx \pm \frac{0,7071}{h} \quad (6)$$

a függvény inflexiós pontjai az adott  $x$  értékeknél vannak.

Öblösüveg méreteinek ellenőrzése esetén különböző nagyságú mérethalmazhoz jutunk. Az egyes méretek gyakoriságának meghatározásával megállapíthatjuk eloszlásgörbéjüket oly módon,

hogy valószínűségi változóként a kérdéses vizsgált méretértékeket tüntetjük fel a koordináta-rendszer abszcisszáján, az ordinátára pedig a méretek gyakoriságát, a keresett valószínűségi függvényértékeket visszük fel. Ennek a görbének a további vizsgálata útján jutunk az adatfeldolgozás matematikai statisztikai, illetve valószínűségi számítási módszereinek alkalmazásával további jellemző értékekhez; mint például a valószínűségi eloszlásfüggvény középvértékéhez ( $\bar{x}, \mu_1$ ), az egyes mérések átlagos eltérésehez ( $\Delta x_a$ ), szórási együtthatójához ( $h$ ), négyzetes eltérésehez ( $s$ ), az eloszlásgörbe ferdeségéhez ( $f$ ), illetve pontossági mértékének ( $V$ ) megállapításához.

A matematikai statisztika szerepét úgy határozhatjuk meg tehát, hogy valamely valószínűségi változó gyakorisága alapján módot nyújt a változó megoszlására jellemző paraméterek meghatározására és ezek felhasználásával technikai következtetések levonására.

### III. Középvérték, szórás, közepes négyzetes eltérés.

#### A megoszlásgörbék jellemző adatai.

E jellemző értékek meghatározási módját a Sajószentpéteri Üveggyár Lynch automatagépén gyártott konzervüvegek oldalfalvastagságának eloszlásfüggvényén mutatom be. Az 1. táblázat tartalmazza a mérési adatokat és azok százalékos megoszlását. Az eloszlásfüggvény a 2. ábrán látható.

Leolvasható a táblázatból, hogy 149 darab üvegen 2980 mérést végeztünk. Az egyes méretek

1. táblázat

#### Sajószentpéteri 1 kg-os konzervüvegek falvastagságának megoszlása

Sorszám	Falvastagság határok	Középvérték	Gyakoriság	Százalékos érték	Kerekített %
	1,7—1,8	1,75	1	0,03	0
	1,8—1,9	1,85	2	0,06	0
	1,9—2,0	1,95	2	0,06	0
	2,0—2,1	2,05	5	0,15	0
1.	2,1—2,2	2,15	9	0,27	1
2.	2,2—2,3	2,25	25	0,87	1
3.	2,3—2,4	2,35	44	1,48	2
4.	2,4—2,5	2,45	64	2,15	2
5.	2,5—2,6	2,55	69	2,28	2
6.	2,6—2,7	2,65	140	4,70	5
7.	2,7—2,8	2,75	281	9,44	10
8.	2,8—2,9	2,85	394	13,40	13
9.	2,9—3,0	2,95	515	17,35	17
10.	3,0—3,1	3,05	337	11,32	12
11.	3,1—3,2	3,15	306	10,28	10
12.	3,2—3,3	3,25	226	7,56	8
13.	3,3—3,4	3,35	153	5,14	5
14.	3,4—3,5	3,45	119	4,00	4
15.	3,5—3,6	3,55	63	2,12	2
16.	3,6—3,7	3,65	60	2,02	2
17.	3,7—3,8	3,75	43	1,45	1
18.	3,8—3,9	3,85	40	1,35	1
19.	3,9—4,0	3,95	32	1,04	1
20.	4,0—4,1	4,05	36	1,29	1
	4,1—4,2	4,15	10	0,30	0
	4,2—4,3	4,25	3	0,09	0

gyakorisága a negyedik oszlopban látható, az ötödik oszlop tartalmazza a százalékos megoszlást, a hatodikban pedig a számítás egyszerűsítése céljából szükséges kerekített százalékos megoszlás látható. A különböző falvastagságokat jelző sorszámokat  $x$ -el jelölve, a maximális falvastagság értékéhez tartozó sorszámot  $x$ , az egyes falvastagságértékek gyakoriságát jelentő százalékos adatokat  $f(x)$ -szel jelöljük. Az öblösüvegek különböző falvastagság méreteinek eloszlása nem mindig mutat normális eloszlást. A különböző eloszlás-görbék jellemzésére a nyomatók kiszámítását és a ferdeség megállapítását használhatjuk fel. A középérték, vagy az elsőrendű nyomaték tulajdonképpen a valószínűségi változó, jelen esetben a különböző falvastagság értékek matematikai középértéke.

A matematikai középérték jelentése :

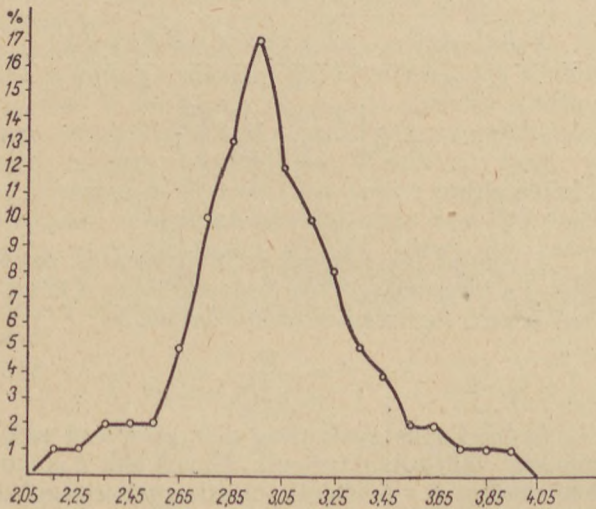
$$\mu_1 = \bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_N}{N} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (7)$$

$x_i$ , az egyes mérési eredmények, a valószínűségi változó értékeinek a jelentése.

A legegyszerűbben a matematikai középérték tehát úgy számítható, hogy a mérési eredményeket összeadjuk és elosztjuk a mérések számával. A matematikai középérték azonban egymagában nem ad elegendő felvilágosítást a mérési eredményekről.

További jellemző érték a szórásnégyzet,  $s^2$ .

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \quad (8)$$



2. ábra. 1 kg-os sajszentpéteri konzervüveg falvastagság-megoszlása.

A számítás egyszerűsítése miatt a következő átalakított forma használható :

$$s^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N x_i^2 - \bar{x} \sum_{i=1}^N x_i \quad (9)$$

$x$  a (7) képlet alapján számított középérték.

$\sum_{i=1}^N x_i$ , a mérési eredmények, az  $x_i$  értékek, a mi esetünkben a falvastagság értékeknek az összege. Ezek szerint tehát az egyes mérési eredmények négyzetét kell kiszámítani, ezeket összegezni és az átlagot beszorozni a mérési eredmények összegével. Ez az eljárás azonban csak abban az esetben alkalmazható — könnyen belátható okok miatt — ha a mérések száma nem túl nagy, mert a művelet még akkor is hosszadalmas, ha az egyes mérési eredmények négyzetét táblázatból olvassuk le.

A számítás további egyszerűsítése érdekében a mérési eredmények közül kiválasztunk egy megközelítő középértéket ( $\bar{x}'$ ), rendszeren a maximális gyakoriságú valószínűségi változót. Ennek felhasználásával a számítás a következőképpen alakul :

A matematikai középérték a következő :

$$\mu_1 = \bar{x} = \bar{x}' + \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x}') \quad (10)$$

A szórásnégyzet számítása a következőképpen alakul :

$$s^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x}')^2 - N(\bar{x} - \bar{x}') \quad (11)$$

A 2. táblázat egy 15 tagból álló mérési sorozat (100 ml-es álló gömbömbik nyakának a falvastagsága egy-egy ponton mérve — 15 db) átlagértékének és szórásnégyzetének számításához szükséges adatokat tartalmazza. A képletek (7., 9.) felhasználásával a numerikus számítás a következőképpen alakul :

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{N} = \frac{21,2}{15} = 1,41$$

Ezt a számított matematikai középértéket használjuk fel a szórásnégyzet kiszámításához is.

2. táblázat

100 ml-es álló gömbömbik nyakának falvastagsága.

N	$x_i$ mm	$(x_i - \bar{x})$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	1,2	-0,2	0,04
2	1,4	0,0	0,0
3	1,2	0,2	0,04
4	1,0	-0,4	0,16
5	1,4	0,0	0,0
6	1,6	+0,2	0,04
7	1,4	0,0	0,0
8	1,4	0,0	0,0
9	1,8	+0,4	0,16
10	1,4	0,0	0,0
11	1,6	+0,2	0,03
12	1,2	-0,2	0,04
13	1,2	-0,2	0,04
14	1,6	+0,2	0,04
15	1,8	+0,4	0,16

A 2. táblázatban szereplő adatokból számítjuk a közelítő középérték és az egyes

méréseredmények különbségeinek az összegét :

3. táblázat

$$\sum_{i=1}^{15} (x_i - \bar{x}')^2 = 0,76 ; \quad \bar{x} - \bar{x}' = 1,41 - 1,40 = 0,01$$

(Ez a számítás csak példa, a 15 mérés nagyobb méréssorozatból kiragadott mennyiség.)

Ezeknek az értékeknek a segítségével a szórásnégyzet, elvégezve a (11) képletbe való helyettesítést :

$$s^2 = \frac{1}{14} (0,76 - 15 \cdot 0,01) = \frac{0,61}{14} = 0,04336$$

Ebből az értékből a közepes négyzetes eltérés :

$$s = 0,207 \approx 0,21$$

Ezt az eltérést a középérték százalékában is meg szokták adni, amely értéket variációs együtthatónak nevezik :

$$V = \left( 100 \cdot \frac{s}{\bar{x}} \right) \% \quad (12)$$

Példánk esetében ez a variációs együttható (a szórás relatív értéke) :

$$V = 100 \cdot \frac{0,21}{1,41} = 14,89 \%$$

Nagyszámú mérés esetén az eddig bemutatott eljárás nem felel meg, úgyhogy további egyszerűsítést kell bevezetni. Az 1. táblázatban feltüntetett méréseredmények feldolgozásához szükséges további adatokat a következő 3. számú táblázat tartalmazza.

A táblázat első oszlopában a falvastagság osztályozási sorszámát, a második oszlop az egyes osztályok gyakoriságát  $[f(x)]$ , a harmadik oszlop a választott középértéktől számított súlyozási sorrendet  $(x_i - \bar{x}' = \Delta x_i)$  tünteti fel. Ez a beosztás tulajdonképpen a mérési sorozat általánosítását jelenti, mert a valószínűségi változót elvonatkoztatjuk a tulajdonképpeni mérési adatoktól és ugyanakkor elvégezzük az eloszlási görbe olyan koordináta-rendszerbe való helyezését, melynek  $y$  tengelye az eloszlásgörbe maximumán halad át, vagyis az ehhez tartozó valószínűségi változó az  $x_0$ , ami megegyezik az  $\bar{x}$ -el, a hozzátartozó  $f(x)$  érték pedig a maximális gyakoriság.

A következő, 4. oszlop a súlyozási értéket, amely tulajdonképpen mindig a valószínűségi változó sorszámának és a maximális gyakoriságú változó sorszámának a különbsége, valamint a gyakoriságnak a szorzatát tartalmazza. Következő oszlopba kerül a súlyozási érték négyzetének, az utolsóba pedig a súlyozási érték köbének az egyes gyakoriságértékekkel képzett szorzata.

Mintogy a méréseredmények azt mutatták, hogy a laboratóriumi öblösüveg-vizsgálatok nem vezettek mindig normális megoszlásgörbéhez, további adatokra volt szükség a megoszlásfüggvények jellemzésére. A függvények ferdeségét határozta meg az első-, másod-, és harmadrendű nyomatékok segítségével. Az elsőrendű nyomaték tulajdonképpen a valószínűségi vál-

$x$	$f(x)$	$x_i - \bar{x}'$	$(x_i - \bar{x}') \cdot f(x)$	$(x_i - \bar{x}')^2 \cdot f(x)$	$(x_i - \bar{x}')^3 \cdot f(x)$
1	1	-8	-8	64	-512
2	1	-7	-7	49	-343
3	2	-6	-12	72	-432
4	2	-5	-10	50	-250
5	2	-4	-8	32	-128
6	5	-3	-15	45	-135
7	10	-2	-20	40	-80
8	13	-1	-13	13	-13
9	17	0	0	0	0
10	12	1	12	12	12
11	10	2	20	40	80
12	8	3	24	72	216
13	5	4	20	80	320
14	4	5	20	100	500
15	2	6	12	72	432
16	2	7	14	98	686
17	1	8	8	64	512
18	1	9	9	81	729
19	1	10	10	100	1000
20	1	11	11	121	1331

tozó matematikai középértéke ; számítása a (10) képlet segítségével történik. A másodrendű nyomaték  $(\mu_2)$ , a szórás négyzete, továbbá a harmadrendű nyomaték a következő összefüggések alapján számítható :

$$\mu_2 = \mu_2' - (\mu_1')^2 = \frac{\sum f(x) \cdot \Delta x_i^2}{\sum f(x)} - \left[ \frac{\sum f(x) \cdot \Delta x_i}{\sum f(x)} \right]^2 \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \mu_3 &= \mu_3' - 3 \mu_1' \mu_2' + 2 (\mu_1')^3 = \\ &= \frac{\sum f(x) \cdot \Delta x_i^3}{\sum f(x)} - 3 \frac{\sum f(x) \cdot \Delta x_i}{\sum f(x)} \cdot \frac{\sum f(x) \cdot \Delta x_i^2}{\sum f(x)} + \\ &\quad + 2 \left[ \frac{\sum f(x) \cdot \Delta x_i}{\sum f(x)} \right]^3 ; \end{aligned} \quad (14)$$

a képletekben :

$$(x_i - \bar{x}') = \Delta x_i'$$

A másod- és harmadrendű nyomaték segítségével a megoszlásgörbék ferdeségi fokát a következő képlet segítségével számíthatjuk ki :

$$f = \frac{\mu_3}{\mu_2^{3/2}} \quad (15)$$

A maximális gyakoriság a 9. sorszámú valószínűségi változóhoz tartozik. Ennek lesz a súlyozási értéke 0. A föltötte lévő gyakoriságokat negatív, az alatta lévőket pozitív sorszámmal látjuk el. A fenti értékek segítségével az (1), (3), (6) képlet alapján a jellemző értékekhez jutunk.

Példánkban a 3. számú táblázat alapján a következő számértéket nyerjük :

$$\begin{aligned} \sum \Delta x_i' &= \sum f(x) \cdot (x_i - \bar{x}') = 160 - 93 = 67 \\ \sum \Delta x_i'^2 &= \sum f(x) \cdot (x_i - \bar{x}')^2 = 1205 \\ \sum \Delta x_i'^3 &= \sum f(x) \cdot (x_i - \bar{x}')^3 = 5818 - 1893 = 3925 \\ \sum f(x) &= 100 \end{aligned}$$



Az elsőrendű nyomatók a matematikai középérték:

$$\mu_1 = \frac{67}{100} + 9 = 9,67$$

A másodrendű nyomatók, vagyis a szórásnégyzet:

$$\mu_2 = \frac{1205}{99} - 0,67^2 = 12,17 - 0,45 = 11,72$$

Végül a harmadik nyomatók:

$$\mu_3 = \frac{3925}{100} - 3 \cdot 0,67 \cdot 12,17 + 2 \cdot 0,67^3 = 39,25 - 24,42 + 0,90 = 15,73$$

A megoszlás abszolút ferdeségének kiszámítása az adott képlet segítségével:

$$f = \frac{15,73}{\sqrt{11,72^3}} = \frac{15,73}{\sqrt{1560,90}} = \frac{15,73}{39,50} = 0,40$$

A szimbolikus értékekből tényleges értékekre úgy térünk át, hogy beszorozzuk őket a változó tényleges dimenzióval meghatározott értékével.

Az 1 kg-os, automatagépen gyártott konzervüveg falvastagság megoszlásának jellemző számértékei tehát a következők:

$$\bar{x} = 3,02 \text{ mm}, \quad s^2 = 0,1172, \quad s = 0,34 \\ f = 0,08$$

További minősítő értékek meghatározása céljából visszatérünk a Gauss-féle eloszlásgörbéhez. Egyik ilyen adat a mérésorozat eloszlásfüggvényében szereplő szórási együttható. Az elnevezés onnan származik, hogy egy mérésorozat annál jobb és megbízhatóbb, azaz az eredményeknek annál kisebb a szórása, minél meredekebb az eloszlásgörbéje, vagyis minél kisebb az inflexiós pontok abszcisszája. Ha az eloszlásgörbe keskeny, akkor kicsi, ha ellenben lapos, akkor nagy a mérés szórása. A (6) képlet alapján a  $h$  értéke grafikus úton az inflexiós pont abszcisszájának meghatározása alapján megkapható. Tekintve, hogy az eloszlásgörbék általánosan nehéz a grafikus kiértékelés, számítás segítségével is meg kell találnunk a meghatározás módját. Ehhez egy másik jellemző értékre, a középértéktől való átlagos eltérés értékre van szükségünk. Az átlagos eltérés:

$$\Delta x_d = \frac{\sum_{i=1}^N |x - (x_i)| \cdot f(x)}{N} = \sqrt{\frac{2 \sum_{i=1}^N a_i^2}{\pi (n - 1)}} \quad (16)$$

ahol  $a_i$  az egyes mérések eltérése a matematikai középértéktől. Ez tehát egyszerűen számítható és felhasználható a  $h$  szórási együttható meghatározására. A szórási együttható és a mérésorozat átlagos eltérése között a következő összefüggés vezethető le:

$$h = \frac{1}{\Delta x_d \cdot \pi} \approx \frac{0,564}{x_d} \quad (17)$$

Hasonlóképpen összefüggés áll fenn egy mérésorozat négyzetes eltérése és a szórási együt-

tható között, ami tulajdonképpen az eloszlásgörbe inflexiós pontjának az abszcisszája. Ez az összefüggés tehát megegyezik a (6) képletben közölttel.

A mérésorozatok tehát a következő adatokkal jellemezhetők:

a) a matematikai középérték, vagy elsőrendű nyomatók,

b) a szórás négyzete, illetve az eloszlásfüggvény másodrendű nyomatóka,

c) a másodrendű és harmadrendű nyomatók segítségével számítható ferdeségi érték,

d)  $h$  szórási együttható  $h = \sqrt{\frac{n - 1}{2 \cdot \sum_{i=1}^N a_i^2}}$

e) a mérésorozat átlagos eltérése,  $\Delta x_d$

f) a mérésorozat négyzetes eltérése

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N a_i^2}{n - 1}}$$

g) pontossági mérték,  $H = \frac{h}{\sqrt{N}}$

IV. Laboratóriumi üvegek falvastagságeloszlása.

A valószínűségszámítás méretstatisztikai vizsgálatokra való felhasználásának rövid módszertani ismertetése után a Nagykanizsai Üveggyár termékein végzett vizsgálat eredményét szeretném összefoglalni és néhány jellemző példával ismertetni. Együtt rá fogok mutatni arra is, hogy adott esetben milyen gyakorlati eredmény származhat hasonló jellegű mérésorozatok elemzéséből. Már a bevezetésben említettem, hogy ennek a vizsgálatnak a célja tulajdonképpen az volt, hogy tiszta képet kapjunk a kézi úton fűvással előállított laboratóriumi üvegáruk falvastagságának alakulásáról. A kiadott szabványtervezetek erre vonatkozóan általában a következő előírásokat tartalmazták. A tervezet két elő-

4. táblázat

Szélesnyakú Erlenmayer-lombik		Szélesnyakú gömblombik			
Névleges űrtartalom ml	Falvastagság mm	Tűrés %		Falvastagság	
		I.	o. II.	nyak	gömb
50	0,8			0,7—1,2	0,7—1,1
100	0,8			0,7—1,2	0,7—1,1
200	1,0			0,9—1,3	0,8—1,2
300	1,24			1,0—1,3	0,8—1,2
500	1,25			1,3—1,8	1,1—1,7
750	1,25	± 10	± 20	1,3—1,8	1,1—1,7
1000	1,25			1,8—2,2	1,8—2,2
1500	1,50			1,8—2,2	1,8—2,2
2000	1,50				
3000	1,75				
5000	2,00				

írási módot alkalmazott; egyik esetben a névleges űrtartalom függvényében megadta azokat az alsó és felső falvastagság határokat, melyek között a falvastagság mozoghat. A névleges űrtartalom növekedésével a falvastagság középértéke is növekedett. Másik esetben a névleges űrtartalom függvényében a falvastagságot középértékkel állapította meg és megadta, hogy a megengedett eltérés elsősztályú árunál  $\pm 10\%$ , másodosztályú árunál pedig  $\pm 20\%$ . A 4. táblázatban közlöm a MNOSZ 21419T. szélesnyakú Erlenmayer-lombik és MNOSZ 21304T. szélesnyakú gömb- és állólombik szabványtervezetek falvastagság előírásait.

Az 5. és 6. táblázatban közlöm a fenti két szabványtervezet hatálya alá kerülő egy-egy lombik tényleges falvastagságeloszlási viszonyait. A táblázatokban közölt mérési adatok felvételének helyét a 3. és 4. ábra jelzi. Az egyes oszlopokban a falvastagság-megoszlás a lombiktest különböző részeire vonatkozik. Az 5—10. ábra mutatja be az 500 ml-es Ergon álló lombik falvastagságmegoszlását. A 11—16. ábrán a 100 ml-es Ergon szélesszájú Erlenmayer lombik falvastagság-megoszlása látható.

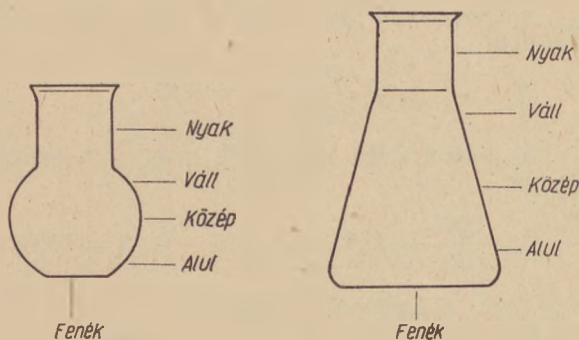
A „nyak“ jelzés a nyak közepén, a „váll“ az átmeneti görbület alatt 1,5 cm-rel, „alul“ a fenékgörbület felett 1,5 cm-rel, a „fenék“ egy tetszőleges átló mentén felvett mérési adatok gyakoriságát adja. A mérési helyek kijelölését előzetes, részletes vizsgálat alapján végeztük. Az utolsó oszlop az öt eloszlás összevonásából származik. Mind az 5., mind a 6. táblázatban 50 darab lombikon mért, oszloponként 150, összesen 750 mérésadatot dolgoztam fel.

5. táblázat

500 ml-es Ergon álló lombik

Falvastagság	Falvastagság %-os megoszlása					
	nyak	váll	közép	alul	fenék	teljes test
0,3—0,5	—	3	21	1	—	4
0,5—0,7	4	50	48	4	1	22
0,7—0,9	19	25	18	29	2	19
0,9—1,1	29	18	10	29	2	15
1,1—1,3	19	3	1	15	6	9
1,3—1,5	18	1	2	12	6	8
1,5—1,7	4	—	—	7	12	5
1,7—1,9	3	—	—	2	18	4
1,9—2,1	2	—	—	1	12	3
2,1—2,3	1	—	—	—	12	3
2,3—2,5	1	—	—	—	10	2
2,5—2,7	—	—	—	—	7	1
2,7—2,9	—	—	—	—	6	1
2,9—3,1	—	—	—	—	4	1
3,1—3,3	—	—	—	—	2	—

Vizsgálataink során összehasonlítást tettünk a nagykanizsai és a jénai lombikok falvastagságeloszlása között is; jellemzésül a 7. táblázaton és a 17—22. ábrákon egy jénai 250 ml-es álló lombik falvastagság-megoszlása látható.



3. ábra. Álló lombik vázlata a mérési pontokkal

4. ábra. Erlenmayer lombik vázlata a mérési helyekkel

6. táblázat

100 ml-es Ergon szélesszájú Erlenmayer gömb-lombik

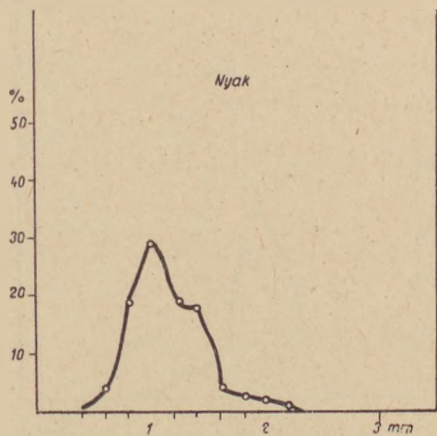
Falvastagság	Falvastagság %-os megoszlása					
	nyak	váll	közép	alul	fenék	teljes test
0,3—0,5	—	10	33	8	—	12
0,5—0,7	1	53	46	25	8	27
0,7—0,9	3	25	16	33	18	19
0,9—1,1	7	3	5	20	28	12
1,1—1,3	32	—	—	9	18	12
1,3—1,5	33	—	—	4	20	11
1,5—1,7	14	—	—	1	8	4
1,7—1,9	7	—	—	—	—	2
1,9—2,1	3	—	—	—	—	1

7. táblázat

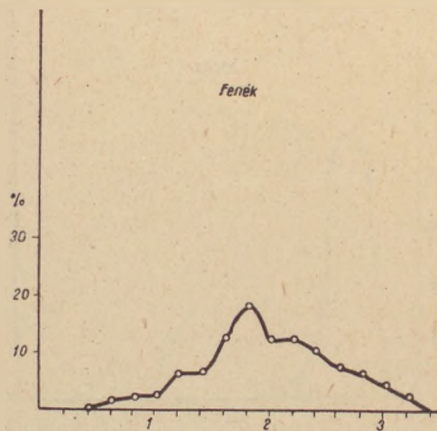
Jénai 250 ml-es álló lombik

Falvastagság	Falvastagság %-os megoszlása					
	nyak	váll	közép	alul	fenék	teljes test
0,3—0,5	—	2	1	—	5	2
0,5—0,7	—	17	40	4	9	14
0,7—0,9	1	45	41	28	15	26
0,9—1,1	12	23	16	29	15	19
1,1—1,3	25	8	1	26	23	17
1,3—1,5	32	3	1	10	17	13
1,5—1,7	17	1	—	2	7	5
1,7—1,9	6	1	—	1	7	3
1,9—2,1	5	—	—	—	2	1
2,1—2,3	1	—	—	—	—	—
2,3—2,5	1	—	—	—	—	—

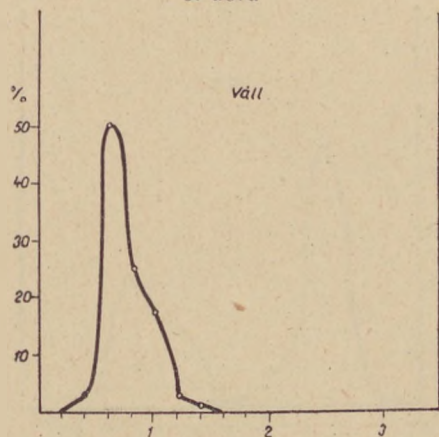
A táblázatokból és a megoszlásgörbék alakulásából bizonyos mértékű egyöntetű jelleg állapítható meg, figyelembe véve a jellemző számított értékeket is, mely adatokat a 9. számú táblázat foglalja össze. Megállapítható, hogy kisebb eltérésektől eltekintve, nincs különbség a belföldi és a jénai laboratóriumi lombikok falvastagság megoszlása között. A megoszlásgörbék közelítőleg normális megoszlásnak tekinthetők, bár mind-egyiknél kimutatható kisebb-nagyobb ferdeség. Jellemző viszont az, hogy a tényleges matematikai középérték csaknem kivétel nélkül a nagyobb falvastagság irányába tolódik el a maximális gyakorisággal szereplő falvastagság értékhez viszonyítva. A falvastagság-eloszlás jobban meg-



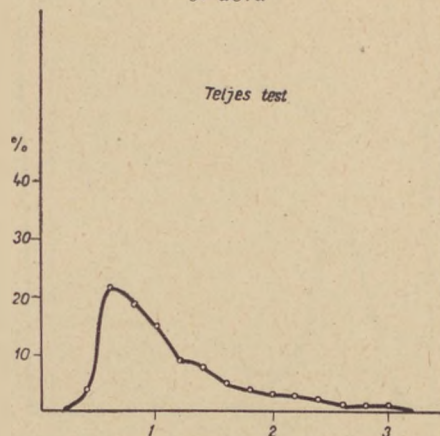
5. ábra



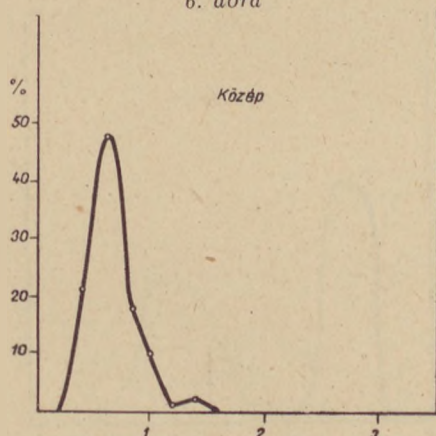
9. ábra



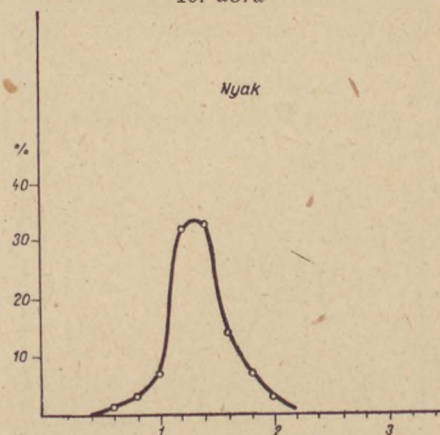
6. ábra



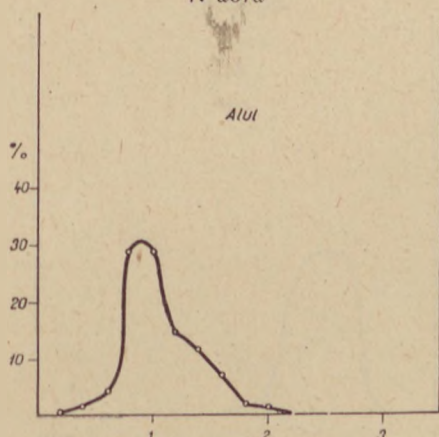
10. ábra



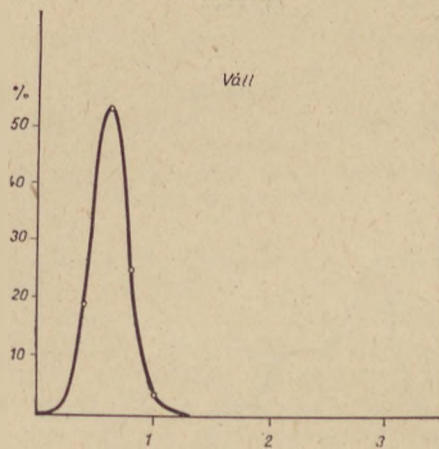
7. ábra



11. ábra

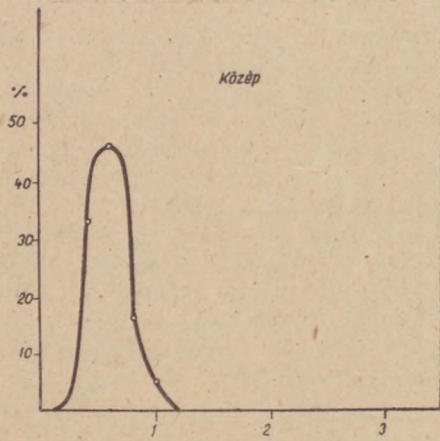


8. ábra

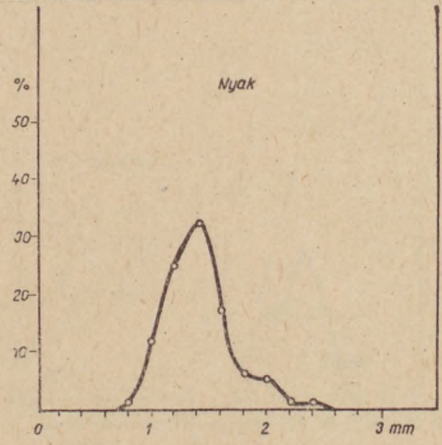


12. ábra

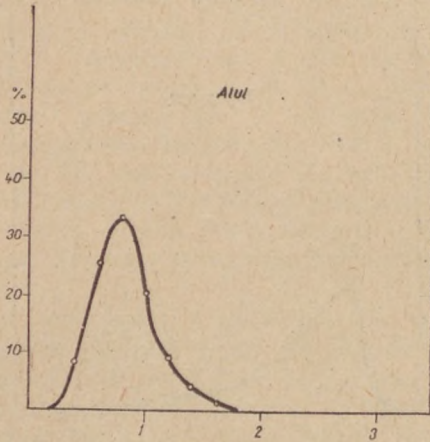
5—10. ábra. 500 ml-es Ergon álló lombik.



