

302 935



# ÉPÍTŐANYAG

A Szilikátipari  
Tudományos Egyesület  
folyóirata

**8**

XXXV. ÉVFOLYAM  
BUDAPEST, 1983. AUGUSZTUS  
ÉPÍTŐANYAG 35 (8) 281—320 (1983)

A mész- és cement-, az üveg-, a finomkerámia-, a téglá- és cserép- a beton és kő-kavicsipar és a szigetelőanyagok iparának tudományos szakirodalmi folyóirata

Szerkesztőbizottság:

elnöke:

Dr. Talabér József

felelős szerkesztő:

Dr. Székely Ádám

tagjai:

Dr. Bálint Pál

Dr. Beke Béla

Bretz Gyula Károly

Csáktornyai Béla

Dr. Csizi Béla

Dr. Grofcsik Elemér

Hajnal Lajos

Dr. Jilek József

Dr. Kolostori János

Dr. Kovács Róbert

Lenkei György

Riesz Lajos

Száder Rudolf

Szentmártony Gusztáv

Dr. Tamás Ferenc

Dr. Tóth Kálmán

Dr. Träger Tamás

Vajda László

## TARTALOM

<i>Duma György</i> : Középkori idomtöglák Budán .....	281
<i>Kósa Somogyi István – Kacsalova Lidia</i> : Fényvezető üvegszálak .....	288
<i>Bartháné Balogh Ágnes – Kotsis Leventéné</i> : Cirkonbázisú szintestek vizsgálata ....	293
<i>Vitális György – Hegyi Pakó Júlia</i> : Homokkutató gazdaságföldtani lehetőségei a Hejőcsabai Cementgyár részére .....	297
<i>Verdes Sándor – Németh Jenő – Király László</i> : A golyósmalmi őrlés kinetikai elemzése IV. Az őrlendő anyag jellemzőinek befolyása a kinetikai modell tényezőire .....	302
<i>Bohus Géza – Földesi János</i> : A külfejtési nagyfűrőlyukas robbantások töltet-szerkezetének vizsgálata .....	308
Konferencia hírek .....	292
Kitüntetések .....	317, 318
A világ szilikátiparából .....	318
Lapszemle .....	320

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Дума, Дь.</i> : Средневековые фасонные кирпичи в Буда .....	281
<i>Коса, Ш. И. – Качалова, Л.</i> : Светопроводящие стекловолокна Литературный обзор методов изготовления и областях применения светопроводящих стекловолокон ..	288
<i>Барthane, Б. А. – Котчис Леветене</i> : Испытания цветных тел на основе циркония	293
<i>Виталии, Дь. – Хедине, П. Ю.</i> : Возможности экономическо-геологических исследований месторождений песка для Хейочабского цементного завода .....	297
<i>Вердеш, Ш. – Немет, Е. – Кирай, Л.</i> : Кинетический анализ измельчения в шаровой мельнице IV. Влияние хаpaктеристик измельчаемого материала на параметры кинетической модели .....	302
<i>Бохуи, Г. – Фильдеш, Я.</i> : Испытание структуры зарядов при взрывах большими буровыми скважинами при внешней выработке .....	308

## INHALT

<i>Duma, György</i> : Mittelalterische Formziegeln in Buda. ....	281
<i>Kósa-Somogyi, István – Kacsalova, Lidia</i> : Lichtleitende Glasfaser. ....	288
<i>Frau Bartha, Balogh, Ágnes – Frau Kotsis, Ildikó</i> : Untersuchung der Farbkörper auf Zirkonbase. ....	293
<i>Vitális, György – Frau Hegyi, Pakó, Júlia</i> : Die ökonomisch-geologischen Möglichkeiten der Sandforschung für das Zementwerk Hejőcsaba .....	297
<i>Verdes, Sándor – Németh, Jenő – Király, László</i> : Kinetische Analyse des Mahlens in Kugelmühle. IV. Der Einfluss der Kenngrößen des zu mahlenden Stoffes auf die Parameter des kinetischen Modells .....	302
<i>Bohus, Géza – Földes, János</i> : Untersuchung der Ladungsstruktur bei Hochbohrlochsprengungen im Tagebau. ....	308

## CONTENTS

<i>Duma, György</i> : Shaped Bricks from the Middle Ages in the Buda Castle .....	281
<i>Kósa-Somogyi, István – Kacsalova, Lidia</i> : Glass Fibre Optics .....	288
<i>Balogh, Ágnes (Mrs. Bartha) – Kotsis, Leventéné</i> : Examination of Zircon-Based Ceramic Colours .....	293
<i>Vitális, György – Pakó, Júlia (Mrs. Hegyi)</i> : Economic-Geological Prospective for Sand .....	297
<i>Verdes, Sándor – Németh, Jenő – Király, László</i> : A kinetic Analysis of Ball Mill Grinding, IV. Effect of Material Characteristics upon the Factors of the Kinetic Model .....	302
<i>Bohus, Géza – Földes, János</i> : Charge Composition of Large Borehole Blastings in Openpit Quarries .....	308



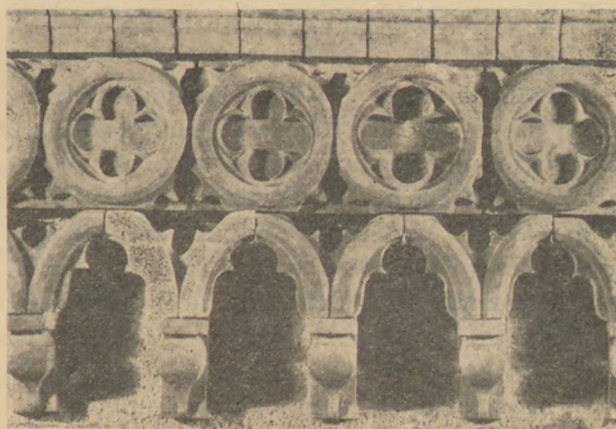
## Középkori idomtégglák Budán

DUMA GYÖRGY

Magyar Iparművészeti Főiskola, Budapest

A budai vár területén, az újabbkori királyi palota 1897. évben megkezdett építéskor és napjainkban ismét folyó építési munkálatok, valamint az utóbbi évtizedek régészeti ásatásai során, a középkori agyagművesség teljes területét felölelő gazdag leletanyag került felszínre. Kultúrtörténeti szempontból különösen jelentősek a Magyarországon egyedülálló idomtégglák, melyek régészeti, építészeti és művészettörténeti vonatkozásait több tanulmány ismerteti (1–3. ábra), [1–7].

Kormeghatározásukat jelentősen nehezíti az a körülmény, hogy azok napjainkig a palota egész területén és minden esetben feltöltésből kerültek felszínre. Stílusjegyeik alapján végzett meghatározások szerint a XIII. század közepétől a XV. századig készültek [8]. Figyelembe véve mind a régebbi irodalom megállapításait, mind a legújabb ásatások megfigyeléseit, valószínűbb, hogy későbbi időből, a XV. századból származnak [9–11]. A budai épületkerámiák nem hozhatók kapcsolatba az említett évszázadokban még kezdetleges technikai és alacsony művészi fokon álló hazai fazekassággal. Egyes technológiai hasonlóságok ellenére nem sorolhatók a kályhacsempék, vagy a falazótégglák csoportjába sem. Mivel az idomtégglák a hazai kerámiái termékek egyetlen csoportjához sem kapcsolhatók, feltételezhető volt külföldi eredetük. A téglák ausztriai származását okleveles adat is alátámaszthatta. Ismert, hogy 1433-ban Buda városa, faanyagot és téglát kért Bécs városától a budavári Nagyholdogasszony – beata Maria virginis – templom építéséhez [12, 13]. Az idomtégla készítő műhely helye ezideig ismeretlen maradt, arra csak feltevések utalhattak. Az idomtégglakkal összefüggő – régészeti módszerekkel aligha meghatározható – kérdésekre laboratóriumi vizsgálatok útján kíván-



1. ábra. A budai várban az 1950–58. évi ásatások során felszínre került idomtégglák. Részlet a Budapesti Történeti Múzeum állandó kiállításából



2. ábra. Domború díszítésű idomtégla töredéke. Budapesti Történeti Múzeum, L. sz.: 53.1309., I. sz.



3. ábra. Domború díszítésű idomtégla töredéke. Budapesti Történeti Múzeum, L. sz.: 50.120



tunk feleletet nyerni. Előállításuk körülményeire a kerámiák külső jegyeinek vizsgálata és technológiai kísérletek alapján következtettünk. Megkíséreltük a téglák természettudományos módszerekkel megismerhető anyagi sajátossága alapján a feldolgozott agyag tulajdonságaira következtetni, ezek ismeretében a nyersanyag származását meghatározni és végül ezzel összefüggően előállításuk helyét is valószínűsíteni.

## 1. Az idomtégglák vizsgálata

### 1. Meghatározások külső formai jegyek alapján

Az ásatások során napjainkig felszínre került idomtégglák az épületekkel kapcsolatos szerepük alapján, viszonylag jól elkülöníthető két csoportot képeznek.

E kerámiák egyik csoportját az épületek szerkezeti elemeihez tartozó, elsősorban gyakorlati célt szolgáló idomok alkotják, a másik csoportba tartozó plasztikus díszítésű tégláknak főleg esztétikai szerepük lehetett. Alakjuk és méretük mindkét csoportban rendkívül változóak, minden esetben mázatlanok, színük hasonló, többségben rózsaszínűek, némely esetben gyengén vörös, ritkábban sárgás árnyalatúak. Angob díszítést, — színes agyagfestést — nem alkalmaztak. Némely esetben látható festés, csak beépítésük után kerülhetett felületükre. Földben fekvésük alatt a korróziós hatások és rehidratációs folyamatok anyagukban jelentős károsodást nem okoztak, szilárdságuk legtöbb esetben ma is kielégítő [14]. Törésük sarkos, egyenetlen, az érdes törésfelületeken kvarc és különböző kőzettörmelék durva szemcséi láthatók. Az alapanyagban gyakoriak a változó nagyságú kerek és sarkos üregek. Egyes téglák anyagában réteges vagy foltos elszíneződés és gyűrődések figyelhetők meg. Az említett külső jegyek alapján bizonyos hogy az idomtégglák nem készültek iszapolt agyagból. Az alapanyag heterogén szövetszerkezete arra mutat, hogy közvetlenül a nyers bányaterméket dolgozták fel, sok esetben mellőzték annak homogenizálását is.

Az épületkerámiák felülete helyenként megőrizte az agyag képlékeny megmunkálásának — a nyersgyártásnak — sajátos nyomait. Ezek alapján megállapítható, hogy a formázásnál többféle technológiát alkalmaztak. Némely esetben felismerhető, hogy az egyszerűbb, a párhuzamos oldalú idomok készítésénél a „téglavetésnél” jól ismert formaszekrényt alkalmazták. A plasztikus

díszítésű idomtégglák többségét azonban csak negatívok — esetleg negatívot tartalmazó betétes formaszekrények — segítségével alakíthatták ki. Mivel abban az időben az agyagművesség területén még gipszből készült présformákat nem alkalmaztak [15], a negatívok anyaga valószínűleg ebben az esetben is égetett agyag — cserép — volt [16, 17]. Mint ismert az agyagnak a formától való elválását a forma homokozásával vagy vizezésével biztosítják. Mivel a felületekre tapadt homokszemcsék csak az egyik — a száradásnál feltehetően alul fekvő — oldalakon találhatók, ezért bizonyos hogy mindkét esetben „nedves formázással” dolgoztak. A plasztikus díszítésű tégláknál számos esetben megfigyelhető az agyag bőrkemény állapotában metszéssel végzett formaalakítás nyoma is. A különböző épületszerkezeti elemek részeinek, a pálcátagoknak, párkányoknak vagy a mérműves ablakok bordáinak készítéséhez sajátos technológiát alkalmaztak. Ezeket jól felismerhető módon, egyenes vagy ívelt pályán mozgatott sablonok segítségével húzással alakították ki a képlékeny agyagból. Az ily módon kialakított hosszabb idomokat később, szikkadt állapotban, méretre vágták. A vágásnál használt drót nyoma gyakran felismerhető. Az egyes húzással kialakított idomok hengeres felületein hosszanti irányban párhuzamosan futó 1–2 mm mély vályatok — karcok — láthatók. Hasonló karcolt jelzéseket más idomoknál is megfigyelhetünk. E jelölések feltehetően megkönnyíthették beépítésük alkalmával az egyes darabok pontos illesztését.

Az idomtégglák gyártásához mind a téglavetés és a téglavetés alapos ismerete, mind a kályhacsempék előállításánál alkalmazott formák készítéséhez való jártasság szükséges. Az említett gyártástechnológiai hasonlóságok ellenére a magyar középkori agyagművesség területén belül az idomtégglák előállítása jellegzetesen elkülönül.

### 2. Meghatározások a kémiai összetevők alapján

A budai vár területén talált idomtégglák közül természettudományos vizsgálatokat az 1950–59 években felszínre került anyagon végeztünk. Mennyiségi kémiai elemzés 8 téglából készült, ezeket a továbbiakban I–VIII. számmal jelöljük. További 16 téglának jellemző nyomelemeit határoztuk meg. Ez a mennyiség az akkor talált idomtéggláknak mintegy 20%-át képezte. A mennyiségi kémiai elemzéssel nyert értékeket táblázatban ismertetjük (1. táblázat). A táblázat adatai jól mutatják, hogy az egyes téglából készült

Az idomtégglák anyagának kémiai összetevői %-ban

Minta jele	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Izz. veszt.
I.	52,40	16,52	6,93	0,60	12,84	3,49	1,90	1,40	4,98
II.	52,46	14,59	10,17	0,81	13,24	3,99	2,02	1,25	1,45
III.	57,03	17,58	6,93	0,61	11,25	1,55	1,90	1,40	1,75
IV.	55,78	16,92	7,39	0,54	9,60	4,00	1,54	1,23	2,98
V.	55,57	16,99	7,52	0,61	8,74	3,31	2,00	0,60	5,81
VI.	56,00	16,40	7,22	0,80	8,19	3,50	1,20	0,48	0,85
VII.	50,70	14,98	6,80	0,87	15,97	2,65	2,08	0,70	5,25
VIII.	54,54	16,76	7,37	0,57	11,02	3,59	1,90	0,50	3,85

nak az égetett agyag – a cserép – rehidratációja következtében jelentős és igen eltérő izzítási vesztesége van, ami miatt az elemzéssel nyert értékek közvetlenül nem hasonlíthatók össze. Számításainknál ezért minden esetben a cserép-anyagok kémiai összetevőinek izzítási veszteség nélküli összegét tekintettük az anyag teljes mennyiségének. Ennek figyelembe vételével a kémiai összetételük jellemző értékeit táblázatban foglaltuk össze (2. táblázat).

2. táblázat

Az idomtégla anyagok kémiai összetételének jellemző értékei %-ban  $N = 8$ 

Megnevezés	Min.	Max.	$\bar{x}$	s	s <sup>2</sup>
SiO <sub>2</sub>	52,15	59,70	56,27	2,68	6,27
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,41	17,89	17,18	0,79	0,55
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,99	8,31	7,56	0,46	0,18
CaO	8,73	16,43	11,74	2,58	5,84
MgO	1,58	4,12	3,38	0,85	0,63
K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O	1,78	3,44	2,81	0,52	0,24

középérték:  $\bar{x}$   
szórás ( $N - 1$ ): s  
szórásnégyzet (N): s<sup>2</sup>

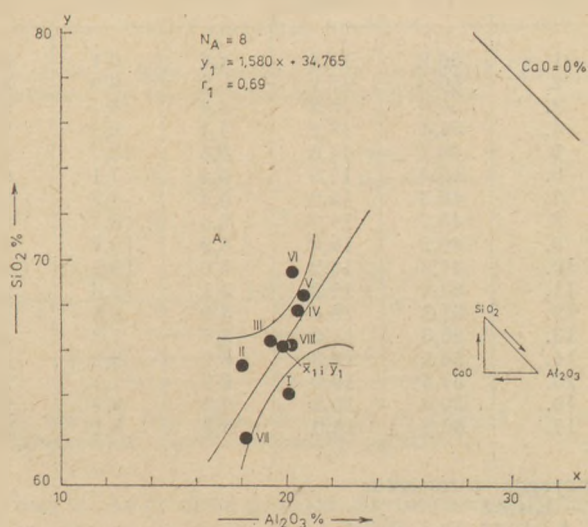
Elméleti megfontolás alapján az idomtégglák anyagára jellemzőnek tekintettük három kémiai összetevő: a kovásv, az alumínium-oxid és kalcium-oxid százalékos megoszlását, amelyet grafikusán ábrázoltunk ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} = 100\%$ ). Erre a célra az általánosan alkalmazott egyenlőoldalú háromszög helyett, a számunkra kedvezőbb – egyenlő merőleges szárakat tartalmazó – derékszögű háromszöget választottuk. E háromszög olyan derékszögű koordinátarendszernek is felfogható, melynek 0-pontjából kiindulva az ordinátán a kovásv ( $y = 0 - 100\% \text{ SiO}_2$ ), az abszcisszán az alumínium-oxid ( $x = 0 - 100\% \text{ Al}_2\text{O}_3$ ) növekvő értékei szerepelnek. Az átfogó ebben az esetben  $\text{CaO} = 0\%$ -nak, a szemben levő harmadik csúcs, – a koordinátarendszer 0-pontja –  $\text{CaO} = 100\%$ -nak felel meg. E koordinátarendszerben az egyes idomtéggláknak megfelelő pontok kissé megnyúlt közepesen tömör halmazt képeznek (A) (4. ábra).

A pontok regressziós kapcsolata:  $y_1 = 1,580x + 34,765$  kétváltozós regressziós egyenlettel és a közepes tömörségre utaló:  $r_1 = 0,69$  értékű korrelációs koefficienssel jellemezhető. Az ábrán feltüntettük a  $P_1 = 5\%$  szinten megválasztott konfidenciaintervallumot is. Jól látható, hogy az idomtéggláknak megfelelő pontok többsége az adott határokon belül vagy annak közvetlen közelében helyezkedik el.

Az idomtégla-anyagoknak messzemenő hasonlósága a nyomelemvizsgálatok alapján különösen szembetűnő. Két esetben a többtől eltérően foszfor is kimutatható volt. Ez azonban ásatási anyagoknál nem tekinthető jellegzetes eltérésnek, mivel a foszfort az agyag égetett állapotában a környező talajból utólag is felvehette és tartósan megkötötte [18].

## II. Agyagelőfordulások a budai vár környékén

Mivel a téglák gyártásához nagymennyiségű nyersanyagra volt szükség, azért minden bizonnyal a műhelyhez közeli agyagelőfordulásokat hasznosították. Amennyiben azok Budán készültek, úgy a feldolgozott agyag lelőhelye csak a környező hegyekben lehetett.

4. ábra. Az idomtégglákat jellemző kémiai összetevők megoszlása ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} = 100\%$ )



A budai várat környező hegyekben levő agyag-előfordulások már a római korban ismertek voltak [19]. Erre utal a korábban ismertetett római mázas edények egyike is (5. ábra, R), [20, 21]. Az egykori agyagbányászatra ma is több külszíni fejtés nyoma emlékeztet. Budapest környékének 1870. évben kiadott térképén, a város mai belterületén, a budai vár közelében három, attól hat kilométer távolságon belül hét, távolabbiakkal együtt összesen tizenegy agyaghánya és téglagyár szerepel [22]. Az újkori bányák túlnyomó többsége, — a korábbiakkal azonosan — a budai hegyek keleti lejtőjén, dél-észak irányban, a Dunával közel párhuzamosan, mintegy 15 km hosszan települt.

A Duna jobb partján elterülő hegyes vidék „kiscelli agyag” gyűjtőnéven ismert hatalmas agyagtelepülései az oligocén korból származó jellegzetes tengeri üledékek. Napjainkban a hasznosítható agyagokat átlag 4–10 méter vastag meddő fedi. A fedőréteg alatt 5–15 méter vastagságban laza szerkezetű könnyen feláztatható sárga színű agyag, alatta 20–50 méter mélységig — helyenként palás — nehezen átnedvesedő, kékesszürke agyag fekszik. Az agyagtelepeken gyakoriak a vetődések, gyűrődések. Az agyagrétegekbe rendszertelenül 0,01–0,30 méter vastagságú homok, homokkő és mészkő lerakódások ékelődnek. Mind az agyagrétegek megváltozott helyzete, mind az említett ásványos szennyezések miatt, a kitermelt agyagok kémiai és ásványos összetétele — ezzel az agyag minősége — meghatározott határokon belül változó. Átlag 40–50%

különböző agyagásványt, — ezen belül túlnyomóan kaolinitet —, 15–20% kvarcot, 10–15% földpátot, 12–15% főleg finomszemcsés kalcitot és kevés dolomitot, valamint 5–10% mennyiségben egyéb ásványokat tartalmaznak [23].

A 23–25% vízzel képlékenyen megmunkálható agyagok száradási érzékenysége kicsiny, száradási zsugorodásuk mindössze 5%. Optimális égetési hőmérsékletük 950 °C. A cserép színe az égetési hőmérséklettől függően változó: 900–950 °C között rózsaszín, 1000 °C felett sárga, 1100 °C-nál zöldessárga. Az égetési zsugorodásuk 900–1000 °C között: 0,7–0,8%. Hirtelen lágyulnak, ezért nem égethetők tömörre, olvadáspontjuk Sk 6a – 1200 °C. A 900–1000 °C között égetett termékek vízfelvevőképessége még jelentős: 19–21%. Ennek ellenére fagyállóak és így épületkerámiai célra jól felhasználhatók.

A kiterjedt agyagelőfordulás nyolc külszíni fejtésének alsó és felső rétegeiből származó átlagminták anyagát vizsgáltuk. Az agyagokat 1–17 számmal jelöltük. Minden minta anyagából teljes mennyiségi kémiai elemzés készült (3. táblázat). Elméleti megfontolásból számításainknál ebben az esetben is a kémiai összetevők izzítási veszteség nélküli mennyiségét tekintettük az anyag teljes mennyiségének. E szempont figyelembevételével a bányatermékek kémiai összetételének jellemző értékeit táblázatban ismertetjük (4. táblázat).

Mivel a budai (kiscelli) agyagok sajátos ásványos összetételük miatt kémiai összetevőikkel is meghatározhatók, azért következtetéseink alapját ebben az esetben a bányatermékek kémiai

3. táblázat

A kiscelli agyagok kémiai összetevői %-ban

Minta jele	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O	Izz. vesz.
1.	50,9	13,8	4,4	9,1	3,1	3,3	6,2
2.	50,8	18,9	5,2	8,9	3,3	2,9	10,6
3.	50,8	15,2	6,4	6,4	3,7	4,8	12,6
4.	54,4	13,8	4,4	8,8	2,6	4,2	11,8
5.	46,1	14,8	4,5	12,7	2,6	3,9	15,4
6.	52,4	17,9	5,8	7,1	3,2	2,3	11,3
7.	49,6	19,6	5,4	7,9	3,7	2,6	11,2
8.	48,7	17,3	6,0	8,7	2,8	3,7	12,8
9.	49,9	18,0	5,9	9,9	2,1	2,1	12,1
10.	47,3	16,2	5,6	10,7	2,5	4,0	13,7
11.	53,4	17,3	5,1	8,3	2,1	3,4	9,7
12.	51,3	18,4	5,0	9,5	1,9	3,2	10,7
13.	56,3	16,0	5,7	7,2	1,8	2,3	19,7
14.	54,2	16,3	5,2	8,2	1,9	2,3	12,0
15.	51,5	19,0	5,3	7,9	2,6	2,2	11,5
16.	50,6	16,2	5,2	9,7	2,9	2,6	12,8
17.	50,8	15,0	5,3	8,1	3,4	3,7	9,8

Az agyagok származása:

1,2 – Kiscell

3, 4, 5, 15, 16, 17 – Újlak

6, 7 – Bécsi út

8, 9 – Solymár

10 – Békásmegyér

11, 12 – Csillaghegy

13, 14 – Pilisborosjenő

4. táblázat

A kiscelli agyagok kémiai összetételének jellemző értékei %-ban  $N = 17$

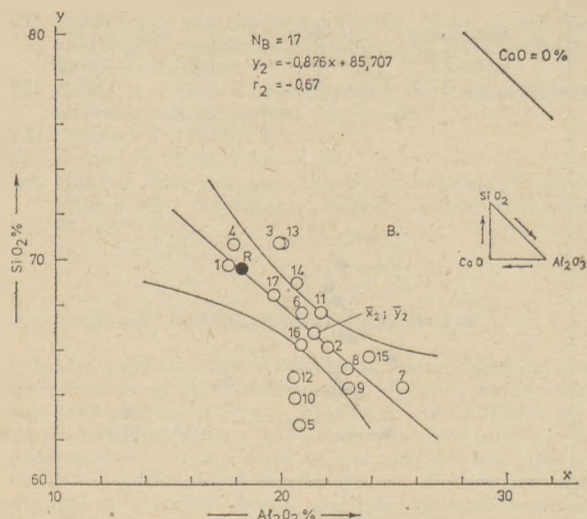
Megnevezés	Min.	Max.	$\bar{x}$	s	$s^2$
SiO <sub>2</sub>	54,5	63,0	58,22	2,43	5,54
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,6	22,1	18,99	1,84	3,21
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,0	7,3	6,09	0,61	0,35
CaO	7,3	12,4	10,00	3,14	3,13
MgO	2,0	4,2	3,09	0,72	0,49
K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O	2,3	5,5	3,46	1,16	1,27

középérték:  $\bar{x}$   
szórás ( $N - 1$ ): s  
szórásnégyzet (N):  $s^2$

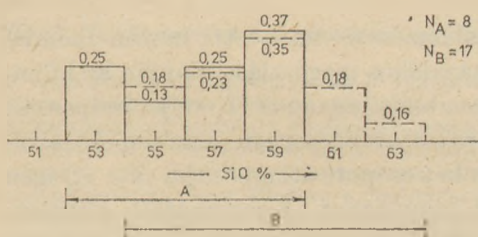
elemzése képezhette. Az agyagokat is a kovasav, alumínium-oxid és kalcium-oxid tartalmuk százalékos megoszlásával jellemeztük (SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + CaO = 100%). A három kiválasztott kémiai összetevő viszonylagos megoszlását az előzőkkel azonosan, derékszögű koordináta-rendszerben ábrázoltuk. Az adott rendszerben az agyagoknak megfelelő pontok, kissé megnyúlt, viszonylag zárt halmazt képeznek (B), (5. ábra). Az agyagok csoportjában a pontok regressziós kapcsolata:  $y = -0,876x + 85,707$  kétváltozós regressziós egyenlettel és a csoport közepes tömörségét mutató  $r_2 = 0,67$  értékű korrelációs koefficienssel jellemezhető. A grafikus ábrázolásban feltüntetjük a  $P_2 = 5\%$  szinten megválasztott konfidenciahatárokat, melyek az összetartozó pontokat 95% biztonsággal közrefogják. Jól megfigyelhető a kiterjedt agyagelőfordulás különböző bányáiból származó alsó és felső agyagrétegek hasonlósága vagy eltérése. Az ábrán öt külszíni fejtés felső sárga színű rétegeinek: 4, 6, 8, 11, az alattuk fekvő kékesszürke rétegeknek azonos sorrendben: 5, 7, 9, 12, pontok felelnek meg, az 1–3 és 13–16 pontok felső rétegekből származó agyagok.

