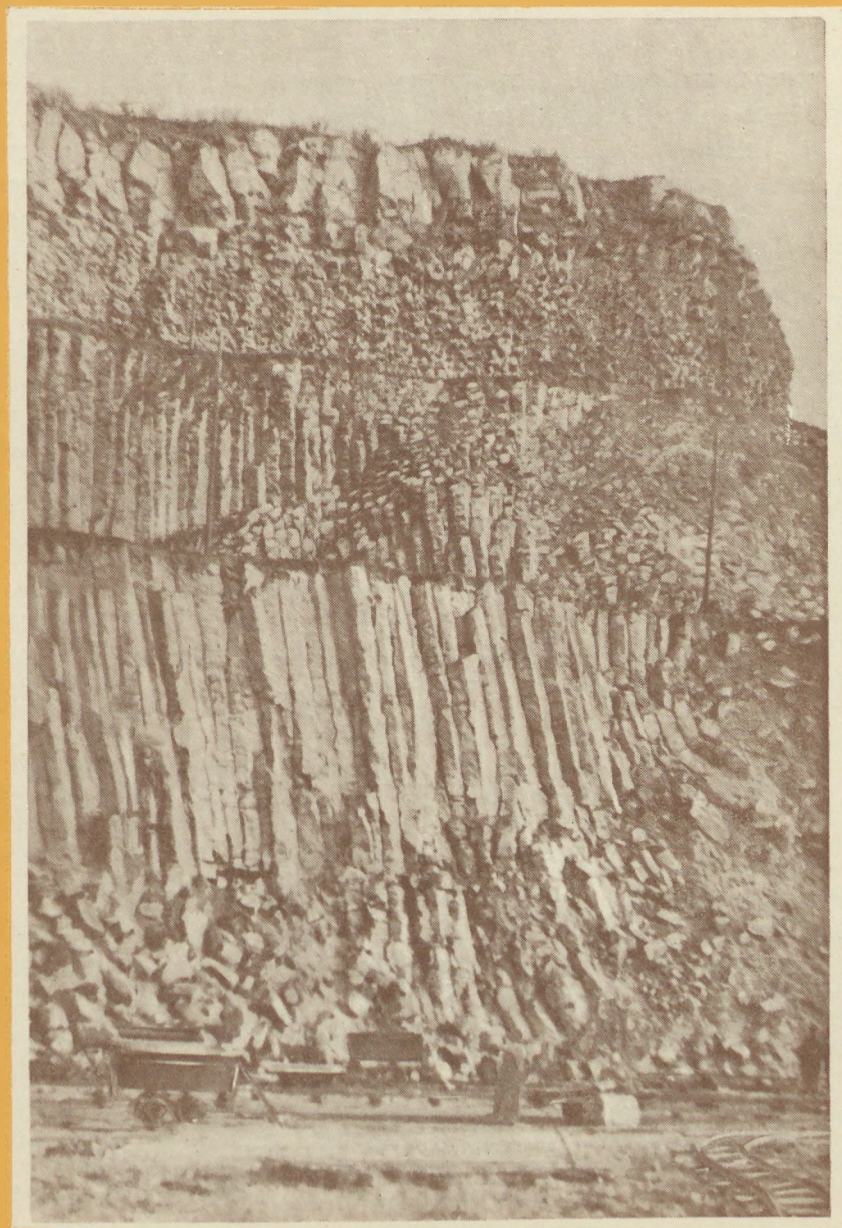


302.935

ÉPÍTŐANYAG



CEMENT, MÉSZ
TÉGLA, KERÁMIA
ÜVEG ÉS KŐIPAR

3. SZÁM

2

ÉPÍTŐANYAG

9. ÉVFOLYAM 3. SZÁM

Nagy kezdőszilárdságú cementek*

TALABÉR JÓZSEF

A korszerű előregyártás jelentőségének fokozódásával egyre sürgetőbbben jelentkeztek azok a követelések, melyek olyan cementek előállítását kívánták meg, melyek gyors szilárdulásuk révén ki tudják elégíteni a fejlett betontechnológia egyik legfontosabb követelményét, a beton nagy kezdőszilárdságát.

A cementekkel szemben ez a követelés igen régóta, jóformán a korszerű cementgyártás megkezdése óta fennállt. A cementek minőségének megjavítására irányuló első törekvések főcélja azonban a cementek *abszolút* szilárdságának növelése volt és csak jóval később, a század elején kezdtek nagyobb fontosságot tulajdonítani a cementek *kezdeti* szilárdságának.

Még előljáróban rá szeretnék mutatni arra is, hogy a nagy kezdőszilárdságú cement két úton közelíthető meg. Portlandcement és alumínátcement alapon. Az alumínátcementek szilárdságukat, különösen kezdőszilárdságukat és a szilárdulás kifejlődését illetően tökéletesen megfelelnek a nagy kezdőszilárdságú cementekkel szemben támasztott igényeknek. Ismerjük azonban az alumínátcementek egyéb tulajdonságait, az alumínátcementek szilárdulásának törvényszerűségeit, melyek közül elsősorban a lekötött és megszilárdult cement hidratvegyületeinek elkerülhetetlen átkristályosodására kell rámutatni. Ezt később még részletesebben tárgyaljuk, de már most rá kell mutatni arra, hogy ebből az átkristályosodásból eredő szilárdságvisszaesés miatt nem javasolható az alumínátcement az előregyártás céljaira. Az egész világon folytatott kísérletek is azt igazolják, hogy az alumínátcementek felhasználását igen szűk területre szorították vissza és az alumínátcementeket az előregyártás céljait szolgáló, nagy kezdőszilárdságú cementek sorából törölték.

A másik út: portlandcement (szilikátcement) alapon biztosítani a szükséges nagy kezdőszilárdságot.

*Az Építőanyagipari Tudományos Egyesület Cementipari Szakosztályán 1956. május 11-i ülésén tartott előadás.

Ezen törekvések legnevezetesebb állomása az első világháború alatt az osztrák Lorüns cementgyárban volt, ahol M. Spindel (1) kikísérletezte az első nagy kezdőszilárdságú portlandcementet. A nagy kezdőszilárdságú portlandcementet Spindel a cement-nyersanyagok gondos előkészítésével, az addigi szokásnál valamivel magasabb mésztartalommal, a megnövelt mésztartalom miatt erősebb, magasabb hőmérsékleten történő égetéssel és a kész klinkernek igen finom őrlésével állította elő.

Ezekben a kísérletekben tehát megtalálhatók mindazon elméleti megfontolások alapjai, amelyek alapján a későbbi évtizedekben a nagy kezdőszilárdságú portlandcement előállítását elképzelték és megoldották.

Ebben az időben természetesen még nem voltak pontos előírások a nagy kezdőszilárdságú cementek fizikai és kémiai tulajdonságait illetően és a törekvések főcélja csak általánosságban a cement kezdőszilárdságának a növelése volt. Spindel munkásságával szinte egyidejűleg javították a portlandcementek minőségét a német cementkutatók, mint Endell, Grimm, Gary, Fromm (2). Az ő munkásságuk azonban kevésbé ismeretes éppen azért, mert a cementek minőségének általános javítása és a szilárdsági értékek növelése mellett nem hangsúlyozták ki különösképpen a kezdőszilárdságot, annak ellenére, hogy cementjeik kezdőszilárdsága is elérte a Spindel által nagy kezdőszilárdságúnak elnevezett cementét.

Mint érdekességet kell megemlíteni, hogy ebben az időben hazai portlandcementjeink szilárdsági értékei is igen jók voltak és tájékozásul álljon itt néhány adat:

A tatabányai cement átlagos szilárdsági értékei 1914—1916 között a következők voltak.*

A próbatest kora (nap)	Nyomószilárdság kg/cm ²	Húzószilárdság kg/cm ²
3	300—400	28—32
7	400—500	31—35
28	500—600	36—40

* Vízadagolás 6—7,3% között.

A tatai cement tehát már akkor, gyártása első éveiben megfelelt a nagyszilárdságú cementekkel szemben támasztott követelményeknek.

Az ezutáni kutatások még tovább javították a cement minőségén, amely igyekezett természetesen a kezdőszilárdság növekedését is eredményezte. Müller, Petry, Werneke, Grün, Geller voltak ennek a korszaknak legkiválóbb cementkutatói. A nagyszilárdságú cementek kutatóinak sorát ebben az időben (1924) Haegermann zárta le, akinek működése egyéb szempontból is figyelemre-méltó volt. Ettől kezdve az eddig szokásos „szokványos” portlandcement mellett egyre több országban jelennek meg a nagyszilárdságú portlandcementek. A nagy kezdőszilárdság még ebben az időben is csak következmény és nem elsőrendű követelmény volt.

A húszas és harmincas években rohamosan fejlődő betontechnológia hozta meg a nagy kezdőszilárdságú és a „legmagasabb értékű” (höchstwertige P. Z.) portlandcementek uralomrajutását.

A DIN 1164 (1942-ben hagyták jóvá) a portlandcementeket az alábbi három osztályba sorolja:

- Z 225
- Z 325
- Z 425

Ezek a számok a 4×4×16 cm-es plasztikusan készített prizmák 28 napos nyomószilárdsági értékeit adják, vízben való tárolás után.

A DIN 1164 szilárdsági előírásai a következők:

Habaresszilárdság kg/cm ²	Vízben való tárolás után			
	1 nap	3 nap	7 nap	28 nap
	nap múlva			
<i>225-ös cement</i>				
Hajlítószilárdság	—	—	25	50
Nyomószilárdság	—	—	110	225
<i>325-ös cement</i>				
Hajlítószilárdság	—	30	40	60
Nyomószilárdság	—	150	225	325
<i>425-ös cement</i>				
Hajlítószilárdság	25	50	60	70
Nyomószilárdság	100	300	360	425

A földnedves cementvizsgálatokra alapozott régi szabványokban, valamint a régi német cementszabványokban az alábbi előírásokat találjuk:

Habaresszilárdság kg/cm ²	3 nap	7 nap	28 napos kombinált tárolás után	28 napos vízben való tárolás után
	vízben való tárolás után			
<i>Szokványos portlandcement</i>				
Nyomószilárdság	—	200	400	300
Húzószilárdság	—	18	30	25
<i>Nagyszilárdságú portlandcement</i>				
Nyomószilárdság	250	—	500	400
Húzószilárdság	25	—	40	30

Nagy kezdőszilárdságú portlandcement

	Vízben való tárolás után		28 napos kombinált tárolás után
	1 nap	3 nap	
Nyomószilárdság	300	500	650
Húzószilárdság	25	30	55

Az összehasonlítás kedvéért az MNOSZ 4702 előírásait az alábbi táblázatba foglaltuk össze:

Habaresszilárdság kg/cm ²	2 nap	7 nap	28 nap
	vízben való tárolás után		
<i>„500” portlandcement</i>			
Nyomószilárdság	200	350	500
Húzószilárdság	20	27	30
<i>„600” portlandcement</i>			
Nyomószilárdság	250	450	600
Húzószilárdság	25	32	35

A Szovjetunióban az utóbbi években nagy lendületet vett a nagy kezdőszilárdságú cementek gyártása. A Szovjetunió Építőipari Minisztériuma 1955. január elején jóváhagyta a nagy kezdőszilárdságú portlandcementre vonatkozó ideiglenes műszaki előírásokat (BTY-29-55). Az ideiglenes műszaki előírások a cement nyomószilárdságát 1 napos korban legalább 200 kg/cm², 3 napos korban pedig legalább 300 kg/cm² értékben állapítják meg.

Ezek a követelmények aránylag szerények. A szovjet nagy kezdőszilárdságú portlandcementek helyes értékeléséhez feltétlen szükség volna a szovjet és a hazai vizsgálati módszerek pontos és minden részletre kiterjedő (pl. normálhomok minősége) összehasonlítására.

Az angol cementszabvány (B. S. S.) az alábbi szilárdsági értékeket adja meg a nagy kezdőszilárdságú cementekre.* (Összehasonlítás kedvéért a közönséges portlandcementre vonatkozó előírásokat is felvettem a táblázatba.**)

	Nyomószilárdság kg/cm ²			Húzószilárdság kg/cm ²		
	1 nap	3 nap	7 nap	1 nap	3 nap	7 nap
Gyorsan szilárduló portlandcement	210,9	263,6	21,09	31,63		
Szokványos portlandcement	112,5	175,8		21,09	26,37	

A B. S. S. előírásainak megfelelő gyorsan szilárduló cement fajlagos felülete (Blaine f. permeabilitásmérővel meghatározva) 3250 cm²/g, szem-

* Az angol szabvány a gyorsan szilárduló kifejezést használja, azzal az indoklással, hogy ennek a kifejezésnek a használata elfogadott az országban.

** A szabványszilárdsági értékek lb/sq. inch értékből kg/cm² értékre vannak átszámítva, tehát nem abszolút pontos számok.

ben a közönséges portlandcement 2250 cm²/g fajlagos felületével.

Az angol szabvány a gyorsan szilárduló cementben nem engedi meg az adalékanyagok alkalmazását.

Az amerikai cementszabvány (ASTM : 0-150-53) öt cementtípusa közül a III. típus foglalkozik a nagy kezdőszilárdságú cementekkel. Az amerikai szabvány szilárdsági előírásai :*

Cement-típus	Nyomószilárdság kg/cm ²				Húzószilárdság kg/cm ²			
	1 nap	3 nap	7 nap	28 nap	1 nap	3 nap	7 nap	28 nap
I.		63,5	126,2	211,5		10,6	19,4	24,5
II.		56,0	106,0	211,5		8,8	17,6	23,0
III.	88,2	176,0			19,4	26,3		
IV.				140,5			12,3	21,2
V.				211,5			17,6	23,0

Az amerikai cementszabvány különböző előírásait nem szükséges részletezni. A cementösszetétel szerepének későbbi tárgyalásához azonban mint érdekességet kell megjegyezni, hogy az ASTM a klinkerek ásványi összetételében maximumisan 15% 3 CaO Al₂O₃-t enged meg. Figyelembevéve azt, hogy a II. típusú cement maximális C₃A tartalma 8%, a IV. típusú cementnél 7%, az V-ös típusú cementben 5%, arra kell következtetnünk, hogy a nagy kezdőszilárdságú cement előállítására szempontjából a szokásosnál magasabb (max. 15%) C₃A tartalom előnyös. Az amerikai cementszabvány a nagy kezdőszilárdságú cement fajlagos felületét nem írja elő. Megengedhetőnek tartja ellenben 0,08% TDA kereskedelmi néven ismert anyagnak a cementhez való hozzáadását. Ez a készítmény tretanolaminból és a tiszta ligniszulfosavak kalciumsóiból áll.

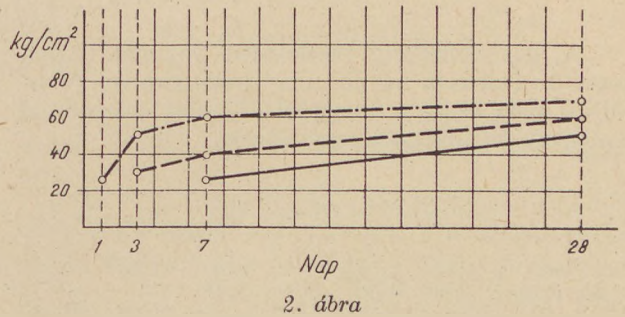
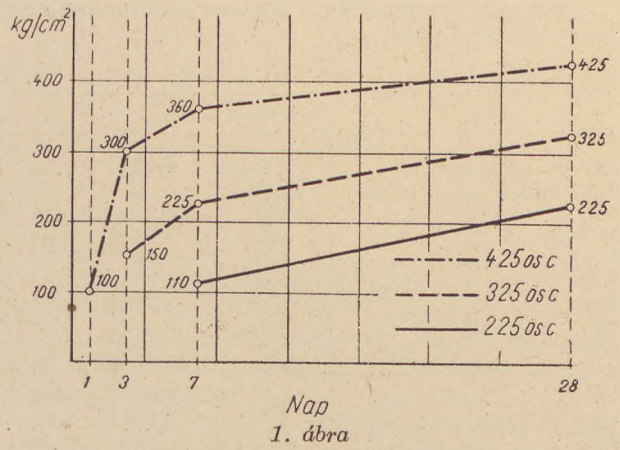
A francia szabvány (P.15.302/1946.) előírásai a következők :

	A próbatést nyomási szilárdsága, kg/cm ²		
	2 nap	7 nap	28 nap
Nagy kezdőszilárdságú cement ...	160	315	400
Szokványos portlandcement	—	160	250

A teljesség kedvéért nézzük még meg a magyarországi bauxitcementek hazai szabvány-előírásait :

A próbatést kora	Nyomószilárdság kg/cm ²	Húzószilárdság kg/cm ²
1 napos	450	25
3 napos	550	28
28 napos	650	33

A nagy kezdőszilárdságú cementekre vonatkozó fontosabb szabványelőírások ismertetése után a DIN 1164 előírásait a szemléltetés kedvéért diagramra is felraktuk. Az 1. ábra a nyomó-



szilárdsági, a 2. ábra a hajlítószilárdsági előírásokat ábrázolja.

Azért ragadtam ki a DIN 1164-es szabvány cementfajtaát, mert ez a szabványelőírás tartalmazza a legszigorúbb kikötéseket elsősorban a nagy kezdőszilárdságú „425“-ös cementtel szemben. Amennyiben a „Z 425“-ös cementnek előírt értékeit nagyzemileg el tudjuk érni, a nagy kezdőszilárdságú cement problémáját megoldottnak tekinthetjük.

Ilyen értelemben nézzük meg azon cementek kémiai összetételét, amelyek a DIN 1164 előírásainak megfelelnek.*

	225-ös pc	325-ös pc	425-ös pc
Izzítási veszteség ... %	2,17	1,73	2,82
Oldhatatlan ... %	0,48	0,53	0,59
SiO ₂	21,84	20,74	17,74
Al ₂ O ₃	6,38	5,94	6,23
Fe ₂ O ₃	2,55	2,53	2,69
CaO	60,77	64,33	62,97
MgO	3,30	1,76	3,16
SO ₃	2,28	2,24	2,85
S	0,04	0,00	0,06
Összesen	99,81	99,80	99,11
AM	2,50	2,35	2,32
SM	2,45	2,45	1,99
TT**	0,780	0,896	1,00
Őrlési finomság R ₉₀₀ %	0,2	0,0	0,0
R ₄₀₀₀ %	10,0	4,0	1,2

* Osztrák cement. Az elemzéseket Berde László vegyész mérnök végezte el.

** A mésztelítettség kiszámítása az alábbi formula alapján történt :

$$TT = \frac{CaO - (1,65 Al_2O_3 + 0,35 Fe_2O_3 + 0,7 SO_3 / 2,8 SiO_2)}{}$$

* Átszámított, nem egész pontos értékek.

Ezekkel az értékekkel állítsuk szembe néhány hazai cementünket.

	A ₆₀₀ -as pc	B ₃₀₀	S 54
Izzítási veszteség	0,98	1,53	1,66
Oldhatatlan	0,52		
SiO ₂	19,55	20,71	20,27
Al ₂ O ₃	6,25	4,98	3,30
Fe ₂ O ₃	2,75	2,93	6,75
CaO	64,44	64,98	63,10
MgO	3,35	2,14	2,31
SO ₃	2,09	2,92	2,60
Összesen	99,93	100,19	99,99
S _M	2,17	2,61	2,02
A _M	2,27	1,69	0,49
TT	0,94	0,93	0,93

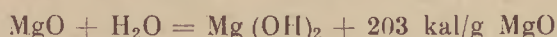
A későbbiekben részletesen fogunk foglalkozni a cementek ásványtani összetételével. Vizsgáljuk meg ezért a megadott kémiai összetételű cementek ásványtani összetételét.

	225-ös	325-ös	425-ös	A ₆₀₀	B ₃₀₀	S 54
Izz. veszt.	2,17	1,73	2,82	0,98	1,53	1,66
Oldhatatlan	0,48	0,53	0,59	0,52		
C ₃ S	28,24	54,17	67,60	61,78	61,00	61,19
C ₂ S	41,38	18,66	—	9,50	13,42	12,09
C ₃ A	12,58	11,47	11,95	11,89	8,24	—
C ₄ AF	7,74	7,69	8,17	8,36	8,90	15,89
C ₂ F	—	—	—	—	—	2,71
MgO	3,30	1,76	3,16	3,35	2,14	2,31
Gipsz	3,87	3,80	3,84	3,52	4,91	4,37
Összesen	99,77	99,81	99,13	99,90	100,14	100,12

Elég egy pillantást vetni erre a táblázatra, azonnal látjuk, hol kell keresnünk a gyors szilárdulás magyarázatát. Elsősorban a cementek C₃S tartalmában.

A 325-ös és 425-ös cementek C₃S tartalma közötti aránylag kis különbség viszont azonnal figyelmeztet arra is, hogy a cementek C₃S tartalmán kívül más tényezőknek is hozzá kell járulni a szilárdság gyors kifejlődéséhez.

Alkotórész	Hidratációs hő kal/g						Teljes
	2 nap	3 nap	7 nap	28 nap	90 nap	180 nap	
3 CaO Al ₂ O ₃	~150	170 ± 20	188 ± 19	202 ± 20	188 ± 18	218 ± 11	~220
3 CaO SiO ₂	~95	98 ± 5	110 ± 5	114 ± 5	122 ± 5	121 ± 3	~122
4 CaO Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃ . .		29 ± 18	43 ± 16	48 ± 18	47 ± 16	73 ± 10	~100
2 CaO SiO ₂		19 ± 5	18 ± 4	44 ± 5	55 ± 4	53 ± 2	~62



A fenti táblázathól látható, hogy a portlandcementek legfontosabb összetevői közül a 3 CaO Al₂O₃ hidratációja során 3 napos korban az összhidratációs hő 77%-a, a 3 CaO SiO₂-nél pedig 81%-a szabadul fel. Ezzel szemben a 4 CaO

Ehhez a megállapításhoz egyébként tisztán elméleti megfontolásokon keresztül is igen könnyen eljuthattunk volna; de mivel jelenleg gyakorlati úton keressük a nagy kezdőszilárdságú cementek megoldását, az ásványtani számítás elkerülhetetlen volt.

Ezek után vegyük sorra azokat a lehetőségeket, melyek hozzásegíthetnek bennünket a magas C₃S tartalmú, várhatóan gyorsan szilárduló cementek előállításához.

Ezen lehetőségek legfontosabbjai:

1. A legkedvezőbb nyersanyagösszetétel.
2. A nyersanyag megfelelő finomsága.
3. Magas hőmérsékleten, kellő ideig tartó égetés.
4. A klinker legkedvezőbb ásványtani összetétele (mineralizátorok).
5. A klinkernek a szokásosnál finomabb őrlése.
6. A kezdőszilárdságot növelő anyagok hozzáadása.

Vizsgáljuk meg ezeket a lehetőségeket.

1. A legkedvezőbb nyersanyagösszetétel

A cementkémia alapvető elveiből kell kiindulnunk. Nyerslisztünk kémiai összetételének kialakításánál arra kell törekednünk, hogy a gyors hidraulikus szilárdulást biztosító klinkerásványok képzését lehetővé tegyük.

Vizsgáljuk meg — kissé talán a saját magunk megnyugtására — helyes-e abból kiindulni, hogy a magas C₃S tartalomra kell törekedni. A szilárdsági értékeken kívül — amely mérőszámokban a cement valamennyi komponense által okozott szilárdságnak mintegy az eredője jelentkezik, van-e valami más mérőszám is, amely azt bizonyítaná, hogy a C₃S tartalomnak olyan nagy a jelentősége a nagy kezdőszilárdságú cementekben, mint amilyent mi neki tulajdonítunk.

Ez a mérőszám a cementek és azok alkotóinak hidratációs hője lehet, melynek pár adatát az alábbi táblázatok tartalmazzák (3, Woods, Steinour és Storke, 1932 vizsgálatai szerint).

Al₂O₃ Fe₂O₃-nál csupán 29%, a C₂S-nél pedig mindössze 30,5% szabadul fel.

A hidratációs hő és a szilárdulás kifejlődése között közvetlen kapcsolat van. Nyilvánvaló, hogy a lehető legmagasabb C₃S tartalomra és a cementkémia legkedvezőbb C₃A tartalomra kell törekedni.

Lea vizsgálatai alapján Dreyfus megadja néhány francia cement hidratációs hőjét (3).

Cementfajta	Hidratációs hő kal/g						
	1 nap	2 nap	3 nap	7 nap	28 nap	90 nap	1 év
Szokványos portlandc.	23—46	42—65	47—75	85	90	95	100
Nagy kezdőszilárdságú pc.	35—71	45—89	51—94	100	110	115	
Salak pc.	18—28	30—51	33—67				
Alacsony hőfejlesztésű c.			45	55	65	75	85
Alumínátcement	77—93	78—94	78—95				

A hidratációs hő képződése megadja a magyarázatát az egyes cementek kezdőszilárdságának alakulására. Erthető, hogy a nagy kezdőszilárdságú cementek kezdőszilárdsága majdnem kétszerese a szokványos portlandcementek kezdőszilárdságának. Az is egészen világos, hogy az alumínátcementek kezdőszilárdsága miért múlja

felül még mindig jelentékenyen a nagy kezdőszilárdságú cementek kezdőszilárdságát.

A legkedvezőbb nyersanyagösszetétel mind ezek után az lesz, amely a maximális C₃S tartalom elérését biztosítja.

Induljunk ki a telítettségi együttható (TT) a 111. old. jegyzetben már ismertett egyenletéből:

$$TT = \frac{CaO - (CaO \text{ szabad} + 1,65 Al_2O_3 + 0,35 Fe_2O_3 + 0,7 SO_3)}{2,8 SiO_2}$$

illetve, ha szabad meszet nem veszünk számításba:

$$TT = \frac{CaO - (1,65 Al_2O_3 + 0,35 Fe_2O_3 + 0,7 SO_3)}{2,8 SiO_2}$$

A telítettségi együttható azt az arányt fejezi ki, amely a C₃A és C₄AF képződéséhez szükséges CaO levonása után maradt mésztartalom és a nyersanyag SiO₂ tartalmának C₃S-á való telítéséhez szükséges mésztartalom között fennáll. Ha a telítettségi tényező 100, az azt jelenti, hogy az összes SiO₂ C₃S-é alakult át. Tisztán matematikai alapon vizsgálva a kérdést, a 100-as telítettségi tényező háromféleképpen érhető el:

- a) Adott SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ és SO₃ tartalom mellett a mésztartalom szükséges növelésével;
- b) Állandó Al₂O₃, Fe₂O₃ és SO₃ tartalom és adott CaO tartalom esetén az SiO₂ tartalom csökkentésével;
- c) Adott CaO és SiO₂ tartalom mellett az Al₂O₃, Fe₂O₃ és SO₃ tartalom megfelelő csökkentésével.

Mivel a kezdőszilárdság növelése szempontjából az Al₂O₃ tartalom csökkentése nem volna célszerű, az SiO₂ tartalom állandónak tekinthető (akár mint nyersanyagot, akár mint klinkert vagy cementet vizsgáljuk) és az Fe₂O₃ tartalom csökkentése pedig az égetés szempontjából nem volna előnyös, ezért a telítettségi együttható 100-ra való beállításának csak a két első útja marad: a mésztartalom emelése vagy az SiO₂ tartalom csökkentése. Ha az égetés elősegítése érdekében (vagy az olvadék olvadáspontja hőmérsékletének csökkentése, tehát a C₃S képződés elősegítése érdekében is) az Fe₂O₃ tartalom kisebb emelésére gondolnánk, ennek hatását is az SiO₂ tartalom csökkentésével lehet ellensúlyozni. Ebben az esetben azonban abszolút értékben már csökken a kezdőszilárdság szempontjából kedvező komponensek mennyisége (C₃S és C₃A) és növekszik a kevésbé értékes komponensek (pl. C₄AF) részaránya.

A C₃S mennyiségét TT = 100 érték mellett úgy kapjuk meg, hogy az SiO₂ mennyiségét 3,8-al megszorozzuk. (1% SiO₂ 3,8% C₃S-t ad). A nagy kezdőszilárdságú cementek előállításá-

sának két klasszikus útja is a fenti két irányt követi.

Az F. L. Smidth cég velocementnek nevezett nagy kezdőszilárdságú cementjét a magas mésztartalom jellemzi. A magas mésztartalmú és a szabad mésztartalom elkerülése érdekében magas SiO₂ tartalmú nyersanyag égetése komoly nehézségeket okozott. Az égetés megkönnyítése érdekében a nyersanyagot rendkívül finomra kellett megőrölni és ezenkívül még kevés CaF₂-t is adagoltak. A kész cementet is igen finomra őrölték és a kezdőszilárdság növelésére még CaCl₂-t is adagoltak.

A velocement előállítási nehézségei miatt általánosan nem terjedt el.

Az a felismerés, hogy az SiO₂ tartalom csökkentése (a szilikátmodulus csökkentése) és ezzel egyidejűleg a vasoxidtartalom emelése a cement kezdőszilárdságának a növekedését eredményezi, vezette Kühl professzort a róla elnevezett Kühl-féle nagy kezdőszilárdságú cement kidolgozására (2). A Kühl-féle cementre tehát az alacsony szilikátmodulus (1,65 alatt) és az alacsony alumínium-modulus (1,65 alatt) a jellemző. A korábban elmondottak alapján ezt természetesnek kell tartanunk és nyilvánvaló, hogy ez a mésztelítettségi tényező növekedését és a klinker C₃S tartalmának a növekedését eredményezi.

Kühl könyvében Lea-re és Desch-re hivatkozva megemlíti, hogy Angliában a gyorsan szilárduló cementek SiO₂ tartalma 0,9%-kal alacsonyabb a szokványos portlandcementek SiO₂ tartalmánál.

A nyersanyag SiO₂ tartalmának csökkentése és vastartalmának növekedése jótékony hatást gyakorol a klinker égetésére is. Az égetés hőmérséklete mintegy 100 °C-kal alacsonyabban van, mint a szokásos összetételű nyersanyagoknál. A folyékony fázis alacsonyabb hőmérsékleten való megjelenése bizonyos mértékig elősegíti, megkönnyíti a C₃S képződését.

A Kühl-féle cement elterjedését éppen ezek a kedvező tulajdonságok akadályozták meg. A velocementtel ellentétben az alacsony olvadási hőmérséklet okozott az égetésnél különböző nehézségeket.

segeket, elsősorban az ismert, nagymérvű gyűrűképződést.

A nyersanyag összetétele még sok egyéb szempontból is igen fontos. Ismeretes, hogy a C_3S stabilitási területe 1250—1900 °C között van. Az is ismert tény, hogy a cementnyersanyagban végbemenő reakciók, a molekulák és ionok diffúziósebessége sokkal nagyobb a folyékony fázisban, mint a szilárd fázisban végbemenő reakciók sebessége. A folyékony fázis kialakulása, megjelenésének hőmérséklete, a folyékony fázis viszkozitása éppen ezért igen nagy szerepet játszik a C_3S megjelenésében, képződésének reakciósebességében és ezen túl a klinkerégetés rendszerének kialakításában, az égetés hőmérsékletének megválasztásában és a kemencék terhelésének beállításában. Ezen a téren a vasoxidtartalomnak, pontosabban az alumínium-modulusnak van nagy jelentősége.

A portlandcementklinkernek a vasoxidot tartalmazó kristályos fázisa nem egy meghatározott összetételű vegyület, hanem szilárd oldatokból álló sor, melynek összetétele a $CaO-Al_2O_3-Fe_2O_3$ hármas rendszerben a 2 CaO Fe_2O_3 -tól a 6 CaO 2 Al_2O_3 Fe_2O_3 -ig húzott egyenes mentén helyezkedik el. E sor legismertebb vegyülete a 4 CaO Al_2O_3 Fe_2O_3 összetételű brownmillerit. Ezenkívül mint jellegzetes összetételűt a 6 CaO Al_2O_3 2 Fe_2O_3 -t kell megemlíteni.

E rendszerek részletes vizsgálatával először Lea és Parker foglalkozott 1934-ben. Az utána következő vizsgálatok a négyes rendszer legalacsonyabb olvadáspontú vegyületének meghatározásával foglalkoztak. Merkov, Sisakov és Toropov nevéhez fűződik a négyes eutektikum összetételének és olvadáspontjának meghatározása. Az 54,8% CaO , 22,7% Al_2O_3 , 6% SiO_2 és 16,5% Fe_2O_3 tartalmú vegyület 1338°-on olvad.

A negyvenes évek elején végezték az első kísérleteket a folyékony fázis viszkozitásának vizsgálata terén. Megállapították, hogy a vasoxid tartalom emelkedésével a folyékony fázis viszkozitása csökken. A viszkozitás csökkenését eredményezi természetesen a hőmérséklet emelkedése is. E két tényező együttes hatása az égetés során lehetővé teszi olyan viszonyok kialakulását, amely aránylag alacsony hőmérsékleten, a CaO és a dicalciumszilikát molekulái diffúziósebességének jelentékeny növelésén keresztül lehetővé teszi a legkedvezőbb ásványtani összetételű klinker képződését.

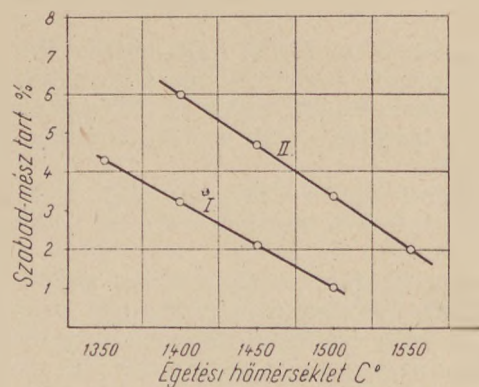
A szénhamu szerepéről a nyersanyag beállításánál azt hiszem nem szükséges beszélnem. Arra azonban rá kell mutatni, hogy a szénhamu mennyiségét és összetételét a nyersanyag beállításánál különös gonddal kell figyelembe venni.

2. A nyersanyag megfelelő finomsága

A cementirodalomban sok helyen találkozhatunk a különböző nyersanyagkeverékek égethetőségének a kérdésével. Jól tudjuk, minél finomabb a nyerskeverék, annál könnyebb lesz az égetése, annál alacsonyabb lesz az égetéshez szükséges hőmérséklet.

Amikor az őrlési finomságnak a szerepéről beszélünk, természetesen meg kell mondanunk, hogy az őrlési finomság egyáltalán nem egyértelműen meghatározott érték. Azonos szitamaradék mellett igen nagy változatosságban fordulhatnak elő a nagyon finom és a nagyon durva szemcsék. Azonos szitamaradék mellett egész más lehet a nyerskeverék szemcsemegoszlása pl. átmenő őrlésnél vagy körfolyamrendszerű őrlésnél. A körfolyamrendszerű őrlés során előállított nyersliszt kisebb mennyiségben tartalmazza a nagyon durva szemcséket, de kisebb mennyiségben tartalmazza a nagyon finom szemcséket is, pl. az 5 mikron alattiakat.

Nem szeretnék most e kérdés részletesebb vizsgálatába belemenni. Erre nem is vagyok felkészülve, mert az a hőátadási viszonyoknak, a reakciósebességnek, a különböző összetételű nyersanyagoknak oly részletes vizsgálatát tenné szükségessé a hőmérséklet, idő és szemnagyság függvényében, amelyhez alig áll adat rendelkezésünkre. Csupán arra szeretnék rámutatni, hogy az égetési idő, az égetési hőmérséklet és a nyersanyag szemnagysága, valamint a klinker minősége és a klinkerásványok kedvező kialakulása szempontjából igen szoros összefüggés van. Mivel adott körülmények között az égetési hőmérséklet állandónak tekinthető, csupán az égetés időtartama és a nyersanyag szemnagysága változtatható a kedvezőbb ásványi összetételű klinker kialakítása szempontjából.



3. ábra

A nyersanyag legkedvezőbb szemnagyságára és szemcseösszetételére nem lehet előírást adni. Más a helyzet a már eredeti állapotban is rendkívül kedvező szemcseeloszlású, nagy finomságú természetes mészmárgáknál, vagy többé-kevésbé kristályos mészköveknél, amelyeknél az agyagkomponens esetleg nehezen feltárható homokos részeket is tartalmaz.

Heilmann (4) szerint jóminőségű klinker előállításához mindenképpen szükséges, hogy a nyersanyagunk legalább 35%-a 15 mikron alatt legyen. Az égethetőséget a finom részecskék mennyiségének növekedése javítja. A durva részecskék, ha azok $CaCO_3$ -ból állnak, szabad meszet eredményeznek és a homokos összetevők feltáratlanul mennek át a klinkerbe.

Az őrlési finomságot tehát a nyersanyag milyenségétől függően kell megválasztani. A nagy kezdőszilárdságú cement szempontjából tehát mindenképpen a nyersanyag nagy őrlési finomságára kell törekedni. Hazai nyersanyagainkat tekintve, ez egyrészt számottevő energiafelhasználással jár, másrészt a malomteljesítmény tetemes csökkenését eredményezi. Nagy kezdőszilárdságú cement előállításánál azonban elkerülhetetlen.

3. Magas hőmérsékleten, kellő ideig tartó égetés

Az előző pont alatt már említést tettem az égetési hőmérséklet és az égetési időtartam szerepéről.