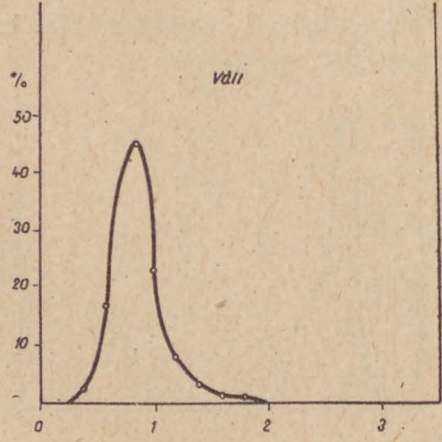
13. ábra



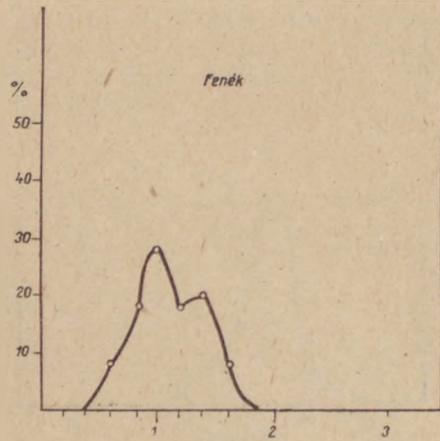
17. ábra



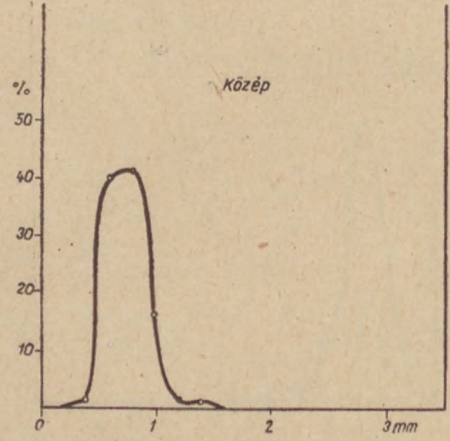
14. ábra



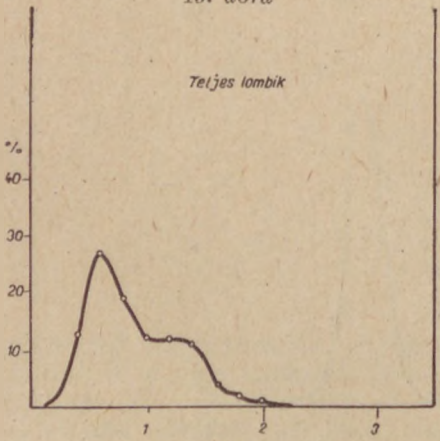
18. ábra



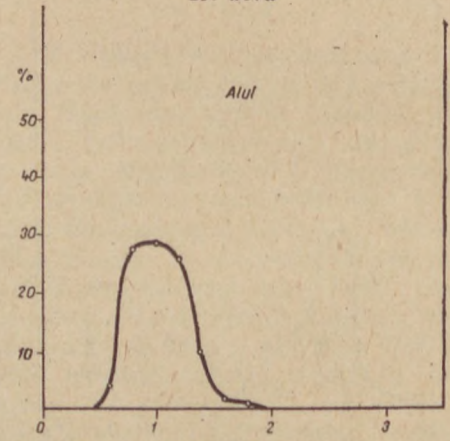
15. ábra



19. ábra

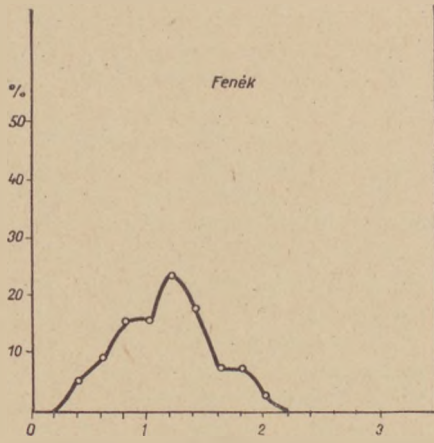


16. ábra

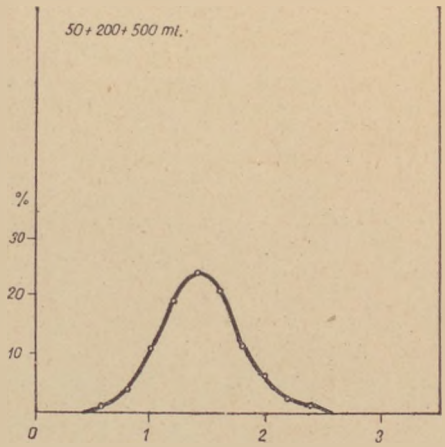


20. ábra

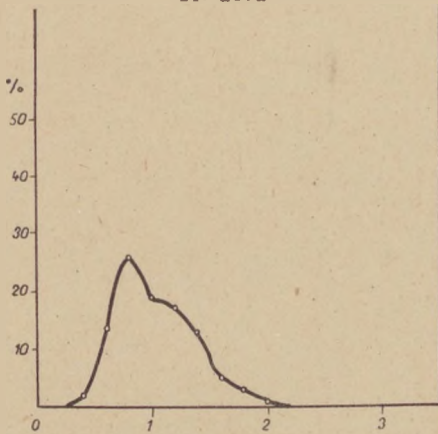
11—16. ábra, 100 ml Ergon szélesszájú Erlenmayer lombik.



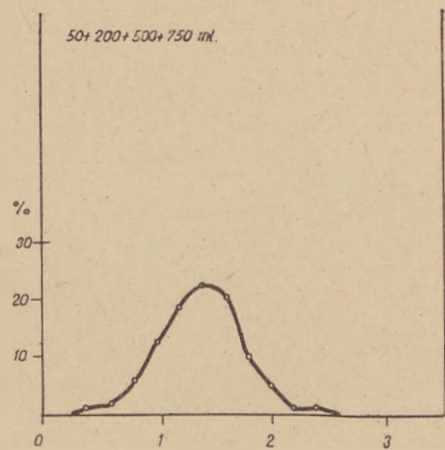
21. ábra



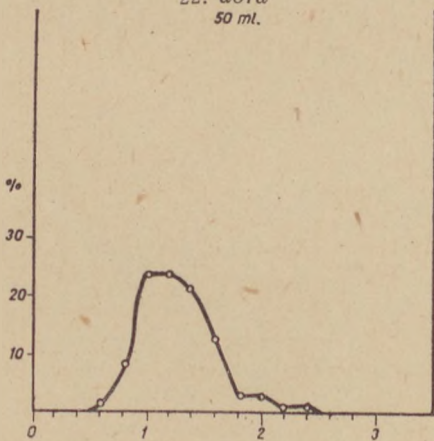
25. ábra



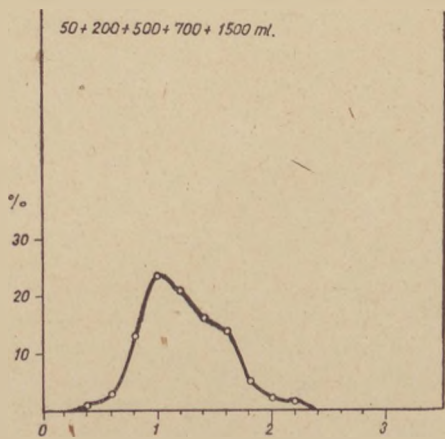
22. ábra  
50 ml.



26. ábra



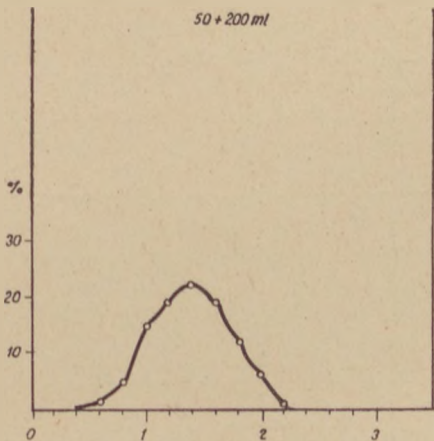
23. ábra  
50+200 ml



27. ábra

17—22. ábra. Jénai 250 ml-es álló lombik falvastagság-megoszlása.

23—27. ábra. Különböző méretű nitráló lombikok összevont megoszlás-görbéje.



24. ábra

közelíti a normális eloszlást olyan részeken, ahol a lombiktest gömbalakot közelít meg; ebben az esetben kisebb a szórás is. Ilyen például a gömb vagy álló lombik teste. Viszont azokon a helyeken, ahol egyik geometriai forma más geometriai alakba megy át, a megoszlás annál ferdebb, minél gyorsabb a geometriai formák között az átmenet, minél élesebb a görbület. Legerősebb a ferdeség akkor, ha az eltérés az előformált

8. táblázat

Különböző méretű nitráló-lombikok  
összevont megoszlás görbéje

Falvastagság	50 ml	+ 200 ml	+ 500 ml	+ 750 ml	+ 1500 ml
0,3—0,5	—	—	—	1	1
0,5—0,7	1	1	1	2	3
0,5—0,9	8	5	4	6	13
0,9—1,1	24	15	11	13	24
1,1—1,3	24	19	19	19	21
1,3—1,5	22	22	24	22	16
1,5—1,7	13	19	21	20	14
1,7—1,9	3	12	11	10	5
1,9—2,1	3	6	6	5	2
2,1—2,3	1	1	2	1	1
2,3—2,5	1	—	1	1	—
$\bar{x}$ mm	1,27	1,39	1,41	1,42	1,42
$s$	0,32	0,34	0,34	0,36	0,34

üveg alakjától a legerősebben tér el; például lapos fenék, vagy a hengeres nyak.

A falvastagság a nyakon és a lapos fenéken jóval több, mint a lombik egyéb részein. Ez a formakialakítás körülményeivel áll összefüggésben. Ezekben a helyeken a legnagyobb a szórás, viszont a lombiktesten a legkisebb. Az átmeneti részekben a szórás nagysága is átmeneti jellegű a nagyobb és a kisebb szórási értékek között. A 9. táblázatban egyöntetű jelleg látható mindhárom vizsgált lombiktípusnál. Matematikai, vagy geometriai összefüggések levezetéséhez még nem áll elegendő adat rendelkezésemre.

Megállapítható ezenkívül, hogy a tényleges falvastagság ingadozás a szabványtervezetek eredeti előírásainál, a szakemberek korábbi elképzeléseinél jóval nagyobbak. Tény az, hogy a falvastagságmértékek szórása, illetve a görbék inflexió pontjainak a távolsága általában kis mértékben növekszik a nagyobb névleges űrtartalom felé haladva, de a falvastagságérték alsó határa lényegesen nem változik meg. Ennek a jellemzésére 50—200—500—750—1500 ml-es nitráló-lombikok középrészének fokozatosan összevont falvastagság-megoszlási görbéit mutatom be, kiindulva az 50 ml-es lombik megoszlási görbéjéből, amely alapmegoszlásra ábránként kerül hozzáadásra a 200—500—750-es és 1500-as lombik megoszlása. Egy-egy részletmegoszlás görbe

adatait 50 lombikon határoztuk meg, összesen 150 méréssel.

Az összevont megoszlásgörbék alakulása a 23—27. számú ábrán látható.

A vizsgálatok igazolták azt, hogy a lombikok falvastagsága ténylegesen tág határok között változik, ez azonban nemcsak a nagykanizsai, hanem a jénai készítményeknél is hasonlóképpen megtalálható.

Ennek a jelenségnek a magyarázatát a viszkózus üveg rheológiájának a vizsgálata adhatja meg. A formába helyezett üvegre fűvás közben ugyanis egyszerű nyújtóerő és tangenciális nyíróerők hatnak. Mindaddig, míg fűvás közben a viszkózus üveg nem érintkezik a forma falával, egydimenziójú nyújtóerőről beszélhetünk, melynek iránya mindenkor megfelel a befűvásra kerülő üveggolyó belső felületére, annak minden egyes pontjára húzott merőlegessel. Nyíróerő fellépése abban az esetben jelentkezik, ha a forma fala a nyújtóerő irányára nem merőleges. Az üvegre a forma falával való érintkezés, ha a formafal merőleges az erő irányára, a nyújtóerővel ellentétes irányú ellenhatást fejt ki. Ha azonban az erő irányával ferdeszöget zár be, a fellépő ellenerő a nyújtóerőt csak részben egyenlíti ki, a különbség pedig tangenciális nyíróerőként jelentkezik. E nyíróerő fellépésével magyarázható az, hogy a laboratóriumi üvegek falvastagság-eloszlása olyan helyeken, ahol az alakon éles görbületek vannak, fokozottabb mértékben eltolódik a vékonyabb falvastagság felé, ha a kisebb átmérő nagyobb mélyre át.

Természetesen befolyásolja a falvastagság egyenlőtlenségét az is, hogy kézi merítésnél jóval bizonytalanabb az üvegsúly, mint automatikus adagoló esetében. Szabályszerűen jelentkezik a lombik kialakulásánál az a körülmény is, hogy a falvastagságmaximum olyan helyeken, ahol az üveg nyúlási távolsága nagy, szintén a vékonyabb falvastagság irányába tolódik el.

Az üvegformázás további rheológiai vizsgálata és a modellkísérletek feladata lesz a folyamat közben tapasztalható törvényszerűségek meghatározása, ami módot adhat az üvegformázási folyamatok és eszközök kedvezőbb alakítására.

Ebben az előadásban nem volt célom végleges következtetések levonása, hanem elsősorban a matematikai statisztika alkalmazásának lehetőségeire akartam a figyelmet felhívni és emellett

9. táblázat

	$\bar{x}$	$s$	$\bar{x} - \bar{x}'$	$\bar{x}$	$s$	$\bar{x} - \bar{x}'$	$\bar{x}$	$s$	$\bar{x} - \bar{x}'$
Nyak .....	1,17	0,37	0,17	1,36	0,23	-0,22	1,40	0,29	—
Váll .....	0,74	0,16	0,14	0,62	0,15	0,02	0,86	0,20	0,06
Közép .....	0,66	0,21	0,06	0,59	0,16	-0,01	0,76	0,17	-0,04
Alul .....	1,06	0,30	0,07	0,81	0,25	0,01	1,04	0,24	-0,04
Fenek .....	1,99	0,56	0,19	1,10	0,28	0,10	1,14	0,38	0,06
Teljes test .....	1,10	0,57	0,10	0,89	0,37	0,29	0,99	0,31	0,19

500 ml-es Ergon álló  
lombik100 ml-es Ergon  
Erlenmayer lombik250 ml-es  
jénai álló lombik

néhány példán bemutatni a statisztikai módszer metodikáját és a segítségével rögzíthető megfigyeléseket. Azt hiszem ebből a néhány adatból is látható a módszer alkalmazási lehetősége, hiszen a vizsgálatok alapján megállapított méret-tűrések a valóságos helyzetnek most már meg fognak felelni és továbbiakban a gyárat sem állítják olyan követelmények elé, melyeknek betartására technológiailag lehetőség nincs.

## IRODALOM

1. *Alexits Gy., Fenyő I.*: Matematika. Tankönyvkiadó, Budapest, 1951.
2. *Szentmártony*: Matematikai statisztika a műszaki gyakorlatban. Mérnöki Továbbképző Intézet, 1949.
3. *dr. Korányi Gy.*: Vizsgálatok az üveg tisztulására vonatkozólag. Kandidátusi disszertáció. Bpest, 1954.
4. *Lehnert, L. H.*: Sprechsaal für Keramik, Glas, Email. 87. (1954.) 23. 565—569.
5. *Vándor J.*: Bevezetés a rheológiába. Mérnöki Továbbképző Intézet. Budapest, 1954.

## A durvakerámiai szárítás elméletének és gyakorlatának fejlődése az utolsó tíz évben\*

SASVÁRI GYÖRGY

Még nincsen húsz éve, hogy a kerámiai szárítást pontos tudományos szemmel kezdték vizsgálni és még ma is megállapítható, hogy a kerámiai technológiának ez a része nem tartozik a népszerű tudományos és technológiai témák közé. Összefoglaló munka az utolsó tíz esztendőben kifejezetten erre a témára vonatkozóan nem jelent meg. Ha valaki kézikönyvből, vagy tankönyvből akarja tanulmányozni a szárítás folyamatát, akkor a régi ismert szakkönyvek új kiadásait kénytelen lapozni. A legkimerítőbbnek még ma is a Hausprand—Hirsch-féle közismert kézikönyv tekinthető, de ennek használata a könyv bonyolult tárgyalási módja miatt nem kényelmes. Igen használhatók az utóbbi időben megjelent, vagy új kiadásban megjelent kémiai technológiai enciklopédiák e tárggyal foglalkozó fejezetei. Kiemelkedően jó a Badger—Mc.Cabe által szerkesztett kémiai technológiai enciklopédia és még kimerítőbb az alfabetikus angol kiadású Thorpe-féle vegyi technológiai lexikon. Az elmélet tekintetében a száradó kerámiai testek belsejében lefolyó folyamatokra vonatkozóan ma is egyedülálló kézikönyv A. Likov szovjet akadémikus „A szárítás elmélete” c. műve, a szárítás thermodinamikájára vonatkozólag pedig F. Bosniakovic „Technische Thermodynamik” c. művének második kötete.

Az utolsó tíz évben megjelent folyóirat-irodalom arra mutat, hogy ha szórványosan is, de mindinkább foglalkoznak a kerámiai szárítás kérdéseivel. Ez az irányzat világszerte észlelhető. A közlemények igen nagy részét teszik ki az elemi fokon ismertető írások, amelyek jobbára irodalmi hivatkozás nélkül összefoglaló képet adnak mindarról, amit a gyakorlati szakembernek a kerámiai szárításról tudnia kell. E cikkek ha nem is tartalmaznak újat, hasznosak, mert tapasztalatot szereznek az ipar szakemberei a teljes technológia folyamatából éppen a szárítást ismerik a legkevésbé. A folyóiratokban az tükröződik, hogy ez világszerte így van és emiatt az elemi fokon történő ismertetések igen hasznosnak kell ítélnünk.

Előljáróban még meg kell állapítani, hogy az utolsó tíz évben sok igen jelentős felismerés született meg mind az elméletre, mind a gyakorlatra

\* A Magyar Tudományos Akadémia Kerámiai Főbizottsága előtt 1955. decemberében tartott beszámoló.

vonatkozóan. Mindez azonban elméleti vonalon nem nagyon járult hozzá a folyamatok tisztázásához. A kutatók mindinkább arra jönnek rá, hogy a plasztikus száradó testekben lejátszódó folyamatok sokkal több fizikai tényezőtől függenek, mint azt az idevágó kutatás kezdeti szakaszában feltételezték. Az irodalom olvasása közben az ember mindinkább úgy érzi, hogy a kutatásnak ez a része még messzemenően az empirikus adatgyűjtés időszakában van és még nagyon sok részletmunkára van szükség ahhoz, hogy a kerámiai masszák szárításának átfogó elmélete megszülessék. Mindez természetesen a test belsejében történő folyamatokra vonatkozik. A szárító közeg és a határreteg folyamatai tisztázottak és részét képezik a ma már kidolgozott és félig-meddig lezártnak tekinthető műszaki thermodinamika tanának. A gyakorlatot illetően az a tapasztalat szűrhető le, hogy az eddig tervezett és megépített durvakerámiai szárító berendezések jóformán kivétel nélkül elhibáztak. A tervezés a szárítás folyamatainak helyes ismerete és mérlegelése nélkül történt meg és ez üzemhibákhoz, valamint beruházás tekintetében aránytalanul nagy értékek immobilizálásához vezetett.

Végül is ki kell térnem azokra a kutatásokra is, amelyek a légszárítás megkerülésével próbálkoznak a kerámiai szárításnál. Erre vonatkozóan meglehetősen nagyszámú közlemény jelent meg. Ezek csaknem kizárólag az infravörös sugárzással történő, és a dielektrikus szárítással foglalkoznak. Egyetlen helyen található utalás a hangrezgéssel történő víztelenítésre. Ez annál különösebb, mert a budapesti egyetem ultrahang intézete ultraszonikus szárítással állítólag igen jó eredményeket ért el. Gyakorlati eredményről sem az infravörös, sem pedig a dielektrikus szárításnál nem számolnak be, legalábbis durvakerámiai vonatkozásban nem. Ezek a próbálkozások egyelőre inkább elméleti jellegűek és minden közlemény hangsúlyozza, hogy az aránytalanul nagy beruházás és drága üzem miatt ma a nagyipari bevezetés még nem volna gazdaságos.

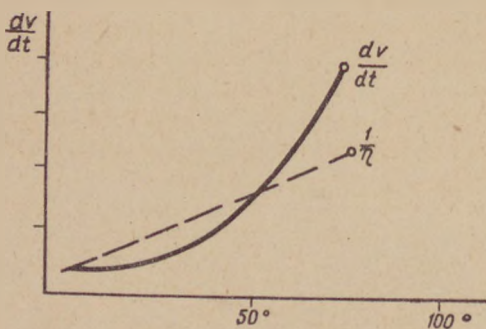
### 1. A kerámiai szárítás elmélete

Számosan tanulmányozták a különböző agyag-ásványok viselkedését szárítás közben. Megállapították, hogy a kaolinit-típusú ásványok rácsele-

mei elektroneutrálisok, a montmorillonit-típusú ásványok rácseleme ezzel szemben kifejezetten elektromos tulajdonságokat mutat. A montmorillonit rácselem elektromos aktivitása az, amely a víznek a kristályrácsba való beáramlását okozza. Vizsgálták a megduzzadt kristályrács viselkedését a szárítás folyamán és azt találták, hogy a rácselemek közé benyomult víz az ozmotikusan kötött vízzel egyidejűleg távozik. Ez annyit jelent, hogy a száradás egyenlő sebességű szakaszában a felületen elpárolgott ozmotikus víz a rácscsövek közül pótlódik és a kétféle zsugorodás, tehát a kristályelemek zsugorodása és a kolloid szemcsék egymáshoz való közeledése egyidejűleg folyik le. Ez magyarázza, hogy a montmorillonit-típusú agyagásványt tartalmazó agyagok szárítási sebesség diagrammja ugyanazokat a töréspontokat mutatja csak fel, mint a kaolinit típusú agyagoké. Ha ugyanis a rácsvíz távozása a szárítás későbbi fázisában következne be, akkor ennek a görbe irányváltozásával mutatkozni kellene.

A száradás-érzékenység újabb vizsgálata alapján megállapítható volt, hogy ez az egyenlő sebességű szakaszban sem állandó. A száradó test a száradás elején, tehát a legnagyobb víztartalom mellett aránylag a legkevésbé érzékeny. A repedésveszély a vízvesztéssel állandóan fokozódik és maximumát a  $K_1$  pont közvetlen közelében éri el. Amidőn ezt a maximumot túlhaladta és a test elérte a bőrkeménységet, az érzékenység igen meredeken csökken és a legrövidebb időn belül megérjük.

A porusvíz belső áramlási sebessége tekintetében igen érdekes megfigyelés az, hogy ez nem arányos a dinamikus viszkozitás hőfok szerinti változásával. Az áramlási sebesség erősebben függ a hőfoktól és hőfokérzékenysége más jellegű, mint a víz viszkozitásáé. Közös diagramban ábrázolva a kapilláris áramlási sebesség és a viszkozitás függése a hőfoktól az alábbi eltérést mutatja:



1. ábra.

Ez azt bizonyítja, hogy a viszkozitáson kívül a sebességet más tényezők befolyásolják. E tényezők fizikai mibenlétét a mérést végző szerzők nem tisztázták. Feltételezhető, hogy a száradás folyamán fellépő elektrolitkoncentráció gradiens játszik szerepet és igen érdekes téma volna a koncentráció gradiens és a hőfok közötti összefüggés kísérleti tisztázása.

Már félig technológiai vonatkozású, de elméleti érdekességű probléma a száradási sebesség abszolút maximumának fogalma, illetőleg felkuta-

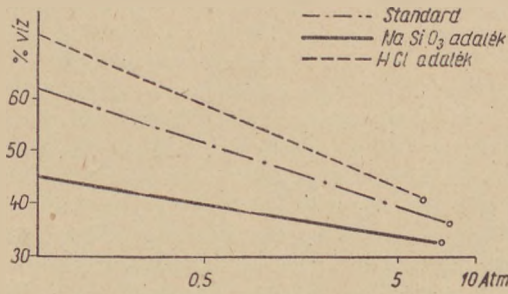
tása. A legutóbbi időkig az volt a nézet, hogy a szárítás bármely hőfokon történhet, a lényeges csak az, hogy az egyenlő sebességű szakaszban a felületről elpárolgó vízmennyiség és a magból utánáramló vízmennyiségi egyensúlyban legyen. Kísérletileg megállapították, hogy ez nem áll. Egy bizonyos hőmérséklet felett akkor is jelentkezhet szárítási repedés, ha a szárító közeg teljesen telített. A méréseket végző szerzők a jelenséget nem tudják indokolni. Annyi bizonyos, hogy  $100^\circ$ -hoz közel teljesen telített levegővel történő szárításnál egy bizonyos áramlási sebesség felett téglagyagnál erős repedezés lép fel. A keletkező repedések tátongó kb. 1 mm nyílású és 5–10 mm mély sérülések. Ez a megfigyelés igen hasznos a későbbiekben megbeszélendő belső cirkulációs szárító tervezése szempontjából, mert nyilvánvaló, hogy a belső cirkuláció sebességének eszerint technológiai maximuma van.

Igen mélyreható vizsgálódás folyt Angliában a plasztikus agyagban jelenlévő vizet kötő fizikai erők természetét illetőleg. A vízkötő erők mibenlétét tekintve két elmélet is van. Az egyik a mai kerámiai technológiában a Norton által képviselt elmélet és ennek képviselője A. Likov is. Ez a kapillaritás elmélete. Eszerint a nem adhaerált vízmennyiséget, tehát azt a vizet, amely az agyag duzzadását okozza, az agyagban jelenlévő finom kapilláris hálózatban fellépő felületi feszültség tartja fogva. A másik elmélet szerint az agyagon belül a kapilláris erőknek alárendelt szerepe van és a duzzadást az agyagban mindenkor fellépő elektrolit koncentráció különbség és az ebből folyó ozmotikus nyomáskülönbség idézi elő. Nyugaton ez a második elmélet az elfogadottabb. Ennek legfőbb képviselője Mattson.

Alapos kísérletek folytak annak eldöntésére, hogy melyik elmélet közelíti meg jobban a valóságot. Azt az erőt mérték, amely az agyag által felszívott víz kiszorításához szükséges, és megállapították, hogy ez az erő teljesen független a víz felületi feszültségétől.

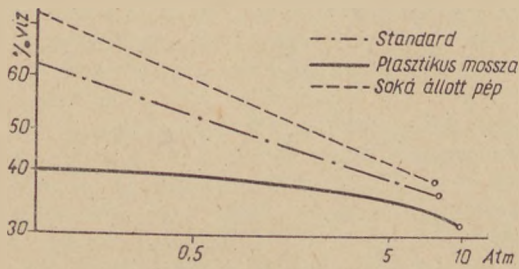
A vizsgálat módszere lényegében abból állt, hogy különféle víztartalmak mellett — mindenkor a bőrkeménységnek megfelelő víztartalom felett — vizsgálták az ahhoz szükséges gáznyomást, hogy a duzzadt agyagból víz lépjen ki. Megállapították, hogy a szükséges nyomás a csökkenő víztartalommal logaritmikusan nő. Standard agyagminta vizsgálata után megismételték a kísérletet vizes szaponin oldattal. A szaponin adagolás úgy történt, hogy az oldat felületi feszültsége a desztillált víznek egy negyede legyen. A két mérési eredmény teljesen kongruens volt, tehát a felületi feszültség sokszoros csökkenése a víz kipréseléséhez szükséges erőt egyáltalában nem befolyásolta. Ezután desztillált víz helyett elektrolit oldatot alkalmaztak. Megállapították, hogy a  $p_{II}$  csökkenése a szükséges erő növekedését, és növekedése a szükséges erő jelentős csökkenését eredményezte. Ebből a kísérlet végzői arra következtettek, hogy a vizet fogvatartó erők nyilván az ozmotikus nyomással rokon, vagy azzal azonos természetűek. A mérési eredményeket az alábbi diagramm szemlélteti.





2. ábra.

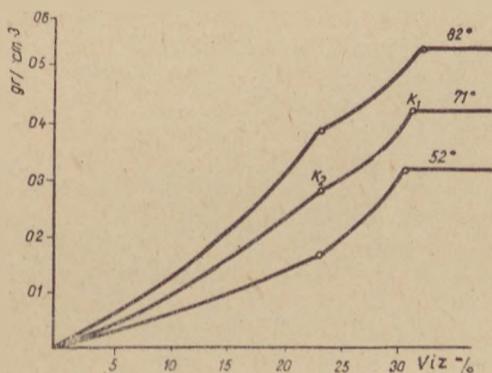
Megállapították azt is, hogy a szükséges erő nagymértékben függ az agyagminta előtörténetétől. Más az erőszükséglet ha agyagpépből (kb. 90% víztartalom) és más ha plasztikus agyagból (kb. 40% víztartalom) indulnak ki. Mennél vizezebb a minta, annál nagyobb a szükséges nyomás. Az is szerepet játszik, hogy a nagy víztartalmú pép milyen idős. Az eredményeket az alábbi diagramm szemlélteti.



3. ábra.

