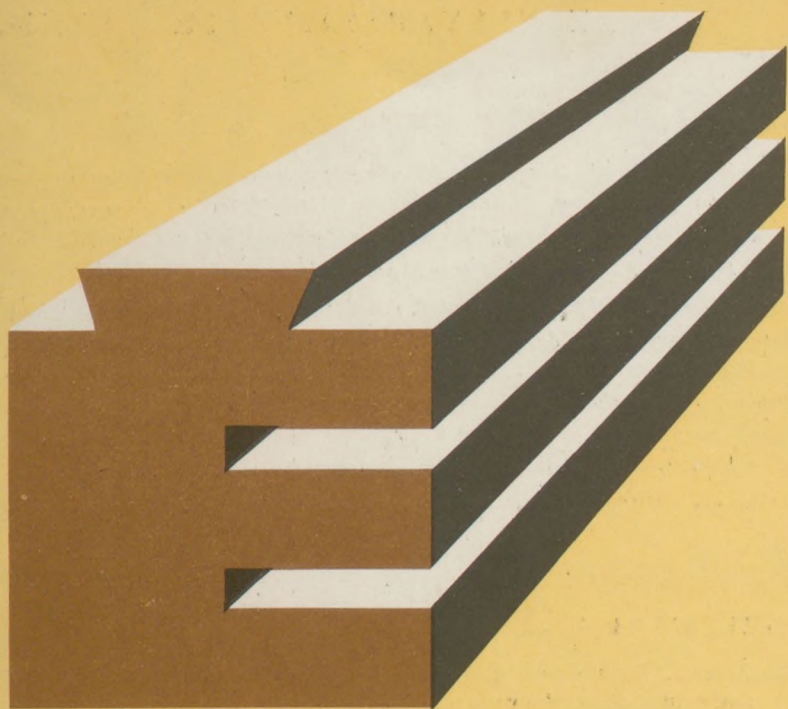


302 935)



ÉPÍTŐANYAG

A Szilikátipari
Tudományos Egyesület
folyóirata

6

XXIX. ÉVFOLYAM
BUDAPEST 1977. JÚNIUS
EPITAA 29 (6) 241—280 (1977)

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

Szerkesztőbizottság

elnöke:

Dr. Talabér József

felelős szerkesztő:

Dr. Székely Ádám

tagjai:

Dr. Beke Béla

Bretz Gyula

Csizi Béla

Erdély Imre

Dr. Grofcsik Elemér

Hajnal Lajos

Dr. Hinsenkamp
Alfréd

Dr. Jilek József

Dr. Kovács Róbert

Kotváts Jenő

Lenkei György

Dr. Lőcsi Béla

Riesz Lajos

Száder Rudolf

Szentmártony
Gusztáv

Dr. Tamás Ferenc

Dr. Tóth Kálmán

Träger Tamás

TARTALOM

<i>Kacsalova Lidia</i> : A bayerit hevítésekor keletkező alumínium-oxid modifikációk kristályosodásának és textúrájának összefüggései	241
<i>Mátrai József</i> : A poroton téglák gyártástechnológiájáról és műszaki jellemzőiről ..	246
<i>Pethő Szilveszter – Ortutay Miklós</i> : A szétválasztási műveletek minősítése	254
<i>Juhász Zoltán</i> : Szilárd építőanyagok csoportosítása, belső-morfológiájuk alapján ..	259
<i>Balláné Csáki Ida</i> : Téglagyagok reológiai vizsgálata az agyagok plaszticitásának jellemzésére	270
<i>Csetényi József</i> : Néhány szempont az őrlőtestek helyes megválasztásához	274
<i>Palotás László</i> : Hozzászólás Juhász Zoltán „Szilárd építőanyagok csoportosítása a belső-morfológiájuk alapján” c. cikkéhez	278
A világ szilikátiparából	253, 280

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Качалова, Л.</i> : Взаимосвязь между кристаллизацией и текстурой модификаций окиси алюминия, образующихся при нагревании байерита	241
<i>Матраи, Й.</i> : Технология производства и технические характеристики кирпичей ПРОТОН	246
<i>Пете, С. — Ортутай, М.</i> : Качественная оценка процессов разделения.	254
<i>Юхас, З.</i> : Группировка твердых строительных материалов на основе их внутренней морфологии	259
<i>Баллане, Чаки, И.</i> : Реологические исследования кирпичных глин с целью характеристики их пластичности	270
<i>Четени, Й.</i> : Некоторые аспекты правильного подбора мелющей загрузки мельниц	274

INHALT

<i>Katschalowa, Lidia</i> : Zusammenhänge der Kristallisation und der Textur entstehender Aluminiumoxyd-Modifikationen bei Erhitzung von Bayerit	241
<i>Mátrai, József</i> : Fertigungstechnologie und technische Kennwerte der Poroton-Ziegel	246
<i>Pethő, Szilveszter – Ortutay, Miklós</i> : Bewertung von Trennprozessen	254
<i>Juhász, Zoltán</i> : Gruppierung fester Baustoffe aufgrund ihrer inneren Morphologie	259
<i>Frau Balla Csáki, Ida</i> : Rheologische Untersuchung der Ziegeltonne zur Charakterisierung ihrer Plastizität	270
<i>Csetényi, József</i> : Einige Gesichtspunkte zur richtigen Wahl der Mahlkörper	274

CONTENTS

<i>Kachalova, Lidia</i> : Connexions between Texture and Crystallisation of Alumina Modifications Formed during the Heating of Bayerite	241
<i>Mátrai, József</i> : Manufacturing Technology and Technical Parameters of „Poroton” Bricks	246
<i>Pethő, Szilveszter – Ortutay, Miklós</i> : Efficiency of Separation	254
<i>Juhász, Zoltán</i> : Classification of Solid Building Materials According to their Internal Morphologies	259
<i>Csáki-Balla, Ida</i> : A Rheological Study of Brick Clays for the Characterisation of Clay Plasticity	270
<i>Csetényi, József</i> : How to Select Grinding Media?	274

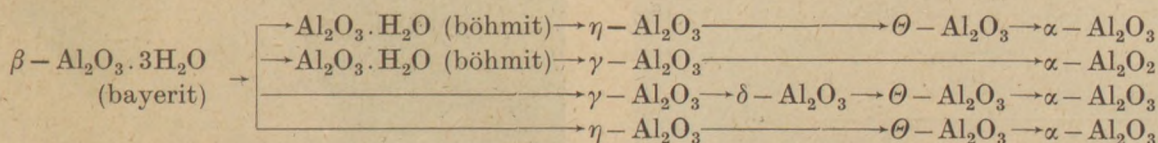
A bayerit hevítésekor keletkező alumínium-oxid modifikációk kristályosodásának és textúrájának összefüggései

KACSA LOVA LÍDIA

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

1. Bevezetés

Az irodalmi adatok szerint a bayerit $\rightarrow \alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ átalakulás a következők szerint történhet (1–5):



A bayerit hevítésekor keletkező közbülső termékek fázisösszetételének különbözősége a kiindulási anyag tulajdonságaival, valamint a termikus kezelés körülményeivel (a hőmérséklet emelés sebessége, a hűntartás ideje, atmoszféra stb.) kapcsolatos. Megállapították továbbá, hogy a bayerit termikus átalakulási termékeire a pszeudomorfózis jellemző. Egyes szerzők szerint a bayerit pszeudomorfózisa 750°C alatt, mások adatai szerint 1050°C -ig figyelhető meg (5).

Jelen munkában a bayerit hevítés közbeni viselkedését tanulmányoztuk vákuumban. A vizsgálat célja az alumínium-oxid modifikációk kristályosodási foka és textúrája közötti összefüggések meghatározása volt.

2. Alapanyagok és vizsgálati módszerek

A bayeritet 99,99% Al-tartalmú alumínium forráscsapaték hidrolízisével állítottuk elő. Az Al/H₂O arány 0,02 volt. A hidrolízis 48 óráig tartott, s eközben a hőmérséklet a szobahőmérséklettről 30°C -ig emelkedett. A keletkező alumínium-hidroxid csapadék legdurvább részét, centrifugálással elválasztottuk és cirkuláló légáramban 160°C -on szárítottuk.

A bayerit és termikus bomlásának termékei kristályszerkezetét röntgenelemzéssel („JEOL” diffraktométer), elektrondiffrakció (UEMB–100” elektronmikroszkóp), ill. „IKSZ–22” infravörös spektrométer segítségével határoztuk meg. A de-

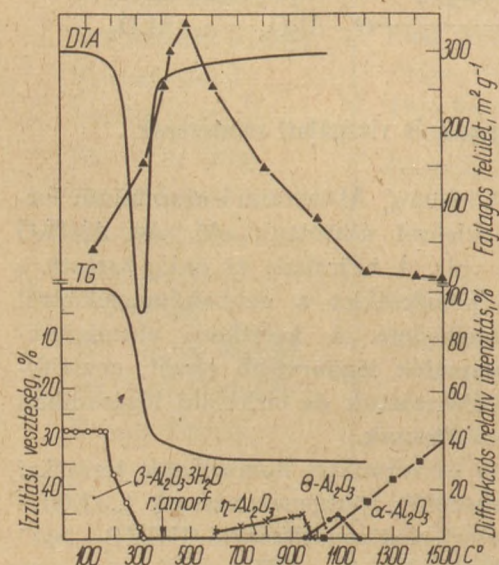
hidratáció folyamatát MOM gyártmányú derivatográfával végzett vizsgálattal követtük. A felfűtési sebesség $2^\circ/\text{perc}$, a minta súlya $0,5\text{ g}$ volt. Az alumínium-oxid módosulatainak és kristályos fázisainak átalakulási hőmérsékleteit magashőmérsékletű kamrával felszerelt „JEOL” diffraktométer segítségével határoztuk meg. A felfűtési sebességet $2^\circ/\text{perctől}$ $20^\circ/\text{percig}$ változtattuk. Az egyes modifikációs átmeneteknél hőntartást is alkalmaztunk. A mikromennyiségű ($0,02\text{ g}$) mintát platinalemeze helyezettük, amely egyúttal a fűtőtest szerepét is betöltötte. A kísérleteket 10^{-4} Hgmm vákuumban végeztük. A bayerit termikus bomlásakor keletkezett porok morfológiáját „JEOL-35 G” pásztázó elektronmikroszkóppal vizsgáltuk. A porok fajlagos felületét argonadszorpcióval, „ATLAS” műszer segítségével mértük.