Magas hőmérsékletre a folyékony fázis kialakulása és a folyékony fázis viszkozitásának csökkentése érdekében van szükség. A CaO és C₂S reakciója, melynek alsó határa 1250 C°, csak akkor ér el gyakorlatilag használható sebességet, ha a molekulák és ionok mozgását magas hőmérsékletű és kis viszkozitású olvadék lehetővé teszi. Az alsó hőmérsékleti határ, amely ezt a gyakorlatban is lehetővé teszi, kb. 1350 C° körül van, a nyersanyag legkedvezőbb kémiai összetétele esetén. A hőmérsékletet emelve, a klinkerképződés sebessége erősen gyorsul. Heilmann (4) említett vizsgálatai a hőmérséklet szerepére is kiterjedtek. Az alábbi ábrán az égetési hőmérsékletnek a klinker képződésére gyakorolt hatását láthatjuk. Az égetési idő 20 perc. Az égetési vizsgálatok megítélésére a klinker szabadmész tartalmát választotta Heilmann. A két görbe kétféle nyersanyag égetési eredményeit rögzíti. Az előállított klinkerek ásványi összetétele:

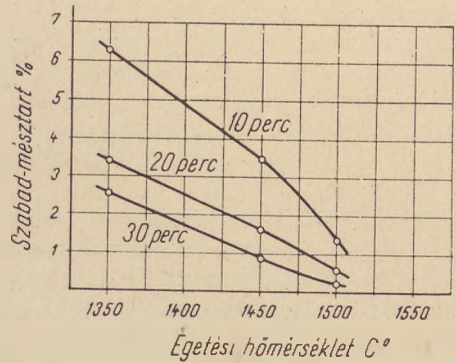
	I.	II.
Mésztelítettség	89,0	94,0
C ₃ S	53,7	68,0
C ₂ S	31,2	17,5
C ₃ A	7,7	7,4
C ₄ AF	5,8	5,2

A görbéről az alábbiakat olvashatjuk le. Normális összetételű portlandcementnél 20 perces égetési időtartam mellett az anyaghőmérsékletnek legalább 1400°-ot kell elérni, hogy gyakorlatilag használható klinkert nyerjünk.

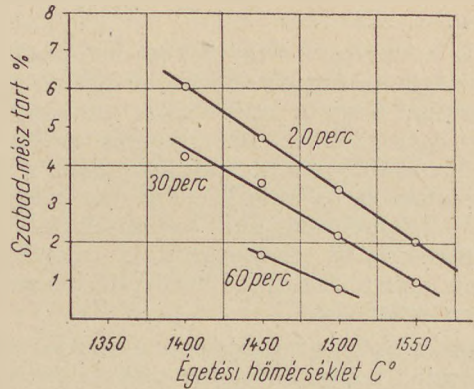
A második, ami a nagy kezdőszilárdságú portlandcementek előállítása szempontjából igen fontos, az, hogy a magas méshztelítésű klinker égetési hőmérséklete legalább 100 C°-kal magasabb, mint a szokványos összetételű klinkeré. Ha tehát jóminőségű klinkert akarunk előállítani, 1500 C°-ot jóval meghaladó anyaghőmérsékletet kell biztosítanunk.

A gyakorlati klinkerégetések során azonban már számításba kell venni az égetés időtartamát is. Heilmann erre vonatkozó kísérleteit ábrázoló görbék is igen tanulságosak.

A 4. ábrán az I-es, az 5. ábrán a II-es összetételű nyersanyag égetését láthatjuk a hőmér-



4. ábra



5. ábra

séklet és az idő függvényében. A két ábra egyformán bizonyítja az idő igen fontos szerepét. Azt is láthatjuk, hogy a magas méshztelítésű nyersanyagok égetéséhez azonos hőmérsékleten sokkal több időre van szükség, mint a szokványos összetételű nyersanyagok égetéséhez.

E kérdéssel szovjet cementkutatók is foglalkoztak (5). Toropov és Luginyina is hasonló eredményekre jutott. Megállapították, hogy a 87-es telítettségű tényezőjű klinker előállításához 1400 fokon 30 percre van szükség, 1500°-on pedig 14 percre. Azt is megállapították, hogy 1600—1700°-on a klinkerképződés sebessége igen meggyorsul. Ilyen hőfokhatások között azonban már kívülcünk a forgókemencékben üzemi körülmények között megvalósítható hőmérséklet határokon.

A nagy kezdőszilárdságú cementek előállításánál egy újabb problémához jutottunk el tehát: a nyersanyagoknak a forgókemencében hosszabb időt kell tartózkodni. Nagy kezdőszilárdságú klinker előállítása tehát a forgókemencék teljesítőképességének jelentékeny csökkenésével oldható meg. A magas égetési hőmérséklet biztosítása pedig csak jóminőségű szénrel oldható meg, a magas lánghőmérsékletet biztosító égetési előírások maradéktalan betartása mellett (pl. léghévesleg tényező, hamis levegő kizárása, a szén őrlési finomságának hatása stb.).

4. A klinker legkedvezőbb ásványtani összetétele

A különböző mineralizátorok szerepe

Régóta ismert tény, hogy az alított apró kristálykák alakjában tartalmazó klinker kezdőszil-

lárdsága nagyobb, mint a durva kristályos alitot tartalmazó klinker kezdőszilárdsága. E jelenséget sokáig érthetetlennek tartották. Pedig a magyarázat igen egyszerű. A hidratáció sebessége attól függ, milyen felületen tud hatni egymásra a klinkernek a hidratációban résztvevő komponense és a víz.

Röviden tehát: a hidratáció sebessége a klinkerásványok fajlagos felületétől függ. Minél kisebb szem nagyságú tehát a klinker alittartalma, annál nagyobb a hatófelület, annál nagyobb mennyiségű alit vesz részt a hidratációban, annál nagyobb tehát a szilárdság — és ha ezt az idő függvényében is nézzük, annál nagyobb a kezdőszilárdság.

Ez a lényege a Grzymek (6) féle nagy kezdőszilárdságú cementnek. Grzymek professzor megállapította, hogy a szilárdulási sebesség azonos kémiai összetétel és őrlési finomság mellett annál nagyobb, minél kisebb szem nagyságú a klinker alittartalma és — amiről eddig még nem beszélünk — minél nagyobb az alitkristály hossz- és keresztirányú tengelyének a hányadosa, a $\rho = y/x$ arány. Megállapításait érdekesen és szellemen vezet le.

Mikroszkópi vizsgálatokra támaszkodva megállapította, hogy a lengyel szabványokban szereplő 400-as cement klinkerében az alitszem nagyság 40 mikron körül van. Hubbel vizsgálatai szerint a alitszemcsék hidratációja egy nap után 2,25 mikron értéket ér el. Ezekből kiindulva vezet le képletét, amellyel az alapul vett 400-as klinkerhez képest kiszámítja a vizsgált klinker 1 napos szilárdságát.

A képlet a következő:

$$P = \frac{W_s}{W_n} = 3,33 \left[1 - \frac{(y - 2h)^2 \cdot (y - 2h\rho)}{y^3} \right]$$

ahol P a szilárdságnövekedés tényezője

W_s a lengyel szabvány szerinti habarcsszilárdság egy napos korban kg/cm^2

W_n a 400-as cement előírt egy napos nyomószilárdsága kg/cm^2

y a vizsgált cement alitkristályainak hosszirányú mérete (mikron)

h az alitkristályok hidratációjának mélysége egy napos korban = 2,25 mikron

$\rho = \frac{y}{x}$ arány (a 400-as klinkernél $y/x = 1$,

tehát az alitkristályokat gömbalakúnak veszi.

Ezen az alapon számolva, ha a vizsgált klinker alitkristályainak y mérete 15 mikron,

$$\rho = \frac{y}{x} = 1,5 \quad h = 2,25 \text{ mikron}$$

$$P = \frac{W_s}{W_n} =$$

$$= 3,33 \cdot \left[1 - \frac{(15 - 2 \cdot 2,25)^2 \cdot (15 - 2 \cdot 2,25)}{15^3} \right] =$$

$$= 2,19$$

A lengyel szabvány szerinti 400-as cementnél

$$W_n = 60 \text{ kg/cm}^2 \quad y = 40 \text{ mikron} \quad \rho = 1$$

$$W_s = W_n \cdot P = 60 \times 2,19 = 131,4 \text{ kg/cm}^2$$

Ha az alitkristály szem nagysága tovább csökken, pl. 10 mikronra és a tengelyhosszúságok viszonya $\rho = 2,5$ -re emelkedik,

$$P = \frac{W_s}{W_n} =$$

$$= 3,33 \cdot \left[1 - \frac{(10 - 2 \cdot 2,25)^2 \cdot (10 - 2 \cdot 2,25 \cdot 2,5)}{10^3} \right] =$$

$$= 3,45$$

$$W_s = W_n \cdot P = 60 \times 3,45 = 207,00 \text{ kg/cm}^2$$

Ezen az alapon lehet kiszámítani a 2, 3, 7 és 28 napos szilárdsági értékeket. Míg azonban az 1 és 2 napos szilárdságoknál a számított és a mért értékek gyakorlatilag megegyeznek, addig a 7 és 28 napos szilárdságoknál a mért értékek erősen elmaradnak a számított értéktől. Grzymek ezt azzal magyarázza, hogy a hidratáció során keletkezett gélyszerű hidráttermékek a reakció lefolyását erősen fékezik.

A módszer tehát helyesnek látszik. Hátra van a legfontosabb kérdés: Hogyan lehet az apró szemcséjű, minél nagyobb tengelyarányú alitkristályokból álló klinkert előállítani.

Grzymek professzor a túltelített oldatokból való kristályosodás analógiája alapján a következő tényezőket sorolja fel, melyek a kristályosodás menetét a kívánt irányban befolyásolják.

1. Idegen testek, pl. szennyezések, melyeket a rendszerhez hozzáadnak, megnehezítik a kristályháló kialakulását.

2. Mindennemű gerjesztő távoltartása a túltelítettség állapotában. Ilyenek: kristályosodási gócok bevitele, mechanikus gerjesztők (pl. vibrálás) és termikus gerjesztők.

3. A hűlés sebességének növelésével.

Mielőtt ezen lehetőségek taglalásába belemennénk, vizsgáljuk meg a $\rho = y/x$ szerepét.

Induljunk ki abból, hogy nem áll módunkban befolyásolni az alit-kristályok alakjának a kialakulását. Ebben az esetben $\rho = y/x = 1$.

A vizsgált klinkernél ebben az esetben $y = 15$ mikron érték mellett

$$P = \frac{W_s}{W_n} = 2,19$$

az egynapos szilárdság pedig $W_s = W_n \cdot P = 60 \times 2,19 = 131,4 \text{ kg/cm}^2$ $y = 10$ mikron érték mellett

$$P = \frac{W_s}{W_n} = 2,777$$

az egynapos szilárdság pedig

$$W_s = W_n \cdot P = 60 \times 2,777 = 166,62 \text{ kg/cm}^2$$

Nyilvánvaló, hogy az y/x érték alakulása, tehát az alitkristály alakja sokkal kisebb hatással van a kezdőszilárdság kialakulására, mint az alitkristályok nagysága. A későbbiek során éppen ezért csak a klinker kristályosodási körülményeivel foglalkozunk.

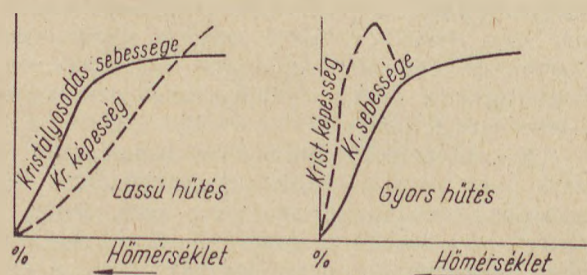
A kristályosodás törvényszerűségeinek tanulmányozása a cementkémiában még a legelején tart. Ezért igen csábító gondolat, megkíséríteni e törvényszerűségeket a metallográfiában — tehát jóvel kedvezőbb körülmények között — megismert jelenségek alapján tárgyalni.

Fémekben és sóolvadékokban, épúgy, mint a klinker nyersanyagában azzal kezdődik a kristályosodás, hogy az olvadékban bizonyos hőmérsékleten kristályosodási középpontok, csírák, vagy magok keletkeznek. Ezek a kristályosodási középpontok azután tovább fejlődnek és a belső szerkezetnek megfelelően poliéder alakot vesznek fel, vagy a poliédernek csupán a tengelyirányú váza jön létre (dendrites kristályosodás), vagy sugaras, gömbalakú szferolitekké növekednek.

„A kristályosodó anyagoknak azt a képességét, hogy olvadékjukban hűlés közben ilyen csírák keletkezhetnek, kristályosodó képességnek nevezzük“ (7). A kristályosodó képesség mértékét az olvadék térfogategységében az időegység alatt keletkezett kristályosodási középpontok száma jellemzi (kristályosodási középpont/cm³, perc).

A keletkező kristálymagoknak már az a képességük van meg, hogy a további kristályosodást előmozdítsák. A kristályok növekedését már a kristályosodás sebessége irányítja. A kristályosodás sebességén a kristálynak cm/perc-ben mért lineáris növekedését értjük.

A kristályosodás sebességének a hőfokkal való változása a lehűlés sebességétől független. A kristályosodó képesség változása ezzel szemben a hőmérséklettől függ. A kristályosodás törvényszerűségeinek e két fontos tényezőjéből a következőket vonhatjuk le. Lassú lehűléskor a magképződés késik s amikor a kristálymagok megjelennek, a kristályosodás sebessége már nagy. A kisszámú kristály gyorsan nő. Az eredmény: Nagy kristályokból álló szerkezet (7).



6. ábra

Gyors lehűléskor a kristályosodó képesség gyorsan nő, már eléri legnagyobb értékét, amikor a kristályok növekedése még igen lassú. A hűlő anyagban tehát ilyenkor sok kristálymag keletkezik. Az eredmény: Finomszemcsésű, egyenetlen szemecselzlású szövet.

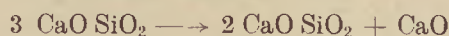
Kristályosodási középpontok nemesak a kristályosodási képesség révén kerülnek az olvadékba. A nyersanyagokból vagy bevitt idegen anyagokból mindig vannak jelen kristályosodási középpontok. Ezek a kristályosodás megindulásakor növelik az újonnan keletkező csírák számát. A kristályosodás sebessége most is változatlan. A kris-

tályosodás tehát több mag körül indul meg. A szövet tehát finomabb lesz.

A metallográfiából még annyit, ha a fémeket erősen túlhevítjük, vagy sokáig olvadt állapotban tartjuk, a kristályosodási magok fokozatosan feloldódnak, a szövet tehát durvul.

Az olvadék a saját csírákon kívül idegen kristályosodási centrumokat is tartalmazhat. Ezeknek szerepéről még igen keveset tudnak. Hatásuk valószínű kettős. Ha kristályalakjuk megegyezik a kristályosítandó fémmel, akkor kristályosodási középpontja, csírája lehet a fémkristályok kialakulásának. A kristályosodó képesség megjavításán keresztül szerepe tehát a kristályok apró szemcsészettségében, finom szemszerkezetben jelentkezik. Ha kristályalakja a fémtől eltérő, a hatása esetleg csak közvetett. Zavarja a kristályok növekedését. A szövet durvulását tehát ez esetben sem eredményezi.

A metallográfia ezen megállapításait a portlandcemente alkalmazva, legelőször a hűtés kérdését kell felvetnünk. Eddig általában úgy tudtuk, azért van gyors hűtésre szükség, hogy megakadályozza a trikalciumszilikátnak a



egyenlet értelmében 1250 C° alatt való elbomlását. Nem fér kétség hozzá, hogy ez az alapvető cementkémiailag megállapítás változatlanul érvényben van. De a hűtés sebességének fokozásával a kristályosodási képesség növelése révén a klinker kristályosodási képességének finomodását érhetjük el. Feltételezhető, hogy Grzymek professor, mikor a klinker hűtését megemlítette, erre gondolt.

A metallográfiailag megfontolások alapján kissé más megvilágításban láthatjuk az úgynevezett mineralizátorok szerepét is.

Ezek között, mint a legaktívabbat, először a folyópátot (CaF₂) kell megemlítenünk. Szerepe kettős. A klinker nyersanyaga kezdő olvadási hőmérsékletének a leszállításával, a reagáló anyagok rácsszerkezetének megbontása révén az olvadék mennyiségének növelésével, az olvadék viszkózitásának csökkentésével igen előnyösen javítja meg az égetési viszonyokat és lehetővé teszi az atomok és molekulák diffúzióját. A másik szerepe az, hogy csökkenti az olvadék felületi feszültségét, csökkenti tehát a kristályosodó anyag túlhűlésre való hajlandóságát és ami talán a legfontosabb, növeli a kristályosodási centrumok számát. Ezzel a kristályok finom szemszerkezetének kialakításához igen aktívan járul hozzá.

Lényegében ez a szerepe az egyéb mineralizátoroknak, K₂SO₄-nek, CaSO₄-nek, NaF-nek, CaCl₂-nek, MgSiF₆-nak.

Külön kell szólni az idehaza Bereczky professor által bevezetett Alit-cement gyártásáról, amely szerinte a világon mint a klinker visszavezetési eljárás néven szerepel.

A már egyszer kiegészített, vagy félig kiegészített anyagnak a klinkerbe való visszavezetésével jelentékenyen szaporítjuk a kristályosodási centrumok számát, tehát javítjuk anyagunk kristályosodási képességét. Az alit mennyiségének növelésén kívül ez az eljárás is a finomszemcsés alit

keletkezését segíti elő. Ezzel a meggondolással ellentétben áll Grzymek professzor igyekezete, aki az aprószemesjű alit kialakítása érdekében helytelennek tartja mindenfajta gerjesztő anyag alkalmazását. Azt hiszem azonban, a metallográfiából kölcsönvett hasonlat e téren a legkevésbé támadható.

Végül metallográfiai hasonlatunk lehetővé teszi a klinker úgynevezett túlégetése során előállt szilárdságvirosszaesés megmagyarázását. A kristályosodási középpontoknak az olvadékban való teljes feloldódásával a durvakristályos szövet érvényesül és ez magával hozza a túlégetett klinker szilárdságának visszaesését.

A mineralizátorok között még a foszforsav-anhidridet kell megemlítenünk. Szovjet kutatók vizsgálatai szerint (8) a $\text{CaO}-\text{P}_2\text{O}_5$ rendszerben négy vegyület képződik. A $\text{CaO}-\text{P}_2\text{O}_5$, $2\text{CaO}-\text{P}_2\text{O}_5$, $3\text{CaO}-\text{P}_2\text{O}_5$ és a $4\text{CaO}-\text{P}_2\text{O}_5$. A monokalciumfoszfát $550-600^\circ\text{C}$ -on képződik. Hidraulikus tulajdonsága nincs. A dikalciumfoszfát $700-800^\circ\text{C}$ hőmérsékletintervallumban keletkezik, — igen gyenge hidraulikus tulajdonságokkal rendelkezik, a tri- és a tetrakalciumfoszfátok $1100-1200^\circ\text{C}$ körül keletkeznek, egészen jó hidraulikus tulajdonságokkal. A szilárdságnövelés további magyarázata már ugyanaz lehet, mint az előbbi mineralizátoroknál. A kristályosodási centrumok növelése révén a finom szemszerkezetet segítik elő.

A P_2O_5 hatását az alábbi táblázat szemlélteti (8).

A cement P_2O_5 tartalma	A próbatest nyomószilárdsága kg/cm^2			
	1 nap	3 nap	7 nap	28 nap
0,0	118	266	380	535
0,1	258	370	481	625
0,2	352	463	560	745
0,3	319	388	495	655
0,5	201	261	374	388
1,0	54	106	202	388
5,0	0	27	58	72

Mint ezek az értékek mutatják, a P_2O_5 adagolásával — mint általában a mineralizátorokkal — igen kell vigyázni.

5. A klinkernek a szokásosnál finomabb őrlése

A portlandcement hidrolízisának gyorsaságát, tehát a cement szilárdságnövekedésének kifejlődését a cement reagáló felületének nagysága is alapvetően befolyásolja. A cementek tulajdonságainak az őrlési finomságtól való függése azonban a mai napig nincs pontosan felderítve, annak ellenére, hogy ezen a téren is igen széleskörű kutatómunkát végeztek. Hogy mily nagy volt a bizonytalanság ezen a téren, elég csak arra rámutatni, hogy a világ cementkémikusai a legújabb időkig az őrlési technika terén két élesen szembenálló táborra szakadtak a körfolyamrendszerű őrlés megítélésében. A vitát a szovjet cementkutatók megállapításai úgy látszik eldöntötték. Luryo, Steyert, Ginzburg igen alapos vizsgálatai (9) alapján a következőket állapíthatjuk meg:

A cement őrlési finomságának növelésével — a fajlagos felület növelésével — a cementhabar-

cok kezdőszilárdsága jelentősen növekszik. A szilárdulás későbbi szakaszában azonban a szilárdulás lelassul és a kísérletek szerint a rendkívül finomra őrlött cement 28 napos szilárdsága alig nagyobb, mint a normális finomságú cementé.

A szovjet kutatók eredményeiről az alábbi táblázat tájékoztat bennünket.

Fajlagos felület cm^2/g	0—10 μ -os frakciók mennyisége	Nyomószilárdság kg/cm^2			
		1	3	7	28
2353	31,5	195	351	446	472
3095	36,4	257	425	510	570
4237	46,2	336	450	512	589
5116	64,3	396	513	515	571

A szovjet kutatók ezekből az adatokból azt a következtetést vonták le, hogy a cementek kezdőszilárdságának növekedése arányos a 10 mikronnál kisebb frakciók mennyiségével.

Ez a megállapítás azonban ilyen formában csak bizonyos kiegészítések után fogadható el. Hiába őrljük ugyanis tovább a cementet, hiába növeljük a fajlagos területét pl $5000-9000\text{ cm}^2/\text{g}$ értékre, a szilárdság — még a kezdőszilárdság sem emelkedik ilyen arányban. Ezt a szovjet kutatók is megállapították. Kell lenni tehát a 10 mikron érték alatt egy olyan szemesehatárnak, amely alatti szemnagyságok a szilárdulásban alig vesznek részt és amely szemesekek aktivitása még a tulajdonképpeni szilárdulási folyamat megindulása előtt elvész.

Arra azonban senki sem tud választ adni, hol van ez a határ, amely inkább csak becslések alapján 3—5 mikron körül vonható meg (valószínűleg éles határ nincs is).

Ennek megvonása azért is igen nehéz feladat, mert a gyakorlatban használható fajlagos felületmeghatározó készülékek mérési területe már nem terjed ki az 1 mikron körüli szemnagyságok mérésére. Az ismert berendezésekkel meghatározott fajlagos felület tehát nem azonos a tényleges felülettel.

A szilárdulási folyamatban hasznosíthatóan részt nem vevő részecskék szemese mérete felső határának megállapítása tehát igen nehéz és inkább csak becslések alapján 3—5 mikron körül lehet az egyáltalán nem éles határvonalat meghúzni.

A fajlagos felület növekedésével erősen növekszik a kötés során felszabaduló hőmennyiség.

A cement őrlési finomságának fokozásával erősen fokozódik a cementből készült habarcsok zsugorodása és a szabványsűrűségű cementpéphez szükséges vízmennyiség.

A helyes törekvés tehát csak az lehet, hogy cementünkben a legtöbb energiát majdnem teljesen haszontalanul fogyasztó igen finom szemnagyságok keletkezését megakadályozzuk és cementünk szemszerkezetét úgy alakítsuk ki, hogy az a nagy kezdőszilárdság követelményeinek, a cementtel szemben támasztott minőségi igényeknek és a takarékos energiagazdálkodásnak meg-

feleljen. Ezeket a követelményeket pedig jól csak a körfolyamrendszerű őrlés tudja kielégíteni.

A nagy kezdőszilárdságú cementek gyártása szempontjából az optimális fajlagos felületet sem lehet előírni. Ez is igen sok tényezőtől függ (pl. klinker összetétele, az őrlési mód stb.). A nagy kezdőszilárdságú cementekre vonatkozó szabvány-előírások és a különböző kísérleti eredmények összevetése után 3500—5000 cm²/g fajlagos felület kívánatosnak látszik.

6. A cement kötését és szilárdulását gyorsító anyagok hozzáadása

A cement kötéseidőjének rövidülését és szilárdságának növekedését bizonyos sók elősegítik. Ezek közül legismertebbek CaCl₂, MgCl₂, BaCl₂, AlCl₃, NaCl, Na₂CO₃. Messze vezetne a kötés és szilárdsággyorsítás mechanizmusának a részletes taglálása. Erről egyébként is annyira ellentétes vélemények láttak a szakirodalomban napvilágot, hogy a tisztánlátás itt igen nehéz. Bennünket a kérdés egyelőre csak a nagy kezdőszilárdságú cementek szempontjából érdekel, ezért a problémát is csak ilyen szempontból vizsgáljuk.

Le Chatelier szerint a cement anhidridekből álló kémiai rendszer, amely víz jelenlétében instabil és a stabil rendszerré való átalakulása során teljesen új, hidratokból álló rendszert hoz létre. A reakció az anhidrid rendszer teljes átalakulásáig folyik, jóllehet sebessége az oldódó, oldatban levő és az oldatból kiváló vegyületek kölcsönhatása következtében egyre csökken. Ez az egyre lassuló folyamat a cement szilárdulása.

A cement kötése nem függ a képződő rendszer szilárdságától, hanem attól a sebességtől függ, amellyel a cement szemcsék kötés során a vizet felveszik, tehát attól, hogy milyen gyorsan növekszik a rendszerben a szilárd fázis mennyisége a folyékony fázishoz képest.

A cementek felületének növelését szolgáló finomőrlést is ilyen szempontból kell megítélni. A szilárd fázis mennyiségének növelését azok a hidrat-magok idézik elő, amelyek száma attól függ, minél nagyobb a cement fajlagos felülete.

A kötést és szilárdulást gyorsító anyagok szerepe valószínűleg ugyanaz, mint a finom őrlésé. A diszperzitás növelésével a cement ható felülete növekszik, gyorsul tehát a hidratáció. Emellett természetesen egyéb hatások is fellépnek pl. a kötő cement pH értékének befolyásolásával a kristályosodási körülményeket befolyásolják. Ezen hatások elemzése azonban nem feladata értekezésünknek.

A kötésgyorsítók közül legismertebb a CaCl₂. Hatására vonatkozóan igen sok adat áll rendelkezésre, 0,5—1,5% között adagolható. Ilyen adagolásban a kötési időt jelentékenyen, percekre lerövidíti, a kezdőszilárdságot pedig tetemesen fokozza.

A CaCl₂ azonban korrodáló anyag. Szerepe elsősorban a beton vastartalmának korróziója szempontjából vizsgálandó meg. Itt is a legkülönbözőbb ellentmondások találhatók az irodalomban és a különböző kutatóknál. Az az általános

vélemény, hogy a fenti adagolás mellett a korrózióveszély nem jelentős.

Szkramtajev a gipszadagolással éri el a kezdőszilárdság jelentékeny növelését úgy, hogy a klinker ásványtani összetételét a C₃A javára megváltoztatja. A kezdőszilárdságnak ehhez a módjához igen óvatosan kell hozzányulni. Az SO₃ duzzadás veszélyes. Legtöbbször csak évek múlva jelentkezik és várható hatását laboratóriumi vizsgálatokkal nem igen lehet kimutatni. Egyébként is a C₃S és C₃A egymáshoz viszonyított arányát előzetesen tisztázni kell.

Az amerikai cementszabványok lehetővé teszik, hogy a cementhez 0,04—0,08% TDA nevű készítményt adagoljanak, mely trietanolaminból és ligninszulfosavak kalciumsóiból áll.

7. A cementek vízerzékenysége és a beton-technológia

Erről még igen keveset tudunk. Az a körülmény azonban, hogy a tatabányai cement plasztikus vizsgálatokkal mért szilárdsága jóformán semmit nem emelkedik akkor, ha a cementet a szokásos 2200 cm²/g felületről igen finomra megőröljük, arra figyelmeztet, hogy a szilárdulás mechanizmusát ilyen szempontból is alaposan meg kellene vizsgálni.

Két út látszik járhatónak: a cement vízerzékenységét csökkenteni a cement kémiai összetételével és megfelelő szemszerkezetének kialakításával. Az a kevés adat, ami e téren rendelkezésre áll, arra enged következtetni, hogy a nagy kezdőszilárdságú cementek szempontjából kívánatos kémiai változtatások és a vízerzékenységet csökkentő törekvések az S_M csökkentésével jól elégíthetők ki.

A vízerzékenység érintésével elérkeztünk a betonok v/c tényezőjéhez. Az, hogy a különböző szilárdulás-gyorsító anyagok feltűnő módon csökkentik a cementhabarcs viszkozitását, arra figyelmeztet, hogy a v/c tényező leSORÍTÁSA is döntő kérdése a nagy kezdőszilárdságú cementeknek. Ez azonban már betontechnológiai kérdés, melyet itt nem tárgyaltunk, *Csak arra kívánok rámutatni, hogy nincs az a nagy kezdőszilárdságú cement, amely elbírná a rossz betontechnológiát.*

A nagy kezdőszilárdságú cementek felhasználásával kapcsolatban felül kell vizsgálnunk az alkalmazott betontechnológiát, hogy az a maximális mértékben szolgálja-e a gyors szilárdulás elvét. A betonadalék szemszerkezete, a v/c tényező, a bedolgozás módja, a betonozás hőmérséklete, valamennyi döntő tényező, melyek közül bármelyik ha nem a legkedvezőbbben van megválasztva, ellene dolgozhat a gyors szilárdulásnak.

Összefoglalás

A nagy kezdőszilárdságú cementek előállításának lehetőségeit összefoglalva, szeretném röviden ismertetni azokat a kísérleteket, amelyeket ezen elvek szem előtt tartásával túlnyomórészt Tatabányán végeztünk. A kísérleteket Berde László vegyészmérnök végezte.

Először nézzük meg a tatabányai „600“-as portlandcement szilárdsági eredményeit.

A klinker kémiai összetétele:

Izzítási veszteség	0,69%	$S_M = 2,56$
Oldhatatlan	0,55%	
SiO ₂	21,59%	$A_M = 2,07$
Al ₂ O ₃	5,82%	$TT = 0,916$
Fe ₂ O ₃	2,81%	
CaO	66,26%	
MgO	2,01%	
SO ₃	0,40%	
	99,93%	

Laboratóriumi malomban különféle finomságúra megőrölve:

	Fajlagos felület 2356 cm ² /g					
	MNOSZ		Angol szabvány		DIN	
	Húzó szilárdság kg/cm ²	Nyomó szilárdság kg/cm ²	Húzó szilárdság kg/cm ²	Nyomó szilárdság kg/cm ²	Húzó szilárdság kg/cm ²	Nyomó szilárdság kg/cm ²
1 nap	11,0	133	—	—	6,0	19
2 nap	22,5	243	—	—	—	—
3 nap	29,0	305	22,48	123	14,0	75
7 nap	40,5	473	—	246	26,0	179
28 nap	45,0	609	—	—	66,0	291

	Fajlagos felület 2626 cm ² /g					
	MNOSZ		Angol szabvány		DIN	
	Húzó szilárdság kg/cm ²	Nyomó szilárdság kg/cm ²	Húzó szilárdság kg/cm ²	Nyomó szilárdság kg/cm ²	Húzó szilárdság kg/cm ²	Nyomó szilárdság kg/cm ²
1 nap	19,5	169	14,49	—	11,7	65
2 nap	26,5	282	—	—	—	—
3 nap	34,0	377	25,27	189	31,0	142
7 nap	41,0	517	—	311	50,0	237
28 nap	49,0	677	—	—	71,0	400

Ha ezt átlagos üzemi finomságnak vesszük, azt kell mondani, hogy cementünk messze elmarad a 425-ös cement előírásaitól, sőt a 7 napos nyomószilárdsági érték elmarad a 325-ös cement 150 kg/cm²-es előírásaitól.

Ezzel szemben cementünk mindenben eléri a BSS közönséges portlandcementre vonatkozó előírásait, sőt megközelíti a gyorsan szilárduló cement értékeit.

Az MNOSZ előírásait természetesen jelentékenyen felülmúlja.

Fajlagos felület 4115 cm ² /g						
1 nap	31,5	354	27,13	—	19,0	90
2 nap	40,5	531	—	—	—	—
3 nap	45,5	588	34,97	351	31,0	171
7 nap	48,5	657	—	514	60,0	287
28 nap	48,8	769	—	—	78,0	365

A fajlagos felület növekedésével tehát erősen növekszik az MNOSZ szerinti kezdőszilárdság és általában növekednek a szilárdsági értékek, javul a BSS szerinti szilárdság és keveset növekszik a DIN szerinti kezdőszilárdság (már eléri a 325-ös értékeit), de a 28 napos szilárdság nem növekszik.

A kémiai összetétel, az égetési idő és az őrlési finomság változtatásával, laboratóriumi körülmények között az alábbi eredményeket kapta Berde:

	1. sz.	2. sz.	3. sz.	4. sz.	5. sz.	6. sz.
Izz. vesz. ...	0,3	0,5	0,6	1,3	0,9	0,4
Oldhatatlan ..	—	0,2	0,3	3,8*	0,2	0,2
SiO ₂	20,1	20,0	19,5	17,0	18,7	19,8
Al ₂ O ₃	6,6	6,3	6,0	7,8	7,5	6,1
Fe ₂ O ₃	3,0	3,5	3,7	3,9	4,0	3,8
CaO	64,7	64,9	65,0	62,3	65,2	67,2
MgO	4,3	4,1	4,2	2,6	2,7	2,6
SO ₃	0,5	0,4	0,4	1,4	0,8	0,2
Szabad mész	—	—	—	1,1	1,2	—
Am	2,2	1,8	1,6	2,0	1,9	1,6
Sm	2,1	2,0	2,0	1,5	1,6	2,0
TT	0,93	0,95	0,98	0,99	0,98	1,0

* Valószínű szennyezve.

A cement jele	Hajlítószilárdság kg/cm ²				Nyomószilárdság				Égetési idő 1450°-on
	1	3	7	28	1	3	7	28	
	napos korban				napos korban				
1-es cement									
fajl. f. 3502 cm ² /g	22	49	67	79	70	214	251	478	
4417 cm ² /g	23	49	61	78	86	210	340	521	
2-es cement									
fajl. f. 5097 cm ² /g	26	55	69	85	92	318	407	484	1h
5098 cm ² /g	26	61	76	82	108	330	451	477	2h
3-as cement									
fajl. f. 4466 cm ² /g	29	53	74	77	98	280	426	394	1h
5054 cm ² /g	23	51	59	71	92	268	349	384	2h
4-es cement									
fajl. f. 5068 + 0,05% cm ² /g	47	73	81	94	207	353	494	539	
trietanolamin	55	71	77	78	238	402	480	456	
5-ös cement									
fajl. f. 3227 cm ² /g	13	35	46	67	57	153	222	341	
4389 cm ² /g	27	40	60	82	88	161	258	481	
5976 cm ² /g	28	55	68	77	100	261	369	448	
6-os cement									
fajl. f. 4466 + 0,05% cm ² /g	40	60	73	85	156	297	344	520	
trietanolamin	39	59	76	84	158	294	395	550	

A táblázat adataihoz nincs szükség sok magyarázatra. A táblázat elmondja, hogy a szokványos összetételű portlandcement nyersanyagokból még laboratóriumi égetés során is csak akkor tudjuk előállítani a 425-ös cementnek megfelelő nagy kezdőszilárdságú cementet, ha rendkívül finomra — 5000 cm²/g fajlagos felületre őröljük.

Feltűnő az alacsony kovasav tartalmú, alacsony szilikátmodulusú cement rendkívül nagy kezdőszilárdsága. A nagy őrlési finomságra azonban itt is szükség van.

A közepes szilikátmodulusú, de 1,00 telítettségi tényezőjű cement kezdőszilárdsága is jelentős és 4466 cm²/g fajlagos felület mellett is jóval felülmúlja a 425-ös cement egy napos nyomószilárdságát. A trietanolamin szilárdságnövelő szerepe nem jelentős. A végső következtetések megvonásához eljutva, azzal fejezem be előadásomat, hogy eddigi vizsgálataink még nem befejezettek, hanem csak irányelveket adnak arra, hogy miképpen lehet nagykezdőszilárdságú cementet gyártani. A feladat megfelelő összetételű és finomságú nyersanyaggal, jó égetéssel és a kész

cement igen finom őrlésével, — esetleg a hidratáció sebességét növelő anyagok mérsékelt adagolásával oldható meg. Reméljük, hogy az eddig végzett kísérletek alapján megindítandó nagyüzemi gyártás még közelebb visz bennünket a nagy kezdőszilárdságú cementek végleges technológiájának kidolgozásához.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- (1) *Wecke—Kaminsky*: Zement.
- (2) *Dr. H. Köhl*: Zementchemie.
- (3) *J. Dreyfus*: La chimie des ciments.
- (4) *Heilmann*: The influence of the fineness of cement raw mixis on their burnability.
- (5) *Toropov*:
- (6) *J. Grzymek*: Die Bedeutung der äusseren Gestalt der Alitkristalle für die Erzeugung von frühhochfesten Portlandzementen. Silikattechnik 1955. 7. sz.
- (7) *Dr. Verő József*: Metallográfia.
- (8) *Ersov L. O.*: Nagy kezdőszilárdságú portlandcement előállítása mineralizátoroknak a nyerskeverékbe történő adagolása útján. Cement, Moszkva, 1955. 4. sz.
- (9) *Lurye Ju. Sz.—Steyert N. P.—Ginzburg Iu. N.*: Nagy kezdőszilárdságú portlandcement előállítása a szemcseösszetétel szabályozásával. Cement, Moszkva, 1955. 3. sz.

A dunántúli bazaltbányászat fejlődésének közzetani adottságai

JUGOVICS LAJOS

A magyarországi útépitő kőbányászat súlypontja újabban teljesen az eruptív (vulkáni) kőzetek területére tolódott át, mert ezek a kőzetek jobb és tartósabb útépitőanyagok, mint az üledékes kőzetek. Tekintve, hogy az eruptív kőzetek között minőség és felhasználhatóság tekintetében a bazaltok vezetnek, ezek ma a legkeresettebb építőanyagok. Ennek tudható be, hogy a kőbányászat területén nálunk a bazaltbányászat vezet, hiszen Magyarország bazaltokban gazdagnak mondható. Bazaltjaink főtömege a Dunántúlon, főképpen a Balaton környékén található, sokkal kisebb kiterjedésűek az északi, nógrádmegyei bazaltelőfordulások.