### III. Az idomtégla és az agyagelőfordulás kapcsolata

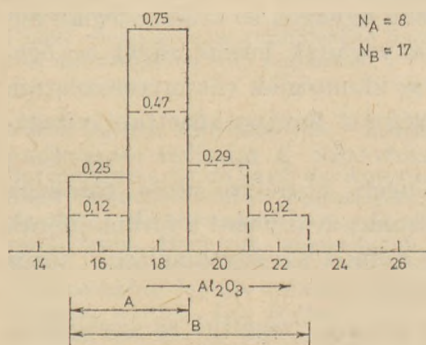
Az idomtégla és a kiscelli agyagok kapcsolatát a kémiai összetevők hasonlósága vagy eltérése alapján a matematikai statisztika módszereivel vizsgáltuk. A számítások azt mutatták, hogy az idomtégla és a budai agyagok megfelelő kémiai összetevőinek átlagértékei között  $P = 0,1\%$  szinten – az Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tartalom kivételével – szignifikáns eltérés nincs. A hasonlóság kifejezésre jut a idomtéglaanyagokra és az agyagokra egyaránt jellemzőnek tekintett három kémiai összetevő, – a kovasav, az alumíniumoxid és kalciumoxid – mennyiségének relatív valószínűségi megoszlásá-



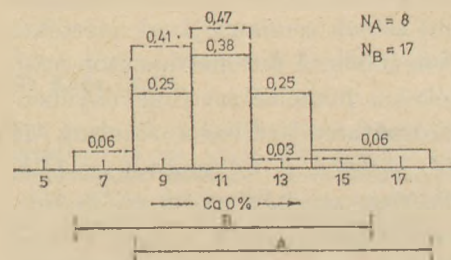
5. ábra. A budai (kiscelli) agyagok jellemző kémiai összetevők megoszlása (SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + CaO = 100%)



6. ábra. A téglanyagok (A) és az agyagok (B) SiO<sub>2</sub> - tartalmának relatív valószínűségi megoszlása



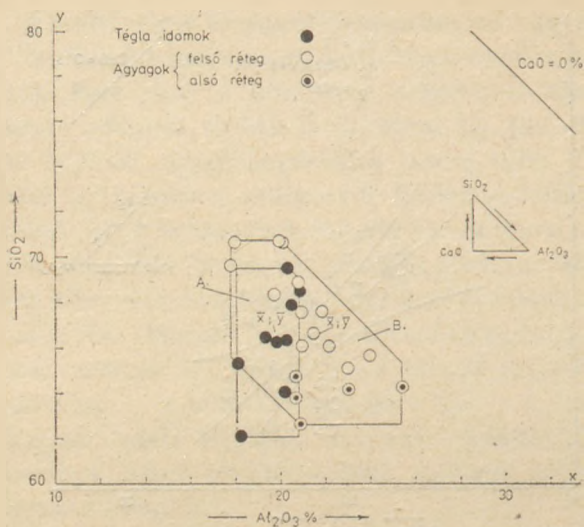
7. ábra. A téglanyagok (A) és az agyagok (B) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - tartalmának relatív valószínűségi megoszlása



8. ábra. A téglanyagok (A) és az agyagok (B) CaO - tartalmának relatív valószínűségi megoszlása

ban is. Az értékek grafikus ábrázolásánál szembe-tűnő, hogy azok az agyagoknál és az idomtégla-knál közel azonos területen fekszenek (6–8. ábrák).





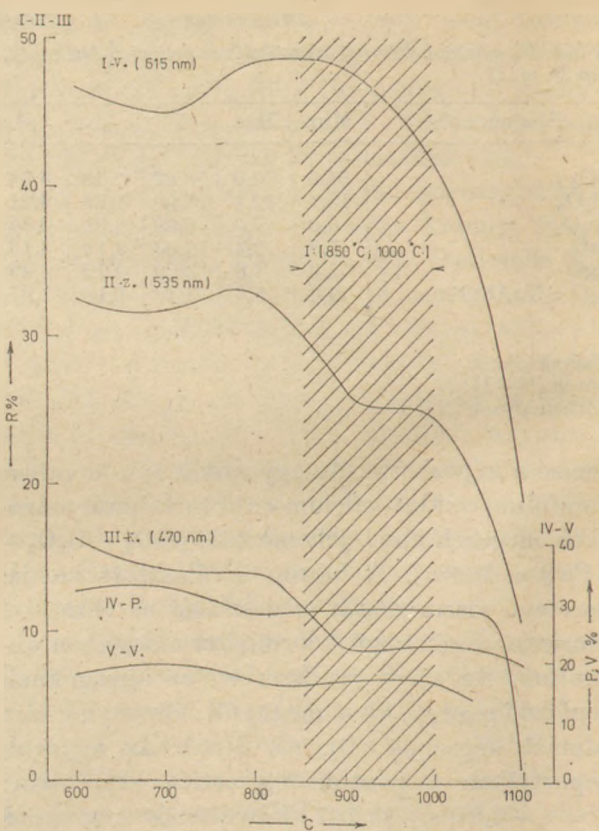
9. ábra. Az idomtégglák (I–VIII.) és az agyagok (1–17.) közös csoportja

Ha a jellemzőnek tekintett három kémiai összetevő százalékos megoszlása alapján az idomtégglák (A) és a budai agyagok (B) teljes csoportját azonos koordinátarendszerben közösen ábrázoljuk, akkor a két csoport átlagpontjai ( $\bar{x}_1; \bar{x}_2$ ) igen közel esnek egymáshoz. Koordinátáik eltérése:  $(y_1 - y_2) = 1,53\%$ ;  $(x_1 - x_2) = 0,69\%$ , a különbség nem szignifikáns (9. ábra). E számítások alapján az agyagok és az idomtégglák szoros kapcsolata kétségtelenné válik.

A budai (kiscelli) agyagok és az idomtégglák feltételezett nyersanyagának hasonlóságát az égetett agyagok és az idomtégglák vékonycsiszolatain párhuzamosan végzett ásvány-közettani vizsgálatok is alátámasztották. A mindkét csoportban megtalálható tengeri üledékre utaló törmelék hasonló jellege, ősmaradványként a foraminiferak jelenléte, és az azonos ásványtársulások közös eredetüket igazolják.

Optikai módszerekkel vizsgáltuk az agyagok és az idomtégglák színének változását, oxidáló atmoszférában történő égetés folyamán. Az égetett termékek színére a vörös (615 nm), zöld (535 nm), és kék (470 nm) színek remissziójának mértékét tekintettük jellemzőnek. A fotometriás úton meghatározott értékeket hőmérséklet függvényében, derékszögű koordinátarendszerben ábrázoltuk (10. ábra I, II, III, görbék). A folyamatot az IBK (CIE) – rendszerben meghatározott színkoordináták alapján színháromszögben is követtük. E vizsgálatok mindkét csoportnál azonos jellegzetességeket mutattak, ami ugyancsak alátámaszthatja az agyagok és idomtégglák agyagok hasonlóságáról alkotott feltevésünket.

A vörös színűre égő agyagok égetési hőmérsékletének utólagos meghatározására kialakított op-



10. ábra. A budai (kiscelli) agyagok jellemző színváltozása (I–III.) vízfelvévőképességének (V) illetőleg porozitásának (P) változása hőmérséklet függvényében. Az idomtégglák feltehető égetési hőmérsékletének intervalluma (I)

tikai módszerünk alapján a vizsgált idomtégglák égetési hőmérséklete közel sem egységes, 850–1000 °C hőmérséklethatárok között változó, kivételesen meghaladja az 1000 °C-ot (10. ábra).

A téglák változó színárnyalataiban is jól érzékelhető eltérő égetési hőmérséklet, az anyag porozitásában nem jut kifejezésre. A budai (kiscelli) agyagokra jellemző, hogy a porozitás (P) illetőleg vízfelvévőképesség (V) mértéke 800–1000 °C hőmérséklethatárokon belül gyakorlatilag azonos marad (10. ábra, IV, V. görbék).

Az ismertett természettudományos vizsgálatok eredményei alapján bizonyosra vehető, hogy az idomtégglákhoz feldolgozott nyersanyag a budai (kiscelli) agyagelőfordulás valamelyik hányájából származott. Ez a körülmény kizárja annak a lehetőségét, hogy azok a külföldről származó téglák csoportjába tartozzanak [12, 13]. Az adott koordinátarendszerben az egyes téglaidomokat és az agyagbányákat jelző pontok csoportosulása alapján, a téglákhoz feldolgozott agyag kitermelésének helyét a kiterjedt agyagelőforduláson belül Budapest belterületén levő Bécsi út környékére lehet valószínűsíteni. A bánya helyének ismeretében nem lehet többé kétséges a Budán történt előállításuk sem.



A szóbanforgó agyagelőfordulás említett változékonysága miatt azonban aligha képzelhető az idomtégglák – anyagi jellemzőinek alapján kialakítható viszonylag zárt – csoportjáról az a feltevés mely szerint: . . . , a téglacsoport időben mintegy 150 évet foglal össze. . . ” [24]. A természettudományos vizsgálatok alapján is valószínűbb az a már korábban említett megállapítás, mely a kérdéses téglákat a XV. század valamely rövidebb építési periódusához kapcsolja [11]. E megállapítást alátámaszthatja Borbála császár és királynő – Zsigmond hitvesének – 1427. – évből származó levele, melyet sajátos képességű téglavetőjével, idomtégglakészítővel kapcsolatban írt [25, 26].

Köszönettel tartozom Nagy Emesének és Zolnay Lászlónak – Budapesti Történeti Múzeum – a tanulmánnyal kapcsolatos segítő munkájukért.

## I R O D A L O M

- [1] Hausmann A. (1900): A magyar királyi vár építésének története. Budapest.
- [2] Lux K. (1920): A budai várpalota Mátyás király korában. Budapest.
- [3] Lux K. (1924): A gótika műemlékei. Budapest Műemlékei, 70 – 71.
- [4] Csemegi J. (1939): Adatok Budapest művészetének történetéhez. Történetírás, 78.
- [5] Balogh J. (1966): Művészet Mátyás király udvarában. I. – II. Budapest.
- [6] Gerevich L. (1966): A budai vár feltárása. Budapest.
- [7] Zolnay L. (1977): A 1967 – 75. évi budavári ásatások és az ott talált szoborcsoportokról. Budapest Régiségei, XIV. 23 – 71.
- [8] Gerevich L. (1966): I. c. 6. 269, 270.
- [9] Lux K. (1920): I. c. 2. 61.
- [10] Balogh J. (1966): I. c. 5. 106.
- [11] Zolnay L. (1977): I. c. 7. 23.
- [12] Zolnay L. (1977): I. c. 7. 24.
- [13] Jahrbuch der kunsthistorischen Sammlungen des allerhöchsten Kaiserhauses (1896) XVII. Wien. Reg. 15189.
- [14] Duma Gy. (1973): Égetett agyag rehidratációja talajban. Építőanyag, 25. 229 – 234.
- [15] Kerl B. (1907): Handbuch der gesamten Tonwarenindustrie. Braunschweig.
- [16] Cserei É. (1975): Adatok a besztercebányai (Banska Bistrica) kályhacsempékhez. Folia Archaeologica, XXV. 205 – 216.
- [17] Parádi N. (1957): Középkori kályhacsempé negatívok. Folia Archaeologica, IX. 179 – 185.
- [18] Duma Gy. (1968): Égetett agyag foszforfelvétele. Építőanyag, 20. 450 – 456.
- [19] Bonn P. (1962): Római kori téglák vizsgálata. Archaeologiai Értesítő, 89. 250 – 254.
- [20] Salamon A. – Duma Gy. (1981): Altértümliche Einstoff – Bleiglasuren, Angaben zur Herstellung der spätantiken glasierten Ware in Pannonien. Veröffentlichung der Kommission für Frühmittelalter Nr. 5. Anzeiger der phil. hist. Kl. d. Österr. Akademie d. Wissenschaften, 118. 45 – 60.
- [21] Duma Gy. (1982): Mázas cserépedények a római korból. Építőanyag, XXXIV. 138 – 144.

- [22] Umgebung von Budapest (1870). Nach einem Originale der Generalstabs-Abteilung der XIII. Infanterie-Truppen Division.
- [23] Albert J. (1976): Téglaanyagok és felhasználásuk a durva-kerámiaiparban. Budapest.
- [24] Gerevich L. (1966): I. c. 6. 271.
- [25] Zolnay L. (1977): I. c. 7. 24.
- [26] Magyar Tudományos Akadémia kéziratgyűjtemény. Föglein A. regesztái, „Végles” jelzet, miscellák: 61522.

## Duma György: Középkori idomtégglák Budán

A budai várban végzett ásatások során felszínre került középkori idomtégglák származása régészeti módszerekkel nem volt meghatározható. Feltehető volt külföldi eredetük is. Az idomtégglák természettudományos módszerekkel megismerhető anyagi sajátosságai alapján következtetni lehetett a feldolgozott nyersanyagra. A kerámiák nyersanyagát a kiterjedt budai (kiscelli) agyagelőfordulással sikerült azonosítani és azon belül a kitermelés helyét Budapest belterületén valószínűsíteni. Ez utóbbi ismeretében bizonyossá vált helybeli előállításuk is.

## Дума, Дь.: Средневековые фасонные кирпичи в Буда

В ходе раскопок, проведенных в будийской крепости, были обнаружены средневековые фасонные кирпичи, происхождение которых определить археологическими методами было невозможно. Было сделано даже предположение, что они были изготовлены за границей. На основе материальных свойств и особенностей этих кирпичей, определенных научно-естественными методами, было сделано заключение в отношении сырьевых материалов, использованных для их производства. Было установлено, что сырьевые материалы представляют собой флины, аналогичные глиняным месторождениям, широко распространенным в Буда (кишцелли), и на основании этого было сделано заключение, что производство этих кирпичей осуществлялось в Будапеште. Таким образом было установлено местное (отечественное) производство этих кирпичей.

## Duma, György: Mittelalterliche Formziegel in Buda

Der Stammort der im Laufe der Ausgrabungen in der Burg Buda heraufgebrachten Formziegel war durch archäologische Methode nicht bestimmbar. Es war auch Ihre ausländische Herkunft anzunehmen. Auf Grund der durch wissenschaftlichen Methode bestimmbarer Materialeigenschaften konnte auf den aufgearbeiteten Rohstoff gefolgert werden. Der Rohstoff der Keramik wurde mit dem erweiterten Tonvorkommen Buda (Kiscelli) identifiziert, und die Stelle der Gewinnung auf dem inneren Gebiet von Budapest zu wahrscheinlich gemacht. In der Kenntniss der letzteren ist auch die örtliche Herstellung gewiss geworden.

## Duma, György: Shaped Bricks from the Middle Ages in the Buda Castle

The origin of medieval shaped bricks, found during excavations in the Buda castles could not be solved by archeological methods; even their origin from abroad could not be eliminated. Their study by scientific methods enabled an unequivocal solution: the raw material of the brick was a clay from the Buda Mountains (Kiscell Clay), and even the exact locality could have been rendered probable, within metropolitan Budapest. Local production of these bricks is thus proven.

# Fényvezető üvegszálak

KÓSA-SOMOGYI ISTVÁN\* – KACSALOVA LÍDIA\*\*

\* Központi Fizikai Kutató Intézet, Budapest

\*\* Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

## 1. Bevezetés

Az utóbbi évtizedekben a különféle rádió és TV adók száma és a telefonvonalak sűrűsége exponenciálisan növekedett. Az ezek által kisugárzott és továbbított információáradat már zavarni kezdte egymást; a kábelek túlterhelődtek, a rádióállomások műsora egybemosódik, a TV állomások frekvenciasávjait mind nehezebb úgy kiválasztani, hogy egymást ne zavarják. A továbbítandó információ tömeg növekedtével növelni kellett a csatornák áthocsájtóképességét, vagyis mind a jel, mind a vivő frekvenciát. Az elektronikus berendezésekkel előállítható információhordozók frekvenciája napjainkra elérte a  $10^{11}$  Hz-et, azonban a várható követelmények megnyugtató kielégítésére a hordozó frekvenciát néhány nagyságrenddel tovább kellene növelni. A fény frekvenciája  $10^{15}$  Hz, vagyis az optikai távközlés ideálisan alkalmas a jövő feladatainak megoldására.

Az optikai távközlés napjainkban kibontakozó modern formája alapelveit tekintve megegyezik a fénymorze alapelveivel: fényimpulzusokat kell továbbítani két egymástól távol levő pont között. Ehhez fényforrásra, fényszaggatóra (modulátorra), fényvezető közegre és érzékelőre (detektorra) van szükség. A modern technika megkülönböztető jellemzője a fényszaggatás gyakorisága ( $10^9$  Hz) és a fény  $10^{15}$  Hz-es frekvenciája, ami együttesen lehetővé teszi, hogy egy fényvezető huzalkötegen egyidejűleg, egymás zavarása nélkül több ezer telefonbeszélgetést és mintegy száz TV műsort továbbíthassunk.

A Corning Glass cég 1970-ben kísérleti üvegszálakat készített, amelyekben a fény intenzitása 1 km hosszon  $\sim 2/3$  részére csökkent [1].

Jelenleg már olyan fényvezető szálakat készítenek, amelyeken a fényimpulzusok erősítő közbeiktatása nélkül  $\sim 50$  km-re továbbíthatók [2].

Ebben az irodalmi áttekintésben az optikai távközlés egyik fontos elemének, a fényvezető szálnak tulajdonságait és gyártástechnológiáját ismertettük. Megjegyezzük, hogy az adott fel-

adatra optimális szál megtervezéséhez egyidejűleg a fényforrás (fényemittáló félvezető dióda vagy lézer) és a detektor jellemzőit is figyelembe kell venni, vagyis az elemeket együttesen egységes rendszer részeként kell kezelni.

## 2. A fény terjedése fényvezető szálakban

Az optikai szálak általában két részből állnak: a fény a  $10-60 \mu\text{m}$  átmérőjű központi szálban (magban) halad, amelyet egy kisebb törésmutatójú anyagból készült köpeny vesz körül. A mag és a köpeny együttes vastagsága  $100-120 \mu\text{m}$ . Ezt a kettős koncentrikus szálakat többnyire műanyag védőréteg borítja, amely megakadályozza a fényvezető szál felületének elszennyeződését, mechanikai sérülését, miáltal a szálak kezelése biztonságosabbá és egyszerűbbé válik.

Az optikai kábelekkel szemben támasztott legfontosabb követelmény, hogy a belépő fényimpulzusok formája és intenzitása bennük végighaladva a lehető legkisebb mértékben változzék. Az impulzusok formája azért változik meg, mert a fény terjedési sebessége az üvegszálban függ a fény hullámhosszától. Ez a jelenség a diszperzió. Az optikai távközlésben elterjedten használt félvezető lézerek erősen monokromatikus fényt sugároznak úgy, hogy a diszperzió kiváltotta jel-elmosódás nem túlságosan zavaró még az egymást nagy gyakorisággal követő impulzusok esetében sem. Ezzel szemben az ugyancsak gyakran használt és elég széles színeképet sugárzó félvezető diódák spektrumát célszerű szűrők közbeiktatásával keskenyíteni.

Az intenzitás csökkenését a kábelben a fény elnyelése és szóródása okozza. Az elnyelést a fényvezető anyagába került fémes szennyező atomok, valamint a víznyomok ( $\text{OH}^-$  ionok) már ppm mennyiségben is erősen megnövelik [3]. Ezért nemcsak az alapanyagoknak kell különösen tisztának lenniük, hanem a szál gyártásának egész folyamatát megfelelő védőatmoszférában a lehetséges elszennyeződést megakadályozva kell vé-



geznünk. A fény szórását a szál optikai sűrűségének ingadozása, parányi szennyezések és mikrobuborékok okozhatják. Végül a szálakat alkotó molekulák dipólusmomentumainak véletlenszerű eloszlásával kapcsolatos dielektromos tényező fluktuációja idézi elő az ún. Rayleigh szórás, amely megszabja az illető anyagban a fényvesztés elérhető alsó határát [4]. A Rayleigh szórás a fény hullámhosszának negyedik hatványával fordítva arányos, ezért az optikai távközlésben előnyösebb, ha a látható fény helyett infravörös sugárzást használunk.

### 3. A szálak előállításának technológiája

A fényvezető szálakat jelenleg főleg  $\text{SiO}_2$  tartalmú üvegből készítik. A mag és köpeny közötti kis törésmutatókülönbség kialakítására a magot  $\text{GeO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$  oxidok valamelyikével ötvözik, amelyek a törésmutatót növelik. A bór és fluor vegyületek mint adalékok a törésmutatót csökkentik.

A szálak készítésére több módszert dolgoztak ki.

#### 3.1 A gázfázisból történő leválasztás

Az eljárás két szakaszra osztható: az első fázisban az „elődarabot” készítik el, s ebből húzzák a második fázisban külön berendezésben a szálakat. A CVD (Chemical Vapor Deposition) eljárásnak két változata van: a belső (A) és a külső (B) leválasztás módszere [5].

(A) *Leválasztás a cső belsejében.* Az eljárás lényege az 1. ábrán látható. Az alapsző 12–14 mm átmérőjű 1–1,5 mm falvastagságú nagy tisztaságú kvarccső, amit speciális befogó forgat a tengelye körül. A cső mentén gázegő mozog, amely a csövet  $\sim 1600^\circ\text{C}$ -ra hevíti. A csövön keresztül a kiindulási anyagok ( $\text{SiCl}_4$ ,  $\text{GeCl}_4$  stb.), valamint oxigén áramlik. A csövön belül a kloridok oxidálódnak, s így a cső falára  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{GeO}_2$  stb. válik le, s eközben egyidejűleg meg is olvadnak. A kívánt rétegvastagságot elérve a hőmérsékletet (pl. a gázegő mozgási sebességének csökkentésével) megnövelik, aminek hatására a cső rúddá tömörödik. Ezt a rudat nevezik elődarabnak, amelyet a fényvezető szálnak megfelelő rétegek, a mag és az ezt körülvevő kisebb törésmutatójú köpeny alkotnak. A törésmutató profil kialakítását a  $\text{SiCl}_4$  és az ötvöző gázok arányának megváltoztatásával érik el. Gyakran a nagy tisztaságú kvarc-alapsző lesz a köpeny anyaga. Az elődarab 8–10 mm átmérőjű, 300–500 mm

hosszú tömör rúd. Egy ilyen rúdból 50–60  $\mu\text{m}$  átmérőjű maggal 1–2 km hosszú 125–150  $\mu\text{m}$  vastag fényvezető szál húzható. E módszer fő előnye, hogy az elődarab előállításának ideje alatt a leválasztott anyagok a cső belsejében nem szennyeződnek. A tipikus fényintenzitás-vesztés az így készült szálakban a  $\lambda = 0,8\text{--}0,9 \mu\text{m}$  hullámhossztartományban  $3\text{--}4 \text{ dBkm}^{-1}$ , míg  $\lambda \gtrsim 1 \mu\text{m}$ -nél  $\sim 1 \text{ dBkm}^{-1}$ . A numerikus apertúra értéke ezekben a szálakban általában  $0,16\text{--}0,26$ .

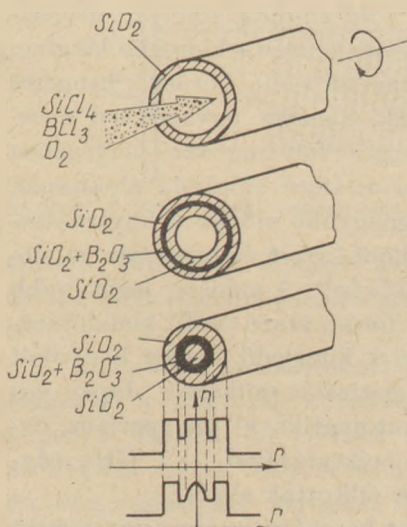
Az elődarab méretei meghatározzák a belőle húzható szál hosszát adott szálátmérő esetén:

$$d_e^2 L_e = d_{sz}^2 L_{sz} \quad (1)$$

ahol  $d_e$  és  $d_{sz}$ , ill.  $L_e$  és  $L_{sz}$  az elődarab és a szál átmérője, ill. hossza. Az arányok érzékeltetésére: 1 m hosszú és 30 mm átmérőjű elődarabból  $\sim 40$  km hosszú 120  $\mu\text{m}$  átmérőjű szál húzható, ha a szál húzásának kezdetén és végén előforduló veszteségeket figyelmen kívül hagyjuk.

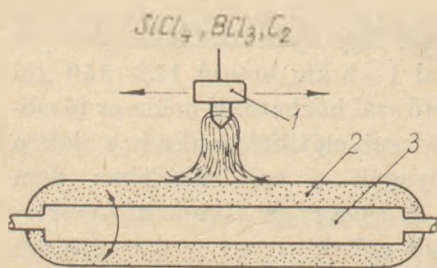
E módszer másik előnye, hogy az előre megtervezett törésmutató profil viszonylag könnyen kialakítható, ezért  $600\text{--}800 \text{ MHzkm}^{-1}$  szálak különösebb nehézség nélkül előállíthatók.

Hátránya a módszernek, hogy nagy tisztaságú alapszőt kell használni, ui. az alapsző minősége erősen hat a veszteségekre, a szál geometriájára, sáv szélességére, szilárdságára. Az iparilag gyártott kvarccsövek erre a célra nem használhatók, mivel sem tisztaságuk, sem homogenitásuk nem megfelelő. A csövek laboratóriumi előállítása a fényvezető szálakat is megdrágítja, emellett a termelékenységet is hátrányosan befolyásolja. A termelékenység e módszer alábbiakban ismertetett változatával jelentősen javítható.



1. ábra. Gázfázisból történő kémiai leválasztás cső belső felületére [5]





2. ábra. Gázfázisból történő kémiai leválasztás hordozórúd felületére [5]. 1 – égő, 2 – porózus előforma, 3 – hordozó rúd

(B) A külső leválasztás módszerével (2. ábra) az ötvözött  $\text{SiO}_2$  réteget egy tengelye körül forgó hordozó rúd felületére választják le szilárd állapotban. Porózus elődarab keletkezik, amelyet mind a magot, mind a köpenyt magában foglalja. Az elődarab elkészülte után a hordozó rudat eltávolítják belőle, majd a visszamaradt porózus csövet zónás olvasztással tömör, átlátszó előrúddá alakítják. E módszer hátránya, hogy az elődarabban a tengely mentén lyuk van (cső alakú), továbbá – hacsak külön óvintézkedéseket nem vezetnek be – az előrúdban jelentős az OH koncentráció. Az irodalomban több módszert ismertetnek az OH szennyezés kiküszöbölésére [6]. E módszer előnye a nagy termelékenység, nagyméretű előrúd előállításának, a törésmutató profil pontos kialakításának és nagy, 70–100  $\mu\text{m}$  átmérőjű mag készítésének lehetősége [7]. A pontos törésmutató profil miatt 1 GHz körüli sávzélesség érhető el, a nagy magátmérő miatt pedig csökken a fényvezető és a fényforrás csatolásánál fellépő veszteség, ami különösen a félvezető diódák alkalmazása esetén nagyon előnyös.

### 3.2 A tengely irányú leválasztás

A VAD (Vapor-phase Axial Deposition) módszer lényege a 3. ábra alapján könnyen megérthető [8]. A leválasztás oxigén + hidrogén lángban gázfázisból axiálisan történik. Porózus, hengeres elődarab keletkezik, amelyet ugyanebben a berendezésben egységes folyamathoz lényegében zónás olvasztással átlátszó előrúddá alakítanak át. A módszer legnagyobb előnye a folyamatosság; csökkenti a költségeket és biztosítja az előrúd egyenletes minőségét. A módszer legnagyobb hátránya, hogy a törésmutató-profil kialakításához sok paraméterre kiterjedő és elég bonyolult elektronikus automatizálás szükséges. Japán kutatók korszerű automatikával és speciális dehidratáló eljárás beiktatásával ~ 7 GHz sávzélességű szálakat állítottak elő [9].

A VAD módszert használva számos paramétert kell adott értéken tartani: a belépő és kilépő

gázok áramlási sebességét, az oxigén-hidrogén láng hőmérsékletét, az elődarab felületének hőmérsékletét, az előforma forgási sebességét és véglapjának helyzetét. Az elődarab véglapja helyzetének fluktuációja megváltoztatja annak átmérőjét és a törésmutató profilját a tengely irányában. E fluktuációk kiküszöbölésére az elődarab véglapját 50  $\mu\text{m}$ -es pontossággal adott szinten kell tartani, amit He-Ne lézer és videokamera segítségével folyamatos szabályozással érnek el [8].