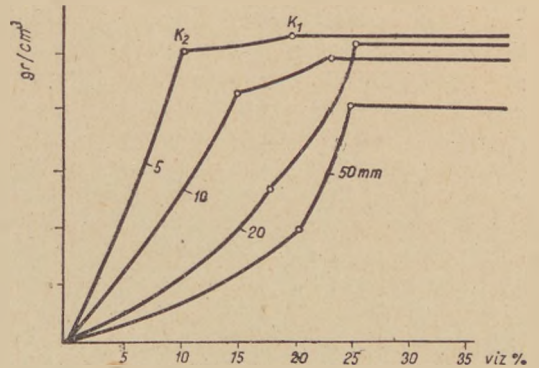
A diagrammból jól látható, hogy milyen víztartalomnál válik a minta átfújhatóvá. A szerzők megállapították, hogy ez a víztartalom pontosan egybeesik a bőrkeménységgel. Ebből az az érdekes tapasztalati tény folyik, hogy a  $K_1$  pont nem jellemző valamely agyagra, mert ennek helyzete függ a kiindulási nedvességtől. A  $K_1$  pont fogalmát tehát meg kell szorítani, mert ennek csak azonos nedvességtartalomból kiindulva van különböző agyagoknál értékelhető tartalma.

A szárítás mechanizmusára vonatkozólag ugyanezek a szerzők szintén számos új megállapítást tettek. Úgy észlelték, hogy a  $K_1$  pont a szárítólevegő hőfokától függően elmozdul. Éspedig



4. ábra.

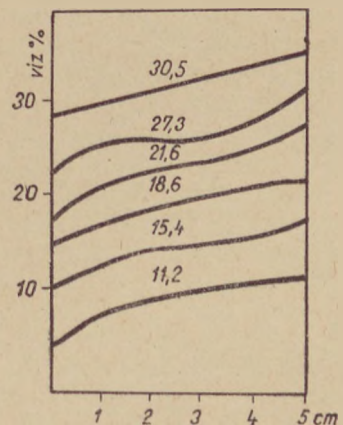
alacsony hőmérsékletű szárítóközeg esetében az egyenletes sebességű szakasz hosszabb, magasabb hőfokú közeg esetében rövidebb. A  $K_1$  pont helyzetét befolyásolja ezenfelül a vizsgált minta vastagsága is. Mennél vékonyabb a minta, annál hosszabb az egyenletes sebesség szakasza. A mérési eredményeket a 4. és 5. diagramm mutatja be:



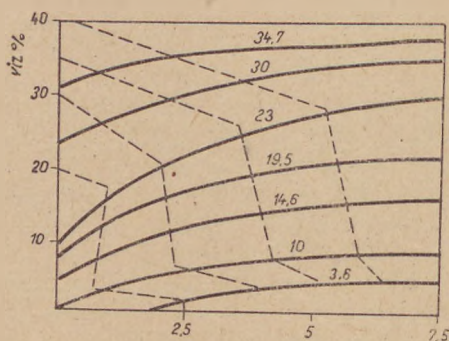
5. ábra.

A szerzők vizsgálata kiterjedt a nedvesség eloszlásra is a száradó testen belül. Minden szárítási kísérletet olyan elrendezéssel végeztek, hogy a szárítólevegő a mintának csak egyik nagy felületét érintse. Ez vonatkozik a fenti diagrammok alapját képező kísérletekre is. A nedvesség eloszlási görbék meghatározásánál véleményem szerint igen szerencsés volt ez a megoldás, mert a kétoldalról szárított próbatestek esetében a feltétlenül bekövetkező közepegörbület elmosza az eloszlási görbe karakterét. Sikerült megállapítaniok, hogy az egyenletes sebességű szakaszban a nedvességtartalom a száradó test egész vastagságába lineárisan csökken. A nedvességeloszlási görbe tehát egyenes. Az egyenes csak a  $K_1$  pont közvetlen közelében torzul szabálytalan görbévé. Ettől fogva a változó sebesség szakaszán át a nedvességeloszlás végig parabolikus. A parabola csak akkor torzul tovább, amikor a széleken megindul a teljes kiszáradás.

A 6. ábra plasztikus minta, a 7. ábra pedig kezdeti állapotban pépszerű minta nedvességeloszlási görbéit mutatja.



6. ábra



7. ábra

A 7. ábrán szaggatott egyenesek kötik össze az egyes görbék azon pontjait, ahol a  $dv/dx$  érték azonos. A  $K_1$  és  $K_2$  pontok között az egyenesek kb. párhuzamosak és a  $K_2$  pontnak megfelelő állapotnál derékszögben törnek. Ez plasztikusan mutatja, hogy mi a lényeges különbség a száradásnak e két változó sebességű alszakasza között, amely eddig nem volt teljesen tisztázott kérdés.

A szerzők végül azt a megállapítást teszik, hogy a nem ozmotikus erővel, hanem ténylegesen kapilláris erővel kötött vízmennyiség, tehát az a vízmennyiség, amely a zsugorodás befejeztekor a megmaradt pórusokat kitölti, már nem folyás-képes. Ebben az állapotban a víz mozdulatlanul áll a pórusokban és a párolgás mindenkor a test belsejében folyik. A bőrkeménységénél még a száradó testben található pórusvíz helyhez kötöttségét az bizonyítja, hogy a nedvességeloszlás bőrkemény testben, ha száradás nem folyik, vagyis a test telített levegőben pihen, állandó és kiegyerlítőds több nap után sem következik be.

## II. A durvakerámiai szárítás gyakorlata

A közleményekből láthatóan világszerte ráternek a kamrás szárítók helyett a csatornaszáritók alkalmazására. Megállapítható azonban, hogy a csatornaszáritókkal elért eredmények, ha belső cirkuláció nincs, nem kielégítőek. A szárítás egyenletessége bár jobb, mint a kamrás szárítók-nál, de még mindig elégtelen, és az elért eredmény a lényegesen megnövekedett beruházási költséget nem indokolja. Néhány közlemény arról ír, hogy főleg tetőcserép gyártáshoz kitűnő eredménnyel alkalmaztak csatornaszáritókat az esetben, ha az égetés alagútkemencében folyt. Szerintük a két egység hőkihasználása igen jó, de mennyiségi adatokat nem közölnek.

Üzemben lévő kamrás szárítókat Németországban többen mértek végig és ezek a mérések igen érdekes eredményeket hoztak. Megállapították, hogy a minálunk is ismert és használt kamrás rendszerű téglaszáritókban a rakományban nincsen kimutatható légáramlás. A mérés egy Danneberg-rendszerű sok kamrás műszárítóra vonatkozott, amelynek fűtése a szárítón kívül előmelegített levegővel történt. Pehely- és füstkísérletekkel azt állapították meg, hogy a teljes légforgalom megkerüli a rakományt és csak a falak, ajtók és a fenék mellett észlelhető áramlás. Feltételezték,

hogy ilyen körülmények között a nedvesség elvonás tisztán a levegő nedvesség-gradiense miatt bekövetkező diffúzió eredménye. A nedvességmérések ezt a feltevést tökéletesen igazolták. A szárítókamrában ugyanis a fenéknél áramló levegő nedvességtartalma 8 gr/kg volt, ugyanakkor a felfelé, helyesebben elvileg felfelé tartó légoszlopban 15 cm-rel a fenék felett már 28 gr/kg nedvességtartalmat észleltek. A rakomány közti légtér nedvességtartalma ezzel egyidejűleg telített volt és 55 gr/kg nedvességet tartalmazott. E mérések azt is bizonyítják, hogy a kamrás szárítóban a hőátadás sem lehet konvektív. Nyilvánvaló, hogy a hő terjedése az álló nedves levegő hővezetésén alapszik, tehát az elképzelhető leglassabb folyamat.

Ezek a mérések világosan bizonyítják, hogy az eddig az  $(i-x)$  diagramm felhasználásával számított fajlagos légmennyiségek figyelembevétele műszárító tervezésénél teljes hibás út volt. A tervezésnél ugyanis konvektív hő és nedvességcserevel számoltunk és ez a feltételezés nem áll meg.

Ez a mérésorozat egyben igazolja azt a szovjet tapasztalatot, hogy kamrás műszárítóknál csak a számított légmennyiség három-négyeszeresével lehet gyors szárítást elérni. Számítással követhető, hogy csak ilyen légmennyiségek esetében lép fel tényleges konvektív hőátadás és nedvességcsere a rakományban.

Ezek a jóformán forradalminak tekinthető felismerések mutatják, hogy mennyire helyes úton jártunk, amikor magyarországi viszonylatban is működő téglaműszárítók ellenőrző méréseihez fogtunk hozzá. Az elvégzett mérésorozat bizonyította, hogy kamránként 7800 Nm<sup>3</sup>/h, tehát 93 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> h fajlagos légaadalással 72 óra alatt egyenletesen száraz terméket kaptunk. Ilyen mennyiségű levegő áthajtásához összesen 2 LE teljesítményre volt szükség kamránként.

A gazdaságos és helyes megoldás — a kérdés legnagyobb ismerője Spingler szerint — a belső cirkuláció. Belső cirkulációs szárítóknál ugyanis akár kamrás rendszerű, akár csatornaszáritó legyen a berendezés, úgy a hőátadás, mint a nedvességcsere konvektívvé tehető, anélkül, hogy a szárítás irama veszélyesen gyorsulna. Egy második nagy előny, hogy a szárító igen magas hőfokon működtethető, ezáltal a szárító levegőforgalma a nagy abszolút nedvességtartalom miatt egy tört hányadára csökkenthető. Spingler a belső cirkulációs szárítás előnyeit a következő pontokba foglalja össze:

- a) Az egyenletességi fok legrosszabb esetben 3 szemben a mai átlagos 9-cel.
- b) Igen magas 80–90° C körüli térhőmérséklet.
- c) A magas átlaghőfok révén igen gyors és veszélytelen száradás.
- d) A magas hőfok révén igen kis légforgalom.
- e) Aránylag nagy függetlenség a külső atmoszférától.

A belső cirkulációs szárítóknál a téglaműszárítóknál tekinthető száradási ideje 100 óra, még aránylag kevés agyagok esetében is. Érzéketlen agyagok száradási ideje lényegesen csökkenthető, de

itt egy újonnan észlelt szempontra kell figyelemmel lenni.

Az igen gyors szárítás még repedésmentes száradás esetén is befolyásolja a száradó tegla fizikai sajátságait. Számos nyomószilárdság mérést végeztek különböző sebesség mellett szárított égetett téglán és azt állapították meg, hogy minél rövidebb a kiszárítás tartama, annál kisebb a nyomószilárdság. Megállapítható volt, hogy olyan téglánál, amely normális száradási tartam mellett sem nyersen, sem égetve nem mutatott struktúrárt, gyors szárítás után az égetett darabon a struktúra észrevehető volt. Minél gyorsabb tehát az alkalmazott szárítás, annál gondosabb nyersgyártásra van szükség. Oly gyárban, ahol a durván előkészített és közönséges csigasajtón készült tegla 48 órás repedésmentes szárítás után gyenge szilárdságértéket és struktúrárt mutatott, a finoman előkészített és vákuumsajtón sajtolt termék struktúrárt nem mutatott. A szerző véleménye szerint a belső cirkulációs szárítók az aránylag nagyobb energiafelvétel ellenére, éppen a felére lerövidíthető szárítási idő miatt, jóval gazdaságosabbak a régi műszárítóknál. Nyugat-Németország számos gyárában már megépült, vagy építés alatt áll tegla és tetőcserép szárításhoz való belső cirkulációs berendezés.

A teljesség kedvéért röviden kitérek még az infravörös és a dielektrikus szárítás újabb eredményeire is, bár ezek a durvakerámiában belátható időn belül nem lehetnek gazdaságosak.

Megállapítást nyert, hogy a nedves agyag a teljes infravörös skála számára tökéletesen opak testnek tekinthető. Az infravörös szárítás tehát felületi hőátadással dolgozik, és e tekintetben a konvekcióval szemben nem jelent előnyt. Nagy előnye a konvekcióval szemben elérhető több százszoros energiasűrűség a durvakerámiában a feltétlenül bekövetkező repedések miatt, nem használható ki.

Az infravörös szárítás ma már nincs elektromos sugárzókhöz kötve. Nagyszámú francia és belga szabadalom vonatkozik világító, vagy generátorgázzal fűtött sugárzó csövekre, ame-

lyeknek sugárzó hőmérséklete kb. 1000°. Sokhelyütt a csősugárzók helyett egyszerűen sugárzó mennyezetet alkalmaznak, amely az izzás alatti hőmérsékleten van és aránylag nagy hullámhosszú infravörös sugarakat bocsát ki. Sajnos e fekete sugárzás hőgerjesztő hatása ugyancsak felületi.

A dielektrikus szárítás ellentétben minden egyéb szárítási móddal, a száradó test minden pontjának egyidejű felmelegedésén alapszik. Miután a szárítást nagyrészt az teszi vontatott folyamattá, hogy a felületileg közölt hő lassan vándorol a test középpontja felé, ennek a szárítási módnak nyilván a leggyorsabb módszernek kell lenni. Ez így is van, és a ma ismert nagyfrekvenciás generátorok alkalmasak arra, hogy bármely kerámiai test nedvességtartalmának elárologtatásához szükséges meleget percek alatt hozzák létre a testben. 100 W/cm<sup>3</sup> teljesítmény minden további nélkül elérhető. Az alkalmazást az gátolja, hogy a szárítás költsége mintegy 6-szoros a legrosszabbul működő Keller-féle műszárítókkal szemben. Ezenfelül a beruházási költség szintén sokszorosa az egyéb szárító berendezések költségeinek.

#### IRODALOM

- V. Bodin : Consideration sur le séchage industriel des produits céramiques. Bulletin de la Société Française de Céramique 1952. 15. sz. 5. o.
- L. Bullin : Drying in tile manufacture. Journ. of the Inst. of Fuel. London, 1954. 158. sz. 115. o.
- K. Krahl : Über das Trocknen keramischer Massen. Silikat Technik, 1952. júl. 295. o.
- Elvers : Strömung und Diffusion in Trockenkammern. Silikattechnik, 1954. júl. 322 o.
- J. Frank : Neuere Erkenntnisse über die Trocknung in der grobkeramischen Industrie. T. I. Z., 1953. 7/8. 123 o.
- K. Spingler : Das Trocknen von keramischen Massen mit höheren Temperaturen, 1951. Die Ziegeleiindustrie 17 füz. 553 o.
- Bohnstaedt : Die Wasserabgabe der Tonformlinge beim Trocknungsprozess. Die Ziegeleiindustrie 1951. 20 füz. 654 o.
- D. M. Newitt and M. Coleman : Mechanism of drying of solids. Transactions of the Institution of Chemical Engineers. London Vol. 30, No. 1. 1952.

# A portlandcementgyártás kémiai technológiájának fejlődéstörténete\*

DR. WESSELY IMRE

A portlandcementgyártás kémiai technológiája kb. 125 éves múltra tekinthet vissza. Az öt-negyed évszázad alatt oly nagy irodalmi anyag gyűlt össze, hogy annak kritikai feldolgozása messze meghaladná egy ily összefoglaló ismertetés kereteit. Az alábbiakban ezért csak a közönséges portlandcement kémiai technológiáját fogom tárgyalni, anélkül, hogy a betontechnika különleges kívánságait kielégíteni célzó gyártmányokra és egyéb hidraulikus készítményekre is kitérnék. Célul tűztem ki azt is, hogy a tárgykör magyar vonatkozásait, amelyek sajnos feledésbe mentek, felelevenítem.

A cement gyártása hosszú évtizedeken keresztül tisztán empiria volt. Az első cementek *puccolán-cementek* voltak. Tudomásunk van arról, hogy már ie. 1000 évvel a jeruzsálemi építményeknél mésztéglapor keveréssel dolgoztak, azután az első évszázadban a rómaiak Köln és Eifel között épített 80 km hosszú vízvezetékét trasz-mész keverékkel készítették (1). A vízben keményedő kötőanyag ismeretében ezután hosszú veszteglés következett, amit — ezelőtt éppen 200 esztendővel — 1756-ban *John Smeaton* angol mérnök (2) tört meg az eddystone-i világítótorony építéséhez készített agyagtartalmú mészkő égetéséből származó *hidraulikus mésszel*. Smeaton ismerte fel, hogy agyagtartalmú mészkő égetésekor hidraulikus tulajdonságú vegyületek keletkeznek. 40 évvel később, 1796-ban *Parker* (3) a rendes mészégetésnél alkalmazott hőfoknál kb. 200 C°-kal magasabb temperatúrán égette a márgát, aminek következtében vízzel már nem oltódott meg és felhasználás előtt finom porrá kellett őrölni. *Parker római cement*-nek nevezte el ezt a terméket, amivel azt akarta kifejezni, hogy olyan vízálló anyag, mint a rómaiak által használt hidraulikus kötőanyag volt (4). A római cement vagy *románcement* elterjedt az egész világon.

Magyarországon a Lánchíd építésekor használtak először románcementet, amit a Magyar Tudományos Akadémia akkori üres telkén felépített aknakemencében égettek budai és beocsini márgából. A különböző vidékeken található márga változó összetételű volt és ennek következtében a románcementek is igen egyenetlen minőségűek voltak. Emiatt megkísérelték a nyersanyag összetételét állandósítani az agyag és a mészkő *mesterséges* összekeverésével. Egymástól függetlenül három országban: Oroszországban *I. E. Cseljev* (5), Angliában *Josef Aspdin* (6) és Franciaországban *L. J. Vicat* (7) égetett mesterséges keverékből cementet. A francia jól sikerült kísérletnek nem lettek gyakorlati eredményei, valószínűleg a 19. század kezdetén ott uralkodó háborús állapotok miatt, ellenben Oroszországban és Angliában felépültek az első cementgyárak, majd pedig 1852-ben

*dr. Bleibtreu* német vegyész Németországban is meghonosítja az ipart.

Aspdin nevezte el gyártmányát *portland-cementnek*, mert a lekötött cement színe igen hasonló volt az angliai építkezéseknél használt portlandi kő színéhez. Ez az elnevezés elterjedt az egész világon.

A szovjet szakmai tudósok azonban történelmi hibának tartják az Aspdin által adott nevet és egy új terminus technikust, a *szilikátcement* elnevezést hozták javaslatba (8). Magyarországon az első portlandcementgyár kb. 70 évvel ezelőtt, a 19. század nyolcvanas éveiben épült Beocsinban, a ma már Jugoszláviához csatolt országrészben.

A portlandcementnek a románcement feletti nagy előnye nemcsak az egyenetlen minőségben mutatkozott meg, hanem abban is, hogy a nyersanyagot jóval magasabb hőfokon — egészen a zsugorodásig — égették ki, ami által a románcementnél lényegesen nagyobb szilárdságú terméket kaptak. A portlandcement minőségét nemcsak a felémelt égetési hőfok javította és vitte magasabb színvonalra, hanem az a körülmény is, hogy készítésének gyári iparrá történő felfejlődésével egyidejűleg megindult a vegyészek feltáró munkája a nyersanyagok kémiai összetételére, a kapott termékek tulajdonságaira és az okok és okozatok közötti összefüggés exakt megállapítására vonatkozólag. Ezzel kezdődött meg az empiria felszámolása és a cementgyártás haladásának tudományos alapokon való fejlődése.

Ma még sok probléma megoldatlan, azonban a kutatásnak a tisztán analitikai kémia területéről a fizikai kémia, a petrográfia, a kolloidkémia, a röntgenológia területére történt kiszélesítése már jelentékeny eredményeket ért el és alapos reményünk lehet arra, hogy meg fogja hozni a még ezigdig fel nem tárt kérdésekre is a feleletet.

A kutatás úgy indult meg, hogy a legjobb minőségűnek talált cementeket vegyelemeztek és megállapították, hogy a hidraulikus kötésben résztvevő alkatrészek ezekben a cementekben a következő határértékek között vannak (9):

CaO .....	57—66%
SiO <sub>2</sub> .....	18—26%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	4—10%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	2—4%

Megállapították azt is, hogy általánosságban a portlandcement annál jobb minőségű, minél közelebb vannak ezek az alkatrészek a középértékekhez: kb. 60% mésztartalomnál SiO<sub>2</sub> 22—23%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 6—7%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2—3%. Ezután az őrlőmalmok fokozatos javulásával rájöttek arra is, hogy ha a nyersanyag vegyi összetétele eltér az említett legjobbnak vélt összetételtől, akkor az ilyen vegyileg hiányos nyersanyagot megfelelő korrektúrával javítani lehet (10).

Üttörő munkát végeztek ilyen vonatkozásban Magyarországon is a Lábatlan Cementgyárban.

\* Előadta az Építőanyagipari Tudományos Egylet cementipari szakosztályának 1955. dec. 21-i ülésén.

Dormann Ottó vegyész a hiányzó SiO<sub>2</sub> pótlására kb. 5—8% homokot adagolt a mészkeverékhez, ami által a lábatlani portlandcement akkori normák szerint 28 napos kb. 300 kg/cm<sup>2</sup> nyomási szilárdsága kb. 400 kg/cm<sup>2</sup>-re emelkedett. Abban az időben ez igen merész újítás volt, amiről 1911-ben, a Ztschr. Angew. Chemie is beszámolt (11).

A múlt század végén, 1893-ban Michaelis német vegyész (12) bevezette a portlandcement jellemzésére a „hidraulikus modul“ fogalmát. Ebben csak az elnevezés volt új, mert magát a lényegét az orosz szabványokból vette át, amelyek ezt megelőzően már előírták, hogy a mész és az összes szilikátok viszonyszáma 1,7–2,4 közötti legyen.

Két évtizeden át az oxidos elemzés alapján számított hidraulikus modul

$$\frac{\text{CaO}\%}{\text{SiO}_2\% + \text{Al}_2\text{O}_3\% + \text{Fe}_2\text{O}_3\%}$$

volt a cementgyárak vegyészeinek egyetlen számítási formulája, amely hányados az őrlő aggregátumok és a kemencék tökéletesedése következtében 1,9—2,4 határértékekre emelkedett. Később rájöttek arra, hogy nemcsak a mész tartalomnak a hidraulikus tényezők összegéhez való viszonya fontos és irányadó a portlandcement tulajdonságaira nézve, hanem a hidraulikus tényezőknek egymás közötti viszonyszáma is. Hans Kühl prof. (13) 1912-ben további két, a portlandcementklinker tulajdonságaira jellemző modulus bevezetését ajánlotta: a szilikát-modult és alumínium-modult.

$$\text{SM} = \frac{\text{SiO}_2\%}{\text{Al}_2\text{O}_3\% + \text{Fe}_2\text{O}_3\%} \quad \text{AM} = \frac{\text{Al}_2\text{O}_3\%}{\text{Fe}_2\text{O}_3\%}$$

Közönséges portlandcementnél a szilikát-modul 1,7—3,5, az alumínium-modul 1—3 határok között változik. Szovjetunióban, Svájcban, Ausztriában, hazánkban, Németországban ezek a modulus-képletek vannak használatban. Az Angliában, Franciaországban és Amerikában használt formuláknak lényeges eltérése ettől az, hogy ott nem az oxidos elemzés %-os értékeivel számolnak, hanem mol-okkal, vagyis az oxidos elemzés eredményeit elosztják a molekulatömegrel és az így kapott hányadosokat helyezik a képletekbe (14). Elvileg valóban helyesebb ez a számítási mód, mert — mint az általános kémiai tudjuk — az oxidok molekulatömegükkel vagy ezek többszöröseinek megfelelő súlyokkal lépnek egymással vegyi reakcióba. Ezt érezték az előbb felsorolt oxidos elemzési adatokkal számoló országok vegyészei is. Ezért később, 1930-ban, mikor a hidraulikus-modulus helyett bevezették a mésztelítettségi tényezőt, ezen országokban is rátértek a molekulatömeg alapján történő számításra (15). Mielőtt azonban ezt ismertelném, vizuálni akarom azokat az ismereteket, melyeket a portlandcementklinker kémiai analitikai feltárással egyidőben az ásványtani felépítésre vonatkozólag megállapított a cementkutatók.

Az első kutató, aki mikroszkóp lencséje alatt vizsgálta a portlandcementet, Le Chatelier (16)

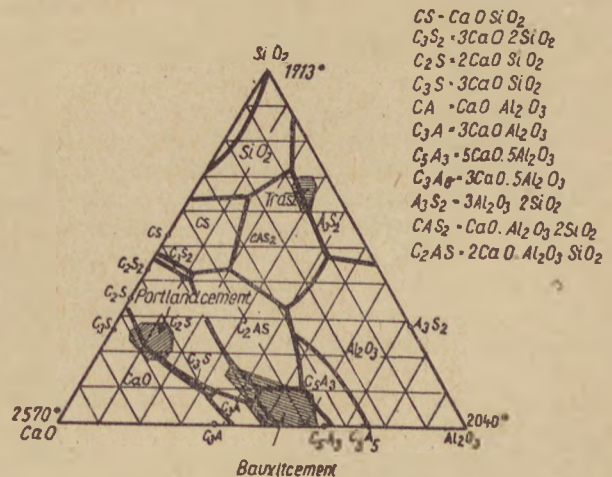
volt és már a múlt században, 1883-ban eszközölt megállapításai szinte csodálatos módon fedik azokat az elgondolásokat, ahogy a klinker ásványtani felépítését ma is ismerjük.

1897-ben Le Chatelier-től függetlenül Törnebohm svéd kutató (17) szintén felismerte mikroszkópiailag a cementklinker négy ásványát és elnevezte őket a még ma is használt nevekkal: ailit, belit, celit és felit.

Itt ismét fel kell elevenítenem egy magyar vonatkozást. A modulusokról és a cementklinker szerkezeti összetételéről szóló nemzetközi vitába belekapcsolódott a század elején Hauenschöld Albert német származású, magyar cementgyárban dolgozó vegyész is, aki „A portlandcement hidraulikus modulusáról“ c. tanulmányával (18) magas színvonalon, a töle megszokott alapos tudással és éles természetudományos logikával s kísérletekkel vitte előbbre az akkor még igen zavaros tudományt, úgy hogy megállapításai mai tudásunk mellett is helytállóak.

Megragadom az alkalmat, hogy Egyesületünkben a cementtechnológia ezen hazai és világszponylatban kiváló tudósáról megemlékezzek. Teszem ezt annyival is inkább, mert öt évvel ezelőtt idehaza bekövetkezett halálakor csak a külföldi szaklapok (19) emlékeztek meg róla. Megemlítem — bár jelenlegi témámtól távol esik —, hogy Hauenschöld Albert Gulyás József művezetővel együtt támasztotta új életre a századunk elején már halottnak vélt cementégető aknakemencét és sok fáradságos kísérletezéssel megszerkesztette az automatikus aknakemence prototípusát. Magyar szakkönyveink nem írnak erről a hazai eredményünkről és előadásokban sem hallottam megemlíteni. A külföldi szakkönyvek azonban, mint pl. Kühl: „Zementchemie“ (20), vagy Wecke—Kaminisky: „Zement“ (21) könyvében, továbbá a Tonindustriezeitung, (22) és a „Zement“ (23) világszerte elterjedt szaklapokban olvashatunk róla.

Visszatérve a cement kémiai-technológia történelmi fejlődésének további ismertetéséhez, eljutottunk azon pontig, mikor a kutatók felismerték, hogy a portlandklinker nem egységes kémiai



1. ábra. Rankin diagramm.

vegyület, amelynek szerkezete egy képlettel kifejezhető, hanem különböző, eltérő tulajdonságú és egymástól eltérően kristályosodó *klinkerásványoknak* keveréke. A kristályok mellett egy üvegyszerű, amorf alapanyag is látható a mikroszkópiai csiszolatokban. Ezeknek felismerése után következett az egyes klinkerásványok vegyi összetételének és fizikai jellemzőinek megállapítása.

Óriási arányokban folyó kutatómunka volt ez, melyben a világ majd minden kultúr nemzetének tudósai résztvettek. A sok közül felemlítem: *Glaser* orosz (24), *Guttman* és *Gille* (25), *Eitel* (26) német, *Tavasci* (27) olasz, *Bogue* (28), *S. B. W. B. Newberry* (29), *Rankin* és *Wright* (30) amerikai kutatókat. Ez utóbbiak 1000 különböző keveréket állítottak össze több mint 7000 vegyelemzést és mikroszkópos vizsgálatot végeztek el, hogy megállapítsák a számba jöhető oxidokból, minden csoportosításban, a cementégetés hőmérsékletén milyen vegyületek képződése lehetséges. Ezen vizsgálatok alapján készült el a portlandcementklinker három főalkotórészéből a  $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ -rendszerre megállapított ternár-diagramm, az ún. „*Rankin-diagramm*” képezi alapját a mai korszerű cementkémianak.

Ma már tudjuk, hogy a portlandcementklinker legnagyobb részét a következő négy ásványból tevődik össze:

$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (alit) rövidített jele .....	$\text{C}_3\text{S}$
$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (belit) rövidített jele .....	$\text{C}_2\text{S}$
$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ (celit) v. röv. jele ....	$\text{C}_4\text{AF}$
$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ rövidített jele .....	$\text{C}_3\text{A}$

Ennek a négy ásványnak összmenyisége alkotja a portlandklinker kb. 95%-át, a fennmaradó 5%:  $\text{MgO}$ , szabad  $\text{CaO}$ , pentakalciumtrialuminát  $5\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$ , kalciumszulfát  $\text{CaSO}_4$ , esetleg alkáliák,  $\text{MnO}$ ,  $\text{TiO}_2$ .

A felsorolt 4 főklinkerásványnak mennyiségi arányai szabják meg a klinker műszaki tulajdonságait, a belőle örölt cement kötését, kezdté szilárdulását, húzásnál, nyomásnál, hajlításkor viselkedését. De nemcsak a cement tulajdonságaira vannak befolyással, hanem a klinker égetésének üzemmenetére, a zsugorodásra, a szénfogyasztásra, a kemencebéléshez való viselkedésére, védőréteggépződésre, kemencegyűrűalakulásra, egyszóval az egész klinkerégetési folyamatra.

Ezen nagyfontosságú szerepnek felismerése az oka, hogy korszerűen vezetett cementgyárakban a négy klinkerásvány képződésének irányítására helyezik a vegyészek a legnagyobb súlyt a nyersiszap, illetve nyersliszt összeállításánál (31). Olyan optimális összetételre törekednek, melynél a klinkerképződés szabályos, a nyersliszt  $\text{CaO}$ -tartalma teljesen felhasználódik a keletkezett új vegyületekben.

Az oxidos elemzési adatokból a lehetséges klinkerásványok mennyisége kiszámítható. Mielőtt azonban az erre szolgáló formulákat mutatnám be, vissza kell térni a hidraulikus-modul fogalmához. Jeleztem, hogy ennek kémiai képlete nem

felel meg a stöchiometriai törvényeknek, mert az oxidok súlyszázalékában van felállítva és nem mol-okban, ahogy a vegyi reakciók lefolynak. Ezért javasolta Kühn prof. 1930-ban a *mésztelítettségi fok*nak bevezetését a hidraulikus-modul helyett (32).

Az akkori kutatók felfogása szerint a legjobb minőségű klinkert akkor égetik, ha a benne levő összes savas oxidok a lehető legbázikusabb vegyületekben vannak jelen, vagyis ha a *klinker* — Kühn kifejezése szerint — *mésszel* ( $\text{CaO}$ ) *teljesen telítve van*. Ezek a vegyületek:

$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  (a  $\text{CaO}$  és az  $\text{SiO}_2$  súlyviszonya 2,80 : 1),

$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  (a  $\text{CaO}$  és az  $\text{Al}_2\text{O}_3$  súlyviszonya 1,65 : 1),

$2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$  (a  $\text{CaO}$  és az  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  súlyviszonya 0,70 : 1).