Bazaltbányászatunk hosszú évtizedeken át az északi bazaltterületeken indult el az 1878—80-as években és itt fejlődött naggyá. Csak az első világháború utáni évtizedekben tolódott át a bazaltbányászat a Dunántúlra, a Balaton vidékére. Ami érthető is, mert az északi bazaltterületeink nagyobb része hazánk területéről lecsatolódott és a Somoskő—Salgótarján vidéki bazaltbányászat ennek következtében erősen visszamaradt.

Bazaltbányászatunk jelentősége állandóan emelkedik, ami annak tudható be, hogy a bazalt, ez a kiváló minőségű útépitőanyag, a beton és aszfalt-utak legkeresettebb adalékanyaga. Azonkívül az építőipar, a beton kiterjedtebb alkalmazásával kapcsolatban, mind nagyobb mértékben használja ezt a kőzetet. Újabb időben a bazaltnak ömlesztett alakban való alkalmazása is mindjobban terjed és a nagyobb iparral rendelkező országokban már komoly üzemek alakultak, annak folyékony alakban való feldolgozására: az „ömlesztett bazalt“ mind keresettebb, korszerű nyersanyag.

Dunántúlon bazalt-hegyeink legnagyobb tömegben a Balaton mentén, és annak tágabb környékén található, ahol a következő csoportokban tömörülnek:

1. Badacsony-csoportot a Tapolca körül fel-sorakozó bazaltkúpok alkotják.
2. Tátika-csoport bazalt-hegyei; Sümeg—Tapolca—Vindornyaszőlős között sorakoznak.
3. Kis Magyar Alföldön elszórtan található és különálló bazaltkúpok alkotják a dunántúli bazaltok legkisebb csoportját.
4. Bakonyi-bazaltok, Diszel—Ajka közötti hegyvidéken emelkednek.

A csatolt 1. sz. vázlatos térkép a dunántúli bazalt-hegyeink elterjedését érzékíti.

Ezek a hegyeken kialakult bazaltbányászat a következőképpen oszlik meg.

I. Badacsony-csoport bazaltbányászata, a Tapolcai medencében:

- | | |
|--------------------------------|---|
| 1. Badacsonytomaji bazaltbánya | } ezeket a kőbánya-üzemeket foglaljuk egybe a „balatonparti bazaltbányászat“ neve alatt |
| 2. Nemesgulácsi bazaltbánya | |
| 3. Tótihegyi bazaltbánya | |
| 4. Raposkai bazaltbánya | |
| 5. Zalahalápi bazaltbánya | |
| 6. Diszeli bazaltbánya | |

Ezekon kívül az Útfenntartó Vállalatok több kisebb kőfejtőben termelik a Tapolca-környéki bazalt-hegyek omlásait és suvadásait, így:

Badacsony-hegy oldalain, két kőfejtőben,

Csobánc hegy oldalán egy kőfejtőben,

Tóti-hegy DNy-i oldalán,

Halagos-hegy ÉK-i oldalán, a volt Lukács-féle bazaltbánya hányóját.

II. Tátika-csoport bazaltbányászata:

1. Sümegi bazaltbánya, Sarvaly hegyen.

2. Uzsai bazaltbánya, a Lázdetőn.

Ezekon kívül a Zalaegerszegi Útfenntartó Vállalat ebben a csoportban:

„Bazsi-i bazaltbányában“, a Csehi—Mellék

bazalt területén és a „Sümegprágai bazaltbányában“ a Prágahegy É-i végén termel.

III. Kisalföldi bazaltbányászat

1. Sághegyi bazaltbánya Celldömölk határában, (kimerülőben).

Az Útfenntartó Vállalatok e csoportban:

Kissitkei Hercseghegyen,

Kis-Somlyón termelnek bazaltot.

IV. Bakony és Balatonfelvidék bazaltbányászata:

1. Hegyestői bazaltbánya, Zánka határában, ahol az É. M. a Hegyestű formás bazaltkúpját termeli.

Útfenntartó Vállalat a Bondoróhegy K-i oldalán a „Kapolcsi bazaltbányában“ termel.

V. Hólyagos-lávás bazaltot a Dunántúlon:

1. Mindszentkállai Kopaszhegyen.

2. Monostorapáti Boncos-tetőn termelnek.

Áttekintve a dunántúli bazaltbányászat mai helyzetén, megállapítható, hogy a Badacsony-csoport a legjelentősebb. Hiszen Tapolca környékén négy korszerűen gépesített, tehát állandó jellegű, nagyobb bazaltbánya működik, sőt ezeken kívül az útfenntartó vállalatok 6 kisebb kőfejtőben termelnek. Érdekes megemlíteni, hogy a Dunántúlon az első bazaltbányát nem itt, hanem a Tátika-csoportban, a Sarvaly-hegyen nyitották 1896—98. években. De a bazaltbányászat erőteljesebb fejlődése mégis a Tapolca-környéki karsú bazaltkúpokon indult meg, amikor 1909-ben a budapest—tapolcai vasútvonalat megnyitották.

De éppen a Balaton zalai vasútvonalának a megnyitása adott lendületet a Balaton környéki furdóéletnek is, aminek váratlanul gyors kialakulása, egyben a turisztika komolyabb megindulását hozta magával. Annak arányában, ahogy a Badacsony, Szentgyörgy-hegyeken, illetve a többi bazaltkúpokon megindult a bazaltbányászat és kikezdte ezeket a pompás formájú vulkáni kúpokat, már felvetődtek a természetvédelmi kérdések is. A Földrajzi Társaság az 1900-as években indította meg a „Balaton tudományos tanulmányozása“ című nagyvonalú kutató mozgalmat, mely-



1. ábra. 1 : 200 000 térképen a dunántúli bazaltok és bazalttufák

nek nyomán kb. másfél évtizeden át igen komoly tudományos kutatások vizsgálják, boncolgatják e nagy tónak és tágabb környékének jelenségeit, természeti adottságait, múltját, és jelenét. E kutatások előrehaladása nyomán jelennek meg egymásután azok a világviszonylatban is elismert tudományos munkák, komoly vizsgálati eredmények, melyek következtében hatalmas méretekben bővül a Balaton természettudományi megismerése, nemcsak hazai, hanem világviszonylatban is.

Fokozatosan nemcsak a Balaton partján üdülő tömegek, hanem az egész magyar társadalom megkedveli, megszereti ennek a nagy tónak és környékének érdekes vidékét, csodálatos természeti viszonyait és ennek nyomán természetesen mind komolyabban hangzik fel a balatonparti bazaltvulkánok, de különösen a legjobban kikezdettd Badacsony hegy védelmének a követelése.

A sajtóban, a parlamentben, a különböző tudományos és társadalmi egyesületekben mind erélyesebben követelik, tárgyalják a „balatonparti bazaltvulkánokon“ megindult kőbányászat megszüntetését.

A tapolcai medence bazalt-hegyein a bazaltbányászat 1905-ben kezdődött, amikor Badacsony hegy K-i oldalán a „tomaji bányát“ nyitották. Ezt követi 1909-ben a hegy Ny-i oldalára telepített „tördemicei bánya“, majd 1911-ben a Szentgyörgy-hegyen megnyitott „raposkai bazaltbánya“. Jóval később telepítik a Gulács, majd a Tóti-hegyeken, tehát a Balaton partján emelkedő másik két bazaltkúpon meginduló bazaltbányákat.

Évtizedek során ezen kőbányák közül néhány leállt, de az utóbbi öt éves terv időszakában felmerülő hatalmas kőkereslet nyomán, azokban, vagy a környékükön ismét megindították a termelést, így pl. a Szentgyörgy-hegyen a raposkai

kasza hatalmas lávafolyásokból állott és ezek anyagából merevedett meg az a szürkeszínű és pados elválású bazalt, mely ennek a hegycsúcsnak főtömegét adja és amelyet mindkét bányában termelnek és keresnek. A vulkáni működés harmadik és befejező szakaszában ismét lávakitörések indultak meg. Ezeknek gázokban dús lávájából vörösés színű és hólyagos lávás szerkezetű bazalt-típus merevedett meg, mely a hegytetőn sapkaszerűen helyezkedik és az útépitő bazaltot termelő kőbányászat szempontjából meddő-kőzet. Ennek a bazalt-típusnak a vastagsága az egykori kráter, tölcsérszerű alakjának megfelelően a hegycsúcs belseje felé növekszik.

A badacsonyi bazaltbányászat e vulkáni kúp főtömegét adó szürkeszínű, tömörszövetű és mindig padosan elváló bazalttípusra alapozódik, mely elsőrendű zúzottkő, terméskő-anyag, sőt jól hasadó kőzet, így faragásra, tehát kockakő előállításra is kiválóan alkalmas.

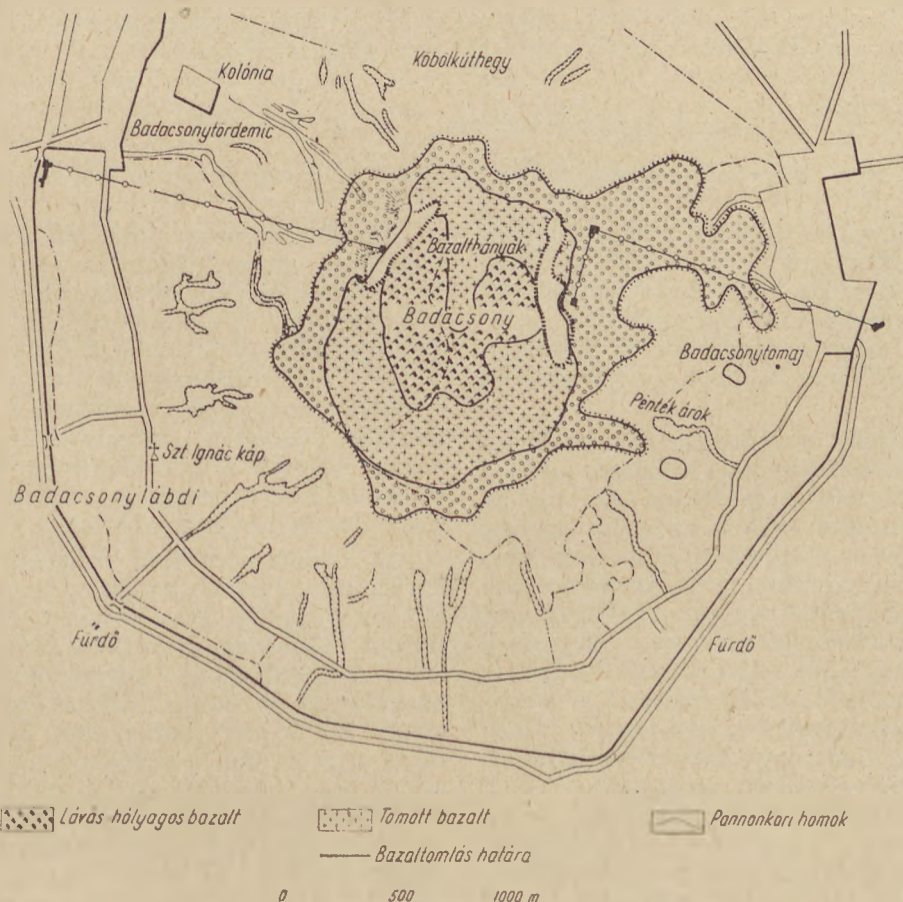
A legfelső hólyagos-lávás bazalttömegnek jelenléte és vastagsága döntő befolyással bír a badacsonyi bazaltbányászatra. Ugyanis a termeléssel befelé haladva ennek a vörösés hólyagos-lávás meddőnek a vastagsága növekszik. Az 1948—49. évi méréseim szerint már akkor 15—30 m között változott és a bányafalak felső részének nagyrésztét alkotta. A tömege az egykori kráter tölcsérszerű alakjának megfelelően a csatorna felé

növekszik. Tehát az előrehaladó bazaltbányászat folyamán ez a hólyagos bazaltmeddő fokozatosan vastagodik, végül is akkora vastagságot ér el, amely mellett normális, kifizető kőbányászat már nem folytatható (15. fénykép).

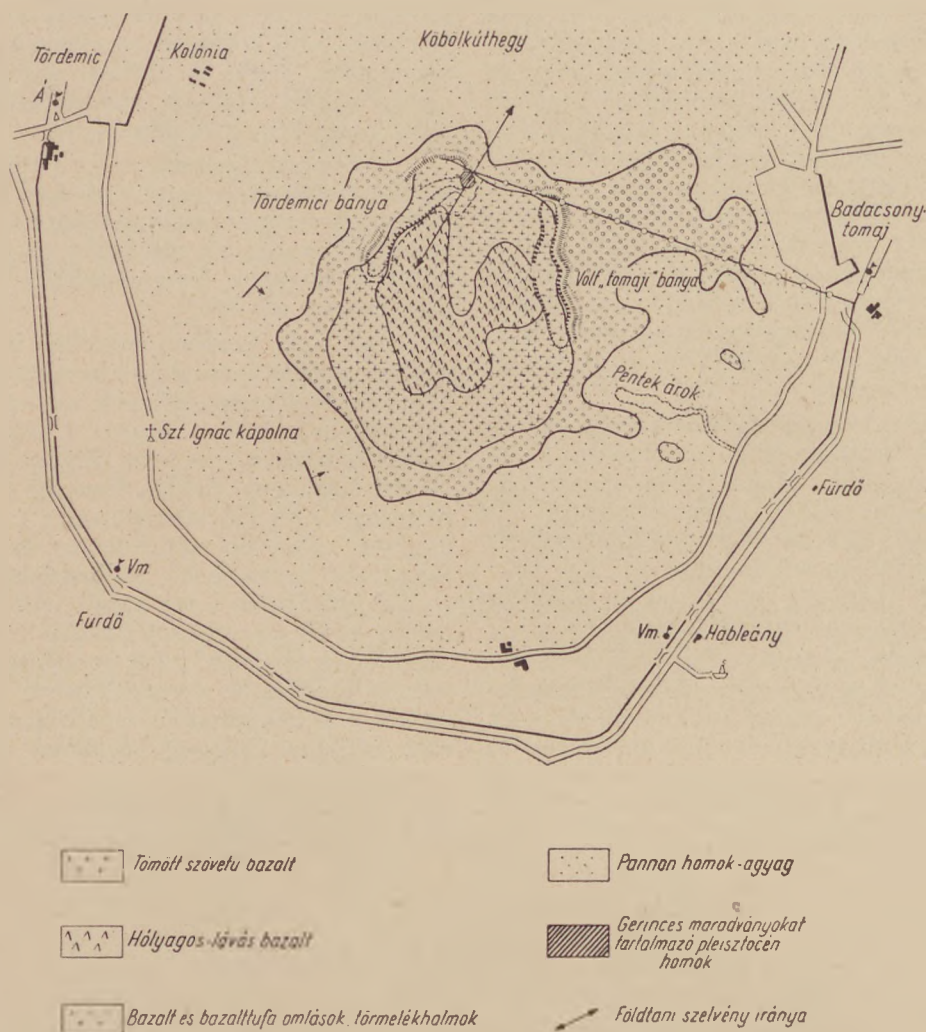
Badacsony hegy tetején ez a vörösés hólyagos-lávás bazalttípus a hegycsúcs felszínén 400 m-től fölfelé található és annak tetején két lapos kiemelkedést alkot, melyek közül az egyik a tomaji bánya fölött, a hegynek legmagasabb pontját a 438,9 m-es csúcsot alkotja.

1947—48. években mindkét badacsonyi bányában, a jó és használható bazaltanyagra települő hólyagos-lávás meddőrétegek vastagsága már annyira megnövekedett, hogy a termelést gazdaságilag szinte lehetetlenné tette. Kitént, hogy e bányák akkori telepítése mellett komoly és kifizető kőbányászat nem folytatható, mert a meddő-letakarás már vastagabb volt, mint az alatta települő és útépitésre használható jó bazaltkőzet. A badacsonyi bazaltbányászat sorsát illetőleg az akkori tulajdonosok e sorok íróját bízták meg a szükséges vizsgálatok elvégzésével és javaslatok kidolgozásával. A vizsgálatok végzése közben államosították ezeket a kőbányákat és a kidolgozott javaslatok csak ezután, 1949—50. években kerültek megvalósításra.

A vizsgálatok megállapították, hogy a badacsonyi bazaltbányászat sorsa, illetve e bányák



3. ábra. Badacsony geológiai térképe és bányáinak üzemi berendezése 1950. év előtti állapotban



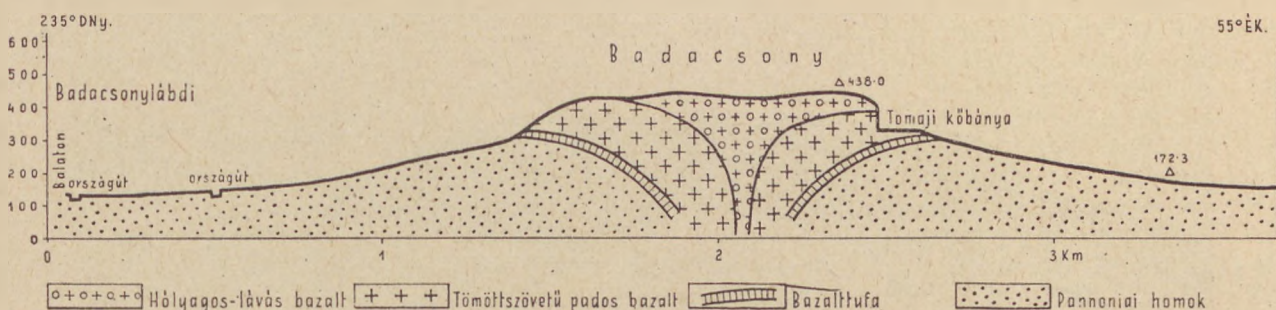
4. ábra. Badacsony geológiai térképe és bányáinak üzemi berendezése 1950 év után

működése és fejlesztése a fenti természeti adottságok következtében igen korlátolt. Kitűnt, hogy Badacsony hegyen a bazaltbányászat terjeszkedését nemcsak a természetvédelmi törvények korlátozzák, hanem maga a természet is határolja, éppen a különböző bazalttípusok megjelenése és települése által.

A fentiek alapján megállapítható, hogy Badacsony hegyen a bazaltbányászat rövidesen meg fog szünni, ezért helyette és pótlására más bazalt-hegyet kell felkutatni, ahová az egész üzemet áthelyezhetik. Ezt az áttelepítést akkor nem lehetett megvalósítani, egyrészt, mert az ötéves terv kivitele olyan nagymennyiségű bazalt építőanyagot követelt, hogy az áttelepítés alatt kieső termelésről nem lehetett lemondani. Másrészt az áttelepítés kérdése váratlanul érte a kőbányászatot és a pótlásra alkalmas bazaltterületet nem lehetett olyan hirtelen kijelölni. Ilyen nagy kapacitású kőbánya létesítésére alkalmas területet igen gondosan kell előzetesen megkutatni és megvizsgálni, amire hosszabb időre van szükség. De nem lehetett az áttelepítést fontos szociális és munkáskérdések megoldása nélkül megvalósítani. Mindezek alapján csak fokozatos megoldásról lehetett szó: először üzemátállítással, majd végleges áthelyezéssel.

Az első lépés az üzemátállítás lényegében a következő volt: a „tomaji bánya“ leáll, a termelés benne megszűnik és a kőbányászat teljes egészében áthelyeződik a hegycsúcsnak ÉNy-i, a Balaton felől nem látható oldalára, ahol a volt „tördemici-bánya“ kissé megnagyobbított területén folytatódik. Ennek a bányarésznek a területén kb. 900 000 köbméter jóminőségű bazalt maradt vissza, melynek kitermelhetősége céljából a volt tördemici bánya üregét a „Kőkapu“ irányában kissé meg kellett hosszabbítani.

A Természetvédelmi Tanács helyszíni szemlék és tárgyalások alapján szigorúan körülhatárolta és megjelölte azt a területet, melyen átmenetileg a badacsonyi bazaltbányászat még folytatható. A körülhatárolt hegyoldalon kitermelhető bazaltanyag, a bánya akkori kapacitását véve alapul kb. 6 évre, csökkentett kapacitás mellett több mint 8 évre elegendő volt. Viszont ezalatt az idő alatt lehetőség nyílik arra nézve, hogy a szomszédos Tátika-csoport nagyobb kiterjedésű és tömegű bazalt-hegyeinek valamelyikén még a badacsonyinál is nagyobb kapacitású és teljesen korszerű kőbánya alakítható ki, mely a „balatonparti bazaltbányák“ termelését minden tekintetben pótolni tudja.



5. ábra. Badacsony hegy geológiai szelvénye

A badacsonyi bazaltbányák üzemi átalakítása és az új szállítási berendezés 1950. évre befejeződött. A volt tördemici kőbánya 500 m hosszú szintjét észak felé meghosszabbították annyira, hogy az új bányáreg 100 m-re közelítheti meg a „Kőkapu” ismert szép sziklacsoportját. A kibővült, de nagyjából a volt tördemici kőbánya területén kialakult új bányáregben 312—350—375 m-es szinteken termelhetnek.

A badacsonyi bazaltbányák üzemi átalakításának első fontos és látható eredménye az volt, hogy a régi tördemici bányának, a Tördemici—Szigliget vasútállomás mellett működő zúzó-osztályozó és rakodó üzemét, valamint az ide levezető drótkötélpályát leszerelték, úgyhogy Badacsony hegynek ezen a Szigliget felé néző oldalán minden kőbányára emlékeztető berendezés megszűnt.

Az üzemátállításnak másik és legfontosabb eredménye volt az, hogy a tomaji bányában a termelés fokozatosan korlátozva lett, majd 1953-ban végleg megszűnt. A Badacsony hegy ÉNy-i oldalán termelő új kőbánya bazaltanyagát a régi drótkötélpálya átalakításával és kiegyenesítésével szállítják a Badacsonytomaj község határában, a Balaton partján települő régi zúzó és osztályozó üzembe.

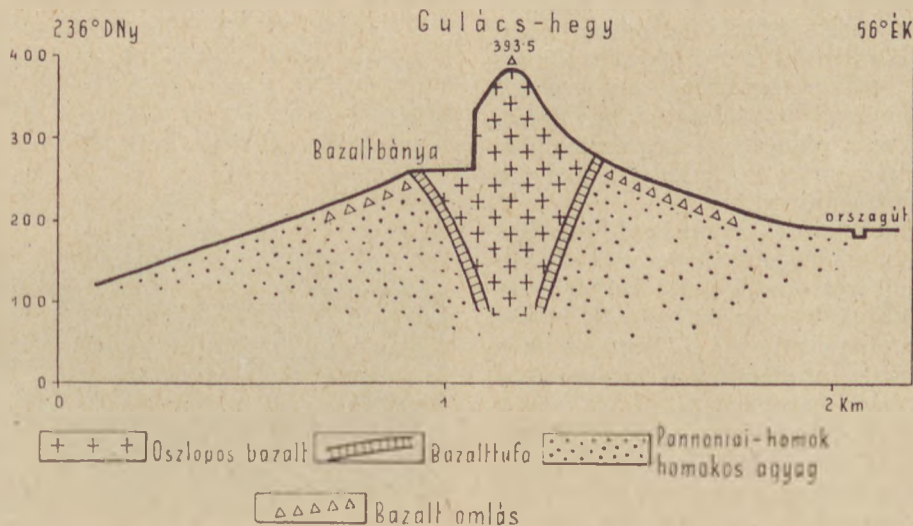
A csatolt földtani és üzemeltetési térképek a bazaltbányászat ezen fontos állomásait rögzítik: a 3. sz. térkép az 1950. év előtti állapotot tünteti fel, míg a 4. sz. térkép a Természetvédelmi

Tanács intézkedése nyomán megvalósult üzemi átalakítást, tehát a jelenlegi állapotot mutatja be.

A termelés az új bányában 312—350—375 m-es szinteken indult meg. A felső 375 m-es szint a lefedő szint volt, melynek anyagában csak kis százalékot tett ki a használható kőanyag, nagyobb része hányóra való meddő, melyet kezdetben a Kőkapu mellé raktak le. A Természetvédelmi Tanács ezt kifogásolta, azóta a vállalat siklóval és keskenyvágányú bányavasúttal átszállítja a Balaton felőli oldalra és leszórja a leállított bányába. Ezzel a módszerrel lassan befedi a sziklát és lehetővé teszi a fásítást, a régi bányászat nyomainak eltüntetését (9. fénykép).

Legújabb megfigyelés szerint a Badacsony ÉNy-i oldalán működő új bányának a kőanyaga gyorsan romlik és a meddő letakarás erősen vastagodik. Különösen a faragásra használható kőanyag csökken, amit az a tény is jellemez, hogy a megnyitást követő két év alatt a kőfaragók (ritzerek) száma 100-on felül emelkedett, és ma már csak 50 körül ingadozik. Pedig a badacsonyi bazaltbánya főerőssége éppen a magas százaléku kockakőgyártás volt, a kőbányászat ezért ragaszkodik e bányához. A meddő-letakarás pedig állandóan vastagodik, ma már meghaladja a 25 m-t.

A badacsonyi bánya termelése a Természetvédelmi Tanács engedélye alapján úgy horizontális, mint vertikális irányban csak megszábotott határok között mozoghat, csakis a volt törde-



6. ábra. Gulacs hegy geológiai szelvénye



7. fénykép. Badacsony hegy távlati fényképe

mici bányafal mentén visszamaradt bazaltanyagot termelhetik ki, ha ez megtörtént, akkor elérték a kijelölt határokat. A termelés a hegycsúcs belseje felé sem haladhat, mert akkor megbontja a mai bánya-homlokfalakat, ez pedig azt jelentené, hogy Badacsony hegy morfológiai viszonyait változtatja meg. A 10—11. fényképek ennek az új, északi bányának egyes részleteit ábrázolják és élénken bizonyítják, hogy Badacsony hegy ezen É-i oldalát is alaposan kikezdi a kőbányászat és ha az áttelepítés sürgősen meg nem történik, akkor helyrehozhatatlan sebeket ütnek a hegynék ezen az oldalán is. Pedig tudomásul kell venni mindenkinek, hogy a badacsonyi bazaltbányászat működése és fejlődése a fent jellemzett természeti adottságok következtében igen korlátolt. Viszont egész társadalmunk követelésének központjában a Badacsony és Gulács hegyek megóvása áll. Hiszen a Balaton partján hirtelen kiemelkedő 438,9 m magas csonkakúp alakú Badacsony hegy (8. fénykép) szorosan egybeforrott a balatoni tájkép fogalmával; a Balatont a Badacsony hegy nélkül el sem tudjuk képzelni és fordítva. E lapostetejű vulkáni kúp, mint világító torony uralkodik e nagy tó tündöklő síkja felett. Badacsony bazalt kúpja nem is közönséges hegy, mert ennek történelmi múltja, kedves regevilága, aranyos költészete, tehát nemzeti jelentősége van. Bortermelése világhírű és e tekintetben még fontos hivatása van és lesz gazdasági életünkben, a Balatonfelvidék felvirágoztatásában.

Badacsony és a körülötte emelkedő Szigliget, (Gulács (9. fénykép), Tóti-hegyek bazalt és bazalt-tufakúpjai gyöngyszemei e tóparti vulkánvidéknek. Formás alakjuk és elhelyezkedésük hatása, harmonikus összhangban van e nagy tónak érdekes jelenségeivel és csodálatos színpompájával. A badacsonyi, gulácsi bazaltbányászat máris megsértése e tóparti vulkánvidék csodálatos egységének, hiszen e hegyek oldalába mélyülő kőfejtők üregei mintegy belerikoltanak e pompás természeti kép nagyszerű szimfóniájába.

Badacsony hegy északi oldalán kialakított új

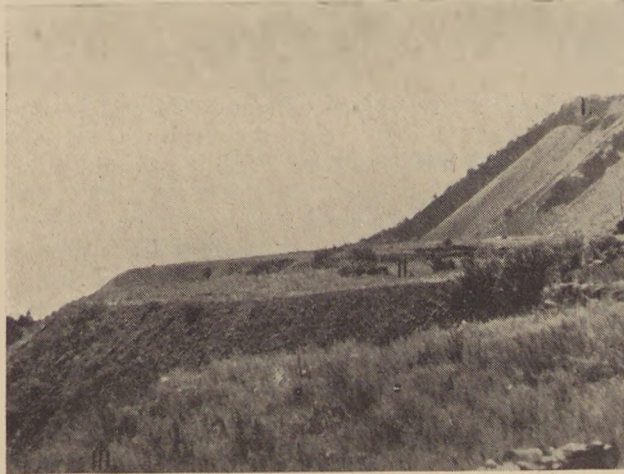
bányaüregeket lefelé is bővítették, ezáltal természetesen bővültek a hegy oldalait megbontó sebhelyek is. Az itteni kőtermelés kivitelezésénél a kőbányászat nem teljesítette e sorok írójának azt a javaslatát, hogy a tördemici régi bányafalak mentén elfekvő és kitermelésre kerülő, mintegy 35 m vastag bazaltréteget az ún. *tölcséres termeléssel* bányásszák ki. E javaslatnak az volt a célja, hogy Badacsony ezen északi oldalán ne változzanak a régi és csak 350 m magasságig terjedő bányaüregek és azok alatt megnyugodott és már fásításra alkalmas régi hányók, melyeket már fásítással elkendőzhetek volna. Nem szólva arról, hogy a töleséres termelés olcsóbb lett volna, hiszen e hányók mögött települő bazalttömeg kitermeléséért nem kellett volna három helyen is újabb és 312 m-ig lehúzódó bevágásokat nyitni a hegyoldalban, ahogy ez most történt, hanem három táro-bejáráson kihordhatták volna a kitermelt bazaltot. Most a tördemici hegyoldaltól 400—312 m-ig lehúzódó bányaüregek bontják meg és ezek alatt újabb hányók keletkeznek, melyek kb. 295 m-ig lehúzódhatnak.



8. fénykép. Gulács hegy távlati fényképe

A badacsonyi bánya sorsában az első lépés, az üzem átállítása tulajdonképpen már 1950-ben megtörtént, de a tomaji bánya feladása csak vonatottan haladt, mert még egy-két évig ebből a bányarészből kockakőfaragásra alkalmas kőanyagot termeltek ki. Végre 1953-ban megszűnt ott a termelés, de a bányaüreg még ma is, 1956-ban érintetlenül ott tátong, mint a 9. fénykép mutatja és ebben a Balaton felől is jól látható bányaüregben nem indult meg az erdősítés, amiért már az erdészet felelős.

A badacsonyi bazaltbánya további sorsában azonban már meg kell indítani a második lépést, a kőbánya áttelepítését. Nem elégséges, ha megjelöljük, hogy a Tátika-csoport bazalthegeyi közül melyiken kívánjuk az új kőbányát telepíteni!



9. fénykép. „Badacsonytomaji” felhagyott bányaüreg

Szükséges ezeknek a kőterületeknek a részletes, további megkutatása is. Hiszen ha a szükséges bányakutatások megtörténtek, következhet csak az előzetes és részletes tervek kidolgozása és csak ezután a megvalósítás: a bányaüzem megépítése; mindez legalább négy évet vesz igénybe.

A badacsonyi bánya áttelepítésének kérdését még nehezebbé teszi az a tény, hogy vele együtt kell a szomszédos Gulács hegyi bazaltbányát is áthelyezni. Gulács hegyen a természetrombolás még súlyosabb hatású és a karsú vulkáni kúpon a pusztulás még végzetesebb. De az üzemáttelepítést a kőviszonyok még nagyobb fokú rosszabbodása is sürgeti, mint az alábbi jellemzésből kitűnik.

Gulács hegyi bazaltbányászat

A balatonparti bazaltbányászat másik termelő kőbányája a „Nemesgulácsi bazaltbánya”, mely a Gulács hegy Ny-i oldalát bontotta meg. Szerencsének mondható, hogy e finomformájú bazaltkúpoknak főleg a Ny—ÉNy-i oldalain termelnek, így a bányaüregek sebhelyei a tó felől csak kis részen láthatók.

Szerencsének mondható még az is, hogy a már 1904 óta elindult és sok változáson, gazdaszerén átesett kőbányászat egészen 1944. évig nem jutott el a bazaltkúp szálaban álló sziklatömegéhez,

hanem csak azokat a hatalmas bazaltomlásokat termelte, melyek a meredekfalú vulkáni kúp tövében, átlag 210—250 m magassági közökben halmozódtak fel és azt gallérszerűen veszik körül (8. fénykép). A „Zalamegyei Bazaltbánya R. T., mely Gulács hegy Ny-i oldalán termel, csak 1944. évben, a IV. sz. bánya üregében jutott el a csúcs szálaban álló, oszlopos kifejlődésű bazalttömegéhez. A háború utáni felfokozott termelés azután hatalmas üregeket vágott a bazaltkúp oldalába és azokban annyira előrehaladt, hogy az így keletkezett

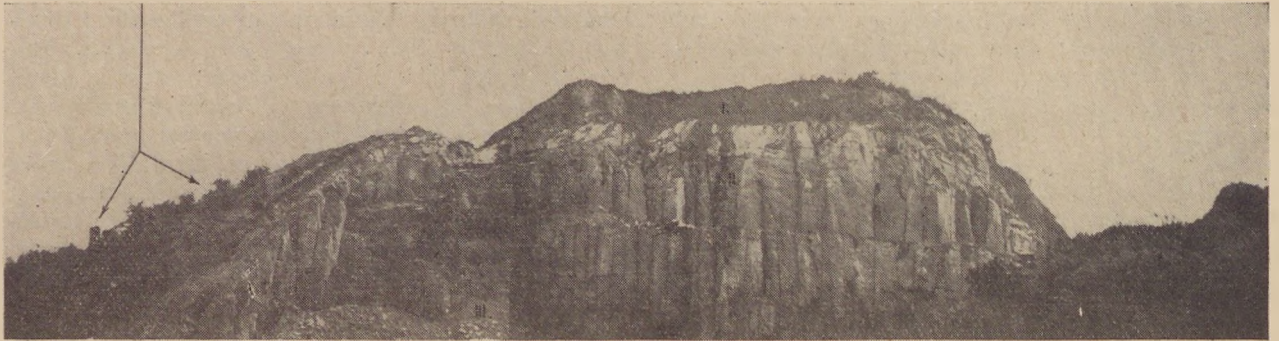


bányaüreg homlokfala már 45 m-re közelítette meg Gulácshegy 393,5 m-es csúcsát. A kőbányászat vezetői félve a csúcs lepusztulásától, belátva, hogy e finomformájú bazaltkúp, a Balatonvidék egyik legszebb ékessége, nem pusztulhat el, két év előtt a csúcs bányászatát leállították, most már csak annak tövében az omlásokat hordják és termelik.

Gulács hegyen, a régebben működött kisebb kőfejtők közül a Weltler—Fürst-féle „Csúcshegyi Bazaltbánya R. T.” okozta, a vulkáni kúp DNy-i oldalán, a legsúlyosabb és helyrehozhatatlan sebhelyet, mert ez a bányaüreg a Balaton felől is jól és messzire látható. Ez a kőbánya 1930—36. években működött és már a csúcs bazaltját termelte. Egyébként kőbányászatilag szinte érthetetlen, hogy a Balatonkörnyék ezen a legkarsúbb bazaltkúpján milyen mozgalmas és változatos kőbányászat folyt, annak dacára, hogy a vasútvonaltól is távolabb feküdt. Így 1924—25. években a kúp Ny-i oldalán a „Kondor és Feledi Kőbánya és Útépítő R. T.” indítja meg a kőbányászatot, mely 1927-ben, mint „Nemesgulácsi Bazaltbánya R. T.”, majd 1929-ben a „Zalamegyei Bazaltbánya R. T.” címén, egészen az államosításig termeltek és termelnek még ma is.

A Nemesgulácsi Bazaltbánya települését, fejlődésének egyes szakaszait a 6. sz. földtani szelvény ábrázolja. A földtani szelvény jól mutatja a kőbányászat eddigi munkáját és várható pusztításait, ha annak határt nemszabnak. A nemesgulácsi bazaltbánya 1955. évtől kezdve már nem termeli Gulács hegy kúpjának szálaban álló osz-

Kőkapu



10. fénykép. Az új kőbánya északi „Kőkapu” jelöli része

losos bazaltját, a kőbányászat vezetői elfogadták a Földtani Intézetnek azt a javaslatát, hogy a csúcs tövében felhalmozott omlástömegeket is csak 250 m magasságig termelik, nehogy a karcsú bazaltkúp egyensúlyát veszélyeztessék.

Ebben a bazaltkúpot körülvevő omlásvonalban változó nagyságú bazaltdarabok, összefüggésben álló oszlopos tömegek keverednek a pannonkorú feküregtegek homokjával, aminek következtében ezek az alsó bányáüregek inkább homok, mint bazaltbányának látszanak. A homokrétegek közé csúszott bazaltdarabok helyzete rendszertelen, mennyiségük és tömegük kiszámíthatatlan, feltárásuk véletlen. Ellenben a bazalt kitermelése könnyű, mert a megrogyott és összetartásban meglazult oszlopos bazalttömegeket már vasrúddal és csákánnyal szétbonthatják, ami annál könnyebb, mert ennek a bazaltnak az oszlopos elválás mellett rejtett, réteges elválása is van. Gulács hegy ezen omlástömegeit a kúp É-i oldalán két szintben 244 m magasságban az ún. *Fenyő-bánya* és 212 m-es szinten az ún. *Lovas-bánya* udvarában termelik.

A termelés most fokozatosan csak az alsó Lovas-bányára korlátozódik és ezen keresztül hordják le a felső szintekben még található omlás-

tömegeket (12. fénykép). A csúcs oszlopos bazaltjának termelését, a Rókalyuk bányáüregben felhagyták, azt meddővel töltik meg. A nemesgulácsi bazaltbánya e helyen kb. két év alatt kénytelen lesz termelését beszüntetni, ezért az áttelepítés kérdése nemcsak elengedhetetlen, hanem sürgős is. A kőbányászat szakemberei előtt a nemesgulácsi bazaltbányát illetőleg egyelőre két terv tartja magát. Egyik elgondolás szerint ennek a bányának üzemét a Haláphegy Ny-i oldalára telepítenék át, tehát a zalahalápi bazaltbánya üzemével egyesítenék. A másik terv szerint a badacsonytomaji bánya üzemével együttesen telepítenék át a Tátika csoport valamelyik, alább ismertetett bazalthegyére. Ezek az elgondolások sajnos még az előtervezések állapotába sem jutottak el.