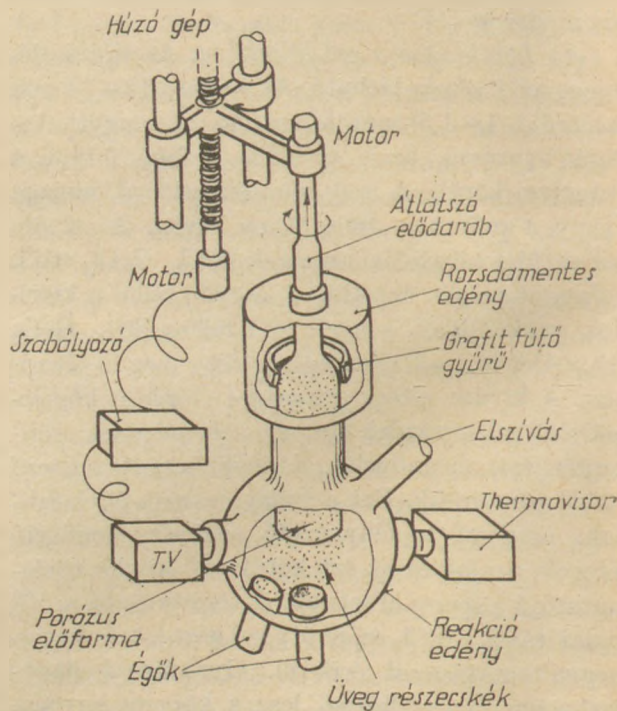
Az oxigén-hidrogén égők szerkezete szintén hatással van a gyártási viszonyok stabilitására és a törésmutató profil szabályozhatóságára. Az égők lényegében koaxiális kvarc csövek: a középső csövön vezetik be a leválasztandó  $\text{SiCl}_4$ ,  $\text{GeCl}_4$ ,  $\text{P}_2\text{OCl}_3$  gázokat, míg a külső gyűrűk az  $\text{O}_2 + \text{H}_2$  gázkeverék bevezetésére szolgálnak. A tipikus leválasztási paraméterek az 1. táblázatban

1. táblázat

A VAD módszer jellemzői

Leválasztási sebesség, g/min	0,5 – 1,0
A leválasztás határfoka, %	60 – 80
A porózus előforma átmérője, mm	50 – 70
Az átlátszó előrúd átmérője, mm	20 – 30
A húzott szál hossza, km/előrúd (parabolikus törésmutató)	20 – 50

láthatók. A táblázatban megadott maximális leválasztási sebességet túllépve a törésmutató pro-

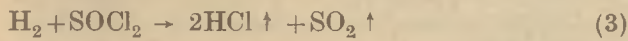
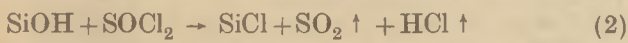


3. ábra. A VAD módszer elvi vázlatu [10]



fil szabályozhatósága és a leválasztás hatásfoka romlik [10].

Az OH gyökök eltávolítására két dehidratációs eljárást használnak, amelyek az alapvető reakciót tekintve megegyeznek egymással. Az egyik eljárásnál 20 °C-on  $\text{SOCl}_2$  gázzal telített oxigént vezetnek ~ 1 l/perc sebességgel a 800°-ra hevített reakciótérbe, ahol az  $\text{SOCl}_2$  termikus bomlásakor keletkező aktív  $\text{Cl}^-$  ionok reagálnak az előrúd OH ionjaival és a belékerült víznyomokkal:



A dehidratáció mértéke a hőmérséklet és az idő függvénye: magasabb hőmérsékleten az OH diffúziója felgyorsul. A kísérletek szerint [11] 600 °C felett az OH tartalom exponenciálisan csökken a hőmérséklettel.

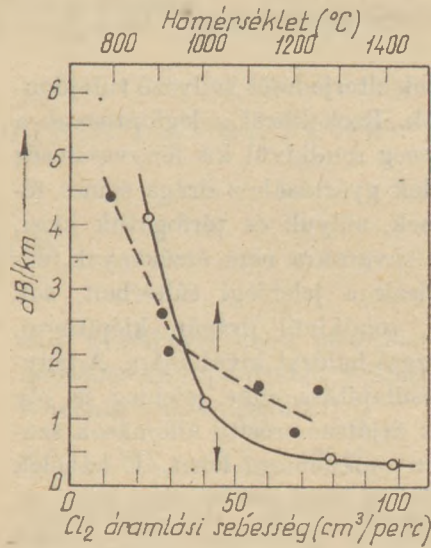
A másik dehidratációs módszer  $\text{Cl}_2$  és He gázkeveréket vezet a felfűtött reakciótérbe. Az OH tartalom csökkenése a  $\text{Cl}_2$  gáz áramlási sebességétől és a dehidratáció hőmérsékletétől függ (4. ábra). Ezzel az eljárással az OH tartalom 1 p.p.B alá szorítható, ami 0,04 dBkm elnyelésnek felel meg 1,39  $\mu\text{m}$ -nél.

### 3.3 A kettős tégely módszer

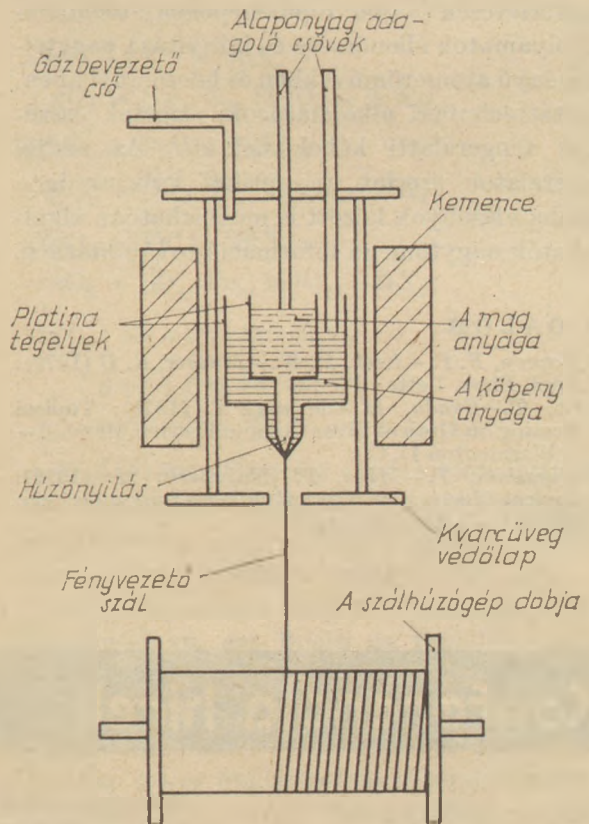
A kvarcnál jóval alacsonyabb olvadáspontú, többkomponensű üvegekből készítenek szálakat. Folyamatosságán kívül előnye, hogy az üvegek összetétele könnyen változtatható, s ez lehetőséget ad néhány jellemző, pl. a numerikus apertura szabályozására.

Ennél az eljárásnál először külön-külön előállítják a mag és a köpeny készítéséhez felhasználható nagy tisztaságú üvegeket. A szálak előállításához ezeket az üvegeket kettős platinatégelyben megolvasztják (5. ábra). A kettős tégelyt kvarcköpeny védi, hogy az üveg adagolása és a szál húzása alatt a védő atmoszférát szabályozni lehessen. Ezzel a módszerrel folyamatosan változó törésmutatójú szálak is előállíthatók: ha pl. a mag nátrium tartalma nagyobb mint a köpenyé, a húzás hőmérsékletén a Na a köpenybe diffundál. A törésmutató ilyen szabályozása azonban nem megbízható és nehézkes.

A módszer további hátrányai a kis húzási sebesség, a különösen tiszta platina tégelyek szükségessége, valamint az, hogy a megfelelő tisztaságú kiindulási üvegeket igen nehéz elő-



4. ábra. Az OH elnyelésének változása  $\lambda = 1,39 \mu\text{m}$ -nél a  $\text{Cl}_2$  gáz, ill. a dehidratációs hőmérséklet függvényében [11]



5. ábra. A kettős tégely módszerének elvi vázlata

állítani. Mindezek ellenére az utóbbi években ezzel a módszerrel is jelentős eredményeket értek el.

A különböző módszerekkel előállított szálak felületére a szilárdság növelésére polimer védőköpenyt visznek fel. Ebben az áttekintésben azonban a szálak fényvezető kábelekké történő összekapcsolásának kérdéseit nem érintjük. A kábelgyártás kérdéseit a [12–14] dolgozatok ismertetik.

#### 4. Az optikai kábelek alkalmazása

Az optikai kábelek elterjedését kedvező tulajdonságaik indokolják. Ezek közül a legfontosabb a GHz-es sávzsélesség rendkívül kis fényveszteség mellett. A kábelek gyártásához drága színes fémek nem kellene, súlyuk és térfogatuk kicsi, elektromágneses zavarokra nem érzékenyek, ezért szinte ideálisak a jelenlegi túlterhelt, sok helyet elfoglaló, rendkívül drágán kiépíthető, klasszikus távvezető hálózat kiváltására. A fényvezető szálak csillapítása már jelenleg is oly csekély, hogy az átjátszó-erősítő állomások számát is jelentősen csökkenteni lehet. E kábelek rohamos térhódítását nem nehéz megjósolni. A száloptikai rendszerek legfontosabb alkalmazási területei előreláthatólag a következők: telefonhálózat, vezetékes TV, házon belüli és fedélzeti összeköttetések (hajón, repülőgépeken), technológiai folyamatok ellenőrzése és irányítása nagy teljesítményű atomerőművekben és hőerőművekben, számítástechnikai alkalmazások, szigetek összekötése tengeralatti kábelekkel stb. Az eddigi tapasztalatok szerint az optikai kábelek igen mostoha viszonyok között is megbízhatóan alkalmazhatók nagytömegű információ továbbítására.

#### I R O D A L O M

- [1] *Kapron, F. P. – Keck, D. W. – Maurer, R. D.* (1970): *Appl. Phys. Letts.*, 17, 423
- [2] *Ito, T. – Okada, M. – Miyan, T.* (1979): *Topical Meeting on Optical Fiber Communication March 6 – 8, Washington D. C.*
- [3] *Miyashita, T. – Miya, T. – Nakaharu, M.* (1979): *Topical Meeting on Optical Fiber Communication, March 6 – 8, Washington D. C.*

- [4] *Tane, J.* (1975): *Highly Transparent Glasses. „Optical Properties of Highly Transparent Solids”* Edited by S. S. Mitra and B. Bendow, Plenum Press, N. Y and London, p. 245.
- [5] *Belov, A. V. – Gur’janov, A. N. – Dianov, E. M. és mások* (1978): *Kvantovaja elektronika*, 5, 695.
- [6] *Schultz, P. C.* (1977): *Appl. Optics*, 18, 3684.
- [7] *Belov, A. V. – Gur’janov, A. N. – Devjatych, G. G.* (1977): *Kvantovaja Elektronika* 4, 2041.
- [8] *Inagaki, N. – Edahiro, T.* (1982): *Japan Annual Reviews in Electronics, Computers and Telecommunications, Optical Devices and Fibers.* Ed. Y. Suetatsu OHM-North Holland, Tokyo, Amsterdam, p. 220.
- [9] *Murata, H.*: U. a. mint [8], 253.
- [10] *Izawa, T. – Inagaki, N.* (1980): *Proc IEEE*, 68, 1184.
- [11] *Inada, K.*: U. a. mint [8], 241.
- [12] *Dianov, E. M.* (1979): *Kvantovaja Elektronika*, 6, 1496.
- [13] *Elion, G. R. – Elion, H. A.* (1978): *Fiber optics Communications Systems*, M. Dekker Inc. New York and Basel
- [14] *Kojima, N.*: U. a. mint [8], 266.

*Kósa-Somogyi István – Kacsalova Lidia: Fényvezető üvegszálak*

Irodalmi áttekintés a fényvezető üvegszálak előállítási módszereiről és alkalmazási területeiről.

*Коса, Ш. И. – Качалова, Л.: Светопроводящие стекловолоконна Литературный обзор методов изготовления и областях применения светопроводящих стекловолокон*

*Kósa-Somogyi, István – Kacsalova, Lidia: Lichtleitende Glasfaser*

Eine fachliterarische Übersicht über die Herstellungsmethoden und Anwendungsgebieten der lichtleitenden Glasfaser.

*Kósa-Somogyi, István – Kacsalova, Lidia: Glass Fibre Optics*

Manufacture and application of glass fibre optics – a review.

## Konferencia hírek

Még csak néhány hónap múlt el, hogy a Tecnargilla 1982 bezárta kapuit és a Rimini-i Vásár Szervezet máris bejelentette a következő, Riminiben tartandó kiállítás időpontját: 1983. szeptember 27. – október 2.

A „Tecnargilla 1983” nemzetközi eseménynek fog számítani.

A Tecnargilla 1982 látogatóinak száma 15 343 volt; ennek 46%-a volt külföldi, 71 idegen országot képviselve (főleg Dél-Amerikából és Európából, de jöttek – az előző kiállításokkal összehasonlítva óriási

számban – Távol-Keletről is pl. Koreából, Japánból és Thaiföldről).

A kerámia technológia szektorban a Tecnargilla egyre inkább a világ első számú piacának a szerepét tölti be.

Az eddigi kiállítások pozitív eredményei alapján a szervezők különös figyelmet szentelnek a külföldi piacokra irányuló tevékenység továbbfejlesztésének.

A szervezők hamarosan nyilvánosságra hozzák a találkozók és a Tecnargilla 1983 folyamán lezajló események hivatalos programját.



# Cirkonbázisú szintestek vizsgálata

BARTHÁNYÉ BALOGH ÁGNES\* – KOTSIS LEVENTÉNÉ\*\*

\* Romhányi Építési Kerámiagyár

\*\* Veszprémi Vegyipari Egyetem, Szilikátkémiai Tanszék

## Bevezetés

Az utóbbi évtizedekben egészség- és környezetvédelmi szempontból a máz kutatásban kiemelt fontosságú az ólommentes mázak előállítása. E mázak színezésére a cirkonbázisú szintestek felfedezése előtt nagyon korlátozott számú lehetőség állt rendelkezésre. A cirkonbázisú szintestek kitűnnek szép pasztell színükkel, nagy hőmérsékletstabilitásukkal. Egymással és más szintestekkel is jól keverhetők. Így a kék, sárga, rózsaszín és piros cirkonbázisú szintestek keverésével a legváltozatosabb színű mázak állíthatók elő. Cikkünkben a kék és sárga cirkonbázisú szintestek néhány fizikai és ásványtani jellemzőjével foglalkozunk.

## Irodalmi rész

A cirkonbázisú szintestek a cirkónium-ortoszilikát szilárd oldatai, illetve zárvány kristályai.

Az egyébként színtelen  $ZrSiO_4$  rácsába beépülő vanádiumion kék, praeodímiumion sárga, vasion pedig rózsaszín színt eredményez [1–3].

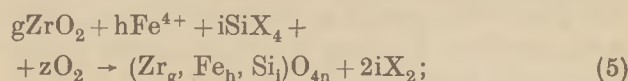
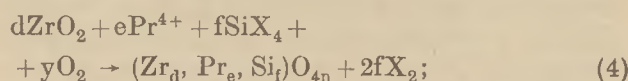
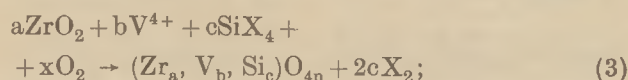
A  $ZrSiO_4$  szemcsékbe zárványként beépülő kadmium-szulfid-szelenid kristályok piros szín kialakulását okozzák [4]. A színezőion csak akkor tud beépülni a kristályrácsba, ha jelen van a  $ZrSiO_4$  képződésekor. Ezért a szintestek előállítása a  $ZrSiO_4$ -ot alkotó oxidokból és a színezőionot tartalmazó vegyületekből mineralizátorok segítségével 750–1100 °C hőmérsékleten végzett hőkezeléssel történik.

A mineralizátorok a  $ZrSiO_4$  szintézis 1400 °C körüli hőmérsékletét csökkentik [5]. Mineralizátorként leggyakrabban alkáli-halogenideket (NaF, NaCl, NaBr, LiF) használnak [6–8]. A színezőionokat rendszerint olyan vegyületek formájában adják a nyerskeverékhez, amelyek az előállítás hőmérséklettartományában szilárd és gázfázisú komponensekre bomlanak: a vanádiumiont  $NH_4VO_3$ , a praeodímiumiont  $Pr_6O_{11}$ , a vasion  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  vegyület formájában. A homogeni-

zált nyerskeverékben hőkezelés során szintestképződés szempontjából lejártszódó legfontosabb reakciók a következők [9]:



ahol MX alkáli halogenid, leggyakrabban NaF. A (2) összefüggést módosítottuk olyan formában, hogy az a szilárd oldat képződést is tükrözze:



$$\text{ahol: } a + b + c = 2n$$

$$d + e + f = 2n$$

$$g + h + i = 2n$$

A (3, 4, 5) összefüggések azt is szemléltetik, hogy nem egységes az álláspont az irodalomban arra vonatkozóan, hogy a  $ZrSiO_4$  rácsába a színezőionok milyen pozícióba épülnek be [7, 10].

A  $ZrSiO_4$  rácsba beépült vanádiumion +4-es oxidációs fokú, ezt Booth és Peel [6] mágneses szuszceptibilitás méréssel, Camara és munkatársai [11] ESR-rel igazolták. A beépült vas- és a praeodímiumionról valószínűnek tartják, hogy szintén +4-es oxidációs fokkal rendelkeznek [12, 13], ezért a (4) és (5) összefüggések csupán feltételezések.

A reakció mechanizmusából következően a  $SiO_2$  bizonyos hányada  $SiF_4$ -ként távozik a rendszerből, míg másik része az alkáliionokkal képezhet olvadátkot. Ezért Beretka [13] szerint a szintestek előállításakor az 1,1 : 1,0  $ZrO_2 : SiO_2$  molarányt célszerű alkalmazni.

Az is nyilvánvaló, hogy a reakciók lejátszódásához oxigénre van szükség, tehát az égetést oxidáló vagy semleges atmoszférában kell végezni [7, 15].

A (3, 4, 5) összefüggésekben korlátozott oldódású szilárd oldatok szerepelnek. Ez azt jelenti, hogy a színezőionok csak meghatározott koncentrációig építhetők be a  $ZrSiO_4$  rácsába. Ezen optimum túllépésével a szintestek szintelítettége tovább nem növelhető [6, 14].

A színezőionokhoz hasonlóan a mineralizátorok koncentrációjának is optimuma van, mert a mineralizátorok a szilárdoldatok képződési hőmérsékletének csökkentésén kívül olvadákfázis létrejöttét és mennyiségének növekedését is eredményezik. Ez utóbbi a szintelítettég csökkenését, valamint a képződő aggregátumok miatt az őrlési energia növekedését vonja maga után [13]. A szintestek előállítását a reagálatlan vízdoldható komponensek eltávolításával, majd őrléssel, szárítással fejeződik be.

### Kísérleti rész

Kísérleti munkánkban a cirkonbázisú kék és sárga szintestek színjellemzőinek és a képződő  $ZrSiO_4$  koncentrációjának hőmérsékletfüggését vizsgáltuk. Mivel a színes és szintelen  $ZrSiO_4$  röntgenográfiailag nem különböztethető meg, ezek együttes koncentrációját határoztuk meg. Összehasonlítottuk a  $V^{4+}$  és  $Pr^{4+}$  ionok  $ZrSiO_4$  képződésre gyakorolt hatását is.

### Kiindulási anyagok, szintestek előállítása

Vizsgálatainkhoz technikai tisztaságú anyagokat használtunk. A  $ZrO_2$  természetes eredetű baddeleyit volt, átlagszemcsemérete  $6 \mu m$ , fajlagos felülete  $1,3 m^2/g$ . A  $SiO_2$ -ot  $45 \mu m$  alattiszemcse-nagyságú fehérvárcsurgói flotált homokkal vittük a reakciókeverékbe. A vanádiumiont  $NH_4VO_3$ , a praeodímiumiont  $Pr_6O_{11}$  tartalmazta. Mineralizátorként  $NaF$ -ot és  $NaCl$ -ot használtunk. A nyerskeverékek összetételét az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat

Cirkonbázisú kék és sárga szintestek nyerskeverékének összetétele

Alapanyag	Koncentráció % (n/n)	
	Kék	Sárga
$ZrO_2$	37,47	39,13
$SiO_2$	37,73	39,06
Színezővegyület	3,59	0,25
Mineralizátorok	21,21	21,56

Az A jelű kísérletsorozatban az 1. táblázat adatai alapján összemért keverékeket alkohollal homogenizáltuk és fedővel ellátott platinatégelyben KO II elektromos fűtésű kemencében hőkezeltük. A kék színű szintesteket  $650-950^\circ C$  hőmérséklettartományban 3 órás hőtartással, a sárga szintesteket  $700-1100^\circ C$  hőmérséklettartományban 6 órás hőtartással égettük ki. A hőkezelt termékeket forró desztillált vízzel mostuk és golyósmalomban nedvesen  $10 \mu m$ -nél kisebb szemcse-nagyságúra őrltük. Szárítás után ismét homogenizáltuk.

A B jelű kísérletsorozatban azonos tömegű és azonos molarányú  $ZrO_2$ ,  $SiO_2$ ,  $NaCl$  keverékének egyik részéhez  $NH_4VO_3$ -ot, másik részéhez  $Pr_6O_{11}$ -ot kevertünk olyan mennyiségben, hogy a színezőionok ionszáma azonos legyen. A harmadik rész nem tartalmazott színezőiont. Mindhárom mintát  $850^\circ C$ -on 3 órán át hőkezeltük.

### Kísérleti módszerek és berendezések

Az A kísérletsorozatban az egyes minták  $ZrSiO_4$  tartalmát röntgendiffrakciós belső standardos módszerrel határoztuk meg. Belső standardként analitikai tisztaságú  $MgO$ -ot használtunk. A méréseket DRON-3 típusú röntgendiffraktométerrel végeztük.

A B jelű kísérletsorozatban a  $ZrSiO_4$  és  $ZrO_2$  mennyiségének változását a röntgendiffrakciós felvételen az azonos hkl indexű reflexiók maximumok magasságának összehasonlításával állapítottuk meg.

A szintestek színét az A kísérletsorozatban a 2. táblázatban bemutatott Seger képletű máz alkalmazásával minősítettük. A kék szintestet 4%-ban, a sárgát 6%-ban kevertük a mázhoz, a máz hőkezelési hőmérséklete  $960^\circ C$  volt.

2. táblázat

A szín minősítésére szolgáló máz Seger képlete

$Na_2O$	0,54				
$K_2O$	0,08	$Al_2O_3$	0,30	$SiO_2$	6,14
$CaO$	0,30	$ZrO_2$	0,48	$B_2O_3$	1,14
$ZnO$	0,08				

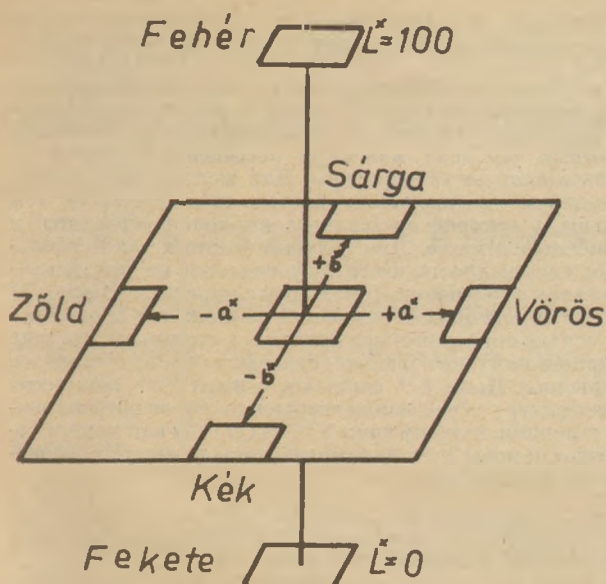
A színes mázak színíngertéveit (X, Y, Z) MOMCOLOR-D tristimulusos színmérővel határoztuk meg. Az egyes színek összehasonlítása a színíngertéveik alapján az emberi szem színérzékelő képességétől igen távol áll. Ezért a színek minősítését a CIELAB egyenletes színíngertérben végeztük [16] (1. ábra).

A CIELAB színíngertérben egy szint egyértelműen meghatározó három jellemző a következőképpen adható meg:



Kék és sárga szintestek színjellemzői és  $ZrSiO_4$  koncentrációja a hőmérséklet függvényében

Színtest	Hőmérséklet °C	Színjellemzők			$ZrSiO_4$ koncentráció %(m/m)
		$h_{ab}^o$	$L^x$	$C_{ab}^x$	
Kék	650	0	91,00	0	0
	700	1,08	81,12	16,16	60
	750	1,14	79,72	18,51	90
	800	1,14	80,51	18,36	95
	850	1,15	81,61	18,09	97
	950	1,12	82,02	17,49	99
Sárga	700	0	91,00	0	0
	800	-1,32	91,40	45,45	78
	900	-1,30	91,30	45,54	80
	1000	-1,30	91,10	43,89	78
	1100	-1,26	92,40	38,83	75



1. ábra. Az  $L^*$   $a^*$   $b^*$  térbeli derékszögű koordinátarendszer

### 1. színezet

$$h_{ab}^o = \arctg (b^*/a^*) \quad (6)$$

### 2. világosság

$$L^* = 116 (Y/Y_0)^{1/3} - 16 \quad (7)$$

### 3. telítettség

$$C_{ab}^x = ((a^*)^2 + (b^*)^2)^{1/2} \quad (8)$$

$L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  a színínger-összetevőkből (X, Y, Z) származtatott mennyiségek.

$$a^* = 500 ((X/X_0)^{1/3} - (Y/Y_0)^{1/3}) \quad (9)$$

$L^*$  (7) egyenlet szerint

$$b^* = 200 ((Y/Y_0)^{1/3} - (Z/Z_0)^{1/3}) \quad (10)$$

ahol  $X_0$ ,  $Y_0$ ,  $Z_0$  az abszolút fehér színínger-összetevői.

## Mérési eredmények és következtetések

A kész szintestek színjellemzőit és a képződött  $ZrSiO_4$  koncentrációját a 3. táblázatban foglaltuk össze.

A 3. táblázat adataiból jól látható, hogy a hőkezelési csúcshőmérséklet növelésével mind a kék, mind a sárga szintest szintelítettségének maximuma, világosságának pedig egyidejűleg minimuma van. Kék szintestnél ez a hőmérséklet 750 °C, sárga szintestnél 900 °C.

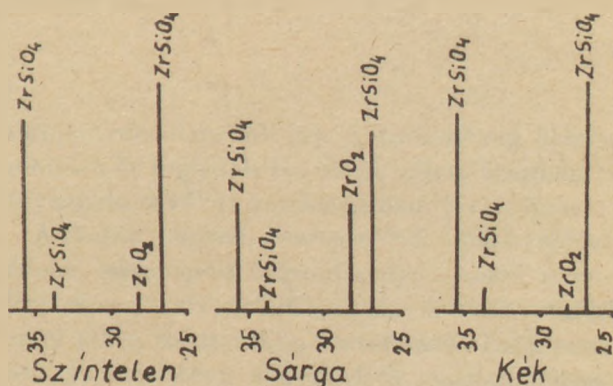
Kék szintestekben a  $ZrSiO_4$  koncentrációja a hőmérséklet növelésével 950°C-ig nő, elérve a teljes konverziót. A 700–1100 °C hőmérséklet-tartományban képződött sárga szintestekben a  $ZrSiO_4$  mellett mindig találtunk reagálatlan kom-

ponenseket is. A legnagyobb 80% (m/m)-os koncentrációt 900 °C-on érték el. Tehát a hőmérséklet függvényében a  $ZrSiO_4$  tartalom maximummal rendelkező görbe szerint változott. A  $ZrSiO_4$  tartalom 900 °C feletti csökkenésének a szilícium tartalmú üvegfázis növekvő mennyisége az oka, amely fénymikroszkópban is megfigyelhető.