Ezen képleteknek megfelelően a klinkerben lehetséges *maximális mésztartalom* a következő egyenlettel számítható ki:

$$\text{CaO}_{\text{max}} = 2,80 \text{ SiO}_2 + 1,65 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 0,70 \text{ Fe}_2\text{O}_3$$

Azonban az egyenletnek megfelelő teljesen telített klinker előállítására az ipari kemencékben folyamatos üzemben nem lehetséges. Ezért, hogy felesleges szabad  $\text{CaO}$  ne maradjon vissza és a gyári viszonyok között térfogatállandó klinkert kapjunk, valamivel kevesebb mészet kell venni, amit matematikailag így fejezhetünk ki:

$$\text{CaO} = M_t (2,80 \text{ SiO}_2 + 1,65 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 0,70 \text{ Fe}_2\text{O}_3)$$

ebből:

$$M_t = \frac{\text{CaO}}{2,80 \text{ SiO}_2 + 1,65 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 0,70 \text{ Fe}_2\text{O}_3}$$

Az  $M_t$ -t nevezte el Kühn *mésztelítettségi fok*nak, s hogy törtszám ne legyen, megszorozta 100-zal. Rendszerint 80–95 mésztelítettségi fokkal dolgoznak a gyárak

$$M_t = 100 \cdot \frac{\text{CaO}}{2,80 \text{ SiO}_2 + 1,65 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 0,70 \text{ Fe}_2\text{O}_3} = 80-95$$

Szovjet cementtechnikusok azonban nem fogadták el Kühn prof. formuláját. *Kind szovjet prof.* (33) szerint ugyanis a gyári kemencékben történő égetésnél csak az  $\text{SiO}_2$  nem telítődik teljesen  $\text{CaO}$ -val, míg az  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , sőt a szén-kéntartalmából eredő  $\text{SO}_3$  is felveszik a stöchiometriailag lehetséges teljes  $\text{CaO}$ -mennyiséget. Tehát a maximális mésztartalom egyenletébe csak a kovásva ( $\text{SiO}_2$ ) elé kell a koefficienszt beiktatni.

Egy másik neves szovjet tudós *V. N. Jung prof.* (34) szerint a vas nem mint  $2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$  van jelen a cementklinkerben, amelynek alapján a maximális  $\text{CaO}$  számításának egyenletébe a vasat 0,7 faktossal számították, hanem  $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$  alakban, ami pedig  $(3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3)$  komplex sónak fogható fel, s így a monokalcium-ferritnél a vas-faktor nem 0,7, hanem 0,35. Továbbá azon esetre, ha a klinkerben szabad mész is van, valamint ha a kovásva sem ment teljesen vegyületbe, hanem mint olthatatlan homok ( $\text{SiO}_2$ )

van jelen, akkor ezeket az össz-mész, illetve szilíciumdioxid-tartalomból levonásba kell hozni. Te-

hát a klinker méasztelítettségi tényezője végeredményben :

$$TT = \frac{\text{CaO} - \text{CaO}_{\text{szabad}} - (1,65 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 0,35 \text{ Fe}_2\text{O}_3 + 0,7 \text{ SO}_3)}{2,8 (\text{SiO}_2 - \text{SiO}_{2\text{szabad}})}$$

Ezt a képletet fogadta el 1935. évben a szovjet cementgyárak laboratóriumának kongresszusa és a szovjet gyárak és szakkönyvek ezzel a képlettel számolnak.

Meg kell azonban még azt is jegyezni, hogy a közölt képlet csak közönséges portlandcemente vonatkozik, olyanra, melynél az alumínium-modulus nagyobb 0,64-nél  $\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3} > 0,64$ .

$$TT = \frac{\text{CaO} - \text{CaO}_{\text{szabad}} - (1,1 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 0,7 \text{ Fe}_2\text{O}_3 + 0,7 \text{ SO}_3)}{2,8 (\text{SiO}_2 - \text{SiO}_{2\text{szabad}})}$$

A portlandcementklinker ásványi szerkezetének megállapítását a kémiai oxidos elemzés alapján számítás útján először *R. H. Bogue* (35) amerikai vegyész kísérte meg 1929-ben. A Bogue-féle formulák *Dahl* (36), *Lea* és *Parker* (37) kutatók hozzászólásai után némi változáson mentek át és a nálunk ismert nyugati szakkönyvek ezeket ismertetik. Ezeket ismertette a nemrég lefolyt III. Kutató Kongresszuson *Kallauner* professzor is. Kevésbé ismertek azonban a *Kind* szovjet prof. által felállított képletek, melyeket a Szovjetunióban használnak. Ezek a méasztelítettségi tényezőből indulnak ki, igen egyszerűek és segítségükkel a cement potenciális elemzési adatai, a klinker-ásványok százalékos tartalma gyorsan, könnyen kiszámíthatók. A számítási képletek ismét két-félék az alumínium-modul nagysága szerint, ugyanazon oknál fogva, mint a telítettségi tényezőnél már említettem. Ha az alumínium-modul nagyobb 0,64-nél, akkor a klinkerásványok mennyiségét a a következő képletek adják :

$$C_3S \% = 3,8 (3 \times TT - 2) \text{ SiO}_2$$

$$C_2S \% = 8,6 (1 - TT) \text{ SiO}_2$$

$$C_4AF \% = 3,04 \text{ Fe}_2\text{O}_3$$

$$C_3A \% = 2,65 (\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,64 \text{ Fe}_2\text{O}_3)$$

Ha az alumínium kisebb 0,64-nél, akkor a szilikátos klinkerásványok képlete változatlanul ugyanaz marad, mint előbb, azonban az alumínátos, illetve ferrites ásványok képlete így módosul :

$$C_4AF \% = 4,77 \text{ Al}_2\text{O}_3$$

$$C_2F \% = 1,7 (\text{Fe}_2\text{O}_3 - 1,57 \text{ Al}_2\text{O}_3)$$

Már előbb említettem, hogy a potenciális elemzésre, a klinkerásványok mennyiségének kiszámítására a haladó technikával dolgozó országokban milyen nagy gondot fordítanak. A hiányos összetételű cementnyersanyagok korrektúráját ezeknek alapján végzik.

A klinkernek legfontosabb alkotórésze a  $C_3S$ , az *alít* (38) kristály. A klinkeresszolatban erősen fénytörő, szintelen, rombos vagy monoklin rendszerű kristályokban mutatkozik. Csak 1400—

Vannak azonban cementek, melyeknél az alumínium-modulus kisebb 0,64-nél. Ilyen a Ferrari-féle cement vagy a mi lábatlani S. 54 portlandcementünk. Ezekben nem képződik mint klinker-ásvány  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ , hanem  $2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ . Ennek megfelelően a maximális CaO egyenlete módosul és akkor a stöchiometriai számítás a következő képletet adja a méasztelítettségi tényezőre :

1900 °C között állandó, különben szétesik  $C_2S$ -tá és CaO-dá. Emiatt sokáig kételkedtek létezésében. Erősen hidraulikus tulajdonságú. Legújabbán *J. Grzymek* (39) lengyel kutató közölt érdekes megfigyeléseket, ami szerint az alít-kristályok alakja fontos szerepet játszik a portlandcement kezdeti szilárdulásánál. Erre még később visszatérek.

A *belít*  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  három módosulatban ismeretes : alfa, beta és gamma módosulat. 1420 °C-on felül az alfa, 675—1420 °C-ig a beta és 675 °C alatt a gamma módosulat állandó. Ha lassan hűl le, teljesen porrá hullik szét, mert a gamma módosulat fajsúlya kisebb (3,28—2,97), ha azonban gyorsan hűtjük le, az alfa módosulat megmarad. Ezért kell a cementklinkert gyorsan lehűteni, mert csak az alfa és beta  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  hidraulikus tulajdonságú, a gamma  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  egyáltalában nem köt vízzel.

A szovjet tapasztalatok (40) a klinkerásványok és a klinkerégetés összefüggésére vonatkozólag igen tanulságosak a cementgyártás technológiájára nézve, s ezért röviden ismertetem.

A jó klinkerképződésnek és a kemence szabályos működésének az a kritériuma, hogy helyesen van-e a nyersanyagban a négyféle klinkerásvány mennyiségileg, valamint egymáshoz viszonyítva. Három viszonyszámot vizsgálnak, amik a következők :

$$\frac{C_3S + C_2S}{C_3A + C_4AF} \quad \frac{C_3A}{C_4AF} \quad \frac{C_3S}{C_2S}$$

Ez a három viszonyszám szabja meg a tökéletes klinkerképződést, a szabad mész jelenlétét, a klinker strukturáját, az ásványok kristályosodását, az ásványok mennyiségét, és mindezeknek következményeképpen a cement tulajdonságait és minőségét.

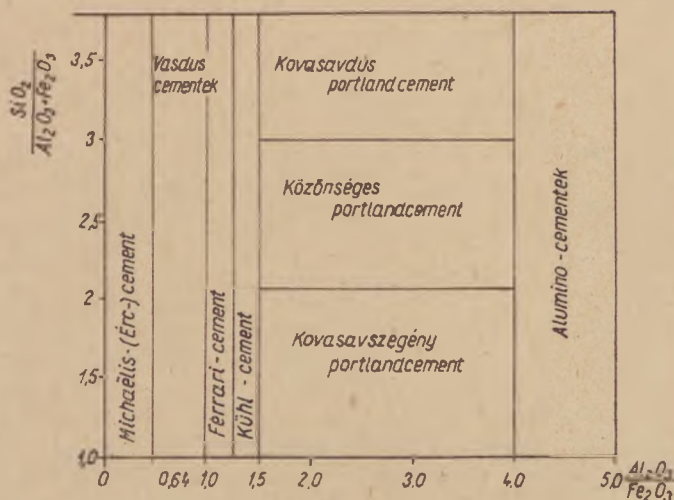
Ha kevés a folyósító ásványok ( $C_3A$  és  $C_4AF$ ) mennyisége a szilikát ásványokhoz viszonyítva, akkor nehezen megy végbe a klinkerképződés és több szenet kell elhasználni. Azonban túl magas se legyen a folyósító ásványok mennyisége, mert akkor sok lesz a folyékony fázis és a kemencében gyűrű képződik. A két határ között van az optimum.

Fontos a két folyósító ásvány egymásközi viszonyaránya is, mert attól függ a folyékony fázis viszkozitása. Ez befolyásolja a CaO diffúzióját a  $C_2S$ -be s így az alit-képződést. A  $C_3A$  emeli, a  $C_4AF$  csökkenti a viszkozitást.

Szovjet tapasztalatok szerint a legjobb klinker-összetétel a következő:

$C_3S$ .....	51%
$C_2S$ .....	24%
$C_3A$ .....	8%
$C_4AF$ .....	14%

Lehetőség szerint erre kell törekedni. A természet adottságait a cementvegyésznek le kell győzni. Ha a mészkő, márga, agyag kémiai összetétele nem teszi lehetővé a klinkerásványok kialakulásának racionális képződését, akkor bizonyos javító adalékokkal kell segíteni rajta.



1. ábra

A racionális-klinkerásvány képződésnek egyik segédeszköze a *mineralizátorok* (41) alkalmazása. Ha nehezen zsugorodik az anyag, kevés a folyósító fázis, akkor célszerű pl. 0,25—1%  $CaF_2$ -dot adagolni, ami átsegít a nehézségeken.

A cement kémiai és mineralógiai összetételének megismerése módot adott arra, hogy bizonyos meghatározott célból más-más vegyi összetételű cementet állítsanak elő és így alakultak ki a különböző cementfajták. Az egyes cementfajtáknak megvan a maguk speciális rendeltetése és a következőképpen jellemezhetjük őket:

I. *Közönséges portlandcement.* Szilikát-modul 1,8—2,5. Alumínium-modul: 1,5—2,4.

II. *Kovassavdús portlandcement.* Szilikát-modul: 2,5 körül. Alumínium-modul: 1,5—2,4. Kisebb kötőhő, jó utószilárdulás jellemzi. Nagytömegű betonépítményeknél alkalmas.

III. *Ferro-portlandcement.* Legrégibb ezek közül a Michaelis-féle „érc-cement“, amelynek alumínium-modulja kb. 0,3 a Ferrari-cement alumínium-modulja 0,65, a Kühl-cement alumínium-modulja 1,3. A lábatlani S54 cementje is ide tartozik. Nagy kezdőszilárdság, kis hőfejlesztőképesség, kis zsugorodás, szulfátos vizekkel, tengervízzel szembeni állékonyság jellemzi őket.

IV. *Alumino-cement.* Alumínium-modul: kb.

2,4. Nagy kezdeti szilárdság, magas kötési hő jellemzi; az utószilárdulásnál esetleg visszaesés. Ilyen volt a magyar „Citadur“-cement, ma „Bauxit-cement“, a francia „ciment fondu“ és „ciment électrique“, a német „Alca-cement“.

A cementfajták típusait diagramomban szokták feltüntetni, melynek ordinátája a szilikát-modul. abszcisszája pedig az alumínium-modul.

#### A cementfajták

A cementfajták felsorolásánál figyelmen kívül hagytam a latens hidraulikus anyagokat és azokat a termékeket is, melyek a cementklinkerrel történő összeházasításból származnak, mint a kohósalak-cement, a traszcement, szulfátkohó-cement, stb. miután most csak a portlandcement kémiai technológiájával foglalkozom.

Azonban megemlíteni akarom a *nagy kezdőszilárdságú portlandcementet*, mert ez úgy a gyártó ipart, mint a felhasználókat jelenleg nagyon érdekli, és melyre az előre gyártott vasbetonszerkezetek készítésénél igen nagy szükség van. A nagy érdeklődés oka az, hogy az eddig ezen célra használt bauxit-cement gyártása drága, a felhasználóknál pedig aggályok merültek fel az utószilárdulásban való viselkedését illetően. Keresünk egy olyan cementet, mely kezdőszilárdságban megközelíti a bauxit-cementet, az utószilárdságban pedig felülmúlja. A Szovjetunió 1955-ben kiadott szabványa szerint a nagykezdőszilárdságú portlandcement nyomószilárdsága legyen egynapos korban legalább 200 kg/cm<sup>2</sup>, 3 nap múlva 300 kg/cm<sup>2</sup>, 28 napos korában 700 kg/cm<sup>2</sup>. Két út látszik járhatónak a gyártására. Az egyik: a klinkerásványok megfelelő összetételének alakítása, lehetőleg magasabb  $C_3S$ -tartalom, az erős klinkerégetés, a gyors hűtés, a legfinomabb őrlés, azaz a lehetséges legnagyobb fajlagos felület képzése. A másik út: kémiai anyagoknak a klinkerhez való keverése, melyek részben gyorsítják a hidratizálódást, részben olyan reakciókat, illetve vegyületképződést okoznak, amik a nagy kezdeti szilárdságot eredményezik. Ilyen anyagok: a gipsz és a klórcalcium.

Az első módszer szerint a közönséges portlandklinker kb. 50%  $C_3S$ -tartalmát fel kell emelni 60—75%-ig. Ezen célból a nyersiszap mésztelítettségi tényezőjét az égető széntől függően olyan magasan állapítják meg, hogy a kész klinkerben a *TT* lehetőleg 1 legyen. Természetesen igen jó minőségű szén kell a nehezen zsugorodó anyag kiégetéséhez. Amerikában esetleg kétszer égetik, hogy szabad CaO ne maradjon vissza. Ha szükséges mineralizátort vesznek igénybe, leginkább  $CaF_2$ -t. A fészített üzemi tényezők megkívánják a nyersiszap, illetve nyersliszt legtökéletesebb homogenizálását. Előírás, hogy az égetésre kerülő anyag  $CaCO_3$ -tartalmának ingadozása ne legyen több, mint 0,2%.

*Bereczky prof.* (42) nálunk is kísérletezett nagykezdőszilárdságú cement készítésével Lábatlanon és Selypen. Az „Alit-cement“-nek nevezett termék azonban nem került forgalomba. A selypi tufa kétségtelenül igen alkalmas nyersanyag erre a célra, mert kovassavja a vulkántűz által részben



már aktiváltatott s ez az adottság mineralizátor nélkül is előmozdítja a klinkerásványok képződését. Azonban a gyártás elengedhetetlen feltétele, hogy jó keverő-silók is legyenek, amelyekkel jelenleg a selypi gyár még nem rendelkezik.

A legújabb időben *Jerzy Grzymek* (43) lengyel vegyész-mérnök foglalkozott a gyorsan szilárduló portlandcement témájával. Igen érdekes megfigyeléseket közölt az alitkristályok nagyságáról, alakjáról. Megállapítja, hogy a kistérfogató, hosszúkás túalakú kristályok sokkal gyorsabban és korábban szilárdulnak ugyanazon kémiai összetételű cementnél, mint a nagyobb, gömbölyű kristályok. Minél nagyobb a kristály-tengelyek viszonyszáma és minél kisebbek az alitkristályok, annál erősebb és gyorsabb a kötés. Igyekszik 15 mikronnál kisebb és 2-vel egyenlő vagy nagyobb tengelyviszonyos számú alitkristályokat előállítani. Vizsgálja a hidratáció mélységét és a kötési energiát, amit a nagyon finom őrlés, azaz nagy fajlagos felület által igyekszik minél jobban, lehetőleg 100%-ig érvényre juttatni.

A kémiai úton adalékanyagokkal készített gyorsan szilárduló cement technológiáját *B. G. Szkrantajev prof.* és *A. A. Budilov* (44) kandidátus dolgozták ki és múlt évben a Beton i Zselezobeton c. szaklapban publikálták. Igen érdekes megállapításuk, hogy a gipsz szerepére vonatkozó eddigi tudásunkat alaposan revízió alá kell venni. Hazai és külföldi cementszabványok a cementben általában 3%  $\text{SO}_3$ -nak megfelelő gipszet, azaz legfeljebb kb. 5% gipszanhidritet engednek meg. Ezen felül már a gipszduzzadás léphet fel. A szerzők szerint ez a megállapítás csak alacsony  $\text{C}_3\text{A}$ -tartalmú és durvább őrlésű cementre áll fenn. Ha a normális összetételű cement kb. 8%  $\text{C}_3\text{A}$ -tartalmat felfokozzuk 8–15%  $\text{C}_3\text{A}$ -tartalomig és a cementet igen finoman őrljük, akkor a gipsz mennyiségét 3%-ról 8%-ig emelhetjük anélkül, hogy veszélyes duzzadás lépne fel. Ez által kaptak nagykezdőszilárdságú cementet. A szerzők a gyárakból 3% gipsz-adalékkal kikerült cementekkel kísérleteztek és ezt pótlólag 4–6–8% gipsztartalomra emelték és finomabbra őrlték. Ezen eljárás által a beton-szilárdság 1 napos korban 2,14–4,66%-szorosára emelkedett és 28 napos korban 1,10–1,45-szörösére. Tehát valóban nagykezdőszilárdságú lett. Hosszabb ideig tartó megfigyeléssel sem észleltek korróziót.

Végeztek kísérleteket magas  $\text{C}_3\text{A}$ -tartalmú cementtel gipsz- és klórkalcium együttes alkalmazásával is. Egy 15%  $\text{C}_3\text{A}$ -tartalmú cementhez utólag 4% gipszet és 2% klórkalciumot keverték. Az eredmény az volt, hogy a beton 1 napos korban a 28 napos szilárdságnak 65%-át, 3 napos korban pedig a teljes 28 napos szilárdságát elérte.

A nagykezdőszilárdságú cementek készítése a leírt módon egyelőre kutatási téma. Miután rövid idő múlva megindul a cementkísérleti félüzemünk, módunkban lesz az eljárást kipróbálni, s ha a kísérletek jó eredményeket mutatnak, nagyüzembe is átvinni.

\*

Végigkísértük a portlandcement kémiai technológiájának fejlődését az empiriától a klinker-

ásványok komplikált tudományáig. Attól az időponttól kezdve, mikor tudományosan nem indokolt receptekkel készítették a hidraulikus kötőanyagot, addig, mikor a vegyész-mérnök a portlandcement kémiai technológiájának haladása alapján előre kiszámíthatja, megtervezheti a gyártandó termék vegyi összetételét és céltudatosan, preventív intézkedésekkel megállapítja tulajdonságait. Ebben fejeződik ki legjobban a portlandcement kémiai technológiájának felfejlődése a kezdettől napjainkig!

#### IRODALOM

1. *Anton Hambloch*: „Der Trass, seine Entstehung, Gewinnung und Bedeutung im Dienste der Technik“ 1909.
2. *Desch*: „The Chemistry and Testing of Cement“ 1911.
3. *Bogue*: „The Chemistry of Portland Cement“, New York, 1946.
4. *Busing—Schumann*: „Der Portlandzement und seine Anwendung im Bauwesen“ 1905.
5. *Jung*: „Mész- és Cementipari Technológia“ 1953.
6. *Lea—Desch*: „Die Chemie des Zements und Betons“ 1937.
7. *E. C. Blanc*: „Le Ciment Portland“ Paris et Liege 1927.
8. *B. G. Szkrantajev*: „Építőanyagok“ 1953.
9. *Kühl*: „Zement-Chemie“ II. k.
10. *Kühl*: „Die Korrektur chemisch mangelhafter Rohstoffe“ 1911.
11. Ztschr. Angew. Chem. 1911. 157. old.
12. *Kühl*: „Zement-Protokoll“ 1913.
13. *Kühl*: „Zement“ 1926. 637 old. és 1931. 125 old.
14. *E. C. Blanc*: „Le Ciment Portland“ 1927.
15. *Kühl*: „Cement-Chemie“ II. k. 276 old.
16. *E. C. Blanc*: „Le Ciment Portland“ 381 old. és Compt. rend. 1883. 1056 old.
17. *Törnebohm*: „Über die Petrographie des Portlandcements“ Stockholm. 1897.
18. *Hauenschild Albert*: „A portlandcement hidraulikus modulusáról“ 1915.
19. Zement-Kalk-Gips 1951. 21. old.
20. *Kühl*: „Zement-Chemie“ II. k. 555. old.
21. *Wecke—Kaminsky*: „Zement“ 1950. 83. old. és 84. old.
22. Tonindustrie-Zeitung 1914. 1085. old.
23. Zement 1916. 121. old.
24. *Jung*: „Mész- és Cementipari Technológia“ 331. old.
25. Zement 1927. 931. és 935. old.
26. Zement 1941. 17. old.
27. Tonindustrie-Zeitung 1937.
28. *R. H. Bogue*: „Ind. Endgng. Chem. Analyt.“ Edit 1, 192 (1929).
29. *L. A. Dahl*: „Port. Cem. Assoc.“ Bull. 1. (1939)
30. *F. M. Lea és T. W. Parker*: „Building Research Technical Paper“ No. 16. (1935)
31. *J. Sz. Lurje*: „A cementgyártás ellenőrzése“ Moszkva 1950.
32. Tonindustrie-Zeitung 1930. 571. old.
33. *Jung*: Mész- és Cementipari Technológia 1953. 321. old.
34. Ugyanaz 324. old.
35. *Kühl*: „Zement von Morgen“ ZKG 1952. 124. old.
36. *Lea—Desch*: „Die Chemie des Zements und Betons“
37. Ugyanaz.
38. *Dr. O. Schmidt*: „Der Portlandzement auf Grund chemischer und petrographischer Forschung“ Stuttgart 1906. 53. old.
39. *J. Grzymek*: Silikat-Technik 1955. 296. old.
40. *Lurje*: „A cementgyártás ellenőrzése“ 1950.
41. *G. S. Krichtin*: Előadás az É. T. E.-ben 1952.
42. *Bereczky*: „Új cementfajták“ Magyar Kémikusok Lapja 1949. 439. old.
43. *J. Grzymek*: „Die Bedeutung der äusseren Gestalt der Alitkristalle (Sil. Tech. 1955. 296. old.)
44. *B. G. Szkrantajev*: Beton i Zselezobeton 1955. 24. old.

## A sóskúti mészkőbánya fejlesztése

ERDÉLY IMRE

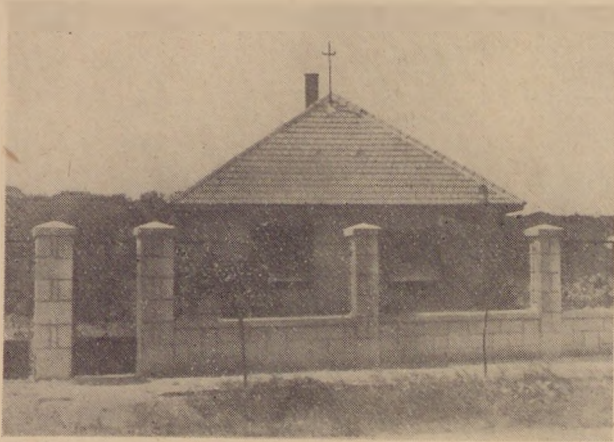
Budapest környékén, valószínűleg már az ősi települések keletkezése óta, számos durvamészkkő előfordulás szolgálta az építkezéseket. Sósokút, Bia, Fót, Kistétény, Nagytétény, Páty, Törökbalint, Zsámbék, Érd, Tárnok stb. kőfejtőinek mészkövei a harmadkor végső szakaszában keletkeztek, mintegy 10—15 millió évvel ezelőtt, a területet borító, csökkent sósvízű szarmáciai tenger lerakódásaiból. A kőzet a Gerecse-hegység déli oldalától és a zsámbéki medencétől délre húzó-

részben ebből a kőből épültek, sőt a Lánchíd négy híres oroszlánjának is ez az anyaga.

A jelenleg is fejtett puha mészkő-bánya mintegy 1600—1700 kg/m<sup>3</sup> térfogatsúlyú, fagyálló, mélyebben fekvő rétegei szép fehér és egyenletes szövötű kövnek kitermelése igen régen megindulhatott, mert a belőle készült falazótömbök Budapest legrégebbi vegyesfalazataiban is fellelhetők. A bánya egyik újabban lefedett helyén állítólag török időkből származó fejtőhelyet tártak fel, amelyen baltaszerű kéziszerszámmal mintegy 10 téglának megfelelő nagyságú falazótömböket termeltek.

A század elején a sóskúti kőbánya már 300 munkást foglalkoztatott és Tárnok vasútállomástól elágazóan iparvágány vezetett a bányaudvarba. Sósokúti kőből készült díszítő- és burkolóelemek találhatóak a *Tudományos Akadémia*, az *Operaház*, a pesti *Vigadó*, a volt *Kuria*, a volt *Fővámház*, a Markó utcai *Járásbíróház*, a *Műszaki Egyetem*, a *Bazilika*, a *Parlament*, a városligeti *Vajdahunyad vára* stb. épületein, az újabbak közül a Rákóczi út és Vas utca sarkán levő 1940-ből való *bérház*, a Csórsz utcai *MOM Kultúrház* szép homlokzatain. Sósokúti kőből készült a Földalatti Vasút *Népszínpad állomásán* a kupola és az oldalfalak burkolata. Fővárosunk építőinek legnagyobbjai közül kiváltképpen Ybl Miklós, Steindl Imre és Hauszmann Alajos alkalmazták bőségesen a sóskúti követ a város mindmáig is legjellegzetesebb palotáin.

A bánya igen sokat veszített jelentőségéből azáltal, hogy az első világháború vége felé ipar-



1. ábra. Lakóház és kerítés faragott sóskúti kőből

dik, a tétényi fennsík főanyagát képezi. Feltalálható a soroksári Dunaág alatt, a pesti oldalon Kőbányán és a Rákoson jelentkezik újból a felszínen.

Ennek a szarmata mészkőnek építési szempontból legalább két változatát kell megkülönböztetnünk. Az egyiknek durvaszövetű, sokszor homokszemcsékkel keveredett anyaga keményebb: 300—600 kg/cm<sup>2</sup> törőszilárdságú és jól illik reá a *durva mészkő* elnevezés. A másik puha, 80—100 kg/cm<sup>2</sup> törőszilárdságú, struktúrája egyenletesebb, könnyen fűrészeltető és faragható. Közönségesen *puha mészkőnek* nevezik. Az előbbi középhelyet foglal el a puha mészkő és a budakalászi, süttői kemény mészköveink között és intenzívebb termelésének, illetve alkalmazásának felhagyása ténylegesen hézagot képezett a kőfaragóipar munkaterületén.

Az említett számos kőfejtő közül a mai napig csupán a Budapesttől délre, az érd-biai út mentén fekvő sóskúti kőbánya őrizte meg jelentőségét. Sósokúton is feltalálható a két kőkategória. A község felett közvetlenül feltárt, jelenleg elhagyott ún. Antal-bánya durva mészkő anyagából igen sokat használtak fel a budapesti Dunapart támfala és lépcsőzete építésénél; a Lánchíd pillérei is



2. ábra. Lakóház díszes sóskúti kő-homlokzattal és kerítéssel

\*Az Építőanyagipari Tudományos Egyesület kőbányaszakosztályán 1955. október 21-én elhangzott előadás.

vágányát felszedték. Ez idő óta termelvényeit szekéren, vagy tehergépkocsin szállítják, ami a követ jelentékenyen megdrágítja a felhasználó számára. Jelenleg a bánya alig 40 munkásnak ad kenyeret és kőfűrészei az év jelentékeny részében nincsenek foglalkoztatva.

A felhasználás ilyen nagymértékű megcsappanásának természetesen nem csupán az említett iparvágányfelszedés az oka. A sósokúti falazóelem, az ún. *duplakő* használatát az égetett téglá árának az idők folyamán bekövetkezett csökkenése szorította vissza a közvetlen bányakörnyékre, ahol még ma is különleges technikával készült, szép homlokzatú családi házakat és tetszetős kerítéseket építenek belőle.



3. ábra. Függőleges részvágás tömbkőfejtéshez

minél fejlettebb gépesítése, ami a követ még olcsóbbá tette volna.

A sósokúti kőbánya főterméke a tömbkő, amelyet 1,2—1,5 m<sup>3</sup>-es nagyságban fejtenek ki a sziklából. Különleges építészeti és szobrászati célokra azonban ennek az átlagméretnek többszöröse is kitermelhető. A tömböket a bánya az ország kőfaragóipari vállalatainak adja át feldolgozásra, vagy gattereivel maga fűrészeli fel homlokzati burkolólapokra, ajtó- és ablakkeretekre és egyéb építési elemekre. A kőfejtés és feldolgozás hulladékanyagát kézfifaragású, kb. 30/35/18 cm méretű *duplakő-ként*, falazáshoz használt közönséges *terméskő-ként* hasznosítják; a fűrészhulladékot *kerti szegélykő*, a morzsalékokat *kőpor* formájában.