Tapolcai medence többi bazaltbányái

A Tapolca környékén felsorakozó 14 vulkáni kúp a : Badacsony-bazaltsorozat épségben, legalább mai állapotában való maradását, várja és számoltartja az egész tudományos világ. A kőbányászat által okozott sebeket, a nagy bányáüregeket az erdészetnek kell gondos kezeléssel el-



11. fénykép. Az új, északnyugati kőbánya középrésze



12. fénykép. Gulács hegy ÉNy-i oldalát termelő „Fenyőbánya”. B = bazalt, H = pannonkoru homok.

takargatni, a morfológiai hiányokat csökkenteni. A Tapolca-környéki bazaltkúpok közül kettőt, a Zalahaláp község fölött emelkedő *Haláphegyet* és a Diszel fölötti *Halagos-hegyet* át kell engedni az évtizedes kőbányászat folytatására. Ez annál könnyebben megtörténhet, mert ezek a bazalt-hegyek messze kb. 15 km-re emelkednek a Balatontól, így ezek a kőbányüzemek már nem tagjai a „Balatonparti bazaltbányászatnak”. Haláphegy már a Bakony hegység dolomit és mészkőgerinceivel határos és ennek a bazaltcsúcsnak a kibányászása után, a mai 361 m-es csonkakúpból kb. 290 m-es lapos hegygerinc marad vissza, mely morfológiailag jól beleillik a háttérre alkotó Bakonyhegység vonulatai közé. A Diszel község fölötti *Halagos hegy* inkább lapos vulkáni takaró, mint kúp, mely a Csobánc hegy pompás bazaltkúpja mögött, már a Balatonfelvidék hegykoszorújába tartozik. Ha Halagoshegy tetejéből a kőbányászat kb. 40 m vastag réteget letermel, ez alig észrevehető hiányt fog jelenteni annak morfológiájában.

A balatonparti bazaltbányászat végleges felszámolása után Tapolca környékén csak ez a két gépesített bazaltbánya: zalahalápi és a diszeli bazaltbányák működhetnek. Viszont meg kell állapítani, hogy a bazalt az ország legjobb útépítő-építő kőzete, sőt a technika legújabb haladása nyomán, mint „ömlesztett bazalt” már értékes ipari nyersanyag is, mely érceket és fémeket pótol, tehát fejlődő gazdasági életünk szempontjából nélkülözhetetlen. Amikor tehát a nemzet jogos követelése következtében természetvédelmi okokból ezeknek az évtizedes és nagy kapacitással működő kőbányáknak a leépítését, illetve más területre való áttelepítését követeljük, a szakembereknek meg kell jelölni azokat a bazaltelőfordulásokat, melyek minőség és mennyiség tekintetében alkalmasak arra, hogy rajtuk új bazaltbányák létesülhessenek. Viszont a kőbányaipari tervezőknek és szakembereknek kell azután a műszaki kivitelezés lehetőségeit megtalálni, me-

lyek a két balatonparti bazaltbánya együttes pótlására és kialakítására szükségesek.

A fenti jellemzésből önként következik az a megállapítás, hogy a Dunántúli bazaltbányászat fejlesztésének egyik legfőbb feladata, ma az, hogy a „Balatonparti bazaltbányászatot” felszámolja és áttelepítse. Ezeknek a kérdéseknek a megvalósítása tekintetében sajnos csak gyenge kezdésről számolhatunk be, hiszen a badacsonyi megindulást: a tomaji és tördemici bányák egyesítését további lépések nem követték, tehát Badacsony-hegy, Gulács hegy veszedelme nem szűnt meg.

A következőkben a Dunántúl, közelebről a Balatonmellék azon bazaltelőfordulásait próbálom felsorakoztatni és jellemezni, ahol a balatonparti bazaltbányák kőminőségben és tömegben megfelelő pótlást találhatnak, különös tekintettel a kőszállítás kérdésére, mely a kőbányászat, illetve útépítés szempontjából elsőrendű fontos-ságú tényező.

A Balatonmellék bazaltban gazdagnak mondható, de hiányos vasúthálózatunk mellett nem könnyű a megfelelő szállítási lehetőségeket megtalálni, pedig ennek hiányában a legjobb minőségű és még olyan nagymennyiségű bazaltelőfordulás is használhatatlan, azon kőbányászat nem alakulhat ki.

Mint az 1—2. sz. vázlatos térképeken megfigyelhető, a „Balatonparti bazaltbányászat” áttelepítése szempontjából jelenleg csak a tapolcai medencétől Ny-ra elterülő *Tátika-csoport bazalt-hegyeire* gondolhatunk, ahol minőségre hasonló és tömegre sokszorosan gazdagabb bazalttömegek találhatók, és különösen kiemelendő, hogy hasonló szállítási viszonyok mellett.

Az áttelepítés szempontjából még egy másik lehetőség is adódik, ahol azonos minőség mellett, mennyiség tekintetében még nagyobb bazalttömegek találhatók: a *Bakony-hegység* nagyki-terjedésű bazalt-hegyei. Azonban ezeknek a bazaltoknak a gyakorlati felhasználásához egyetlen alapfeltétel kellene és az hiányzik: a kb. 55 km-es

vasútvonal kiépítése Tapolca és Veszprém között. Ez a vasútvonal elsősorban a Dunántúl gazdasági életének fejlődése szempontjából bírna óriási jelentőséggel, egyben a Tapolca környéki és bakonyi bazaltbányák kőanyag részére Budapest felé, ez lenne a legrövidebb és közvetlenebb szállítási irány.

Tátika-bazaltcsoport

A tapolcai medence közvetlen szomszédságában, attól ÉNy-ra elterülő Zalaszántó Zsidi (Vár-völgyi) medencében, annak északi és keleti oldalán sorakoznak egymás mellett az alább felsorolt bazalthegyek, melyek együttese mint Tátika-csoport ismeretes (2. sz. térkép).

1. Kovácsi-hegyek, részei: Várott—Szántó-hegyek és a Rózsaberek.
2. Csehimellék-hegy bazalttakarója.
3. Hermántó gerince és a Bazsi-erdő, Bercehát bazalttakarói.
4. Tátika—Farkas-hegyek bazaltgerince.
5. Prága—Sarvaly-hegyek.
6. Sebike-tető } vulkáni takarói.
7. Láztető }
8. Fertős (Förtés)-hegy bazaltgerince.

Ezek a bazalthegyek a Sümeg—Vindornyaszőllős—Lesencetomaj községeket összekötő vonalak közötti területet foglalják el. *Morfológiailag* többnyire siktetejű takarók, vagy gerincek, melyek *szerkezete és felépítése* meglehetősen egyöntetű. A bazaltokat létrehozó vulkáni működés a medencét kitöltő pannóniai korú homoktérzínen folyt le, tehát mindegyik bazalttömeg fekszik: homok és agyag.

A Tátika-csoport bazalthegyeinek kőanyagát, minőség és mennyiség szempontjából összehasonlítva a tapolcai medencében felsorakozó bazaltelőfordulásokkal, megállapíthatók:

Tátika-csoportban a tapolcai medence karcsú és aránylag kistömegű bazaltkúpjaival szemben több nagykiterjedésű bazalttakaró és nagyvastagságú bazaltgerinc sorakozik egymás közelében. Az itt található bazalttartalék évszázados anyag-alapot nyújt az út és vasútépítő iparnak, sőt igen komoly anyag-alapot jelent az ömlesztett bazalt ezután remélhető és felfejlődő iparának is.

Az itt található bazalttömegek jelentékeny része, már a mostani vasútviszonyok mellett is kedvező településű, tehát a kőszállítás a tapolcai-medence jelenlegi szállítási viszonyaihoz hasonló.

Tátika-csoport bazalthegyeinek termelése — a Tátika várrommal koronázott kúpjának kivételével, — nem esik a természetvédelmi törvények kifogásai alá.

Tátika-csoport bazalthegyeinek anyaga jó minőségű egészséges kőzet, éppúgy faraghatók, mint a tapolcai medence bazaltjai, viszont tömegük azoknak sokszorososa.

Tátika-csoportban a *meddő-letakarás* kérdése is igen kedvező. A humuszon kívül csupán homok, esetleg lösz vékony rétege takarja ezeket a bazaltokat. A tömörszövetű bazalt többnyire a hegytetőig felhúzódik és hólyagos-lávás szerkezetű bazalttípus csupán a Láztetőn található.

Tátika-csoport bazaltbányászata

A Dunántúl ezen legnyugatibb bazaltterületét két oldalról közelíti meg vasútvonal:

1. A tapolca—sümegei vasútvonal, mely e bazaltterület keleti oldalán húzódik, és a Lesencepatak völgye fölött emelkedő Sarvaly—Sebike—Láztető—Fertős-hegyek bazaltgerinceit és takaróit átlag 2 km-re közelíti meg.

2. Nyugat felől, a Vindornyaszőllős község fölött emelkedő Kovácsi-hegy nagykiterjedésű bazalttakarójától, a balatonszentgyörgy—túrjei vasútvonal átlag 5 km-re húzódik és azt a Zalaszentlászló és Udvarnok községek között közelíti meg.

A dunántúli bazaltbányászat ebből a bazaltcsoportból indult el 1897—98. években, amikor a Sarvaly-hegyen a „Sümegei-bazaltbányát“ megnyitották. Ez a kisebb bazaltbánya, amely már 58 éve állandóan működik és most átépítés előtt áll, új gépi berendezésével még sok évtizedeken át fogja szolgálni a magyar útépítés ügyét. A sümegei bazaltbánya megnyitása után, ebben a bazaltcsoportban, állandó jellegű bazaltbánya egészen 1951. évig nem létesült. 1951. július 15-én nyitották meg ünnepélyesen az „Uzsai-bazaltbányát“, a Láztető oldalában. Hazánkban ez a legkorszerűbben kialakított és legnagyobb bazaltbánya, mely zavartalan működésével már egy év alatt elérte, sőt túlszárnyalta a tervezett napi 300 vagonos termelést. Ez a kőbánya tulajdonképpen a Cellődömlök melletti „Sághegyi bazaltbánya“ pótlására és utódként létesült, tehát a Tátika-csoportba áttelepített bazaltbányák sorát ez nyitotta meg. Az uzsai bazaltbánya kedvező üzemmenete nagy hatással van annak a bizalomnak a kialakítására, mely a dunántúli bazaltbányászat jövője szempontjából ma uralkodik.

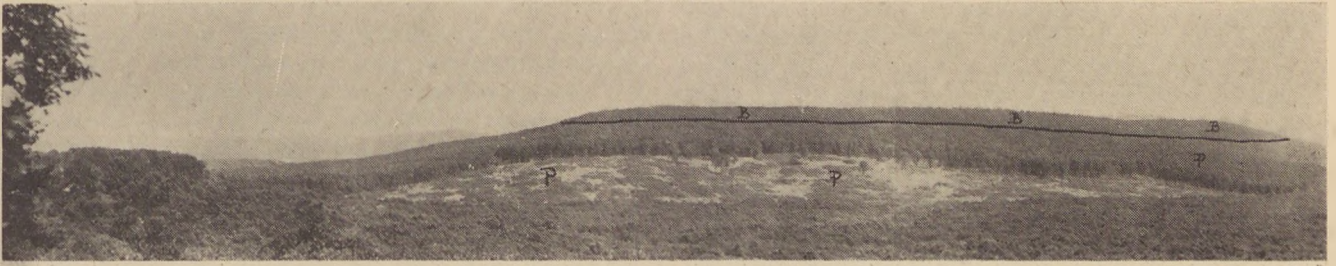
A Tátika-csoportban ezen két gépesített és állandó jellegű bazaltbányán kívül még két kisebb bazaltbánya is működik és mindkettőben a Zalaegerszegi Útfenntartó Vállalat termeltet.

1. A „Bazsi bazaltbánya“, hasonló nevű község határában kb. már 1904. évben indult meg. A „Bazsi-erdő“ kis bazalttakarójának kőanyagát termelik. A mindenkori államépítészeti hivatalok ebből a kőbányából szállították a környékbeli útjavításhoz és útfenntartáshoz szükséges kőanyagot.

2. A „Sümegeprágai-bazaltbánya“, a Prága-hegy É-i végén 1950 óta működik.

Mindkét bazaltbánya mozgó törökkel dolgozik, zúzottkővet termel, melyet teherautókon szállít Sümeg, vagy a Sümegei bazaltbánya MÁV állomásokra, illetve a környéken folyó útépítés színhelyeire.

Mint látható Tátika-csoport bazaltbányászata, a felszázados szerény kezdet után, nagy lendülettel folytatódott az uzsai bazaltbánya kialakításában. Az uzsai bánya példája bebizonyította, hogy a Tátika-csoport bazalthegyeire támaszkodva a „balatonparti bazaltbányászat“ áttelepítése könnyen és jól megoldható. Sőt a bazaltbányászat ezeken a bazalthegyeken olyan magas-



13. fénykép. Szebike vulkáni takarójának távlati képe nyugatról. B = bazalt, P = pannonkorú homok.

latra fejleszthető fel, amilyen a Badacsonyi csoport karsú és aránylag kistömegű bazaltkúpjain sohasem lenne megvalósítható.

A Tátika-csoport áttelepítésre alkalmas bazaltterületei

Vizsgáljuk meg ezeketán, hogy a badacsonyi és nemesgulácsi bazaltbányák áttelepítése és kialakítása a Tátika-csoportban hol és hogyan lenne megvalósítható? Elfogadva azt az elgondolást, hogy mindkét bazaltbányát együtt, csak egy nagykapacitású kőbánya fogja pótolni.

Már az uzsai bazaltbánya kialakításakor felmerültek a „balatonparti bazaltbányák“ fokozatos áttelepítésének a kérdései is. Az előzetes földtani felvételek és közettani vizsgálatok alapján a figyelem ennek szomszédságában emelkedő Szebike nagykiterjedésű bazalttakarójára terelődött. Az uzsai bazaltbánya kedvező feltárásai nyomán a jóval nagyobb felszíni kiterjedésű Szebikén is hasonló vastagságú bazalttakaró jelenlétét vártuk. A kőbányászat régi, nagy tapasztalatú szakemberei és a hivatalos kőbányászat vezetői egyaránt szívesen fogadták ezt a nagyvonalú tervet, aminek megvalósulása esetén itt, a Lesence patak völgyében kb. 9 km távolságban — három bazaltbánya összermelése naponta átlag 700 vagon lehetne, ami azt jelentené, hogy itt alakulhatna ki Magyarország legnagyobb kőbányai központja. Az itteni korszerű és teljes gépesítéssel termelő bazaltbányák nemcsak kapacitásában, hanem a termelés olcsóbbá tételében is nagy eredményeket érhetnének el, mert hatalmas technikai és gazdasági előnyöket jelent többek között pl. az is, hogy ezek az egymás közelében telepített üzemek egyhelyen, az uzsai kőbánya gépműhelyében javíthatják szerszám és gépi berendezéseiket. A három egymás melletti bányai egység kezelés mellett, a termelés és szállítás összehangolása, a kőanyag szétosztása és még sok más központosítható berendezkedés által valóságos kőbányai központtá alakulhatna. Mindezeket kívül az uzsai korszerű lakótelep, fokozatos bővítése nyomán, ideális fekvésű és elrendezésű kőbányászati központ alakulhat itt ki.

Szebike bazalttakarója

Szebike vulkáni takarójának megkutatása a következőket eredményezte.

Szebike a Tátika-csoport második nagyterjedésű bazalttakarója, mely a Lesence-patak

É—D-i irányú völgye mentén, a Lázterő és a Prágahegyek között terül el. A takaró kiterjedése 2 285 000 négyzetméter, melyből 1,8 millió kiterjedésű részt kimutathatóan bazalt takar, melynek felszíne 340—363 m között ingadozik (13. fénykép).

Szebike vulkáni takaró K-i és DK-i peremén telepített mélyfúrásokban a bazalt vastagsága 8—19 m között ingadozik. Sajnos a takaró középrészén és a Ny-i felében mélykutatók nincsenek, pedig az itteni felszíni kutatások alapján a bazalttréteg vastagsága helyenként eléri a 30—40 m-t is, ami arra bizonyíték, hogy a takaróban a bazalttréteg vastagsága erősen változik. A takaró további teljes mélyfúrásos megkutatására nem volt fedezet, így az itt található bazalttömeg megállapítására csupán ezen K-i és DK-i peremi fúrások eredményeit lehetett felhasználni. Ezek alapján a szebikei vulkáni takaróban 13 m átlagos bazaltvastagság mellett 24 millió tömött köbméter friss és teljes egészében ki is termelhető bazalt található.

Szebike vulkáni takaróját csak lávafolyások építették fel és abban kétféle bazalttípus alakult ki. A lavakitörések két szakaszban folytak le. Az első kisebb tömegű lávafolyások, az egykori tektonikai törésvonalak mentén törtek a felszínre és ezek anyagából feketeszínű, oszlopos elválású bazalt merevedett meg. Ez a fekete bazalt nemcsak a takaró aljában, hanem helyenként annak felszínén is megtalálható kisebb foltokban, vagy csúcsokban.

A vulkáni működés második szakaszában feltörő és sokkal hatalmasabb lávafolyások anyagából viszont a szürkeshínű és mindig rétegespados elválású bazalttípus merevedett meg. Ezek az újabb lávafolyások Szebikének egykori, egész térszínén szétömlöttek, úgyhogy ma is annak egész felszínét alkotják. Csupán helyenként emelkednek ki ebből a szürke bazalttakaróból az első kitörések fekete bazaltfoltjai, lapos csúcsai.

A szebike vulkáni takaró feltárásaiból megállapítható, hogy mindkét bazalttípus, — természetesen külön, külön, — színre, szövetre, ásványos összetételre, valamint külső megjelenésre is, az egész takarón, úgy horizontális, mint vertikális irányban, egyenletes kifejlődésű. Mindkét bazalttípus egészséges, friss és tömörszövetű kőzet, melynek tömegében a hólyagos-lávás szerkezetű típus seholsem található.

A szebikei bazalttípusokon végzett mechanikai laboratóriumi vizsgálatok és egyéb kutatások, illetve megfigyelések alapján megállapítást

nyert, hogy mindkét bazalttípus elsőrendű út-építő-anyag, kiválóan alkalmasak zúzottkő-terméskő előállítására, sőt a réteges-pados elválású szürke bazalt hasad, így faragásra is alkalmas bazalt.

A szebikei vulkáni takaró kétféle bazalttípusát a következő vizsgálati eredmények jellemzik.

1. A szürke-pados bazalt vonatkozó értékszámai:

Fajsúly	2,872
Térfogatsúlya	2,73
Vízfelvétele	0,20 súly%
Aszfalt tapadása	75%-os

Nyomószilárdsági vizsgálatok is történtek, a budapesti műszaki egyetem ásvány-földtani intézetében, de a kapott értékek nem megbízhatók, új vizsgálatok szükségesek.

2. Feketeszinű, oszlopos bazalt vonatkozó értékszámai:

Fajsúly	2,886
Térfogatsúlya	2,77
Vízfelvétele	0,16 súly%
Stübel f. jósági értékszám	80—100
Aszfalttapadás	50%-os

Nyomószilárdsági vizsgálat megtörtént, ugyanott, de a kapott értékek nem megbízhatók, új vizsgálatok szükségesek.

A fentiekből is megállapítható, hogy a szebikei vulkáni takaró bazalttípusainak minősége kiváló és a jobb magyar bazaltok bármelyikével megegyező.

Prágahegy bazaltgerince

Tátika-csoportnak egy másik bazaltterülete, mely kőanyagának minőségi és mennyiségi viszonyainál fogva alkalmasnak látszott arra, hogy a balatonparti bazaltbányák áttelepítése szempontjából szóba jöhessen, a *Prágahegy bazaltgerince*.

Prágahegy egyik része annak az 5,5 km hosszú, de irányában többször megtört, összefüggő bazaltvonulatnak, melyet a:

Tátika—Farkas—Prága—Sarvaly-hegyek gerincei alkotnak (14. fénykép).

Prágahegy 1700 m hosszú és 200—400 m széles bazaltgerince átlag 340—354 m magas és északi végén termel a kicsiny „Sümeprágai-bazaltbánya”. *Prágahegy* felszínén 280—300 m-es magasságtól fölfelé mutatható ki a bazalt, de a gerinc belsejében, mint típusos hasadék-vulkánál, az nagyobb mélységig lehúzódik, hiszen az É-i végén működő bazaltbánya udvara 245 m magas, pedig a bazalt lefelé még tovább nyomozható. Ezen a bazaltgerincen végzett vizsgálatok nyomán megállapítható, hogy abban 250 m-től fölfelé számítva:

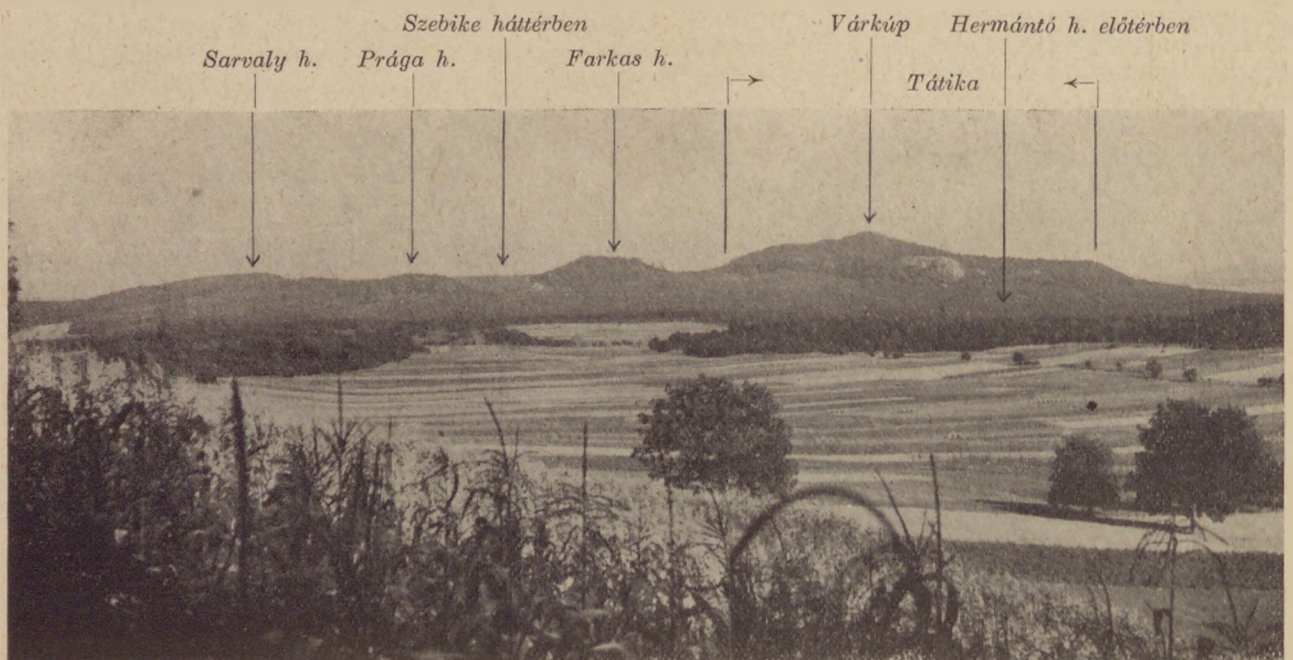
22 millió tömött köbméter elsőrendű bazaltanyag található.

Prágai gerinc bazaltja szürkésfekete színű, oszlopos elválású, tömött szövetű, kemény, szívós kőzet, mely elsőrendű zúzottkő és terméskő-anyag: nem hasad, így faragottkőnek nem használható. Ezen bazalttípuson végzett kőzetmechanikai vizsgálati eredmények:

Fajsúly	2,862
Térfogatsúlya	2,78
Stübel f. jósági szám	77—100
Aszfalt-tapadás értéke	6

Nyomószilárdsági vizsgálat megtörtént, de a kapott érték, a mérőműszer hibája következtében nem megbízható, új vizsgálat szükséges.

Ismerve most már a szebikei bazalttakaró és a Prágahegy gerinceinek felépítését és bazalttípusainak közettani-kőzetmechanikai sajátosságait, sőt mindkét bazaltterület tömegviszonyait, felmerülnek ezekkel szemben a badacsonyi és nemesgulácsi kőbányaüzemek áttelepítésének kérdései.



14. fénykép. Tátika—Farkas—Prága—Sarvaly hegyek vonulata

Az alább részletezett elgondolások mindegyikének az az alapelgondolása, hogy az jövőendő ún. *szebikei bazaltbánya* a sümeg—tapolcai vasútvonal mentén felállított zúzó és osztályozó-üzembe, onnan közvetlenül a vasúti kocsikba kerüljön, tehát szállítás kérdésében erre a vasútvonalra támaszkodik. Ezen elgondolás mellett a bányatelepítés lehetséges megoldásai :

1. A szebikei vulkáni takaró mindkét bazalttípusának kitermelésére.

2. A szebikei és prágai-hegyek bazalttípusainak együttes kitermelésére.

3. A prágahegyi gerinc bazalttömegének a kitermelésére.

Az első és harmadik megoldáshoz külön magyarázat nem szükséges, de a második terv némi magyarázatra szorul, hiszen két különálló, de egymás közelében települő bazalthegy kőanyagainak együttes felhasználásáról van szó. A következő földtani, illetve települési adottságok támogatják ezt az elgondolást.

Prágahegy bazaltgerince, a szebikei bazalttakaró É-i végétől 600—700 m távolságban emelkedik. A két bazalthegyet 260 m magas homokrétegekből álló lapos gerinc köti össze. A bazaltot leszállító drótkötélpálya feladóállomása ezen a homoknyergen nyerne elhelyezést, ahová egyrészt a szebikei takaró É-i végén termelő bányából, másrészt a Prágahegy K-i végét megbontó bányából kitermelt kőanyag kerülne. A két bazaltbánya anyaga innen drótkötélpályán jutna le a sümeg—tapolcai vasútvonalra, annak Uzsza vasútállomása mellett felállított zúzó- és osztályozó üzemébe, illetve rakodóra. A jövőendő szebikei bazaltbánya tehát egyidőben a szebikei takaró és a prágai bazaltgerinc anyagát termelné, de csak zúzottkő és terméskő-anyagot szolgáltatna. A faragottkövet a szebikei takaró D-i felében létesítendő külön kockakő-bánya szolgáltatná. Ezek szerint a 2,4 km hosszú szebikei bazalttakarón kétféle kőbányaüzem alakulna ki: annak D-i felében a kockakőbánya, míg az északi részén a zúzottkő és terméskövet szolgáltató bánya.

Szebike vulkáni takarójának felső bazaltrétege, a szürkeszínű réteges-pados bazalt hasad, tehát faragásra alkalmas és az egész takarón mindenütt vízszintes padokban települ. Ennek a típusnak a vastagsága a takaró K-i és DK-i peremrészén átlag 8—19 m vastag. Tekintettel arra, hogy az ország bazaltkocka-szükséglete napról-napra nő, a termelése viszont csökken, ilyen kockát termelő kőbányára nagy szükség van. De a kockakő termelés lemaradása nem annyira a faragásra megfelelő kőanyag hiánya miatt, hanem azért állott elő, mert bazaltbányáinknak ma a lehető legnagyobb termelési fokozatot kell elérni. Ennek érdekében és a két műszak kőanyagának kielégítése végett, a leghatásosabb jövesztő eljárásokat, tehát nagylyukú és nagyerejű robbantásokat kell eszközölni. A nagyerejű és nagy tömegben alkalmazott robbantószerek azonban nemcsak szétfeszítik, illetve felemelik az összetartó bazaltrétegeket, hanem a nagy erőhatás következtében, azok finom szöveti összetartásában olyan eltor-



15. fénykép. A Badacsony—tördemici bányában a meddő letakarás és a használható bazalt aránya:
Bh = hólyagos, Bt = tömött bazalt.

zulásokat idéznek elő, aminek következtében azok síklap szerinti elválása; a hasadás megszűnik. A nagy kőtömegeket termelő kőbányáinkban azt figyelhetjük meg, hogy a kockakő-termelés, a fentiek következtében fokozatosan csökken, sőt megszűnik. Ezért kell tehát különálló és csak kockakő-előállítására berendezett kőbányákról gondoskodni.

Az első ilyen ipari üzem a szebikei kockakőbánya lenne. A szebikei szürkeszínű pados bazalt jól hasad és szöveti sajátosságai az egész takaróban egyenletesek. Igaz, hogy a Szebike DK-i csücskén létesített próbakockakőbányában, befelé haladva, az eredetileg jól hasadó kőanyag hasadása hirtelen megromlott és nagyon kis százalékra esett vissza. A bazalt ezen minőségi romlásának okait még nem ismerjük, azok vizsgálata folyamatban van. Az eddigi megfigyelések szerint valószínű, hogy ezen romlás okai azok az apró, legfeljebb 1 mm átmérőjű zeolit-gömböcskék, melyek e bazaltban helyenként sűrűn megjelennek, ami csökkenti annak hasadókézségét. Ilyen természetű összefüggéssel már talákoztunk a gömörmezei korláti bazaltbányában, ahol a bazaltban megjelenő finom aragonitesomók okoztak hasonló elváltozást. Tekintve, hogy a 2,4 km hosszú szebikei bazalttakarón ezek a zeolit-gömböcskék csak helyenként és foltokban jelennek meg, így remélhető, hogy a mentes részeken a faragásra alkalmas bazalt ép és egészséges marad, tehát a kockakőfaragás a takaró egyes részein nyugodtan kialakítható lesz.

A szebikei bazalttakaró és a prágai bazaltgerinc kőanyagainak közös felhasználási gondolata így alakult ki. Természetesen az itt elmondottak a földtani, kőzettani és települési viszonyok rögzítése mellett csak ennek a két bazaltelőfordulásnak a kőzettani adottságait kívánja meg-

világítani és részletezni. A kőbánya telepítésének végleges műszaki kivitelezését, annak mikéntjét és lehetőségeit a kőbányaipar tervező szakemberei hivatottak megállapítani, tehát a kőbánya-létesítés kérdését végleges formába hozni.

A szebikei bazalttakarón és Prága-, illetve Sarvaly-hegyek bazaltgerincein az utóbbi időben végzett vizsgálatok és kutatások összefoglalásaként, készletszámításokkal egybekapcsolt földtani összeállítások készültek, főleg abból a célból, hogy a badacsonyi és nemesgulácsi üzemeket pótló és ellátó új bazaltbánya telepítésének a helye megállapítható legyen. Ezek az összeállítások nemcsak a fenti bazaltelőfordulások felépítését, bazalttípusainak minőségét és mennyiségi viszonyait tárták fel, hanem azok bányászati lehetőségeire és szállítási viszonyaira is rávilágítottak. De most, amikor a Balaton környéki bazaltbányászat nagyvonalú kialakításáról, újabb fejlődési irányok megállapításáról van szó, szükségesnek lászik, hogy a kőbányaipar tervező szakemberei, akik a műszaki fejlesztés és telepítési terveket készítik, minél nagyobb anyaghalmoz felett rendelkezzenek. Ebből a szempontból kívánatos a Tátika-csoport egyéb bazalt-hegyeinek megismerése és feltárása is.

Ezek az elgondolások vezettek annak a javaslatnak megtételére is, hogy az új bánya telephelyének megállapítása céljából indított kutatásokba vonják be a Tátika-csoport nyugati részét, a balatonszentgyörgy—túrjei vasútvonalhoz közelfekvő nagytömegű, jó minőségű bazalttal rendelkező Kovácsi-hegyet. Az elszállítás és a munkaerő ellátás kérdése itt jobban megoldhatónak látszik, mint a tapolca—sümegei vonal mentén.

Kovácsi-hegy bazalttakarója

Az egész Tátika-csoportnak a legnagyobb kiterjedésű és tömegű bazalt-hegye, mely Zalaszántó—Vindornyaszőlős—Nagy Görbő községek között emelkedik. Tipos bazalttakaró ez, melynek hossza K-Ny-i irányban 4 km, szélessége 1,5 km. Ennek a nagy kiterjedésű vulkáni takarónak a K-i része erősen tagolt és fokozatosan ellapult. A nagy kiterjedésű takaró egyes részeit különböző elnevezésekkel jelölik, így az északi megnyúlt gerince a *Várott* (régi térképeken Váradi-hegy), míg a déli, Zalaszántó fölötti oldala a *Szántó-hegy*. A takaró Ny-i félkör alakban kiterjedő főtömege, a tulajdonképpeni *Kovácsi-hegy*, míg az egész vulkáni takarót összefoglalóan Kovácsi-hegyek néven jelölik.

Ennek a nagy kiterjedésű vulkáni takarónak éppen ez a Ny-i, félkör alakban kihasadó része a Kovácsi-hegy, itt Vindornyaszőlős község határában alkalmas a badacsonyi és nemesgulácsi üzemeket ellátó új bazaltbánya telepítésre. A takarónak ez a része átlag 340 m magas, teljesen sík terület, melynek legmagasabb kiemelkedő pontja is csak 356 m magas, míg a bazalt alsó szintje 290—300 m-en települ a pannonkorú homok-agyag-alapzatra.

Kovácsi-hegy vulkáni takaróját szintén két-féle bazalttípus építi fel, mint a Szebike takaróját.

Az első kitorések lávájából fekete színű oszlopos elválású bazalt merevedett meg, mely a peremi feltárásokban a takaró alján mutatkozik, de annak felszínén is megtalálható foltokban. A vulkáni működés következő szakaszában megindult hatalmasabb lávaömlések Kovácsi-hegy mai egész térszínét elborították, tehát kialakították annak takaró-jellegét. Ezekből a lávafolyásokból merevedett meg a szürkeszínű, mindig réteges-pados elválású bazalt, mely a takaró felső részét, főtömegét alkotja.

Gyakorlati, bányászati szempontból fontos, hogy Kovácsi-hegy takarójának mindkét bazalttípusa egészséges, friss és tömötszövetű kőzet, melyben a likacsos szöveti típus csak kisebb foltokban jelenik meg. A fekete oszlopos bazalt csak kisebb tömegben található; kemény igen szívós kőzet, nem hasad, így kockafaragásra nem alkalmas, de elsőrendű zúzottkő és terméskő-anyag. A szürkeszínű réteges-pados bazalt igen szívós kemény kőzet, mely jól hasad, így faragásra is alkalmas.

Kovácsi-hegyi bazalttípusokon fizikai és kőzetmechanikai vizsgálatokat nem végeztek, így a fajsúlyukon és térfogatsúlyukon kívül egyéb mérési adataink nincsenek. De megfigyeléseim és tapasztalataim alapján állíthatom, hogy ezek a bazalttípusok elsőrendű útépítő kőzetanyagok, melyek a szebikei, prágahegyi és sarvalyhegyi bazaltok vonatkozó sajátosságaihoz teljesen hasonlóak.

Kovácsi-hegy fekete bazaltjának fajsúlya 2,843—
2,853

Kovácsi-hegy fekete bazaltjának térfogatsúlya 2,70

Kovácsi-hegy szürke bazaltjának fajsúlya 2,80

Kovácsi-hegy szürke bazaltjának térfogatsúlya 2,70

Kovácsi-hegy bazalttakarójának Ny-i oldalán, Vindornyaszőlős község fölött, 1916—18. években a Badacsonyi Bazaltbánya R. T. és a Sághegyi Bazaltbánya R. T. vállalatok közösen kisebb kőbányát nyitottak. Kovácsi-hegy takarójának ezt a részét csupán szürkeszínű rétegespados bazalt építi fel, mely faragható, ezek alapján, tekintetbe véve az itteni szállítási viszonyokat, csupán faragottkő előállítására rendezkedtek be. Az első világháború előrehaladása, majd bevégeződése nyomán e kis kőbánya üzemeltetése megszűnt. Később még másik kis kőfejtő is nyílt a Kovácsi-hegy ezen oldalán, ahol még most is folyik időszakos termelés.

Kovácsi-hegy vulkáni takarójában 20—30 m-es, sőt ennél vastagabb bazalttréteggel számolhatunk. Az itt települő tömötszövetű, réteges-pados bazalttömeg teljes mértékű gépesítést tesz lehetővé. Mindez annál könnyebben megvalósítható, mert a takaró felszínét csak humusz és helyenként vékony homokréteg fedi, tehát a kőbányászat céljaira igen kedvező viszonyokat találni itt. A vulkáni takaró nagy horizontális elterjedése és jelentékeny vastagsága komoly kőtartalékot jelent, így remélhetjük, hogy a badacsonytomaji és nemesgulácsi bazaltbányákat együttesen pótló, nagykapacitású bazaltbánya itt kialakítható lesz.

Kovácsi-hegyen a Vindornyaszőlős község felett nyitható kőbánya bazaltja 5—5,5 km hosszú drótkötélpályán juthat el, a hozzá legközelebb lévő balatonszentgyörgy—túrjei vasútvonalra, ahol a Zalaszentlászló és Udvarnok községek közötti vonalszakasz mentén létesített zúzó és osztályozó üzemből közvetlenül a rakodóra, tehát a vagonokba kerülhet a kőanyag. Innen a Dunántúl két legfontosabb vasúti vonalát: a Budapest—Nagykanizsa, valamint a Győr—szombathelyi fővonalakat a következő viszonylatokban érheti el:

Balatonszentgyörgy—Zalaszentlászló ...	36 km
Zalaszentlászló—Celldömölk	51 km

Vagyis Kovácsi-hegy bazaltja kb. 5 km-es drótkötélpályán jut el a vasútvonalmenti zúzó-osztályozó üzembe, majd onnan 36 km-es szállítás után Balatonszentgyörgy állomáson éri el a Budapest—nagykanizsai fővonalat, ahonnan könnyen szétosztható a Dunántúl D-i és DNy-i részeire. A másik irányban észak felé, 12 km távolságban Túrje állomásra jut el, ahonnan igen rövid úton egyrészt Zalaegerszeget éri el, majd ellenkező csatlakozással Ukkon—Bobán át 51 km-re Celldömölk állomásra, tehát a Győr—Szombathely fővonalra jut ki, ahonnan a Dunántúl egész északi és északnyugati részébe szállítható.