3. Eredmények és tárgyalásuk

3.1 A bayerit bomlástermékének szerkezete és textúrája

A 160°C -on szárított alumínium-hidroxid a röntgen szerkezet vizsgálat adatai alapján jól kristályosodott bayerit volt, amelynek DTA görbében csak egy endoterm csúcs látható 320°C -nál (1. ábra). A TG görbe szerinti $34,6\%$ tömegvesztés megfelel a bayerit elméleti képletének $\beta\text{-Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.

Amint az 1. ábrán látható, a TG adatok alapján a bayerit szerkezeti vizének 80% -a a $180 - 320^\circ\text{C}$



1. ábra. Bayerit dehidratációja, fázis átalakulásai, fajlagos felülete a hőmérséklet függvényében

hőmérséklet-tartományban távozik. Ugyanezen ábrán található a magashőmérsékletű röntgen vizsgálat szerinti fázisösszetétel változás is. A minta felfűtésének sebessége megegyezett a DTA vizsgálatnál használt felfűtési sebességgel. Ilyen körülmények között a bayerit kristályszerkezetének bomlása egybeesik az entoderm effektus hőmérsékletével: 180°C -tól kezdve a bayerit csúcsok intenzitása élesen lecsökken, 320°C -on pedig teljesen eltűnik.

A hőmérséklet további emelésekor 600° -ig a röntgenfelvételek nem mutatnak kristály fázist,



2. ábra. a) A bayerit SEM felvétele ($22\ 000\times$) b) A 350°C -on izzított bayerit SEM felvétele ($22\ 000\times$)

vagyis a bayerit kristályrácsa szétesésének terméke röntgenamorf fázis.

A röntgenamorf fázis identifikálása céljából a diffraktométer magashőmérsékletű kamrájából kivett mintát infravörös spektrométerrel tanulmányoztuk. A bayeritre jellemző 1010, 970, 760 cm^{-1} -es sávok eltűnése és új sávok hiánya arról tanúskodik, hogy a bayerit bomlásterméke valóban amorf. Ugyanennek a preparátumnak az elektrondiffrakciója szintén amorf szerkezetre utal.

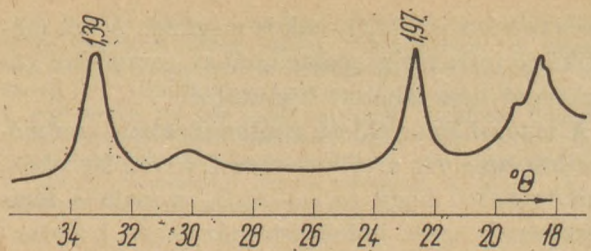
A 2. ábra a 350 °C-on izzított bayerit textúráját mutatja. A nagyméretű aggregátumok rendkívül kicsi, alig megkülönböztethető részecskékből állnak. A részecskék méretére a fajlagos felület változásaiból következtethetünk, amely a 160 °C-on szárított bayerit 38,7 m^2/g értékéről 350 °C-on végzett izzítás után 154 m^2/g értékre változik. Ezek az adatok is a bayerit aggregátumok nagyfokú amorfizálódását tanúsítják. Az amorfizálódás az aggregátumok felületén kezdődik, mégpedig úgy, hogy az eredeti formájuk változatlan marad.

3.2 Az alumínium-oxid módosulatok átmeneteit kísérő texturális átalakulások

A bayerit termikus bomlásának első új kristályos terméke a magashőmérsékletű röntgenvizsgálat adatai szerint 440 °C-on, 120 perces hőntartás után jelenik meg, amelyről két nagyon gyenge, 1,97 Å, ill. 1,39 Å reflexiónak megfelelő diffrakciós csúcs tanúskodik.

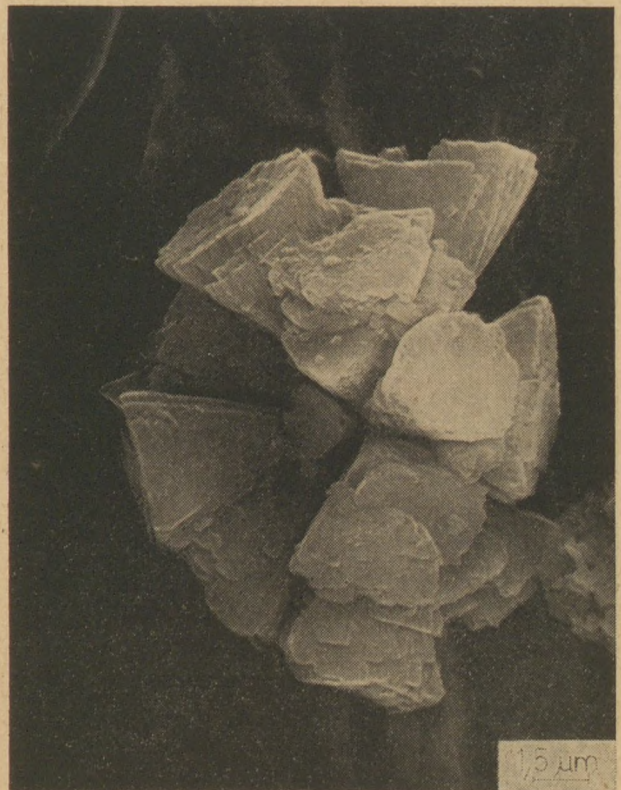
A hőntartás nélkül 2°/perc felfűtési sebesség mellett felvett röntgenfelvételeken ezek a csúcsok 600 °C-nál, 10°/perc felfűtési sebességnél pedig csak 800°-nál jelentkeznek. A mintát magashőmérsékletű kamrában 20°/perc felfűtési sebességgel hevítve a röntgenamorf alumínium-oxid 1200 °C-on közvetlenül $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ -dá történő átalakulását figyeltük meg. Ezek szerint a röntgenamorf fázis létezésének tartománya az alumínium-oxid hőkezelésének módjától függ. Ismeretes, hogy a röntgenamorf fázisból a kristályos állapotba történő átmenethez egy kritikus szemcseméret elérése szükséges. Az 500 °C-on izzított alumínium-oxid 348 m^2/g fajlagos felületét alapul véve kiszámítható, hogy ennek a pornak az átlagos szemcsemérete $\sim 60^\circ \text{Å}$. Feltehető tehát, hogy a röntgenamorf alumínium-oxid kristályosodásához a röntgenamorf szemcséknek ($< 10 \text{Å}$) minimálisan a hatszoros méretet el kell hogy ériék.

A magashőmérsékletű röntgen vizsgálatokhoz mikromennyiségű mintákat használtunk, ezért az



3. ábra. Az 500 °C-on izzított bayerit röntgendiffraktogramja ($\eta\text{-Al}_2\text{O}_3$)

újonnan keletkezett kristályos fázis csúcsai nagyon gyengék voltak. Ezért ennek a fázisnak pontosabb meghatározására a magashőmérsékletű röntgenvizsgálatokkal párhuzamosan 5 g bayeritet platina tégelyben különböző hőmérsékleten izzítottunk. Az 500 °C-on izzított bayerit szobahőmérsékleten felvett röntgendiffraktogramjának egy része a 3. ábrán látható. Ez a röntgendiffraktogram a magashőmérsékleteken felvételtől csak abban tér el, hogy a diffrakciós csúcsok intenzitása nagyobb. Figyelembe véve, hogy az 1,39 Å-nál levő csúcs alatti terület az 1,97 Å-nál levőnél nagyobb (100 : 80) – az irodalmi adatok szerint – a röntgenamorf fázisból keletkező kristályos terméket $\eta\text{-Al}_2\text{O}_3$ -nak kell tekintenünk (1,5). Hangsúlyozni kell azonban, hogy az összes

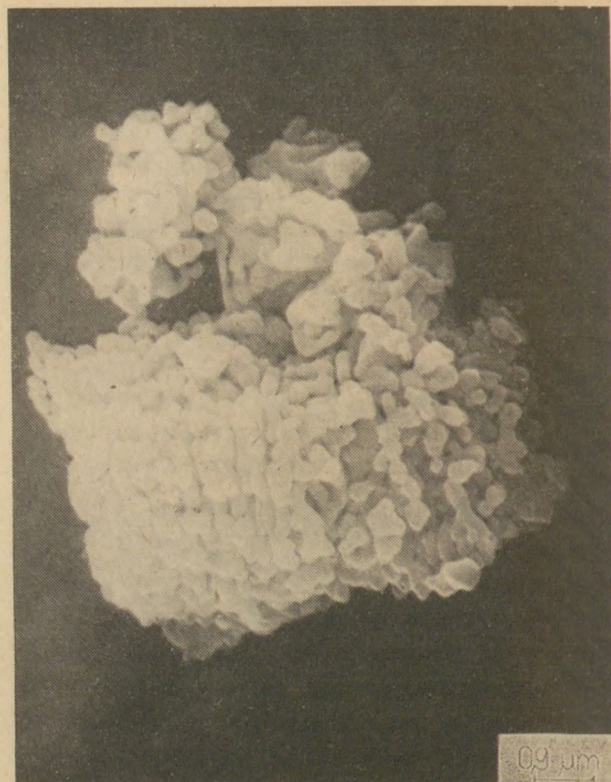


4. ábra. Az 500 °C-on izzított bayerit ($\eta\text{-Al}_2\text{O}_3$) SEM felvétele

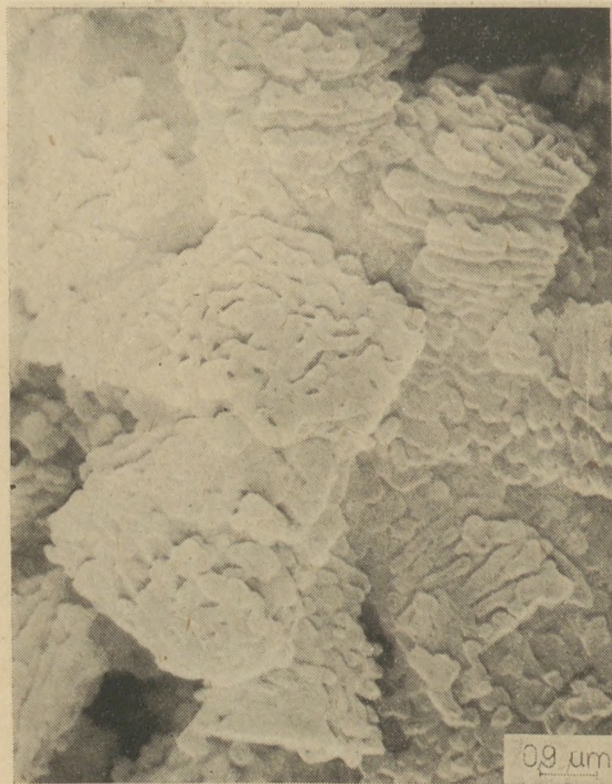
többi csúcs a $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ -nak is megfelel. A két modifikáció infravörös spektrumában semmiféle különbséget nem lehetett kimutatni.