4. ábra. Függőleges részvágás a sziklafal tövében

A sósokúti homlokzati burkolólapok és egyéb díszítőelemek betervezését a kemény mészköveink (Budakalász, Süttő stb.) iránt táplált nagyobb bizalom is gátolja. Az idők folyamán ugyanis a sósokúti kő tartóssága ellen sok kifogás merült fel. Szilárdsága sok esetben nem felelt meg a követelményeknek: egyenlőtlennek, igen változónak mutatkozott és a kő fagyállósága sem ütötte meg a kívánt mértéket. A panaszok oka ma már tisztázva van: egyrészt a kő szállításánál és alkalmazásainál nem vették mindig figyelembe annak említett kétféleségét, szilárdabb, durva mészkő és kevésbé szilárd, puha mészkő minőségeit, másrészt finoman tagolt kőfaragómunkát alkalmaztak a puha kőminőségen, amely azt — természetesen — nem őrizheti meg évszázadokon át úgy, mint a kemény mészkövek. Így tehát tervező építészeink elfordulása a sósokúti kőtől helytelen mindazon esetekben, amelyeknél az építkezés követelményeinek a kisebb értékű, olcsóbb puha mészkő is megfelel. Kétségtávol hozzájárult a sósokúti kő használata visszafejlődéséhez az is, hogy az államosítás után nem indult meg azonnal a termelés

A tömbök fejtése a legújabb időkig a legősibb módon, kézi réseléssel történt. A lefedett, letakarított, nagyjából vízszintes sziklafelületen a kőfejtő-munkás ún. fejtőcsákánnyal (ricóka), felül kb. 30 cm széles, alul 15 cm-re szűkülő függőleges rést (sródot) csákányoz ki a kifejtendő tömb körül. Az így — általában 1,00—1,20 m mélységig — körülárlkolt kőtömböt a sziklafront felőli szabad homlokzaton 20—25 cm mélyen vágott vízszintes résbe (ricebe) helyezett ékek segítségével feszítik fel a feklapjáról.

A réselés, különösen a függőleges mély rések vágása, embertelenül nehéz munka, főleg nyáron, amikor a fehér bányafalakon visszaverődő nap-sugarak felhevítik a munkahelyet. A függőleges részvágás csákányütéseinek nyomai végigkísérhetők a bánya helyenként 20 méternél is magasabb, függőleges sziklafalain. Ezek különösen jól megfigyelhetők a 3. és 4. fényképeken. A vízszintes rést sokszor 8—10 m hosszan vágják és a tömb felfeszítését is ugyanilyen hosszan egyszerre végzik az ékek sorozatának végigverésével. Mivel a tömb mélysége 1,00 m körül szokott lenni, a feszítőékek pedig

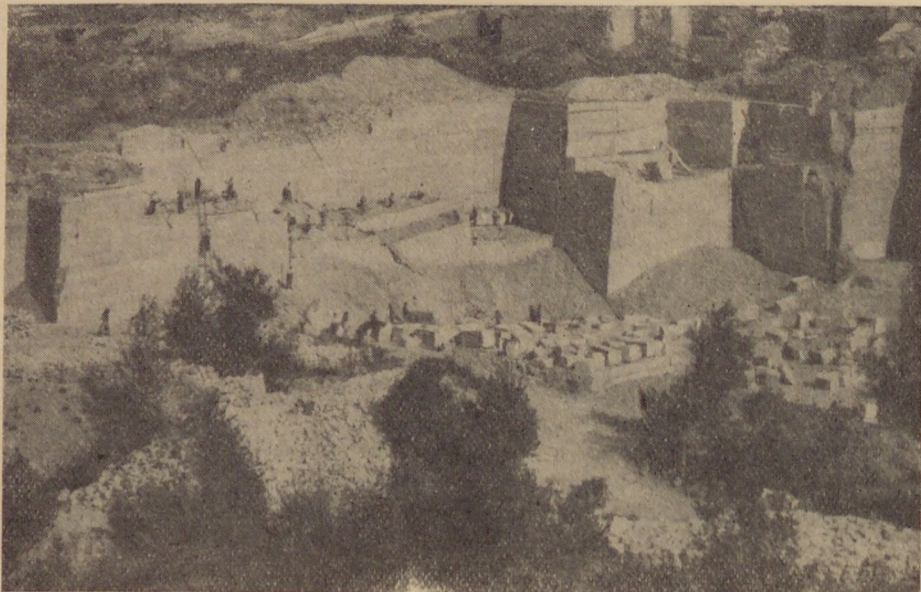
5. ábra. *Vízszintes részvágás kezdete*6. ábra. *Feklapjáról felfeszített tömb hasítása*

csak 20—25 cm mélyek, előfordul, hogy a tömb fekvőlapja nem válik le vízszintes síkban, hanem hátrafelé emelkedően, ez esetben a függőleges részlelési munka jelentős része kárba veszett és a tömb remélt méretei csökkennek. A kőfejtőbrigád ahelyett, hogy a 8—10 m hosszú tömb felszeletelésével és a kikerült kommerciális méretű tömbök felületének lenagyolása után megérdemelt keresethez jutna, igen sok hulladékot kényszerül feldolgozni duplakőre és termékőre, ezáltal nagyobb munkával értéktelenebb cikket termel.

A fejtés a lefedett hegytetőn indul meg és függőlegesen lefelé halad a bányaudvar szintjéig. Egy-egy brigád rendszerint olyan területet foglal el a hegytetőn, amelynek fejtésével egy év alatt

jut le a bányaudvarra. A magasban kiréselt nyers tömböket a függőleges bányafalon ledobják a bányaudvarra, ahol azok egy előkészített puha törmelék, vagy meddőhalomra esnek. A ledobált nyers tömböket a bányaudvaron nagyolják derékszögű, esetleg előírt méretű téglalakú tömbökké.

Az itt vázolt primitív munkamenet hátrányai szembeszökőek. A tömb fejtése hosszantartó, igen nehéz testi munkát igénylő, csak nagy felkészültséggel és tapasztalatok alapján végezhető művelet, amelynek eredményessége emellett még kockázatos is, tekintve a tömb vízszintes fekvőlapjának felfeszítési nehézségeit. A brigádok munkahelye általában csak kötél-, vagy létrán közelíthető meg, mert függőleges sziklafalak között

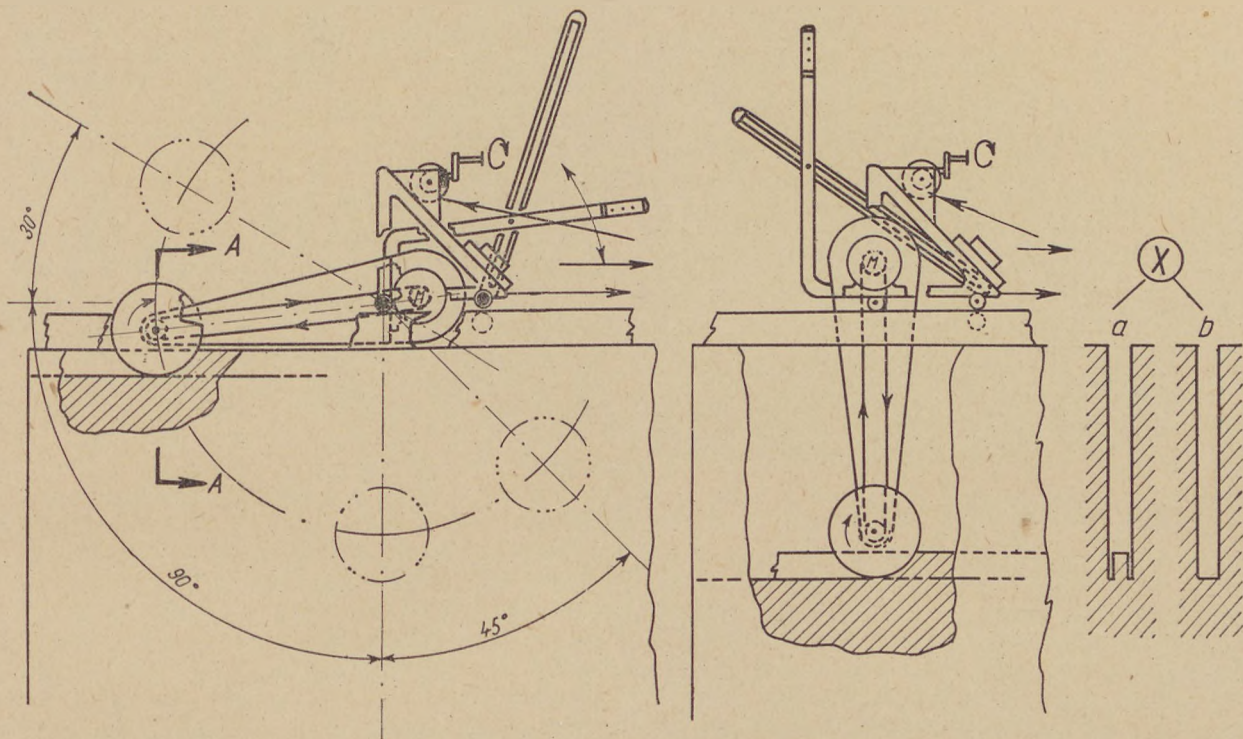
7. ábra. *Bányafront a tömbkőfejtő brigádok munkahelyeivel.*

valahol a hegytető és a bányaudvar szintjei között van. Emiatt a kifejtett tömböket nem lehet elszállítani a munkahelyről, hanem le kell dobálni a bányaudvarra, amikor is azok sérüléseknek, törésnek vannak kitéve. A kőfejtőbrigádok munkahelyei — az említett körülmények között — nem felelnek meg a kívánatos biztonsági követelményeknek sem. Mivel a bánya felső és alsó körétegei között lényeges minőségi különbség van, előfordulhat mindezekon felül, hogy a fejtőbrigádok kb. egyéves függőleges munkaútjukon túlnyomórészt, vagy kizárólag csak az egyik minőséget fejtik, holott éppen a másik minőségre lenne szükség.

a fúrás rendkívül gyorsan halad és a tömb körül-fúrása órák alatt elvégezhető. Esős időben átnedvesedett kő fúrásánál azonban a furatpor összeáll, kifúvatása nem sikerül és a fúró beragad a fúrólyukba.

Ugyancsak sikerrel járt egy 1954-ben jó eredménnyel kikísérletezett újításnak, a Németh—Román-féle réselőgépnél gyakorlati bevezetése is. A gép keskeny nyomtávú vágányon járó könnyű alvázra épített, lefelé lendíthető kar végére szerelt kettős, vidialapkás fűrészkoronggal dolgozik.

A kettős korongot az alvázra szerelt villanymotor ékszíjak közvetítésével hajtja meg. A koron-



8. ábra. Németh—Román-féle függőleges réselőgép vázlatja

A sósikúti kőfejtés ismertett technológiájának megváltoztatása érdekében már régóta végeznek kísérleteket, elsősorban a tömbök kiréselésének gépesítésére. Bár erre szolgáló, különböző elvek alapján konstruált gépek évtizedek óta léteznek és működnek külföldi kőbányákban, sőt már az első világháború előtti Magyarország területén, a ruszicai márványbányában is volt két Ingersoll-típusú ütve működő réselőgép, hazánk területén jelenleg mégsem találunk ilyen gépeket. Ennek oka főleg a felszabadulás előtti tömbkőbányászatunk szétszórtságában és a szükséglet szűk kereteiben található, a kőbányák államosítása után pedig a gépek beszerzési nehézségeiben és az igények kialakulatlanságában, bizonytalanságában. Legújabbban sikeres kísérleteket végeztünk sűrített levegővel meghajtott fúróalapácsokkal készített sorozatfúrásokkal. Ennél a réselési módszer-nél a függőleges rés szorosan egymás mellé fúrt, egybefolyó fúrólyukak összességéből áll elő, míg a feklap felfeszítése 10—15 cm-enként a tömb teljes mélységéig fúrt lyukakba helyezett különleges ékekkel történik. Száraz időben, száraz kőben

gok két, egymástól 8,5 cm távolságú, 10 cm mély, kb. 1 cm széles rést vágnak a kőbe, miközben a réselőgép a sínen előrehalad. A két rés között álló kőcsik csakánnyal könnyen letörhető és kiemelhető. Az így felszabadított rést a gép a következő menetben további 10 cm-rel mélyíti, összesen — a kar hosszától függően — mintegy 1,00 m mély vágatot készítve. A munka öt-hatszor gyorsabb a kézi réselésnél, kevesebb kő szétforgácsolásával jár és teljesen sima, utólagos megmunkálást nem igénylő kőfelületet szolgáltat. (Lásd a lap címképét). Újabb modellje azzal a módosítással készül, hogy a vágókorongokat hordó karja valamivel hosszabb lesz és a vágányon kívül kerül. Így mélyebb rés vágására képes és elvégezheti a réselést a függőleges bányafal síkjában is. Ilyen megoldás mellett továbbá lényegesen egyszerűbb lesz annak a vágánykeretnek a kimerévtése, amelyen a gép mozog. Amint látható, ez a tömbkőfejtési eljárás nem nyújt teljesen gépesített megoldást — hiszen a rés két vágata közé eső magját kézíerővel kell kibontani és kiemelni — de egyszerű, gyors és olcsó.

A tervezés stádiumán még túl nem jutott

másik tömbfejtőgép az *Ajtay-féle marófejes réselő-gép*. A vasmegmunkálásnál ismert marószerszámokkal kívánja szétforgácsolni a követ, miközben a rést teljes szelvényvel bemélyíti a sziklába. A marófejek a fel- és lefelé egyaránt mozgatható, kar végén forognak, így a gép mind a fejtési szint alatt, mind felette képes függőleges rést vágni. A gép véleményünk szerint inkább kemény mészkő tömbök fejtésére lesz alkalmas, mert a puha mészkő egyszerűbb eszközzel, fűrészszel is vágható, kevesebb energia felhasználása mellett.

Az említett két, kidolgozott réselési eljárásnak, — a sorozatfűrészosnak és a kettős fűrészkorongosnak — bevezetése a gyakorlatba folya-



9. ábra. Nagyolófűrész duplakövet szeletel

matban van. Mindkettő mentesíti a dolgozókat a legmegerőltetőbb résvágási munkától, ezenkívül lényegesen gyorsabb és olcsóbb a készíréseknél. Végleges bevezetésükhöz azonban át kell alakítani a bánya képét: meg kell szüntetni a függőlegesen lefelé haladó fejtési módot és át kell térni a lépcsős művelésre. Nyilvánvaló ugyanis, hogy mindkettő említett gépesített fejtési mód csak a tömbök egy választott átlagos vastagságának megfelelő magasságú termelési lépcsőn alkalmazható nehézségek nélkül. Ugyancsak ilyen lépcsős termelési mód bevezetése kívánatos a tömbök korszerűen szervezett elszállításának érdekében is. Az egyes termelési lépcsőkön kitermelt és ott tároló tömböket — ha nem kívánjuk azokat lépcsőnként ledobálni — magukon a termelősínteken kívánatos szállítóeszközbe rakni. Így a termelési lépcsőknek elég széleseeknek kell lenniök ahhoz, hogy rajtuk a réselőgépeken kívül a szállítóeszközök is elférjenek és a rakodási munkához is legyen hely.

A tömbkőkészítés egyik gépi segédeszköze a *nagyolófűrész*, amely házilag készült.

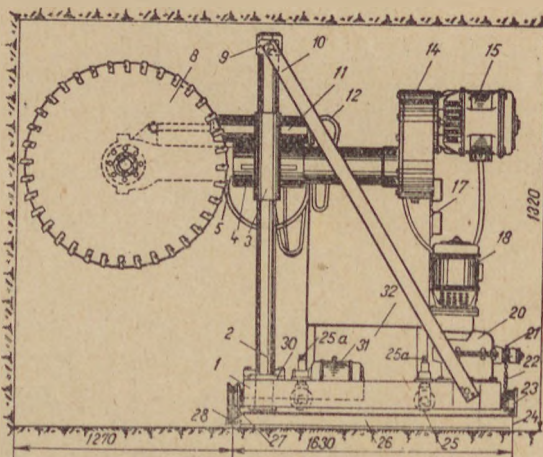
Ez a kerek alvárra szerelt, a bányaudvaron kézierővel vontatott, villanymeghajtású fűrészgép a tömbök szétvágását, egyenetlen tömbvégek levágását hajtja végre, ez utóbbi teljesítményével tehát a nagyolás hosszantartó és aprólékos művelését is elvégzi a tömbök egy-egy lapján.

A kőfejtés másik további gépesítési irányzata az *építőtömb* termelésével kapcsolatban vetődött

fel. Amint említettük, az építőtömb (duplakő) az utóbbi években csak a tömbkő melléktermékeként, mint a minimális tömbméreteknél kisebb kövek értékesítési lehetősége merült fel. Tekintettel arra, hogy a kő fejtése és feldolgozása duplakőre kizárólag kézierővel történt, a duplakő csak a bánya közvetlen környékén, a kedvezőbb fuvarhatáron belül vehette fel a versenyt az olcsóbb téglával. Ennek megfelelően az évi 10—15 000 darabos termelés is nehezen volt elhelyezhető. Az építőtömb termelés gépesítésének alap gondolata az volt, hogy a gépi úton, nagy mennyiségben és olcsóbban előállított duplakő fel fogja venni a versenyt a téglával, ezáltal a kedvező fuvarzónahatár a közvetlen bányakörnyezettől messze kitolódik és így a sóskúti kőbánya jelentős mértékben hozzájárulhat az ország falazóanyag ellátásához. Nagymértékben növeli e kérdés népgazdasági jelentőségét, hogy a duplakő előállításához — ellentétben az égetett téglához — nincsen szükség közvetlen szénfogyasztásra.

Az építőtömbök előállításának gépesítésével főleg szovjet tapasztalatok alapján foglalkoztunk. Az ezzel kapcsolatos gondolatok, gyakorlati lehetőségeket és népgazdaságunk programját *Egry Károly* ismertette az Építőanyagipari Tudományos Egyesület kőbánya szakosztályán 1954. III. 2-án tartott előadásában. Közlése szerint a Szovjetunióban szabványosított 49/24/19 cm nagyságú, kb. 36 kg súlyú építőtömb mérettel szemben mi — főleg a mezőgazdasági építkezések szükségleteinek figyelembevételével — 38(38)21,5 cm méretű, mintegy 50 kg súlyú építőtömb előállítására kívánunk berendezkedni. A szovjet dokumentációból ismert gépek közül az előadó *K. P. Galanin* mérnök által szerkesztett, aránylag egyszerű és könnyen kezelhető fejtőgépet hozta javaslatba.

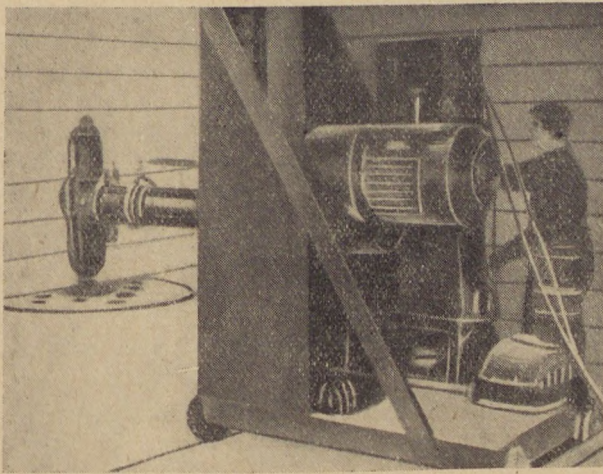
Ez a gép 2,30 m magas függőleges sziklafalról három fűrészállásban fejt le a falazótömböket. Az első állásban vidialapkás kettős koronggal 24 cm-ként 19 cm mély vízszintes réseket vág, aztán — ugyanazon fűrészkorongok átállításával — 49 cm távolságonként 19 cm mély függőleges vágatokat készít, majd néhány falazótömbnek



10. ábra. Galanin-féle építőtömb-fejtőgép oldalnézete

kézzel végzett kivésése után a sziklafallal párhuzamos egyetlen fűrészkoronggal, a sziklafal felszínétől 19 cm mélyen leválasztja a tömböket.

A 13. ábrán a vágókorong alatt látható kettős vízszintes korong a leválasztott tömböket kiszállítja a falsíkból és egy görgős szállítóberendezésre adagolja. A gép villamos meghajtású, kb. 2,5 tonna súlyú, vágányon mozgatható, teljesítménye 350–360 falazótömb 8 órás műszakonként. Három fő szolgálja ki. Tervezője eredetileg földalatti kőkitermelésre szánta.



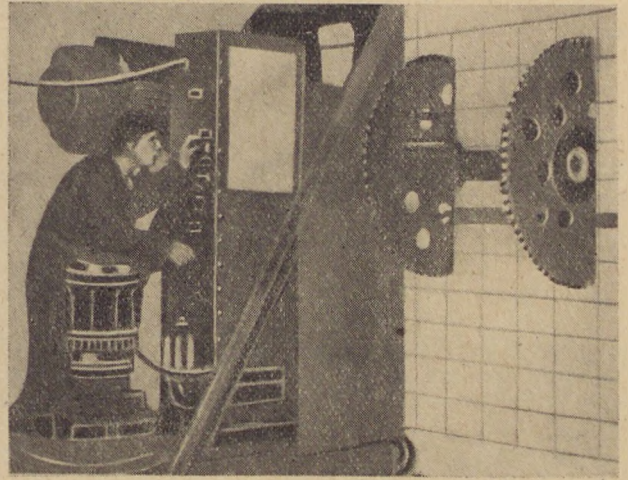
11. ábra. Galanin-fejtőgép vízszintes réseket vág

Hasonló elvek szerint működő építőtömb-fejtő gépet hozott javaslatba nálunk Ajtay mérnök. Ez a gép a szénbányászathoz használatos Ajtay-féle fejtőgömbös fejtőgép megfelelő átalakításával 2,00 m magas fejtőfronton, 3 fő kiszolgálóval, mintegy 250 db 38/38/21,5 cm szabvány-méretű falazótömb kifűrészelésére van megtervezve 8 órás műszakonként. A gép prototípusa még nem készült el.

Tekintettel arra, hogy az itt ismertetett falazótömb fejtési módszerek bevezetése főleg gazdasági nehézségek miatt késik, de a sóskúti bánya 1955-ben mégis nagyobb falazótömb szállításokat kényszerült vállalni, a gyártás gépesítését átmenetileg saját eszközeivel kellett megoldania. Erre a célra rendelkezésre állt a frissen kikísérletezett ismertetett két tömbfejtési eljárás: a légkalapácsolásos sorozatfűrés és a kettős-fűrészkorongos réselőgép; a kifejtett tömbkövek belső szállítását végző kézi hajtású csörlők és a villanymeghajtású ferde felvonók; két gatterfűrész és a nagyolófűrész. Az egyik, vagy másik módszerrel kiréselt és a szokványos 35/30/18 cm duplakő többszörösének, valamint a gatterek méreteinek is megfelelő normáltömböket fagörgőkön, kézi csörlőkkel a ferde felvonóhoz vontatták, ott platokocsira emelték, majd a ferde felvonón a mély bányaudvarról a gatterház elé vontatták. Az első gatter a tömböket lapokra, a második gatter hasábokra, a nagyolófűrész pedig duplakővekre vágta szét oly módon hogy egy-egy tömb szeletei mindig együtt és egyszerre kerültek a második gatter és a nagyolófű-

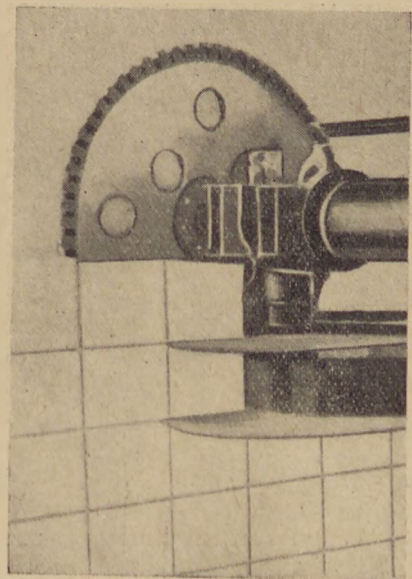
rész alá. A fejtés és feldolgozás ilyen módszere 14–15 munkással kb. a Galanin-féle gép teljesítményét éri el, tehát — a szállítási munkák figyelembevételével — mintegy 3–4-szer annyi munkást foglalkoztat, mint a Galanin, vagy Ajtay-féle építőtömb fejtő gépek.

Ez a tapasztalat is arra mutat, hogy gazdaságos építőtömb termelést a szovjet-mintájú fejtőgépek bevezetésével fogunk elérni. Igaz ugyan, hogy az építőtömbnek 1955-ben bevezetett, meglévő eszközökkel megoldott gépesítésével már

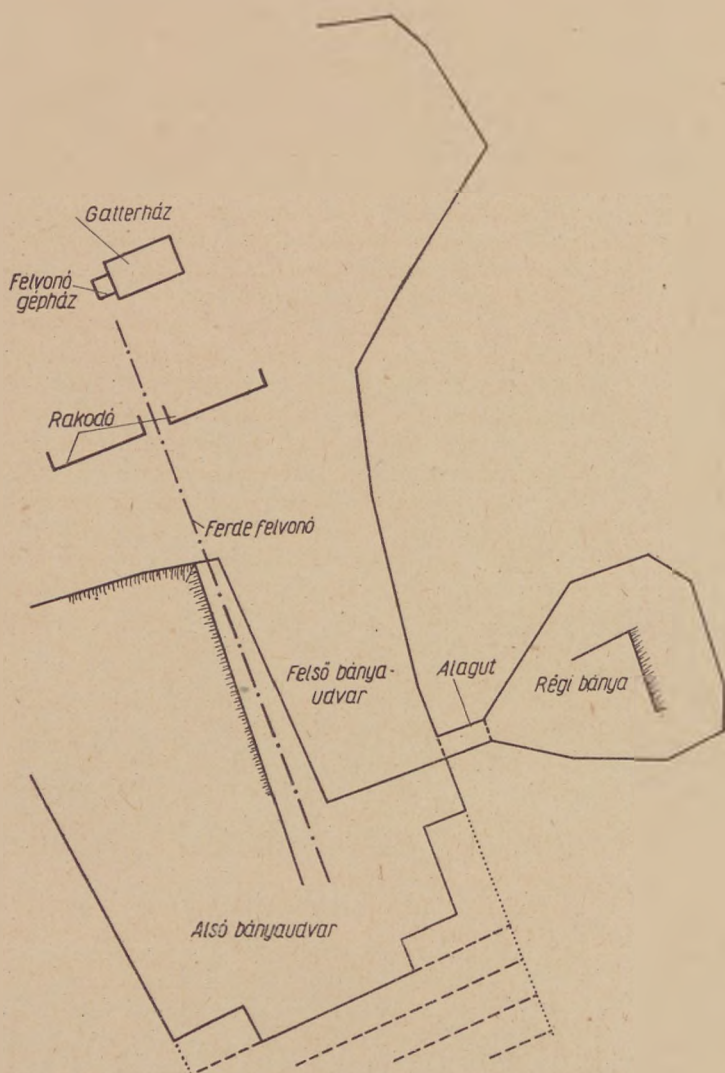


12. ábra. A Galanin-fejtőgép függőleges réseket vág

közel jutottunk a téglá árszintjéhez és kétségtelen, hogy a gyártás-technológiának ezen a vonalán is bőven akadnak még fejlesztési lehetőségek, de jóval a téglá árszintje alá ezekkel az eszközökkel nem juthatunk. Nem felesleges munka tehát, ha részletesen átgondoljuk azt, hogy a közvetlenül működő építőtömbfejtő gépek bevezetése milyen következményekkel fog járni a sóskúti



13. ábra. Az építőtömb leválasztása és eltávolítása kettős vízszintes koronggal.



14. ábra. A sóskúti kőbánya helyszínrajza

kőbánya művelésében. Gondolatmenetünket mindjárt azokhoz a követelményekhez alkalmazzuk, amelyeket a második ötéves terv állít a sóskúti kőbánya elé.

A második ötéves tervidőszakban Sósikutnak fel kell fejlődnie évi 40 millió kistéglagység produkálására és pedig nem az eddigi idomtalan „építőkö”, vagy „falazókö” elnevezésű terméskő alakjában, hanem szabályos falazó idomokban. Mint említettük, a Kő- és Kavicsipari Igazgatóság a falazóidomot 38/38/21,5 cm méretekkel kívánja szabványosítani, ami 13,5 db kistéglának felel meg. A 40 millió kistéglagység tehát  $40/13,5 = 3$  millió db építőtömb évi, illetve 12 000 db napi gyártásának felel meg.

A Galanin-féle gép műszakonként 350 db szovjet méretű tömböt fejt ki  $50 \text{ kg/cm}^2$  szilárdságú kőzetben. A sóskúti  $80 \text{ kg/cm}^2$  szilárdság mellett — becslés szerint — mintegy 250 darab magyar méretű falazótömböt fog termelni. Egy gépre napi két műszakot számítva gépenként és naponként 500 db falazótömb várható, 12 000 db napi gyártáshoz tehát 24 db gépegység kétműszakos teljesítményére van szükség.

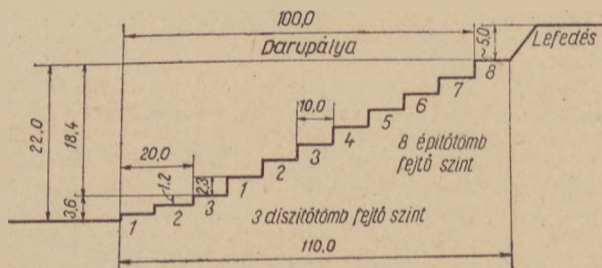
Egy gép az általa átfogott 2,30 m frontmagasságon 6 db egymástól 38 cm-re álló, 21,5 cm mély vízszintes bevágást végez az első menetben. Egy további menetben ugyanilyen távolságú függőleges vágatokat fűrészel a sziklafalba. Kétműszakos munkafronthossza tehát:

$$\frac{500}{6} \cdot 0,38 = 32 \text{ m}$$

lesz: ilyen hosszú, 2,30 m magas bányafront termel ki a gép 500 db falazótömböt napi két műszak alatt. Tekintve, hogy 10% selejttel kell számolnunk, egy gép részére kb. 35 m fronthosszat kell kalkulálnunk.

A sóskúti kőbánya déli oldalán (Alsó bánya) mintegy 100 m hosszú fejtési front biztosítható az új technológia részére. Ilyen hosszú frontra 3 db fejtőgép állítható. Ebből pedig az következik, hogy  $24/3 = 8$  fejtési lépcsőre lesz szükség az előírányzott 24 gép munkábaállításához. A fejtési lépcsők  $8 \times 2,30 = 18,40$  m összes frontmagasságot igényelnek. Mivel a bányafront mintegy 22 m magas a bánya szóban forgó részén, nemcsak az építőtömb fejtésére biztosít területet, hanem az alsó, legértékesebb kőréteg ezen a bányafronton is fenntartható az építészeti díszítőkö és szobrászmunkák tömbköigényére. Ezt a réteget a rendelkezésünkre álló tömbkőfejtőgépek igényének megfelelően kb. 1,20 m magas fejtési lépcsőkre kell tagozni.

A nyolc fejtési lépcső mindegyikén naponta  $3 \times 500 = 1500$  db falazótömb mintegy 75 tonna súlyban és kb. 10% hulladék kerül elszállításra. A lépcsőzött fejtési front két szárnyát határoló magas függőleges sziklafalak nem teszik lehetővé, hogy a fejtési lépcsőkre utat vezethessünk és teherautókkal rájárjunk a termelvény és a meddő elszállítása érdekében. Mindenesetre érdekes *belső szállítási feladat* lesz a 8 építőtömböt és 2—3 nagytömböt termelő fejtési lépcső kiszolgálása a vázolt körülmények között. Javasolható megoldás lenne a lépcsőkön vágányon mozgó csillealvázakra helyezett 5 tonnás konténerekbe gyűjteni az építőtömböt, amely konténereket a fejtési lépcsők két oldalát lezáró fal tetején járó daru emeli le és rakja fel tehergépkocsira, vagy vagonba. Ilyen forgalom mellett természetesen elkerülhetetlen, hogy a



15. ábra. Metszet a tervezett fejtési lépcsőkön át



közel 40 évvel ezelőtt felszedett *iparvágányt* újból megépítsük.