Összegezve a fentieket megállapítható, hogy a kovácsi-hegyi bazalt anyagának a *szállítási kérdése* kedvező; ez a kőanyag igen könnyen juthat el a Dunántúl nagyobb részeire, tehát éppen a Kis Magyar Alföld és a somogyi dombvidék sík területeire. A szállítás szempontjából egyelőre hátránynak mondható, hogy Túrje—balatonszentgyörgyi vasútvonal egyvágányú mellékvonal, tehát a kőbányatelepítés esetén esetleg megerősítésre szorul. Viszont előnyösnek mondható, hogy ez a vasútvonal csupán mezőgazdasági területeken halad át, melynek mentén ipari üzem nincsen. A kovácsi-hegyi bányatelepítés szintén mezőgazdasági területen történik, ami a munkáskérdés tekintetében jelent komoly előnyöket.

A badacsonyi és nemesgulácsi üzemeket pótló és ellátó új bazaltbánya termelését átlag

napi 200—250 vagonra tervezik, így a legtökéletesebb gépesítés mellett is többszáz munkás-dolgozót igényel. Tekintettel arra, hogy a Zala völgye főleg mezőgazdasági terület, ahol semmiféle ipari termelés vagy bányászati üzem nincsen, ha van az is kisméretű, így nagyobb munkáslefogalás nincsen, tehát a munkáskérdés kedvezőnek mondható. Megállapítható tehát, hogy a Kovácsi-hegyen kialakítandó bazaltbánya vasúti szállítás és a munkáskérdés tekintetében sokkal kedvezőbb viszonyokat talál, mint a Tapolca—Sümeg környéki területeken.

Összefoglalásként ismételve megállapíthatjuk, hogy a dunántúli bazaltbányászat komoly és évszázadokra elégséges bazalttartalékkal rendelkezik. Ezeknek a bazalttömegeknek fokozatos felhasználása, a szállítási viszonyok fejlődésével arányosan alakulhat ki. A legnagyobb jelentőségű fejlődést jelenti majd a bazaltbányászat területén is a veszprém—tapolcai vasútvonal megépítése, mely a Dunántúl gazdasági életében egyéb vonalon is döntő jelentőségű lesz.

A dunántúli bazaltbányászat területén a legközelebbi és legsürgősebb tennivaló a „balatonparti bazaltbányászat“, tehát a badacsonyi és nemesgulácsi bazaltbányák áttelepítése, a Tátika csoport valamelyik bazalt-hegyére. Ehhez a közetani adottságok megvannak és egy új, nagykapacitású kőbánya kialakulása esetén a dunántúli bazaltbányászat néhány évtizedre ellátottnak mondható. Hiszen a „zalahalápi bazaltbánya“ bővítése és fokozatos gépesítése folyamatban van, aminek befejezése után ez az üzem is napi 200 vagonos termelésre fejlődött. A „sümegi-bazaltbánya“ korszerűsítésének tervezése folyik, átépítése néhány éven belül várható. Ha ez a bányászati üzem korszerűbb berendezéssel megindulhat, termelését, a mai drótkötélpálya üzemeltetése esetén is napi 100 vagonra emelheti. Az Uzsai-bazaltbánya korszerű berendezésével jól bírja a napi 300 vagonos termelést. Végül a „Diszeli-bazaltbánya“ megfelelő kőtartalékkal rendelkezve, megfelelő korszerűsítés és bővítés nyomán fejlesztheti termelését.

A lebegtető és fluidizált hőkezelés

SASVÁRI GYÖRGY

Kivonat

A kisszemcsés és poralakú ipari nyersanyagok égetési módjainak ismertetése. A lebegtető és fluidizált állapotban történő hőkezelés felel meg az aprószemcsés nyersanyagoknak a legjobban. Lebegtető hőkezelés fizikai folyamatainak ismertetése, számítási módok a lebegés határsebességére, a hőtadásra, a melegedés idejére, valamint fluidizáció esetén az alsó és felső határsebességre és a forrási sebességre. A pneumatikus továbbítás rövid ismertetése és számítási módjai, mind vízszintes, mind függőleges szállítás esetén. A centrifugális porleválasztás ismertetése és számításai. Átszámítási faktorok nem gömbalakú szemcsék és inhomogén szemcséalmazok esetén. Gyakorlati lehetőségek a lebegtető, valamint fluidizációs hőkezelés kivételére.

A hagyományos hőkezelési módszerek általában darabos nyerstermék kiégetésére szorítkoznak. Ugyanez vonatkozik a szilárd tüzelőanyagok kiégetésére is. Végig tekintve az építőanyagiparon a cementipar kivételével, bármilyen rendszerű hőkezelési módról is van szó, az égetés eredményessége mindenütt minimális darabmérethez van kötve. Igen jó példája ennek a mészégetés. A kivételt képező cementiparban a tüzelőanyag poralakban ég el, szénporláng formájában a forgókemencébe és a nyerstermék ugyancsak por, vagy porból képzett sűrű iszap alakjában jut a kemencébe: A szénportüzelésnél itt valóban poralakban történő égetésről van szó, a nyerscement poralakban történő kiégetése viszont látszólagos. A forgókemence alján örvénylő és lassú haladást végző porhalmaz csak felületével érintkezik a hőtádozó gázokkal, illetőleg az ugyancsak kontakt hőtádoztást végző kemencébéléssel. Az égetési mód tehát hőtádoztási szempontból nem egyéb, mint egy olyan porelemekből álló szalag melegítése, amelynek hossza a forgókemence hosszával egyezik, és amelynek minden eleme előbb-utóbb vagy a felszínre kerül, vagy pedig közvetlen érintkezésbe kerül a kemencébéléssel. A zsugorodás szakaszában a helyzet teljesen megváltozik, a porszemcsék több milliméter átmérőjű granáliákká sülnek össze, a töltet fajlagos felülete ennek következtében tört hányadára csökken és a még szükséges külső meleg felvétele, illetőleg a keletkező reakcióhő elvezetése a töltet zömét tekintve, csak hővezetéssel cserélődik ki az egyes granáliák belseje és a külső tér között.

Poralakú ipari nyersanyagok szükségképpen keletkeznek. A bányaművelés mindenkor jelentős mennyiségben kisszemcsés nagyságú terméket is eredményez. Ennek felhasználása például akna-kemencében csak brikettálás útján lehetséges. Ha az üzem erre berendezve nincsen, akkor az aprószemese és a por hányóra kerül. Éppen a mindenkor keletkező kisszemcsésű nyerstermék indokolja olyan hőkezelési módok megvalósítását, ahol a szemcsék előkezelés nélkül esetleges nagyságszerinti fajtázás után kiégethetők, mégpedig olyan módon, hogy a granália vagy por igen nagy fajlagos felülete — a forgókemencés égetéssel ellentétben — az égetésnél megfelelően érvényesüljön.

Tüzelőanyagok lebegtető élegetése ma már teljesen kidolgozott módszer és mind a széntüzelésű erőtelepeknél, mind pedig a cementiparban széleskörű alkalmazásra talál. Újabban jó eredményeket érnek el a szénpor lebegtető elgázosításánál is, a poralakú tüzelőanyag lebegtetése azonban más és bonyolultabb körülmények között történik, mint a porok egyszerű hőkezelése, emiatt ezzel itt nem foglalkozunk.

További nagy lehetőség lebegő ásványi porok pl. homok vagy samotliszt nagy fajlagos felületének felhasználása újrendszerű szemcsés hővisszanyerő készülékekben. A nagy fajlagos felület igen gyors hőcserét tesz lehetővé, ezáltal a készülék méretéig eddig ismeretlen mértékben csökkenthető. Végül meg kell emlékeznünk a lebegtető hőkezelésnek egy további válfajáról, mégpedig a lebegő cseppek formájában történő bepárlásról, ill. szárításról. Ennek különösen olyan esetben van jelentősége, ha a bepárlandó oldat vagy szuszpenzió melegítésnél korrodálja a bepárló készüléket.

Fenti példákat azért soroltuk fel, hogy a lebegtető hőkezelés igen szétágazó és sokrétű ipari alkalmazhatóságát megvilágítsuk.

Bevezetőben meg kell még emlékeznünk a lebegtető hőkezelés technológiai előnyeiről is. A por vagy dara alakú hőkezelendő nyersanyag úgy nyers, mint kész állapotban pneumatikusan szállítható. Magában a hőkezelő berendezésben is gázárammal történik a por vagy szemese szállítása, ennek következtében csekély a tapadás és odasülés veszélye, a mozgatás pedig igen kis energiával történik. Az igen nagy fajlagos felület következtében a hőkezelés folyamatideje az eddigi ismert égetési időkhöz képest észrelehetően csökken, emiatt az adódó készülék méretek kicsik. A pneumatikus továbbítás következtében a készüléknek mozgó alkatrésze jóformán nincs. A felsorolt technológiai előnyök egymagukban is indokolnák a lebegtető égetési mód alapos vizsgálatát és ipari bevezetését még akkor is, ha az előzőekben felsorolt olyan ipari területek nem is léteznének, amelyeknél a lebegtetés alkalmazása nélkülözhetetlen.

1. A lebegtető égetés fizikai alapfogalmai

a) A porok aerodinamikája

Valamely test ellenálló közegben (folyadékban, vagy gázban) akkor lebeg, akkor esik egyenes sebességgel, ha súlya és a közegellenállás azonos. Ezt az alábbi képlet fejezi ki:

$$S = c \frac{\gamma_l}{2g} v^2 F \text{ kg} \quad (1)$$

ahol S a test súlya kg
 c a közegellenállás tényezője (dimenzió nélk. szám)
 γ_l a közeg fajsúlya kg m^{-3}
 g a földi gyorsulás m s^{-2}
 v a lebegő test sebessége a közeghez képest m s^{-1}

F a lebegő testnek az esési irányra merőleges szelvénye m^2 .

$$c = \frac{4}{3} \cdot \frac{\gamma}{\gamma_l} \cdot \frac{gd}{v^2} \quad (3)$$

A lebegőszemcséket első közelítésben gömbalakúnak tételezzük fel. Ez esetben a lebegés feltétele

$$\frac{d^3 \pi \gamma}{6} = c \frac{\gamma_l}{2g} v^2 \frac{d^2 \pi}{4} \text{ kg} \quad (2)$$

ahol d a gömb átmérője m

γ a lebegő test fajsúlya $kg\ m^{-3}$

Fenti egyenlőségből kifejezhető az ellenállási tényező.

Az ellenállási tényező ugyanakkor függ a Reynolds-féle számtól, amelyet itt azonban a szemcseátmérővel kell képezni. Ez az összefüggés a Reynolds-féle szám és az ellenállási tényező között a Reynolds szám növekvő értékével változik.

Az összefüggés alapját egyes meghatározott Reynolds számpárok között számos szerző határozta meg. Az ismertebb empirikus értékeket időrend szerint az alábbi táblázat mutatja:

Szerző	Évszám	K é p l e t	Érvényességi határ, Re
Stokes	1845	$C = 24 Re^{-1}$	0 — 0,1
Oseen		$C = 24 Re^{-1} (1 + \frac{3}{16} Re)$	0,1 — 2
Allen	1900	$C = 18,5 Re^{-0,6}$	4 — 200
Schiller	1933	$C = 24 Re^{-1} (1 + 0,15 Re^{0,687})$	4 — 200
Widell	1936	$C = 24 Re^{-1} (1 + 0,13 Re^{0,7})$	4 — 200
Möller	1938	$C = 24 Re^{-1} (1 + 0,139 Re)$	0,1 — 10
Frössling	1937	$C_{st} = Re^{-1} (\sqrt{24} + \sqrt{0,08741 Re^{1,5}})^2$; $C_N = 0,08741 \sqrt{Re}$	0,6 — 8
		$C_{st} = Re^{-1} (\sqrt{24} + \sqrt{0,3 Re})^2$; $C_N = 0,3$	8 — 300
		$C_{st} = Re^{-1} (\sqrt{24} + \sqrt{0,28 Re})^2$; $C_N = 0,28$	300 — 2500

A Stokes-féle összefüggés csak igen finom porok esetében használható. Az ipari őrlményeknél pl. porszénél szokásos szemnagyság mellett a Reynolds szám 0,6—10 között van. Itt a Möller-féle képlet ajánlható. E fölött egészen $Re = 2500$ -ig a Frössling-féle vonatkozó képletek közelítik meg legjobban a mérési eredményeket. Ilyen magas Reynolds szám azonban porlebegtetésnél sosem adódik, de nagy szerepe van a fluidizációnál, ahol az alkalmazott szemnagyság 10^{-3} m nagyságrendű. A (3) képletben kifejeztük az ellenállási tényezőt. Ha ennek értékét most a fenti táblázatban bemutatott összefüggések bármelyikével egyenlővé tesszük, úgy meghatározható a lebegési sebesség. Ez Stokes képlete alapján

$$v_0 = \frac{1}{18} \frac{\gamma}{\gamma_l} \frac{gd^2}{v} \text{ m s}^{-1} \quad (4)$$

Möller képlete alapján

$$v_0 = \frac{-24 \frac{v}{d} + \sqrt{\left(24 \frac{v}{d}\right)^2 + \frac{3,34 \cdot 16 g d \gamma}{3 \gamma_l}}}{g} \text{ m s}^{-1} \quad (5)$$

és végül Frössling képlete alapján ($Re : 0,6-8$)

$$\frac{1}{v_0} = 1,835 \frac{\gamma_l}{\gamma} v \frac{1}{d^2} + 0,1349 \sqrt[5]{\left(\frac{\gamma_l}{\gamma}\right)^2 \frac{1}{vd}} \text{ ms}^{-1} \quad (6)$$

A lebegési sebesség ismerete a következő pontból láthatóan szükséges a lebegő szemcse felületén történő hőátadás, valamint a felületi diffúzió kiszámításához.

b) Hőátadás a lebegő szemcse felületén

A hasonlóság elméletét az áramlástanban dolgozták ki. Nusselt ismerte fel az anyag- és hőáramlás hasonlóságát és így a konvektív hőátadást összefüggésbe hozta az áramláselmélethez ismert dimenzió nélküli mérőszámmal, a Reynolds-féle számmal. Az összefüggés dimenzió nélküli mennyiségekkel kifejezve az alábbi formában írható fel:

$$Nu = \frac{\alpha l}{\lambda} = F(Re, Pr) \quad (7)$$

Ebből a konvektív hőátadási tényező

$$\alpha = F(Re, Pr) \frac{\lambda}{l} \text{ kcal m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ C}^{-1} \quad (8)$$

A függvény minden térbeli alakzatnál más és más és csak empirikus úton határozható meg. A szemcsék közelítőleg gömbnek tekintendők.

Az összefüggés azonban nemcsak a test alakja szerint, hanem ugyanazon alakon belül az áramlásra jellemző Reynolds szám szerint is változik. Az alkalmazható képleteket az alábbi felsorolás mutatja be:

Szerző	Évszám	K é p l e t	Érvényességi határ, Re
Kudrjasev	1949	$Nu = 2,0 + 0,33 Re^{0,5}$	0 — 1 000
Ranz és Marshall	1952	$Nu = 2,0 + 0,6 Re^{0,5} Pr^{0,33}$	0 — 1 000
Mc. Adams	1942	$Nu = 0,33 Re^{0,6}$	20 — 150 000
Cary	1953	$Nu = 0,37 Re^{0,53}$	44 000 — 151 000

Miután a Reynolds-féle szám még nagyfaj-
súlyú szemcsék fluidizációjánál sem emelkedik
 $Re = 800$ fölé, vagy a Kudrjasev- vagy az igen
hasonló Ranz- és Marshall-féle összefüggésekből
kell kiindulni. A két képlet meglehetősen diver-
gáló eredményekhez vezet. A hőátadási tényező
Kudrjasev szerint

$$\alpha = (2,0 + 0,33 Re^{0,5}) \frac{\lambda}{l} \text{ kcal m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ C}^{\circ-1} \quad (9)$$

Ranz és Marshall szerint

$$\alpha = (2,0 + 0,6 Re^{0,5} Pr^{0,33}) \frac{\lambda}{l} \text{ kcal m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ C}^{\circ-1} \quad (10)$$

A két képlet közötti eredményeltérést szám-
példán mutatjuk be: a példa arra is alkalmas, hogy
megmutassa a hőátadási tényező szokatlanul
magas értékét.

Lebegjen egy $5 \cdot 10^{-4}$ m átmérőjű, 1500 kg/m^3
fajsúlyú szemcse 800° -os füstgázban. A gáz tér-
fogatsúlya legyen $1,3 \text{ kg/Nm}^3$. Fenti adatokból
számítható a gáz tényleges térfogatsúlya és
kinematikus viszkozitása. Ezek:

$$\begin{aligned} \gamma_i &= 0,33 \text{ kg/m}^3 \\ \nu &= 1,27 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1} \end{aligned}$$

Fenti fizikai értékek helyettesítésével a lebegési
sebesség a (6) képletből $v_0 = 3,48 \text{ m s}^{-1}$

Ezt a sebességértéket a (9) képletbe helyette-
sítjük és a nyugvó levegő hővezetési tényezőjét ezen
a hőmérsékleten számítás alapján $\lambda_i = 0,04 \text{ kcal}$
 $\text{m}^{-1} \text{ ó}^{-1} \text{ C}^{\circ-1}$ vesszük figyelembe, akkor a hőátadási
tényező $\alpha = 256 \text{ kcal m}^{-2} \text{ ó}^{-1} \text{ C}^{\circ-1}$.

A (10) képlet szerint ugyanezzel a kiindulással
a hőátadási tényező értéke $\alpha = 314 \text{ kcal m}^{-2} \text{ ó}^{-1}$
 $\text{C}^{\circ-1}$.

Biztosra vehető, hogy a tényleges hőátadási
tényező 250 és $300 \text{ kcal m}^{-2} \text{ ó}^{-1} \text{ C}^{\circ-1}$ között van
és ez a hőtechnikában szokatlanul magas érték.

c) *A szemcsék melege*

Valamely test melegezésének vagy hűlésének
törvényszerűségét a Fourier-féle differenciálegyen-
let megoldásai adják. Ezekből kimutatható, hogy
a felületi hőmérséklet hirtelen változása esetén a
melegedés egy dimenzió nélküli szám az ún. Fourier
szám (Fo) függvénye. Gömb esetében a Fourier
szám

$$Fo = \frac{at}{r^2} = \frac{\lambda i}{c \gamma r^2} \quad (11)$$

- ahol a = a hőmérsékletvezetési tényező $\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$
- i = a melegedés ideje ó
- r = a gömb sugara m
- λ = a gömb anyagának hővezetési ténye-
zője $\text{kcal m}^{-1} \text{ ó}^{-1} \text{ C}^{\circ-1}$
- c = a gömb fajhője $\text{kcal kg}^{-1} \text{ C}^{\circ-1}$
- γ = a gömb fajsúlya kg m^{-3} .

Maga a függvény annyira bonyolult, hogy gyakor-
lati használata nem lehetséges és a műszaki gyakor-
latban grafizált megoldások segítségével szokás
számolni.

Magából a Fourier számból megállapítható
azonban, hogy a gömb esökkenő sugara jelentéke-

nyen gyorsítja a melegedést. Ha a hőmérséklet-
változás nem a melegített gömb felszínén követ-
kezik be, hanem azt meleg gázban melegítjük,
akkor a melegedés időbeli lefolyását a Nusselt
kritérium (lásd előző pont) ugyancsak befolyásolja.

Ha feltételezzük, hogy valamely gömb anya-
gának hővezetési tényezője végtelenül nagy, akkor
a melegedés nyilván csak a hőátadási tényezőtől
függ és időbeli lefolyását a következő összefüggés
jellemzi:

$$i = \frac{Gc}{F\alpha} \ln \frac{t_0 - t_k}{t_0 - t_v} \text{ óra} \quad (12)$$

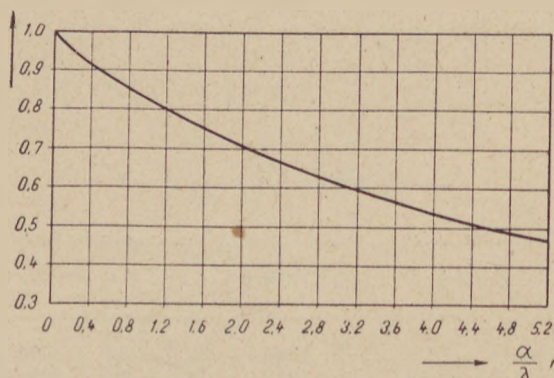
- ahol G = a gömb súlya kg
- F = a gömb felülete m^2
- c = a gömb fajhője $\text{kcal kg}^{-1} \text{ C}^{\circ-1}$
- α = a hőátadási tényező $\text{kcal m}^{-2} \text{ ó}^{-1} \text{ C}^{\circ-1}$
- t_0 = a hőátadó gáz hőmérséklete C°
- t_k = a melegített gömb kezdeti hőmérsék-
lete C°
- t_v = a melegített gömb véghőmérséklete C°
- i = idő órában.

Heiligenstaedt egyszerű grafikont szerkesztett,
amelyben figyelembe vette úgy a Nu , mint a Fo
kihatását a melegedési időre. A grafikonból leol-
vasható az a faktor, amellyel a képletben a hőáta-
dási tényező értékét szorozni kell, ahhoz, hogy a
 t_v hőmérséklet ne a felület hőmérsékletét, hanem
a gömb átlaghőmérsékletét jelentse (1. ábra).

A szemcse melegítése a műszaki gyakorlatban
mindenkor vagy egyenáramban, vagy ellenáram-
ban történik, a (12) kifejezés tehát csak elméleti
eset. Példaképen számítsuk ki az előző pontban
jellemzett ásványi szemcse melegedési idejét ellen-
áramban melegítve, fluidizált állapotban történő
hevítésnél. Ellenáram esetén alábbi összefüggés
alkalmazható:

$$i = \frac{gc}{\alpha \tau (\vartheta_1 - t_1) - (\vartheta_2 - t_2)} \ln \frac{\vartheta_1 - t_1}{\vartheta_2 - t_2} \text{ óra} \quad (13)$$

- ahol $g = 1 \text{ m}^2$ felületű szemcsemennyiség súlya
 $2,09 \cdot 10^{-1} \text{ kg m}^{-2}$
- c = a szemcse fajhője $0,3 \text{ kcal kg}^{-1} \text{ C}^{\circ-1}$
- α = a hőátadási tényező $300 \text{ kcal m}^{-2} \text{ ó}^{-1}$
 $\text{C}^{\circ-1}$
- τ = a Heiligenstaedt-féle faktor grafikonról
leolvasott értéke $0,97$
- t_1 = a szemcse véghőmérséklete 800 C°



1. ábra. A melegített test átlagos hőmérséklet-emelkedésére
vonatkozó tényező a Nu függvényében

- $t_2 =$ a szemcse kezdeti hőmérséklete $0\text{ }^\circ\text{C}$
 $\vartheta_1 =$ a füstgáz kezdeti hőmérséklete $900\text{ }^\circ\text{C}$
 $\vartheta_2 =$ a füstgáz véghőmérséklete $200\text{ }^\circ\text{C}$

Fenti értékek helyettesítésével a melegedés ideje a (13) összefüggésből $4,3\text{ sec}$. Látható, hogy a folyamatidő rendkívül rövid és látható az is, hogy a szemcse kicsisége következtében a szemcsében kialakult hőmérsékletkülönbség elhanyagolhatóan csekély. Miután lebegtetés esetében a példaszemcsénél jóval kisebb szemcsékkel lehet dolgozni, a melegedés idejénél technikai számításoknál elegendő a hőátadási tényező figyelembevétele.

d) A diffúzió

A technológiai hőkezelésnél általában nem egyszerű melegítés a feladat. A melegítés révén az anyagban kémiai változást kell előidézni. A hő hatására lefolyó folyamat egyik terméke igen gyakran gázalakú és ennek az anyagból égetés folyamán el kell távozni. (Pl. mész- vagy cement-égetés). A keletkező gáz a hevített szemcse pórusain át távozik, még pedig kimutathatóan a koncentráció gradiens következtében fellépő molekuláris diffúzió jelensége alapján.

A diffúziót Fick első törvénye határozza meg a következő alakban:

$$I = DF \frac{dC}{dl} \text{ g cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \quad (14)$$

ahol $I =$ a diffúzió intenzitása $\text{g cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
 $D =$ a diffúzió állandója $\text{cm}^2 \text{ s}^{-1}$
 $F =$ a felület cm^2
 $C =$ a koncentráció g cm^{-3}
 $l =$ a pórus hossza, amelyen át a diffúzió történik cm .

A (14) képletből jól látható, hogy gömb esetében a diffúzió intenzitása fordítottan arányos a gömb sugarával. Ez arra mutat, hogy pl. mész-égetés esetén a CO_2 diffúzió sebessége a fél mm \varnothing -jú szemcsénél kb. százszor gyorsabb folyamat, mint az aknakemence töltetét képező szemcsenagyságnál.

Miután a szemcse pórusaiban történő diffúzió sebességét végső fokon a pórus belső és felszíni vége közötti koncentrációkülönbség határozza meg, azt is meg kell vizsgálni, hogy a szemcse felületén felgyülemelő gázalakú bomlási termék milyen iramban cserélődik ki a környező gázokkal, pl. füstgázzal. Ugyancsak Fick állapította meg, hogy a felületi gázcsere a felületi hőátadás áramló gázban lévő testek esetében analóg folyamat. A Nusselt-féle dimenzió nélküli szám mintájára képezhető a felületi diffúzióra jellemző dimenzió nélküli szám.

$$\frac{\beta d}{D} = Nu'$$

ahol $\beta =$ gázcsere tényező m s^{-1}
 $d =$ a gömb átmérője m
 $D =$ a diffúzió állandója $\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$

A Nu' dimenzió nélküli szám kifejezhető mint két szintén dimenzió nélküli mennyiség függvénye.

Az egyik a már ismert Reynolds-féle szám, a másik a Schmidt-féle szám.

$$\frac{\nu}{D} = Sc = \text{a Schmidt-féle szám}$$

A (7) összefüggés mintájára képezhető az alábbi egyenlőség

$$Nu' = F(Re, Sc); \frac{\beta d}{D} = F\left(\frac{v \cdot d}{\nu}; \frac{\nu}{D}\right) \quad (15)$$

és ebből a gázcsere szám

$$\bar{\beta} = \frac{D}{d} F\left(\frac{vd}{\nu}, \frac{\nu}{D}\right) \text{ m s}^{-1} \quad (16)$$

Konkrét függvényre térve át a (10) szerint a vizsgált körülmények között a gázcsere szám

$$\beta = \left(2,0 + 0,6 Re^{0,6} \frac{\nu^{0,33}}{D^{0,33}}\right) \frac{D}{d} \text{ m s}^{-1} \quad (17)$$

A gázcsere számból a felületi gázcsere intenzitását akkor kapjuk meg, ha a gázcsere számot megszorozzuk a felületi határrétegben fennálló koncentráció és a közegkoncentráció különbségével. A (17) képletből jól látható, hogy a felületi gázcsere a szemcse csökkenő sugara ugyanúgy hat ki, mint a hőátadásra. Tehát a vizsgált esetben, legalább egy nagyságrenddel gyorsabb folyamat, mint az aknakemence több centiméter sugarú darabokból álló tölteténél.

2. A fluidizáció fizikai alapjai

a) A fluidizáció fogalma

Ha porozus lapon vagy rostélyon pihenő szemcsehalmazon alulról felfelé gázt préselünk át, akkor meghatározott gázsebességnél a szemcsék elválnak egymástól és a gázzal átöblített szemcsehalmaz folyadékként viselkedik pl. meniszkuszt képez, ömleszthető és minden tekintetben folyadék tulajdonságokkal rendelkezik. Ha a gázsebességet fokozzuk, akkor egy meghatározott sebességértéktől kezdve a folyadékként viselkedő szemcsehalmaz forrásba jön, végül pedig ha a gázsebesség eléri a halmazt alkotó szemcsék lebegési sebességét, illetőleg ennél nagyobb, akkor a halmazt a gázáram felfelé magával ragadja.

b) A határsebességek és határellenállások

A fluidizáció jelenségének két határsebessége van. Mind a számítás, mind a gyakorlat azt mutatja, hogy e két sebesség távol áll egymástól és így valamely szemcsehalmaz fluidizált állapotban tartása nem érzékeny az alkalmazott gázsebességre.

A számításhoz itt is gömbalakú szemcsék halmazát tételezzük fel. A halmaz ellenállása ez esetben Stokes szerint

$$Ap = 18 \frac{\pi^2 \nu \gamma_l v}{d^2 g} \frac{(1-x)^2}{x^3} l \text{ kg m}^{-2} \quad (18)$$

ahol $\nu =$ a gáz kinematikus viszkozitása $\text{m}^2 \text{ sec}^{-1}$

$\gamma_l =$ a gáz térfogatsúlya kg m^{-3}

$v =$ a gázsebesség a halmaz előtt, tehát az üres edényben m s^{-1}

g = a földi gyorsulás $m\ s^{-2}$
 d = a szemeseátmérő m
 x = a halmaz hézagtere, dimenzió nélküli szám 0—1 között
 l = a halmaz magassága m .

A fluidizáció akkor kezdődik, amikor a halmaz ellenállása éppen azonos a halmaz súlyával. Ez képletszerűen kifejezve

$$18 \frac{\pi^2 r \gamma_l v}{d^2 g} \frac{(1-x)^2}{x^3} l = (1-x) \gamma l \quad (19)$$

ahol a még nem magyarázott szimbólum

γ = a szemese térfogatsúlya.

Innen a fluidizáció minimális sebessége

$$v = \frac{1}{18} \frac{\gamma d^2 g}{\gamma_l \pi^2 v} \frac{x^3}{(1-x)} \text{ m s}^{-1} \quad (20)$$

A gyakorlat azt mutatta, hogy a Stokes-féle összefüggés csak néhány mikronos szemcsék esetében közelíti meg a valóságot. Ezért a számításnál empirikus képletekre szokás támaszkodni. Gömbhalmazra Kozeny az alábbi ellenállás képletet állította fel:

$$\Delta p = 180 \frac{r \gamma_l v}{d^2 g} \frac{(1-x)^2}{x^3} l \text{ kg m}^{-2} \quad (21)$$

Innen a fluidizáció alsó határsebessége

$$v = \frac{1}{180} \frac{\gamma d^2 g}{\gamma_l v} \frac{x^3}{1-x} \text{ m s}^{-1} \quad (22)$$

Ha a fenti képlet alapján kiszámítjuk az eddigi példánkban is szereplő $5 \cdot 10^{-4}$ m \emptyset -jú és 2500 kg m^{-3} térfogatsúlyú szemcséből alkotott halmaz ellenállását $800 \text{ }^\circ\text{C}$ füstgázban, akkor a fluidizáció alsó határsebessége $8,4 \cdot 10^{-2}$ m és a hozzátartozó ellenállás $1,35 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-2}$, azaz 1350 mm v. o. Világos ebből, hogy ilyen aránylag kis szemese fluidizációjához igen kis gázsebesség, de jelentékeny nyomás tartozik. Ismét hangsúlyozzuk, hogy a sebesség nem a halmazon belüli, hanem a halmaz előtti üres tér gázsebessége.

Meg kell említenünk itt, hogy a hézagtér tényező fluidizált halmaznál nem azonos a pihenő halmaz geometrikusan számítható hézagtér tényezőjével, hanem annál lényegesen nagyobb. Itt is csak tapasztalati értékekre lehet támaszkodni.

Ha a fluidizáció gázzal történik, akkor 7—8 %-kal növelendő a geometrikusan számított vagy empirikusan kapott hézagtér tényező. Gömbhalmaz esetében a legsűrűbb térkitöltés figyelembevételével (tetraéderes elrendezés) a hézagtér tényező 0,26-ra adódik. Kísérletileg bebizonyították, hogy gömbhalmazoknál a hézagtér tényező a valóságban 0,4—0,44 és csökkenő átmérővel valamelyest nő. Nagyobb gömböknél 0,4 körül van és 10 mikron körüli nagyságrendnél megközelíti a 0,44-et. Ha a halmaz nem gömbökből áll, hanem szabálytalan szemekből, — ez a leggyakoribb eset a technológiai gyakorlatban — akkor a halmaz ellenállása, a fluidizáció minimális és maximális sebessége csak kísérleti úton határozható meg.

A fluidizáció max. sebessége egybe esik a halmazt alkotó szemcsék lebegési sebességével. Ennek számításmódját az 1. sz. táblázatban különféle érvényességi határok között közöltük. Ha a péld-

aképen már eddig is felhasznált $5 \cdot 10^{-4}$ m \emptyset -jú gömbökből álló halmazt veszünk figyelembe 2500 kg m^{-3} szemcsetérfogatsúly és $800 \text{ }^\circ\text{C}$ füstgáz-hőmérséklet mellett, akkor a Frössling-féle képlet alapján számított lebegési sebesség $3,48 \text{ m}$. Ehhez a sebességhez 1 m magas halmaz esetében $55\ 000 \text{ kg m}^{-2}$ ellenállás tartozik, a szükséges üzemi nyomás tehát $5,5 \text{ at}$.

c) A forrási sebesség és ellenállás

A fluidizált halmaz forrásának kezdetéhez ugyancsak meghatározott sebesség tartozik. Ezt a sebességet azonban csak empirikus úton lehet meghatározni. Közelítő értéket ad az alábbi összefüggés:

$$v_f = 10,7 v^{0,6} l^{-0,8} \quad (23)$$

ahol v_f = a forrási sebesség cm sec^{-1}

l = a halmaz magassága cm

v = a fluidizáció alsó határsebessége m s^{-1}

Adott példánkban a kezdődő forráshoz tartozó sebesség $9,7 \cdot 10^{-1} \text{ m s}^{-1}$, a hozzátartozó ellenállás pedig 1560 kg m^{-2} . A szükséges üzemi nyomás eszerint $1,56 \text{ at}$.

d) Hőátadás a fluidizált gömbhalmazban

A hőátadásra ugyanazok az összefüggések használhatók, mint a lebegtető hőkezelés esetében. Külön megbeszélésre szorul azonban az a gázsebesség, amelyet a hőátadási tényező számításánál figyelembe kell venni. A halmazon belüli tényleges gázsebesség nyilván lényegesen nagyobb, mint az üres tér gázsebessége, amelyet az eddigi összefüggéseknél figyelembe vettünk. E sebességet közelítőleg meg tudjuk határozni, ha a halmaz egy vízszintes metszetének síkbeli hézagfelületét kiszámítjuk. Kőbös térbeli elrendezés mellett a hézagfelület $1 - 3,14/4 = 0,215$. Ezek szerint a halmazon belüli sebesség

$$v_b = \frac{1}{0,215} v$$

Példaképpen vizsgáljuk meg a hőátadást eddigi példánkban a kezdődő forrásból adódó gázsebesség mellett. A gázsebesség a halmazon belül $0,97 \text{ m}/0,215 = 4,5 \text{ m s}^{-1}$. Ezt az értéket a (10) képletbe helyettesítve az adódó hőátadási tényező $324 \text{ kcal m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.

e) Melegedés a fluidizált gömbhalmazban

Elvileg a számításnál ugyanaz a módszer, mint a lebegtető hőkezelés esetében. Miután azonban a fluidizált szemecsék nagysága meghaladhatja az 1 mm-t és ilyen átmérő mellett már a szemese belsejében fellépő hőmérsékleti gradiens nem elhanyagolható, itt mindenkor figyelembe kell venni a Nusselt és Fourier számtól függő faktort. (τ).

3. A szemcsék pneumatikus mozgása

A vizsgált jelenség két merőben különböző feladatot vet fel. A pneumatikus mozgás függőleges, ill. vízszintes irányú.