Sárga szintestnél a szintelítettség maximuma egybeesik a  $ZrSiO_4$  koncentráció maximumával, a kék szintestek esetén azonban nem.

Az azonos hőmérsékleten (800 °C) hőkezelt kék és sárga szintesteknél különböző a  $ZrSiO_4$  koncentrációja. A rövidebb hőkezelési idő ellenére a kék szintestben képződött több  $ZrSiO_4$ . Ennek alapján feltételeztük, hogy a  $V^{4+}$  és a  $Pr^{4+}$  ionok is befolyásolják a létrejövő  $ZrSiO_4$  szilárd oldat tömegét.

A 2. ábrán a B kísérletsorozat röntgendiffrakciós felvételei azt bizonyítják, hogy 850 °C-os 3 órás hőkezelés után a legnagyobb a  $ZrSiO_4$  koncentrációja a  $V^{4+}$  iontartalmú, valamivel kisebb a színezőion nélküli és legkisebb a  $Pr^{4+}$  ion tartalmú mintának. Mivel az egyes nyerskeverékek azonos ionszámú  $V^{4+}$ -ot, illetve  $Pr^{4+}$ -ot tartal-



2. ábra. Az azonos hőkezeléssel előállított színtelen, kék és sárga minták röntgendiffraktogramja

maztak, így megállapíthatjuk, hogy a vanádiumion a  $ZrSiO_4$  képződés mineralizátora, míg a prazecídiumion inhibitora. Tehát a színeképző ionok kettős funkcióban vesznek részt a szintestek képződési reakciójában.

#### IRODALOM

- [1] *Seabright C. A.* (1948): USA szabadalom 2, 441, 447
- [2] *Kato E. – Takashima H.* (1956): Repts. Govt. Ind. Res. Inst., 5. 147.
- [3] *Seabright C. A.* (1965). USA szabadalom 3, 116, 430
- [4] *Broll A. – Beyer H. H. – Kleinschmit P.* (1977). Chemiker Zeitung, 10. 319.
- [5] *Gagea L.* (1980.) Mater. Constr., 10. 158.
- [6] *Booth F. T. – Pell G. N.* (1962). Trans. J. Brit. Cer. Soc., 61. 359.
- [7] *Demiray T. – Nath D. K. – Hummel F. A.* (1970). J. Amer. Ceram. Soc., 53. 1.
- [8] *Seabright C. A.* (1962). USA szabadalom 3,025,178
- [9] *Eppler R. A.* (1970). J. Amer. Ceram. Soc. 53. 457.
- [10] *Kleinrok D. – Paszkiewicz Z.* (1980). Szkló i Keramika 31. 239.
- [11] *Camara B. – Weigel H. J.* (1976). Ber. Dt. Keram. Ges., 53. 48.
- [12] *Kvapil J.* (1977). Silikaty, 21. 33.
- [13] *Biswas K. K. – Das S. K.* (1976). Glass and Ceramic Bulletin, 23. 113.
- [14] *Beretka J. – Bowman R. G.* (1981). J. Aust. Ceram. Soc., 17. 37.
- [15] *Bayer G.* (1981). XIII. Siliconf Budapest
- [16] *Lukács Gy.* (1982). Színmérés. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.

#### *Bartháné Balogh Ágnes – Kotsis Leventéné: Cirkonbázisú szintestek vizsgálata*

Kísérleteinkben cirkonbázisú kék és sárga szintestek színjellemzőinek és cirkónium-ortosilikát-tartalmának hőmérsékletfüggését vizsgáltuk. Megállapítottuk, hogy mindkét szintest szinteltettségének maximuma van a hőmérséklet függvényében. Sárga szintestnél a szinteltettség maximuma annál a mintánál jelentkezik, amelyben a legnagyobb tömegű  $ZrSiO_4$  képződik. Kék szintestnél a legnagyobb szinteltettség nem a  $ZrSiO_4$  tartalom maximumánál jelentkezik. A  $V^{4+}$  és  $Pr^{4+}$  ionok a szintestképződési reakcióban nem csupán színező hatást fejtenek ki, hanem befolyásolják a képződött  $ZrSiO_4$  koncentrációját. A  $V^{4+}$  ionok a  $ZrSiO_4$  szilárd oldat képződési hőmérsékletét csökkentik, a  $Pr^{4+}$  ionok növelik, ezért a  $V^{4+}$  ionok mineralizátorként, a  $Pr^{4+}$  ionok inhibitoroként viselkednek a szintest képződési reakciójában.

#### *Барthane, Б. А. – Котчиш Леветене: Испытания цветных тел на основе циркония*

Были проведены испытания зависимостей цвета цветных тел и содержания ортосиликата циркония от температуры. Было установлено, что испытанные два вида цветных тел дают максимум насыщенности цветом в зависимости от температуры. Для желтых цветных тел максимум насыщенности цветом проявляется у той пробы, в которой ортосиликат циркония образуется в наибольшей массе. Для голубых цветных тел наибольшая насыщенность цвета наблюдается не при максимальном содержании ортосиликата циркония. Ионы  $V^{4+}$  и  $Pr^{4+}$  в реакциях образования цветных тел проявляют не только окрашивающее влияние, а оказывают влияние также и на концентрацию образующегося ортосиликата циркония. Ионы  $V^{4+}$  снижают, а ионы  $Pr^{4+}$  повышают температуру образования твердых растворов ортосиликата стронция, поэтому ионы  $V^{4+}$  ведут себя как минерализаторы, а ионы  $Pr^{4+}$  как ингибиторы в реакции образования цветных тел.

#### *Frau Bartha, Balogh, Ágnes – Frau Kotsis, Ildikó: Untersuchung der Farbkörper auf Zirkonbasis*

In der Forschungsarbeit wurden die Farbkenngrößen und die Temperaturabhängigkeit des Gehaltes an Zirkonium-Ortосиликат der blauen und gelben Farbkörper auf Zirkonbasis untersucht. Es wurde festgestellt, dass die Farbsättigung beider Farbkörper in der Abhängigkeit der Temperatur ein Maximum hat. Im Falle des gelben Farbkörpers zeigt sich das Maximum der Farbsättigung bei der grössten Menge von  $ZrSiO_4$ . Im Falle des blauen Farbkörpers zeigt sich die grösste Farbsättigung nicht beim Maximum des  $ZrSiO_4$ -Gehaltes. Die  $V^{4+}$  und  $Pr^{4+}$  Ionen wirken nicht nur eine Färbungseffekt in der Farbkörperbildungsreaktion aus, sondern beeinflussen die Konzentration des entstehenden  $ZrSiO_4$ . Die  $V^{4+}$  – Ionen senken die Bildungstemperatur der  $ZrSiO_4$  festen Lösung, die  $Pr^{4+}$  – Ionen steigern die gleiche, dh. die  $V^{4+}$  – Ionen verhalten sich als Mineralisator, die  $Pr^{4+}$  – Ionen, als Inhibitor in der Bildungsreaktion des Farbkörpers.

#### *Balogh, Ágnes (Mrs. Bartha) – Kotsis, Leventéné: Examination of Zircon-Based Ceramic Colours*

Colour intensity and zirconium orthosilicate content of blue and yellow ceramic colours was examined as a function of temperature. Both colours have a maximum in the colour saturation vs. temperature plot, and this maximum is coincident in the yellow colour with maximum amount of  $ZrSiO_4$ . This however is not true in case of the blue colour.  $V^{4+}$  and  $Pr^{4+}$  ions are not only colouring agents in the body formation reaction, but affect the concentration of  $ZrSiO_4$  too. The presence of  $V^{4+}$  ions decreases, that of  $Pr^{4+}$  increases the formation temperature of solid solution; consequently they are mineralisers and inhibitors, resp.



# Homokkutatás gazdaságföldtani lehetőségei a Hejőcsabai Cementgyár részére

VITÁLIS GYÖRGY\* – HEGYINÉ PAKÓ JÚLIA\*\*

\* Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest

\*\* Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

## Bevezetés

A Cement- és Mészművek Hejőcsabai Gyára (Hejőcsabai Cementgyár) az eddig használt szilikátkomponensű nyersanyagok mellett, új cementfajták (S 54-es és S-100-as) gyártásához, nagyobb  $\text{SiO}_2$  tartalmú nyersanyagot is igényel [7]. Az új szilikátkomponensű nyersanyaggal (korrekciós homokkal) szemben támasztott minőségi követelmény:  $\text{SiO}_2$  tartalom nagyobb mint 72%.

## A homok nyersanyag beszerzési lehetőségei

A meghatározott minőségi követelményt kielégítő, számításba jöhető nyersanyagot – az előkészítő fázisú nyersanyagkutatás során – a gyártól való távolság és a különböző közettípusok  $\text{SiO}_2$  tartalma mérlegelésével vettük figyelembe [8]. A gyártól való távolságra – a gazdaságosság szemelött tartása mellett – három távolsági (a cementgyártól 5, 10 és 15 km-es) körzetet határoztunk meg. A távolsági körzetek határát, valamint az egyes körzetekben számításba jöhető kőzetfélések területi elterjedését az 1. ábra tünteti fel, míg a kőzetek, illetve a rétegösszletek nevét, földtani korát, az irodalomban található maximális  $\text{SiO}_2$  tartalmát és az egyes körzetekben való jelenlétét az 1. táblázatban foglaltuk össze.

Az 1. ábra és az 1. táblázat adatai alapján is kitűnik, hogy a korrekciós homokként számításba vehető nyersanyagok nem mindenütt alkotnak egységes összefüggő, nagyobb tömegeket. Ezért a megadott műveletelési feltételek kielégítése, csak többlépcsős, több területre kiterjedő nyersanyagkutatással lehetséges.

A korrekciós homokként számításba vehető kőzetfélések fontosabb jellemzői a következők.

Az 1. ábrán feltüntetett sötétszürke agyagpala, homokkő, tűzköves mészkő, helyenként kovapala (ladini) rétegösszlet agyagpala összletére vonatkozó adatokkal a kisgyőri felderítő fázisú kutatás

1. táblázat

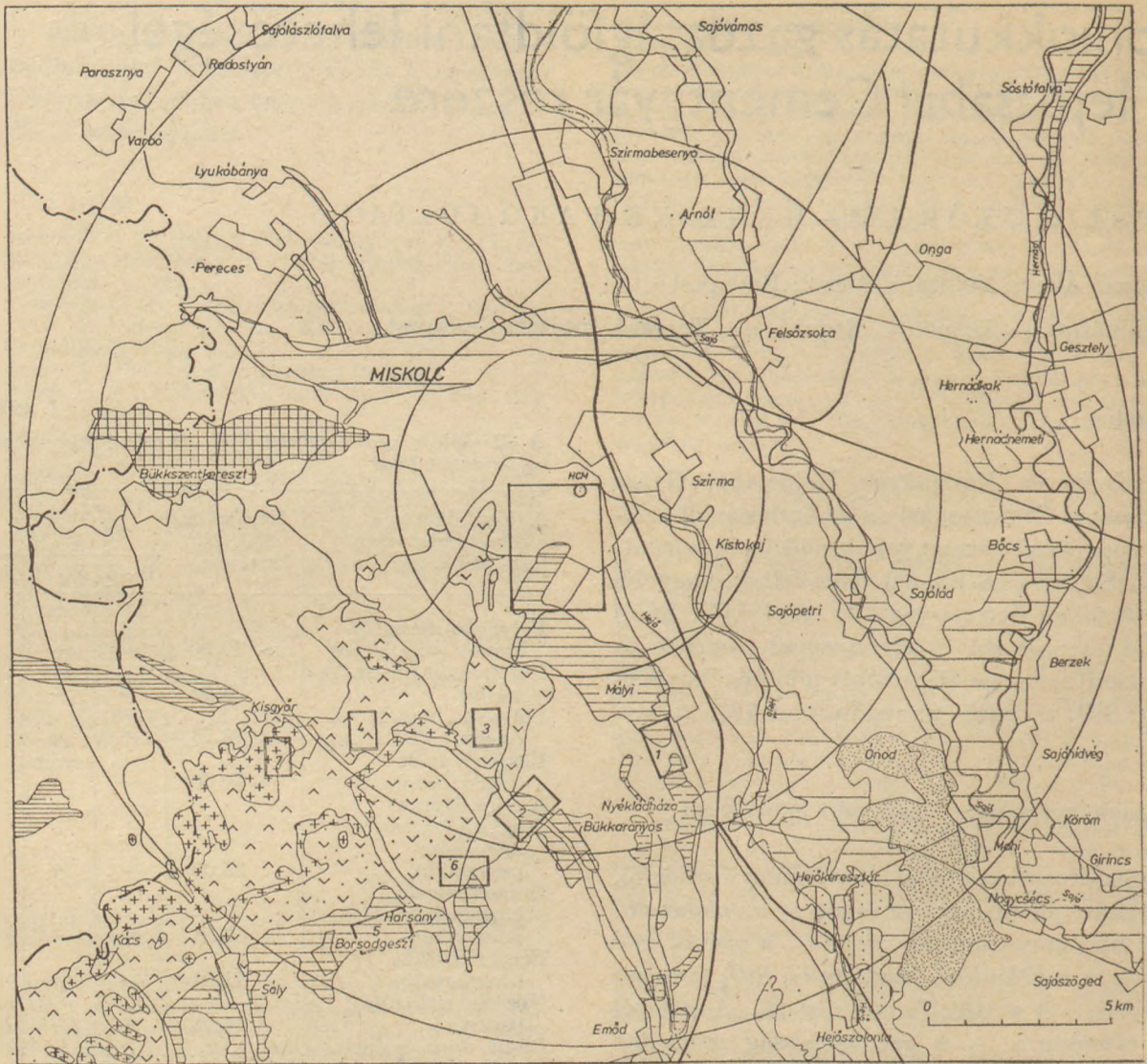
A Miskolc térségi nagyobb  $\text{SiO}_2$  tartalmú nyersanyagok tájékoztató adatai

A kőzet, illetve a rétegösszlet neve (földtani kora)	Maximális $\text{SiO}_2$ % tartalom	Távolsági körzete (km)		
		0 – 5	5 – 10	10 – 15
Folyóvízi- és öntés-homok (újholocén)	> 70,00	+	+	+
Futóhomok (pleisztocén)	73,52	–	–	+
Folyóvízi homok (pleisztocén)	84,75	+	+	+
Lőszös homok (pleisztocén)	> 70,00	–	–	+
Kavics, homok, agyag, barnakőszén (felső-pannóniai)	85,00	–	+	+
Homok, agyag, barnakőszén (alsó-pannóniai)	86,38	+	+	+
Felső riolittufa (szarmata)	71,54	–	+	+
Középső riolittufa (tortonai)	75,78	+	–	–
Riolit, dácit és dácit-tufa (helvétitortonai)	71,33	–	+	+
Riolittufaösszlet (alsó- és középső-miocén)	68,77	–	+	+
Diabáz, porfirit, kvarcporfir és tufáik (ladini)	82,18	–	+	+
Sötétszürke agyagpala, homokkő, tűzköves mészkő, helyenként kovapala (ladini)	81,64	–	–	+

alján rendelkezünk [5]. A nyersanyag heterogenitása és nagyobb távolsága miatt azonban az agyagpala további kutatását nem javasoljuk.

A diabáz, porfirit, kvarcporfir és tufáik (ladini) néven összefoglalt képződmények közül a porfirit és a kvarcporfirfélések, valamint tufáik nagy (73% feletti)  $\text{SiO}_2$  tartalmúak. Ezek azonban az összletben alárendeltek, ezáltal nehezen hozzáférhetők, nagyobb egységes tömeget nem alkotnak, ezért kutatásukat nem javasoljuk.





- |   |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |
|---|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|
| 1 |  | 2  |  | 3  |  | 4  |  | 5  |  | 6  |  | 7  |  | 8  |  |
| 9 |  | 10 |  | 11 |  | 12 |  | 13 |  | 14 |  | 15 |  | 16 |  |

1. ábra. A Miskolc térségi nagyobb  $\text{SiO}_2$  tartalmú nyersanyagok vázlatos földtani térképe (A Magyar Állami Földtani Intézet térképadatai után, kiegészítéssel)

1. Folyóvízi és öntéshomok (holocén); 2. Futóhomok, 3. Folyóvízi homok, 4. Lössös homok (pleisztocén); 5. Kavics, homok, agyag, barnaköszén (felsőpannoniai); 6. Homok, agyag, barnaköszén (alsópannoniai); 7. Felső riolittufa [a Bükkalján mocsári és csökkentaósvízi üledékekkel] (szarmata); 8. Középső riolittufa (ortonai); 9. Riolit, dácit és dácitufa (ortonai-helvéti); 10. Riolittufaösszet [Bükkalja] (helvéti); 11. Diabáz, porfir, kvarcporfir és tufáik, 12. Sötéteztürke agyagpala, homokkő, tűzköves mészkő, helyenként kovapala (ladini); 13. A Bükki Nemzeti Park határa; 14. A kutatásra javasolt területek körzethatárai: a cementgyártól számított I. 0–5 km, II. 5–10 km, III. 10–15 km; 15. Felderítő – előkészítő fázisú kutatásra javasolt terület a II. és a III. körzetben; 16. A 2. ábra területe



A riolittufaösszlet (alsó- és középsőmiocén); a riolit, dácit és dácittufa (helvét-tortonai); a középső riolittufa (ortonai); valamint a felső riolittufa (szarmata) képződmények nagy felszíni elterjedésűek. Helyenként a 70% feletti  $\text{SiO}_2$  tartalmat is elérhetik, azonban a szóbanforgó területről vizsgálati adatokkal nem rendelkezünk. A riolit, illetve a riolittufaféleségek felderítő fázisú kutatását javasoljuk.

A homok, agyag, barnakőszén (alsópannóniai) rétegösszletének homok, illetve homokos kifejlődésű képződményei a legismertebbek, és nyersanyagként elsősorban ezek jöhetnek számításba. Kutatásuk – partközeli kifejlődésük következtében – meglehetősen nehéz, de feltétlenül szükséges.

A kavics, homok, barnakőszén (felsőpannóniai) rétegösszlet az előzőekhez hasonló adottságokkal rendelkezik. Nagyobb területen csak a II. és a III. körzetben bukkan a felszínre. Változatos települése és a terület beépítettsége miatt a homok nehezen hozzáférhető, ezért kutatását csak az alsópannóniai rétegösszlettel határos területein javasoljuk.

A löszös homok (pleisztocén) a III. körzetben csak néhány m vastagságban bukkan nagyobb területen a felszínre. Mivel a  $\text{SiO}_2$  tartalma megfelelőnek látszik – bár vizsgálati adatokkal nem rendelkezünk – a terület hozzáférhetőségi lehetősége tisztázandó.

A folyóvízi homok (pleisztocén) mindhárom körzet artéri üledékei alatt, illetve a folyóvízi kavicsrétegek fedőjében, változó vastagságban megtalálható. Elkülönítése a kavicsbányászat során lenne célszerű. A kavicsbányák meddőjének jelentős részét is folyóvízi homok alkotja.

A futóhomok (pleisztocén) nagyobb összefüggő foltban csak a III. körzetben, Ónod, Hejőkeresztúr és Muhi térségében bukkan felszínre. Jelentős része mezőgazdaságilag művelt, továbbá kavicsbányákkal feltárt területre esik. Felhasználása csak a kavicsbányászattal összehangoltan oldható meg.

A folyóvízi- és öntéshomok (újholocén) képződmények, mivel árterületre esnek és jelentéktelen vastagságúak, ezért kutatásuk nem javasolt.

### Javaslat a homok nyersanyag kutatására

I. körzet. A körzetben homokkutatás ezideig nem történt, de a Templomhegyen, a Csoznyatetőn és a Lengyelszótetőn, valamint a Mályi téglagyár környékén különböző időpontokban végzett agyagkutatások során, az agyagrétegek fedőjében, illetve azok mellett, jelentékeny mennyiségű homok is ismertté vált [1, 5, 8].

A legsürgősebb homokigény kielégítésére a Hejőcsabai Cementgyár cszornyatetői agyagbányájához északon csatlakozó, a 2. ábrán jelzett I. majd a II. terület részletes fázisú kutatása a legcélszerűbb. Ennek előnye, hogy a meglevő kifejtéshez közvetlenül csatlakozik és a homok nyersanyag feltárása mellett gazdaságosan jöveszthető agyag nyersanyagot is feltár. Mindkét terület déli része – a gyár által már – kisajátított területre esik. A homok szempontjából legkedvezőbb II. terület teljes kutatása előtt tisztázandó, hogy az ottani zártkertek kisajátíthatók-e? Eredményes kutatás esetén az I. terület nyugat, a II. terület kelet felé bővíthető.

Az I. körzetben további kutatásokat az alsópannóniai és a miocén kori üledékes rétegösszletek homokrétegei, valamint a középső riolittufa és a negyedkori homokrétegek esetleges hasznosítására célszerű még végezni.

Az új fúrások lemélyítésekor, illetve a várható készletek becslésekor figyelembe kell venni az M 3-as út tervezett nyomvonalát, valamint a Mályi térségi alsópannóniai cirkontartalmú homok esetleges egyéb célú hasznosítását [3].

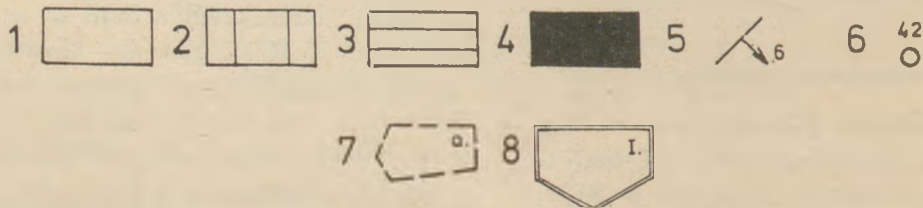
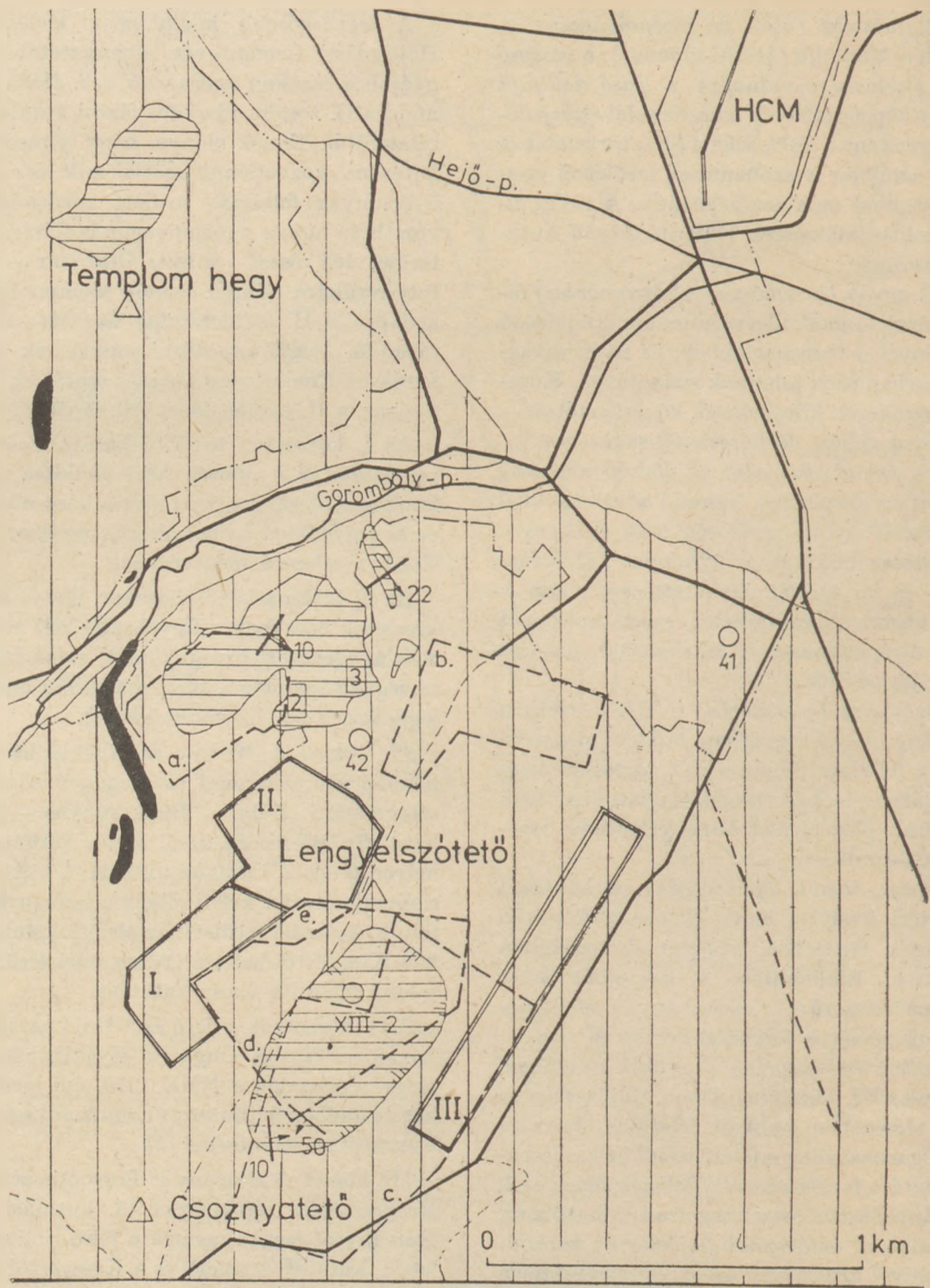
II. körzet. A Miskolc és Nyékládháza között húzódó alsópannóniai (esetleg a felsőpannóniai) rétegösszlet Mályi – Bükkaranyos – Nyékládháza közötti részén az 1. ábrán feltüntetett két helyen (1. és 2. kutatási terület); a bükkalji felső riolittufa összlet keleti részén a harsányi út mentén (3. kutatási terület); az alsó riolittufa összletben Kisgyőrtől keletre (4. kutatási terület) javasolunk felderítő fázisú kutatást.

A II. körzetnek a Sajó és a Hejő patak völgyét érintő szakaszán Onga és Nyékládháza között megvizsgálandók a NME 1979. évi meddőhányó kataszterében feltüntetett homok anyagú meddők hasznosítási lehetőségei [2].

III. körzet. A Harsány és Borsodgeszt között az alsópannóniai rétegösszlet (5. kutatási terület), Harsánytól északnyugatra a felső riolittufa összlet (6. kutatási terület), és a Kisgyőrtől nyugatra levő riolitterület (7. kutatási terület) érdemel figyelmet. Ezen kívül a Sajó és a Hejő patak völgyében a Hejőkeresztúr – Gesztely községek közötti sávban felszínre bukkanó löszös homok és futóhomok, valamint folyami homok települési és hasznosítási körülményei tisztázandók.

Tisztázandó továbbá az Építőipari-, építőanyagipari nyersanyagok 1981. I. 1-i mérlegében szereplő Harsány, Emőd, Böcs és Gesztely határában nyilvántartott homokbányák bővítési lehetősége is [6].