A magashőmérsékletű röntgenanalízis eredményeiből, amelyek grafikusán az 1. ábrán láthatók, kimutatható, hogy az $\eta\text{-Al}_2\text{O}_3$ vonala a fázis létezésének egész hőfoktartományában kisintenzitásúak. A 4. ábrából, amelyen az 500°-on izzított bayerit textúrája látható, könnyen megállapítható, hogy az $\eta\text{-Al}_2\text{O}_3$ kristályosodását az gátolja, hogy a folyamat csak a bayerit aggregátum felületéről haladhat annak belseje felé. Bár az aggregátumok ezen a hőmérsékleten eléggé lazák és az egyes háromszög alakú lapok mentén rétegekre szakadnak, az eredeti bayerit morfológiája még mindig megfigyelhető.

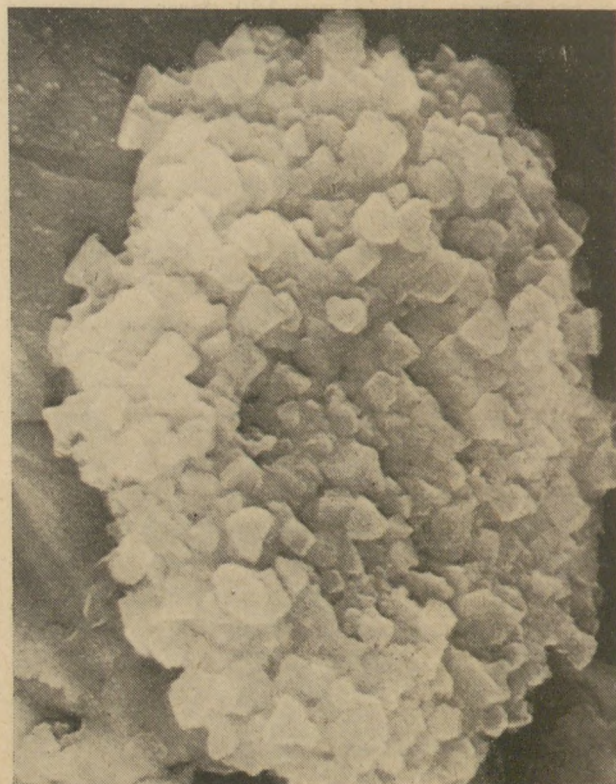
A $\eta\text{-Al}_2\text{O}_3$ kristályosodása fokozatosan a $440\text{--}920^\circ\text{C}$ hőmérséklet tartományban a szerkezeti víz maradék eltávozásával összhangban játszódik le. Ennek megfelelően a TG görbe szerint 920°C-on , a tömegveszteség $34,4\%$ (1. ábra). Ezen a hőmérsékleten csökkenni kezd az $\eta\text{-Al}_2\text{O}_3$ csúcsainak intenzitása s ezzel együtt megjelennek a $\Theta\text{-Al}_2\text{O}_3$ módosulat csúcsai. A dehidratáció utolsó fázisban eltávozó víz mennyisége igen kevés. A texturálisan izolált vízmolekulák eltávolítása nagyobb aktiválási energiát igényel. Bár a



6. ábra. Az 1200°C-on izzított bayerit ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$) SEM felvétele



5. ábra. Az 1000°C-on izzított bayerit ($\Theta\text{-Al}_2\text{O}_3$) SEM felvétele ($16\ 500\times$)



7. ábra. Az 1300°C-on izzított bayerit ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$) SEM felvétele

maradék víz diffúziója elősegíti a bayerit aggregátumának további fellazulását, (5. ábra), mégis a lassú hőmérséklet emelés és 1000 °C-on 20 órás hőntartás ellenére is a magashőmérsékletű röntgendiffraktogramja a Θ -Al₂O₃ gyenge kristályosodását mutatja (1. ábra). A η -Al₂O₃ és Θ -Al₂O₃ módosulat gyenge kristályosodásával ellentétben az α -Al₂O₃ kristályosodása sokkal intenzívebb. A Θ -Al₂O₃ módosulat mellett 1020 °C-on megjelenő α -Al₂O₃ diffrakciós csúcsai a hőmérséklet emelésével egyenletesen növekednek. A kristályosodást a fajlagos felület jelentős csökkenése kíséri: 1200 °C-nál 13,9 m²/g, míg 1500 °C-nál 2,53 m²/g (1. ábra).

Az α -Al₂O₃ krisztallitok keletkezése a 6. és 7. ábrán láthatók. Kezdetben az aggregátumok teljes keresztmetszetükben vékony 1–5 μ m hosszúságú és 0,2–0,3 μ m vastag láncocskákra bomlanak, majd 1300 °C-on ezek a láncok kis különálló szemcsékké esnek szét. Az α -Al₂O₃ szemcsék gömbalakúak, alig észrevehető hexagonális kontúrokkal rendelkeznek, méretük majdnem azonos – 0,3 μ m. A bayerit texturális bomlása tehát csak az α -Al₂O₃ kristályosodásakor következik be.

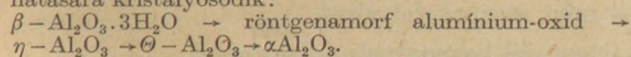
Vizsgálataink bebizonyították, hogy a bayeritből keletkező metastabilis alumínium-oxid módosulatok megőrzik az eredeti bayerit morfológiáját. Ez azonban csak az aggregátumokra vonatkozik. Az aggregátumot alkotó egyes η -Al₂O₃ és Θ -Al₂O₃ kristályok olyan aprók, hogy morfológiájukat az alkalmazott módszereinkkel nem lehetett meghatározni.

IRODALOM

- [1] Stumpf, H. C. – Allen, S. Russel – Newsome, J. W. – Tucker, C. M.: (1950) Ind. Eng. Chem. 42 (7) 1398 – 1403
- [2] Fricke, R. – Jockers, K.: (1951) Z. f. anorg. allgem. Chem. 265, 41 – 48.
- [3] Sasvári, K. – Hegedűs, A.: (1954) Magyar Kémiai Polyóirat 60, 11. 333 – 346
- [4] Alexanian, C.: (1955) C. R. Acad. Sci. 240. 1621.
- [5] Lippens, D. C. – Boer, J. H.: (1964) Acta Cryst. 17. 1312 – 1321.

Kacsalova Lidia: A bayerit hevítések keletkező alumínium-oxid modifikációk kristályosodásának és textúrájának összefüggései

A vákuumban végzett magashőmérsékletű röntgenanalízis adatai alapján a bayerit dehidratációjának terméke röntgenamorf alumínium-oxid, amely további hevítés hatására kristályosodik:

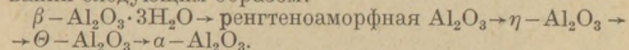


A metastabilis η -Al₂O₃ és Θ -Al₂O₃ modifikációk fokozatos és gyenge kristályosodása azzal kapcsolatos, hogy

ezek keletkezésekor a bayerit matrixtól nem különülnek el és megőrzik annak eredeti morfológiáját. A bayerit morfológiai hőmérsékleti stabilizálása a benne levő maradék OH⁻ ionokkal magyarázható, amelyek eltávolítását a sajátos bayerit aggregátumok felépítése nehezíti. Ezen aggregátumok szétesése egybeesik az α -Al₂O₃ kristályosodásának megindulásával. Ez biztosítja az α -Al₂O₃ intenzívebb kristályosodását a többi alumíniumoxid modifikációhoz viszonyítva.

Качалова, Л.: Взаимосвязь между кристаллизацией и текстурой модификаций окиси алюминия, образующихся при нагревании байерита

Согласно результатам высокотемпературного рентгеновского анализа, проведенного в вакууме, продуктом дегидратации байерита является рентгеноаморфная окись алюминия, кристаллизующаяся при дальнейшем нагревании следующим образом:



Постепенная и слабая кристаллизация метастабильных модификаций η -Al₂O₃ и Θ -Al₂O₃ связана с тем, что они образуются, не отделяясь от матрицы байерита. Морфологическая стабильность байерита может быть объяснена присутствием остатков ионов OH⁻, удаление которых затруднено из-за своеобразного строения байеритовых агрегатов, распадающихся только после полного удаления ионов OH⁻. Распад этих агрегатов совпадает с началом кристаллизации α -Al₂O₃. Этим обеспечивается более интенсивная кристаллизация α -Al₂O₃ по сравнению с другими модификациями окиси алюминия.

Katschalova, Lidia: Zusammenhänge der Kristallisation und der Textur entstehender Aluminiumoxid-Modifikationen bei der Erhitzung von Bayerit

Aus den Daten der in Vakuum auf hoher Temperatur durchgeführten Röntgenanalyse hervorgehend, ist das Produkt der Dehydratation von Bayerit, röntgenamorphes Aluminiumoxyd, das bei weiterer Erhitzung kristallisiert: $\beta\text{-Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{röntgenamorphes Aluminiumoxyd} \rightarrow \eta\text{-Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \Theta\text{-Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$. Die abgestufte und schwache Kristallisation der metastabilen η -Al₂O₃ und Θ -Al₂O₃ Modifikationen ist darauf zurückzuführen, daß diese sich bei ihrer Entstehung vom Bayerit-Matrix nicht absondern und dessen ursprüngliche Morphologie beibehalten. Die morphologische Temperaturstabilisierung des Bayerits ist den darin zurückgebliebenen OH⁻-Ionen zuzuschreiben, deren Entfernung durch den Aufbau der eigenartigen Bayeritaggregate erschwert wird. Der Zerfall dieser Aggregate fällt mit dem Beginn der Kristallisations von α -Al₂O₃ zusammen. Dadurch wird die intensivere Kristallisation von α -Al₂O₃ gegenüber den übrigen Aluminiumoxydmodifikationen sichergestellt.

Kachalova, Lidia: Connexions between Texture and Crystallisation of Alumina Modifications Formed during the Heating of Bayerite

High-temperature X-ray diffraction analysis *in vacuo* showed the following dehydration sequence of bayerite: $\beta\text{-Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{amorphous Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \eta\text{-Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \Theta\text{-Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$. Metastable η -Al₂O₃ and Θ -Al₂O₃ modifications crystallize to a limited extent because they do not separate from the bayerite matrix. This thermal stability of the bayerite morphology can be explained by the remaining OH⁻ ions, which are difficult to expel due to the special aggregation of bayerite. The disintegration of the aggregate is simultaneous with the commencement of α -alumina crystallisation. This ensures a more intensive crystallization of α -Al₂O₃ compared with other aluminium-oxid modifications.