Függőleges, letről felfelé történő mozgítás esetében az emelkedő szemcsék sebessége

$$v = v_l - v_o \text{ m s}^{-1} \quad (24)$$

ahol v_l = a levegő sebessége m s^{-1}

v_o = a szemcse lebegési határsebessége az 1. táblázat szerint m s^{-1}

Legyen az emelési magasság h m és a másodpercenként emelt súly s kg, akkor az emeléshez szükséges elméleti teljesítmény

$$N_1 = sh \text{ kg m s}^{-1}$$

A gyakorlatban szükséges teljesítmény ennél nagyobb, mert hozzájárul ehhez a függőleges cső falsúrlódása, amelyet számítani tudunk és a lebegő szemcsék egymáshoz való ütközése, ill. az ezáltal fellépő kinetikai energiaveszteség, amely hővé alakul. Ez utóbbit már csak igen bonyolult módon lehetne számítással megközelíteni. Közelítőleg megfelelő eredményhez jutunk, ha a szilárd anyag emeléséhez szükséges teljesítményt és a falsúrlódás legyőzéséhez szükséges teljesítményt összeadjuk. Mielőtt a tényleges teljesítmény számítására rátérnénk, határozzuk meg a nyomáscsökkenést, amely egyrészt a szilárd anyag emelése, másrészt a falsúrlódás következtében fellép. A h magasságú csőben lebegő szilárd anyag összsúlya G . Ha az áthaladási idő t , akkor

$$G = st = s \frac{h}{v}$$

A nyomás nyilvánvalóan nem egyéb, mint a csőben lebegő szilárd anyag a csőszelvény egy felületegységére eső súlyhanyada. Ha a csőátmérő D m, akkor a fellépő nyomásesés

$$\Delta p_1 = \frac{4sh}{vD^2 \pi} = \frac{4sh}{(v_e - v_o) D^2 \pi} \text{ kg m}^{-2} \quad (25)$$

A falsúrlódás következtében a nyomásesést az alábbi kifejezés adja meg:

$$\Delta p_2 = \lambda_l \frac{v_l^2 \gamma_l h}{2gD} \text{ kg m}^{-2} \quad (26)$$

ahol $\lambda_l = l v^{-2} \left(\frac{k}{D}\right)^{0,314}$ a falsúrlódás tényezője

$$k = 2,5$$

A falsúrlódás okozta nyomásesés legyőzéséhez szükséges teljesítmény, ebből

$$N_2 = \frac{v_l^3 \gamma_l h D \pi}{\gamma g} \text{ kg m s}^{-1} \quad (27)$$

és a szükséges összteljesítmény

$$N = N_1 + N_2 = sh + \frac{v_l^3 \gamma_l h D \pi}{\gamma g} \text{ kg m s}^{-1} \quad (28)$$

Itt kell kitérnünk a pneumatikus szemcse-szállításnál szokásos szilárdanyag-levegőarányra. Ez az arány a szállítandó szemcse alakja és fajsúlya szerint változó. Ásványi szemcsék és porok esetében

$$\mu = \frac{G}{G_1} = 10 - 13,$$

ahol G = a térfogategységben lebegő szemcse-súly kg m^{-3}

G_1 = a térfogategységben jelenlevő gázsúly kg m^{-3}

A porral terhelt levegő áramlási sebessége valamivel nagyobb, annál a sebességnél, amellyel terhelés nélkül áramlana át ugyanazon a csőszelvényen. A különbséget az okozza, hogy a levegőben lebegő szemcsék térfogata elméletileg nem hanyagolható el. A szemcsék rácsot képeznek és az áramlás irányára merőleges felületükkel csökkentik az áramlási szelvényt. Ez a csökkenés azonban jelentéktelen. Ha $\mu = 15$, akkor a szemcsék által okozott szelvényesökkenés gömbalakú szemcsék esetében 4,8%. Miután ilyen porterheléssel már nem igen kell számolni, műszaki pontosságú számításoknál a szemcsék jelenlétével beálló keresztmetszet-szűkületet el lehet hanyagolni.

Végül még egy számpéldán világítjuk meg, hogy a függőleges pneumatikus szállítás esetében kb. hogyan aránylik egymáshoz a poremeléshez, ill. a csősúrlódás legyőzéséhez szükséges teljesítmény. Ehhez a számításához a (25)–(28) képleteket használjuk fel. Számítsuk ki először a nyomásesést egy 10 m hosszú és 0,1 m \varnothing -jú függőleges vascsövön, ha abban a légsebesség 10 m s^{-1} és az időegységre eső teljesítmény $s = 1,5 \text{ kg s}^{-1}$. Az emelt szemcsék következtében keletkező nyomásesés $2,72 \cdot 10^2 \text{ kg m}^{-2}$, a csősúrlódás következtében beálló nyomásesés $7,9 \text{ kg m}^{-2}$. A csősúrlódás tehát a teljes nyomásesésnek nem egészen 3%-át teszi ki, így jóformán elhanyagolható.

A teljesítmény a szemcsék emeléséhez 15 kg m s^{-1} -re, a csősúrlódás legyőzéséhez pedig $0,625 \text{ kg m s}^{-1}$ -re adódik. A szükséges összteljesítmény ebből kerekén 16 kg m s^{-1} . Ez megfelel $0,21 \text{ LE}$ -nek.

A vízszintes pneumatikus szállításnál a helyzet bonyolultabb. Itt ugyanis a porral terhelt légáram ellenállása nem számítható a szállított szemcsék súlyából, mert a szállítás iránya a gravitációra merőleges. Megfigyelték azonban, hogy a porral terhelt levegő ellenállása lényegesen nagyobb vízszintes irányban is, mint a tiszta levegőé ugyanazon csőben. A jelenség magyarázata az, hogy a szemcsék sebessége mindenkor kisebb a levegő sebességénél. Ezt a jelenséget nevezzük „szlip“-nek. A szlip eredménye az, hogy a kezdeti szilárd anyag-levegő arány nem lesz azonos a csővezeték valamely szakaszában uralkodó aránnyal. A helyi arány az alábbi összefüggésből adódik:

$$\frac{V}{V_l} = \frac{G \gamma_l}{G_l \gamma} = \mu \frac{v_l}{v} \quad (29)$$

ahol V = a csőszakaszban lévő szilárd anyag térfogata m^3

V_l = a csőszakaszban lévő levegő térfogata m^3

G = a csőszakaszban lévő szilárd anyag súlya kg

G_l = a csőszakaszban lévő levegő súlya kg

v = a szilárd anyag sebessége m s^{-1}

v_l = a levegő sebessége m s^{-1}

Gastorstaedt a porszállítás következtében fellépő

ellenállás többletet mint két nyomáskülönbség viszonyát határozta meg empirikus úton. Szerinte

$$\frac{\Delta p}{\Delta p_i} = \pi = 1 + k\mu \quad (30)$$

ahol Δp = a szilárd anyagot szállító levegővel szemben fellépő ellenállás (nyomáskülönbség) kg m^{-2}

Δp_i = a tiszta levegővel szemben fellépő ellenállás kg m^{-2}

k = tapasztalati úton nyert arányossági tényező.

A k tényező értékét Gasterstaedt búza szállításánál 0,1 m \varnothing -jú csövön 0,3-nak találta. Pápai megállapítása szerint lineárisan nő a csőátmérővel. Az orosz irodalmi adatok azt állítják, hogy a tényező értéke a legtöbb anyagnál és a technikailag használatos csőszelvények mellett 0,3—0,6 közé esik. A (30) összefüggés értelmezhető úgy is, hogy az ellenállás képletében szereplő súrlódási tényező növekszik, mégpedig az alábbi módon:

$$\lambda = \lambda_i (1 + k\mu) \quad (31)$$

ahol λ = a szilárd anyaggal terhelt levegő falsúrlódási tényezője

λ_i = a tiszta levegő falsúrlódási tényezője.

A (31) összefüggés felhasználásával a vízszintes irányban történő pneumatikus szállításnál a nyomásesést a következő összefüggés adja:

$$\Delta p = \lambda_i (1 + \mu k) \frac{v_i^2 \gamma_i l}{2gD} \text{ kg m}^{-2} \quad (32)$$

A nyomásesésből most már számítható a szállítás-hoz szükséges teljesítmény:

$$N = \lambda_i (1 + \mu k) \frac{v_i^3 \gamma_i l D \pi}{\gamma g} \text{ kg m s}^{-1} \quad (33)$$

A pneumatikus szállítás vízszintes irányban különösen gazdaságos. Ennek megvilágítására számítást dolgozunk ki. Szállítson egy 40 m hosszú, 0,2 m \varnothing -jú csővezeték másodpercenként 8 kg ásványi szemcsét. Az alkalmazott légsebesség legyen 15 m s^{-1} , a portterhelés $\mu = 13$, $k = 0,45$, a tiszta levegőre vonatkozó falsúrlódási tényező $\lambda_i = 1,2 \cdot 10^{-2}$. A súrlódási ellenállás a (32) alapján 242 kg m^{-2} , a szükséges teljesítmény pedig (33) alapján $11,5 \text{ m kg s}^{-1}$, azaz $0,15 \text{ LE}$.

A vízszintes szállításnál alkalmazott levegősebesség nem tetszőleges. Adott csőátmérő mellett növekvő teljesítménnyel nő az alkalmazandó légsebesség is, de csekélyebb mértékben. Tízszeres teljesítményhez durván kétszeres légsebesség tartozik. Végül megemlítjük, hogy a vízszintes pneumatikus szállításnál a lebegő szemcsék nem hullanak lefelé a lebegés folyamán és a megfigyelések szerint a szemcseütközések száma az egész csőkerületen azonos sűrűségű, tekintet nélkül arra, hogy a cső alsó vagy felső részéről van szó. E jelenség oka az, hogy egy bizonyos légsebességen felül a szemcsék forgása következtében a Magnus effektus értelmében minden szemcsére függőlegesen felfelé mutató erő hat és ez lebegésben tartja a szemcséket. Ez egyben azt is mutatja, hogy meg-

határozott légsebesség alatt nem lehet adott átmérőjű szemcsét pneumatikusan szállítani. Ez a sebesség annál kisebb, mennél kisebb a szemcse átmérője. A felhajtóerőt az alábbi összefüggés adja:

$$P = c_a \frac{\gamma_i}{2g} v_r^2 \frac{d^2 \pi}{4} \text{ kg} \quad (34)$$

A szemcse akkor emelkedik fel, ill. akkor lebeg ha a felhajtóerő azonos a szemcse súlyával.

$$c_a \frac{\gamma_i}{2g} v_r^2 \frac{d^2 \pi}{4} = \frac{d^3 \pi \gamma}{6} \quad (35)$$

ahol c_a = a felhajtóerő tényezője

$v_r = v_1 - v$ = a sebesség különbség a levegő és a szállított szemcse között.

A többi szimbólumot az előző összefüggéseknél már magyaráztuk. A (35)-ből kifejezzük a v_r -t.

$$v_r = \sqrt{d} \sqrt{\frac{4 \gamma g}{3 \gamma_i c_a}} \text{ m s}^{-1} \quad (36)$$

Fenti képletet csak akkor tudnók gyakorlatilag használni, ha lenne összefüggés a szilárd szemcse és gáz közötti relatív sebesség meghatározására, a légsebesség függvényében.

4. A lebegő szemcsék leválasztása

A gázban lebegő szilárd szemcsék leválasztásának az elektrosztatikus módszerektől eltekintve két lehetősége van. A szemcséket vagy igen lassú áramlási sebesség mellett ülepítjük, vagy ütköztetéssel választjuk el a hordozó gáztól. Itt az utóbival fogunk foglalkozni. Az ütköztetésnek számos megoldása lehet. Pl. egy vagy több terelőfal a porakrákon belül, lapátrendszer a szélfajtázók egy részénél. Ezeknél a hordozott szemcse és levegő áramlási iránya közös.

Az ütköztetésnek egy elvileg különböző módja, a leggyakrabban használt elválasztási mód az, amikor a gázt gyors áramlás mellett körpályára kényszerítjük, amikor a lebegő szemek a fellépő centrifugális erő következtében a körkeresztmetszű edény falához ütődve elválnak a gáztól és az edény fenekére hullanak. Ez utóbbi megoldás gyakorlati megvalósítása a ciklon.

Ha V a ciklonon az időegységben áthaladó szilárd-gáz elegy térfogata $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$

r_0 a ciklon hengeres részének sugara m

h a ciklon hengeres részének magassága m

$n = a/r_0$ a beömlőnyílás szélessége a sugár hányadában kifejezve, akkor a gáz sebessége közvetlenül a belépés után

$$v_0 = \frac{V}{r_0 n h} \text{ m s}^{-1}$$

A perdület tétel értelmében

$$V_0 r_0 = V r$$

és emiatt a mindenkori légsebesség a ciklon tetszőleges sugarával képzett hengerpaláston

$$v = \frac{V}{r n h} \text{ m s}^{-1} \quad (37)$$

A ciklonban lebegő szemecskékre hat a centrifugális erő.

$$P = m \frac{v^2}{r} = \frac{d^3 \pi \gamma}{6g} \frac{V^2}{n^2 h^2 r^3} \text{ kg} \quad (38)$$

Ugyanakkor fellép a centrifugálisan kifelé igyekvő szemecével szemben a légellenállás. Ha a légellenállásnál az 1. táblázat szerint a Stokes szerint számított ellenállási tényezőt vesszük figyelembe, akkor az ellenállás

$$R = 3 \pi \frac{\gamma_l}{g} v d c \text{ kg} \quad (39)$$

A szemese tényleges radiálisan kifelé mutató sebességét (c) akkor kapjuk meg, ha a (38) és (39) összefüggéseket egyenlővé tesszük és az egyenlősből meghatározzuk a sebességet.

$$\frac{d^3 \pi \gamma}{6g} \frac{V^2}{n^2 h^2 r^3} = 3 \pi \frac{\gamma_l}{g} v d c \quad (40)$$

Fenti képletnél minden szimbólumot az eddigiek folyamán már megmagyaráztunk. A (40)-ből a radiálisan kifelé mutató sebesség komponens

$$c = \frac{d^2 \gamma V^2}{18 n^2 h^2 r^3 \gamma_l v} \text{ m s}^{-1} \quad (41)$$

A (41) alapján kiszámítottuk a szemese radiálisan kifelé mutató sebesség komponensét a levegőhöz képest. A ciklonhoz képest ez nem ad felvilágosítást a szemese mozgására, mert bár a szemese a levegőhöz képest bentről kifelé halad, de ugyanakkor a levegő spirális pályán kintről befelé áramlik mindaddig, amíg a ciklon benyúló elszívócsövén el nem hagyja azt. A levegő részecskének centripetális sebesség-komponensét a következő egyszerű összefüggés adja meg:

$$c_l = \frac{V}{2 r \pi h} \text{ m s}^{-1} \quad (42)$$

A ciklonhoz képest a szemese addig fog centrifugális irányban haladni, amíg a (41) képletből számított sebesség komponens nagyobb, mint a levegőnek a (42) képletből számított sebesség-komponense. Ha a nagyságarány megfordul, akkor a szemese kívülről befelé fog haladni és a levegővel együtt szükségképpen el fogja hagyni a ciklont, más szóval nem válik le. Ha a két sebesség-komponens egyenlő, ez annyit jelent, hogy a szemese a ciklonhoz képest radiális irányban mozdulatlan, azaz körpályán kering. Miután a por leválásának feltétele az, hogy a szemese a ciklon külső falához ütközzék, csak azok a szemecskék fognak leválni, amelyeknél a kifelé mutató sebesség komponens nagyobb a befelé mutatónál. Írjuk fel azt a határesetet, amikor a két sebesség-komponens egyenlő, azaz a szemese éppen körpályán kering.

$$\frac{d^2 \gamma V^2}{18 n^2 h^2 r^3 \gamma_l v} = \frac{V}{2 r \pi h} \quad (43)$$

A (43)-ból most már meghatározható az a max. sugár, gyakorlatilag az a max. ciklonátmérő, amelynél az adott fajsúlyú és átmérőjű szemese még éppen leválasztható:

$$r_0 = \frac{d}{3 n} \sqrt{\frac{\gamma V \pi}{\gamma_l h v}} \text{ m} \quad (44)$$

Meghatározható azonban adott fajsúly mellett az a minimális szemeseátmérő, amelyet adott ciklonátmérő mellett még le lehet választani.

$$d = 3 n r_0 \sqrt{\frac{\gamma_l h v}{\gamma V \pi}} \text{ m} \quad (45)$$

A Stokes-féle ellenállási tényező csak igen apró szemecskénél (0,01 mm \varnothing körül) használható. Ha a tágabb határok között használható Allen-féle együtthatóval dolgozunk, (lásd 1. táblázat) akkor a max. sugárra a következő összefüggés adódik.

$$r_0 = 0,95 \left(\frac{\gamma}{\gamma_l}\right)^{0,628} \left(\frac{V}{h v}\right)^{0,38} n^{-1,26} d \text{ m} \quad (46)$$

A minimális szemeseátmérőre adódó összefüggés pedig

$$d = 1,04 \left(\frac{\gamma}{\gamma_l}\right)^{-0,628} \left(\frac{V}{h v}\right)^{-0,38} n^{1,26} r_0 \text{ m} \quad (47)$$

A ciklonok tervezésénél azonban nem elegendő a ciklon méreteinek számítása, hanem ismerni kell a ciklon ellenállását is. Ez az ellenállás csak közelítőleg számítható, mert csak a modelyszerűen jól definiált ellenállást képező folyamatokat lehet számszerűen kezelni. A ciklonban négy ilyen folyamat játszódik le.

a) A beömlő nyílás után a levegő kitér. Az itt fellépő ellenállási tényező

$$\zeta_1 = \left(1 - \frac{F_1}{F_2}\right)^2$$

ahol F_1 = a beömlő nyílás szelvénye

$$F_2 = h (r_0 - r_b)$$

h = a ciklon hengeres részének magassága

r_b = a ciklon elszívó csövének külső sugara.

b) A levegő gyors forgása energiát emészt. Az itt fellépő ellenállási tényező

$$\zeta_2 = 4 \gamma_l \frac{1 - \frac{r_b}{r_0}}{1 + \frac{r_b}{r_0}}$$

c) A levegő belső súrlódása ugyancsak jelentős energiát fogyaszt. Az itt fellépő ellenállási tényező

$$\zeta_3 = \lambda \frac{l}{d_h}$$

ahol l = a logaritmus spirális hossza, amelyet a levegő a ciklonon belül leír (csak becsülhető)

d_h = a spirális irányban haladó légszalag szelvényének hidraulikus átmérője.

d) A levegő a ciklonból az aránylag szűk elszívó csőbe jut. Az itt fellépő ellenállási tényező

$$\zeta_4 = \left(\frac{F_3}{F_4} - 1\right)^2$$

ahol F_3 = az elszívó cső szelvénye

F_4 = a ciklon hengeres részének szelvénye.

A ciklon teljes ellenállásának tényezője fenti tényezők összegéből adódik.

$$\zeta = \zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 + \zeta_4$$

A ciklon ellenállása pedig

$$\Delta p = \zeta \frac{V^2 \gamma_l}{2 n^2 r^2 k^2 g} \text{ kg m}^{-2} \quad (48)$$

A fenti módon számított ellenállási tényezők teljesen megbízhatatlanok és csak nagyságrendi tájékozódásra alkalmasak. A tényleges ellenállás megállapítása csak mérés útján lehetséges. A mérés útján nyert ellenállásokra a ciklon méretek függvényében a szakirodalomban megfelelő táblázatok vannak.

5. A gömbtől eltérő szemese-alak figyelembevétele

Ipari finom-örlemények a legkülönbébb egyedi szemeseformát mutatják, és jóformán sohasem gömbalakúak. Felvetődik a kérdés, hogy helyes-e az eddig vizsgált folyamatokat gömbalakú szemcsék feltételezésével követni. Az eddigi tapasztalat azt mutatja, hogy a tényleges örlemények aránylag pontosan követik viselkedésükben egy olyan feltételezett gömbhalmaz viselkedését, ahol a gömbök átmérője megfelel a tényleges szemcsék legnagyobb méretének.

A jó egyezés valószínű oka az, hogy a gázban lebegő szemcsék gyors forgásban vannak. A szemcsét érő impulzusok ennek következtében nem a tényleges felületen, hanem annak a forgási idomnak a felületén érvényesülnek, amelyet a rotáló szemese a térben ténylegesen kitölt. Ez a forgás-idom pedig igen közel áll a gömbhöz.

Ha a szemcsének a gömbtől eltérő alakját figyelembe vesszük, akkor ez azokban az összefüggésekben, ahol a gömbnek feltételezett szemese főköre szerepel, mint ellenálló felület, nem követünk el hibát. Az ellenálló felület feltételezhetően jól megegyezik a gyors forgás következtében olyan körfelülettel, amelynek átmérője a szemese legnagyobb méretével egyenlő. Hibát követtünk el azonban azoknál az összefüggéseknél, ahol a szemese súlyát a legnagyobb mérethől számított gömbtérfogatnak és a fajsúlynak szorzatából állítottuk elő. A legnagyobb mérettel, mint átmérővel előállított gömb térfogata mindenkor nagyobb a tényleges szemese-térfogatnál. Bányahomoknál például számos tapasztalati eredmény alapján

$$\varphi = 0,86$$

Ez a faktor örleményeknél általában 0,6—0,9. Az összefüggések megfelelő átalakításánál akkor járunk el a leghelyesebben, hogyha a szemcsét változatlanul gömbnek tekintjük, de a szemese tényleges fajsúlya helyett a faktor által csökkentett fajsúllyal dolgozunk.

$$\gamma_a = \varphi \gamma$$

6. Különböző nagyságú szemcsék halmazai

Lebegtetés esetében a kevert szemcsésű porok és örlemények viselkedését könnyen áttekinthetjük. Itt minden szemnagyságnak meg lesz a rá jellemző lebegési sebessége, hőátadási tényezője, melegedési ideje stb. Így hőkezelés esetében, ha

ismerjük a szemcsék szitaösszetételét, a halmaz átlagos viselkedésére következtetni tudunk. Meg tudjuk állapítani pl. hogy adott melegítési idő mellett a hőkezelt anyag hány százaléka ég túl, ég ki a technológiai követelményeknek megfelelően, és végül marad kiégetlen. Más a kép a fluidizációnál. A különböző nagyságú szemcsékből alkotott halmaz térkitöltése nyilvánvalóan jobb, mint a homogén halmazé.

A térkitöltés tényezőjének változása a szitaelemzés függvényeképpen számítással nem határozható meg. Minden heterogén örleménynél külön mérésre van szükség ennek megállapítására. Példaképpen megemlíthető, hogy a szitált homok térkitöltési tényezője mintegy 10%-kal kisebb a szitálatlan homokénál. Itt figyelembe kell venni, hogy a homokszemcsék a természetes homoknál is aránylag homogén halmazt alkotnak és a hézag-tér tényező a sokkal több szemnagyságot magukban foglaló ipari örleményeknél a homogén kiszitált frakció és az eredeti örlemény között sokkal jobban divergál.

7. Gyakorlati kivitel módjai

A) Lebegtető hőkezelés

a) Lebegtetés vízszintes csatornában.

A lebegtető hőkezelésnek ez a módja a keresztáramú hőátadásnak felel meg. Az örleményt továbbító füstgáz áram vízszintes irányban halad a csatornában, ugyanakkor azonban a szemcsék súlyúknál fogva lebegési sebességüknek megfelelően függőlegesen hullanak alá.

A 2. ábrából láthatóan a szemcsék a csatorna hosszmeteszetének átlója mentén mozdulnak el és csakhamar eléri a csatorna fenekét. Ha a légáram elég gyors és a szemcsék eléggé kicsik, akkor a Magnus effektus következtében ismét felemelkednek és egy ideig továbblebegnek. A 3. fejezet értelmében azonban ez a jelenség csak aránylag gyors gázáram esetében lép fel és miután a szemcséknek aránylag hosszú melegedési időre van szüksége, emiatt az autorotáció és a spontán lebegés eléréséhez rendkívül hosszú csatornák szükségesek. Ipari körülmények között a szemcsék legnagyobb része leülepszik, először a nagyobbak majd a kisebbek, dezintegráció lép fel, az egyes frakciók különbözőképpen melegsznek és a szemese-továbbítás is elakad. Ezek miatt ez a megoldás nem szerepel a gyakorlatban és részletesen nem is foglalkozunk vele.

b) Lebegtetés függőleges csatornában.

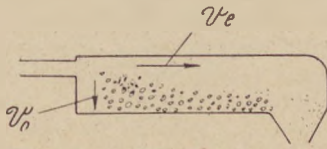
A módszer alapelve az, hogy függőleges csőben a hőátadó gázt letről felfelé vezetjük át és a gázáramban a szemcséket vagy ejtjük, vagy pedig a gázárammal együtt hajtjuk ki a készülékből. Az első eset ellenáramú, a második egyenáramú melegítést jelent.

A szemcsék sebessége a csőhöz képest

$$V = V_l - V_0$$

amely vagy pozitív sebességhez vezet, ez esetben a szemcsék a gázzal együtt haladnak, vagy negatív sebességhez, amikor a gravitáció hatására le-

felé mozognak a csőben. A lebegési sebesség igen érzékenyen függ azonos fajsúly mellett a szemcse-átmértől. Pl. 800°-os füstgázban egy 2500 kg m⁻³ fajsúlyú anyag szemcséi az átmérő függvényében a 3. ábra szerinti lebegési sebességet mutatják.



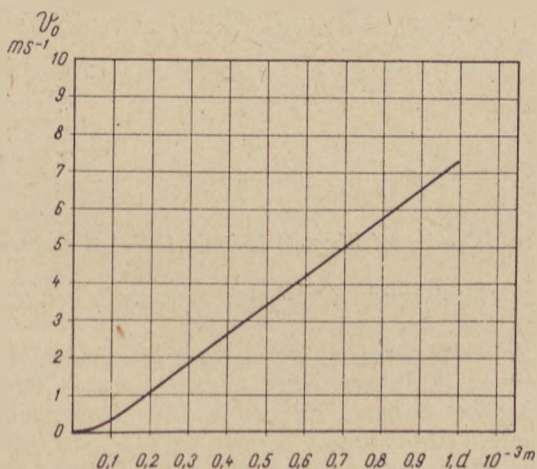
2. ábra. Lebegtetés vízszintes csatornában

Az ábrából láthatóan egy olyan őrlemény, amely 1 mm legnagyobb szemcseméret mellett tartalmaz 0,1 mm szemcséig minden átmérőt, a felfelé tartó gázáramban, ha annak sebessége 3,5 m, osztályozódni fog. A 0,5 mm \varnothing -nél nagyobb szemcsék lefelé fognak hullani, a 0,5 \varnothing -nél kisebb szemcsék a gázzal együtt felfelé mozdulnak el, a 0,5 mm \varnothing -jű szemcsék pedig mozdulatlanul lebegnek. Ez a viselkedés oda vezet, hogy az egyes szemnagyságok érintkezési ideje a hőátadó gázzal más és más lesz. Ennek ellenére elképzelhető olyan konstrukció, amely ilyen mértékben heterogén őrlemények hőkezelésére alkalmas. Ilyet mutat be a 4. ábra.

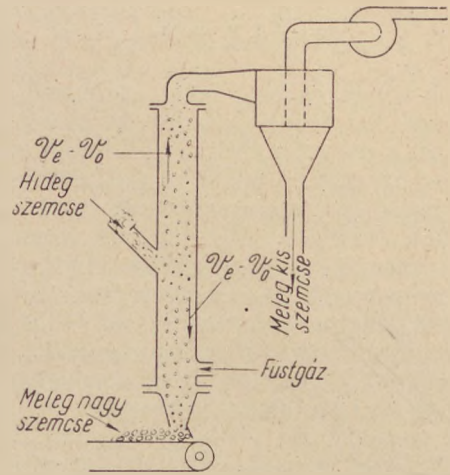
Az ábra szerinti elrendezésnél a gázsebességet úgy kell megválasztani, hogy az a lefelé hulló szemcsék kellő kiegészítést lehetővé tegye. A gázzal felfelé haladó szemcsék, kisebb méretük következtében, sokkal rövidebb melegítési időt igényelnek, és a készülék hossza úgy választható meg, hogy a szemcséknek legyen ideje kiégni, mielőtt még a csövet felül határoló ciklonban leválnának.

További lehetőség heterogén őrlemények lebegtető hőkezelésénél az, hogy az őrleményt annál a frakciónál választjuk ketté, amely az alkalmazott gázsebesség mellett éppen lebegne. Az ennél nagyobb szemcséket a függőleges akna tetején tápláljuk be és ejtjük, az ennél kisebb szemcséket pedig alul tápláljuk be és egyenáramban vezetjük végig a gázzal együtt a csővön.

Az 5. ábra Wilhelm Zollikofer—Krupp Grusonwerk eljárását mutatja be, amely 1938-ban



3. ábra. A lebegési sebesség szemcseátmérő függvényében ($t = 800 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho = 2500 \text{ kg m}^{-3}$)



4. ábra. Lebegtetés függőleges csatornában

735810 sz. alatt német szabadalmat nyert és amely mindkét variánst alkalmazza.

A megvalósításnak ez a módja, bár nem technológiai képtelenség, eddig még nem került a műszaki gyakorlatba. Ennek első oka az, hogy az ipari őrlemények szemnagysága zömben olyan, amelynek lebegési sebessége kisebb 1 m s⁻¹-nél. Ennél kisebb gázsebességek gyakorlatilag már nem alkalmazhatók, mert a spontán cirkuláció egy-magában nagyobb sebességhez vezet. Itt tehát ellenáramú lebegtetésről nem lehet szó. Ha jó kiégést akarunk biztosítani, akkor az egyenáramú lebegtetés mellett aránylag hosszú érintkezési időre és ezzel együtt igen nagy készülék méretre van szükség. Az ilyenfajta égetéshez szükséges kemence inkább gyárkéményre emlékeztetne, amely ciklonnal végződik. A második ok az egyenáram elvében rejlik. A hőátadó gáznak ilyen égetés mellett magasabb hőfokon kell elhagynia a kemencét, mint a hőkezelt anyag max. hőmérséklete. Ez igen nagyméretű hővisszanyerő berendezéseket (regenerátorokat) tesz szükségessé. A harmadik ok az, hogy az őrleményt igen melegen kapjuk meg és ennek hűtése ugyancsak bonyolult.

Elképzelhető azonban, hogy olyan őrleményről van szó, amelynek átlagos szemcséi nagyobbak 0,5 mm-nél és így pl. egy 4 m s⁻¹ függőleges sebességű gázáramban ellenáramban égethető. Ilyen esetben azonban mindenkor fennáll a gyűrűképzés és dugulás veszélye, mert ha az őrlemény csak kis százalékban is, de tartalmaz olyan frakciót, amelynek a lebegési sebessége éppen 4 m s⁻¹, akkor a kemence gáztere ebben a frakciónál állandóan dúsul és többórás üzem után olymértékű sűrűsödés áll be, hogy a kemence üzemképtelenné válik.

c) Lebegtetés függőleges konikus csőben.

A légsebesség felfelé táguló konikus csőben az átmérő négyzetével arányosan csökken.

Az összefüggés a sebesség és az átmérő között az alábbi módon írható fel képletszerűen :

$$d_0^2 v_0 = d^2 v$$

A két átmérő viszonya azonban kifejezhető a két magasság viszonyából, mint ahogy az a 6. ábrán látható.

$$\frac{d}{d_0} = \frac{h}{h_0}; v_l = v_{l0} \left(\frac{h_0}{h}\right)^2$$

A konikus csőben tehát a levegő változó sebességgel fog felfelé haladni és mennél magasabbra jut a cső szűk alsó végétől számítva, annál lassabban áramlik. A felfelé táguló konikus csőben lebegő heterogén szemcsekeverék tehát állandó lebegésben tartható. Mindenegyed szemmagyság ott fog lebegni, ahol a lebegési határsebessége éppen megegyezik a gázsebességgel. Számítható az összefüggés a szemcseátmérő és a csőnivó között. Lamináris áramlásviszonyok mellett ($5 < Re < 500$) Allen ellenállási tényezőjét alkalmazva, felírható a lebegés feltétele:

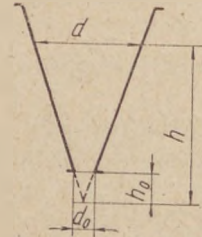
$$v_{l0} \left(\frac{h_0}{h}\right)^2 = 0,152 \frac{d^{1,14} \gamma^{0,715} g^{0,715}}{\nu^{0,428} \gamma_l^{0,715}} \quad (49)$$

és ebből a szemcseátmérő

$$d = 5 \cdot 2 \left(\frac{h_0}{h}\right)^{1,75} \left(\frac{\gamma_l}{\gamma}\right)^{0,626} g^{-0,626} \nu_{l0}^{0,875} \quad (50)$$

Az (50)-ből látható, hogy igen kis magasságkülönbség már jelentékeny eltérést okoz a magasság által jelzett szinten lebegő szemcsék átmérőjében. Az arány csaknem négyzetes. Nagyobb lebegő szemeknél, ahol az áramlási viszonyok turbulensek, tehát $Re = 500$ fölött, ez az érzékenység még fokozódik, mert itt a szemcseátmérő a magasság negyedik hatványával arányos.

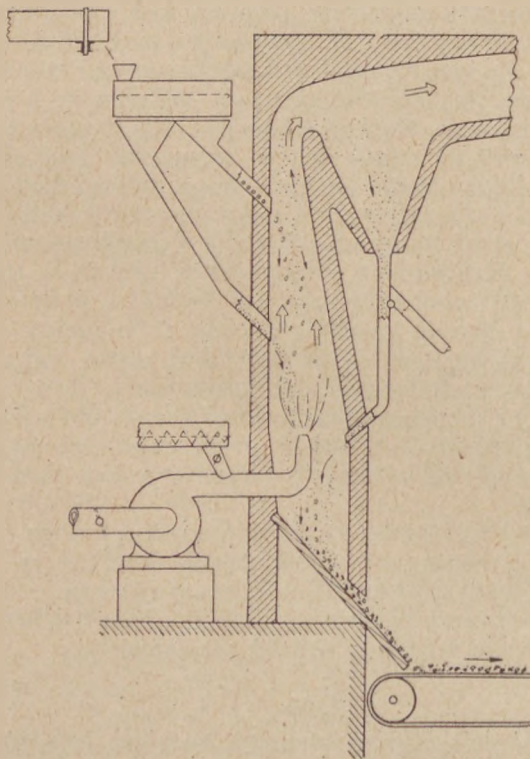
Fizikailag a felfelé táguló konikus cső megoldja a heterogén örlemények tetszőleges ideig történő lebegtetését a hőátadó gázban. Technológiailag azonban az elrendezés alig valósítható meg. Az első nagy nehézség a kiegészített szemcsék el-



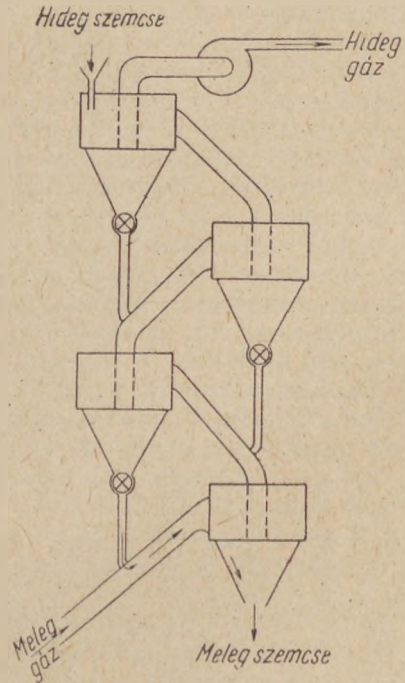
6. ábra. Konikus lebegtető edény

távolítása a dinamikus egyensúlyban lévő, mozdatatlan rendszerből. Ez folyamatos módszerrel igen bonyolult volna, szakaszosan esetleg elképzelhető. A másik nagy nehézség az, hogy itt a besűrűsödés veszélye még fokozottabban áll fenn, mint a függőleges hengeralakú csőben történő lebegtetésnél. Hőkezelő berendezés ilyen elv alapján tudomásunk szerint még nem épült, de szénportüzelés már több ízben. Ilyen felfelé táguló

konikus cső az alapja a Szikla—Rozinek-féle por-széntüzelésnek. Az elv itt amiatt használhatóbb, mert az elhamvadó szénszemcsék súlya és térfogata mintegy 1/4-ére csökken, tehát lehetőség van arra, hogy lentről felfelé elhagyják a kónuszt. Ennél a rendszernél azonban még így is állandó hamutorlaszok keletkeztek, amelyek üzemzavarhoz és igen gyakori kényszerű üzemszünethez vezettek.



5. ábra. Lebegtetés függőleges csatornában több szinten történő anyagbetöltéssel és anyagviszattöltéssel



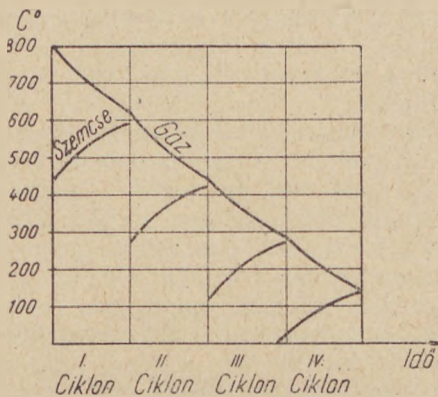
7. ábra. Ellenáramú lebegtető hőátadást célzó ciklonsorozat

d) Módszerek a lebegő szemcsék kényszermozgatása alapján.

Az eddig ismertetett három lebegtetési mód megegyezett abban, hogy a szemcse és a levegő egymáshoz képesti elmozdulását mindháromnál a szemcse súlya, tehát a gravitáció idézte elő. A relatív elmozdulás, azaz a lebegési sebesség, különösen kis szemcsékénél igen csekély. Emiatt a konvektív hőátadás nem fokozható korlátlanul a

szemcsenagyság csökkentésével, mert a lebegési sebesség olyan mértékben csökken, hogy a hőátadás meghatározott nagysághatár alatt ismét romlik. Emiatt kívánatos olyan módszert választani, amelynél a szemcse elmozdulását a hőátadógázhoz képest a gravitációnál erősebb ágens hozza létre.

Az első, a gyakorlatban is bevált ilyen megoldás a centrifugális erő alkalmazása a szemcsék relatív mozgásának gyorsítására olyan módon, hogy a szemcse-gáz elegyet ciklonba vezetjük. A ciklonban a relatív sebesség a szemcse és a gáz között méteres nagyságrendű, a hőátadás tehát



8. ábra. A hőmérséklet és az idő összefüggése a 7. ábra szerinti ciklonsorozatban

erősen fokozható. Nehézség azonban az, hogy a szemcse rendkívül rövid időt tölt a ciklonban lebegő állapotban mielőtt falat ér. A falhoz tapadó szemcserétegben a hőátadás ugyancsak kedvező, ha nem is annyira, mint a gyorsan mozgó lebegő szemcsénél.

A ciklonok alkalmazása ezen kívül lehetőséget nyújt arra is, hogy olyan finom szemcséket, amelyeket a gyakorlatban szokásos gázsebességek mellett már csak egyenáramban melegíthetnénk, több lépcsőben, ellenáramban melegítsünk. Ehhez a módszerhez az egymás fölött függőlegesen elhelyezett sorbakapcsolt ciklonsorozat alkalmas.

A 7. ábra szerinti elrendezésben, amely a Humboldt rendszerű cementkalcinátor egyszerűsített vázlatát, a füstgáz letről felfelé halad, a szemcsék pedig fentről lefelé. A felfelé haladó gázáram a szemcséket minden ciklonban átöblíti és leválasztja. A hőátadás az egyes ciklonokon belül keresztáramban, az egész rendszerben viszont ellenáramban történik. Az ilyen berendezés hőmérséklet-idő összefüggését a 8. ábra szemlélteti.