2. ábra. A Hejőcsabai Cementgyár csosznyatetői agyagbányája környékének vázlatos földtani térképe (A Magyar Állami Földtani Intézet és a Miskolc város építésföldtani atlasza térképadatai után, kiegészítéssel)

1. Öntésagyag, iszap, homok (holocén); 2. Agyag, agyagos iszap (pleisztocén); 3. Agyag, agyagos iszap, iszapos kőzetliszt, kőzetlisztes homok, homok (alsópannóniai); 4. Riolt, riollitufa (szarmata); 5. Rétegdőlés; 6. Fontosabb fúrás; 7. Megkutatott cement-, illetve téglagyagterület: a. a hejőcsabai görömbölyi téglagyagterület, b. az 1963/64. évi lengyelszótetői cementipari agyagkutatási terület, c. az 1963/64. évi csosznyatetői cementipari agyagkutatási terület, d. az 1972/78. évi csosznyatetői cementipari agyagkutatási terület, e. az 1981. évi homokkészlet számítási terület; 8. Homok, illetve nagyvobb SiO<sub>2</sub> tartalmú korrekciós agyag kutatására javasolt terület: I. Görömböly Csoznyatető ÉNy, II. Görömböly Lengyelszótető ÉNy, III. Görömböly Csoznyatető K.



A felderítő fázisban területenként 1–3 db 20–30 m mély magfúrás és annak anyagvizsgálata szükséges. Az egyes területeken a felszíni geofizikai kutatási módszerek közül – a NME Geofizikai Tanszéken kidolgozott és már rutinszerűen alkalmazott – dipol-dipol rétegszelvényezést is javasolunk. Ugyanis a területeken mind a település, mind a kőzetminőség heterogén, és az ilyen földtani felépítés mellett ez a módszer adja a valóságot legjobban tükröző szerkezeti és minőségi eloszlási képet.

\*

Miként az előzőekből kitűnik, a Hejőcsabai Cementgyár 15 km-ig terjedő körzetében csak több helyről lehet, különböző minőségű homokot biztosítani. Ezért felhívjuk a figyelmet egy nagyobb távolságról ugyan, de nagy tömegű és egységes minőségű nyersanyag felhasználóságára. Ilyen pl. a Nógrádi barnaköszénmedencében a Kazár melletti Pólyosi külfejtés fedőjében levő, jelenleg fejtés alatt álló, valamint az onnan már hányóra hordott kőzetlisztes homok – kőzetlisztes aleurit rétegösszlet. Ez a nyersanyag a SZIKKTI vizsgálata szerint 75%-ot elérő SiO<sub>2</sub> tartalmú [4]. A szállításra javasolt útvonal: A kazári területről a kisterenyei vasútállomásra tehérgépkocsival (8 km), onnan Kál-Kápolnán keresztül a Hejőcsabai Cementgyárhoz vasúton (127 km).

#### I R O D A L O M

- [1] Csókás J. – Vitális Gy.: Homokminőség meghatározás és készletszámítás geológiai és geofizikai módszerekkel. *BKL – Bányászat*, 116. 1. 1983. 18–22.
- [2] Egerer F.: Borsod-Abaúj-Zemplén megye építőanyagipari meddőhányóinak katasztere. NME Ásvány- és Kőzettani Tanszék, Miskolc, 1979. (I–IV. kötet), Kézirat.
- [3] Egerer F.: Kutatási jelentés a borsodmegyei meddőhányók közvetlen hasznosításáról. NME Ásvány- és Kőzettani Tanszék, Kézirat, Miskolc, 1981. V.

- [4] Hegyi I.-né: Tájékoztató részjelentés a Nógrádi barnaköszénmedence szilikátipari nyersanyag prognózisáról. SZIKKTI, Kézirat, 1982. V. 31. Tsz.: 20–6–III/148.
- [5] Hegyiné Pakó J. – Vitális Gy.: Cementipari nyersanyagaink és kutatásuk módszertana. Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1977.
- [6] KFH: Építőipari, építőanyagipari nyersanyagok 1981. I. 1-i mérlege. KFH, Bp. 1981.
- [7] Vitális Gy.: Kutatási terv a CEMŰ Hejőcsabai Gyára részére történő homokkutatásra. SZIKKTI, Kézirat, Bp. 1981. V. 20. Tsz.: 20–1–II/127.
- [8] Vitális Gy. – Hegyi I.-né: Értékelés és javaslat a CEMŰ Hejőcsabai Gyára részére történő szilikátkomponensű nyersanyag kutatásához. SZIKKTI, Kézirat, Bp. 1982. I. 15. Tsz.: 30–1/394.

*Vitális György – Hegyiné Pakó Júlia: Homokkutatás gazdaságföldtani lehetőségei a Hejőcsabai Cementgyár részére*

A tanulmány bemutatja, hogy egy meghatározott minőségi követelményt kielégítő nyersanyag előkészítő fázisú kutatása során – a gyártól való távolság és a kőzettani összetétel alapján mérlegelt hasznosíthatóság figyelembe vételével – miként lehet a legoptimálisabb beszerzési lehetőséget kiválasztani.

*Виталии Дь. – Хедине, П. Ю.: Возможности экономическо-геологических исследований месторождений для Хейочабского цементного завода*

В статье показано, как на основе предварительных исследований качественной пригодности сырьевых материалов, проведенных с учетом расстояния от завода и свойств породы, можно определить наиболее оптимальные условия обеспечения завода сырьем.

*Vitális, György – Frau Hegyi, Pakó, Júlia: Die ökonomisch-geologischen Möglichkeiten der Sandforschung für das Zementwerk Hejőcsaba*

Der Artikel zeigt, wie kann die optimalste Anschaffungsmöglichkeit im Laufe der Vorbereitungsforschung bestimmter Anforderungen entsprechenden Rohstoffe auf Grund der Gesteinzusammensetzung und der Entfernung vom Werk ausgewählt werden.

*Vitális, György – Pakó, Júlia (Mrs. Hegyi): Economic-Geological Prospective for Sand*

The optimum acquisition of a raw material of a given quality is discussed in this paper. Considered parameters are the distance from the factory and applicability according to petrographical composition.

# A golyósmalmi őrlés kinetikai elemzése

## IV. Az őrlési anyag jellemzőinek befolyása a kinetikai modell tényezőire

VERDES SÁNDOR\* – NÉMETH JENŐ\*\* – KIRÁLY LÁSZLÓ\*\*

\* Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

\*\* MTA Műszaki Kémiai Kutató Intézet, Veszprém

### 1. Bevezetés

Az őrlési paraméterek kinetikára gyakorolt hatását most az őrlendő anyag jellemzői szerint értékeljük. Az értékelésnél felhasználjuk a cikksorozat I. és II. részében [1, 2] ismertetett, valószínűségi számításra alapuló őrléskinetikai modellt, hasonlóan, mint ahogy a golyótöltet jellemzőinek vizsgálatakor tettük [3].

Az őrlendő anyag jellemzőire vonatkozó irodalmi áttekintésből [4] kiderül, hogy sem a kinetikai értékelés, sem a legkedvezőbb érték vonatkozásában nem alakult ki egységes állásfoglalás. Többek között azért sem, mert az egyes szerzők sok esetben különböző módon jellemzik az őrlés előrehaladását. Az irodalmi összefoglalóból csupán néhány észrevételt emelünk ki. Az őrlendő anyagnak több tulajdonsága, jellemzője befolyásolja az őrlést, azonban e jellemzők ismeretében egyértelműen nem lehet következtetni az őrlés kinetikájára. Sok tulajdonság az őrlés előrehaladtával megváltozhat. A malom aprító, őrlő hatása függ a malomban levő anyagmennyiségtől, amely befolyásolja a golyók röppályáját, az anyagszemcsékre jutó ütközések számát. Az őrlőberendezésekben a szemcsék halmaza kerül aprításra, nem lényegtelen, hogy ez a halmaz milyen méretű és mennyiségű szemcsékből áll, vagyis, hogy milyen az őrlendő anyag szemcseméret-eloszlása. Szűk mérettartományú frakció esetén a szemcse méretnek az őrlőtestek méretéhez való viszonya meghatározza az őrlőtestek és a szemcsék összeütközésének valószínűségét. Nagyobb méretintervallumba eső feladott anyag esetén az eloszlás jellege, s az azzal összefüggő halmazsűrűség játszik döntő szerepet. Ugyanakkor a feladásban levő finomabb szemcsék, körülvéve a nagyobbakat, gátolják azok aprózódását, továbbá elősegítik az aggregációt ill. az agglomerációt.

### 2. Őrlési kísérletek

A kísérlet körülményei, a vizsgálatok és az értékelés hasonlóak a [2]-ben közöltekkel, így azokra csak röviden térünk ki.

#### 2.1. A kísérletek körülményei

A különböző paraméterek kinetikai befolyásának vizsgálatára őrlési kísérlet sorozatokat végeztünk úgy, hogy az őrlési paraméterek közül egyet változtattunk, a többi változatlanul hagytuk. Az őrléseket laboratóriumi golyósmalommal ( $D_m = 0,2$  m,  $V_m = 51$ ,  $n_m = 68$  min<sup>-1</sup>) végeztük, kvarc homokot őrltünk különböző (5–40 perc) őrlési időig.

#### A kísérletek alap paraméterei

őrlőtest: acélgolyó  
őrlőtest átmérő:  $d_g = 25$  mm  
golyó-töltésifok:  $J = 25\%$   
őrlendő anyag: kvarc homok  
mérete: 1–2 mm közötti frakció  
anyag-töltésifok:  $\varphi_a = 70\%$

#### 2.2. A változtatott paraméterek

##### 2.2.1. Az őrlendő anyag fajtája

A sorozatkísérletek modellanyaga a kvarc volt. Az őrlendő anyag változtatásához másik két anyaggal: mészkővel és klinkerrel is végeztünk kísérleteket. Az anyagok fontosabb jellemzőit az 1. táblázatban foglaltuk össze.

##### 2.2.2. Az őrlendő anyag mennyisége (anyag-töltésifok, $\varphi_a$ )

Az őrlendő anyag mennyiségének változtatása megfelel az anyag-töltésifok változtatásának. A  $\varphi_a$  anyag-töltésifok megmutatja, hogy az őrlendő anyag halmaza mennyire tölti ki a golyók között szabad térfogatot.

A  $\varphi_a$ -ra kiválasztott értékek

25, 40, 55, 70, 85, 100, 115% voltak.



## A vizsgálati anyagok fontosabb jellemzői

Anyag	Kvarc (Q)		Klinker (K)		Mészke (M)	
Sűrűség (kg/m <sup>3</sup> )	2640		3150		2760	
Halmazsűrűség (kg/m <sup>3</sup> )	1670		1580		1800	
Feladott frakció (mm) (R <sub>x(mm)</sub> szitammaradék)	1-2 (R <sub>1,6</sub> = 12,6%)		1-2,5 (R <sub>2,0</sub> = 23,7%, R <sub>1,6</sub> = 39,7%)		1-2,5 (R <sub>2,0</sub> = 25,0%, R <sub>1,6</sub> = 43,1%)	
Zeisel-féle őrlhetőségi vizsgálat eredményei (*)	S (m <sup>2</sup> /g)	E (kWh/Mg)	S (m <sup>2</sup> /g)	E (kWh/Mg)	S (m <sup>2</sup> /g)	E (kWh/Mg)
	0,0867	3,27	0,0605	1,63	0,0964	0,94
	0,2094	7,13	0,1680	6,12	0,2335	1,75
	0,3277	11,71	0,2494	11,90	0,3058	2,48
	0,4093	16,00	0,3408	20,97	0,3927	3,49
0,5082	21,74	0,3978	31,5	0,4810	5,18	
		0,4582	48,36	0,5217	5,85	

## Az analitikai vizsgálat eredményei (%)

Izz. vesz.	0,36	0,51	44,65
SiO <sub>2</sub>	97,13	22,16 (SiO <sub>2</sub> + oldh.)	0,81
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,20	5,50	0,38
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,53	2,07	0,30
TiO <sub>2</sub>	0,04	0,25	0
CaO	0,18	65,46	45,33
MgO	0,12	3,46	7,84
K <sub>2</sub> O	0,39	0,16	0,05
Na <sub>2</sub> O	0,34	0,24	0,03
SO <sub>3</sub>	ny	0,08 (oldhatatlan maradék)	0,16

\* 1 kWh/Mg = 3,6 J/g

## 2.2.3. A feladott anyag szemcsemérete

A feladott anyag szemcseméretének változtatását úgy érték el, hogy a nagyüzemileg osztályozott kvarchomok különböző frakcióit őrltük. Ezek a frakciók a következők voltak:

0,20 – 0,65; 0,65 – 1,00; 1,00 – 2,00;

2,00 – 3,20; 3,20 – 6,00; 6,00 – 10,00 mm.

Az egyes frakciók kémiai összetételében és őrlhetőségében jelentős eltérés nem tapasztalható. Az egyes anyagokra szitaelemzést végeztünk, majd az adatokra tájékoztatásképpen illesztettük az RRSB összefüggést (a korrelációs együttható 99% körül volt). Az egyenletességi tényező (n) értéke 4 és 7 között volt, a jellemző szemcseméret (x<sub>0</sub>) az előbbi sorrendnek megfelelően 0,45; 0,68; 1,29; 2,49; 3,86 és 6,56 mm-re adódtak.

## 2.2.4. A feladott anyag szemcseméret-eloszlása

A feladott anyag szemcseméret-eloszlásának változtatásához az előbbi szakaszban felsorolt frakcióhatároknak megfelelő anyagokból különböző

keverékeket állítottunk elő (egy előre feltételezett RRSB összefüggésnek megfelelően). Az egyenletességi tényező 1,5 és 2,4 között, a jellemző szemcseméret 1,1 és 2,7 mm között változott. A részletesebb adatokat a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat

## A különböző „eloszlású” anyagok jellemző adatai

Jel	RRSB paraméterek			Halmazsűrűség (kg/m <sup>3</sup> )
	n (-)	x <sub>0</sub> (mm)	r (%)	
1.	2,2989	2,22	97,20	1828
2.	1,8998	2,55	99,20	1840
3.	1,5183	1,10	99,27	1782
4.	2,2163	1,33	89,86	1790
5.	2,3697	2,67	96,25	1786
6.	1,6768	1,98	99,03	1733

## 2.3. Vizsgáló módszerek

Az őrlményekre szitaelemzést (2000 – 45 μm) ill. a 200 μm alatti hányadra CILAS lézeres granulométeres szemcseméret-eloszlás meghatározást végeztünk [2, 4].

Az őrlemények jellemzésére számítottuk az RRSB összefüggés két paraméterét ( $n$  egyenletességi tényező,  $x_0$  jellemző szemcseméret) a szítálás, a lézeres vizsgálat, illetve ezek együttes adatait felhasználva.

A momentumokat a [2]-ben ismertetett módon számoltuk. Az adatok feldolgozását és az értékelést az MTA SZTAKI IBM 3031 számítógépén végeztük.

### 3. Értékelés

Az egyes őrlési paraméterek kinetikai befolyását a kinetikai modell tényezőinek változásával követjük nyomon [1], amint azt a III. részben is tettük [3].

### 4. Az őrlendő anyag jellemzőinek őrlésdinamikai vonzata

#### 4.1. Az őrlendő anyag kinetikai befolyása

Az anyagok őrlhetőségének jellemzésére rendelkezésünkre állt a Zeisel-féle őrlhetőségi vizsgálat 5–8 összetartozó ( $S_i - E_i$ ) adatpárja. Korábban már eredményesen alkalmaztuk az

$$E = ae^{bs} \quad (1)$$

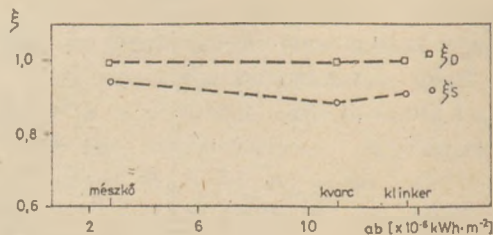
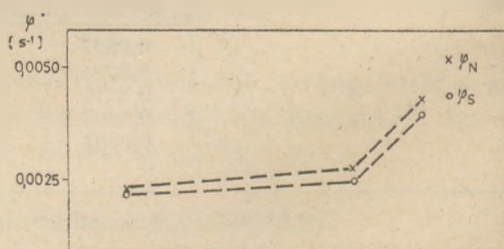
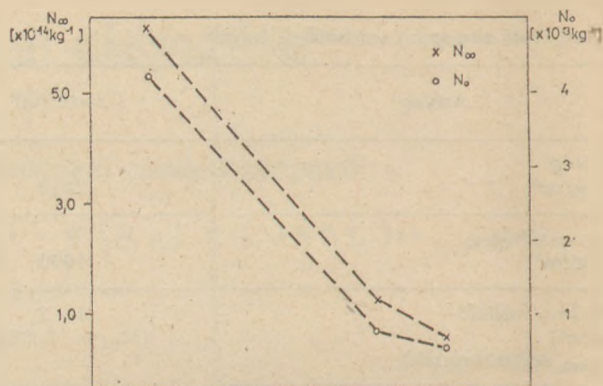
függvény illesztését, ahol az  $a$  és  $b$  állandók ( $\text{kWh}/\text{Mg}$  ill.  $\text{g}/\text{m}^2$ ), továbbá megfigyeltük azt is, hogy az őrlhetőség – főleg ha egyetlen számmal kívánjuk jelezni – összefüggésbe hozható a (1) képlet két állandójának a szorzatával, az  $ab$  [4, 5]. Minél kisebb az  $ab$  szorzat értéke, annál jobban őrlődik az anyag. Ez különben az  $ab$  szorzat mértékegységéből ( $\text{kWh}/\text{m}^2$ ) is látszik.

Ezek után az egyes anyagok összehasonlítását az  $ab$  szorzat szerint végeztük el. Az  $ab$  értéke a kvarcra, a klinkerre és a mészkőre 11,1, 13,7 és  $2,8 \times 10^6 \text{ kWh}/\text{m}^2$  volt. A kinetikai modell tényezőit az  $ab$  függvényében az 1. ábra mutatja.

Az 1. ábra alapján megállapíthatjuk, hogy az őrlhetőség romlásával ( $ab$  növekedésével) az  $N_\infty$  és az  $N_0$  csökken, a  $\varphi_N$  és  $\varphi_S$  nő. A  $\xi_D$  gyakorlatilag állandó, a  $\xi_S$  a nehezebben őrlődő anyagra valamivel kisebb, mint a könnyebben őrlődő anyag esetén (0,95, illetve 0,90).

Nehezebben őrlődő anyaggal tehát – az adott körülmények között – lényegesen kisebb számszám (és méret) érhető el, mint a jobb őrlhetőségű anyaggal.

Az 1. ábrával kapcsolatban meg kell említeni, hogy az eltérések oka nemcsak az őrlhetőségek különbözőségében rejlik, hanem szerepe van más



1. ábra. Kinetikai jellemzők az őrlhetőség függvényében

anyag tulajdonságoknak is (pl. szilárdság, anyag-szerkezet, részecske kölcsönhatásra való hajlam mértéke, stb.). Rá kell mutatni arra is, hogy az őrlésdinamikai jellemzők felhasználhatók az őrlhetőség jellemzésére. Esetünkben a  $\varphi_N$  és a  $\xi_i$  (i) függvény a legjobban alkalmas az őrlhetőség jellemzésére.

#### 4.2. Az őrlendő anyag mennyiségének kinetikai vonzata

A malomban levő anyag mennyiségét az anyag-töltésifokkal ( $\varphi_a$ ) jellemeztük, az ábrázolást ennek függvényében végeztük el (2. ábra).

Az anyag-töltésifok növelésével az  $N_\infty$  csökken, az  $N_0$  a  $\varphi_a = 50\%$ -ig csökken, utána lényegesen nem változik.

A  $\varphi_N$ ,  $\varphi_S$  kinetikai tényezők  $\varphi_a = 70\%$ -ig lényegesen nem változnak,  $\varphi_a = 70\%$ -tól csekély csökkenést figyeltünk meg. A  $\xi_D$  a többi esethez hasonlóan itt sem tér el lényegesen az 1-től, a  $\xi_S$  viszont a kezdeti 0,95-ről lecsökken és 0,85–0,88 között változik.

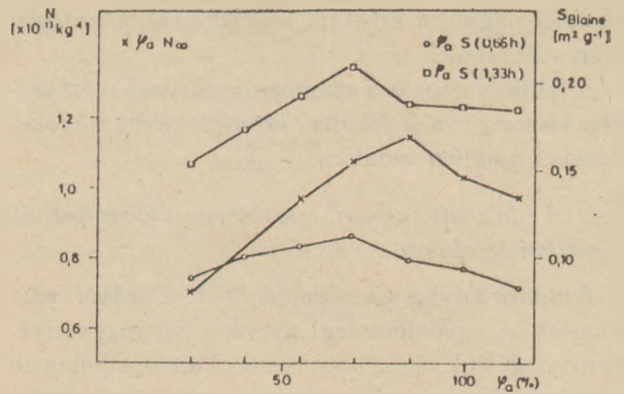
A  $\varphi_N$  fenti alakulása azzal magyarázható, hogy nagyobb anyagmennyiség ellenére a szemcsékre jutó ütközések száma  $\varphi_a$  növekedésével egy bizo-



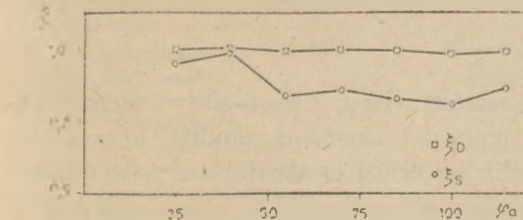
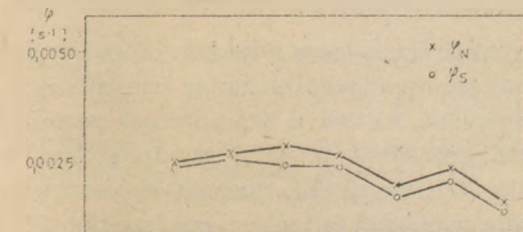
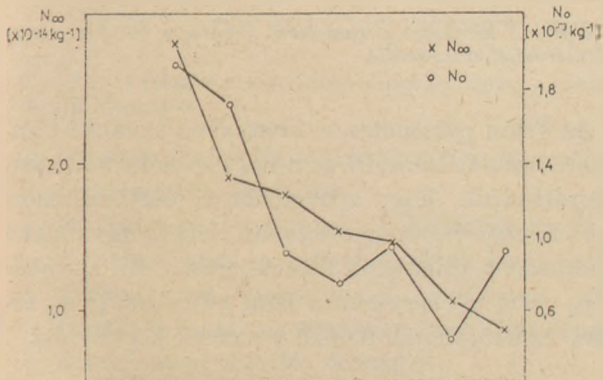
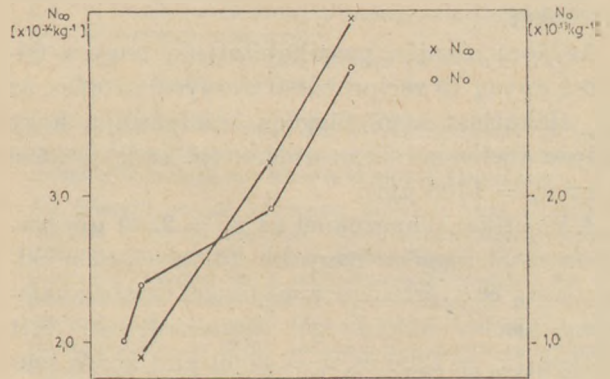
nyos értékig nő (kis  $\varphi_a$  esetén a golyók egymáson ütköznek), majd onnan a növekvő anyagmennyiséggel a kedvező és hatékony ütközések száma csökken.

Tekintettel arra, hogy a malomban levő anyag tömege az egyes kísérleteknél változó volt, célszerű az értékelést az extenzív mutatókra is elvégezni. Ennek érdekében a 3. ábrán bemutatjuk a  $\varphi_a N_\infty$  alakulását a  $\varphi_a$  függvényében. Ugyanitt ábrázoljuk a 40, illetve 80 perchez (0,66, illetve 1,33 h) tartozó mért fajlagos felület (Blaine szerint) értékeket is a  $\varphi_a$ -val való beszorzás után ( $\varphi_a S$ ). Az ábrából látható, hogy mindhárom görbe monoton nő, majd éles (határozott) maximumérték után monoton csökken. A maximum helye a számosság esetében a  $\varphi_a = 85\%$ -nál, a felületre a  $\varphi_a = 70\%$  értéknél van.

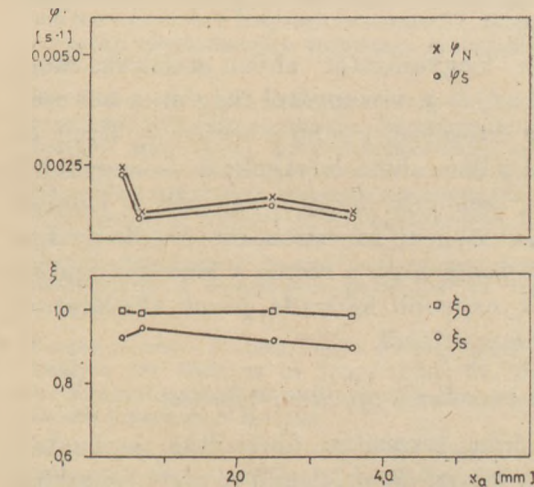
Megállapítható, hogy létezik optimális anyag-töltésifok, azonban értéke az elérendő célnak (felületnövelés, méretcsökkentés, stb.) megfelelően változó. Ez a megállapítás összhangban van az irodalomban fellelhető eredményekkel, de azokon túlmenően hangsúlyozza, hogy a különböző órlesi feladatokra ez az optimum más és más.



3. ábra. Extenzív diszperziós jellemzők az anyag-töltésifok függvényében



2. ábra. Kinetikai jellemzők az anyag-töltésifok függvényében



4. ábra. A kinetikai paraméterek függése a feladott anyag szemcseméretétől

#### 4.3. A feladott anyag szemcseméretének hatása az órlesi kinetikára

A feladott anyag szemcseméretének ( $x_a$ ) jellemzésére a szitálási adatokra illesztett RRSB összefüggés jellemző szemcseméretét alkalmaztuk, a kinetikai jellemzőket ennek függvényében ábrázoltuk a 4. ábrán.

A szemcseméret növekedésével csaknem lineárisan nő az elérhető számosság értéke. A kinetikai tényezők, a  $\varphi_N$  és  $\varphi_S$  a kisméretű szemcséhez



tartozó nagyobb értékről lecsökkenve jelentősen nem változnak.

A felületváltozás a számosságváltozás mértékéhez viszonyítva a feladási szemcseméret növekedésével némileg csökken.

#### 4.4. A feladott anyag szemcseméret-eloszlásának kinetikai befolyása

A feladott anyag szemcseméret-eloszlásától való függést az egyenletességi tényező ( $n$ ) függvényében vizsgáljuk, úgy, hogy a közel azonos jellemző szemcsemérettel ( $x_0$ ) rendelkező adatpárokat rendeljük egymáshoz. Ezért az 5. ábrán különböző vonallal kötöttük össze az egymáshoz tartozó értékeket.

Az ábra alapján megállapítottuk, hogy a feladott anyag ( $n$  reciprokával arányos) szórása az  $N_{\infty}$  alakulását attól függően befolyásolja, hogy milyen a jellemző szemcseméret (pl. az  $x_0 = 2500$  vagy  $x_0 = 1300 \mu\text{m}$ ).

A kinetikai tényezőknél az  $x_0 = 2500 \mu\text{m}$  esetében  $n$ -től függően nagyobb különbségek adódtak a  $\varphi_N$  és  $\varphi_S$  értékeire, a másik két esetben valamivel kisebb különbséget tapasztaltunk. Két esetben ( $x_0 = 1300$  és  $x_0 = 2500 \mu\text{m}$ ) közös tendencia, hogy egy bizonyos értéknél nagyobb a  $\varphi_N$  és a  $\varphi_S$ , attól kisebb és nagyobb  $n$ -ekre  $\varphi_N$  és  $\varphi_S$  kisebb.