A POROTON téglák gyártástechnológiájáról és műszaki jellemzőiről

MÁTRAI JÓZSEF

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

A téglaiipari termékek — kiváló épületfizikai tulajdonságaiknak köszönhetően — évezredekken keresztül megőrizték vezető helyüket a falazó anyagok között.

Az utóbbi évtizedekben azonban, elsősorban az 1920-as évektől kezdődően, több új versenytárs jelent meg a piacon. Az első nagy konkurencia hullámot egyes országokban a mészhomok téglák és az üreges horzsakő-téglák jelentették, elsősorban gazdaságossági okokból. Az 1950-es évek végétől kezdődően egyre gyakrabban műszaki szempontból is kifogásolták a téglát, főleg nagy testsűrűsége, kis mérete, majd később viszonylag kedvezőtlen hőtechnikai tulajdonságai miatt.

A téglaiipar a jogos kritikai észrevételekre azal választott, hogy növelte a méretet, csökkentette a testsűrűséget és javította a hőtechnikai tulajdonságokat, ez utóbbit a porozitás növelésével és a célszerűen megválasztott üregeléssel. Ezen ésszerű intézkedéseknek azonban határt szabtak a következők:

- a téglák súlya,
- a hőtechnikai követelmények (bizonyos üregtérfogat felett a hőszigetelés romlik),
- a téglák szilárdsága (a porozitás növelésével rohamosan csökken a nyomószilárdság).

A hatvanas évek közepétől egyre határozottabban megfogalmazódott a nagyméretű, kis testsűrűségű, de teherhordó falazatok készítésére is alkalmas téglák iránti igény.

S. Fernhof találmánya

S. Fernhof svéd mérnök felismerte, hogy a porozitás növelésekor tapasztalható rohamos szilárdság csökkenés arra vezethető vissza, hogy a be-

kevert és kiegészítő anyagok a téglák szövetszerkezetét roncsolják.

A roncsoló hatás egyrészt a bekevert anyagok szabálytalan formájára, másrészt pedig arra vezethető vissza, hogy nem követik a szárítás és az égetés alatti zsugorodást, minek következtében repedések keletkeznek. A képződő repedések különösen a vékonyfalú üreges termékeknél idéznek elő nagyfokú szilárdság csökkenést.

Fernhof arra a következtetésre jutott, hogy a hátrányos hatások elkerülése érdekében

- kisméretű,
- gömb alakú,
- rugalmas,
- korán kiegészítő

anyagot kell az agyagba keverni.

Ezt az anyagot a műanyagok körében találta meg: a habosított polisztirolt.

A polisztirol gyöngyök alkalmazásának előnyei

A POROTON téglák előállításánál a gyakorlatban a 0,5–2,0 mm (maximum 3,0 mm!) méretű, habosított polisztirol gyöngyök váltak be, amelyek halmazsűrűsége mindössze 10–14 kg/m³.

A polisztirol gyöngyök alkalmazásának előnyei:

- az igen alacsony halmazsűrűség,
- a szabályos gömb alak,
- a nagyfokú rugalmasság,
- nem vesznek fel vizet,
- igen jól keverednek az agyaggal,
- teljes egészében és kis hőmérsékleten „kiegének”.

A 180 °C-ig teljesen elgőzölgött gyöngyök helyén repedésmentes, gömbalakú cellák maradnak vissza. A gyöngyök jó homogenizálhatósága miatt a téglák struktúrája egyenletes. A gömbalakú cellák nagy előnye, hogy a kívánt porozitást a legkisebb pórusfelület mellett biztosítják, vagyis adott pórustérfogat mellett a legnagyobb szilárdság elérését teszik lehetővé.

A poroton téglák gyártástechnológiája

A poroton téglák minden olyan jó minőségű agyagvagyonnal rendelkező téglagyárban gyártathatók, amelyet a szükséges kiegészítő berendezésekkel ellátnak.

Ezen berendezések a következők:

- habosító berendezés,
- silók (nagy méretű tároló- és munkasilók),
- szállító- és adagoló berendezések,
- gőzgenerátor (az előhabosításhoz szükséges gőz előállításához),
- (esetleg új szájnylás).

A massa előkészítésénél tekintettel kell lenni arra, hogy a polisztírol gyöngyök soványítóanyagként viselkednek, amiből következik, hogy a gyártáshoz nem minden agyag alkalmas, továbbá a szokásosnál több víz szükséges az agyag nedvesítéséhez.

Az agyag és a polisztírol gyöngyök homogenizálása a présaggregátum keverőjében, vagy a prés előtt levő teknőskeverőben történik. A tapasztalatok szerint a rövid keverési idő és út ellenére is a műanyag szemcsék egyenletesen oszlanak el az agyagmasszában.

A sajtolás kis présnyomás (5–8 att) mellett történik, olyan magas nedvességtartalommal, hogy az agyagszalag, illetve a nyersáru még éppen állékony legyen. A sajtolás vákuummal és gőzfeltárással is történhet. A sajtolás alatt összenyomott polisztírol gyöngyök a szájnylás elhagyása után részben kitépődnek, ezért a szájnylás a szokásosnál kisebb legyen.

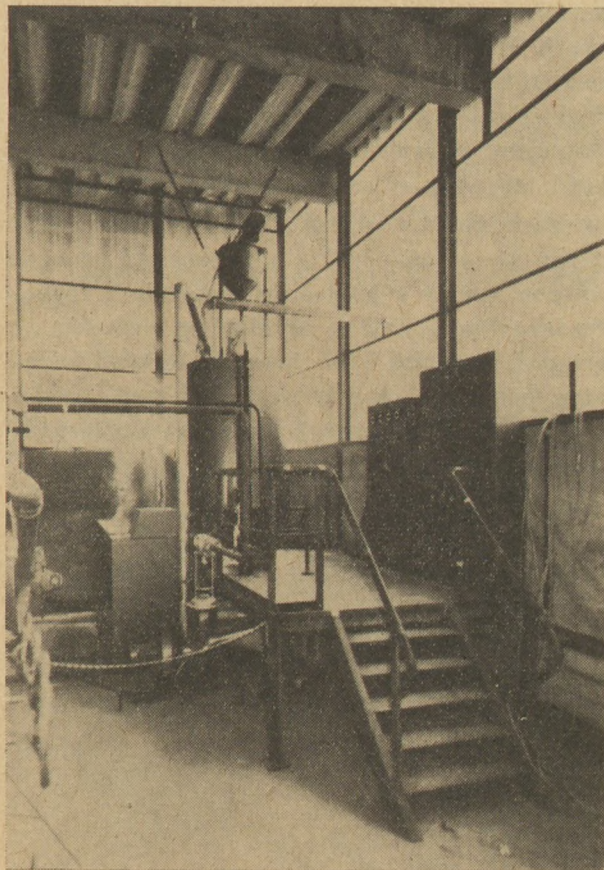
A soványabb massa és a kisebb présnyomás miatt a présteljesítmény kissé csökken, ami a csiga emelkedési szögének változtatásával ellenőrizhető, sőt ezzel a teljesítmény még fokozható is.

A szárításnál és az égetésnél nem jelentkezik nehézség, sőt ellenkezőleg, a repedésképződési hajlam csökken, továbbá ezen túlmenően — a ki-

sebb agyagtartalom miatt is — a szárítási és az égetési teljesítmény fokozható, a fajlagos energia- költségek egyidejű csökkenése mellett.

A Händle-féle habosító berendezés működésének ismertetése

A komplett habosító berendezést — az előtét tartállyal, a vezérlőegységgel és a szárítóval együtt — az 1. ábra mutatja.



1. ábra. A Händle-féle habosító berendezés

A 700 g/l halmazsűrűségű, habosításra kerülő gyöngypolimer szemcsemérete 0,3–0,6 mm.

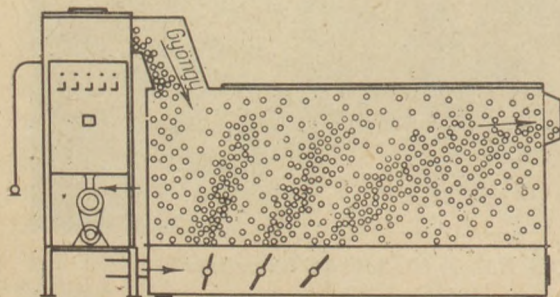
A nyersanyagot általában egy feladótartályba juttatják, amelynek befogadóképessége megegyezik a 8 óra alatt habosítandó mennyiséggel. Ebből a tartályból a granulátum szállítócsiga segítségével a habosító felett lévő előtét silóba kerül. A habosítóba adagolandó mennyiséget beállítható töltőcső segítségével szabályozzák, amellyel egyben a habosított anyag halmazsűrűsége is beállítható.

A habosító hengerbe került polisztirol-gyöngyöket telített gőz segítségével, állandó keverés közben habosítják a kívánt mértékig. A habosítóhoz tartozó nyomáscsökkentő útján az 1–3 att. nyomású gőzt 0,5 att-ra csökkentik. A habosító térben uralkodó hőmérséklet 90–92 °C.

A habosított anyag halmazsűrűségét fotocella segítségével automatikusan szabályozzák, vagyis a nyersanyag habosítása a kívánt térfogat, illetve az előírt halmazsűrűség eléréséig folyik. A habosító berendezés órateljesítménye 12–16 m³. Egy-egy habosítási ciklus időtartama kb. 90 mp, amely idő alatt 4 kp anyag habosítható kb. 300 l-re. A habosított szemcsék mérete előnyösen 1–2 mm. A kívánt térfogat elérése után kinyílik a pneumatikusan vezérelt leszívócsonk, továbbá működésbe lép a meleglevegő ventilátor, amely a habosított polisztirolt közvetlenül a KTR – 200 típusú, folyamatos üzemű szárítóba juttatja.

A szárítóba – a szárító aljába beépített szűrőbetéten át – 50–60 °C hőmérsékletű levegőt fuvatnak, amely a habosított polisztirolt függőleges irányban átjárja és egyidejűleg biztosítja az anyagnak a szárító felső részén át történő folyamatos ürítését is. A szárítón belüli tartózkodási idő elegendő a habosított anyag szárítására és stabilizálásra.

A szárító berendezés vázlatát a 2. ábra szemlélteti.