Egy-egy termelési lépcső minimális szélességét a fejtőgép, a belső szállítás berendezései és a gyalogközlekedés helyszükséglete szabja meg. A fentemlített szállítás betervezése esetén a lépcsőt legalább 7—8 m szélesre kell vennünk, de helyesebb azt 10 m-re előirányozni. A 8 építőtömbfejtő és 3 nagytömbfejtő lépcső összes szélessége tehát 110 m lesz: ilyen hosszban kell a lefedést előkészíteni, hogy a lépcsők a sziklába bevághatók legyenek. A lépcsők hosszát 100 méterben, a fedőréteget átlag 5,0 méterben véve fel, a fent leírt technológiához 55 000 m<sup>3</sup> lefedési földmunkát kell előirányozni. A bánya teljes kifejlesztéséhez (15. ábra) 120 000 m<sup>3</sup> építőtömblépcsőt és 3600 m<sup>3</sup> nagytömbfejtő lépcsőt kell előre hajtani. Mivel a 120 000 m<sup>3</sup> építőtömblépcső előhaladás — a 10% selejt figyelembevételével — kb. 110 000 m<sup>3</sup> építőtömbnek felel meg, ez pedig:

$$\frac{110\,000}{0,38 \cdot 0,38 \cdot 0,215} = 3\,500\,000 \text{ db építőtömbnek,}$$

megállapítható, hogy a termelés felfuttatásához — figyelemmel arra, hogy a fejtőgépek csak fokozatosan helyezhetők üzembe — közel két év szükségesség.

Számításainkat úgy kezdtük, hogy egy fejtési lépcsőre napi 21,5 cm, tehát *évi 50—55 m előrehaladást* terveztünk. Ennyivel mozog előre évente a bánya, illetve ilyen hatalmas lépésekkel távozik a termelőfront a szilárdan beépített berendezésektől. Ezt kétségkívül figyelembe kell venni az egész belső szállítóberendezés, a vasúti rakodó, a javító-műhelyek, a szociális berendezések stb. megtervezésénél. De a gyors előrehaladás milyen kényes helyzeteket teremthet a bányaművelés terén.

A sós-kúti mészkő rétegei általában közel vízszintesen fekszenek, de nem egy irányban dőlnek, hanem a geológiai múltban bekövetkezett rétegmozgások következtében igen különböző irányokban. Amikor a Galanin-féle építőtömbfejtő gépet, amelynek súlya kb. 2,5 tonna, a fejtési lépcsőkre képzeltük, feltételeztük, hogy ezek a lépcsők vízszintesek. Csak ilyen elrendezés mellett várható, hogy a gépek gyakori előre-hátra mozgása sem nehézséggel, sem veszéllyel nem jár. Feltételeztük azt

is, hogy a kőrétegződés olyan kevésbé tér el a fejtési lépcsők vízszintesétől, hogy a kifejtett építőtömbök kis mérete mellett ez az eltérés csak csekély selejtet fog okozni. Tekintettel azonban a fejtés gyors előhaladására, előállhat az a helyzet, hogy egy vetődés közbejötté miatt a kő rétegződésében olyan változás áll be, ami napokon belül lehetetlenné teszi a fejtőgépek nagy részének gazdaságos üzemeltetését és a front esetleg hónapokig alig keresztülvihető átorientálását teszi szükségessé. Olyan nagy gépi apparátust, mint aminőt leírtunk, nem szabad ilyen kiesési eshetőségek kitenni, azért minden időben legalább 5—6 évi előhaladásnak megfelelő sávon, vagyis 250—300 méteren, fűrészekkel kell megkutatni a hegyet. A kő rétegződésének ismeretében jóelőre fel lehet készülni a fejtés megfelelő átszervezésére.

A nagy tömbök fejtése sokkal kényesebb ebből a szempontból. Ezeket mindig a *fekvőrétegen* kell felszakítani és ezzel párhuzamos, illetve erre merőleges lapokkal lenagyni, hogy a felfűrészelésnél ne álljon elő nagy veszteség. Tehát a tömbfejtő gépek vágányát mindenképpen a rétegek a fejtési fronton mutatkozó lejtésében kell lefektetni. Tekintve, hogy a tömbfejtőgép súlya csekély, alig több egy mázsánál, és a gép mozgása is lényegesen lassúbb, mint az építőtömbfejtő gépeké, néhány fokos lejtésű rétegződés mentén a gép még biztonságosan vezethető lesz. Nagyobb dőlésű rétegek fejtési frontját azonban lehetőleg a csapás irányába kell fordítani.

Vizsgálatainkból megállapítható, hogy a sós-kúti puha mészkő nagyobb mértékű hasznosítása két irányban indítható el. Először a díszítő és burkolómunkák irányában, amihez csupán az kell, hogy tervezőink revidéálják a sós-kúti kővel kapcsolatban sok esetben helytelenül alakult nézeteiket. Másodsor az építőtömb gépesített előállításával, aminek szerény keretek között elérhető megoldása nem hozhat komoly előnyt népgazdaságunknak, a nagyszabású megoldás pedig igen alapos tanulmányt és tervezői munkát igényel. Megállapításunk szerint az egészen nagyvonalú építőtömb előállítás csak használni fog a tömbköminőségének, mert a bánya kisebb értékű felső kőrétegeinek építőtömbként való értékesítésével lehetővé teszi, hogy díszítő és szobrászati célokra csak a mélyenfekvő, legértékesebb kőanyag kerüljön kiszállításra.

### Helyreigazítás.

A 7. évfolyam 12., decemberi számában megjelent „Kerámiai kondenzátorok” című cikkbe sajnálatos elírás került. A 463. oldalon lévő „Híradástechnikai kerámiai szigetelőmasszák alapanyagai és tulajdonságai” című táblázatban a Rutil (TiO<sub>2</sub>) + járulékos anyagok alapanyagú és a magnéziumtitanát alapanyagú masszák rovatban az olvadáspont és égetési hőmérséklet megadott értéke felcserélődött.

### A helyes értékek:

	Rutil (TiO <sub>2</sub> ) + járulékos anyagok	Magnézium-titanát
Olvadáspont: C°	1450	1435—1460
Égetési hőmérséklet	1350	1300—1350

# Törekvések a közönséges betoncsövek nagyüzemi előállításának korszerűsítésére

CSUTOR JÁNOS — KÉRY GYULA

A telepített betonelemgyártóipar a felszabadulás utáni években általában:

1. A betonkészítés egyes munkafázisainak (adalékanyagosztályozás, betonkeverés, tömörítés stb.) gépesítésével;

2. az egyes munkafázisok gépesítése után az ezeket egységes technológiai folyamattá összefogó gépesítéssel, érte el a napjainkig kialakult gyárüzemi jellegét.

E kétirányú gépesítés nagyban hozzájárult a mai épületelem-, illetve betonárugváraink fejlődéséhez és döntően befolyásolta annak jellegét.

A betonelemgyárak termékei között — a gyártott mennyiséget tekintve — jelentős helyet foglal el a közönséges betoncső (szokták gravitációs vagy lefolyócsatornacsőnek is nevezni). E betonelem gyártásának gépesítése és a korszerű gyártástechnológia kialakítása az általános fejlődésen belül igen elmaradt. Ennek egyik oka az volt, hogy a felszabadulás előtti években néhány nagyobb magánvállalaton kívül nagyszámú kisiparos foglalkozott országszerte betoncsövek készítésével, és így a betoncsőgyártás túlnyomórészt kézműipari keretek között folyt. A másik ok — a technológiai fejlődést már az ipar államosítása utáni körülmények között vizsgálva — az, hogy a cső a többi betonelemhez képest speciális alakú és a tömör elemeknél általánosítható gyártási eljárásokat a csőre vagy nem, vagy csak nehezen lehet alkalmazni. A betoncsőgyártás fejlesztésére gátlóan hatott az is, hogy a fejlettebb módszerek bevezetése átmenetileg a termelékenység visszaesését okozta. E visszaesés azonban egyetlen esetben sem bizonyult tartósnak és csupán addig tartott, amíg a dolgozók az új módszerekhez hozzászoktak. Végül az egyszerűbb eljárások általános elterjedését akadályozta a feladat jellegéhez idomítható megfelelő betontömörítő gépek (vibrátorok) hiánya. A vázolt helyzet következményeként a betoncsövek minősége nem tudott megfelelni azoknak az igényeknek, amelyeket a felhasználó mélyépítőipar a gyártmányokkal szemben támasztott s a gyártott mennyiség is mélyen a szükséglet alatt maradt.

A betoncsövek minőségének általános meghatározását a 87. sz. Közszállítási Szabályzat tartalmazta. Ebben a különböző méretű és formájú betoncsövekre vonatkozó szilárdsági, vízzárósági és alaki követelményeket rögzítették. E szabályzat előírásainak hatására az ipar egyrészt a betonkészítés elvi előírásainak be-

tartására, másrészt a gyártás gondosabb ellenőrzésére kényszerült. A kézigyártás mellett a megkívánt élnyomási szilárdság a csövek falvastagságának szállítási és beépítési szempontból hátrányos növelésével volt csak többé-kevésbé biztosítható. A vízzárósággal és vízfelvétellel szemben támasztott igényeket viszont a felhasznált cementmennyiség nagymérvű emelésével sem sikerült elérni.

Üzemeinkben ma is az általánosan ismert és elfogadott formájú betoncsöveket, tehát az ún. talpas és tokos vagy karmantyús körszelvényű, valamint talpas tojásszelvényű csöveket gyártják az 1. ábra és táblázat szerinti kivitelben és méretekben, egységesen 1 m-es hosszúságban. Mivel — mint említettük — a felszabadulás utáni években az iparág betoncsőtermelése megfelelő mennyiségű gépi felszerelés hiányában túlnyomórészt kézíerővel történt, a betoncsövek minőségének biztosítása érdekében alapvető intézkedéseket kellett tenni egyrészt a csőgyártásnál felhasználásra kerülő beton minőségének, másrészt a beton bedolgozásának szabályozására. Ezért iparági utasítás kiadása vált szükségessé, amely a kézíerővel végzett csőgyártáshoz a különösen és közepesen jó szemszerkezeti határgörbe (az eső folyami homokos kavicsból és 320—350 kg/m<sup>3</sup> (az átméretől függően) cementadagolással készülő beton felhasználást írta elő.

Egyben meghatározta az adalék maximális szemnagyságát és a vízcementtényező értékét is. A 87. sz. Közszállítási Szabályzatban előírt élnyomási, vízzárósági és vízfelvételi, valamint egyéb külalaki követelmények megközelítése, illetve elérése érdekében ez az iparági utasítás a tömörítés mértékét csak aként határozhatta meg, hogy a kézíerésű csövek betonanyagát legalább 10 rétegben kell formába bedolgozni. A minőségi előírások és a megszabott normaértékek általában ellentétes tendenciájú hatásúak a dolgozók kézimunkával csak nehezen tudták kompenzálni, emiatt a csövek minősége állandóan hullámzó értékeket mutatott. Az eddig elmondottakból kitűnik, hogy a kézíerővel végzett csőgyártás:

1. rendkívül kis termelékenységgel jár, ezért teljes felszámolását egyéb okok mellett az állandóan fokozódó mennyiségi igények is követelik (lásd 2. ábra).

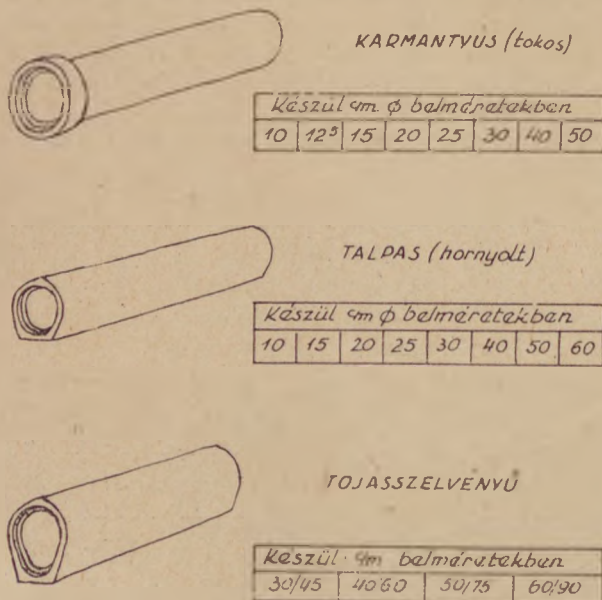
2. A dolgozók fizikai erejét olyan mértékben veszi igénybe, ami megengedhetetlen.

3. Kézigyártás mellett a termelés emelését csak a viszonylag költséges csőformák és a dolgozók számának növelésével lehet elérni.

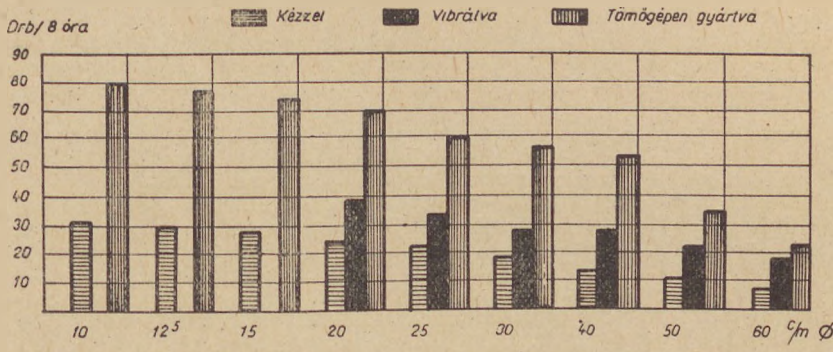
4. A megkívánt minőségi követelmények csak részben teljesíthetők a kiadott gyártási utasítás alkalmazása ellenére is.

A betoncsöveket felhasználó magas- és mélyépítőipar a csövek beépítése körül szerzett — kedvezőtlen — tapasztalatok nyomán egyre követelőbbben lépett fel a 87. sz. Közszállítási Szabályzatban meghatározott minőségi előírások megszigorítása érdekében. A huzai tapasztalatok, valamint a külföldi betoneszabványok felhasználásával a Magyar Szabványügyi Hivatal kiadta a legfontosabb típusú betoncsövekre vonatkozó országos érvényű szabványokat, amelyekben minden jellemzőre kiterjedő, a 87. sz. Közszállítási Szabályzattal szemben súlyos szigorításokat tartalmazó előírásokban határozta meg a betoncsövek minőségi követelményeit. A 87. sz. Közszállítási Szabályzatban és az új eszabványban (MNOSZ 15450-15471/53) az élnyomási szilárdság tekintetében rögzített követelmények összehasonlítása a 3. ábrán látható.

A szabvány az élnyomási szilárdság megemelésével a betoncsövek falvastagságát csökkentti. Ez a két megszigorítás a kézigyártású betoncsőgyártás felhasználására irányuló törekvéseket nagyméretben meggyorsította. A eszabványosítással előállított új helyzet,

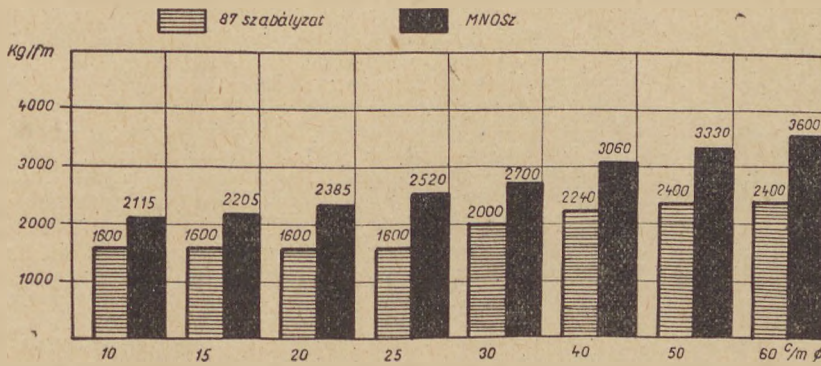


1. ábra. Csőtipusok



2. ábra. Különbőféle gyártási eljárások termelékenysége

Élőnyomási szilárdság alsó határértékének emelkedése



3. ábra. Az élőnyomási szilárdság emelkedése az új szabvány szerint

továbbá az egyre növekedő szükségletek, valamint a betonelemgyártóiparra is kötelező erejű takarékosági és önköltségesőkkentési rendelet az elé a feladat elé állították az iparágat: meg kell valósítani a gépesített, korszerű nagyüzemi betonesőgyártást.

A felszabadulás utáni években az ipar csak kevés csőgyártógéppel rendelkezett. Ennek következtében az őssztermelésnek csak cca 20-0/0-a készült gépi úton. Ezek a gépek mégis összehasonlítási alapot szolgáltatottak a kézi és gépi gyártás termelékenysége tekintetében, amint ez a 2. ábrából kiviláglik. E gépek a beton tömörítését a kézi döngöléshez némileg hasonló és azzal rokon elvek alapján végzik, működési sémájukat a 4. ábrából jól kivehetjük. Ezt a tömörítési módot találon nevezhetjük tömésnek. A gyártásfolyamat a következő:

A dolgozó erre a célra szerkesztett kézikocsival az összeállított csőformát a gép alaplemezére tolja és a záróasztallal rögzíti. Ezután a tömőfejet egy forgatókar és süllyesztőberendezés segítségével az alaplemez alatt kiképzett aknába süllyeszti. A gép mellő hordott betont lapáttal a csőformába szórja. Eközben a tömőfej már forog és a rajta elhelyezett lejtős tömőszárnyak a betont maguk alá gyűrve (tömve) a tömőfejet automatikusan emelni kezdik. Ez a folyamat mindaddig tart, amíg a fej a formából ki nem emelkedik. Ezután a záróasztal nyitásával a sablon szabaddá válik és a kézikocsival a formaköpenyre horgesztett csapoknál fogva a gépből kiemelhető. Kiemelés után a dolgozó ún. fejelőszerszámmal alakítja ki a cső felső peremét, majd a kész csövet — formával együtt — kocsival a tárolóhelyre tolja és kiszaluzza. Ennek a módszernek a kézi gyártáshoz képest a termelékenységen túl előnye még az is, hogy belső formaköpenyre nincsen szükség, mivel a cső belső átmérőjét a tömőfej átmérője alakítja ki. Eltekintve attól, hogy ezek a gépek elavult konstrukciójuk miatt sok szerkezeti hátránnyal rendelkeznek, konkrétan hibája az e gépekkel megvalósítható gyártási folyamatnak, hogy a hosszú — és kellően nem vezethető — tengelyen forgó tömőfej gyakran túlzott

excentricitással forog és a gépbebefogott csőformát káros mozgásokra kényszeríti. További hátrány, hogy a dolgozónak a betont 1 m-nél magasabbra kell lapáttal emelnie. A lapátolás miatt a beton adagolás nem mondható egyenletesnek s ezen a hátrányon a gép adott konstrukciója miatt vagy csak nehezen, vagy egyáltalán nem lehet segíteni. A tömőfej mangánacélöntésű gyűrűből áll. A gyűrűk pótlása ezért gondokat jelent. E gépek nem teszik lehetővé gazdaságosabb betonkeverék bedolgozását, mivel a készített csövek betonanyaga minden tekintetben azonos minőségű, mint a kéziérésű csöveké.

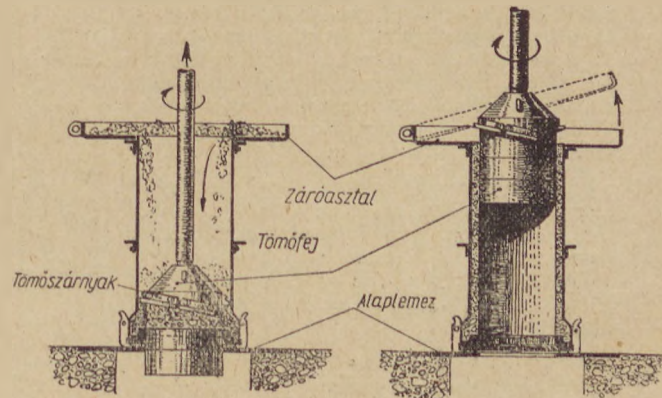
Ha a leírt gyártási eljárást mint technológiai folyamatot vizsgáljuk, akkor azt mondhatjuk, hogy az általánosságban kielégíti a nagyüzemi gyártással szemben támasztott követelményeket. Külföldön az azonos alapelv megtartása mellett ezt a géptípust sok tekintetben korszerűsítették, különösen a meghajtás egyszerűsítése, a betonkeverés és a betonadagolás mechanizálása szempontjából. Vannak betonkeverő szerkezettel egybeépített komplex gépek is. Ilyenformán azonban a modern tömőgépek általában igen nagyterjedelműek, helys energiaigényesek s ezért viszonylag drágák.

A fokozódó mennyiségi igények miatt és a nagyüzemi csőgyártás gépesítési fokának emelése érdekében az egyik vállalat gépműhelyében az előbb ismertettet elven dolgozó jelentős számú gépet készítettek, amelyek az eredeti gépekkel szemben könnyebb konstrukciójuk, meghajtásuk is egyszerűbb. Ezek a gépek azonban az éppel rendelkezésre álló, vagy könnyen beszerezhető anyagokból és alkatrészekből készültek, emiatt egyes részleteikben úyszólván mindegyik gép más. Ezért a tervszerű megelőző karbantartás munkája nem egységesíthető.

E gépek üzembéállításával a csőtermelés helyzete jelentősen javult, de az általános gépesítés szempontjából az így elért javulás még mindig nem kielégítő. Az azonos működési elv miatt ezek a gépek — egyébként előnyeik mellett — magukkal hozták azokat a hátrányokat, amelyeket ismerttünk és azt a hiányosságot, hogy velük a technológiai folyamat lényegében nem fejlődött.

A gépesített nagyüzemi csőgyártásnak az alábbi feltételeket kell ideális esetben kielégítenie:

1. minimális cementfelhasználás,
2. minimális csőfal-vastagság,



4. ábra. A csőtömőgép működési elve

3. 1. és 2. következményeképpen maximális anyagmegtakarítás,

4. a maximális, a szükségleteket kielégítő termelékenységet biztosító futószalagrendszerű technológiai folyamat, a dolgozók fizikai erejének messzemenő kímélésével,

5. mindezek mellett a minőségi követelmányek teljesértékű biztosítása.

A csőgyártásnál igen nagy szerepe van a betonbedolgozás (tömörítés) munkafázisának. Ez a gyártási részletmunkafolyamat — különösen nagyüzemi vonatkozásban — ma már nehezen képzelhető el másképp, mint vibrációval.



5. ábra. Csőgyártás zsaluvibrációs módszerrel

A hazai viszonylatban számításba jehető és sorozatban gyártott vibrátorok azonban csak kis választékban állottak rendelkezésre. Az első kísérletek után rövid idő alatt bebizonyosodott, hogy a rendelkezésre álló vibrátorok közül a csőgyártásnál csupán a tűvibrátorok jehetnek számításba. Így született meg az 5. ábrán látható csőgyártási mód, amelynek az a lényege, hogy a csőforma külső köpenyére bilincsekkel — oldható módon — tűvibrátort szerelnek fel. A tűvibrátor tehát zsaluvibrátorként működik. Ez a csőgyártási mód a kézi erővel végzett csőgyártástól, mint folyamatától, csak a gépi tömörítés vonatkozásában különbözik, de a döntő jellemzők tekintetében mégis alapvető változásokat jelent a kézi gyártással szemben. A vibrációs csőgyártásnál használt frissbeton minőségi adatai ugyanis az alábbiak:

Csőátmérő	Cement-adagolás	Vízcement-tényező	Adalék min.
10—25 cm	300 kg/m <sup>3</sup>	0,4	I. oszt.
25—60 cm	270 kg/m <sup>3</sup>	0,43	I. oszt.

A kézi erővel és a tömögépeken gyártott csövekkel szemben feltűnő és igen lényeges a betonköbmetrenként elért 50 kg-os cementmegtakarítás. A háromféle bedolgozási módszer mellett a csőátmérőnként elért élnyomási szilárdságváltozást szembevetően mutatja a 6. ábra. A szabványos vízzárósági vizsgálat szerint a külső zsaluzatukon vibrált csövekben a víznívó-süllyedés átlagosan valamivel a követelmények alatt marad, de lényegesen jobb, mint a kézi erővel és a tömögépeken készülő csövek vízzárósági mutatója.

Az ismertetett adatokból kitűnik, hogy a vibrációs betoncsőgyártás minőségi termelékenységi és anyagtakarékossági szempontból a hozzáfűzött reményeket kielégíti. Az eljárás az igen fárasztó kézi-döngölést kiküszöbölte, ami döntő fontosságú.

Kétségtelen, hogy a közönséges betoncsövek gyártásánál a vibrációs bedolgozási módszer fejlesztésének útján kell tovább haladni.

Az 5. ábrán bemutatott módszernek előnyei mellett hátrányai is vannak. Ezek:

1. az eljárás feltétlenül zsaluvibrátorokat kíván, a tűvibrátorokat viszont zsaluvibrátorként használni — szerkezeti sajátosságainál fogva — csak nehezen lehet.

2. A csőformáról oldalt leelőgő flexibilis tengelyek a munkát zavarják, másrészt az elkerülhetetlen éles hajlatok miatt gyakran üzemzavarokat okoznak.

3. A sablonok tovamozgatása a gyártóterületen a vibrátorok okozta többletsúly miatt fokozottan nehézkes.

4. A módszer 20 cm-nél kisebb átmérőjű csövek gyártására nem alkalmas. A termelékenység-növekedés tekintetében is csak a 40 cm-nél nagyobb átmérőjű csöveknél látható jelentékeny emelkedés (2. ábra).

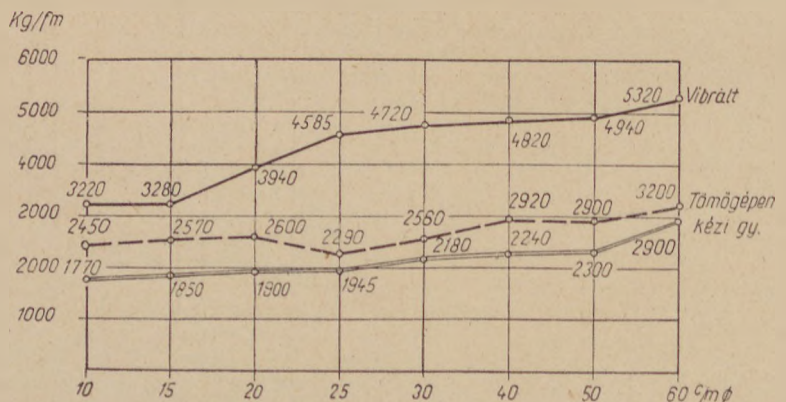
5. Nem kis mértékben játszanak közre szubjektív okok is a régi módszerekhez szokott dolgozók részéről. Ezt világosan bizonyítja, hogy a gyártási módszerrel üzemszerű termelést többnyire csak olyan dolgozók munkábaállításával sikerült megvalósítani, akik cső-készítéssel korábban nem foglalkoztak.

Mivel a tűvibrátor centrifugális ereje csupán cca 275 kg, s mivel a vibráció során célszerű a hazai viszonylatban szokásos 3 : 1, illetve 4 : 1 arányt a vibrátor centrifugális ereje és a vibrálandó összsúly között betartani, a tűvibrátorok alkalmazásának határt szab a csőátmérő. Kettőnél több tűvibrátort ugyan egy sablonra — a munkahelyi zsúfoltság és egyéb nehézségek miatt — még provizórikus üzemben sem volt célszerű alkalmazni.

Az elmondottakból kitűnik, hogy az ismertetett gyártási eljárás nagyüzemi gyártási módnak csak akkor fogadható el, ha egyrészt a megfelelő nagyságú gyártóterület és a szükséges teljesítményű zsaluvibrátorok rendelkezésre állnak, másrészt, ha biztosítható a betonnak a gyártási helyre való könnyű és folyamatos szállítása. Még a fenti feltételek kielégítése mellett is hátránya az eljárásnak, hogy a dolgozónak a betont — a földről lapátolva — változatlanul magasba emelve kell a sablonba adagolnia. Az adagolás megkönnyítésére lemeztölcsér szolgál, ez az ábrán nincsen feltüntetve. A zsaluvibrátorgyártás a közeljövőben várhatóan megindul, így lehetőség nyílik arra, hogy olyan helyeken, ahol a viszonyok indokoltá teszik — különösen nagyobb átmérőjű csövek és kútgyűrűk gyártására — ezt az eljárást gazdaságosan alkalmazzák, mivel a beruházási költségek minimálisak.

Más rendszerű vibrálást alkalmaz egyik korábbi javaslatunk, melynél a csőgyártás vibrátorasztalon történik. Az elrendezés a 7. ábrán látható.

A vibrátorasztal a gyártócsarnok padlószintje alá van süllyesztve úgy, hogy asztallapja a padlószinttel egyenívőjű. A 900·900 mm lapterületű asztal olyan, hogy a 25—60 cm csőátmérőintervallumban mindenféle cső gyártására alkalmas. Az összeállított csőformát megfelelő szerkezetekkel rögzítik az asztallaphoz. Ezek a rögzítőelemek az átmérőknek megfelelően áthelyezhetők. A betont a felet elhelyezett adagoltartályból juttatják a formába (a lemeztölcsért itt sem tüntettük fel). A cső felső végén az ún. peremki-



6. ábra. Élnyomási-szilárdság értékek különféle bedolgozási módszerekénél

képző karikával alakítják ki a csőcsatlakozó hornyokat. A peremkiképző karikát még vibrálás közben helyezik el a csővön és bajonettzárral rögzítik. A cső elkészülte után oldják a formát és a csövet a tárolóhelyre tolják. Itt kiszaluzzák.

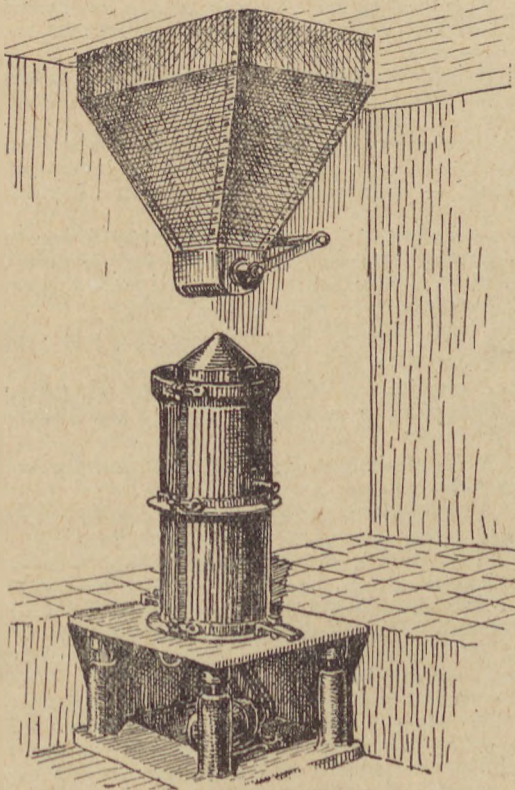
A vibrációval tömörített betoncsövek kiszaluzásánál figyelembe kell venni a külső formaköpeny és a betonanyag között keletkező nagymértékű tapadást. Ennek leküzdésére szükséges, hogy a külső formaköpenyt a cső geometriai tengelyével párhuzamosan emelni, vagy süllyeszteni lehessen. Elegendő 10 mm nagyságú elmozdulás, miáltal a tapadás megszűnik és a formaköpeny már radiális irányban is mozdítható. A külső formaköpeny és a befogott alátétkarika megfelelő relatív helyzetének kialakításával e szükséges axiális elmozdulási lehetőség mindenkor biztosítható.