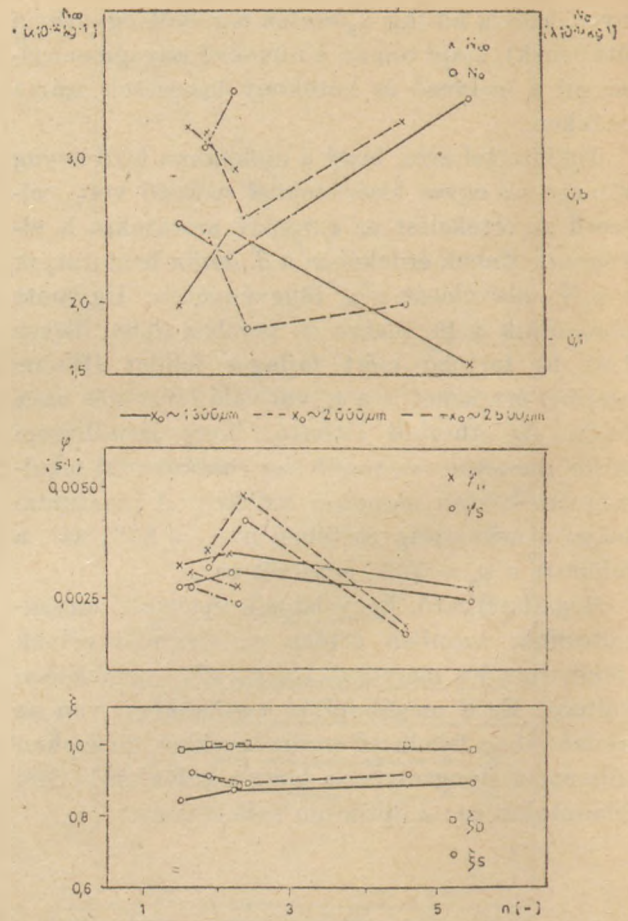
Ennek magyarázatát abban találjuk, hogy egyrészt ( $x_0$  és  $n$  viszonyától függően a két esetben más értékekre) kisebb  $n$  esetén – ilyen eloszlással jellemezhető anyagoknál – nagyobb a durvább szemcsék aránya, változik a halmazsűrűség, csökken az aprózódás hatékonysága. Másrészt pedig nagy  $n$  esetén a jelenlevő apróbb szemcsék nagyobb hányada jelent akadályt az őrlés szempontjából.

#### 4.5. A paraméterek együttes értékelése

A 6. ábrán összesítve ábrázoltuk a modell-tényezők változását az őrlendő anyagra vonatkozó paraméterek függvényében.

Az  $N_{\infty}$  szempontjából a minél kisebb anyag-töltésifok ( $\varphi_a$ ) és a viszonylag nagy feladási szemcseméret ( $x_a$ ) választása célszerű.

Egy adott anyagnál, ha kedvezőtlenül nagy az értékkel jellemezhető (nehezen őrlhető) anyagunk van, akkor gazdasági megfontolások alapján dönthetünk az őrlési segédanyagok alkalmazásáról. Ugyanis az ábrából (6.a ábra) is látható, hogy könnyebben őrlődő anyaggal nagyobb  $N_{\infty}$  értéket kapunk. Az  $N_{\infty}$  értéke a szórtaabb eloszlású feladott anyag esetén kisebb, de természetesen nemcsak az  $n$ -től függ, befolyással van az  $x_a$  értéke is.



5. ábra. A kinetikai paraméterek függése a feladott anyag szemcseméret-eloszlásától

Az őrlési paraméter választáshoz további támpontot ad a 6.b ábra. Pl. az  $n$ -nel kapcsolatban megállapíthatjuk, hogy a bemutatott esetben, szórtaabb feladás esetén gyorsabban elérjük ugyanazt a finomságot, mint szűk frakció esetén. Az  $x_a$ -val és a  $\varphi_a$ -val a  $\varphi_N$  lényegesen nem változott (a  $\varphi_N$  értéke 0,0015, illetve 0,0025  $\text{s}^{-1}$  érték körül volt).

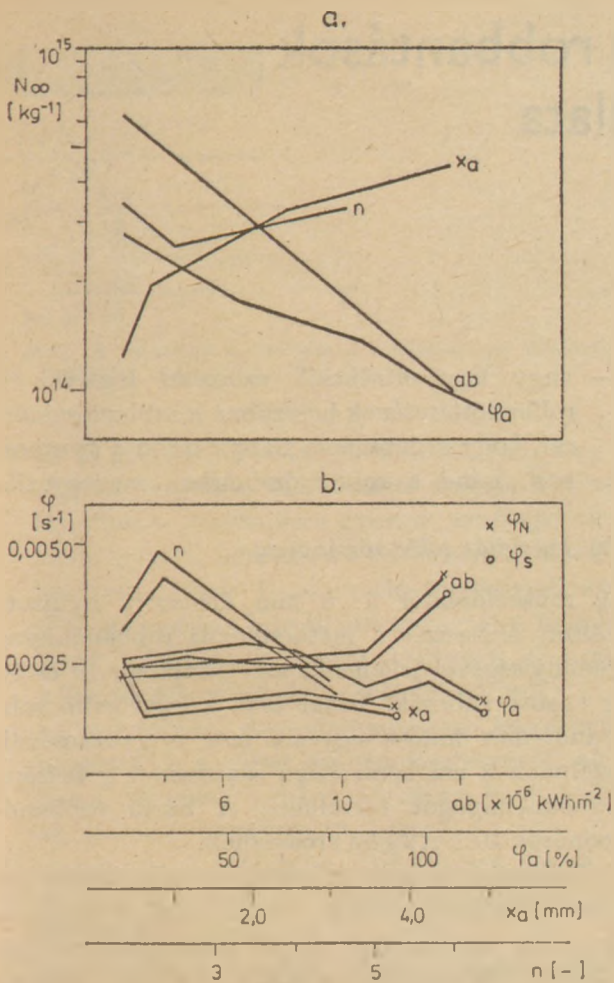
## 5. Az eredmények összegzése

Az ismertettét értékelés a folyamat időbeli lejátszódásának szempontjából elemzi az őrlési paraméterek befolyását. Az üzemi berendezések paraméter megválasztásánál további szempontokat is figyelembe kell venni (pl. energia fogyasztást), majd pedig gazdasági és technológiai megfontolások döntenek a végleges paraméter kiválasztásban.

\*

A cikksorozat végén összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a kinetikai modell közvetlenül kapcsolódik az őrlési gyakorlathoz és a felhasználásával kapott eredmények hasznosíthatók az alábbi területeken:





6. ábra. A feladott anyag jellemzőinek befolyása a kinetikai modell tényezőire

- golyósmalmi őrlés mechanizmusának mélyebb megismerése, igazolása;
- tervezési háttér-adatok szolgáltatása;
- a technológiai, a műveleti és az üzemeltetési paraméterek legkedvezőbb értékének kiválasztása, amellyel közvetve vagy közvetlenül energiamegtakarítás érhető el.

#### IRODALOM

- [1] Verdes S.; Németh J.; Király L.: *Építőanyag*, 35 (5) (1983)
- [2] Verdes S.; Németh J.; Király L.: *Építőanyag*, 35 (6) (1983)
- [3] Verdes S.; Németh J.; Király L.: *Építőanyag*, 35 (7) (1983)
- [4] Verdes S.: *Golyósmalmi őrlés kinetikai modellje*, Kandidátusi értekezés, Budapest, 1982.
- [5] Verdes S.: *Építőanyag* 35 (9) 1983

#### JELÖLÉSEK

##### Latin betűk

a	– konstans	(kWh/Mg)
b	– konstans	(g/m <sup>2</sup> )
D	– fajlagos méret	(m kg <sup>-1</sup> )
D <sub>m</sub>	– malomátmérő	(m)
d <sub>g</sub>	– őrlőgolyó átmérő	(m, mm)
J <sub>g</sub>	– őrlőtest-töltésifok	(– vagy %)
N	– fajlagos számosság	(kg <sup>-1</sup> )
n	– egyenletességi tényező	(–)
n <sub>kr</sub>	– malom kritikus fordulatszáma	(s <sup>-1</sup> , min <sup>-1</sup> )

n <sub>m</sub>	– malom fordulatszám	(s <sup>-1</sup> , min <sup>-1</sup> )
S	– fajlagos felület	(m <sup>2</sup> kg <sup>-1</sup> , m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )
t	– idő	(s)
V <sub>m</sub>	– malom térfogat	(m <sup>3</sup> )
x	– szemcseméret	(m, mm, μm)
x <sub>a</sub>	– feladás szemcseméretre	(mm)
x <sub>o</sub>	– jellemző szemcseméret	(mm)

##### Görög betűk

ξ <sub>i</sub>	– ξ <sub>i</sub> = $\frac{\varphi_i}{\varphi_N}$ kinetikai tényezők viszonya	
φ <sub>a</sub>	– anyagtöltési fok	(– vagy %)
φ <sub>i</sub>	– i-hez tartozó jellemző kinetikai tényezője	(s <sup>-1</sup> )
φ <sub>N</sub>	– számosság kinetikai tényezője	(s <sup>-1</sup> )

##### Indexek

D	– méretre
N	– számosságra
S	– felületre
i	– i-edik momentumra (számszerinti eloszlásból)
ö	– összesre (összegre)
o	– t = 0-hoz tartozó értékre (kezdeti érték)
∞	– egyensúlyi értékre (t = ∞-hez)

Verdes Sándor – Németh Jenő – Király László: *A golyósmalmi őrlés kinetikai elemzése IV. Az őrlendő anyagjellemzőinek befolyása a kinetikai modell tényezőire*

Az őrlendő anyag jellemzők őrléskinetikai értékelése a modell tényezői alapján. Az őrlendő anyag jellemzői között szerepel az anyag őrlhetősége, mennyisége, a szemcsék mérete és a szemcseméret-eloszlás. Az egyes paraméterek értékelésével kiválaszthatók a különböző technológiai és energetikai szempontból legelőnyösebb paraméterek. Az őrlési paraméterek együttes értékelését felhasználva mérlegelhetők a kinetikára gyakorolt befolyásuk mértéke.

Вердеи, Ш. – Немет, Е. – Кирый, Л.: *Кинетический анализ измельчения в шаровой мельнице IV. Влияние характеристик измельчаемого материала на параметры кинетической модели*

Kinetic characteristics of the material to be ground on the basis of model parameters. Characteristics of the material to be ground: grindability, quantity, particle size and distribution of particles by size. On the basis of separate indicators the most effective with technological and energetic point of view parameters can be selected. On the basis of complex evaluation of parameters the effect of their influence on kinetics can be concluded.

Verdes, Sándor – Németh, Jenő – Király, László: *Kinetic Analysis of Ball Mill Grinding, IV. Der Einfluss der Kenngrößen des zu mahlenden Stoffes auf die Parameter des kinetischen Modells*

The kinetic analysis of the material to be ground on the basis of model parameters. Under the influence of the material to be ground, the grindability and quantity of the material, the particle size and the particle size distribution. Through the evaluation of individual parameters – with respect to technology and energetics – the most advantageous parameters can be selected. When using the joint evaluation of grinding parameters, the effect of their influence on kinetics can be concluded.

Verdes, Sándor – Németh, Jenő – Király, László: *A kinetic Analysis of Ball Mill Grinding, IV. Effect of Material Characteristics upon the Factors of the Kinetic Model*

The discussed quality characteristics of the material to be ground include grindability, particle size, particle size distribution and quantity. By evaluating their effect upon the factors of the kinetic model technologically and economically optimum parameters can be chosen. The model enables the joint evaluation of grinding parameters on kinetics.

# A külfejtési nagyfűrőlyukas robbantások töltetszerkezetének vizsgálata

BOHUS GÉZA – FÖLDESI JÁNOS

Nehézipari Műszaki Egyetem, Miskolc

*Töltetszerkezet* alatt a robbanóanyagok, robbantószerkek, fojtások és légrések azonos töltési térben elfoglalt helyzetét értjük. Optimálisnak tekintjük a töltetszerkezetet akkor, ha biztonságos és egyszerű a töltés, tökéletes az iniciálás, a töltési térben elhelyezett robbanóanyagok energiája a legnagyobb mértékben hasznosul, a robbantástól várt célfeladat teljesül, a nemkívánatos környezeti hatások minimálisak maradnak, a biztonsági követelmények pedig maximálisan kielégülnek.

A hatékony robbantás egyik fontos feltétele olyan töltetszerkezet kialakítása, amely a teljes töltetoszlopban stabil detonációt biztosít.

## A töltetek iniciálása

A robbanóanyagok iniciálásának jósága az egész robbantási folyamatban és annak eredményeiben alapvető jelentőségű. Az iniciálás minőségétől nemcsak az energiefelzabarádítás mértéke függ, hanem módosulhat a robbantás szeizmikus hatása, az aprított halmaz magassága, terítése, szemcseösszetétele és a bányafal felületi minősége is.

### a) *Iniciálás gyutaccsal*

A gyutacsok általában 7 mm átmérővel készülnek és felrobbantásukkor legfeljebb 2 cm hosszban, a primer és szekunder töltet hosszában nyílnak ki. A gyutacs többi része a robbanóanyagban ég el. A gyutacsot a robbanóanyagba helyezve annak a robbanóanyaggal érintkező aktív felülete kb. 5 cm<sup>2</sup>. A gyutacs a talpa irányában szúrólángot ad, melynek fokozására a gyutacs talprészébe gyakran kumulatív mélyedést is készítenek.

A gyutaccsal történő iniciálás annak megfelelő nagyságú impulzussal történő begyújtása után is csak akkor megfelelő, ha

- a töltet állapotát figyelembe véve az a választott erősségű gyutaccsal iniciálható;
- a gyutacsot legalább 2 cm mélyen behelyezik a robbanóanyagba;

– vagy úgy érintkezik szorosan legalább a robbanótöltetének hosszában a robbanószinórral, hogy a detonáció iránya mind a gyutacsban, mind a robbanószinórrban megegyezik.

### b) *Iniciálás robbanószinórral*

A robbanószinór 5..8 mm átmérőjű nyújtott töltet. Erősségét a méterenkénti robbanóanyag mennyiségével jellemzik, ami általában 10 és 50 g között változik. Tehát csak a legerősebb robbanószinór hatása egyezik meg a gyutaccsal, melynek 2 cm hosszúságú szakasza 1 g brizáns robbanóanyagot tartalmaz. A hazai robbanószinórok 10..12 g/m erősségűek.

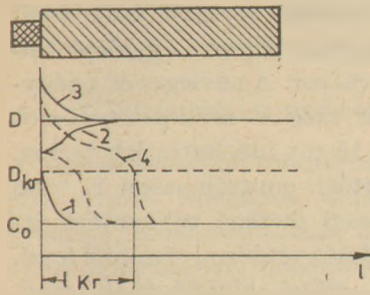
Robbanóanyagba helyezve iniciáló hatásukat teljes felületük mentén kifejtik, ami fokozza az iniciálás biztonságát, de a robbanásukkor kialakuló lökeshullám energiája többnyire csak az érzékenyebb robbanóanyagok közvetlen iniciálására elegendő. A robbanószinór használatának egyik közismert előnye, hogy elegendő a gyutacsot csak a töltési művelet befejezésekor felszerelni, ami a munka biztonságát számottevően növeli.

### c) *Iniciálás detonátorral*

A detonátor olyan robbanóanyag töltény, melynek rendeltetése az iniciáló hatás fokozása. Anyaga, formája, mérete tetszőleges lehet. Nálunk elsősorban hengeres TNT-préstestet alkalmaznak erre a célra. ANDO és Nikegran 1 indításhoz viszont gyakran másféle, gyutaccsal indítható, szokásos formájú robbanóanyag töltényt használnak.

A detonáció egyik feltétele, hogy csak a robbanóanyagban mérhető hangsebességnél nagyobb sebességgel terjedő lökeshullámmal lehet azt kiváltani. Tanulságos lehet ezért közelebbről megvizsgálni azt az esetet, amikor az iniciáló lökeshullám sebessége nagyobb a robbanóanyagban terjedő hanghullám sebességénél, de az közel van a töltet lehetséges legalacsonyabb, ún. kritikus sebességéhez, akkor a következő esetek lehetségesek (1. ábra):





1. ábra. A robbanás kifejlődése a robbanóanyag töltényében különböző iniciáló impulzus esetén

- az 1. görbével jelzett lökeshullám nem elég erős a detonáció kiváltására, aminek következtében a lökeshullám gyorsan lecsillapodik;
- ha az iniciálás közelében a töltet nem nyomódhat szét, akkor D-detonáció sebességnél kisebb sebességgel iniciálható anyagtól is hamarosan kifejlődik a passzív töltetben az arra jellemző sebességű detonáció (2. görbe);
- ha a detonátor detonációsebessége jelentősen meghaladja a töltet detonációsebességét, akkor a detonáció néhány 10 cm-en belül beáll az utóbbi sebességére (3. görbe);
- amennyiben túlzottan rövid vagy kis átmérőjű a detonátor, akkor a detonáció lecsillapodik, végül leáll (4. görbe).

Megállapíthatjuk tehát, hogy az indító töltet erőssége legfeljebb néhány töltetátmérőnyi hosszúságon befolyásolja a detonációsebességet, ezután vagy beáll az adott robbanóanyagra jellemző detonációsebességérték, vagy megáll a robbanás (amennyiben az iniciáló energia a kritikus érték alatt marad) [1].

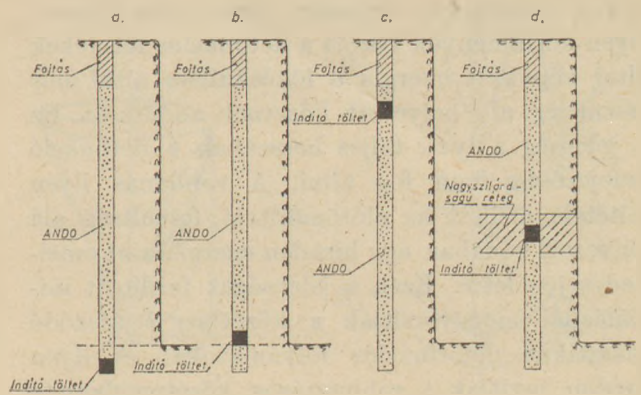
#### Az indító töltet helyének megállapítása

Általános szabályként elmondható, hogy az indító töltetet abba a töltetszakaszba kell helyezni, ahol a kőzetellenállás várható értéke a legnagyobb. Ha ugyanis az iniciálás környezetében fellépő magas detonációs nyomás hatására az előtét egyrésze még azelőtt elmozdul, mielőtt a teljes töltetoszlop detonációba kerülne, akkor romlik a robbantólyuk zártsága, csökken az expandáló gáz nyomása és hatóideje, ezzel munkavégzőképessége.

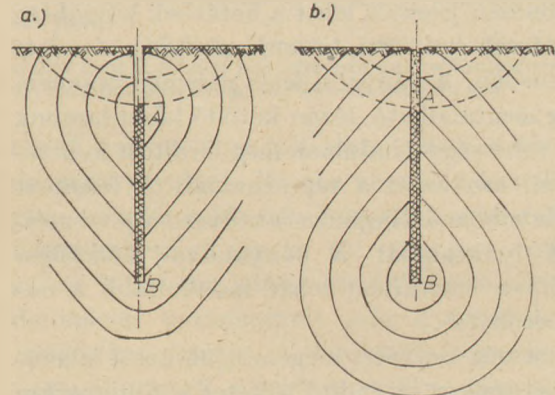
A 2. ábrán az indító töltet elhelyezésének néhány lehetséges módját mutatjuk be.

ad 2/a., és a/b ábra: Lyuktalp felőli iniciálás. (Az iniciálásnak ezt a módját fordított iniciálásnak is nevezik.)

A lyuktalp közelében fellépő nagyobb beszorítás nagyobb energiakonzentrációt igényel, ezért általában helyesebb a tölteteket a lyuktalpnál



2. ábra. Az indító töltet elhelyezése



3. ábra. A feszültség-eloszlás változása különböző iniciálási irányoknál

iniciálni. A kísérleti adatok is azt bizonyítják, hogy az iniciálásnak ez a módja javítja a kőzetmegbontás feltételeit, ezáltal csökkentve a káros jelenségeket. (Itt jegyezzük meg, hogy általában célszerűbb az indító töltetet a robbantólyuk talpa közelében, pl. a bányaudvar szintjének magasságán elhelyezni, mint az aláfúrás talpánál (b. ábra). A vizsgálatok azt mutatták, hogy ez a gyakorlat csökkenti a szeizmikus hatást.)

Nem hanyagolható el a fordított iniciálásnak az a biztonságtechnikai vonatkozású előnye sem, hogy töltetamputálás esetén az indító töltény nem kerülhet ki a készletbe, hanem a lózsákban, vagy a készlet felületén marad.

ad 2/c. ábra: Az indító töltetet gyakran a lyukszaj közelébe helyezik (egyenes indítás). Az előzőekből következően itt általában nem érvényesülhet az „iniciálni a legnagyobb kőzetellenállás zónájában” elve, mint pl. a 2/d ábrán látható megoldásnál. E gyakorlatot — a megszokáson kívül — főleg az egyszerűbb töltési munka tartja életben.

Melyek a fordított iniciálás előnyei? A legelterjedtebb robbanóanyag, az ANDO használatakor a detonáció sebessége (D) általában kisebb, mint a kőzetben mérhető hangsebesség (c). Ez gyakorlatilag azt jelenti, hogy a lökeshullám előre-



siet a kőzetben a detonáció frontjához képest. Ilyen körülmények között a detonációs termékek által képviselt energia a lökéshullám által már feszültség alá helyezett kőzetnek adódik át. Ez a jelenség a lyuk teljes hosszában a detonáció befejezéséig fenn fog állni. A robbanás ilyen feltétele mellett az előtömörített, feszültség alá helyezett zónában egy hirtelen energiaszint emelkedés jön létre. Ezek a jelenségek fordított iniciálásnál meggyorsítják a kőzetben lejátszódó plasztikus deformációs folyamatokat és ilyen módon javítják a robbantásos kőzetmegbontás feltételeit (3. ábra).

Különösen jelentős lehet a hatásbeli különbség a töltetoszlop fölötti kőzetdaraboknak átadott impulzusban. A bányafal felső peremén csaknem mindig megtalálható, lazán kötődő kőzetdarabok kisebb sebességgel indulnak meg fordított indításnál, ami csökkenti a repeszhatást. A fordított iniciálás robbanási impulzusa kedvező a jövesztésnél. A lyuktalpnál, a bányaudvar közelében nagyobb a beszorítás, tehát indokoltabb a nagyobb erőhatás.

A teljesség kedvéért megemlítjük azt a lehetőséget is, amikor az indító töltetet a töltetoszlop valamely közbelső szakaszán elhelyezkedő legkeményebb réteg magasságába teszik (2/d. ábra). Ha nagy energiájú indító töltetet (detonátort) használnak, akkor maximális robbantási hatás érhető el, még mielőtt a robbantandó kőzet elmozdulása megszüntetné (vagy jelentősen lefontaná) a robbantólyuk zártságát.

A nagyobb szilárdságú, közbetelepült rétegek jobb aprítása azonban egyszerűbben elérhető erősítő töltetek alkalmazásával, amiről a későbbiekben lesz szó.

### *Több ponton való iniciálás*

A hosszú töltetoszlopoknak a több ponton való iniciálási módszerét azzal a céllal dolgozták ki, hogy a robbanási gázok nyomásának hatóidejét növeljék. A módszer elve: annyi helyen iniciálni a töltetoszlopot, hogy egy-egy töltetszakasz detonációja hamarabb végbemenjen, mint amennyi idő alatt a kialakuló repedéseken a robbanási termékek a szabadba juthatnak. A repedések terjedési sebessége és a detonációsebesség ismeretében meghatározható az a maximális töltetoszlop-hosszúság, ami egy indító töltettel a leggazdaságosabban robbanásba vihető [2].

E helyes elv gyakorlati alkalmazásának van egy technikai akadály. Az így meghatározott pontokon való iniciálás ugyanis az egy lyukba

helyezett gyutacsok teljesen egyidejű működésé-tételezi fel. A valóságban teljesen egyidejű töltetiniálásra nem kerül sor. A névleges és a tényleges időzítés között még a milliszekundumos gyutacsoknál is 5...15 ms időeltérés lehetséges.

A gyutacsok gyártási pontatlansága a több ponton való iniciálással történő robbantást áttekinthetetlenné, eredményét bizonytalanná teszi.

A repedések idő előtti kinyílásának megakadályozására járható út: rövidebb töltetoszlopok alkalmazása (azaz a szint magassága ne legyen nagyobb a számítással meghatározható „egy iniciálási ponthól detonációba vihető maximális töltetoszlop hosszúságánál”).

### *Az ANDO elnevezésű robbanóanyag iniciálásának speciális problémái*

A hosszú töltetoszlopok iniciálási kérdéseit nagy általánosságban áttekintettük, mégis hasznos lehet, ha külön is foglalkozunk az ANDO indítási kérdéseivel az alábbiak miatt:

- annak ellenére, hogy a külszíni bányászathoz a legáltalánosabban használt robbanóanyag, még a szakemberek egy része sem ismeri eléggé tulajdonságait, ezért egymásnak gyakran ellentmondó nézeteket képviselnek;
- egyike a legalacsonyabb detonációsebességű robbanóanyagainknak, nem gyutacsérzékeny, ezért iniciálása különleges problémákat vet fel;
- viszonylag alacsony detonációsebességéből következik, hogy fokozottan érzékeny a töltés és a robbanás folyamán lezajló események hatására bekövetkező sűrűség-változásokra (tömörödés, ritkulás);
- anyagi tulajdonságai miatt minősége és ezzel robbanási tulajdonságai könnyen változnak a tárolás körülményeitől és időtartamától függően.

### *A szükséges indító töltet nagysága:*

A gyutacsra érzéketlen robbanóanyagoknál többnyire a töltet tömege arányában írják elő az alkalmazandó indító töltet nagyságát. Ez az érték általában 5...10%. Ezzel szemben a Bányászati Kutató Intézet kísérletileg igazolta, hogy a 2...3 %-os indító töltet az 5...10 %-ossal gyakorlatilag azonos robbanási eredményt hozott. Ezt a megfigyelést Poole G. M. modellkísérletekkel is bizonyította, megállapítva, hogy a töltet adott robbanási feltételek melletti optimális értékű detonációja 1...2-szeres töltetátmérőnek megfelelő hosszúságú detonátorral biztosítható. Ennek megfelelően a hazánkban alkalmazott 76...152 mm



átmérőjű töltetek felrobbantásához 1...5 kg-os indítótöltetek elégségesek.

*Az ANDO iniciálása robbanózsínórral*

A robbanózsínórral többnyire a teljes töltetoszlopot oldalról iniciálják, amiért ezt a módszert gyakran „oldaliniálásnak” is nevezik. A zsinórt az indítótöltéssel behúzzák a robbantólyukba, mely végigfekszik annak falán.

A robbanózsínór igen nagy sebességgel (5000...7000 m/s) iniciálja közvetlen környezetét. Az iniciálás ilyen nagy sebessége téveszti meg gyakran a felhasználót és ezért számolnak sokan robbanózsínóros iniciálás esetén a robbanózsínór iniciálási sebességével, mint a töltet detonációsebességével. A valóságos helyzet ettől lényegesen eltér.

A detonáció a robbanás állandósult formája. A detonációsebesség a robbanóanyagra és a robbanás adott körülményeire jellemzően állandó. „Oldal-iniciálásnál” a töltet detonációfrontja nem a lyuk tengelye irányában, hanem a robbanóanyag és a robbanózsínór detonációsebessége által meghatározott kúpfelületen terjed (4. ábra [3]). Ehhez természetesen fel kell tételezni, hogy a robbanózsínór iniciálása révén a robbanóanyag detonációja stabil lesz.