2. ábra. A habosított polisztirol szárítására szolgáló berendezés

A habosító berendezés tárolósiló feletti elhelyezése esetén a habosított polisztirol közvetlenül a tárolósilóba jut, míg a földszinten elhelyezett habosító esetén a polisztirolt injektoros ventilátor segítségével juttatják a tárolósilóba.

A tárolósiló mérete általában 100 m³, illetve a méretet az anyagfelhasználás függvényében úgy kell megállapítani, hogy a tárolási idő legalább 24 óra legyen.

A tárolósilóból a polisztirol az ún. munkasilóba kerül, amelynek úrtartalma kb. 10 m³ és a présaggregát keverője felett helyezkedik el. A tárolósilóból a munkasilóba a polisztirolt általában csővezetéken, pneumatikus úton szállítják.

A munkasilóból a polisztirol kihordása többnyire adagolócsiga segítségével történik közvetlenül a keverőbe, illetve az agyagmasszába. Ritkábban alkalmazott megoldásoknál a nagyméretű tárolósiló közvetlenül a présaggregát felett helyezkedik el és innen adagolócsiga, vagy cellasadagoló segítségével kerül a polisztirol a keverőbe.

Egyes esetekben a habosított adalékanyagot a préházon, illetve a technológiai csarnokon kívül elhelyezett tárolósilóból juttatják közvetlenül a keverőbe. Ilyen esetben az adagolócsiga injektoros ventilátorba dolgozik, amely az anyagot csővezetéken keresztül ciklonos leválasztóba juttatja, amelynek függőleges kivezetése a keverőhöz csatlakozik.

A polisztirol szükséglet meghatározása

A polisztirol szükséglet meghatározásához a következőket kell figyelembe venni:

- a tömör téglá testsűrűségét,
- az áru üregtérfogatát,
- a szárítási- és égetési zsugorodást,
- a poroton termék kívánt testsűrűségét,
- a polisztirol sajtolási térfogatveszteségét (15%),
- a polisztirol térkitöltését (50%),
- a habosítási, tárolási stb. veszteséget (6%),
- a habosított polisztirol halmazsűrűségét (12 kg/m³).

A téglá üregtérfogatától és a tervezett testsűrűségtől függően – 1,8 kg/dm³ testsűrűséget és 8% zsugorodást feltételezve – a polisztirol szükségletet az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat

1 m³ poroton polisztirol szükséglete a késztermék testsűrűségétől és üregtérfogatától függően

Késztermék testsűrűsége kg/m ³	Habosított polisztirol szükséglet, kp		
	0%	30%	45%
	üregtérfogat esetén		
0,8	18,8	8,7	3,6
0,7	20,7	10,6	5,5
0,6	22,6	12,5	7,4

A habosítás során gyakran előfordul, hogy 12 kg/m^3 -nél nehezebb halmazsűrűségű polisztirolt kapnak, ami azt jelenti, hogy az előzőekben számítottnál, ill. közölteknél nagyobb a súlyban kifejezett fajlagos felhasználás.

A nagyobb halmazsűrűség leggyakoribb oka a nyersgranulátum kevés hajtóanyag (pentán) tartalma, ami leggyakrabban a hosszú tárolási időre vezethető vissza, amely alatt a pentán egyrésze elillan. Éppen ezért az üzembe érkező nyersgranulátum mielőbbi habosítása célszerű, különösen a szállítmány felbontása után. Az előzőek miatt az általában megengedett tárolási idő 15°C alatti hőmérsékleten

- zárt hordókban legfeljebb 6 hónap,
- papírkonténerekben legfeljebb 4 hét.

A poroton gyártás járulékos költségei

A hagyományos téglák gyártásához viszonyítva a következő járulékos tényezőkkel, ill. költségekkel kell számolni. Az adatok 1 m^3 $0,8 \text{ kg/dm}^3$ testsűrűségű termékre vonatkoznak és tapasztalati értékekre támaszkodnak:

- polisztirol 4,75 kp
- gőz 7,10 kp
- villamos energia 0,10 kWó
- préslevegő 0,95 Nm³
- munkaerő:

mivel a habosító berendezés teljesen automatizált, legfeljebb időszakos ellenőrzés szükséges, amit a művezető is elvégezhet. Minimális többlet létszámot csak a beérkező műanyaggyöngy mozgatása, továbbá a habosító üzemrész karbantartása, javítása igényel.

A poroton téglák műszaki jellemzői

A poroton téglák olyan könnyű téglák, amelyek agyagból, vagy agyagos masszából soványító anyaggal, vagy anélkül és polisztirol felhasználásával készülnek a Poroton-eljárás szerint. A téglák égetése után a felületen 2–3 mm-es pórusok láthatók.

Ny-német előírások szerint a terméknek a következő kritériumokat kell kielégítenie:

- az 5 cm^2 -re eső pórusok száma min. 50 db,
- az égetett cserép sűrűsége max. $1,45 \text{ kg/dm}^3$,
- az üregtérfogat max. 45%.

Méret

A poroton téglák mérete általában megegyezik a szokásos üreges téglák méretével, de túlnyomórészt a többszörös téglaméretű falazó blokkok gyártását részesítik előnyben.

Az NSZK-ban a poroton téglák mérete

240/115/71 és 497/300/238 mm

között változik, de az utóbbi időben egyre inkább a legnagyobb szabvány méretű blokkokat gyártják.

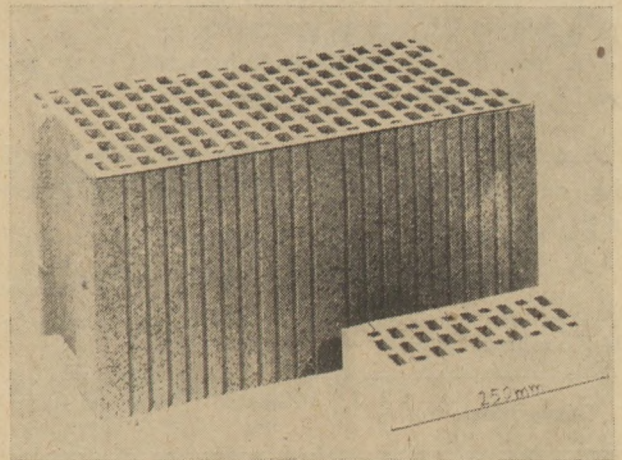
A 497/300/238 mm méretű blokkok főbb jellemzői:

térfogat	35,5 dm ³
súly	28,4 kp

A poroton téglákat válaszfal téglaként is gyártják a következő méretben:

$320 \times 240 \times 80/100, 120 \text{ mm}$

A nagyméretű poroton blokkot a 3. ábra szemlélteti.



3. ábra. Nagyméretű poroton téglá, méret: $497 \times 300 \times 238 \text{ mm}$

Testsűrűség, súly

Az égetett cserép testsűrűsége a bekevert polisztirol kiegészése következtében a szokásos $1,7 - 1,8 \text{ kg/dm}^3$ -ról $1,1 - 1,4 \text{ kg/dm}^3$ -re csökkenthető. Az üreges poroton téglá testsűrűsége ennek megfelelően minden nehézség nélkül $0,7 - 0,8 \text{ kg/dm}^3$ -re állítható be, sőt megfelelő agyagminőség esetén $0,4 - 0,6 \text{ kg/dm}^3$ is elérhető.

Szilárdsági okokból a poroton üzemek a $0,7 - 0,8 \text{ kg/dm}^3$ testsűrűséget részesítik előnyben. A kis testsűrűség miatt a falazat súlya is jelentősen csökken.

Így pl. $0,8 \text{ kg/dm}^3$ testsűrűségű poroton felhasználásával készült falazat 1 m^2 -ének súlyát a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat

1 m^3 poroton falazat súlya a falvastagságtól függően

Falvastagság cm	Falazat súlya kp/m^3	Külső és belső vakolat súlya kp	Összes súly kp/m^3
11,5	115	67	182
24,0	240	67	307
30,0	300	67	367
36,5	365	67	432

A kis testsűrűség miatt a $300 \times 240 \times 238 \text{ mm}$ méretű falazóblokkok még egykezes elemként kezelhetők, mivel súlyuk mindössze $11-13 \text{ kp}$. A nagyméretű falazóblokkok viszonylag kis súlyuknak köszönhetően ugyancsak jól kezelhetők, továbbá a következő előnyöket biztosítják:

- a fugák aránya a falazatban csökken,
- a habarcsszükséglet kevesebb,
- a falazás lényegesen gyorsabb,
- a rakodási kapacitások (teherautó, vagy vasúti kocsik) jól kihasználhatók.

1 m^3 poroton falazat elkészítésének tapasztalati idő- és habarcs igényét a téglák méretétől függően a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat

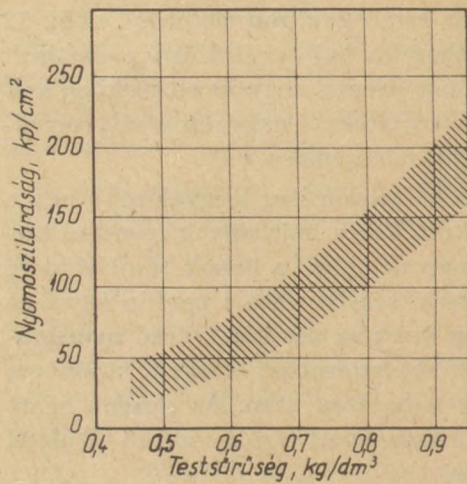
1 m^3 poroton falazat elkészítésének idő- és habarcs igénye a téglák méretétől függően

Tégla mérete mm	Munkaidő óra	Habarcs igény liter
$240 \times 115 \times 71$	4,95	248
$300 \times 240 \times 113$	4,00	125
$300 \times 240 \times 238$	3,20	93
$300 \times 497 \times 238$	3,00	71

Nyomószilárdság

A nyomószilárdság a poroton téglánál is erősen függ a testsűrűségtől, de a gömb alakú pórusok, továbbá a műanyag gyöngyök szárítás és égetés alatti rugalmas viselkedése (ill. korai kigőzölgése) következtében a szilárdságcsökkenés nincs arányban a testsűrűség csökkenésével.

A poroton téglák testsűrűsége és nyomószilárdsága közötti összefüggést a 4. ábra mutatja.



4. ábra. A poroton téglák testsűrűsége és nyomószilárdsága közötti összefüggés

Az NSZK-ban a poroton téglákra előírt szilárdsági kategóriák: $150; 75$, ill. 50 kp/cm^2 , a válaszfaltégláktól csak 25 kp/cm^3 szilárdságot követelnek meg.