Kiszaluzás közben a vibrátorasztalon már újabb formát helyeznek el és a folyamat kezdődik előlről. Ennél az eljárásnál egyszerűsödhet a betonadagolás művelete is, amit a gyártóhely fix volta tesz lehetővé.

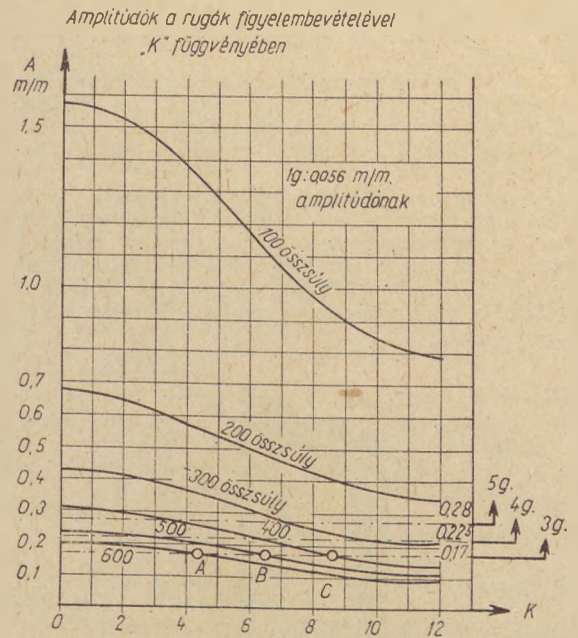
Az egész eljárás leglényegesebb részét a vibrátorasztal képezi. Ha a csöveket vibrátorasztalon — állva — kívánjuk gyártani, akkor elvileg az alábbi feltételek betartása szükséges:

1. Az asztal többféle csőátmérő készítésére legyen alkalmas. Ebből az következik, hogy az asztal állítható amplitudójú, illetve centrifugális erejű kell legyen. Ez a feltétele annak, hogy az egyes csőátmérők által megszabott tömegek vibrálásához az optimális rezgésjellemzőket be tudjuk állítani.

2. Elméleti megfontolások azt bizonyítják, hogy az egysíkú (függőleges) rezgések eleve nem adhatnak kielégítő eredményt. A cső 1 m-es hossza mellett ugyanis a felső betonrétegekre az alsó betonrétegek csillapító hatása következtében a rezgések csak a beton és a formaköpeny közötti súrlódás révén adódhatnak át. Az így átadódó rezgések viszont a felső rétegekben már nem elégségesek a beton kielégítő mértékű tömörítéséhez. Ezért a rezgések polarizálása ebben az esetben nem előny, hanem hátrány. Az alkalmazandó asztal tehát ne csak függőleges, hanem vízszintes rezgéseket is adjon, mert ebben az esetben a csőforma vízszintes irányú



7. ábra. Csőgyártás vibrátorasztalon



8. ábra. Diagram csőgyártó vibrátorasztalhoz

rezgési miatt a rezgéseket nem csupán a súrlódásnak kell közvetíteni.

3. Az asztal rezgésszáma legalább 4500/perc legyen.

Az 1—3. pontokban foglaltaknak a hazai sorozatgyártású vibrátorasztalok nyilvánvalóan nem felelnek meg, ezért a fenti szempontok figyelembevételével erre a célra szerkesztettünk egy speciális vibrátorasztalt. Ez állítható amplitudójú, kör-, illetve ellipszis alakú rezgéseket végez, maximális centrifugális ereje pedig 2000 kg. Az állítható excentrikus súlynak 13 lehetséges helyzete van. Egy-egy helyzetet a 13 furat valamelyikébe rögzíthető — csapos kapeslattal lehet biztosítani. Az asztal állítását igen megkönnyíti a 8. ábrán látható diagramm.

Az abszeisszatengelyen „K” az excentrikus súly helyzetét rögzítő furatok sorszámja 1-től 13-ig. A görbévonalasereg mint paraméter szerepel és a vibrálandó összsúlyokat ábrázolja. A gyakorlatban a vibrált tömeg gyorsulása az abszeisszatengellyel párhuzamosan rajzolt 3g—5g gyorsulásvonalak közé esik. Ezek előrebocsátása után a diagramot az alábbiak szerint kell használni:

Legyen a vibrálandó összsúly pl. rendre 600 kg, 500 kg, illetve 400 kg és ezeket a súlyokat pl. 3g-nyi gyorsulással kívánjuk vibrálni. Az összsúlyokat ábrázoló paramétervonalak a 3g gyorsulásvonalat az A, B, illetve C. pontokban metszik. Mivel a 3g gyorsulásérték általában alsó határként szokott szerepelni, ezért a vibrátor excentrikus súlyait a 4, 6, illetve 8. sorszámú furatba kell rögzíteni, mivel az 5, 7, illetve 9. sorszámú furatokba helyezett excentrikus súly már 3g alatti gyorsulást idéz elő csupán.

Az ordinátatengelyen az amplitúdók értékei közvetlenül leolvashatók. Az előbbieken ismertetett gyártási eljárás egyelőre még kísérleti stádiumban van, ezért üzemi termelésre vonatkozó adatok nem állnak rendelkezésünkre. A kiszaluzás egyébként a kézigyártásnál folyó kiszaluzással mindenben azonos. Az eljárás előnye, hogy gyorsan megvalósítható és nagyobb beruházásokat nem igényel.

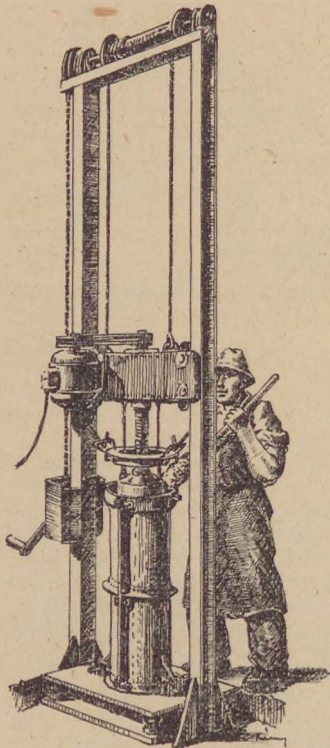
Figyelemreméltó módon módosította az előbbi rendszert Fehér Endre. Az általa javasolt és kísérletezés alatt álló eljárás és berendezés az alábbi:

Az aknába süllyesztett vibrátorasztal asztallapjára csavarokkal felerősítik a zárt acélsőrvé módosuló belső formaköpenyt, amely felül lemezkiállal van lezárva. Ilyenformán a belső magköpeny az asztallal együtt lengő merev rendszert alkot. A magköpenyre rá-

fűzik az alátétkarikát s e köré a kétrészes külső köpenyt. A beton adagolása célszerűen adagolótartályból történhet, bedolgozása lényegében az előbb említett eljárással azonos.

A felső csőcsatlakozó horony kialakítása után a kész csövet a külső köpennyel együtt Demag-rendszerű emelőmacskával lehúzzák a magköpenyről és a tárolóhelyre szállítják. Itt a csőről leveszik a külső köpenylemezeket.

Az eddig lezajlott kísérletek igen biztató eredményekkel kecsegtetnek, nem csupán a tömörítés jóságát, hanem az egész gyártásfolyamat ideális kialakítását illetően. E módszer különösen alkalmasnak látszik a nagyméretű (1 m átmérőjű), de 1 m-nél alacsonyabb kútgyűrűk, vagy ezekhez hasonló csőfeleségek nagyüzemi gyártására.



9. ábra. Magvibrációs gép

A kézigyártású csövek formáinak ama jellegzetesége, hogy két (egy belső és egy külső) lemezköpenyből, valamint e két köpeny által közrefogott alátétkarikákból állanak, önként kínálta azt a lehetőséget, hogy a vibrációt keltő rezgőelemet a forma belső köpenyében helyezzük el. E megfontolás gyakorlati kivitelezésénél természetesen a csőforma belső köpenye merev acélcsővé alakul át, formajellegét ezáltal el is veszti. Az elv elnevezésére az iparban a „magvibráció” elnevezés honosodott meg. Magvibrációs eljárás esetén a „mag” acéleső, amelybe beleépítik a rezgőelemet. Ez a megoldás természetesen azt eredményezi, hogy a mag még a kisebb átmérőjű csöveknél is tekintélyes súlyú lesz, a kész csőből való kiemelése tehát szükségképpen csak gépi úton történhet. Az eddig elmondottak nagyjából körvonalazzák azokat a körülményeket, amelyeket egy magvibrációs berendezés megtervezésénél figyelembe kell venni. Ezek szerint készült el Döbrentei Gábor gépe, amely a 9. ábrán látható.

A külső formaköpenyt egy alaplemezre ékes kapcsolattal rögzítik. Az alaplemez négy gumituskón áll és a gyártócsarnok padlószintjével azonos nivójú. A gépkereten egyszerű kézihajtókaros — és megfelelően áttételezett — emelőszerkezet van, amelynek segítségével a gépkereten — mint vezetőleceken — a függesztőjárom emelhető és süllyeszthető. Ezen a jármon van a meghajtómotor. A mag drótkötelekkel van a járom alsó pereméhez rögzítve. A mageső alsó vége olyan ki-

képzésű, hogy az alaplemezen megfelelően kialakított hornyokba illeszkedve biztosítja a mag fix helyzetét a vibrálás tartama alatt.

A magba beépített rezgőelem fordulatszám, azaz a percnkénti rezgésszám 5600, a centrifugális erő kb. 600 kg.

A gép — mint látható — igen egyszerű felépítésű. A munkafolyamat rajta a következő:

A vibrációs mag legmagasabb helyzetében elhelyezik az alap lemezen és rögzítik a külső formaköpenyt. Ezután a magot a formába visszaeresztik és — itt is tölesér segítségével — beadagolják a betont, miközben megindítják a vibrátort. Megfelelő betonmennyiség bevirálása után a peremkiképző karikát — amely az ábrán jól látható módon a gépkeretre erősített horgokon függ — még vibrálás közben egy zár segítségével a formára erősítik. Ez egyidejűleg két célt szolgál: kiképzí a csatlakozó hornyot és összopreseli a legfelső betonréteget. Ezután a magot a csőből kihúzza az ékes kapcsolat oldása után a cső elszállítható. A külső köpeny levétele a tárolóhelyen történik.

A kísérleti jelleggel üzemeltetett gépen készült csövek mind külső megjelenésüket, mind pedig az egyéb minőségi követelményeket illetően kifogástalanok. A betontömörítés mindössze 50—55 mp-et igényel, tehát a géppel majd elérhető termelékenység kizárólag csak attól függ, milyen mértékben sikerül a formaösszeállítás, rögzítés és a kész cső elszállításának munkamozzanatait lerövidíteni.

Megállapítható, hogy egy cső (a gép 20 cm-es csövek gyártására készült) legvártása minden munkamozzanatot együttvéve sem haladja meg az 5 percet. Így a műszakonkénti teljesítmény hozzávetőlegesen 90 db csőre becsülhető.

Ha már most az eljárást, mint gyártásfolyamatot vizsgáljuk, akkor az alábbi hiányosságait tapasztalhatjuk:

1. A mag a kihúzás alkalmával ninesen biztosan vezetve.
2. A biztos vezetés hiánya miatt visszaengedéskor felfüggesztésén leng. Ezért a mag alsó helyzetének rögzítése viszonylag hosszadalmas és bizonytalan.
3. A peremkiképző karika elhelyezését és a vele való manipulációkat zavarja a mag felfüggesztése.
4. A betonadagolás — hasonlóan a zsaluvibrációs tömögépen történő gyártáshoz — a lapátolási munka miatt nehézkes.
5. A csőformát körülvevő géprészek a betonadagolás alkalmával, valamint a csőforma be- és kiemelésekor a szabad mozgást korlátozzák.

Az ismertetett géppel elvben mindenben azonos más szerkezetekre is születnek tervek és javaslatok, de ezek közül — ezidőszent — a leírt gép a legalkalmasabb.

A magvibrációs eljárások területén a gépi megoldást illetően teljesen új utakon jár egy jelenleg kivitelezés alatt álló gépünk. A gép teljesen folyamatos gyártási eljárást tesz lehetővé úgy, hogy:

1. a mag biztosan vezetett, függőleges mozgata-sakor kilengése ninesen,
2. A gravitációs úton történő betonadagolás szervesen illeszkedik a gyártásfolyamatba és különösebb erőkihajtást nem kíván.
3. A peremkiképző karikával való manipulációkat nem zavarja semmi.
4. A befogott csőforma körül a szabad mozgást gátló géprészek ninesenek.

Ez a gép is — mint általában a többi — 3—4 csőformát igényel ahhoz, hogy maximálisan kihasználható legyen. Míg ugyanis a kész csövet a gépből elszállítják és a tárolóhelyen kiszaluzzák, addig egy újabb üres formát kell a gépben elhelyezni, így a gép üzemeltetése maximális mértékben tehető folytonossá.

A kísérleti gép végső formájában két elektromos kapcsoló segítségével üzemeltethető. Az egyik — irányváltós — kapcsoló a mag emelését és süllyesztését végzi, míg a másik kapcsoló a vibrátormotor be- és kikapcsolására szolgál. A rezgőelem direkt meghajtású, így az elérhető rezgésszám 2800—2900/perc. A maximális

centrifugális erő cca 450 kg, ami — tekintettel arra, hogy a gép 20 cm-es csövek gyártására készül — elegendő a beton tömörítéséhez szükséges és szokásos 4g-nyi gyorsulás biztosítására. Megfelelő műszaki feltételek mellett a gép termelékenységére várhatóan magas lesz.

A magvibrációs berendezésekkel készülő csövek átmérőjének felső határát elvi megfontolások alapján 30 cm-re tehetjük. Ennél nagyobb esőátmérő egyrészt terjedelmes gépet igényel, másrészt teljesen kielégítő módon várható más — olcsóbb — módszerrel, pl. vibrátorasztalon. A megadott átmérőhatáron alul azonban mind a termelékenységet, mind egyéb — a kisátmérőjű csövek nem nagy állékonyságából folyó — szempontot mérlegelve a leggazdaságosabb eljárásnak véljük.

A betonelemek nagyüzemi előállításánál tért hódít a tömörítésnek az a módja, amely a vibrálást egyidejű présléssel kapcsolja össze s ilyenformán a betont optimálisan tömörítve kiváló szilárdsági és egyéb minőségi értékeket biztosít. Ezt a tömörítési módot kihasználják automata géptípusok építésénél. Az ilyen automaták — közhasználatú nevükön vibróprések — különösen elterjedten használatosak. A vibróprések nyomán a présléssel összekötött vibrálást a közönséges betoncsöveknél is sikerült konstrukció tekintetében megoldani.

Az eljárás nagyüzemi bevezetését kísérletsorozat előzi meg, amely:

1. a frissbeton összetételének,
2. a cementadagolás és esőfalvastagság csökkentésének,

3. valamint a hossz tengelye irányában összehérselt eső rövidülési mértékének

egyértelmű megállapítását célozza. A gép nagyobb részt az gyártócsarnok padlószintje alatt helyezkedik el és félautomatának minősíthető. Várhatóan magas termelékenységgel és a technológiai szempontokat tekintve is kielégítő lesz. Ez a gép is előnyösebbnek tűnik kisebb átmérőjű csövek gyártására.

Vibrációt az ipar sikerrel alkalmazta a beton tömörítésére 2 m hosszú vasbeton nyomócsövek előállításánál is.

A csőgyártás korszerűsítése műszaki szempontból nem tekinthető befejezetnek a megfelelő gép vagy gyártóberendezés megszerkesztésével és üzembeállításával. Szükséges, hogy a gyártási folyamat szerves egységet képezzen. A különféle betonelemek sorozatgyártásának általános feltételeit egyrészt magának a betonnak speciális tulajdonságai, másrészt a termelvények legtöbbször tekintélyes súlya szabja meg. E feltételeket a csőgyártásnál sem szabad szem elől téveszteni.

Ilyen értelemben a tömögépekkel és a különféle magvibrációs, valamint vibróprések eljárásokkal kapcsolatban leírt technológiai folyamatoknak az emberi erő kímélése szempontjából van egy olyan része: a csövek mozgatása, amely ezidőszent még nem kielégítően megoldott.

A csőgyártóberendezéseket általában gyártócsarnokokban helyezik el s ezért a csövek szükséges mozgatása a gyártógéptől a vagonba, vagy más szállítóeszközbe való berakásig három fázisból áll:

1. A friss eső elszállítása a csarnokon belül lévő érlelőtárolóba,

2. A megszilárdult csövek kiszállítása az érlelőtárolóból a külső tárolóterre.

3. Szállítás és mozgatás a külső tárolóteren a járművekre való rakodás során.

Mindhárom fázis más jellegű és másféle eszközöket igényel. A két utóbbi könnyebben mechanizálható, mint az első. Az elsőnél a beton még friss és kötetlen, ezért — iparunk jelenlegi adottságai mellett — majdnem kizárólag csak speciális kézikocsik jönnek a mozgatás szempontjából számításba. Így viszont a dolgozók fizikai munkaejének a esőtermelésben még mindig számottevő szerepe van, amit az iparban végrehajtott aprólékos munkaelemzés is bebizonyított.

A félkész- és készárúk mozgatási problémájának — ezek között a betoneső is — egyértelmű megoldása a fejlődés legközelebbi feladata.

## Az épületelemgyártásról

K E C S Ő I S T V Á N

- Az épületelemek 1. építhetők,  
2. készíthetők és  
3. gyárthatók.

1. Épített épületelemek azok, amelyeket az építkezés hagyományos szokásai és módszerei szerint az építkezés helyszínén, magán az épületen (az alapokon, illetve az alapelemeket az alapdörben) állítanak elő. Az így előállított épütelelem nem válik külön az épület egyéb részeitől (alapjától, falazatától, födémjétől, tetőzetétől stb.) azokkal együtt épül és így egyedi, elemi mivolta nem ütközik ki. Az elem és egyéb épületrészek egyé válnak és maga az elem esetleg mint a kész épület része mutatja csak a maga elemi mivoltát pl. az oszlop, pillér stb.

Ez sem következik be minden esetben. A födémek esetében pl. az elkészülés után nem mutatkozik meg az elemi elkülönülés pl. gerendára és betéttestre. Az épített épütelelemek maguk is készülhetnek épütelemelekből pl. téglából, de előállíthatók valamilyen alapanyagból pl. cementből is.

2. Készített épütelelemek azok, amelyeket az építkezés helyszínén állítanak elő, de nem az építéssel, hanem elkülönítve és amelyeket elkészülésük után emelnek be egy (vagy több) darabban a helyükre. Előállításuk módjuk hasonló a gyártott épütelelemek előállításuk módjához, de ezektől mégis abban különbözik, hogy az egyes elemeket külön megtervezik és azok egyedi jellegűek, vagyis csak a szóbanforgó építkezés részére készülnek és viszonylag kis számban; nem sorozatban.

3. Gyártott épütelelemek azok, amelyeket, a szóhasználatnak is megfelelően üzemben nagy tömegben, sorozatban gyártanak, nem külön rendelésre, hanem raktárra. Az épütelelemgyártás jellegzetessége a tömeges előállítás, a tipizáltság, a raktárképeség.

A gyártás helyileg történhet:

- a) az építkezés helyszínén és
- b) gyár-üzemben.

a) a helyszíni gyártás (közkeletű néven előregyártás) az építés helyszínén történő előállítás elvileg a készített és gyártott épütelelemek között foglal helyet.

Előbbihez annyiban hasonlít, hogy egy meghatározott építkezés részére, (tehát nem raktárra) legtöbbször egyedli tervezés alapján (tehát nem tipizáltan) esetleg csak egy meghatározott építkezés céljaira, hevenyészett berendezésekkel készülnek az elemek.

A gyártott épütelemelekkel a készített elemek pedig abban mutatnak rokonságot, hogy esetleg nagyobb tömegben, azonos méretekben típusokat sorozatban gyártanak.

A helyszíni előregyártás helyét a fogyasztó helye (az építkezés) szabja meg.

b) Az üzemi (telepített) gyártás az építkezéstől független elhelyezésű üzemben állandó jellegű berendezés segítségével, nagy tömegben, sorozatban, típusméretekben, raktárra folyik. Lényegileg ez az előállítási módszer az épütelelemgyártás.

Az üzemi gyártás helyét a nyersanyagok lelőhelye a szállítási viszonyok és esetleg a munkásellátottság szabja meg.

Az épületelemgyártás arra törekszik, hogy az új építési technika szükségletei kielégíthetők legyenek. E szándékának megvalósításában az ipari fejlődés szokott útjait követi vagyis kezdetben a gyártott épületelemek utánozzák az épület eredeti elemi részeit. Ami eladdig fából vagy vasból készült, ez kezdetben változatlan formában elkészítve vasbetonból (pl. vas I és T tartó — vasbeton I és T födémgerenda). A betonfalelem a téglát utánozza, legfeljebb néhányszoros nagyításban, a vasbeton ablaktok a fából készültnek a másolata.

A hagyományos formáktól csak lassanként tér el az épületelemgyártás, hogy saját alapanyagainak, az azoknál alkalmazható gyártási technikának az újabb építéstechnikai eljárásoknak és céloknak megfelelő, a rendeltetésre alkalmas, de új, fejlettebb formákat gyártson (pl. födémlemez stb.). Mi sem természetesebb mint az, hogy ezek az új formájú épületelemek visszahatnak az építkezés technikájára is. Ez a kölcsönhatás teremt meg a valóban új építkezési technikát és az azt segítő új épületelemeket.

A fejlődés vonatott. Az építkezés módszereinek megszokottsága — mint más iparágnál is — érvényesül, amit kezdetben kevéssé befolyásol az alaprajz változott formájában és az új anyagok (üveg, vasbeton) alkalmazásában mutatkozó fejlődés. Az új formákkal és az új anyagokkal az építkezés kezdetben még úgy dolgozott, kivitelezett mint a régiekkel, legfeljebb a vasbetonnal, acélvázattal nagyobb feszítávokat, nagyobb teherbírást ért el, gyorsabban épített, az üveggel új felületeket képezett, a lakásnak, gyárnak középületnek új belső elrendezést, világítást biztosított, alapterakásával, boltozatával, belső közlekedési rendszerével alkalmazkodott az czirányú új szükségletekhez. A szükségletek jelentkezését ilyenformán elősegítette, formázta. Mégis minden nagy haladás mellett az építkezés technikája másított formában, de ugyanazzal a lényeggel változatlan maradt. Falat emelt 10 méter helyett 100 méterre, de ez a fal ugyanúgy készült mint régenté, még ha a téglával acélvázat töltött is ki, födémét készített fagerenda helyett vas, majd vasbetongerendából. A födémközöket téglaboltozat helyett födémeléstestekkel töltötte ki, a boltozatot kő vagy téglából helyett egybeöntött vasbetonszerkezetből készítette stb., stb.

A lényeg: az építkezés az alapárok kiásásával kezdődött és kézimunkával, az elemeket egymásra rakva haladt a magasba. A döntő változást a gépek alkalmazása hozta. Az első lépcsőfok: mivel kezdetben az építkezés így alig változott, az épületelemgyártás is ehhez alkalmazkodott. A régi elemeket régi vagy csak kevéssé változott formában állította elő. Mivel pedig az új épületelemeknek az új anyagból való előállítását magán az építkezésen kezdték meg, az épületelemgyártás fejlődésének első lépcsője nem más mint az épület egyes elemeinek a helyszínen függőleges sík helyett vízszintes síkban, vagyis a földön történő elkészítése és azután a helyére illesztése.

Ez a fejlődési lépcső felel meg az „épített épületelemek“ fogalmának. A tervező még egyedileg tervezte meg az épületet és előírta, hogy annak egyes elemeit a vízszintes síkban készítsék el és így állítsák fel vagy vigyék fel az épületre. Lényegében tehát még nem más mint a magasépítés ismert technikájának új formája. Az így készített épütelelem még szorosan hozzátartozik ahhoz az épülethez, amelynek részére előállítják, annak szinte szerves része. Együtt készül az épülettel, az előállítás technikája ugyanaz mintha a magasban, magán az épületen készült volna az elem, vagy attól csak jelentéktelenül különbözik. Az építkezést ezt a fajta „előregyártást“ teljesen az uralma alatt tartja.

A második lépcsőfok: az építkezés nagyiparrá változásával elveszti egyedi jellegét. A tervezők sűrűn alkalmazzák ugyanazokat a méreteket. Az azonos méretek az épütelelemek azonosságához vezetnek. Kívánatossá válik az épütelelemeket külön, az épülettől függetlenül megtervezni és az épülettervezésnél azokkal mint kész elemekkel számolni.

Ezeket az épütelelemeket a magasépítő mérnök tervezi és miután megszokta, hogy az építkezés minden részletét maga kivitelezzi minden elemet maga állít elő,

az elemeket már tipizált, nem egyedileg az épülethez tervezett formája ellenére is, az építkezés helyszínén állítja elő. Lényegileg ugyancsak az építkezés szokott munkamódszerével, függőleges sík helyett, vízszintes síkon, a földön megformálva.

Az épületelemgyártás fejlődésének e második lépcsőfoka részben a „készített épütelelem“, részben a helyszíni gyártás fogalmi körébe tartozik. Utóbbi esetben az úgynevezett „előregyártás“ már gyártás, mert azonos elemeket nagyobb tömegben állít elő, s annyiban „előre“ gyártás, hogy időben valamivel előbb készíti el, mintha magán az épületen állítaná elő.

E tekintetben még közel van a fejlődés első lépcsőfokához s még abban is, hogy az építkezés igyekszik ezt a fajta „előregyártást“ a maga teljes befolyása alatt tartani.

A harmadik lépcsőfok: a tipizálás előrehaladásával azonban már fokozottan jelentkezik az üzemi gyártás igénye.

Mihelyt a tervezés tipizált épütelemelekkel dolgozik, az épütelelem elveszti egyedi jellegét. Mindig több építkezésnél kezdik ugyanazt az elemet alkalmazni. Már nem gazdaságos minden építkezéshez helyszíni gyártást szervezni. Szükségessé válik, hogy a kivitelező megrendelhesse ezeket az épütelemekeket, mint a többi, már ösödők óta megszokottakat (téglá, cserép stb.) tehát szükségessé válik az is, hogy valahol előre, és most már valóban jól előre raktárra gyártsák, ahonnan a szükséges időben, vagyis bármikor meg lehessen szerezni.

Ekkor érkezik el a fejlődés harmadik lépcsőfokához, az üzemi gyártáshoz, amely már raktárra és nem építkezésre gyárt, tipizált elemeket s nem egyedit, nagy tömegben gyárt különleges technológiával, amely kezdetben talán még hasonlít az építkezés technikájához (a második lépcsőfokhoz), de attól mindinkább eltér, új utakon jár.

A fejlődés e fokán az építkezés már elveszti korlátlan befolyását az épületelemgyártás felett, de befolyását annyiban megtartja, hogy a tipizált épütelemekeket még legtöbbször maga tervezi meg. E tervei- ben csak az építkezés technikájára támaszkodik és még nem veszi figyelembe a telepített gyártás technológiai adottságait, szükségleteit. Következik ebből, hogy a gyár a sorozatelőállítás mellett néhány nagy építkezéshez nagy tömegben szükségelt, de mégis az építkezés egyedi kivitelezésre tervezett épütelemekeket is előállít rendelésre. Másszóval a tervezés nem mindig számol még a gyártott típuselemekkel, hanem inkább csak az üzemi sorozatgyártás egyedi célokra történő felhasználásával.

Ezen a fejlődési fokon még kevés új épütelemet állít elő a gyártás, mert a magasépítési tervezés nem tud még teljesen elszakadni megszokott kivitelezési módszereitől. Csak a legáltalánosabb épütelemekeket tervezi és alkalmazza s ezeket is a leggyakrabban a már megszokott formában, alakban.

A negyedik lépcsőfok: a mennyiségi változás, most csap át minőségi változásba. A telepített gyár-üzemekben folyó épütelelemgyártás a magasépítési tervezéstől bizonyos mértékig önállósul. Maga is keresheti a gyártható épütelemekeket, azokat maga tervezi meg a saját technológiai adottságainak, de ugyanakkor a rendeltetésének is megfelelő kivitelezésre. De nemcsak azt keresi, hogy az épületek milyen eddig nem gyártott elemeket állíthatja elő és becsáthatja raktárból a magasépítési kivitelezés rendelkezésére, hanem a már gyártott vagy gyártandó épütelemekek új, célszerűbb, a maga technológiai adottságával könnyebben előállítható formáit is megtervezi, s ezeket gyártja.

A fejlődés e fokán alakul ki az épütelelemgyártás a maga valójában és válik azzá amivé hivatott, az új építési technika elősegítőjévé.

Az épütelelemgyártás fejlődésének vázolt lépcsői a valóságban nemcsak egymást követően, hanem egymással együtt is érvényesülnek. Természetes is, mert: a) az építkezés szükségletei sem azonos fejlődési fokon igénylik az elemeket. Az építkezés is alkalmaz vályogot és sejtéglát, fából készült mestorgerendát és vasbeton rácsoszerkezetet, aszerint, amint az igény, illetőleg a szükséglet kielégítése megkívánja. Eppen





gyártható (a kivitelezés álláspontja: miért kell az ilyen terméket gyártól megrendelni?) de lehet, hogy azért, mert bonyolultsága miatt nehezen állítható elő s ezért gyártását a nagyüzem nem is vállalja. De elképzelhető fordítva is: a nagyüzem gyártja az épületelemet, mert könnyű a termelése, de gyárthatja azért is mert készítése bonyolult s ezért szükséges a fejlettebb nagyüzemi technikát.

Az ár sem el mellőzhető tényező. A nagyüzemi gyártás nem minden árat (miután ez a gyártott mennyiségnek egyik függvénye) bír el, illetőleg nem minden ár bírja el a nagyüzemi gyártás költségeit.

Ahány tényező, ahányféle elbírálást kíván s ezért arra a kérdésre, hogy milyen mennyiségű és terjedelmű (méretű) termék az, ami a helyszíni, és milyen az, amely a telepített gyártásba kívánkozik: helyes válasz csak az lehet, hogy ezt maga a termék, annak a mérete, az elbírálási időpont és az üzemi méret esetenként dönti el.

A döntés szempontjai nagyjából a következőképpen alakulhatnak:

#### Telepített gyártásnál:

a) Oly mennyiség, amelynek elkészítése legalább egy havi egyműszakos gyártást szükségel. Szükséges ez a berendezés kellő kihasználása, a sablonköltség elosztása miatt is.

b) Olyan szerkezet (termék) amely a nagyüzemi gyártással járó gyakori mozgatót, rakodást, szállítást elbírja.

c) Olyan térfogat, amelynek megmozgatására, szállítására a gépi berendezés, vagonrakó és vagonból kirakodó helyszíni továbbmozgató berendezés képes, illetőleg alkalmas.

d) Olyan eladási ár, amely a felhasználás helyéig felmerülő költségeket elbírja.