A robbanási frontot jellemző forgáskúp tengelye az  $R_0$  sugarú robbantólyuk azon alkotójával esik egybe, amelynél a robbanózsínór felfekszik. A detonációs front kúpja és a robbantólyuk-henger közelítőleg ellipsziszben metszi egymás. A detonációs hullámfront sebességvektorának iránya minden időpillanatban, a kúpfelület minden pontjában merőleges a kúpra. A sebességvektorok és az érintő henger közötti  $\varphi'$  szög állandóan változik. A henger és a kúp metszévonalánál fellépő nyomás (vagyis a lyuk falára ható maximális nyomás):

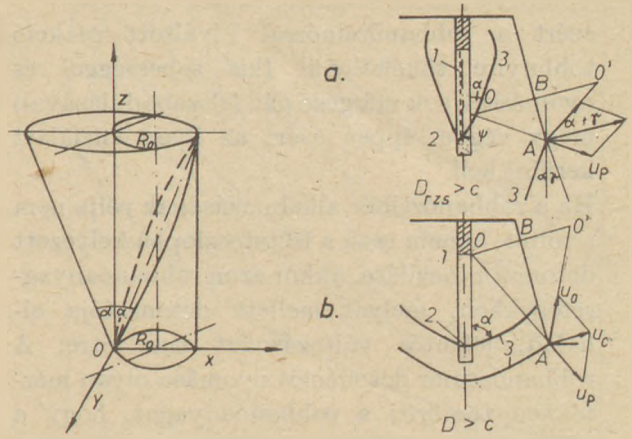
$$p = p_{ra} \left( 1 + \frac{\beta}{2} \sqrt{2(1 - \cos t)} \cdot \cos \alpha \right),$$

ahol:  $\alpha$  – a robbanóanyag és a robbanózsínór detonációsebességének hányadosa,

$\beta$  – tényező, amellyel a közet összenyomhatóságát veszik figyelembe.

Ha az iniciálást nagyobb detonációsebességű eszközzel, pl. robbanózsínórral végzik, akkor a robbanóanyagban hirtelen megemelkedik a detonációsebesség (1. ábra) és a detonációs nyomás.

Mérésekkel megállapították, hogy a Paxit-típusú robbanóanyagok robbanózsínóros iniciálásakor kb. 50 cm hosszban növekszik meg a detonációsebesség, ami egyenértékű azzal a megállapí-



4. ábra. A robbanózsínóros iniciálással kialakuló detonációs front  
 5. ábra. A közetben kialakuló feszültség-hullámfront (3) alakja és az A felületi pont elmozdulása robbanózsínórral (a) ill. villamos gyutaccsal (b) történő iniciáláskor

tással, hogy a teljes töltetoszlop detonációs tulajdonságai javulnak. Mivel a vizsgálatokat 40...50 g/m töltetű robbanózsínórokkal végezték, így feltételezhető, hogy a 10...13 g-os robbanózsínór a 10 cm körüli átmérőjű robbanóanyag detonációs paramétereit még a teljes keresztmetszetben javítja. A detonációs nyomás annál nagyobb, minél kisebb  $\alpha$  értéke, vagyis minél jobban meghaladja a robbanózsínór detonációsebessége az iniciálandó robbanóanyagét.

Az 5. ábrán a felső rajzon a robbanózsínóros, az alsón a villamos gyutaccsal fordítva végzett iniciálás eredményeként fellépő feszültség-hullámok jellegét érzékeltetjük  $D_{rzs} > C$  ill.  $D > C$  esetre (C- a közetben terjedő hang sebessége). A lyuk tengelye és a feszültség-hullám-front érintője által bezárt szög:

$$\sin \alpha_1 = \frac{C}{D_{rzs}} \text{ ill. } \sin \alpha = \frac{C}{D}$$

Minél nagyobb  $D_{rzs}$  ill.  $D$  értéke C-hez képest, annál nagyobb lesz a szabad felület irányába mutató erőkomponens.

A robbanózsínóros iniciálás tehát segíti a közet kivetését is. A korábbiakban viszont láttuk, hogy a nagyobb detonációs nyomás és nagyobb detonációsebesség helyett gazdaságosabb a hosszabb hatóidő által biztosított nagyobb robbanási impulzust hasznosítani. Erre a célra kiválóan alkalmasak az ANDO-féleségek. Vajon az ANDO-típusú egyszerű robbanóanyag-keverékek használatakor is kihasználhatjuk a robbanózsínóros iniciálás nyújtotta előnyöket?

– A Központi Bányászati Fejlesztési Intézetben Koczor László igazolta kísérletileg [4], hogy ezek a robbanóanyagok a tökéletes detonációhoz nagyobb iniciáló impulzust igényelnek,



ezért a robbanózsínórral kiváltott reakció többnyire tökéletlenül (kis sebességgel és nyomással, sok mérgező gáz felszabadulásával) megy végbe, éppen ezért az ilyen iniciálást kerülni kell.

- Ha a robbanózsínór alkalmazásának célja nem a töltet, hanem csak a töltetoszlopha helyezett detonátor iniciálása, akkor azon robbanóanyagrétegekben, melyek mellett detonációja elhalad, jelentős változásokat hoz létre. A robbanózsínór detonációs nyomása olyan mértékben tömöríti a robbanóanyagot, hogy a 80...100 mm átmérőjű töltetben 20...50 mm átmérőjű csatorna keletkezik, a töltet többi része pedig az optimálisnál nagyobb sűrűsége tesz szert, ami nehezebben iniciálhatóvá teszi azt. A túltömörödött robbanóanyag tökéletlenebbül alakul át, a robbanóanyag kiéghet, sőt a robbanás le is állhat. A keletkező belső csatorna pedig további kárt okozhat azáltal, hogy abban létrejöhet a csatornaeffektus.
- Robbanózsínór alkalmazásakor nagy a hanghatás még akkor is, ha csak egy kis darab marad szabadon a zsinórból. Ennek az az oka, hogy a zsinór a fojtásban is robban és ezzel többféle zavart is okoz. A fojtásban ugyanis egy hengeres nyílást üt, amin át megnő a hanghatás és porkifúvás, nem is szólva arról, hogy ezen át a robbanási gázok is utat találnak, így idő előtt lecsökken a munkavégzőképességük. Ezek a negatívumok úgy szüntethetők meg, ha a zsinór nem halad át a fojtáson. Ekkor a töltetoszlop tetején elektromos gyutaccsal kell az iniciálást végezni. Az ezzel járó többletmunka nem jelentős.
- A robbanózsínórral csak egyenes iniciálást végezhetünk, aminek hátrányairól már szoltunk. A fordított iniciálás csak úgy valósítható meg robbanózsínórral, ha azt hosszú vezetékgyutaccsal a töltet talpa felől indítják. Ekkor viszont elvesz a robbanózsínór alkalmazásának a legfőbb előnye: a robbantás biztonsága nem fokozható azáltal, hogy a villamos gyutacs csak a töltés befejezésével kerül a töltetbe. (Külföldön léteznek a NONEL-rendszerhez hasonló hatású ún. „átvivő zsinórok”, amelyek a fordított iniciálást is lehetővé teszik.)

Fentiek alapján megállapítható, hogy a robbanózsínór elsősorban a bonyolultabb szerkezetű, szakaszos, osztott töltetek iniciálását könnyíti meg és egyértelműen csak a gyutaccsal iniciálható robbanóanyagok indításánál előnyös.

## A töltetek fojtása

A robbantástechnikai terminológia szerint a fojtás: a töltési tér lezárása, illetve a rátett töltet letakarása tömítő anyaggal a robbantás irányítása és jobb energiahasznosítása érdekében, mely definíció utal a fojtás funkciójára is.

Optimálisnak tekinthetjük tehát azt a fojtást, ami a robbantólyukat mindaddig zárva tartja, amíg a közetroncsolás legkedvezőbb feltételei ki nem alakulnak, egyszerűen a lyukba helyezhető, anyaga lehetőleg a helyszínen előállítható és nem nagy a hossza.

A fojtásnak nagy a jelentősége a robbantás eredményessége szempontjából, ezért sokféle kiterjedt kutatások folytak a robbantásban betöltött szerepének tisztázására és a legkedvezőbb fojtási paraméterek megállapítására.

Elméleti megfontolások és kísérletek alapján levonható az a következtetés, hogy a nagyfűrőlyukas robbantásoknál legcélszerűbb 60 tömeg%-nyi, a lyuk átmérőjének 10...20%-a körüli szemcseméretű darabos és 40 tömeg%-nyi aprószemcsés anyagból keveréket előállítani. A fojtás hosszabb idejű lyukban maradása 35...60%-kal növeli meg az impulzus-időt a tiszta homokfojtásnál mért értékhez képest.

Különböző biztonságtechnikai szempontok figyelembevételével más- és másféleképpen határozzák meg a fojtás szükséges hosszát. Ismert például az előtéttel megegyező vagy valamilyen konkrét méretnek megfelelő hosszúságú fojtásra vonatkozó hatósági előírás. A fojtás minőségére viszont általában nem adnak utasítást. Az előtéttel megegyező hosszúság két okból jelenthet zavart; az egyik: egy töltet előtete nem mindig jellemezhető egyetlen mérettel; a másik: a választott előtét gyakran nem optimális értékű, amiből következik, hogy az ehhez igazodó fojtás hossza is eltér az optimálistól.

A fojtás méretezésének kritériuma, hogy a fojtás kirepülésének ideje haladjon meg a töltet teljes detonációjához és a szabad felületig kifejlődő repedések terjedéséhez szükséges időt.

Mindezekből következik, hogy annál hosszabb fojtást kell alkalmazni, minél

- hosszabb a töltet,
- nagyobb a szükséges előtét,
- nagyobb a közepes robbanási nyomás,
- nagyobb a töltet átmérője,
- kisebb a fojtás tömörsége (sűrűsége) és belső súrlódási szöge.



A fojtás hosszának meghatározására a gyakorlati céloknak megfelelően egyszerűsített képlet:

$$l_f = 0,8 \frac{W \cdot D}{c} \sqrt{\frac{\rho_{ra}}{\rho_f}}$$

ahol  $l_f$  – a fojtás hossza, m;  
 $W$  – az előtét, m;  
 $c$  – a megbontandó kőzetben a hang sebessége, m/s;  
 $\rho_{ra}$  – a töltési sűrűség, kg/m<sup>3</sup>;  
 $\rho_f$  – a fojtás sűrűség, kg/m<sup>3</sup>.

A fojtás szükséges hosszát rehat a technológiailag szükséges előtét, a megbontandó anyagban terjedő hang sebessége, a robbanóanyag detonációsebessége, a töltési sűrűség és a fojtás tömörségének mértéke határozza meg.

### Az „aktív” fojtás

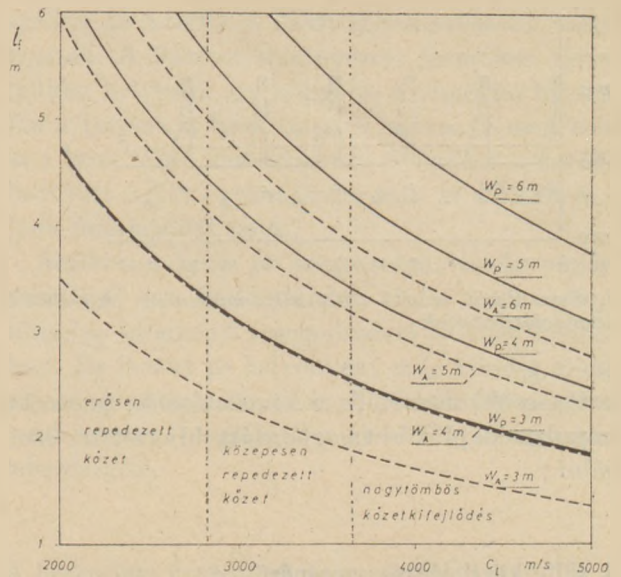
Az elnevezés helytelen, hiszen a fojtás önmaga semmilyen aktív szerepet nem játszik a robbanás folyamán, helyesebb lenne talán „ellenhatású töltetnek”, „zárótöltetnek”, vagy „dinamikus fojtásnak” elnevezni. Mégis maradjunk ennél az elnevezésnél, mivel a külföldi szakirodalomban így honosodott meg, nálunk pedig még nincs megfelelőbb magyar elnevezése e fogalomnak.

Az „aktív” fojtás kettős célt szolgál a nagyfűrőlyukas robbantásoknál:

- a nagy költséggel előállított robbantólyuk minél nagyobb részét töltsék ki a kőzetapritást végző robbanóanyaggal;
- fordított indítást alkalmazva hosszabb töltetek robbantása után a kőzethomlok felső peremén gyakran függő kövek maradnak vissza, melyek leválasztására, leszakítására alkalmasak ezek a megfelelő helyen robbanó kis töltetek.

Mindezekon felül természetesen a fojtás tényleges jósága is tovább fokozható, ha ezt a pótlólagos töltetet megfelelő méretűre választják és a szükséges időpillanatban robbantják fel.

Megfigyelések szerint az aktív fojtás akkor hatásos, ha a fojtásba helyezett töltet robbanásakor felszabaduló energia értéke legalább 2...3%-a a főtöltet robbanásának hatására felszabadulóknak. E pótlólagos töltetek robbanásakor keletkező gázok fékezik a főtöltettől kiinduló lökeshullám terjedését. A két hullámfront találkozási



6. ábra. A fojtáshossz változása a robbantandó anyagban terjedő hangsebesség függvényében különböző előtétek mellett Paxit ill. ANDO alkalmazásakor

helyén fellépő torlónyomás következtében megnövekszik a lyuk falára ható nyomás, így nő a fojtás kimozdulása ellen ható súrlódási erő is.

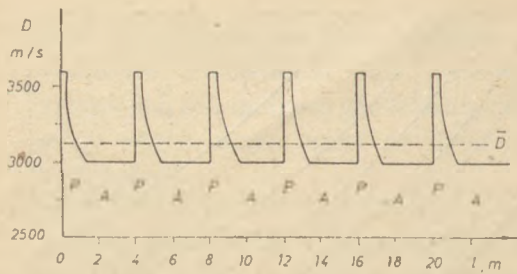
Mind a statikus, mind a dinamikus vizsgálatok eredményei bizonyították, hogy a lyuktöltetekben alkalmazandó aktív töltet hossza a lyuk átmérőjének 3...4-szerese kell legyen.

### A töltet kialakítása és elhelyezése

A nagy költséggel elkészített robbantólyuk minél jobb kihasználása fontos műszaki és gazdasági feladat. A robbanóanyag hatását nagymértékben fokozza a töltési tér teljes kitöltése. Az ANDO-félék, a robbanóanyagok és a poralakú ammonalétrómos robbanóanyagok alkalmazásakor adott ez a lehetőség. Több robbanóanyag-fajta azonban csak töltényezett formában kerül forgalomba. (Gyakran a töltési körülmények indokolják a töltényezett robbanóanyag használatát. Ilyen lehet a kisebb kavernák áthidalása, továbbá a csökkent előtétű helyeken vagy a kőzetkímélő robbantásokhoz szükséges kisebb töltésű sűrűség alkalmazása.)

A hengeres töltet és a robbantólyuk átmérőjének hányadosát tekintik a geometriai illesztés mérőszámának. Kísérletekkel bizonyítható, hogy 50%-ról 100%-ra növelve a geometriai illesztés mértékét, a töltet körül kialakuló repedések hosszúsága megháromszorozódik. (Egy negatív jelenség: a repedések hosszával egyidejűleg megnő a robbantás helyi hatása, az ún. brizancia, ami növeli a veszteségeket. A légréses töltetek a helyi





7. ábra. Paxit erősítő töltet alkalmazásakor megváltozott detonációsebességek

hatás csökkentését és a kíméletesebb, hosszabb impulzusidejű kőzetmegbontást hivatottak szolgálni.)

### A töltetközi légrés szerepéről

Az utóbbi években nagyszámú tanulmány jelent meg a töltetközi légrés előnyeiről, különösen szovjet kutatási munkák eredményeként [pl. 5]. Hazai gyakorlati alkalmazására már néhány esetben sor került (1969-ben Beremenden, 1977-től Uzsbányán), a kísérletek elméleti megalapozása nélkül.

A kőzetroncsolás alapvető feltétele, hogy a robbantás során létrejövő nyomás értéke haladja meg a megbontandó kőzet dinamikus szilárdságát. Ezért a robbanóanyagoknak szorosan kell érintkeznie a felaprítandó kőzettel, azaz sugárirányban nem maradhat légrés. A robbanási nyomást úgy csökkentik, hogy a lyuk tengelyének irányában légréseket alakítanak ki. Ezek a légrések tulajdonképpen a robbantás első szakaszában tárolják az energiát, amely pótlólagos energiaforrásként később sugárzódik ki, ezzel elnyújtva a kőzetre hatás idejét. A vizsgálatok szerint a légréseket tölteteknek az a tulajdonsága, hogy időben megnyújtják a detonációs termékek nyomásának hatására létrejövő alakváltozás időbeni folyamatát, lényegesen megjavíthatja a kőzetaprítás fokát.

Folytonos töltet robbanásakor a kőzetaprítás úgy megy végbe, hogy a detonáció révén először a lökéshullám ronesol. A lökéshullám amplitudójának csökkenésével a kőzetmegbontó hatás egyre mérséklődik. A légréseket töltetek alkalmazásakor a lökéshullám által létrehozott mikrorepedéseket a nagynyomású robbanási termékek feszítik szét. Ebben az időszakban már a lyuk faláról ill. a közeli szabad felületekről visszaverődött hullámok jelenlétével is számolni kell, amelyek tovább csökkentik a robbanási termékek nyomását. A közeli töltetszakasz vagy a fojtás végéről visszaverődő nyomáshullámok is fékezik a robbanási

termékek nyomását. Mindezek eredményeként modellkísérleteken bizonyították, hogy olyan töltetkonstrukciónál, ahol a légrés hossza  $1/4$ -e volt a töltetoszlop hosszának, hozzávetőlegesen  $1,5$ -szer nagyobb energiahányad fordítódott kőzetaprításra, mint folytonos töltet alkalmazása esetén, a lyuk falára ható nyomás pedig kétszer olyan hosszú időtartamú volt.

A légrés a robbantás folyamatában gázdinamikai dugóként szerepel, ami csökkenti a detonációs termékeknek a lyukszájhoz áramló sebességét és ezért rövidebb fojtás is elegendő. A nyomáscsökkenés révén a lyuk hermetikus lezárásának ideje is kb.  $1,5$ -szeresére növekszik. A kisebb nyomások miatt a szeizmikus hatás is mérséklődik.

Az eddigiekben csak előnyökről szoltunk. Mi az oka annak, hogy ennyi előnyt nem használunk ki? Az okok részletes felsorolása helyett csak a leglényegesebbekre térünk ki:

- Miként a beremendi kísérletek is mutatták, a légréseket töltetekkel végzett robbantások részleges töltetmegálláshoz vezetnek, ha olyan robbanóanyagban hagyunk tengelyirányú légrést, amely a fellépő nyomásra károsan tömörödhet. A tömörödött robbanóanyag nehezebben, vagy egyáltalán nem iniciálható, esetleg leáll a detonáció [6]. Hazánkban a külfejtéseken csak ilyen típusú robbanóanyagok vannak használatban. (Beremenden Paxittal robbantottak, a töltetszakaszokat robbanózsínórral kötötték össze; a robbanás leállt.)
- A Szovjetunióban, — ahol oly sokat foglalkoztak ezzel a töltetkonstrukcióval — nagy átmérőjű, rövid lyukakat fűrnak alacsony kőzetpadokba. Ekkor nem alakul ki olyan nagy robbanási impulzus, amit a hosszabb töltetek biztosítanak. (A fojtás rövidülése is fontos lehet, mert a rövid, nagy átmérőjű lyukaknál nagy a fojtáshossz — töltethossz hányados, ezért a kőzetpad nagyobb részéből kerülnek ki utóaprításra szoruló nagy kőzetdarabok.)
- Rövidebb tölteteknél viszonylag egyszerűbb feladat a töltetoszlop helyenkénti megszakítása, a légrések beszabályozása, mint a hosszabbaknál.
- Az egyenletes energiabetáplálást elsődlegesen a töltetek egyenletesebb elosztása biztosítja. Erre a célra a megfelelő rendszerben telepített kis átmérőjű, kis brizanciájú, de nagy gázfel szabadulással járó robbanóanyag-töltetek a legalkalmasabbak.

Az *a)–d)* pontok elemzése alapján megállapítható, hogy hazánkban alig van létjogosultsága a



töltetközti légréses tölteteknek. Biztonsági okokból egyedül a töltetoszlop és a fojtás közötti légrés nem lehet káros, gazdasági okokból viszont ezt a megoldást is el kell vetni.

### Erősítő töltetek alkalmazása

Gyakori technológiai megoldás a töltetoszlopba erősítő tölteteket helyezni, melyek feladata a detonáció stabilitásának fokozása és a detonáció sebességének a megnövelése lenne. Az indító töltetek hatás-távolságáról tett megállapítások értelemszerűen vonatkoznak az erősítő töltetekre is. Téves tehát az a feltételezés, hogy pl. az egész ANDO töltetoszlopra kiterjedően növelheti néhány erősítő töltet annak detonációsebességét.

Gyakori és ajánlott az a töltési mód, amikor a hosszú ANDO töltetoszlopba 2...8 m-enként lejtuttatnak egy-egy 100 g-os Paxit töltényt. Ennek a töltési módnak közismert előnye a töltési sűrűség növelése. Nem hanyagolható el viszont ennek a töltési rendszernek az a pozitív hatása sem, amit a 7. ábrán igyekszünk érzékeltetni.

Elméleti számítások szerint az ANDO-töltetoszlopba helyezett

$$l_p \cong 3 \cdot d$$

hosszúságú Paxit erősítő töltettel elérhető az a hatás, ami a légréses töltetekkel. Az intezív közetapritás további feltétele, hogy a töltetoszlopnak 15...35%-a más detonációs tulajdonságú robbanóanyag (pl. Paxit) legyen. Ez a feltétel a gyakorlatban azt jelenti, hogy a 3 d hosszúságú Paxitot 9 d hosszúságú ANDO töltetszakasz kövesse. Pl. 95 mm átmérőjű lyukak alkalmazása esetén kb. 0,3 m, vagyis 2 kg Paxit, majd kb. 0,9 m hosszú, közel 6 kg ANDO váltakozzon. Természetesen kisebb apritási minőségi igény esetén az ANDO aránya a Paxit rovására növelhető.

### A töltési sűrűség fokozása

Az eddigiekből nyilvánvaló, hogy a gazdaságosabb robbantások érdekében növelni kell a töltési sűrűséget. Vizsgálataink szerint a lyukban mérhető tényleges töltési sűrűségek messze elmaradnak a robbanóanyagok gyári bizonylatában meghatározott robbanóanyag-sűrűségtől. Ennek javítására nagyszámú lehetőség kínálkozik, de azokra egyre kevesebb figyelem fordul az utóbbi időben. A legegyszerűbb a már hivatkozott vegyes töltés,

amikor az ANDO és Paxit töltetszakaszok váltakoznak. A Paxitot töltényezett formában kell a lyukba helyezni, így nagyobb a tömörítő hatása. Ha a töltény a lyuk talpára leérkezve nem tölti ki a lyuk teljes keresztmetszetét, akkor a később beöntött ANDO-granulátum tölti ki a Paxit és a lyuk fala közötti teret.

Amikor a lyuk jó megtartású, tehát omlásveszéllyel nem kell számolni, akkor a töltetet pl. rézgolyó időnkénti leengedésével is lehet tömöríteni. Ez ismert és helyenként még mindig alkalmazott módszer, bár a bányaudvarok többségében rendszeresen megfelelnek erről az egyszerű lehetőségről.

### A beszorítás hatásának kompenzálása

Beszorításon azon körülmények összességét értjük, melyek a robbantás szabad kifejlődése ellen hatnak (a homlok és a bányaudvar síkjának találkozásánál, valamint a robbantásra kerülő és a szomszédos, síkban előreugró visszamaradó frontok között).

A beszorítás ellensúlyozására túlfúrást, talplyukakat és kitoró lyukakat készítenek, amiket töltettel látnak el. Túlfúrást csak 15 m-nél alacsonyabb szinteken, a bányaudvar síkjában fellelhető határozott vízszintes réteglap vagy erősen repedezett közetkifejlődés esetén célszerű alkalmazni.

A beszorítás kompenzálására erősebb töltetek is felhasználhatók. Bizonyítható, hogy a talp fölötti előtétnek megfelelő magassághoz kb. 2,4-szer erősebb töltetet kell elhelyezni. Mivel még az ANDO-nál sem tervezhetünk 2,4-szer nagyobb hatású ipari robbanóanyaggal, ezért a talplyukak fúrása által biztosított megnövelt töltési térbe helyezett újabb töltetekkel kell a beszoríthatást legyőzni. (Robbanóanyagok alkalmazásakor is csak a talptöltetek ritkítására van lehetőség.)

A 2,4-szer erősebb töltetből 1-szeres töltetrészt a felülről fúrt lyukakba helyeznek. A további 1,4-szeres erősségű töltet a fojtással ellátott talptöltetek alkalmazásakor a tető lyukkiosztásánál kétszer sűrűbben fúrt egy sorba, illetve azonos lyukosztással két sorba helyezhető. E két variáció közül az első megoldás a kedvezőbb, mert simább bányaudvart biztosít.

30 m-nél magasabb szinteknél a talplyuk sor fölül egy 10...20°-ban felfelé emelkedő töltet-sorral kell tovább javítani a jövesztési feltételeket. Ezeknek a lyukaknak a távolsága egyezzen meg a tetőn telepített lyukak távolságával.

Fentiek értelmében a felső lyukakkal azonos kiosztású talplyukakba elhelyezendő töltetmennyiség:

$$O = (W \cdot 1,4 \cdot 2,4 - 1 \cdot W) \cdot q = 2,4 \cdot W \cdot q,$$

ahol  $q$  – az 1 m lyukba elhelyezhető robbanóanyag mennyisége kg-ban.

A megfigyelt robbantások példái arra a megállapításra vezettek, hogy a talplyukak illetve talptöltetek tényleges szerepét a felhasználók kevésbé ismerik. Sokszor olyan technológiai megoldásokat választanak, melyek eredményeként a robbantás után kőzetpad, ún. „kőzetláb” marad. Ennek eltávolítása miatt megnövekszik a rézsű alatt tartózkodás, munkavégzés ideje és fokozódik a jövesztés költségigénye.

Nagyobb gondot kell fordítani a felülről és a talpról fúrt lyukak tájolására. Mindenképpen el kell kerülni, hogy az előbb robbanó töltet tömöríttesse, vagy amputálhassa a később robbanó tölteteket. Ehhez az egyes töltetsorok legközelebbi pontjai között a kőzettől függően 0,5...3,0 m távolságot kell tartani. Időnként célszerű a bányaudvart beszintezni és a talplyukak kitűzését méréssel is ellenőrizni. Ilyen módon könnyen elkerülhető a bányaudvaron a közlekedést zavaró mélyedések, vízgyűjtők kialakulása. A bányaművelésénél az a kedvező, ha az előrehaladás irányában néhány ezrelékkal emelkedik a bányaudvar.

A frontok oldalirányú befogásának ellensúlyozására pótllyukakat, ún. „kitörő” lyukakat kell fúrni. Amennyiben a töltetsor két végén nincs lehetőség a legkisebb ellenállás vonalához mért 60°-os irányú szabad repedéskifejlődésre, mindig szükség van ilyen lyukak fúrására. Ezeket a lyukakat az egyébként szokásos töltetekkel kell ellátni.

Ha a robbantási front oldalt nincs beszorítva, akkor is célszerű egy-egy pótllyukat fúrni a sorok elé. E lyukakat gyengébb (kisebb átmérőjű vagy kisebb munkavégzőképességű) töltetekkel kell ellátni, melyek méretezése a szelvénytartó robbantásoknál szokásos módon történik. Ezek a töltetek biztosítják, hogy a robbantás után oldalt se maradjon roncsolt rézsű.