A poroton téglák nagy előnye, hogy a húzóhajlítószilárdság viszonya a hagyományos téglákkal összehasonlítva igen kedvező, ami különösen a falszilárdság tekintetében érezhető előnyös hatását.

Hőszigetelés

A hővezetési tényező a kisebb testsűrűség, továbbá az apró pórusok következtében lényegesen kedvezőbb, mint a hasonló üregtérfogatú hagyományos tégláké.

A leggyakrabban gyártott $0,7-0,8 \text{ kg/dm}^3$ testsűrűségű téglák hővezetési tényezőjének értéke $0,25-0,26 \text{ kcal/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Ennek következtében a poroton falazatok hőtechnikai tulajdonságai igen kedvezőek. Néhány fontosabb értéket a 4. táblázat tartalmaz.

4. táblázat

Kétoldalt vakolt poroton falazatok néhány hőtechnikai jellemzője (hővezetési tényező = $0,25 \text{ kcal/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)

Falvastagság cm	Hőátbocs. tényező $\text{kcal/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$	Hővezetési ellenállás $\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/kcal}$	Kihűlési idő óra
11,5	1,43	0,51	18
17,5	1,06	0,75	36
24,0	0,83	1,01	62
30,0	0,69	1,25	91
36,5	0,59	1,51	131

A táblázat adatai alapján megállapítható, hogy már 30 cm-es falvastagság esetén is kedvező hőtechnikai értékek biztosíthatók.

Az eddigi tapasztalatok szerint 1 m² külső falfelületre vonatkoztatva, 30 cm falvastagság esetén a fűtési költségek 40–50%-os csökkenésével lehet számolni (ha 1,55 és 0,69 „K” értékű falazatokat hasonlítunk össze).

Hőtárolás

A poroton falak hőtárolása – a testsűrűségnek megfelelően – kisebb, mint a hagyományos téglafalalé. Ennek ellenére azonban a hőtárolóképesség még jónak minősíthető. Ezen túlmenően a mai korszerű, folyamatos fűtőrendszerek mellett a hőtárolás szerepe már kisebb jelentőségű, mint régebben. Egy 36,5 cm-es, kétoldalt vakolt poroton fal hőtároló képessége 95 kcal/m² °C, kihűlési ideje 143 óra.

Vízfelvétel, kiszáradás

A poroton téglák tf. %-ban kifejezett vízfelvétele megfelel a falazótéglák szokásos vízfelvételének, ami azt jelenti, hogy a pórusok nem telítődnek vízzel. A poroton téglák megőrizték a téglatermékek általánosan ismert és nagyra értékelt nedvesség-tároló képességét, amely a lakótérben a nedvesség-ingadozást szűk határok között tartja. A friss falazat kiszáradása más építőanyagokhoz viszonyítva gyors, egy éven belül eléri az 1–2%-os egyensúlyi értéket.

A poroton-falazat kiszáradási ideje a falvastagságtól függően:

11,5 cm	37 nap
17,5 cm	86 nap
24,0 cm	161 nap
30,0 cm	251 nap
36,5 cm	373 nap

Fagyállóság

A poroton téglák 0,8 kg/dm³ testsűrűség mellett fagyállóak. Az ugyanazon agyagból készült „tömör” téglák ezzel szemben gyakran nem bizonnyulnak fagyállónak. Ez a tapasztalat arra utal, hogy a mesterséges pórusokba a jég „kitérhet”, anélkül, hogy káros szöveti elváltozásokat idézne elő.

Megmunkálhatóság

A poroton téglák jól vághatóak, fűrhatóak és marhatóak, ami különösen a gáz, víz és elektromos szerelések szempontjából előnyös. Mivel jól csi-szolhatóak is, száraz és ragasztásos építési mód alkalmazása is lehetséges. A felületi pórusok érdes, fogazott felületet kölcsönöznek a poroton termékeknek, aminek következtében a habarcs kiválóan tapad a téglákhoz.

Hangszigetelés

Külföldi tapasztalatok szerint a kétoldalt vakolt 24 cm vastagságú poroton fal léghangnyelési tényezője 3 dB, amely a lakáson belüli követelményeket kielégíti. A lakások elválasztásához azonban legalább 30 cm-es poroton fal szükséges.

Diffúzióellenállás

A diffúzióellenállási tényező azonos a többi téglai termék (tömör téglá, homlokzati téglá, üreges téglá) hasonló értékével ($\mu = 5-10$), vagyis a poroton téglák nem akadályozzák a falazat jó lélegzését.

Tűzvédelem

Tűzvédelmi szempontból a poroton téglák a tömör falazótéglákkal egyenértékűek.

Általános gazdaságossági értékelés

A poroton termékek gyártásának gazdaságosságát jól igazolják az NSZK-ból származó termelési adatok, amelyek szerint a termelés volumene az elmúlt évek során rohamosan emelkedett:

1969	87 millió t.e.
1973	407 millió t.e.
1974	461 millió t.e.

A poroton téglák termelési aránya a téglatermékeken belül jelenleg kb. 20%.

Jellemző, hogy az építőipari pangás ellenére is 1974-ben négy új poroton gyárat helyeztek üzembe, összesen 130 millió t.e. évi kapacitással. 1973/74-ben több mint 30 millió márkát fordítottak beruházásra. Jelenleg 40–50 korszerű üzemben állítanak elő poroton téglákat.

Többéves külföldi tapasztalatok szerint a poroton téglák gyártása gazdaságos. A viszonylag drága polisztirol felhasználását és habosítási költségeit a következő tényezők ellensúlyozzák:

- az agyagfelhasználás 15–30%-kal kisebb,
- a szárítási és égetési idő 20–30%-kal rövidebb,
- a technológiai hőigény 20–30%-kal kevesebb.

A kiváló műszaki tulajdonságok következtében az értékesítés kedvezőbb áron lehetséges. Az NSZK-ban az azonos méretű poroton téglák ára átlagosan 25–30%-kal magasabb. Ezzel szemben a poroton önköltsége csak minimálisan haladja meg a hasonló méretű és üregelésű hagyományos téglák önköltségét.

Kiegészítő beruházás

Az eddig elvégzett gazdaságossági számítások szerint üzemelő téglagyárban a porotonra való áttérés beruházási igénye 6–8 millió Ft.

A poroton téglák az új hőtechnikai szabályozás tükrében

Az ÉSZ 140/2. sz. Építésügyi Ágazati Szabvány (tervezet) 3.21 pontja szerint az egész télen át fűtött, 16 °C-nál magasabb hőmérsékletű és 75%-nál kisebb relatív telítettségű épületeknél a külső falakra és a tetőfödémekre a hőátbocsátási tényező (kf) követelményértéke 0,6 kcal/m²h°C.

A 4. táblázat adatai alapján ez a követelményérték 36 cm vastagságú poroton fallal elégíthető ki (0,8-as testsűrűséget feltételezve).

Ezzel szemben a közismert téglatermékek felhasználása esetén a $k_f = 0,6$ kritérium kielégítésére a következő falvastagságokkal kell számolni a hivatkozott Szabványtervezet 11. és 14. táblázataiban megadott adatok alapján:

tömör mészhomok téglá	111 cm
km. tömör téglá	96 cm
soklyukú téglá (C ₁)	62 cm
B–25 jelű blokkteglá	60 cm
B–30 jelű blokkteglá	72 cm

A $k_f = 0,6$ biztosításához 1 m³ téglatermék felhasználásával a következő méretű falfelületek alakíthatók ki:

poroton téglá	2,77 m ²
tömör mészhomok téglá	0,90 m ²
km. tömör téglá	1,04 m ²
soklyukú téglá	1,61 m ²

A hőtechnikai szempontból egyenértékű anyagmennyiségek viszonyszámai az előzőekből következően az alábbiak:

poroton téglá	1,00
mészhomok téglá	3,08
tömör téglá	2,66
soklyukú téglá	1,72
B–25 jelű blokkteglá	1,66
B–30 jelű blokkteglá	2,00

Az előzőekben felsorolt összehasonlító adatok alapján egyértelműen megállapítható, hogy az új hőtechnikai követelmények a hagyományos téglatermékekkel külső falak esetén csak 60 cm-t meghaladó falvastagság mellett elégíthetők ki. Ezzel szemben a 36 cm vastagságú poroton falazat tökéletesen kielégíti a $k_f = 0,6$ követelményt.

A hőtechnikai szempontból bemutatott néhány összehasonlító érték egyértelműen a poroton téglák gazdaságossága mellett szól, ami a poroton termékek széleskörű hazai bevezetését sürgeti. A jó mechanikai és épületfizikai tulajdonságok, továbbá a kedvező előállítási költség a poroton téglákat a legjobb épületanyagok közé emelik.

Mátrai József: A poroton téglák gyártástechnológiájáról és műszaki jellemzőiről

Az 1960-as évek második felétől kezdődően rohamosan terjed az újfajta téglá, a polisztirol bekeveréssel könnyített poroton. A habosított polisztirol már 180 °C alatt elgőzölög és kiváló műszaki jellemzőkkel rendelkező terméket eredményez. Fontosabb műszaki paraméterek: testsűrűség 0,7–0,8 kg/dm³, hővezetési tényező 0,25 kcal/mó °C, jó megmunkálhatóság, a kis testsűrűséghez képest nagy szilárdság. A kis testsűrűség miatt 497 × 300 × 238 mm méretű blokkok is gyárthatók. A bekevert polisztirol költségét ellensúlyozó tényezők: kevesebb agyagszükséglet, gyorsabb szárítás és égetés, kalóriamegtakarítás, kedvezőbb értékesítési lehetőség. 1 m³ poroton előállításához általában 5–6 kg polisztirol szükséges. A poroton téglák gyártása gazdaságosnak bizonyult, amit a termék rohamos elterjedése is bizonyít. A hagyományos téglatermékekhez viszonyítva a poroton téglák 25–30%-kal kedvezőbben értékesíthetők.

Матраи, Й.: Технология производства и технические характеристики кирпичей ПРОТОН

Начиная со второй половины 1960-ых годов, ускоренными темпами началось развиваться производство нового вида кирпича, изготовляемого путем подмешивания в сырьевую массу полистирола, т. н. кирпича ПРОТОН. Пенообразный полистирол уже при температуре менее 180° выделяется в виде пара, что приводит к получению продукта, обладающего прекрасными качествами. Важнейшие технические параметры: плотность 0,7–0,8 кг/дм³, коэффициент теплопроводности 0,24 ккал/м час. °С, хорошая обрабатываемость, и высокая-относительно плотности-прочность. В связи с маленькой плотностью могут изготовляться также блоки размером 497 × 300 × 238 мм.