#### Helyszíni gyártásnál:

a) A mennyiség bármily alacsony lehet. A határt az szabja meg, hogy a sablonköltséggel terhelt önköltség nem múlja e felül a magán az építkezésen történő előállítás költségét, vagyis az épületrésznek a megépítését. Mivel kismennyiségűnél a sablon hevenyészett, legtöbbször ez sem szempont. A mennyiség felfelé korlátozott, mert nagy tömeget hevenyészett berendezéssel előállítani nem lehet. Az állandó berendezés költségeit pedig az egyetlen építkezést szolgáló gyártás elviselni nem tudja.

b) A szerkezet érzéketlenebb, mert a járműre (vagonba) rakás, a szállítási mozgatása elmarad. A depónálási mozgató is kevesebb, legtöbbször — legalább is ez volna a követelmény — közvetlenül az épületre viszik, vagy géppel emelik be, tehát az érzékenyebb, nagyobb szerkezet a helyszíni előgyártásba kívánkozik.

c) A térfogat nagyobb lehet, mert a szállítási műveletek elmaradnak s így a szállítóeszközök hordképességétől való függőség feloldódik. A súly is nagyobb lehet, mert az építkezés amúgyis több olyan nagyobb kapacitású emelőgépet használ, amely a telepített gyártásban nem talál helyet és ami nagy felület és nagy súly emelésére képes.

d) Az ártényező nem a szállítási távolság, hanem a hevenyészett beruházás többköltsége, a begyakorlatlan munka drágább volta befolyásolja.

Ezek a feltételek a technika mai — s lehet, hogy rövidesen túlhaladott — állása mellett gyakorlatilag a következőképpen jelentkeznek a telepített gyártásnál.

ad a. Egy műszak sorozatgyártási minimuma kb. 20 tonna vasbetonra mérve s ezt egy havi gyártásra vetítve 500 t vasbeton épületelem.

ad b. A szerkezet ne álljon túl vékony alkatrészekből. A teljes terjedelem és a bebetonozott rész arányos legyen, ne tartalmazzon az elem túl sok levegőtérfogatot. Ez nagyjából annyit jelent, hogy egy négyzetméter felület esetében a bebetonozott rész annak legalább egynegyede-egyhatoda legyen.

A szélességi és magassági méret ugyancsak megfelelő arányt mutasson és a felületi legnagyobb átmérőnek legalább 1/8-a legyen a bebetonozott magasság.

A legvékonyabb bebetonozott rész 3 cm-nél vékonyabb és 5 cm-nél keskenyebb ne legyen.

ad c. A térfogat ne legyen nagyobb annál, mint amit helyi szállítás esetében lövontatású teherkocsira, helyközi szállítás esetében vasúti vagonba megfelelően el lehet helyezni. A maximális kiterjedése nem lehet több, mint a vagon rakodási felületének legfeljebb 2/3-a. Telepített gyártásnál olyan emelő berendezést állandóan foglalkoztatni nem lehet, amelyek ennél nagyobb felületek rakodására képesek.

A súlynál szintén alkalmazkodni kell a lövontatású jármű, a teherautó, illetőleg a vagon, nem kevésbé pedig az emelőberendezések teherbíróképességéhez, ami 3—4 tonna súlyhatárt jelent.

A fejlődés fázisai nemcsak az épületelemek kialakításában, az előállítás szervezeti formájában, hanem minden jelenségben s így szembetűnően maguknak az épületelemeknek a szükséglet kielégítésére való jelentkezésében is megmutatkoznak.

Épületelem elvileg annyiféle lehet, ahány épületszerkezeti rész adódik, mégis kezdetben csak a logealibb formák jelentkeznek és ezek közül is főleg azok, amelyeket anyaghiány vagy más sürgető szükség indokol. Így elsők között a vasbeton födémgerenda jelentkezett, részben a vas I és T tartók vastakarékosság indokolta helyettesítésére, részben pedig a költséges (zszaluzt, munkaerő, időtényező) monolit födémszerkezet pótlására. Ajtó- és ablaktokok és keretek vasbeton elemekből való gyártását ugyancsak vas- és fatakarékossági szempontok kezdeményezték. Vasbeton keretek, tartók készítését szintén a monolitikus eljárás kiküszöbölésére irányuló szándék szülte és így jelentkeztek sorjában újabb és újabb, eladig monolitikusan készült épületszerkezeteket helyettesítő épületelemek (cölöpök, alapozási elemek, belső közlekedési berendezések, tetőrészek stb.) eszerint, amint az építkezés megszokta az épületelemek alkalmazását, a technika fejlődése pedig lehetővé tette ezeknek az újabb elemeknek az előállítását.

Az épületelemek szükségletkielégítési fejlődése az egyszerűből az összetett felé halad. A kezdő folyamat az épület szétbontása elemi részekké és ezeknek épületelemké történő kiképzése és gyártása. A további fejlődés az elemi részeknek az összekapcsolása és ilyen formán történő gyártásuk. Így például a monolitikus födémről lett vasbeton födémgerenda és födémbelesztet, majd e kettő összekapcsolásából keletkeztek a födémlemezek (panelek). A további kívánság pedig immár a födémlemezeknek és a padlónak (burkolólapnak) az egybeszerkesztett gyártása. Így az ablak(ajtó)tok és kiváltógerendák összekapcsolása egy elemmé, különböző lépcsőszerkezeti elemek egybekészült gyártása stb.

Ugyanakkor természetesen ezeknek az épületelemeknek az alakja változik az új követelményeknek és az új technika alkalmazásának a következményeként. De változik az épületelemek terjedelme is, amennyiben egyre nagyobbakká (ugyancsak a követelmények és a technika adta határok között) és vékonyabbakká válnak (amit az előbbieknél kívül az anyagtakarékoság is indokolt.)

Kétségtelen azonban, hogy az épületelemek fejlődésüknek még csak a kezdetén vannak, lehetőségüket korántsem merítik ki. Állandó jellegű formaképzésük még nem alakult ki, szerkezeti jellegük még bizonytalan, sőt még az sem tisztázódott, hogy milyen építési célokra kell vagy lehet épületelemeket alkalmazni és gyártani.

\*

A szerkesztőbizottság megjegyzése:

Fenti cikket — ha nem tartozik is szorosánvőve az ÉPÍTŐANYAG profiljába — és ha a benne elmondottakkal a szerkesztőbizottság nem mindenben ért egyet — újszerű szempontjai miatt és azért adjuk közre, hogy elindulhasson egy olyan jellegű vita, amely az épületelemgyártás és az építőipar kölcsönhatásait hivatott tisztázni annak érdekében, hogy az építőipar és épületelemgyártás oly kívánatos egysége kialakulhasson. Ezt a célt hatékonyan szolgálja, ha olvasóink hozzászólásokkal kimélyítik a fent felvetetteket.

## A csehszlovák építőipar új feladatai

Az építőipar, mely a csehszlovák iparfejlesztésben a legutóbbi tíz évben nem kis szerepet játszott, az elért eredmények ellenére olyan helyzetbe jutott, hogy a többi iparágakhoz viszonyítva elmaradt és ezáltal gátjává vált a gyorsabb növekedésnek.

Szükségessé váltak ezért olyan intézkedések, melyek révén ezt a nem kívánatos helyzetet fel lehessen számolni és a csehszlovák építőipar, ezáltal az építőanyagipar is leggyorsabban utolérje a legfejlettebb iparágakat. Ennek a sürgős feladatnak alapvető kérdéseit a csehszlovák építőipari dolgozók legkiválóbbjainak 1955. március 8. és 9-én, Prágában megtartott konferenciája tisztázta. Ez alkalommal elhatározták, hogy 1955. év végén egy országos értekezlet tartanak az építő- és építőanyagipar dolgozóit az építő- és építőanyagipar második ötéves terve kokrét feladatainak megbeszélése céljából.

Az értekezlet előkészítésének ideje alatt az építő- és építőanyagipar egyes ágazataiban körzeti megbeszéléseket tartottak, ezt követőleg pedig az építőanyagipar egyes ágazatainak dolgozóit számára iparági konferenciákat szerveztek. Ilyen iparági konferenciákat tartottak a cement, téglá, épületkerámia és épületszigetelési, kő-, kavics és homok, épületelem, valamint a mészipar-ágazatok dolgozóit, melyeken megbeszélték az egyes ipari ágazatok legfontosabb feladatait.

Az előkészítési munkálatok szempontjából alapvető fontosságú volt a Csehszlovák Kommunista Párt Központi Vezetőségének 1955. október 13-án megtartott ülése. Ezen az ülésen a párt jelentős határozatokat hozott az iparosítás elősegítése céljából az építő- és építőanyagipar további fejlesztésére vonatkozólag és megszabta a csehszlovák építő- és építőanyagipar tevékenységének legjelentősebb irányvonalait.

Ami az építőanyagipart illeti, a határozat hangsúlyozza a cementtermelés növelésének és a minőség javításának, kömlyű üregegtéglák és kerámiai blokkok gyártásának szükségességét, az égetett cserépgyártás, a kerámiai falburkoló lapok és padlólapok gyártásának fokozását valamint a falburkoló lapok minőségének megjavítását. A cementgyárak termelési kapacitásának növelése céljából mindenekelőtt az szükséges, hogy az üzemek a jelenleg rendelkezésre álló berendezéseiket minél teljesebben kihasználják, különösen a gépállási idők csökkentésével, az üzemi szervezési módszerek fejlesztésével, a legfejlettebb cementgyártási technológiák bevezetésével és betartásával. Ugyancsak szükséges a jelenleg építés alatt levő új termelési kapacitások belépésének meggyorsítása. Hiányos az építőanyagipar valamennyi ágában a gépesítés, különösen a kőbányászatban, a mészégetésben és a téglagyártásban. Ugyanakkor az építőanyagipar valamennyi ágazata jelentős tartalékokkal rendelkezik, különösen a segédanyagok pl. szén, fa, illetőleg elektromos áram felhasználása terén. Fokozott figyelmet kell fordítani a termékek minőségére. Az épületelem-

gyártás, mely az építőipar további fejlesztése szempontjából alapvető fontosságú, ugyancsak jelentős fejlesztésre szorul. Sürgősen be kell fejezni a jelenleg építés alatt álló termelőberendezéseket és meg kell kezdeni a meglévő berendezések automatizálását. Ezen a téren nagy gondot kell fordítani a nyersanyagok helyes kiválasztására, a termelő folyamatok fejlesztésére és a végtermékek minőségjavítására; mindezek az intézkedések előnyös hatással járhatnak az épületelemek jelenleg még viszonylag magas önköltségének csökkentésére.

A Csehszlovák Kommunista Párt Központi Vezetőségének ülése után közvetlenül tartották meg a Csehszlovák Építőipari Dolgozók I. Országos Konferenciáját 1955. október 26—28-án, melyen az építő- és építőanyagipar legkülönbözőbb területeiről, a termelésből, a kutatásból, a tervezésből, tudományos intézetekből és az érdekelt hivatalokból mintegy 1500 résztvevő jelent meg. A Párt és a Kormány által összehívott Konferencia jelentőségét aláhúzta, hogy megjelentek a CSKP Központi Vezetőségének küldöttsége A. Novotny főtitkár vezetésével, a Szovjetunió és a népi demokratikus államok küldöttségei.

A Konferencia fő referátumát Prof. Ing. Dr. E. Slechta, építésügyi miniszter tartotta, aki beszámolójának végzetével a következőkben foglalta össze azokat a feladatokat, melyeket a jövőben teljesíteni kell:

„Szükséges egy olyan országos távlati beruházási terv kidolgozása, melynél a tervezés fejlett módszerei alkalmazásra kerülhetnek, mely a műszaki gazdasági normák színvonalát emeli, a termelést komplex módon tervezi és figyelembeveszi a legfejlettebb technika alkalmazását. Szükséges ennek megfelelően az építésügy szervezetében a megfelelő módosítások keresztülvitele, a termelési vezetési színvonalának minden szinten való emelése, a minisztériumok műszaki főosztályai és osztályai munkájának megjavítása, az építési tevékenység folyamatosságának és egyenletességének biztosítása, az építési tevékenység alapvető módszereként a szalagszerű munkamenet kialakítása, a szerelési építkezési módszer legszélesebb körben való elterjesztése, az előgyártásnak a szakipari munkálatokra való kiterjesztése, az épületelemgyártásnak, mint szerves egésznek kiépítése, az építési munkák gépesítésének fokozása és elmélyítése, az építőanyaggyártás ipari színvonalának növelése és új építőanyagok gyártásának kifejlesztése, a kutató tevékenységnek az új technikára való átállítása, a kutatás minőségének javítása ezért, hogy az eredmények gyorsabban rendelkezésre álljanak, a személyzeti osztályok munkájának megjavítása abból a szempontból, hogy megfelelő legyen a dolgozók kiválasztása és elosztása, végül szükséges a dolgozók színvonalának növelése, az erre fektetett gondoskodás fokozása, végül a rend megteremtése a bérek és fizetések terén“.

## A „Sztroityelnü Materialü“ 1955 12. decemberi számának tartalmából

A lap vezércikkében ismerteti a Szovjetunió Kommunista Pártja 1955. júliusi plenumán hozott határozatainak végrehajtását és további célkitűzéseit az építőanyagipar magasabb technikai szintre való emelésére vonatkozólag. Többek között megemlíti, hogy a cementiparban el kell érni a jelenlegi átlagos 1600 kkal/kg cementklinker termikus hatásfokkal szemben az egyes külföldi országokban már elért 1300—1350 kkal/kg értéket. Sikerült kidolgozni a száraz és nedves eljárásokra vonatkozó technológiai gazdaságossági számításokat, melyek alapján megállapítható, hogy a legjobb hatásfokkal a 40—50 t/óra teljesítményű technológiai berendezések válnak be a cementiparban.

*A. Hohel* „Kerámizgyártás agglomerációs módszerrel“ c. cikkében a duzzasztott agyagkavics előállításának újabb eljárását ismerteti. A megfelelően előkészített, vegyi összetétel szempontjából pontosan beállított és meghatározott nedvességtartalmú agyagot formába helyezve égetik ki. A gázfejlődést a technológiai előírások pontos betartásával kiválóan lehet szabályozni. A kiegészített bekevert tüzelőanyaggal végzik.

*I. Szezanov* ismerteti a gyártási veszteségek okait mészkőbányaüzemekben. A robbantási, jövesztési, rakodási és osztályozási munkák és berendezések helyes működési összehangolásával az anyagvesztések jelentős mértékben csökkenthetők.

*P. Civlin és I. Csugunov* „Vasbetonszerkezetek üvegolvastó kemencék alátámasztásához“ c. cikkükben ismertetik azokat az elveket, melyek a kádkemencék alátámasztásánál a magas hőmérsékletnek kitett vasbeton és profilvasaláték méretezésénél és szerkesztésénél kialakultak.

*Ju. Moizsesz* „Nagyméretű szilikátblökök típusméretének kiválasztása“ címmel ismerteti azokat a gazdasági számításokat, melyek a meglévő autoklávok és szállítóberendezések méreteinek figyelembevételével a blokkméretek meghatározásához szükségesek. A helyes méretek kiválasztásánál az autoklávok kihasználását jelentős mértékben lehet növelni és a hőkezelési idő is viszonylag csökkenthető.

*R. Pevzner* „Statistikai analízis, üzemellenőrzés és a gyártás minőségellenőrzése“ c. cikkében ismerteti a méretmegoszlási statisztika adatfelvételi módszerét és fajansz burkolólapok szabványvizsgálati eljárását, a mérettoleranciák szórásnegyzetének kiszámítási módszerét.

*I. Dikerman* ismerteti a Bulgariánról elnevezett kerámiai gyár díszítő és burkolókerámiai termékeinek gyártástechnológiáját, valamint azokat a terveket, melyek további díszítőkerámiai termékeket előállító gyárak létesítésére vonatkoznak.

*T. Kurinnüj és G. Verigo* „Elektromos erő-

művek pernyéjének felhasználása az építőanyagiparban“ c. cikke azokkal a kutatási eredményekkel foglalkozik, melyek a pernyék alkalmazására vonatkoznak. A pernyét általában az építőanyaggyárba hidraulikus úton kell elszállítani 2—5 km távolságból, ami felveti a szállítóberendezés méretei és költségei alapos megvizsgálásának szükségességét. Ugyanakkor sikeres kísérleteket folytatattak egyik urali gyár a „Földműves“ elnevezésű cementnélküli pernyeblokkok gyártására vonatkozólag. 60% száraz pernye, 30% granulált kohósalak, csaknem 10% örölt mész és kevés szulfid-szennylég, klórkalcium és gipszkő adagolásával 86 C° átlaghőmérsékletnél 236 kg/cm<sup>2</sup> szilárdságú próbakockákat nyertek. A gyártásnál 90,5 × 42 × 50 cm méretű blokkok kielégítő szilárdságot mutattak, átlagban 130 kg/cm<sup>2</sup> körül és a blokkok térfogatsúlya 1,7—1,8 volt. A cikk felveti a további kutatások és technológiai kísérletek szükségességét más típusú pernyékre és kohósalakokra vonatkozólag.

*G. Princ és G. Kocsetova* ismertetik a viszonylag magas mésztartalmú agyag téglagyártás céljára való felhasználásának új módszerét. Tapasztalatuk szerint, ha a mészzárványokat tartalmazó téglá nedvességtartalmát magasabbra állítják be, mint a szokásos, az égetésnél elkerülhető a téglák repedése. A nedvességtartalom évszakonként változó.

*A. Lükov* és munkatársai ismertetik az építőanyagok intenzív szárítására szolgáló laboratóriumi berendezést. A részleges gőzátmoszférában automatikus szabályozási módszerrel szárított építőanyagok szilárdsági tulajdonságai kedvezően alakultak és a szárítás gazdaságossága is nőtt.

*A. Uljanova* ismerteti azt a módszert, melynek segítségével közönséges cementekből magasabb minőségű betonok nyerhetők. Az eljárás lényege a beton vibrálásánál az amplitudó és a rezgésszám csökkentése, valamint a vibrálás időtartamának megnövelése.

*L. Pirozsnyikov* a külföldi irodalom alapján ismerteti a beton akusztikus és ultraakusztikus roncsolásmentes vizsgálati módszerének előnyeit és alkalmazási területét.

*D. Jageman* beszámol arról, hogy a Krivoj-Rog Cementgyárban megépült két portlandcementklinkerégető forgókemence konvertertípusú kalcinátorokkal. Az egész berendezés hossza 45 m, ebből 32 m-t tesz ki a forgórész. A tüzelőanyag a szomszédos fémkohászati üzemből származó 4000 kkal/m<sup>3</sup>-es kokszgáz.

A folyóirat képeket közöl a többek között a bjelgorodi cementgyárban felállított elektromos porszűrőkről, melyek a szárított malmokhoz kapcsolódnak. Ismerteti ezenfelül I. A. Bulavin és P. D. Goncsar szerkesztésében megjelent új téglaiipari kézikönyvet.

### ÉPÍTŐANYAG

Felelős szerkesztő: Egyed Zoltán — Kladja a Műszaki Könyvkiadó V., Bajcsy Zsilinszky út 22. Telefon: 113-450.

Felelős kiadó: Solt Sándor — Megjelent 600 példányban.

Előfizetés a Posta Központi Hírlap Irodá Vállalatnál, Budapest, V., József nádor-tér 1. Távb. : 180-850.

Előfizetési díj: 72.— Ft. (egész évre), egyes szám ára : 8.— Ft. Csakszámlaszám 61.282.

33751-689/2 - Révai nyomda, Budapest, V., Vadász utca 16. (Felelős: Nyáry D.)

# Üzemkísérleti berendezés portlandcementklinker gyártására tűzfolyós kohósalakból

Szerov szovjet mérnök különleges eljárást dolgozott ki portlandcementklinker előállítására tűzfolyós kohósalakból. A módszer kikísérletezésére és további módosítására a tulai építőanyaggyár területén a szovjet Építőanyagipari Minisztérium hatalmas kísérleti üzemet épített fel. A berendezés öt alapvető üzemeget foglal magában: az olvasztókemencét (konvertert); a porfogókamrákat; a regenerátorokat a magas hőmérsékletű aláfúvó levegő előmelegítéséhez; az adagolótartályokat, a szemeses adalékok tárolására és a levegő-, valamint gázvezetéseket.

A Szerov-féle portlandcementgyártás technológiája a következőkben vázolható: a folyékony salak a szomszédos vaskohászati üzemekből érkezik a berendezéshez. A szállítóberendezésből átöntik a salaküstökbe, melyekből a folyékony salakot a konverterekbe adagolják, az egyes adagok pontos mérlegelése után. A konverterbe adagolnak továbbá mészkövet, valamint az olvasztási hőmérséklet csökkentése céljából vasércet. A mészkő és vasérc a konverterek felett elhelyezett bunkerekben adagolás előtt a füstgázok hatására előmelegszik. A füstgázok hőmérséklete a bunkerek előtt  $500^{\circ}\text{C}$ , azokból kilépve  $350^{\circ}\text{C}$ . A bunkerek töltése adagolóharang segítségével történik, a füstgáz a bunkerek alsó részén lép be.

A szilárd komponensek megolvadása és a folyékony salakban való feloldódása a konverterekben eltüzelt tüzelőanyag által létrehozott magas hőmérséklet hatására következik be. A konverterek térfogata  $33$  köbméter. A konverterek  $575$  mm vastagságú tűzálló téglával kibélelték és átlagos hőmérséklet belsejükben  $1800$ – $1850^{\circ}\text{C}$ . A bélés hűtését acélemezekből készült hűtőtáskák látják el.

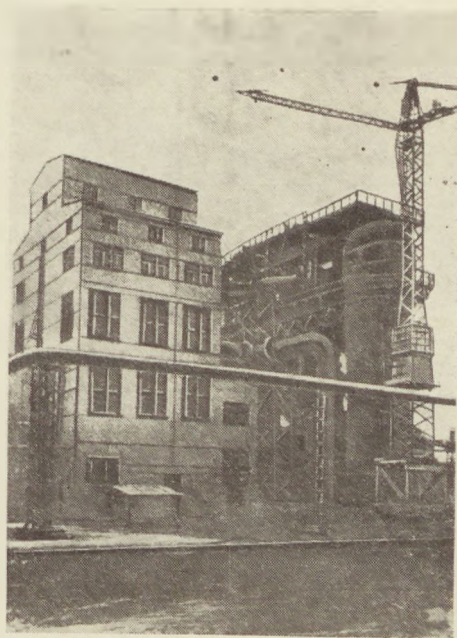
A konvertereket folyamatosan fűtik, a csővezetéseken az égőkbe irányított pakurával. Az égőfejekben a porlasztást sűrített levegővel érik el. A befúvásra dugattyús kompresszorok szolgálnak, melyek  $1000$  köbméter/óra  $2$  atü teljesítményű levegővel látják el az égőket.

Az olvasztási folyamat intenzívebbé tétele és a hőmérséklet elérése céljából a befúváshoz  $700$ – $1200$  köbméter/óra oxigént adagolnak. A befúvó levegő  $800$ – $1000^{\circ}\text{C}$ -ra való előmelegítését a regenerátorokban a távozó füstgázok végzik. Míg az egyik regenerátor az aláfúvott levegőt előmelegíti, a másikban a konverterből távozó füstgázok a regenerátor rácsának adják át hőtartalmukat. A forró gázok eltávolítása és a levegőbefúvás ugyanazon nyíláson át történik.

Miután a távozó füstgázok hőtartalmuk egy részét a regenerátor-rácsnak átadták, a nyersanyagbunkerekbe kerülnek és az ott elhelyezett nyersanyagokat előmelegítik. A bunkerekből távozó füstgázokat ventilátorok szívják és a szabadba továbbítják.

A kész olvadék a klinkernyíláson át egy vályúba kerül, mely a granuláló berendezésbe továbbítja. A granulált klinker tartányba jut, ahonnan a cementmalmokba továbbítják.

A kész kísérleti berendezés valamennyi egységét felszerelték a szükséges szabályzó eszközökkel. Irányításuk automatikusan történik, a berendezésekre felszerelt vezérlőkészülékek által adott impulzusok hatására. A vezérlőasztalok minden egységéhez külön-külön rendelkezésre állnak, ezenfelül az egész üzem központi vezérlőteremmel is rendelkezik.



A kísérleti berendezést a tulai építőipari tröszt építette, a berendezéshez hozzátartozik még egy elektromos alállomás és egy kompresszortelep. Nemrég megkezdődtek az üzembehelyezési munkálatok.

A kísérleteket a Cementipari Tudományos Kutató Intézet és a „Szoinszlak“ szakértői és munkatársai végzik. A kísérleti üzem segítségével rövidesen kidolgozható lesz a portlandcementklinker gyártásának új technológiája.

*(Sztóityelnije Matyeriállu alapján)*

## A szerkesztőség megjegyzése:

Dr. Schedel Andor és dr. Nahoczky Alfonz 1953. március havában újítási javaslatot nyújtott be, melynek elve lényegében egyező az e közleményben ismertetett eljárással. A javasolt eljárás a következő volt: A kb.  $1350^{\circ}\text{C}$  hőmérsékletű tűzfolyékony kohósalakot pakurával javított generátorgáztüzeléssel felhevítik és a fűrdőbe adagolt és abban feloldódó égetett mészszel igyekeznek a portlandcementklinker kívánatos összetételét megközelíteni. A javaslat bevezetésére, vagy kipróbálására nem került sor, mert a kísérlethez szükséges Martin-kemencét nem sikerült rendelkezésre bocsátani.

## A „Silikattechnik“ 1956. évi I. számának tartalmából

*K. Svoboda*

### Cementgyárak tervezése a Csehszlovák Köztársaságban

A cikk ismerteti a Csehszlovákiában alkalmazott eljárásokat ipari létesítmények tervezésére, egy cementgyár tervezési példányán bemutatva. Közli a nedves eljárással dolgozó forgókemencének és a száraz eljárással dolgozó aknakemencének tervezésére kidolgozott szabványokat, valamint a Csehszlovákiából Afganisztánba szállított cementgyár terveit.

*U. Kaiser*

### Üveggyárak fokozott gépesítésének előkészítéséhez szükséges műszaki intézkedések

Gyakorlati tapasztalatok arra mutattak, hogy bizonyos szervezési intézkedésekkel a gépesítés növelése esetén jobb hatások érhetőek el. Szerző ismerteti az öblösüveggyártó gépek beállításának személyi, műszaki és technológiai előkészítési intézkedéseit.

*W. Liehn*

### Üveghűtő kemencék korszerűsítése és jellemző számadatai

Különböző üzemekben végzett mérések, és az eredmények összehasonlítása alapján a működő hőkemencék megjavítására intézkedések dolgozhatók ki. A cikk ismerteti a hűtőkemencékre jellemző számadatok rendszerét és táblázatosan közli az egyes kemencék tipikus adatait.

*V. Hezky*

### Adatok a sziliciumkarbid-tokok technológiájára vonatkozólag

SiC-égető tokok megfelelő összetételének meghatározása céljából végzett nagyszámú kísérlet arra az eredményre vezetett, hogy viszonylag kismennyiségű, 25—50% SiC jóminőségű samottszemesekkel kombinálva gazdaságos és technológiailag előnyös. Néhány gyakorlati csehszlovákiai tapasztalat mellett a cikk kritikailag értékeli az irodalomban eddig megjelent adatokat.

*R. Hausmann*

Agyagáztatás gőz segítségével

*H. Rolke*

### Kerámiatörmelékkel gőzzel való feltárása a kályhaesempe- és épületkerámiatörmelék iparban

A kályhaesempe- és épületkerámiatörmelék gőzzel való feltárása a hidegen feltárt törmelékkel szemben előnyös, ami a termékek tulajdonságainak különbözőségében nyilvánul meg.

A méréseknél főleg a plaszticitást, a szakadási időtartamot, a maximális szárítási hőmérsékletet és a nyers törmelék szilárdsági adatokat vette figyelembe.

*Mattyasovszky—Zsolnay T.*

### Téglaégetés bekevert tüzelőanyaggal

Az „Építőanyag“ 1955. 5. számában közölt cikk fordítása.

*E. Eipeltauer*

### Ütőmalomok felhasználása a gipsziparban

A gipsz alacsony sűrűsége következtében az ütőszilárdságot felhasználó ütőmalomok nem alkalmasak a gipszkő finom aprítására. Ugyanakkor megállapítható, hogy az ütőmalomok kalapácsmalomokkal vagy más aprítóberendezésekkel együttesen jó szolgálatot tesznek a gipsz durva aprítására.

*G. Bornschein*

### Adatok a cementhűtésre vonatkozólag

A forró klinkernek az őrlés alkalmával fellépő kedvezőtlen tulajdonságai matematikailag értékelhetők. A cikk fentiek alapján elemez egy üzemben levő cementhűtő berendezést.

*R. Kaiser*

### Műkölapok sorelement alapon

A paladiszt, hulladék égetett kovaföld és magnéziumklorid oldatnak, mint hulladékhulladékoknak építőipari burkolólapok céljaira történő felhasználására kísérletek történtek. Bizonyos mennyiségi arányok betartása esetén a nyert burkolólapok a szabvány szerinti szilárdságnak megfeleltek. Jól átglyűrt massa hengerlése segítségével olyan nagyobb lapok is előállíthatók voltak, melyek tetszés szerint vágathatók. A felület impregnálása segítségével időálló tetőfedő lemezek is készültek fenti anyagból.

## 1956. második negyedében jelenik meg:

BERÉNYI JÓZSEF—GÁL ERNŐ:

### SZÉNVIZSGÁLATI ADATOK 1952—53

Hazánk energiatermelése csak akkor fokozható kellőképpen, ha megfelelő hatásokkal tudjuk eltüzélni a gyengébb minőségű szénfajtákat. Széntermelésünk növekedésével új telepeket tártak fel. Ezekből, valamint a régebbi medencékből is új összetételű és tulajdonságú szénfélések kerülnek forgalomba.

Berényi József és Gál Ernő munkája részletesen ismerteti a szénfajták alábbi adatait: Nedvesség, hamu, illó, fixkarbon, kén, karbon, hidrogén, égésmeleg, fűtőérték és fajsúlyfrakció adatok. Félkoks, kátrány, bomlásvíz, gáz, teljes hamuclenzés, ragadósági és folyási pont.

Az adatgyűjtemény elsősorban azoknak az intézményeknek és hivataloknak nélkülözhetetlen, amelyek szénbányászati, bányabiztonsági, szénelőkészítési, szén-nemesítési, szénfeldolgozási, tüzelési, lepárlási és koksizálási kérdésekkel foglalkoznak. Ezen túlmenően azoknak a vállalatoknak és üzemeknek is szükséges, amelyek a szén szárításával, tárolásával, őrlésével, víztelenítésével, nemesítésével, lepárlásával, koksizálásával, gázosításával, vagy éppen tüzelésével vesznek részt a szénfelhasználó és szénfeldolgozó ipar munkájában.

Nagy segítséget nyújt a könyv minden üzem számára a gazdaságos tüzelés megvalósítása terén, amely népgazdaságunk részére figyelemreméltó megtakarítást jelent.

A 280 oldal terjedelmű munka folytatása a hasonló címen megjelent 1950—51. évi adatgyűjteménynek. Ára kb. 50.— Ft.

A kiadvány korlátozott példányszámban, a megrendelések számának megfelelően jelenik meg. Az igénylőket a megrendelések beérkezéskor sorrendjében elégíti ki a Műszaki Könyvkiadó.

A megrendelések beküldhetők 1956. február 28-ig.

MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ  
Budapest, V., Bajcsy-Zsilinszky út 22.