*Javaslat a kőbányákon alkalmazandó töltetszerkezetre*

Az elvégzett vizsgálatok alapján elemeztük a töltetek iniciálásának, anyagi összetételének és fojtásának kérdéseit. A téma valamennyi vonat-

kozásának elemzésére nem térhettünk ki, azonban máris meghatározható a külfejtéseken alkalmazott nagyfúrólyukas technológia optimális töltetszerkezete. Ajánlásunk gyakorlati megvalósításánál soha nem szabad szem elől téveszteni a helyi sajátosságokat (lyuk átmérő, a lyuk falának minősége, szintmagasság, a robbantó személyzet képzettsége és gyakorlottsága, stb).

A töltetszerkezetet tehát a következő módon javasoljuk megtervezni:

- a) *Iniciálószer:* ANDO-hoz villamos gyutaccsal iniciált detonátor, poralakú ammonsalétrumos robbanóanyagokhoz (Paxit-féleségek) közepes és kisebb szilárdságú kőzetekben villamos gyutacs, nagy szilárdságú kőzetekben robbanózsínór.
- b) *Az iniciálás iránya:* fordított. (A töltés előtti ellenőrzés során omlásra hajlamos lyukak kivételével, melyeket a zavarhely fölött, vagy teljesen felülről kell élesíteni.)
- c) *Az indítótöltet nagysága:* ANDO alkalmazásánál akkora legyen, hogy mind a tökéletes iniciálást, mind az intenzív kőzetaprítás feltételeit biztosítsa; ez 3 lyukátmérőnek megfelelő hosszúságú töltettel megvalósítható. A két gyutacsot két különböző Paxit tölténybe kell helyezni, a két szál robbanózsínórt viszont azonos töltényre kell erősíteni.
- d) *Az indító pontok száma:* egy.
- e) *A talpra és a szilárdabb kőzethegyszakaszokon átvezető lyukszakaszokba nagyobb hatású robbanóanyagot kell tölteni, ha szükséges, vízálló kivitelen vagy burkolatban.*
- f) *ANDO töltetoszlopba a jobb kőzetaprító hatás érdekében ajánlatos Paxit-típusú robbanóanyagot elhelyezni szakaszosan. A brizánsabb robbanóanyag szakasz hossza minimum 3 töltetátmérő, az ANDO szakasz 9 töltetátmérő hosszúságú legyen.*
- g) *A fojtás:* a 80...90 mm átmérőjű felülről fúrt robbantólyukakat  $2,5 \pm 0,2$  m, a 90...105 mm átmérőjű felülről fúrt robbantólyukakat  $3,0 \pm 0,2$  m, a 105...152 mm átmérőjű felülről fúrt robbantólyukakat  $4,0 \pm 0,2$  m, a talptölteteket  $2,0 \pm 0,2$  m

hosszban kell megfelelő minőségű fojtásanyaggal úgy lezárni, hogy a szemcsés anyag elhelyezése közben legalább két alkalommal kell azt tömöríteni. (A tömörítéshez célszerűen 40...50 mm átmérőjű, a szükséges fojtáshossznál 1 m-rel hosszabb farudat kell használni, melynek végére egy rövid kötelet is erősítenek. Ezzel a rúddal a



fojtáshossz könnyen ellenőrizhető). A fojtás anyaga szemcsés legyen; 40 tömeg% fúrotörmeleket és 60 tömeg% 5...15 mm-es frakciójú kőzettörmelék tartalmazzon.

#### I R O D A L O M

- [1] Bohus, G.: A robbanótöltetek iniciálásának helye, módja és iránya. A Robbantástechnika időszerű kérdései c. sorozat 2. sz. füzet. p. 35. Tatabánya, 1979.
- [2] Kónya, C. – Földesi, J.: Az iniciálási pontok számának meghatározása ANDO-val töltött robbantólyukák esetén. Építőanyag, XXVII. évf. 1975. 12. szám. p. 456 – 462.
- [3] Mindeli, E. O. és társai: Kompleksnoe issledovanie dejsztvija vzrúva v gornüh porodah. Izd. Nedra, Moszkva, 1978. p. 108 – 117.
- [4] Koczor, L.: Az ANDO típusú robbanóanyagok robbanósinóros iniciálásának néhány kérdése. BKL. Bányászat, 1981. szept. p. 626 – 628.
- [5] Kis, M. – Bohus, G.: A robbantások biztonsági kérdései. NIM – TK jegyzet. Esztergom, 1979. p. 85.
- [6] Bohus, G.: A CEMŰ és a DÉLKŐ bányüzemeiben folyó robbantástechnika jelenlegi helyzete és a szükséges fejlesztési feladatok kitűzése. A KBFI értékelő jelentése, Tatabánya, 1981. jún.

*Bohus Géza – Földesi János: A külfejtést nagyfúrólukás robbantások töltetszerkezetének vizsgálata*

A szerzők a külfejtési nagyfúrólukás robbantások hatékonyságának fokozása érdekében a töltetszerkezet legfontosabb paramétereit elemzik. Vizsgálataik kiterjednek az iniciálás helyének és módjának, a fojtásnak, a töltetközi légrés az erősítő töltetek és a töltési sűrűség szerepének kérdéseire. Külön foglalkoznak a legelterjedtebben használt ANDO-robbanóanyag alkalmazásának különleges vonatkozásaival. Végül javaslatot tesznek a helyes töltetszerkezet kialakítására.

*Бохус, Г. – Фельдеш, Я.: Испытание структуры зарядов при взрывах большими буровыми скважинами при внешней выработке*

Авторами в целях повышения эффективности взрывов большими боро в буровыми скважинами при внешней выработке карьеров провели анализ важнейших параметров структуры зарядов. Испытания распространялись на изучение роли места и методов инициации, глушений, воздушного зазора между зарядов-усилителей и плотности зарядов. Отдельно рассматриваются особенности применения наиболее распространенных в практике взрывчатых материалов типа АНДО. В заключение даются предложения в отношении правильного формирования структуры заряда.

*Bohus, Géza – Földesi, János: Untersuchung der Ladungsstruktur bei Hochbohrlochsprengungen im Tagebau*

Es wurden die wichtigsten Parameter der Ladungsstruktur im Interesse der Steigerung der Effektivität von Hochbohrlochsprengungen im Tagebau analysiert. Die Untersuchungen erstrecken sich auf die Fragen der Stelle und Art der Initiation, der Versetzung, der Luftspalte unterhalb der Ladung, auf die Rolle der Verstärkungsladung und der Ladungsdichte. Besonders wird die Anwendung des am besten erweiterten ANDO-Sprengstoffes behandelt. Endlich wird ein Vorschlag für die Ausgestaltung der rechten Ladungsstruktur gemacht.

*Bohus, Géza – Földesi, János: Charge Composition of Large Borehole Blastings in Openpit Quarries*

The effect of various charge structure parameters are analysed to improve efficiency of large borehole blastings. Evaluated parameters include the site and method of triggering, tamping, air gap between charges, reinforcing charges and charge density. The special aspects discussed are connected with the application of ANDO blasting agent, being used generally. Finally the elaboration of correct charge structure is dealt with.

## KITÜNTETETT VÁLLALATAINK

Az Építésügyi és Városfejlesztési Miniszter, az Építő-, Fa és Építőanyagipari Dolgozók Szakszervezetek Elnökségének egyetértésével 1982. évi kimagasló munkasikereik elismeréséül a

### KIVÁLÓ VÁLLALAT

kitüntető címet adományozta a

Herendi Porcelángyárnak  
Somogy Zala megyei Téglá és Cserépipari Vállalatnak  
Űvegipari Műveknek

Elismerő

OKLEVÉL

kitüntetést adományozta a

Cement és Mészművek Váci Gyárnak

Vállalataink vezetőinek és dolgozóinak további eredményes munkasikereket kíván a

SZILIKÁTIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET VEZETŐSÉGE

Az építésügyi és városfejlesztési miniszter

az 1983. évi Nemzetközi Nőnap alkalmából eredményes munkájáért

PELCZER Ernőné a Zsolnay Porcelángyár művezetőjét

#### KIVÁLÓ MUNKÁÉRT

kitüntetésben részesítette.

Az építésügyi és városfejlesztési miniszter

a népi ellenőrzés 25. évfordulója alkalmából, társadalmi munkája elismeréséért

IFFTSITS Józsefet az Északdunántúli Téglá- és Cserépipari Vállalat osztályvezetőjét

#### KIVÁLÓ MUNKÁÉRT

kitüntetésben részesítette.

az ÉVM nyugdíjas csoport vezetőségében 10 év óta végzett lelkiismeretes és eredményes munkájáért SASVÁRI Lajosné nyugdíjast, volt minisztériumi főelőadót

#### KIVÁLÓ MUNKÁÉRT

kitüntetésben részesítette.

## KITÜNTETTJEINK

A Magyar Népköztársaság Elnöki Tanácsa

hazánk felszabadulásának 38. évfordulója alkalmából, eredményes munkájuk és közéleti tevékenységük elismeréseként

KUGLER Ferencnek, a Cement és Mészművek főosztályvezetőjének, SIMON Jenőnek, az Építésügyi és Városfejlesztési Minisztérium főosztályvezetőjének, a

#### MUNKA ÉRDEMREND

arany fokozata

FÜZESSY Jánosnak a MTESZ főtitkárhelyettesének

#### MUNKA ÉRDEMREND

ezüst fokozata

PINTÉR Józsefnek a Cement és Mészművek Dorogi gyár üzemvezetőjének

#### MUNKA ÉRDEMREND

bronz fokozata

kitüntetés adományozta.

Az Építésügyi és Városfejlesztési miniszter hazánk felszabadulásának 38. évfordulója alkalmából több évtizedes műszaki és tudományos tevékenysége elismeréseként SZÁDER Rudolfnak az Üvegipari Művek műszaki tanácsadójának

#### EÖTVÖS LÓRÁND DÍJ

kitüntetés adományozott. A kitüntetetteknek gratulál és további sikereket kíván a

SZILIKÁTIPARI  
TUDOMÁNYOS EGYESÜLET  
VEZETŐSÉGE

## A világ szilikátiparából

A Corning Zircoa szemcséjének előretörése

Jelenleg az amerikai Corning az egyedüli gyártója az 5,49 g/cm<sup>3</sup> sűrűségű cirkondioxid alapú Zircoa köszörűszemcsének. A terméket elektrotermikus olvasztással állítják elő és köszörülési tulajdonságai felülmúlják a jóval keményebb korund teljesítményét. A termék ügynöki teendőit a Podmore and Sons Ltd vette át, és elosztó raktárat épít Stoke-on-Trentben a vevők gyorsabb kiszolgálása érdekében. A kereskedelmi tevékenységhez a műszaki segítséget az ohioi és nyugatnémet Corning irodák nyújtják.

(Industrial Minerals, 1983. jan.)

Szilárd anyagok hidraulikus szállítása

Néhány éve a Lengyel Népköztársaság ajánlatot tett az osztrák

kormányának, hogy az Ausztriába irányuló szénexport megvalósítására csővezetékét építenek. A Rybnik—Ostrava—Linz vezeték 5 Mt/év szállítókapaacitással, 400 km vezetékhozzal és 457,2 mm csőátmérővel csak tanulmány maradt, de Heinz Gaessler-nek a Karlsruhe-i Transmatic 81-en elhangzott előadásából 18 ilyen üzemben lévő vezetékrendszert ismerhetünk meg. A szállított anyagok szén, pernye, vasérc és uránérc. Az első szállító vezetékeket a Szovjetunióban és az USA-ban építettek (1957), de működnek ilyen rendszerek az NSZK-ban, Braziliában, Indiában és Ausztráliában is. Az első vezetékeket 1,5—3 Mt/év teljesítményre tervezték, ezt követték 10 Mt/év átbocsátású egységek, a legújabakat már 40 Mt/év teljesítményre építették. Ez a szállítási mód sok előnnyel, de sok gonddal is jár, de az eddigi tapasztalatokból úgy látszik, hogy van jövője.

(TIZ, 1982. július.)

Indonézia ásványtechnológiai fejlesztő intézménye

Bandungban van a székhelye az MTDC-nek (Mineralogy Technology Development Center), amely 1976-ban létesült a Geológiai és Bányászati Akadémia, valamint a Bányászati és Kohászati kutatóintézet összevonásából.

Az intézmény fő feladatai:

- Képzési és Továbbképzési programok kidolgozása
  - Bányatechnikai, egészség- és biztonságtechnikai kutató és fejlesztő munkák elvégzése
  - Az ország ásványi kincsei kutatása során nyert adatok és információk gyűjtése, feldolgozása és terjesztése
  - Bányászati és ásványelőkészítési technológiák fejlesztése.
- Az MTDC 6 jó felszerelt laboratóriummal rendelkezik.
- A szénttechnikai laboratórium a szénbányászat és szénkutatás vizsgálatait és kutatási programjait végzi.



- A metallurgiai labor a fémnyerés, ércdúsítás, pyro-, hydro- elektro- és biometallurgia terén tevékenykedik.
- Az előkészítő laborban gravitációs, nedves, mágneses és elektrosztatikus dúsítási munkákat végeznek.
- A kerámiai labor elsősorban a többi laboratóriumok számára végez vegyelemzéseket.
- A kőzetmechanikai laboratórium elsősorban fizikai vizsgálatok elvégzésére van felszerelve.
- A talajmechanikai labornak talajok értékelésében és meddőhányók rekultiválásával kapcsolatos vizsgálatokban jut fontos szerep.

(TIZ, 1982 július)

### Hírek a szervesetlen szálakat gyártó üzemekből

Nyugat-Berlinben az AEG Telefunken, Siemens, Philips, Standard Elektrik Lorenz és Kabelmetal Electro cégek közös optikai szálgyártó üzem létesítését tervezik. Az üzem 1984-re tervezett kapacitása 100 000 km üvegszál. A beruházás költségét 100 millió DEM-re becsülik.

Az amerikai Dow Corning és a Nippon Carbon's, Toky az USA-ban Nicalon márkanévvel szilíciumkarbid szálanyagot fog eladni. Fő piac az alumínium mátrixba ágyazott karborundum szál az űrhajózás és nagyhőmérsékletű szigetelőtermékek számára.

A jugoszláviai Zvornikban zeolit és kerámiaszál üzem építését kezdték el. A tervezett kapacitás 40 kt zeolit és 1,5 kt kerámiaszál. (H. W.) (Industrial Minerals, 1983. 2.)

### Emelkedő titándioxid árak

Több titándioxid előállító jelentett be áremelést, különféle titánpigmentekre. A nyugatnémet Sachtleben Chemie GmbH 5–6%-kal és a Kronos Titanium GmbH 15%-kal emelte termékei árát. A Bayer AG is bejelentette áremelési szándékát, de a számszerű érték még nem ismeretes. A gyártás nyersanyagainak ára már korábban emelkedni kezdett. Az ausztrál ilmenit ára 54% TiO<sub>2</sub> tartalommal 27–31 AUD/t (FOB ausztráliai kikötő), a kanadai Sorel salaké 74% TiO<sub>2</sub> tartalommal 162 USD/t (Fob Sorel,

Kanada), az USA-ból eladott ilmenit dúsítmány 37–42 USD/t (FOB USA keleti part). Ezzel a titánpiacon is elindult az ármozgás a mélypontról. (H. W.) (Industrial Minerals, 1983. 2.)

### Bővítések a Kerr-McGee csoport TiO<sub>2</sub> gyártásában

A Kerr-McGee Chemical bejelentette, hogy bővíti Hamilton-i (Miss.) titándioxid üzemét. Bár a készletek még mindig nagyok, a cég 56 kt-ás üzemét 60 kt-ra növelte. A HCl-os technológiával dolgozó gyár kapacitásbővítése 4 millió USD-ba kerül és 1984-ben eléri a 63,5 kt/év kapacitást. A titánpigmentek árak még csak lassan emelkednek, de a kereslet egyre nő. (H. W.)

(Industrial Minerals, 1983. 2.)

### Új ásványgyapotszál az azbeszt helyettesítésére

Az US Bureau of Mines (USBM) és a California Egyetem (UCLA) közös kutatási program keretében mészkőből és palából gyártott üvegszál jól helyettesítheti az azbesztet a cementalapú építőanyagok erősítő anyagaként. Az USA-ban az azbeszt felhasználás 40%-a cementalapú termékekben nyer felhasználást. Az új típusú ásványi műszál jól ellenáll a cement lúgos kénhatásának és jobb a cirkonoxid üvegeknél. Alacsony olvadáspontja miatt kevés energiafelhasználással gyártható. Az új szálát először 1978-ban állították elő a California Egyetemen, de a kutatást még folytatják. A kutatáshoz az USBM 49 000 USD-t, az UCLA 8660 USD-t ad. Ugyanazon fejlesztési program keretében a Manville Service Corp. vállalta, hogy kísérleti jelleggel megindítja a nagyüzemi gyártást. (H. W.)

(Industrial Minerals, 1983. 2.)

### Dömping vád Japán és Ausztrália cementexportjával szemben

Az US Nemzetközi Kereskedelmi Bizottsága megállapította, hogy komoly ok áll fenn az USA cementiparának veszélyeztetésére japán és ausztrál eredetű cementek importja miatt, mivel ezek jóval a szokványos ár alatt vannak. Az 1982. szeptemberében a Kaiser Cement Corp. panaszára elindított vizsgálatok 1983. márciusában fejeződnek

be, és ezek eldöntik az USA nyugati partján levő egyes kikötőkbe érkező cement zavaró hatásának kérdését. (H. W.)

(Industrial Minerals, 1983. 2.)

### Kínában termel az ország második üstatottüveg gyára

A Lansu üvegyárban termel a Kínai Népköztársaság második floatüveg gyártó egysége. A gyártott üveg vastagsága 3–12 mm tartományban változtatható és az évi üvegtáblatermelés kapacitása 150 000 darab.

(Industrial Minerals, 1983. 2.)

### Több támogatás az optikai szálgyártásnak

Az Egyesült Királyság kormánya 30 millió £ összeggel növelte hozzájárulását az optikai szálgyártás bővítéséhez. Az 1981. évi beruházások 25 millió £-ot emésztettek fel. A terv szerint ez az összeg öt évre fedezte volna az optikai szálgyártás beruházási igényeit. Az Optikai Üvegszál Terv (Fibre Optics Scheme = FOS) 29 vállalatot érint. Az újabb beruházási fedezet felét a FOS, másik felét az Optikai Elektronikai Terv és a Tudományos és Műszaki Kutató Tanács közösen adja. (H. W.)

(Industrial Minerals, 1983. 2.)

### Tokamax az új kerámiaszál

Szilíciumkarbid kerámiaszálhozott forgalomba a japán Tokai Carbon Co, Tokamax márkanévvel. A szál szakítószilárdsága 20-szor nagyobb mint az acélé, ha pedig alumíniummal vagy műfanyaggal keverik, még nő a szilárdsága. Gépalkatrészek, turbinalapátok, repülőgépek, horgászbotok, teniszütők és egyéb sportszerek anyagaként használható. Jelenleg csak néhány 100 kg a havi termelés, de máris élénk érdeklődés nyilvánul meg az új anyag iránt. Így az US Nemzeti Repülési és Űrhajózási Hivatala, a Hadügyminisztérium és francia, svájci, nyugatnémet cégek jelentek meg vásárlási szándékkal. Bár a Tokai cégen kívül a japán Tateho Chemical Industries és az USA-beli Exxon is gyártanak szilíciumkarbid szálát, egyenlőre a Tokamax látszik a legolcsóbbnak. (H. W.)

(Industrial Minerals, 1983. 2.)



**BITUMEN, Hamburg, 1982. 4. sz.**

Löffler, K.: *Aszfaltok ismételt felhasználásának technológiája.* 151–155. old.

Régi aszfaltokat keverőtelepeken és a keletkezés helyén lehet feldolgozni. Az NSZK-ban a keverőtelepeken kényszerkeverőkben dolgozzák fel, 20–25% régi aszfaltot adagolnak az új keverékhez, ezzel 1–1,2% bitumen és 10% zuzalék takarítható meg. A régi aszfaltok helyszíni hasznosítására dolgozták ki a Repave eljárást, segítségével a burkolat profilozás elvégezhető és vékony aszfaltrétegek alakíthatók ki. A Remix eljárásnál tetőszőleges mennyiségű új aszfalt keverhető a helyszínen a régi anyaghoz. Vegyes régi aszfaltokból nem ajánlatos fedőréteget készíteni.

**GUMMI, ASBEST, KUNSTSTOFFE, Stuttgart, 1982. 12. sz.**

Schoch, E.: *Polietilén rostok az azbesztzálak helyettesítésére.* 670. old.

Európában 120 000 tonna építőanyagot gyártanak évente polietilénzál adalékkal. A szálak hossza 0,1–0,2 mm, vastagsága 4–6 mikron. Tixotrópiát eredményeznek és mérséklék a repedezési hajlamot. Az azbesztcement termékek szilárdságát nem éri el a polietilénzál tartalmú anyag. Felhasználható: műanyagok, festékek, hideg bitumenes masszák és mázak, csemperagasztók, vakolatok és tömítőmasszák modifikálásához.

Birkner, K-F.: *Azbeszt világ szimpózium – egészség és társadalom.* 672–677. old.

Azbeszt világkonferencia Kanadában 1982-ben, 7 szekcióban. Az azbeszt okozta betegségeknél hosszú a lappangási idő, a dohányzás fokozza a megbetegedési valószínűséget. Az össz rákbetegség 0,02%-át okozza az azbeszt. Az azbesztet feldolgozó üzemekben 99% hatásfokú szűrőberendezések működnek. Az egészségügyi előírások igen szigorúak. Nincs olyan anyag amely univerzálisan helyet-

tesíteni tudná az azbesztet. Az azbeszt 70%-át az azbesztcementipar használja fel. Az ipari országokban visszaszorulóban van az azbeszt felhasználása. Kutatási irányok az azbeszt felhasználási aratok csökkentésére.

**KUNSTSTOFFE IM BAU, München, 1982., 3. sz.**

Thiele, U.: *Épülethomlokzatok hőszigetelése polisztirolhabbal.* 127–128. old.

Az NSZK-ban 1981-ben 3,5%-kal csökkent a polisztirolhab felhasználás. Külső falszigeteléshez kizárólag polisztirolhabot használnak, amelynek 84%-a 15 kg/m<sup>3</sup>-es, a többi 20 kg/m<sup>3</sup>-es. 1981-ben az átlagos vastagság 53–55 mm volt, de a polisztirolhab vastagság várhatóan tovább nő. A külső falszigeteléshez felhasznált habbal szemben sokkal szigorúbb követelményeket támasztanak, mint az általános rendeltetésű habbal szemben. A magas kamatláb nem kedvezett a pótlólagos hőszigetelési beruházásoknak, a csökkenő kamat várhatóan megnöveli az érdeklődést.

Morianz, E.: *Belsőudvar fedés ütésálló PVC profillemezzel.* 140–141. old.

Egy irodaépület belső udvarát ütésálló PVC-ből készült kéthéjú profilokkal fedték. A 24 m-es távolságot ívelt ragasztott fatartók hidalták át egymástól 6 m-es távolságra. A tartókat 2,4 m-ként hosszmerítő kötik össze. Az ütésálló PVC profil is 2,4 m széles, nehezen éghető. A profil 6,5 m fesztávig beépíthető. A tetőfedés 0,25 W/m<sup>2</sup>K-es K-értéket biztosít. Télen –8 °C-os külső hőmérséklet mellett az udvaron +15 °C volt. Nyáron a belső tér hőmérséklete csak 2 °C-kal haladja meg a külső hőmérsékletet.

*Természetes kővek javítása epoxigyanta-homokkővel.* 142–144. old.

Sérült műemléképület homlokzatok javítására alkalmas módszert dolgoztak ki Svájcban. A megsérült kő részeket 80–90% homokot és

epoxigyantát tartalmazó habarccsal pótolják. A habarcs kötéseje 35–45 perc. 24 óra múltán az utómunkálatok elvégezhetőek. A megsérült felületet vízzel letisztítják, majd kovasavészterrel stabilizálják és kipótolják a hiányzó részt. A bonyolult formákhoz szilikonkaucukból, vagy egyéb anyagból formát készítenek. A kő homlokzatokat hidrofobizálják.

**KUNSTSTOFFE IM BAU, München, 1982. 4. sz.**

Barth, H.: *Ablak és ajtó tömítések lágy PVC-ből?* 183–187. old.

A 70-es években a nyílászáró szerkezetek fontos jellemzőjévé vált a tömítettség. A fém és műanyag nyílászárók tömítéséhez korábban kloroprénkaucuk profilokat, jelenleg főképp etilén-propilén kaucukot használnak. A lágy PVC tömítőszalagok aránya 10–20%-ra tehető. A PVC tömítés –30 és 50 °C között használható, öregedésálló, hegeszthető, színezhető. PVC keretknél a lágy PVC tömítés nem repedezik, nem keményedik és nem tapasztaltak zavaró lágyító vándorlást. Idővel kissé sárgul, jó tömítettséget biztosít.

**ZEMENT-KALK-GIPS, Wiesbaden, 1982. 10. sz.**

Spatny, W. – Otten, C.: *Mikroprocesszorral vezérelt tápegységek elektrofilterekhez.* 524–529. old.

Az elektrofiter feszültségének optimalizálása biztosítja az átcsapási érték alatt a lehető legnagyobb üzemi feszültséget, meghatározza az átcsapási határfeszültséget, egyértelműen érzékeli az átcsapást és ennek megfelelően módosítja a feszültséget. Az elektromos tápegység felépítése, hatásmechanizmusa, a feszültség szabályozás módja, funkciói. A mikroprocesszorba az üzemeltetési paraméterek változó értékeként programozhatóak, és üzem közben is módosíthatók. Az értékeket a számítógépen kell beállítani amelyek a display-n is megjelennek. A rendszer két üzemmódban működhet. Az üzemmódok bemutatása.



## Előzetes közlemény

A Szilikátipari Tudományos Egyesület 1985. májusában Budapesten rendezi meg a XIV. Szilikátipari és Szilikáttudományi Konferenciát (nemzetközi részvétellel). A Konferencián az alábbi témakörök kerülnek megtárgyalásra:

1. A szilikáttudományok — multidiszciplináris megközelítésben
2. A minőség kérdései a szilikátiparokban (minőségtervezés, minőségszabályozás, minőségellenőrzés, ezek műszaki, szervezési és közgazdasági módszerei)

E két témakört szakosztályokra bontva tárgyalja a

### Konferencia:

A Üveg	D Durvakerámia és hőszigetelő anyagok
B Beton	E Kő, kavics
C Cement	F Finomkerámia
	G Tűzállóanyagok

A Szilikátipari Tudományos Egyesület tagjai névre szóló részletes tájékoztatót kapnak a konferencia előkészítéséről (jelentkezési feltételek, határidők stb.), a Konferencia azonban valamennyi érdeklődő számára nyitva áll. Részletes információ az alábbi címen szerezhető be:

**SZILIKÁTIPARI  
TUDOMÁNYOS  
EGYESÜLET  
SILICONE — BIZOTTSÁG  
BUDAPEST, PF. 240.  
1368**

**TELEFON: 226-497**

### *A szerkesztésért felel:*

Dr. Székely Ádám

### *Szerkesztőség:*

Budapest VI., Anker köz 1-3. 1368

Telefon: 226-497

### *Felelős kiadó:*

Siklósi Norbert

### *Kiadja:*

Lapkiadó Vállalat, Budapest VII., Lenin krt. 9-11. 1073

Telefon: 221-286. Levélcím: Postafiók 223. 1906

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető a hírlapkézbesítő postahivataloknál, és a Posta Központi Hírlap Irodánál (Budapest, V., József nádor tér 1. 1900) közvetlenül, vagy postautóval, valamint átutalással a KHI 25-96162 pénzforgalmi jelzőszámára.

Előfizetési díj: negyedévre 57,- Ft, félévre 114,- Ft, egyes szám ára 19,- Ft.

Megjelenik havonként



83/1565. Franklin Nyomda, Budapest  
Felelős vezető: Mátyás Miklós igazgató

**INDEX: 25250**

**HU ISSN 0013-970 X**