Végül meg kell emlékeznünk a lüktető (pulzáló) gázoszlopban történő lebegtető hőkezelésről. Itt a gáz és a szemcse közötti sebességfokozást

általán érjük el, hogy a hőátadó gázoszlopot akusztikus módszerekkel lengésbe hozzák. Az igen kis súlyú, tehát kis tehetetlenségű gáz molekulák gyors rezgésben vannak, ugyanakkor az aránylag nagy szemcsék tehetetlenségük révén a rezgést átvenni nem tudják. Ez a módszer kísérleti állapotban van, de az eddigi eredmények azt bizonyítják, hogy a hőátadás irama megtízszerezhető.

B) Fluidizáció

A fluidizáció gyakorlati megoldása általában abból áll, hogy a szemcsehalmozatot olyan perforált lemezre juttatjuk, amelyen a szemcsék még nem hullanak át. A perforált lemezen át megfelelő sebességű füstgázt sajtolunk. A folyamat szokásos üzemet kíván meg az esetben, ha a hőkezelés következtében nem következik be fajsúlyváltozás. Ha fajsúlyváltozás következik be, mint pl. a mész kiégésénél, akkor a fluidizált halmazban a nehéz nyers szemcsék alul, a könnyű kiégett szemcsék pedig felül helyezkednek el és ezáltal az égetés folyamatossá tehető. Csak arról kell gondoskodni, hogy a felül összegyűlt részterméket alkalmas szerkezettel eltávolítsuk az égetőtérből, ugyanakkor pedig, pl. stokerrel a réteg aljára nyers szemcsét adagoljunk.

Mód van a fluidizáció folyamatossá tételére esetleg olyan módon, hogy a hideganyag betáplálása és a kiégett anyagok elvezetése csőrendszeren át történik, ilyenkor azonban gondoskodni kell arról, hogy az anyag a csővezetékben is fluidizált állapotban legyen, mert enélkül eltömné a csöveket. A jobb hőkihasználás és a fluidizált ágy áramlási ellenállásának lehető csökkentése végett több vékony fluidizált ágyat szokás egymás fölött elhelyezni azonos készülékben. A fluidizációs hőkezelésnek ezt a módját kaskádos fluidizációnak nevezzük.

IRODALOM

1. Gröber—Erk: Die Grundgesetze der Wärmeübertragung. Springer-Verlag, Berlin—Göttingen—Heidelberg, 1955.
2. Eckert: Einführung in den Wärme- und Stoffaustausch. Springer-Verlag, Berlin—Göttingen—Heidelberg, 1949.
3. Eck: Technische Strömungslehre, Springer-Verlag, Berlin—Göttingen—Heidelberg, 1949.
4. Gumz: Theorie und Berechnung der Kohlenstaubfeuerungen. Verlag von Julius Springer, Berlin 1939.
5. P. Reboux: Phénomènes de Fluidisation. Association Française de Fluidisation, Paris, 1954.
6. Szilvássy Z.: A pneumatikus szállítóberendezések alkalmazása a timföld- és cementiparban. Felsőoktatási Jegyzetellátó V. Budapest, 1954.
7. Pattantyús A. G.: Anyagszállítás légáramban. Felsőoktatási Jegyzetellátó V. Budapest, 1953.

Hazai üvegek viszkozitás szerinti osztályozása

Dr. BOGNÁR AURÉL

Az iparban az üvegeket kemény és puha, illetve hosszú és rövid üvegekre szokták osztályozni. Ezekre a meghatározásokra felvilágosítást ad az üvegek mért abszolút vagy összehasonlító viszkozitási értéke. A szakirodalom adatai alapján az oxidösszetételekből számítható, megközelítő pontosságú értékek is szolgálhatnak tájékoztatásul.

A viszkozitás a folyadékok részecskéinek egymás melletti elmozdulásához szükséges belső súrlódási erő. Mértékegysége: a poise, az az erő, amelyik szükséges ahhoz, hogy egymástól egységnyi távolságban levő egységnyi felületű folyadékokat egységnyi sebességgel távolítson el egymástól, mértéke

$$\eta = \text{g/cm} \cdot \text{sec}$$

Az üveg viszkozitása igen széles határok között, gyakorlatilag 10^2 -től 10^{13} -on értékek között váltakozhat, ezért valamint a meghatározások hibahatárára való tekintettel a logaritmus értéke használatosabb.

Az üvegyártás technológiai folyamatai az üveg viszkozitási értékeitől függenek. A viszkozitási értékek pedig az összetételek és a hőfokok függvényei.

Az üvegfeldolgozás technológiai folyamatai meghatározott viszkozitási értékekhez vannak kapcsolva, azért különösen gépi feldolgozásnál az egyes munkafolyamatokhoz kapcsolt viszkozitási érték betartása elengedhetetlenül szükséges.

De nemcsak a gépi feldolgozás, hanem az üvegolvasztás és egyéb technológiai megmunkáláshoz is rendszerint meghatározott viszkozitási értékek tartoznak.

Igy az üveg olvasztási hőfokán a viszkozitásnak 10^2 poise körül kell lenni. A megmunkálhatóságnál a viszkozitás logaritmusa 3,0—8,6 érték között változik, a megmunkálás mineműségétől függően.

A Littleton-féle lágyulási pontban a log-ra 7,65 értéket szoktak felvenni, ugyanezen jellemző a transformációs pontban 13,4, 14,6, a hűtőskor pedig 13 szokott lenni.

Az üvegnél a viszkozitási értékek mérésére egységes módszer, amelyik az üveg viszkozitási határai között a teljes tartományt mérje, nincs.

A folyékony fázisban való mérés a viszkózus folyadékoknál szokásos mód szerint történhet. Alacsonyabb hőfokokon terhelt szál nyúlási sebességének vizsgálatával lehetséges. A két határ között jól alkalmazható vizsgálati módszer nem ismeretes.

Összehasonlítható viszkozitás vizsgálataink a hazai üvegek lágyuláspont körüli viszkozitási értékének meghatározására terjedtek ki, terhelt szál nyúlási sebességének mérései alapján. A főcél az volt, hogy azonos körülmények közötti mérésekkel hasonlítsuk össze a hazai üvegek viszkozitását és egyéb fizikai tulajdonságait.

A vizsgálatok alatt nem törekedtünk az abszolút viszkozitási értékek pontos meghatározására, bár Littleton és transformációs pontok meghatározásával az ellenőrzési lehetőség mindenütt rendelkezésre állt.

A főcél a rendelkezésre álló üvegminták viszkozitási értékeinek egymásközötti összehasonlítása volt a hőkiterjedési együttható egyidejű meghatározásával.

Rögzíteni akarjuk a jelenleg gyártott hazai üvegeknek ezeket a tulajdonságait és csoportosítani a rendelkezésre álló mintákból az egymáshoz közelállókat.

Megvizsgáltuk a rendelkezésre álló üvegminták lágyulási pontját. A lágyulási pontok egy 2 mm átmérőjű szál 240 gr. terhelés mellett 40 mm hosszban hevített szemmel látható kezdeti megnyúlás hőfokát jelenti, mikor a hőmérséklet emelkedése percenként 5 C fokot tesz ki.

Izoterm hőfokon ugyanezen, valamint kisebb terhelés mellett történt a viszkozitási értékek meghatározása is.

A vizsgálati eredmények alapján a következő csoportosítás szerint állítjuk össze eredményeinket:

Első csoport: magába foglalja az alacsony lágyuláspontú, kis viszkozitású aránylag magasabb hőkiterjedési együtthatójú ólomüvegeket.

A vizsgálati értékeket az 1. táblázat tartalmazza, a viszkozitási görbéket pedig az 1. ábra. Az 1. számú üveg 28% PbO, a 2. számú 32% PbO, a 3. számú üveg 10% PbO tartalmú ólomüveg.

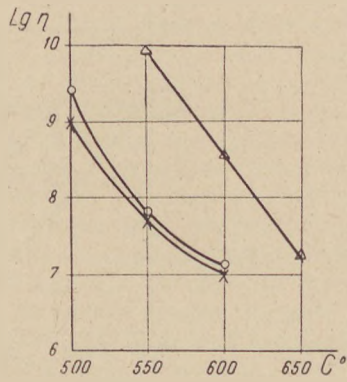
1. táblázat

Üveg száma	1	2	3
Lágyulási pont C°	480	480	550
Hőkiterj. egy. α 0—300	97,4	92,7	94,7
500 C° Viskozitás log. η	9,0	9,4	—
550 C° Viskozitás log. η	7,7	7,8	9,9
600 C° Viskozitás log. η	7,0	7,0	8,6
650 C° Viskozitás log. η	—	—	7,2

A táblázatban és az ábrából látható, hogy az 1. számú üveg a három üveg közül a leghagyabb, miután viszkozitási értéke 500° -on a legalacsonyabb és a mért hőfokhatárok között a leghosszabbnak ítéltető, miután ugyanazon hőfok intervallumban legkevésbé változtatja viszkozitását.

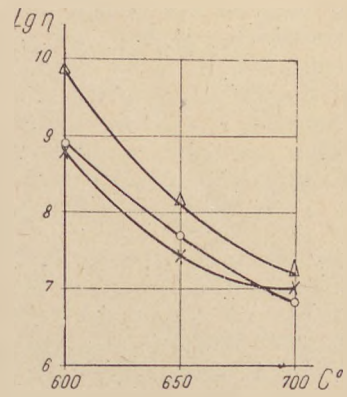
Bár a rövideg és hosszúság eldöntésénél okvetlen figyelembe kell venni az üveg hőkapacitását és hővezető képességét, különképpen a kemény üvegeknél. Az üveg hosszúsága szempontjából viszkozitás alapján összehasonlíthatni csak az egy hőfok intervallumban tartozó csoportokon belül szabad.

Az 1. számú táblázatban feltüntetett üvegek különleges célokat szolgálnak, tulajdonságaikat főleg a bennük levő ólomoxid mennyisége határozza meg.



x 1 sz üveg
o 2 sz üveg
Δ 3 sz üveg

1. ábra



x 8 sz üveg
o 9 sz. üveg
Δ 14 sz. üveg

2. ábra

Második csoport: itt megtalálhatjuk a legtöbb hazai gyárunk által rendelkezésre bocsájtott mésznátron üvegek adatait az ajkai-gyárat kivéve. A 2. táblázat tartalmazza a mért összehasonlító viszkozitási értékeket és a mért hőkiterjedési együtthatókat.

A hőkiterjedési együttható mért értékeit megpróbáltuk ellenőrizni az English—Turner által megadott koeficiensek felhasználásával és a 11. és 15. üvegek kivételével mindenütt magasabb értékeket kaptunk. Ennek magyarázatát abban találtuk meg, hogy egyrészt az English—Turnerféle koeficiensekkel 25—90 C° közt számított hőkiterjedési együtthatót kaptunk, ez az érték tapasztalat szerint alacsonyabb, mint a 0—300 C° közötti hőkiterjedési együtthatóé.

A magas hőfokon olvasztott 11. számú üveg mért hőkiterjedési együtthatója kisebb mint a számított érték, ez az alkáli párolgásból beálló veszteségből származhat, ami az aránylag nagy káliumoxid tartalom mellett fokozottabban léphet fel. A többi üvegeknél a magasabb hőkiterjedési együttható a cserép mellé adagolt esetleg nagyobb mértékű alkáli korrekció eredménye is lehet.

A táblázatban még érdemes megemlíteni azt, hogy a 4. és 5. számú üveg, bár alkália hordozókban különböző összetételű, viszkozitási görbéje megegyezik. A két üveg viszkozitásának egyezni is kell, különben ugyanazon technológia mellett

ugyanazon kemencében nem lehetne őket kiolvasztani.

A 6. és 7. számú üveget egy másik kemencében olvasztják, összetételük azonos és viszkozitási görbéjük is egyező, az 5-ös üvegtől azonban eltérő annak ellenére, hogy kiindulási összetételük megegyezik.

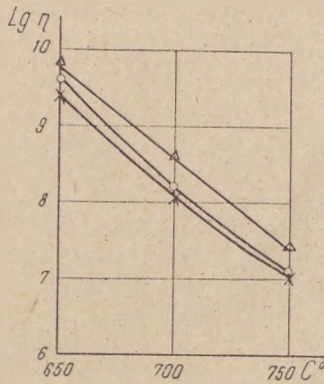
Ha feltételezzük azt, hogy egy fazék kemencében a hőfokelosztás egyenletes és a kemencében mindenegyes fazékhoz — egy meghatározott időben — a hozzávetetett hőmennyiség ugyanaz, úgy ebben a kemencében az előírt olvasztási idő alatt csak egy fajta viszkozitási görbéjű üveget lehet kiolvasztani. Ha a hőfok elosztás a kemence különböző helyein más, úgy különböző üvegek együttes előállítására is lehetséges, csak a megfelelő helyen megfelelő viszkozitású üveget kell olvasztani. A viszkozitástól függően más az üvegek olvasztási derülési és kidolgozási hőmérsékletigénye és más a szükségelt hőmennyiség.

Ahogy szükségszerűen kialakul az egy kemencében olvasztott kétféle üveg ugyanazon viszkozitása, ugyanúgy az egyazon összetételű üveg különböző kemencékben olvasztva különböző viszkozitást eredményez.

Ezeket láthatjuk a 4., 5. és 6. számú üvegek esetében. A 2. táblázatban foglalt üvegek viszkozitási görbéi közül csak hármat ábrázolunk tekintve, hogy az értékek egész közel esnek egymáshoz. Az összes görbék rajza zavarólag hatna, azért két

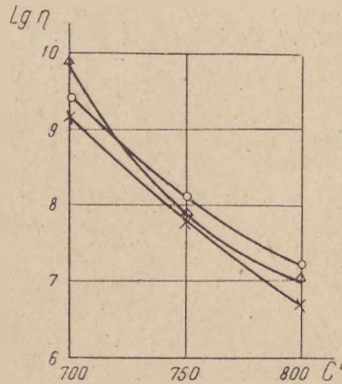
2. táblázat

Üveg száma	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Hőkiterj. együttható α 0—300	95,4	98,7	93,4	95,4	95,4	96,7	93,1	81,4	90,7	92,7	88,1	92,7	85,1	93,7	89,7	89,4
C°																
600 Viszkozitás log. η	8,5	8,6	9,0	9,0	8,7	8,9	9,0	9,4	9,5	9,5	9,8	9,5	9,5	9,4	9,6	9,7
650	7,4	7,4	7,6	7,5	7,4	7,6	8,0	8,0	7,9	8,0	8,1	8,2	8,4	8,3	8,0	8,2
700	6,5	6,5	6,8	6,8	7,0	6,8	7,0	7,1	6,9	7,0	7,2	—	6,9	7,2	7,0	7,1
Lágyulási pont C° . .	540	540	540	555	555	545	565	570	555	555	555	570	570	575	570	570



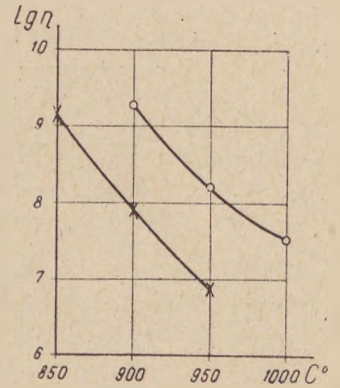
x 22.sz üveg
o 23.sz üveg
Δ 24.sz üveg

3. ábra



x 25.sz üveg
o 26.sz üveg
Δ 27.sz üveg

4. ábra



x 28.sz üveg
o 29.sz üveg

5. ábra

szélső és egy középső értékű viszkozitási görbét láthatunk a 2. ábrán.

A 8. számú üveg egy régi típusú automatagép üvege, a 9. egy barna földpátos üveg, a 14. és a vele teljesen hasonló összetételű 19. üveg, egyik háztartási üvegünk, illetve táblaüvegünk.

Harmadik csoport: rezisztens és zöld üvegek.

Ebbe a csoportba az alacsonyabb hőkitérjedési együtthatójú és magasabb lágyuláspontú üvegek kerültek. A viszkozitási értékük kb. 50 C°-kal magasabbban éri el azt az értéket, mint az előző csoportba foglalt mésznátron üvegeké.

A rezisztens üvegekre az alacsonyabb alkáli tartalom mellett a nagyobb alumíniumoxid és a jelen levő bórsav jellemző.

A zöld üvegeknél a magas alumíniumoxid, calciumoxid és vasoxid mellett, mangánoxid található. A kavasavtartalom aránylag kisebb. Ezekre az üvegekre általában jellemző, hogy vízben az előző csoporthoz viszonyítva rosszabbul oldódnak és hőállóságuk azoknál valamivel jobb. A rezisztens üvegek nem változtatják meg a bennük tárolt gyógyszeroldatok kémiai hatását és a zöld üvegekben is előnyösebben tárolhatók savak, lúgok és vegyszeroldatok, mint a közönséges mésznátron üvegekben.

3. táblázat

Üveg száma	20	21	22	23	24
Hőkitérj. egy. α 0—300	63,4	62,1	85,4	86,1	82,1
650 C° Viskozitás	9,3	9,6	9,4	9,6	9,7
700 C° log · η	7,8	8,2	8,1	8,2	8,5
750 C°	7,0	7,4	7,0	7,1	7,4
Lágyulási pont C°	630	620	640	630	635

A 3. táblázat tartalmazza a két megvizsgált rezisztens (20, 21) és három zöld üveg adatait.

A zöld üvegek viszkozitási görbéjét vizsgálva megállapíthatjuk azt, hogy a 22. és 24. számú üveg görbéjének a lefutása meredek. A mért hőfok intervallumban a legrövidebbnek a 23. számú üveg látszik, miután legnagyobb a viszkozitás esése. Bár a hosszúság és rövidség pontos megállapításához a görbe logaritmus értékének a folyékony

fázisban a három egységig tartozó részét is meg kellene határozni.

Általános tapasztalat az, hogy a kemény üvegek, amelyeknek kidolgozása magas hőmérsékleten történik, általában hamar lefagynak. Ezt a nagyobb hőmérséklet miatt bekövetkező gyorsabb hővesztés okozza.

A kemény üvegek egyrésze aránylag kevés kavasavat tartalmaz, minek következtében üvegszerű tulajdonságaikból veszítenek. Hirtelenebb olvadnak meg, hirtelenebb szilárdulnak, viselkedésük az eutektikumokhoz válik hasonlóbbá. Ilyen tulajdonságra szükség is van, mert különben olyan magas olvasztási hőmérsékletet igényelnének, amit már a kemenceanyagok nem bírnának el.

Negyedik csoport: Ide a hazai üzemszerűen gyártott hőálló laboratóriumi és egy kísérleti üveget soroltunk be. Ezek az üvegek már kimondottan

4. táblázat

Üveg száma	25	26	27	28	29
Hőkitérj. egy. α 0—300	45,4	36,7	32,7	41,4	29,4
Lágyulási pont C°	640	660	660	810	860
700 C°	9,1	9,4	9,8	—	—
750 C°	7,8	8,1	7,9	—	—
800 C° Viskozitás	6,7	7,2	7,0	—	—
850 C° log · η	—	—	—	9,1	—
900 C°	—	—	—	7,9	9,3
950 C°	—	—	—	6,9	8,2
1000 C°	—	—	—	—	7,5

a kemény üvegek csoportjába tartoznak. Lágyulási pontjuk magas, hőkitérjedési együtthatójuk alacsony. Vízrel, savval és lúggal szemben ellenálló, hőváltozást jól bírnak. Laboratóriumi edények előállítására, híradástechnikai és műszaki célokra igénybevehetők. Jellemző rájuk az alacsony alkáli tartalom. Adatait a 4. táblázat 25., 26. és 27. számú rovata tartalmazza.

Viszkozitási görbéiket a 4. ábrán láthatjuk.

Ötödik csoportba tartoznak az igen kemény alkálimentes üvegek. Ezekből hazánkban két főlét állítottak, illetve állítanak elő; az egyik magas

hőfokon is nagy elektromos ellenállású üveg, a másik pedig egy igen magas lágyuláspontú nagy hőhatásoknak kitett igen kemény üvegfajta. A 4. táblázat 28. és 29. rovatában láthatók.

Viszkozitási görbéiket az 5. ábra tünteti fel.

Úgy a 4. csoportba tartozó hőálló üvegek, de különösképpen az 5. csoportba tartozó igen kemény üvegek különleges olvasztási technológiát kívánnak, különleges igen magas hőállóságú tűzálló anyagokat és ezen a magas hőmérsékleten is az üveg hatásának ellenálló kádköveket.

Az 5. csoportba sorolt üvegek igen nagy ugrással követik a 4. csoportot és maguk is külön-külön csoportba tartozhatnának, a két csoport elé pedig még besorolhatnánk két viszkozitási intervallumot.

Jól látható ez, ha az egyes csoportokból példaként egy-két üveg viszkozitási értékeit egymás mellett felsoroljuk, amint azt az 5. táblázat mutatja.

5. táblázat

Csoport száma ...	1	2	3	4	5		
Üveg jelzése	2	3	12	21	26	28	29
500 C°	9,4						
550 C°	7,8	9,9					
600 C°	7,0	8,6	9,5				
650 C°		7,2	7,9	9,6			
700 C°			6,9	8,2	9,4		
750 C°				7,4	8,1		
800 C°					7,2		
850 C°						9,1	
900 C°						7,9	9,3
950 C°						6,9	8,2
1000 C°							7,5

Vizsgálatok eredményeiből az 5. táblázat útmutatása alapján értékes megállapítást szűrhetünk le, azt hogy az összes üvegfajták egységes osztályozására, meghatározott hőmérséklet határok közé rendelt viszkozitási értékek a legalkalmasabbak. Az egyes üvegek abba a csoportba sorolandók be, amelyeknek előírt hőfokhatárai közé esik a megkövetelt viszkozitási intervallum.

Ha a szélső viszkozitási értékeket egymástól távol írjuk elő (a viszkozitási görbe nagy intervallumra terjed ki) akkor az egyes csoportok hőfokhatárai egymásba nagyon átnyúlnak és pedig a csoport határt minél szélsőbb viszkozitási értékre terjesszük ki annál nagyobb mértékben.

Kis viszkozitási görberész pontosabb besorolást tesz lehetővé, nagyobb hőfokhatáron belül mért görbe pedig jobban felvilágosítást ad az üveg egyedi viszkozitási sajátosságaira. A viszkozitási értékek kijelölt határaitól meghatározhatjuk azt, hogy az üveg milyen tartománybeli tulajdonságaira akarunk felvilágosítást kapni. Az olvasztás, a feldolgozás, a hűtés vagy az egész viszkozus területről.

A viszkozitási értékek vizsgálati módja azonban legtöbb esetben a mért tartományt illetve a mérhető szélső viszkozitási értékeket meghatározhatja.

A 6. táblázat azt mutatja, hogy jelen közleményünkben milyen viszkozitási értékeket vettünk alapul ahhoz, hogy a táblázatban meghatározott hőfokhatárok között a csoportosításokat végrehajthassuk.

6. táblázat

Viszkozitás érték log. η	10—6				
Csoport	1	2	3	4	5
C° hőfokhatárok közt	500—600 550—650	600—700	650—750	700—800	750—850 800—900 850—950 900—1000

Ezek szerint az első csoportba tartoznak azok az üvegek, amelyek viszkozitásának 10—6 logaritmus értéke 500—600 és 550—600 C° közé esett.

A második csoportba azok, amelyeknek fenti 10—6 viszkozitási értéke 600—700 C° között van és így tovább.

Hazai üvegekre a közlemény keretében a 6. táblázat szerinti beosztás alakult ki. A viszkozitási értékek és a hőfokhatárok megválasztása

szerint az összes létező üvegek csoportokba sorolhatók, a további felosztást aztán a fizikai, kémiai tulajdonságok vagy a felhasználás szerint folytathatjuk tovább és végül az egyedek kémiai összetétele szerint fejezhetjük be.

A csoportokon belüli felosztás és az egyedi tulajdonságok vizsgálatára jelen közleményben nem törekedtünk. (A vizsgálatokat Nagykanizsai Üveggyár laboratóriumában Köves Magdolna végezte.)

A magyar szellemi termékek exportjáról

GOMPERZ ISTVÁN

A magyar tudósok, kutatók, mérnökök, általában a magyar műszaki értelmiség szellemi termékeinek külföldi értékesítéséről igen sok szó esik az utóbbi időben. Az 1956. őszi események után, népgazdaságunk zilált helyzete következtében számos műszaki értelmiségi vesztette el munkahelyét. Ez év elején, abból a hamis feltevésből kiindulva, hogy ezeknek a műszaki dolgozóknak az elhelyezkedését nem fogjuk tudni rövid időn belül biztosítani, több olyan javaslat látott napvilágot, hogy munka nélkül maradt műszaki dolgozóinkat rövidebb-hosszabb időre bocsássuk a baráti államok rendelkezésére, hogy külföldi üzemekben, tervező irodákban, kutatóintézetekben, stb. fejtsék ki munkásságukat. Ez a megoldás helytelen lett volna és az események máris bizonyították, hogy ennek az elgondolásnak a kiindulása volt hamis. Az átmenetileg elbocsátott műszaki értelmiségieknek a zöme ugyanis időközben elhelyezkedett és nem kérdéses, hogy népgazdaságunk igen rövid időn belül felszívja azt a néhányat is, akik ma még munka nélkül vannak, vagy nem a képességeiknek megfelelő munkahelyen dolgoznak. Mérnökeinkre tehát itthon van és lesz is szükség.

Ha tehát a magyar műszaki értelmiség termelő kapacitásában bizonyos átmeneti fölösleg mutatkozik az országon belül, akkor a helyes megoldás nem a mérnökök exportja, hanem a mérnöki munka külföldi értékesítése.

A probléma kiterjed valamennyi tudományágra és iparágra, a továbbiakban azonban csak az építőanyagipari szellemi export kérdéseiről kívánok szólni.

Szellemi exporttal, ha nem is önállóan és elkülönítve, eddig is foglalkoztunk. Építettünk és építünk külföldön építőanyagipari üzemeket, vasbetonaljgyárat, üvegyárat. Ezeket az üzemeket, vagy üzemi berendezéseket itthon terveztük, tehát a külföldi megvalósulás magába foglalja a szellemi termékek exportját is. Ez azonban korántsem meríti ki a lehetőségeket. Az Építésügyi Minisztériumhoz tartozó tervező irodák és kutató intézetek ennél lényegesen nagyobb volumenű, olyan munkát tudnak produkálni, amely az iparilag fejlődő külföld felé, — a baráti államokon kívül elsősorban a közel- és középkeleti országok számára — komoly értéket képvisel.

Miután a magyar műszakiak úgy képzettség, mint találmányosság és ötletesség tekintetében mindig felvehették a versenyt bármely ország mérnökeivel, kézenfekvő egyrészt, hogy szellemi termékeiket a külföld rendelkezésére is bocsássuk, másrészt az sem vitás, hogy a külföld azokat szívesen fogadja.

Az export részére felhasználható építőanyagipari szellemi tevékenységet három főcsoportba lehet osztani:

1. tervezési munkák,
2. technológiai eljárások kidolgozása,
3. műszaki tanácsadás.

A tervezési munkák csoportjába az építőanyagipar területén az építőanyagipari gyártó berendezések technológiai tanulmányai, tervei, műszaki tervei, kiviteli tervei, valamint a nem sorozatban gyártott gépek egyedi gépészeti tervei tartoznak. Ezenkívül idetartoznak még azok a tervezési munkák, amelyek majdnem minden gyártelep létesítésénél szükségesek. Pl. az elektromos energiaellátással, vízellátással, szennyvízelvezetéssel, út- és vasútépítéssel kapcsolatos tervezési munkák. A tervezést tehát ilyen vonatkozásban sem lehet pusztán az építőanyagipar területére korlátozni. Az Építésügyi Minisztériumhoz tartozó tervező irodák felépítése olyan, hogy működésük majdnem az ipar egész területére kiterjed. Az Iparterv, az FTI, a KÖZTI, a LAKOTI, a MÉLYÉPTERV bármilyen iparág technológiai, gépészeti és a létesítmények felépítéséhez szükséges valamennyi tervezési problémáinak megoldását a legfejlettebb technika alapján képes elvégezni. Ezekben a tervező irodákon kívül rendelkezésre állanak a más tárcákhoz tartozók, mint az UVATERV, a KGMTI és más szervek. Megvan tehát a lehetőség arra is, hogy nagyobb tervezési munkát elvállaljunk a külföld számára. Ilyen irányú érdeklődések nagy számban érkeztek be a külkereskedelmi vállalatokhoz. Példaképpen megemlítem a következőket: Ankara város vízellátása; Port-Said-i sólepárló üzem kibővítése és a hajórakodás megoldása; alexandriai partmegerősítés stb. A napokban készült el egy gépesített kőbánya tervdokumentációja, továbbá egy üvegyár műszaki terve.

A technológiai eljárások csoportjának két ága lehetséges. Az egyik ismert technológiák kidolgozása, az iparilag fejlődésben lévő országok részére. Ez történhet olyképpen, hogy az illető ország valamely feltárt nyersanyagának feldolgozásához technológiát kér, de történhet úgy is, hogy megfelelő szakemberekből összeállított küldöttség keres fel valamely országot, segít a nyersanyagok feltárásában és feltérképezésében, javaslatot tesz azok kiaknázására. Ennek a javaslatnak az alapján kidolgozzuk a megfelelő technológiát. Egy ilyen megállapodás jelenleg is van, egy négytagú küldöttség rövidesen el is utazik. Hozzá kell tennem, hogy a küldöttség útjának költségeit a külföldi fél viseli, tehát az utazás, amelynek alapján szellemi, esetleg anyagi exportmegbízás is várható, nem jelent kiadást a magyar állam számára.

A technológiai eljárások csoportjának másik ága az új technológiák, találmányok, nagyjelentőségű újítások külföldi értékesítése. Az építőanyagiparban ezen a területen egy próbálkozáson kívül még semmi sem történt, pedig lehetőség volna. Közismertek azok az új technológiai eljárások, amelyek a szocialista tömb különböző országaiban láttak napvilágot és amelyek ezekben az országokban tapasztalatesere útján terjedtek el. Az elterjedés oka mindig az volt, hogy ezek az eljárások a klasszikus módszerekkel szemben gazdasági

előnyt jelentettek. Nyilvánvaló, hogy az elérhető gazdasági eredmény érdekében a tőkés országok hajlandóak ezeket az eljárásokat megvásárolni, tehát piacot jelentenek az ilyen természetű export számára. Az Építőanyagipari Központi Kutatóintézet kidolgozta a bentonitnak egy új aktiválási eljárását. Ez a technológia igen nagy lehetőségeket nyit meg, mert alacsonyabb üzemköltséggel jobb minőségű aktivált bentonitot eredményez, mint az eddig ismert és használt eljárások. Az új eljárás jelentőségét növeli az a körülmény, hogy az aktivált bentonit felhasználási területe, és ezzel kereslete a világpiacon, az utóbbi időben rendkívüli mértékben megnövekedett.

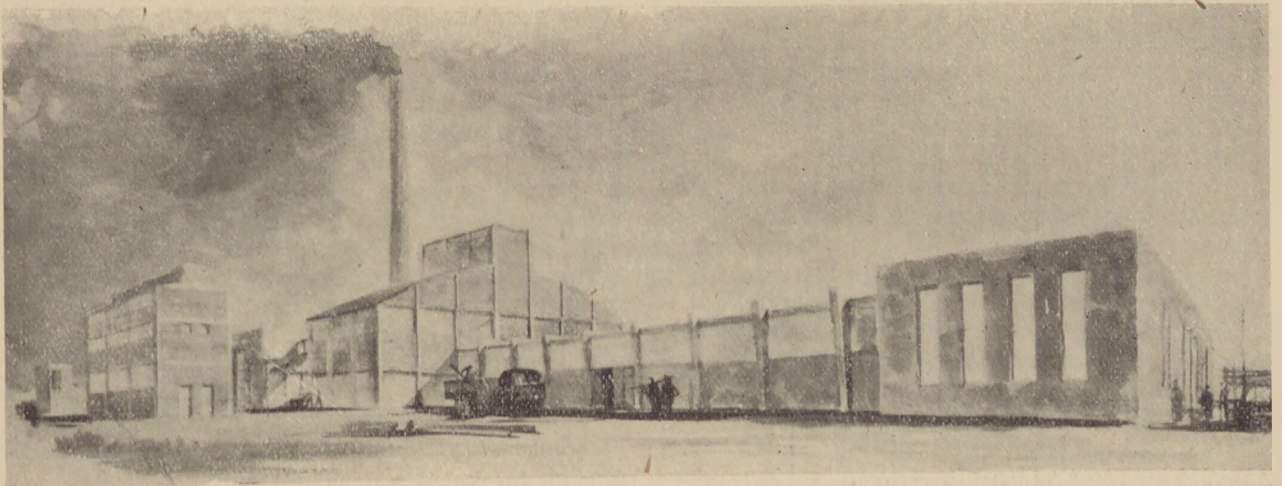
A szellemi export lehetőségeinek harmadik csoportja a műszaki tanácsadás. Ez a téma nem új, a múltban mérnökeink úgy belföldön, mint külföldi viszonylatban kiterjedt területen foglalkoztak üzemi műszaki tanácsadással, amely többnyire az üzemek valamilyen vonatkozású racionalizálásával állott kapcsolatban. Számos olyan mérnöki iroda működött, amelynek ez képezte főfeladatát és létalapját, de foglalkoztak ezzel a témával alkalmazásban álló műszakiak is, szabad idejükben. Nem látom akadályát annak, hogy ezt a működési területet állami vonalon, mint exporttevékenységet felhasználjuk. Lényegében arról van szó, hogy néhány nagy gyakorlatú szakmérnökből álló küldöttség felkeresi a külföldi építőanyagipari üzemeket, egy-egy gyárat néhány napig tanulmányoz, majd a tanulmány alapján javaslatot tesz a gyárban végrehajtandó intézkedésekre. A javasolt intézkedések vonatkozhatnak a munka megszervezésére, korszerű berendezések beszerzésére, vagy a technológiának a meglévő berendezések felhasználása melletti megváltoztatására. Minden egyes javaslatnak tartalmaznia kell a megvalósítás esetén várható gazdasági kihatásokat. A műszaki tanácsadási tevékenységnek elsősorban a gazdaságilag elmaradott, tőkés országokban van piaca. Nagy eredményeket lehetne elérni jó tüzeléstechnikai megoldásokkal. Téglagyári körkemenőkhöz pld. a kapitalista külföldön általában még szokásos konzervatív berakási módszer megváltoztatásával jelentős megtakarítás érhető el tüzelőanyagban és az állandó rezsiben. Még jelentősebb

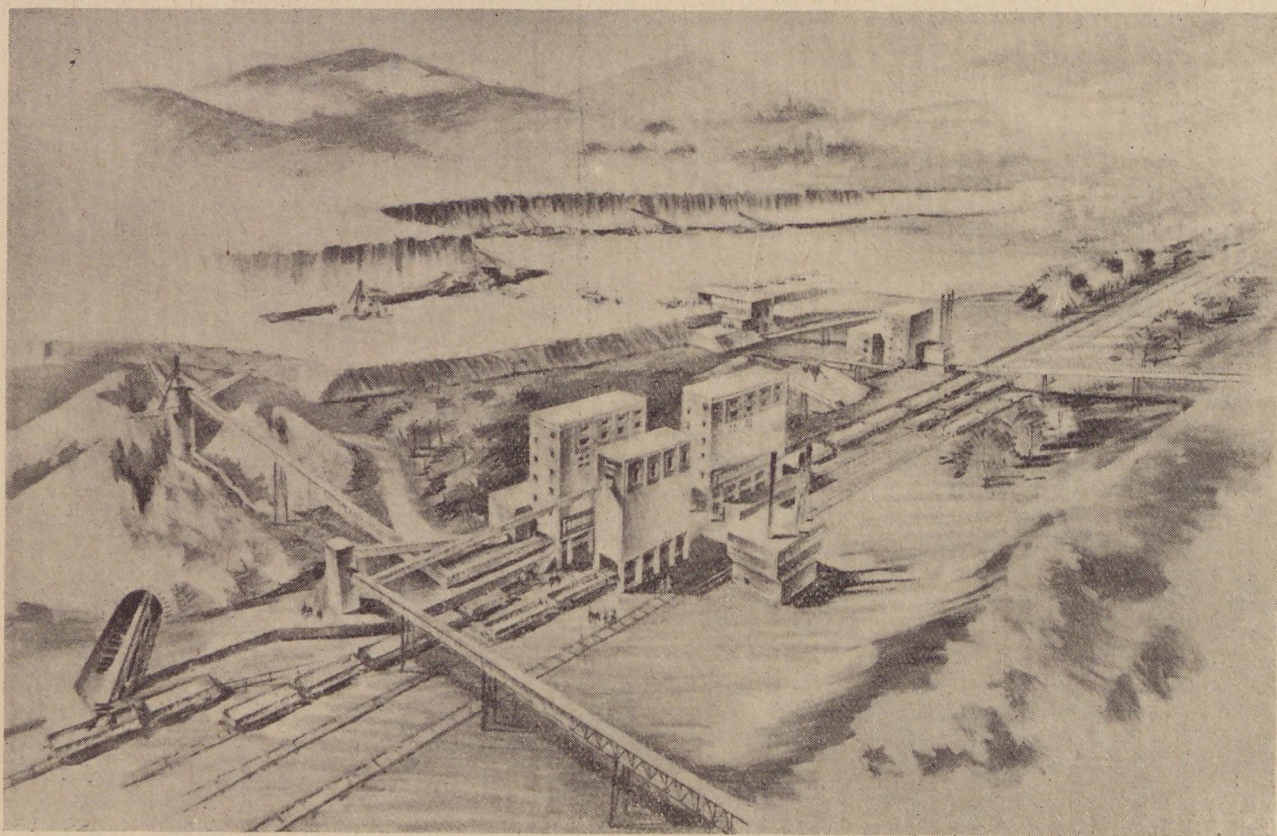
gazdasági előnnyel jár a hővisszanyerő berendezések alkalmazása olyan üvegipari kemencéknél, amelyekből a forró füstgázok kihasználatlanul, közvetlenül távoznak.