Параметры, компенсирующие затраты на полистирол, подмешиваемый к сырьевой массе: снижение расхода материала, более быстрые сушка и обжиг, экономия

расхода энергии, более благоприятные возможности реализации данной продукции. Расход полистирола на получение 1 м³ протона составляет обычно 5—6 кг. Производство протонного кирпича оказалось экономичным, что привело к его широкому распространению. По сравнению с традиционными кирпичными изделиями протонные кирпичи могут быть реализованы на 25—30% более благоприятно, чем традиционный кирпич.

Mátrai, József: Fertigungstechnologie und technische Kennwerte der Poroton-Ziegel

Seit der zweiten Hälfte der 1960-er Jahre wird in rasch steigendem Maße das neuartige, durch Zugabe von Polystyrol leichter gestaltete Poroton angewandt. Dasschaumartige Polystyrol verdunstet bereits unter 180 °C und ergibt ein Produkt mit hervorragenden technischen Kennwerten. Wichtigere technische Parameter sind: Dichte 0,7 bis 0,8 kg/dm³, Wärmeleitzahl 0,25 kcal/mh eC, gute Bearbeitungsmöglichkeit, relativ hohe Festigkeit im Verhältnis zur geringen Dichte. Dank der geringen Dichte können auch Blockziegel zu 497×300×238 mm angefertigt werden. Die Kosten des zugegebenen Polystyrols werden durch folgende Faktoren ausgeglichen: geringerer Tonbedarf, rascheres Trocknen und Brennen, geringerer Wärmearaufwand, günstigere Verwertungsmöglich-

keiten. Zur Herstellung von 1 m³ Poroton sind im allgemeinen 5 bis 6 kp Polystyrol nötig. Die Fertigung von Porotonziegel erwies sich als wirtschaftlich, was auch ihre rasche Verbreitung bestätigt. Die Porotonziegel können gegenüber den herkömmlichen Ziegelerzeugnissen um 25 bis 30% günstiger verwertet werden.

Mátrai, József: Manufacturing Technology and Technical Parameters of "Poroton" Bricks

"Poroton" bricks are made lightweight by adding styrofoam (cellular polystyrene) to the clay. Polystyrene evaporates at 180 °C and gives a product of excellent technical characteristics (e.g. bulk weight = 0.7—0.8 kg/sq. dm, thermal conductivity 0.25 kcal/m.h.°C). Poroton has a good workability and a remarkably high strength. Due to the low bulk weight, large blocks (497×300×238 mm) can be manufactured. The rel. high cost of styrofoam does not make the product uncompetitive as there are considerable savings in clay and the power requirement is lower as a result of a more rapid drying and firing. The price of the product is higher too. Approx. 5—6 kg of styrofoam is required for 1 cu. m. of Poroton. The product is now widely marketed at prices in excess to 25—30% as contrasted to conventional clay bricks.

A világ szilikátiparából

Két újabb kerámiai üzem épül az NSZK-ban

A Degussa Hanau-Wolfgang-i fiók-vállalatánál két új üzemet indít. Az egyik az üvegkerámia termelését növeli, míg a másik üzemben színes fritteket állítanak elő. Utóbbi üzem a környezetvédelmi okokból leállított frankfurti gyár kiesését pótolja. Mindkét létesítmény indulását 1977. nyarára tervezik.

(Ceramic Bulletin 1976. 10.)

Rádióaktív hulladékok tárolásához korund alkalmazása

A svéd ASEA cég szabadalmat nyújtott be rádióaktív hulladékok biztonságos tárolására. Alumínium-oxidból 1300 °C-on nagy nyomáson sajtolt tartályokat javasol a feltaláló. A tartályokat acélhordóba helyezik és így kerül a hulladék a tárolóhelyre (pl. elhagyott bányák tárolóiba).

Ha a módszer elterjed, így a korund felhasználásának új és igen nagyjelentőségű korszaka kezdődik.

Új tűzálló építőanyag Csehszlovákiából

A nyitrai Azbesztcement Művek új tűzálló lapokat gyártanak DUP-ROMIT elnevezéssel. A termék jó hőszigetelő és tűzálló képessége mellett kis testsűrűségű és könnyen megmunkálható. Fő felhasználási területe: vasszerkezetek szigetelése, házfűrély szigetelés. A terméket a gyártás felfuttatása után a KGST többi országába is exportálják.

(Ber. Dtsch. Keram. Ges. 1976. 12.)

Néhány érdekes műszaki adat a tőkés országok cementiparából

	NSZK	Olaszország	Egyesült Királyság	USA
Átlagos üzemi kapacitás t/év	837 000	431 600	618 000	507 000
Átlagos kemencekapacitás t/év	384 000	211 000	212 000	191 000
Átlagos üzemi éves termelés t/év	544 000	381 800	494 000	439 000
Átlagos éves termelés kemencénként t/év	249 300	187 000	169 500	165 000
Termelt éves tonna 1 termelő munkásra számítva	2880	2915	1961	3120
Fűtőanyag kemencékben kcal/kg klinker	977	1058	1379	1568
Ua. kcal/kg cement	823	890	1296	1490
Összes vill. energia kWh/t klinker	118	123	109	152
Energiafogyasztás százalékos megoszlása				
- szén	4,8	1,3	64,4	35,3
- olaj	58,7	67,9	5,1	9,9
- gáz	15,5	11,0	11,4	35,4
- villany	21,0	19,8	19,1	19,4

(Rock Products

1976. augusztus)

A szétválasztási műveletek minősítése

PETHŐ SZILVESZTER – ORTUTAY MIKLÓS

Nehézipari Műszaki Egyetem, Miskolc

1. Bevezetés

A konkrét szétválasztási művelet szétválasztási mérete a kiegyenlítő paraméter, a szétválasztás élességének leghasználhatóbb mérőszáma a hibás anyaghányad és ennek a kiegyenlítő paraméterre vonatkozó elsőrendű nyomatékösszege. Több kísérlet a szétválasztás élességének mérőszámaival azonban csak akkor hasonlítható össze, ha a szétválasztás azonos kiegyenlítő paraméternél történt.

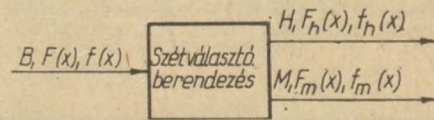
A következőkben a szétválasztási műveletek minősítésével foglalkozunk. A minősítési mérőszámokkal a különböző szétválasztási méretű kísérletek is összehasonlíthatók és a szétválasztás jósága egyértelműen eldönthető. A minősítést a tényleges, valamint az abszolút hatásos és az abszolút hatástalan szétválasztási művelet élessége mérőszámainak összehasonlításával végezzük el.

A minősítési lehetőségeket sokan kutatják. Igen jelentős Barszkij [1], Leschonski [2] és Schulz [3] munkássága. Széleskörű kutatásaik eredményeinek ismertetését nem tekintjük feladatunknak.

A szétválasztásra kerülő anyagot annak ellenére szemcsésnek tekintjük, hogy az általános modell nem szemcsés anyag szétválasztására is, – pl. komplex elegy desztillásása, – vonatkozik.

2. Tényleges szétválasztási művelet paramétere

Az 1. ábrán egy tényleges szétválasztás elvi folyamata, a 2. ábrán a szétválasztási művelet anyagáramainak eloszlás- és sűrűségfüggvényei láthatók. A szétválasztásra kerülő szemcsék fizikai jellemzője x , a nyersanyag eloszlás- és sűrűségfüggvénye $F(x)$ és $f(x)$. A 2. ábrán a szétválasztási termékek eloszlás és sűrűségfüggvény ér-



1. ábra. Kéttermékes elválasztási séma

tékeinek $F_h(x)$ és $f_h(x)$ ill. $F_m(x)$ és $f_m(x)$ a relatív tömegkihozattal szorozott értékeit tüntettük fel. A továbbiakban relatív tömegkihozatal helyett a szakirodalomban általánosan használt tömegkihozatal kifejezést alkalmazzuk.

A feladott anyag eloszlásának terjedelme $x_{\max} - x_{\min}$. Mindkét termék a z szétválasztási zónának megfelelő x_a és x_f határokkal meghatározott intervallumon belüli fizikai jellemzőjű szemcséket is tartalmaz.

Az m_h tömegkihozatal a berendezésbe be- és kilépő B , H és M anyagáramokból meghatározható:

$$m_h = \frac{H}{B} \quad m_m = \frac{M}{B} = 1 - m_h \quad (1)$$

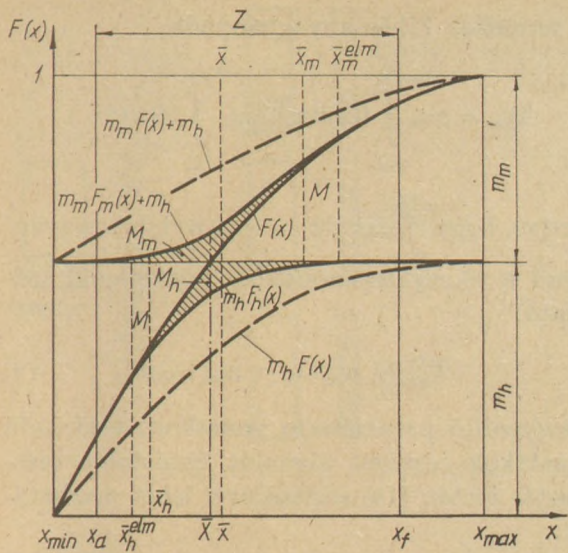
A nyersanyag, valamint a termékek átlagos minősége a sűrűség- ill. eloszlásfüggvények ismeretében a következő összefüggésekkel számíthatók:

$$\bar{x} = \int_{x_{\min}}^{x_{\max}} f(x)x dx = x_{\min} + \int_{x_{\min}}^{x_{\max}} [1 - F(x)] dx \quad (2)$$

$$\bar{x}_h = \int_{x_{\min}}^{x_f} f_h(x)x dx = x_{\min} + \int_{x_{\min}}^{x_f} [1 - F_h(x)] dx \quad (3)$$

$$\bar{x}_m = \int_a^{x_{\max}} f_m(x)x dx = x_a + \int_{x_a}^{x_{\max}} [1 - F_m(x)] dx \quad (4)$$