A műszaki tanácsadás díjtalanul történik. A megbízó a munkáért nem fizet, mindössze az üzembe kiszálló mérnökök készkiadásait téríti. A megállapodásnak azt kell kikötnie, hogy a javaslatok megvalósításának eredményeképpen mutatkozó megtakarításnak milyen hányadát és mennyi időre téríti a megbízó a vállalkozónak, illerőleg a magyar államnak. Az ilyen típusú üzletkötés a tőkés gyárosok számára rendkívül tetszetős és előnyös, mert semmiféle rizikót nem jelent, a mutatkozó megtakarítás bizonyos hányadát pedig szívesen fizetik. Munkaszervezési vonalon igen gyakori, hogy nagy tapasztalatú mérnökök a munkamódszer csekély átszervezése folytán könnyen megtakarítanak egy-két főt, amely megtakarítási lehetőséget az üzemben dolgozó műszakiak az elkerülhetetlen üzemi vakság következtében nem vesznek észre.

A fentiekből világos, hogy a szellemi munka termékeinek exportja jelentős és folyamatos devizahozamot biztosítana anyagmentesen az ország részére. Ezenkívül a szellemi export sok esetben vonhatja maga után a megtervezett berendezések, vagy a javasolt intézkedések végrehajtásához szükséges berendezések megrendelését.

Mi hát az oka annak, hogy ezt a lehetőséget eddig nem használtuk ki kellően? Nem olyan szerv foglalkozik a szellemi export kérdésével, amelynek ez lenne az egyedüli feladata, vagy legalábbis főfeladata. A tervező irodák, kutatóintézetek, nem foglalkozhatnak közvetlenül külkereskedelmi tevékenységgel, hanem a külkereskedelmi vállalatokra vannak utalva. Ugyancsak nem foglalkozhatnak közvetlen külkereskedelmi tevékenységgel az egyes tárcák, vagy azok export fővállalkozó irodái, amelyek pedig feltétlenül jobban vannak érdekelve a saját területükhöz tartozó szellemi exportban, mint valamely külkereskedelmi vállalat, amelynek tevékenységében a szellemi export csak egy jelentéktelen és volumenben igen kis hányadot képvisel, nem is szólva a különleges műszaki képzettség és tapasztalat hiányáról. Nagyrészt ennek





tudható be, hogy abból a nagyszámú érdeklődésből és igényből, amelyek akár a tárcához közvetlenül, akár valamely tervező irodához, vagy kutató intézethez beérkeztek, a külkereskedelmi szervek nehézkes, hosszadalmas ügyintézése miatt nem született megbízás, vagy csak igen ritka esetben.

Feltétlenül meg kell tehát találni ennek a kérdésnek a megnyugtató megoldását. A szellemi exportnak megfelelő szervezet kialakításának a szakértelmen és a szakmai gyakorlaton kell alapulnia. Ebből kifolyólag nyilvánvaló, hogy a szellemi export irányítását és bonyolítását a szakmailag illetékes tárcára kell bízni. Ez nemcsak azért fontos, mert az iparági — jelen esetben az építőanyagipari problémákkal foglalkozó — tervező irodák és egyéb, a szellemi exporthoz közreműködő szervek az Építésügyi Minisztérium felügyelete alá tartoznak, hanem azért is, mert az egyes iparágakban legmagasabb műszaki képzettséggel és legnagyobb szakmai gyakorlattal rendelkező műszaki dolgozók a minisztériumon belül, vagy a minisztériumhoz tartozó szerveknél működnek. Így természetesen az export számára rövidebb-hosszabb időre közvetlenül rendelkezésre állhatnak.

Nem helyes az a jelenlegi állapot sem, hogy a szellemi export piackutatását, propagandáját a külkereskedelmi szervek végzik. Az üzletkötést megelőző tevékenységnél a szakértelem ugyanolyan, ha nem nagyobb súllyal esik latba, mint a bonyolításnál. A szellemi exportra vonatkozó igények csak a legkritkább esetben futnak be a magyar külkereskedelmi kirendeltségekhez. Leg-

több esetben az ilyen megbízás szükségességét a külföldi érdekeltek fel sem ismerik, ezekre fel kell a figyelmüket hívni. Ez pedig csak személyes kapcsolat útján, szakmai beszélgetés közben történhet meg eredményesen. Az ilyen szakmai beszélgetést csak olyan szakemberek folytathatják, akik a felmerülő műszaki kérdésekre a beszélgetés folyamán közvetlen, szakmailag helyes választ tudnak adni. Hozzájárulhat a piackutatáshoz és a propagandához az illető külföldön tartott néhány, jól megválasztott tárgyú, szakmai előadás is. Kétségtelen, hogy ezt a tevékenységet külkereskedelmi szervek elvégezni nem tudják és nem is tudhatják.

Az építő és építőanyagipari szellemi export területén komoly előretörésre tehát csak akkor lehet számítani, ha az Építésügyi Minisztérium az ÉM. Export Fővállalkozó Irodán keresztül maga veheti kézbe a szellemi export irányítását és bonyolítását. Ha a kormányzat gondoskodik az Építésügyi Minisztérium részére olyan devizakeretről, amely lehetővé teszi, hogy a piackutatást, az exportpropagandát és a bonyolítást saját, vagy a felügyelete alá tartozó szervek szakembereivel önállóan végezze. A külkereskedelmi szervek pedig végezzék a már előkészített ügyletek megkötésével és elszámolásával kapcsolatos kereskedelmi munkát. Csakis ilyen módon biztosítható az a szakmai alap, amely szükséges ahhoz, hogy az építőipari és építőanyagipari szellemi export olyan méretekben épüljön ki és olyan súlyt képviseljen külkereskedelmünkben, mint amilyen népgazdasági jelentőségénél fogva méltán megilleti.

L a p s z e m l e

„Cement“ Moszkva folyóirat 1957. évf. 1. számából
(január—február)

- Jung, V. N., Timasov, V. V.:* Az alit és a belit kristályosodása különböző klinkerégetési rendszerben. (p: 4—7; á:2; t:2; g:4).
Az alit és a belit kristályok méretei. Az égetési hőmérséklet és idő befolyása az alit kristályok növekedésére. A klinker lassú lehűtésének hatása az alit és belit kristályok növekedésére. Az alit és belit kristályok alakja és szerkezete.
- Boszenov, P. I., Szuworova, G. F.:* A nagynyomású gőzzel kezelt cementszilárdulási termékek termográf vizsgálata (p:8—13; á:3; t:3).
A cementszilárdulás termékeinek vizsgálata termikus elemzéssel. A vizsgált cementek ásványi összetétele. A hidratált cementek vizsgálata dinamikus lebegtetés módszerével. A cementek nyomószilárdsága és a vízgőznyomás közötti összefüggés.
- Hodorov, E. I.:* Hidrodinamikai és hőcsere-viszonyok aprószemes anyagok égetésekor lebegő rétegben (p:14—21; t:3; g:2).
A finom szemszerkezetű anyag égetése lebegő rétegben. Hidrodinamikai feltételek. Hőcsere. A lebegő réteg hidraulikus ellenállása. A lebegő rétegben lejátszódó hőcsere.
- Arejev, V. A., Cservenko, A. Sz., Tkacsev, V. V.:* A golyósmalom teljesítményének fokozása (p:21—24; á:2; t:3).
A laboratóriumi golyósmalomban végzett kísérletek eredményei.
- Gorbatij, Ju. E.:* A tömítő cement minőségének javítása (p:23—24; g:2).
A cement szilárdsága és a klinkerben lévő szabad CaO közötti összefüggés. A klinkerben lévő szabad CaO és az alumínium modulus nagysága közötti összefüggés.
- Valberg, G. Sz., Plakszina, P. E.:* A nyerslisztben és az iszapban lévő szén közvetlen meghatározása (p:26; á: 1).
A szén meghatározására szolgáló berendezés leírása. A nyerskeverékben lévő szén mennyiségének kiszámítása.
- Csop, Ju. I.:* Az iszaptartályok tisztítása hidraulikus gépesítési módszerrel (p:27—28; á:1).
- Drabkin, G. Sz.:* A cementipar automatizálásának mai színvonala (p:31—32).

„Cement“ Moszkva folyóirat 1957. évf. 2. számából
(március—április)

- Ginsburg, G. G., Kind, V. V.:* Salakportlandcement, mint a vízépítészeti beton kötőanyaga (p:1—8; g:2; t:7).
A salakcement felhasználása és gazdaságossága. A salakcement felhasználásával készült betonok mechanikai szilárdsága, vízáteresztőképessége, fagyállósága, zsugorodása és duzzadása. Hő kiválás a salakportlandcement szilárdulásakor. A szilárdulás meggyorsítása. Megállapítás: a salakportlandcement felhasználásával készült betonok teljesen monolitok, a beton szilárdsága 3—4 év elteltével eléri a 250—325 kg/cm²-t, a felületen pedig 300—400 kg/cm²-t. A salakportlandcementet azonban nem lehet alkalmazni oly létesítmények kivételénél, ahol a betonnal szemben fokozott fagyállóságot és atmoszferikus ellenállóképességet követelnek.
- Mironov, Sz. A., Asztrejeva, O. M., Malinina, L. A.:* A trikalclumaluminát és tetraalkalclumaluminium-ferrit ásványok és a flinoman örölt kvarehomok kölesönhatása az autokláv kezelésnél (p:9—13; á:4; g:1; t:2; b:4).
- Szohackája, G. A., Szalomatina, Ju. F.:* A „Komszomolec“ üzem tapasztalata a bélés tartósságának növelése tekintetében (p:13—18; á:2; g:3; t:4).
A forgókemencek leállásait a legtöbb esetben a bélésnek a zsugorítási zónában előforduló kopása idézi elő. A bélés tartósságának ellenőrzése az üzem hőtechnikusai által. A tartósság növelésére tett intézkedések.
- Ruscuk, G. M.:* A cementhabares szilárdsági és rugalmassági dinamikus modulusai közötti összefüggés (p:18—24; á:2; g:1; t:3; b:4).
- Szanadze, I. A.:* Az aszkángél (bentonit tartalmú agyag) befolyása a mélyfúrási cement tulajdonságaira (p:24—25; t:3).
Az aszkángél és a mélyfúrási cement kémiai jellemzői. Az aszkángél adalékanyag befolyása a cement kötésére és a mélyfúrási portlandcement szilárdságára.
- Kulesov, Sz. I.:* A klinker vízpermetezése a forgókemence hűtési zónájában (p:26; á:1).
- Neszvizsszkij, O. A.:* A forgókemence köpeny deformációját meghatározó készülék (p:27; á:1).
- Ogandzsanova, Sz. Sz.:* A cementkötés idejének automatikus meghatározására szolgáló készülék (p:28—29; á:2; t:1).
- Valberg, G. Sz.:* A Lengyel Népköztársaság cementipara (p:30—32).

Sztroitelnyie Materialii, Moszkva folyóirat 1957. évf.
3. számából

- Kusztov, I.:* A cementgyártás portalanításának eldöntetlen kérdéssel (p:11—12).
- Maszlennikov, I.:* MI zavarja az elektromos szűrők normális működését (p:12—14; á:1; t:1).
Az elektromos szűrők működésének leírása. A fel fogott por szállítása.
- Olovicev, M.:* A szilikáttéglázemek termelési kapacitásának kiszélesítése (p:14—17; á:4).
Az egyes üzemek teljesítménye. A gépi berendezések ismertetése.
- Szlivickája, F.:* A cement önköltségének csökkentése (p:21—23; á:1; t:1).
- Basit, F., Tolocskova, M., Tsvijakova, V.:* Rádióaktív izotópok alkalmazása a klinker égetési és őrlési folyamatainak vizsgálatában (p:32).
- Braverman, M.:* Fenokerallit (habkerallit) — könnyűsúlyú hőszigetelő anyag (p:32).
Közönséges, könnyen olvadó téglagyaghoz 10,5% habképző szert adnak. Hőkezelés után 0,4—0,45 tonna/m³ térfogatsúlyú anyagot nyertünk. Nyomószilárdsága 35—50 kg/cm².

Sztroitelnü Materialü, Moszkva folyóirat 1957. évf.

1. számából

Ronzsin, Sz.: A forgókemencék teljesítményének fokozása. (Az iszapoló alkalmazása) (p:12—13; á:3; t:1).

Az iszap nedvességtartalmának csökkentése. Koncentrátorok alkalmazása. A koncentrátorok ismeretése, méretei és teljesítménye.

Szimín, G.: A kemencék és a szárítók együttes munkája (p:14—16; á:1).

A szárítás és égetés tökéletesítésére szolgáló hőaggregátum.

Spakov, I.: Égetetlen homlokzati lapok (p:34).

Fink, L. F.: Új gépek a nem érces ásványi ipar részére (p:19—20; á:6).

CM-429 típusú kalapácsos törőgép. CM-560 típusú kúpos törőgép. Nehéztípusú rázószita. C-384 típusú lapátos kavicsmosó. C-387 típusú kavicsmosódob. Homokosztályozó.

Bondarenko, A.: A regenerált beton rugalmas tulajdonságai (p:35; g:1).

Volzsenszkij, A.: Hányósalakok és hamu — kötőanyag az autokláv gyártmányokhoz (p:34—35).

Baklanov, G.: Kisteljesítményű cementüzemek (p:36—38; á:4; t:1).

Sztroitelnü Materialü, Moszkva folyóirat 1957. évf.

2. számából

Hohlov, V.: A forgókemencék korszerűsítésének módjai (p:7—9, t:3).

A különféle nagyságú cementégető forgókemencék teljesítményei. Amerikai és német hőaggregátumok hőtechnikai mutatói. A különböző méretű forgókemencék korszerűsítése.

Moroz, I.: A téglagyártás gépesítése Ukrajnában (p:10—12; á:2).

Ratinov, V., Konsztantinov, A., Rozenberg, T., Ztalikova, G.: Új készülék a kötőanyagok képlékenységek mérésére (p:30—31; á:2; g:3).

Az automatikus viszkozitásmérő ismertetése. Példa az építészeti gipsz sűrűségének meghatározására.

Szokolov, L.: Expandált perlit (p:31).

A természetes perlit expandálási technológiája.

Butt, Ju. M., Majer, A.: A kvare és mész kölesönhatása autokláv kezeléskor (p: 32; g:1).

Rosza, I., Petr, V.: Mészkeégetés őrlött állapotban (p:33—34; á:1).

Ipari hulladékok — nyersanyag a cementgyártásban (p:36—37).

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

1. számából

Krupauer, K.: A prémium áttekinthető megállapítása a generátorállomás dolgozói részére.

Javaslat a prémium gyors és könnyű kiszámítására, valamint az egyes állomásokon fizetendő jutalmak nyilvántartására. Nomogramm a prémium megállapítására. Az igazságos prémium megállapítás ellenőrzése.

Kopejtko, K.: Javított szerkezetű üvegkeverék-keverőgép.

A keverőgép leírása és méretei. A keverőgép fő műszaki adatai és a technológiai vizsgálatok eredményei.

Hlaváček, J.: Az Usti nad Labem-i új generátor-állomás építésével és üzemeltetésével szerzett tapasztalatok. Az új generátor-állomás 6 db Ø 3000 mm Ignis típusú generátorral rendelkezik. A generátorokat egysorban helyezték el. Az épület leírása. A tüzelőanyaggal, adagolásával, az ellenőrzéssel, a salaktalanító berendezéssel szerzett tapasztalatok. A szociális berendezések megoldása. A munkafolyamatokkal kapcsolatos fogyatékoságok, ezeknek kiküszöbölése. A berendezések karbantartása.

Taraba, O.: Magnetostrict ultrahang-generátor és felhasználása az üvegyiparban.

Az ultraakusztika alkalmazása az üveg- és kerámiai iparban. Magnetostrict ultrahang-generátor működése. A generátor alkalmazása az üveg megmunkálásánál. A magnetostrict vibrátor leírása.

Várka, J.: Potenciometrius titrálás felhasználása.

Az üvegekben, zománcokban és bór-nyersanyagokban lévő B_2O_3 meghatározása. B_2O_3 gyakorlati meghatározása bórszilikátokban. Az ismertetett módszer három ismert elemző módszer előnyös tulajdonságait egyesíti.

Fanderlík, M.: Az üveg szerkezetére vonatkozó mai nézetek.

Hasonló cím alatt Satava, V. közölt a folyóirat 1956. évi 9—10. számában egy tanulmányt, melynek ez az ismertetés a kiegészítő része. Az üveg dualista szerkezete. Különböző nézetek az üveg szerkezetére vonatkozóan.

Bohác, F.: A láng irányának automatikus változtatása az üvegyipari kádkemencékben.

A tökéletes gépesítés és a gyártáseljárás komplex automatizálása. Az üvegyipari kádkemencékben a láng iránya automatikus változtatásának módszerei. A generátorgázok és a levegő áramlása, illetve irányának változtatása; az üzem menetének automatizálása gazdaságos gázfelhasználást eredményez.

Přibyl, N.: Vákuumesigaprés a kerámiai üzemek laboratóriumai részére.

A csigaprés leírása és műszaki jellemzőinek ismertetése.

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

2. számából

Bejbl, A.: A normatívák összeállításával szerzett tapasztalatok a finomkerámiai szektorban.

Neumann, V.: A leggyakoribb balesetek az üvegyipari teljes automatikus berendezéseknél. Hogyan hárulhatunk a balesetek ellen.

Az üvegyipar automatizálása és gépesítése következtében fokozódott a balesetek száma. A leggyakoribb balesetek. A dolgozók, művezetők, technikusok és vezetők balesetvédelmi oktatása.

Munkahelyeken lévő biztonsági intézkedések. Üzemi belső szállítási biztonságos megoldása.

Bohác, F.: A láng irányának automatikus változtatása az üvegyipari kádkemencékben. Az 1. számban megjelent cikk folytatása.

Az automatikus olajnyomásmosó berendezés szerkezetének leírása. A hidraulikus berendezés elektromos módszerrel működik. A reversációs menet részletes ismertetése. Az automatikus reversációs

menetet ellenőrző és mérő berendezések ismertetése, azok működtetése.

Frank, J.: Préselt etikettel ellátott palack.

Az üvegyártmányok ellátása etikettel. Az etikett használata, külalakja és színezése. A préselt etikett elhelyezése az üvegyártmányokon. Az alkalmazott kerámiai festékek és égetésük. A hidegjeljárású préselés technológiája. Különböző automaták a palackoknak préselt etikettel való ellátására.

Baleár, F.: A technikai üvegek fejlesztési lehetőségei.

Újabb technikai üvegfajták gyártása és használata. Üvegesővezetékek a kémiai és élelmiszeriparban. Üvegesővek a borászati, konzervipari, szeszipari üzemekben. A gyártási berendezések, szerelvények üvegből való készítése. Nagy átmérőjű üvegesővek

használata az élelmiszeriparban. Vízvezetékek üvegesőből. Az üvegesővek pótolják a színesfémekből készült esőveket.

Toman, A.: Az egészségügyi kerámia gyártásával szerzett külföldi tapasztalatok.

Látogatás két egészségügyi kerámiái termékeket gyártó svájci üzemben. A nyersanyagtárolás. A nyersanyagok előkészítése, az anyagmozgatás és gépesítés. A gépi berendezések műszaki jellemzői. A technológiai vizsgálatokat végző laboratóriumok és a modellező berendezések ismertetése. A munkakörülmények biztosítása. Egyes termékek gyártási eljárása. A kerámiái üzem gyártástechnológiája. Égetés gázkemencékben. A kiégetett gyártmányok esziszolása karborund lapokkal.

„Skjár a Keramik“, Praha folyóirat 1957. évf.

3. számából

Matl, M.: Síküvegyártásra vonatkozó műszaki normatívák és normák az üvegyárakban.

Műszaki normák, idő-normák, műszaki-gazdasági normák. A munkamódszer. A hűzött üvegszalag termelési sebességének szektornormája. A hűzött üvegszalag szélességének szektornormája.

Neumann, F.: A leggyakoribb balesetek az üvegyipar teljes automatikus berendezéseknél. Hogyan harcolhatunk a balesetek ellen. A 2. számban megjelent cikk folytatása.

Az automatizált üvegyárakban dolgozók munkavédelme. Az üzemek szociális és egészségügyi berendezései. Munka és biztonságvédelmi bizottság működése. Munkahelyek munkakörülményeinek megjavítása a tudományos intézetekkel való együttműködés segítségével.

Duba, J.: A kád-kemencék aktuális kérdései.

Seehta, F.: Üvegezővezetékek és alkalmazásuk iparunkban. Üvegező-vezetékek gyártása. Három típusú Sial üvegeső fajta. Egyszerű idomdarabok előállítása, összetett idomdarabok készítése Simax üvegből. Az üvegesővek méretei, gazdaságos alkalmazásuk az egyes iparágakban. Szárazlékos felhasználásuk az elmúlt évek folyamán az egyes iparágakban. A szélesebbkörű alkalmazás további lehetőségei.

A esővezeték szereléséhez szükséges anyagfajták, tömítő anyagok műanyagból.

Fanderlík, M.: Üvegipari kutatómunka a Szovjetunióban.

Az üvegipari kutatómunka szervezése a Szovjetunióban. Az üvegfajták tanulmányozására létesült kutatólaboratóriumok. Különböző üvegipari tudományos intézetek, azok jelentősége és szerepük. A moszkvai összfövetségi üvegipari tudományos kutató intézet, összetétele, működése, elhelyezése, feladata és kapcsolata az ipari üzemekkel, valamint a szakembereket képező intézményekkel. Szerepük az ipar fejlesztésében. A Szovjetunió Tud. Akadémiájának Leningrádi szilikátok kémiai intézete. Az intézet tematikája. Az intézeti kutatómunka.

Markus, J.: Hűtőszalagkemencék korszerű típusai.

Korszerű hűtőszalag kemencék ismertetése, műszaki-gazdasági értékelésük, használati lehetőségei Csehszlovákiában. Az üveg helyes hűtési folyamata. Hűtőkemencék fajlagos hőszükséglete, azzal összefüggő tényezők grafikus ábrázolása. „Amco” típusú hűtőkemence műszaki adatai és szerkezete. A hűtéssel kapcsolatos mérések eredményei, hőmérséklet értékének alakulása, hőszükséglet értékei.

„STAVIVO“, Praha, folyóirat 1957. évf.

1. számából

Klement, K.: A mészipar gyakorlati és elméleti problémái.

Röviden ismerteti a mészipar fejlődését és a geológiai és technológiai vizsgálatokkal szemben támasztott követelményeket. Foglalkozik az egyes kemence-rendszerek működésével, a mészégetés új módszereivel, a mész hidratációjával és vizsgálatával, valamint a gépesítéssel.

Uhlir, Z., Sodomka, J.: A vízben nehezen olvadó nyersanyagokból készült termékek minőségének javítási lehetősége.

Laboratóriumi vizsgálatok plasztikus agyagmárgával, melyhez kismennyiségű lösz-szerű plasztikus nyersanyagot kevertek. A vizsgálatokat különböző szemszerkezetű agyagmárgából vagy löszből és lösz és agyagmárga keverékből készült kisméretű téglák felhasználásával végezték. A nyersanyagok tulajdonságai és a kerámiái technológiai vizsgálatok eredményei. A munkából kitűnik, hogy a nyersanyagok előkészítésénél, különösen az őrlésnél, rendkívüli figyelmet kell fordítani a feldolgozásra és főképpen a tökéletes finomöröslésre. A feltételek betartása esetében az említett nyersanyagokból kitűnő minőségű áru készíthető.

Stratílik, M.: Granulált keramzitot gyártó első eszlovák üzem.

A bratislavai keramzit üzem gépi berendezésének és gyártási folyamatának leírása. A cikkben ismertetik a szerelést és a kísérleti üzembhelyezéskor nyert tapasztalatokat és néhány megállapított fogyatékoság kiküszöbölésére szolgáló intézkedést. A granulált keramzit és a keramzitból készült blokk távlati kilátásai.

Pražák, J.: A PAB 2a típusú vasbetonalj gyártására szolgáló üzem műszaki-gazdasági elemzése.

Trojan, Z. vasbetonaljat gyártó gépesített üzem ismertető cikkének folytatása. Műszaki-gazdasági termelési feltételek. Műszaki-gazdasági eredmények analitikus és szintetikus mutatói.

Čoufal, J.: VLO 800 típusú önműködő cementadagoló.

Az adagoló leírása és üzembentartásának ismertetése. Az adagolót fel lehet használni nagyobb mennyiségű ömlesztett anyag felhasználásával készülő építőanyag gyártásához.

Engelthaler, Z., Engelthaler, K.: Grafittégelyek gyártására használt nyersanyagok.

A grafittégelyek minőségének javítása a hazai nyersanyagok megfelelő felhasználásának segítségével. Az egyes nyersanyagok ismertetése.

„STAVIVO“ Praha, folyóirat 1957. évf.
2. számából

Srnsky, L.: Salakhabkő és felhasználási lehetősége könnyű szigetelő szerkezeti beton részére.

A salakhabkő előállításának rövid leírása. Habzási képességet befolyásoló alapnyersanyagok tulajdonságai. Habképző rendszerek. A habkő feldolgozása nálunk és külföldön. Az eddigi eredmények elemzése. A habkő előállítása Trinecben, a habkő tulajdonságai. A habkőbeton technológiájának eredményei. A habkőbeton felhasználása a külföldön és nálunk. Műszaki-gazdasági megfontolások. Összefoglalás.

Farsky, R.: A vákuumbeton felhasználása az előregyártásban.

A vákuumbeton tulajdonságai jobbakként, mint a közönséges betoné. Az okok megvilágítása. A vákuumozás különösen alkalmas a vasbeton elemek gyártásánál. A vákuumtechnika négy különféle eljárásának leírása előregyártó iparunkban.

Horn, H.: Az új technika tervének megvalósítása a cementiparban jobb homogenizálással.

Kitűnő minőségű és homogén klinker és cement gyártása. A nyersliszt homogenizálásának jelentősége. A cement homogenizálásának jelentősége a jelenleg használatos gyártási eljárások és az új

technika keretében bevezetendő technológia tekintetében. A bevált keverő-rendszerek, rövid leírásuk.

Rozchnal, I., Rokos, D.: A cementnyersanyagok laboratóriumi zsugorítása.

Abrahám, J.: Nagyméretű téglák és téglablokkok gyártása.

Fosátka, J.: A téglauzemek teljes gépesítése.

A téglagyárak komplett gépesítési terve. A tervet a gyártási folyamat menetének megfelelően készítették el (agyagbánya, agyagelőkészítés, préselés, körkemence, berakodás a fogyasztó részére, segéd- és ellenőrző-berendezések).

Parlík, S.: Iparvasúti kocsik és mozdonyok gyártása és fejlesztése.

A második öt éves terv folyamán gyártandó 600 és 900 mm nyomtávolságú kocsik és mozdonyok áttekintése.

Cibulka, B., Novotný, J.: A beton „ocratizálása“.

Az ocratizálás elve. A szükséges berendezés és a munkafolyamat. Az ocratizálás befolyása a beton tulajdonságaira, gazdasági eredmények és további fejlődés.

„STAVIVO“ Praha, folyóirat 1957. évf.
3. számából

Ihlefeldt, H.: A levegő szennyeződésére vonatkozó törvényes rendelkezések az egyes államokban és a portalanítási technika a cementgyárakban. (p:89—95; g:5; t:4; b:6.)

A fejlődés áttekintése és a jelenlegi állapot Németországban, Angliában, Franciaországban, Hollandiában, a Szovjetunióban és az USA-ban. A por és a mennyiségének meghatározása és a különböző kemence-rendszerek közötti összefüggés. A portalanító berendezések, üzemi feltételek és a vizsgálatok eredményei. A por megállapított szem-szerkezete és mennyisége.

Baburek, J.: Tökéletes típusú elektrodiálizátor (p:95; á:2.)

A készülék felhasználása elektrodiálitikus folyamatoknál.

Vodák, V.: A munka gépesítése tűzállóanyagot előállító üzemekben (p:96—97; á:5.)

Korszerűsítés a Západoceksi keramické závody nemzeti vállalatnál. A görgősmalmok töltésének, az anyagszállításnak, a malom kiürítésének gépesítése.

Horn, H.: Az új technikai terv megvalósítása a cementiparban javított homogenizáló eljárással II. Pneumatikus homogenizáló berendezések és kiértékelésük a technika szempontjából (p:98—102; á:6; g:1; t:2.)

Az 1957. évf. 2. sz.-ban megjelent cikk folytatása. A három fő pneumatikus homogenizáló eljárás. A homogenizálás geiziros módszere. Az őrlött cement

hűtése. Az őrlött cement geizir-módszerrel történő hűtésének gazdasági értékelése.

Příbýl, J.: A cement csomagolása tengerentúli szállításra (p:103—104; á:3; t:1.)

Az export-cement csomagolására szolgáló zsákok. A zsákok helyes töltése és szállítása. A papíripar újításai a cement export-csomagolására.

Beták, M.: Nagy formátumú téglaiipari gyártmányok és téglablokkok gyártása (p:104—105.)

Az 1956. évf. 11. sz. és 1957. évf. 1. és 2. sz.-ban ismertetett vita folytatása.

Engelthaler, K., Chroust, F.: L típusú kerámiai burkolólapok (p:106—107; á:2; b:2.)

Az L típusú húzott kerámiai burkolólapok gyártási technológiája és szerelési technikája.

Matoušek, M., Pokorný, A. G.: A trniece-i salakok aktivizálása nedves őrléssel (p:108—109; t:6; b:11.)

Az aktivizált beton előnyei. A salak alkalmasságának meghatározása aktivizálás céljaira. A Trniece-i salakok leírása, laboratóriumi vizsgálatok. 137 kg cement/m³ betonnál 100 kg/cm²-t eredményezett a vörös salak aktivizálása. A fekete salaknál kisebb szilárdságot érttek el. A Trniece-i lánnyokról nyert salak alkalmas arra, hogy nedves őrléssel aktivizálják.

Skala, J.: Kukoricaesetka felhasználásával készült „Likus“ aszfaltoslapok (panelek) (p:112—113; t:3.)

A „Likus“ aszfaltoslap műszaki jellemzői, fizikai tulajdonságai és gyakorlati felhasználhatósága.

**MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
HÍRLEVÉLÉRE**

ÉPÍTŐANYAG

Felelős szerkesztő: Hinsenkamp Alfréd — Kiadja a Műszaki Könyvkiadó V., Bajcsy-Zsilinszky út 22. Telefon: 113-450

Felelős kiadó: Solt Sándor — Megjelent 740 példányban

Előfizetés a Posta Központi Hírlap Iroda Vállalatnál, Budapest, V., József nádor-tér 1. Távb.: 180-851

Előfizetési díj: 42.— Ft. (egész évre), egyes szám ára: 7.— Ft. Csekkzámlaszám 61.282

39915-689/2 - Révai-nyomda, Budapest, V., Vadász utca 16. (Felelős: Povárny Jenő)

Könyvismertetés

Biczók Imre: Betonkorrózió — Betonvédelem
Műszaki Könyvkiadó, 264 oldal, ára: 41,50 Ft

Közvetlenül az októberi események előtt jelent meg a Műszaki Könyvkiadó kiadásában Biczók Imre: „Betonkorrózió — Betonvédelem“ c. könyve. A könyv olyan széleskörű érdeklődésre tarthat számot, hogy érdemesnek tartjuk tartalmát az építőipar dolgozóival ismertetni. Úgy a tervezők, mint a kivitelezők, különösen a sztatikusok, az alapozási és szigetelési szakemberek sem nélkülözhetik azokat az ismereteket, amit a könyv tartalmaz. Az első fejezetben ismerteti a különféle cementfajtákat. Jelenleg igen sokféle betonkötőanyag van, és ezért célszerű a felhasználóknak áttekintést szerezni a különleges célt szolgáló, más és más feldolgozási módot kívánó építőanyagokról. Korszerű szemléletben ismerteti lényegüket, kiemelve azokat a szempontokat, amik a felhasználók részére különösen fontosak, pl. a különféle cementek keverhetőségének lehetőségeit. A II. fejezetben részletesen tárgyalja az agresszív hatások hordozóját: a vizet. A talajvíz-mintavétel helyes feltételeit ismerteti. Ugyancsak a talajt is. A betonkészítéshez felhasználható víz minőségi feltételeit megadja. A III. fejezetben rátér a beton korróziójára és védelmére. A korrózió bekövetkezésének feltételei után a beton-pusztulás kémiai folyamatait tárgyalja. A lágy víz okozta korrózióra, és az agresszív vegyületek által okozott pusztításra és kitér. Magyarország talajvizeinek oldott sótartalmát és különösen Budapest talajvizeinek szulfáttartalmát kerületenként feltérképezve ismerteti. Itt foglalkozik a korrózió elleni védelem szempontjaival. Ismerteti e védelem történeti fejlődését, majd pedig az erre vonatkozó hazai és külföldi szabályzatokat. Gyakorlati példákat mutat be a hivatalos táblázatok használatára. A IV. fejezet a korrózió mértékét befolyásoló fizikai és biológiai tényezőket tartalmazza, pl. az áramló talajvíz hőhatások, párolgási lehetőség, bakteriumflóra stb., amelyek növel-

hetik vagy csökkenthetik a korróziót. Az V. fejezet ismerteti a korróziós hatások elleni részletes védelmet. Megkülönböztet passzív védelmet. Ilyenek: a beton összetételének és készítési módjának célszerű megválasztása, a felületi bevonatok (karbonatizálás, torkretizálás, vízüvegbevonat, fluatozás, okratizálás, bitumenbevonat stb.) és a különleges védelmi módokat (szilikatizálás, lakkok, gyanták, zománcok, bentonitos szigetelés, kéregbeton, fémburkolatok, műanyagok, gumi, stb.). A védekezés aktív módozatának tartja a támadó hatású víz elvezetését és a közömbösítést vegyi vagy biológiai úton. Az utolsó fejezet a korrodált beton javításával foglalkozik. Ebben is számos hasznos tanácsot, útbaigazítást kap a kivitelező, a gyakorlati mérnök.

A könyv azzal az őszinte vallomással végződik, hogy a betonkorrózió elleni védelem még távolról sem nyert végleges megoldást. Az illetékeseket felhívja a folytonos megfigyelésre, adatgyűjtésre. A kiadott rendeletek gyors változása is azt mutatja, hogy a betonkorrózió és betonvédelem terén a tudomány és tapasztalat folyton fejlődik. Ezt a fejlődést figyelemmel kísélni úgyszólván elemi kötelessége minden építésznek, mérnöknek, technikusnak.

Biczók könyvében több évtized felhalmozott gazdag kísérleti és vizsgálati anyaga, valamint tapasztalata van hangyaszorgalommal összegyűjtve, amelyeket a szerző 20 éves széleskörű működési területén szerzett és ezeket adja át a szakembereknek. Ezeken felül összeszedte a téma rendkívül nagy irodalmát is, és így a szakember majdnem teljes irodalmi ismerttetést is kap. Amennyiben a könyv a kiérdemelt megbecsülést megkapja, akkor bizonyára rövideSEN újabb kiadás válik szükségessé. Új kiadás esetén a kiadónak a figyelmébe ajánljuk a sajtóhibák gondosabb kijavítását, melyek zavart okoznak az olvasónál.

Elismerés illeti a Műszaki Könyvkiadót is a gondos szép kivitelben és kitűnő papíron megjelent könyvéért.

Dr. Wessely Imre

Megjelent

J. G. SZMIRNOV:

A vakolómunkák gépesítése

A második ötéves tervben a gépi vakolókra nagy feladatok várnak, mert a gépi vakolásnak az összes vakoláshoz mért aránya az első ötéves terv végén 10 százalék volt, a második ötéves terv végére pedig 40 százalékra kell növelni ezt az arányt. Ennek a célkitűzésnek eléréséhez nyújt segítséget a most megjelent kiadvány, amely leírja a Szovjetunióban a legjobb vakológépekre kiírt második össz-szövetségi pályázaton bemutatott gépeket és ismerteti az egyes vállalatok és feltalálók tapasztalatait. A függelék ismerteti a vakolás gépesítésének magyar vonatkozásait, a hazai vakológépek és berendezések szerkezetét, valamint a gépi fröcskölés munkamódszerét. A könyvben foglaltakat kivitelező vállalatok, tervező intézetek és tudományos kutató intézetek mérnökei, műszaki dolgozói, valamint az építőipar művezetői részére írták.

88 oldal

65 ábra

Ára fűzve: 7,50 Ft

EGYEDI—ARATÓ—SEGYŐ:

Központi fűtés szerelő munka (4. kiadás)

Az első három kiadásban igen rövid idő alatt elfogyott könyv a központi fűtés szerelésével kapcsolatos sokoldalú feladatokat olyképpen ismerteti, ami alkalmas arra, hogy az ezen a területen dolgozó főszerelő-lakatos, hegesztő és kőműves szakmunkások a szükséges alapismereteket elsajátíthassák, de a szakmai műveletekkel is tisztában legyenek. A könyv részletesen tárgyalja a központi fűtés rendszereit, a különböző kazánokat, fűtőtesteket és ezek szerelvényeit, a munkahelyen elvégzendő feladatokat és az egyes szerelési műveleteket. Részletezi a szerelés utáni munkákat és útmutatást nyújt az átadandó berendezés kipróbálására.

108 oldal

64 ábra

Ára fűzve: 8,50 Ft

A fenti könyvek beszerezhetők, illetve megrendelhetők az

**ÁLLAMI KÖNYVTERJESZTŐ VÁLLALAT
KÖNYVESBOLTJAIBAN**

Szakkönyvesbolt:

**MŰSZAKI KÖNYVESBOLT, BUDAPEST VII. LENIN KÖRÚT 7
„NÉPSZAVA“ MŰSZAKI KÖNYVESBOLT VII. LENIN KÖRÚT 17**