Az elválasztásra jellemző mérőszám az \bar{X} kiegyenlítő paraméter. Igazolható [2, 4], hogy a H



$$M_{hm} = m_h \int_{\bar{x}}^{x_f} f_h(x)[x - \bar{x}]dx + m_m \int_{x_a}^{\bar{x}} f_m(x)[\bar{x} - x]dx =$$

$$= m_h \int_{\bar{x}}^{x_f} [1 - F_h(x)]dx + m_m \int_{x_a}^{\bar{x}} F_m(x)dx \quad (6)$$

Engel [6] értekezése igen sok szétválasztásra vonatkozó mérés eredményét tartalmazza. Az 1. táblázat és a 3. ábra az egyik kísérlete eredményét felhasználva készült. E tényleges szétválasztásra vonatkozó értékeket kiszámítva a következő eredményeket kapjuk:

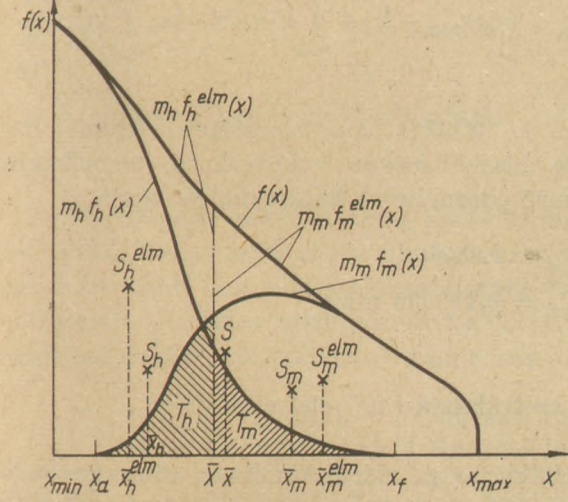
$$\bar{X} = 0,415325 \text{ mm}, \bar{x} = 0,530402 \text{ mm}, \bar{x}_h = 0,331945 \text{ mm},$$

$$\bar{x}_m = 0,709815 \text{ mm}, m_h = 0,4748, m_m = 0,5252,$$

$$T_{hm} = 0,13648, M_{hm} = 0,024108$$

1. táblázat

intervallum [mm]	F(x)	$m_h F_h(x)$	$m_m F_m(x)$
1 - 2	1,0000	-	0,5252
0,75 - 1	0,9072	0,4748	0,4324
0,5 - 0,75	0,8359	0,4742	0,3617
0,3 - 0,5	0,6563	0,4423	0,2140
0,1 - 0,3	0,2276	0,1967	0,0309
0 - 0,1	0,0029	0,0029	



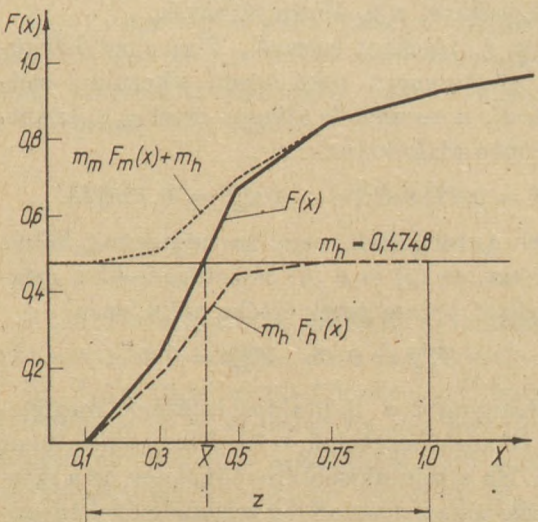
2. ábra. Kéttérmekek elválasztás eloszlás- és sűrűségfüggvényei

termék \bar{X} -et meghaladó T_h és az M termék \bar{X} -nél kisebb anyagi tulajdonságú szemcséinek T_m tömege egyenlő: $T_h = T_m = T_{hm}$. Ezek a szétválasztás élességére jellemző hibás anyaghányadok (5) alapján számíthatók:

$$T_{hm} = m_m \int_{x_a}^{\bar{x}} f_m(x)dx = m_h \int_{\bar{x}}^{x_f} f_h(x)dx \quad (5)$$

A termékek hibás anyaghányadait a 2. ábra sűrűségfüggvényein sraffozással emeltük ki.

A H termék x -nél kisebb ($x_a < x < x_f$), az M termék ugyanezen méretnél nagyobb tömeghányadának abszolút elsőrendű nyomatékösszege a kiegyenlítő paraméternél minimális. Ennek megfelelően az (5)-ben szereplő hibás anyaghányadoknak a kiegyenlítő paraméterre előjel nélkül meghatározott elsőrendű nyomatékai szétválasztási élességre vonatkozó jelzőszámot képeznek.



3. ábra. Kísérleti szétválasztás eloszlás függvényei

3. Abszolút hatásos és abszolút hatástalan szétválasztás paraméterei

Bármilyen legyen is a szétválasztás, változatlan tömegkihozatal esetén a kiegyenlítő paraméter sem változik. A szétválasztásnak elvileg két szélsőséges esete lehet. Az egyik esetben a szétválasztás abszolút hatásos, a másik esetben abszolút hatástalan módon történhet.

A nyersanyagnak az \bar{X} kiegyenlítő paraméternél történő abszolút hatásos szétválasztása a tényleges művelettel megegyező tömegkihozatalokat eredményez, és a termékek azonos tulajdonságú részecskéket nem tartalmaznak. A szétválasztási termékek \bar{x}_h^{elm} és \bar{x}_m^{elm} átlagos minősége a nyersanyag sűrűség- ill. eloszlásfüggvényéből közvetlenül meghatározható.

$$\bar{x}_h^{elm} = \frac{1}{m_h} \int_{x_{min}}^{\bar{X}} f(x) dx = x_{min} + \int_{x_{min}}^{\bar{X}} \left[1 - \frac{1}{m_h} F(x) \right] dx \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \bar{x}_m^{elm} &= \frac{1}{m_m} \int_{\bar{X}}^{x_{max}} f(x) x dx = \\ &= \bar{X} + \frac{1}{m_m} \int_{\bar{X}}^{x_{max}} [1 - F(x)] dx \quad (8) \end{aligned}$$

Az abszolút hatásos szétválasztás miatt a H termékénél $m_h f_h^{elm}(x) = f(x)$, ha $x_{min} < x < \bar{X}$ és $f_h^{elm}(x) = 0$, ha $x > \bar{X}$, M termékénél pedig $m_m f_m^{elm}(x) = f(x)$, ha $\bar{X} < x < x_{max}$ és $m_m f_m^{elm}(x) = 0$, ha $x < \bar{X}$. Az abszolút hatásos szétválasztás sűrűségfüggvényei a 2. ábrán láthatók.

Ha az 1. táblázat szerinti, $F(x)$ eloszlásfüggvényű alapanyagot tökéletesen sikerülne szétválasztani, a termékek átlagos értékei a következőképpen alakulnának:

$$\bar{x}_h^{elm} = 0,281169; \quad \bar{x}_m^{elm} = 0,755718.$$

Mivel a termékek nem tartalmaznak hibás anyagrészt, az (5) és a (6) összefüggésekkel meghatározható paraméterek értéke nulla, azaz

$$T_{hm}^{elm} = 0 \quad \text{és} \quad M_{hm}^{elm} = 0$$

A nyersanyagot a mintakisebbitésnek megfelelően, a tömegkihozatalok arányában is meg lehet osztani. Ha a mintakisebbités tökéletes, az a szétválasztási zóna a nyersanyag terjedelmével egyenlő és a szemcsék minősége szerint szétválasztás nincs, akkor a szétválasztási termékek sűrűség- és eloszlásfüggvénye, így átlagos minőségük is a nyersanyagéval pontosan megegyezik. Az ilyen szétválasztást abszolút hatástalannak minősítjük. Az eloszlásfüggvények tömegkihozattal szorzott értékei a 2. ábrán megtalálhatók.

Mivel abszolút hatástalannak szétválasztás esetén is érvényesek a kiegyenlítő paraméterre vonatkozó törvények, az (5) és (6) alapján a hibás anyagmennyiség és nyomatékösszege ebben az esetben is meghatározható.

A termékek hibás anyaghányada:

$$T_{hm}^o = m_m \int_{x_{min}}^{\bar{X}} f(x) dx = m_h \int_{\bar{X}}^{x_{max}} f(x) dx$$

Tekintve, hogy $\int_{x_{min}}^{\bar{X}} f(x) dx = m_h$, a hibás anyaghányad a tömegkihozatalokból közvetlenül számítható:

$$T_{hm}^o = m_m m_h = m_h [1 - m_h] \quad (9)$$

A kiegyenlítő paraméterre vonatkozó elsőrendű nyomatékok összegét abszolút hatástalan szétválasztás esetén (10) segítségével lehet meghatározni:

$$M_{hm}^o = m_h (x_{max} - \bar{X}) + \int_{x_{min}}^{\bar{X}} F(x) dx - m_h \int_{x_{min}}^{x_{max}} F(x) dx \quad (10)$$

Az 1. táblázatban ismertetett nyersanyag minta kisebbitésekor a következő, termékekre jellemző paraméterek határozhatók meg:

$$T_{hm}^o = 0,249365,$$

$$M_{hm}^o = 0,118336 \text{ mm}^2.$$

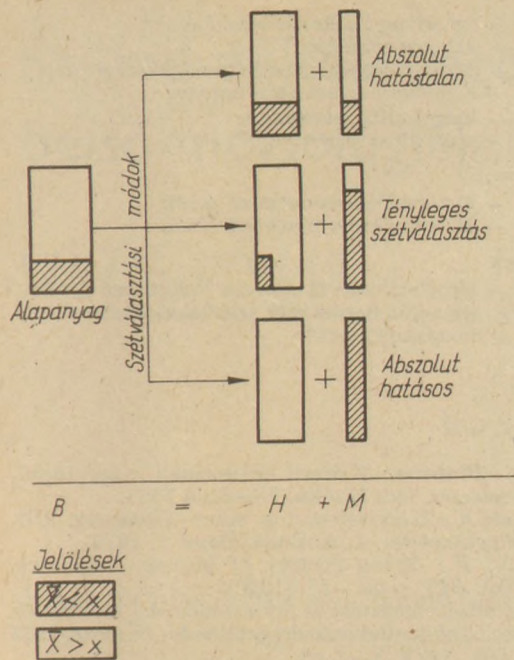
4. A szétválasztási művelet minősítése

A hatékonysági mérőszámoknak több követelményt ki kell elégítenünk. Barszkij [1] és Schulz [3] szerint alapvetően fontos, hogy a hatékonyság

- bármilyen fizikai elválasztásnál alkalmazható legyen, ne függjön az elválasztás megvalósítására alkalmazott gépi berendezésektől,
- tökéletes szétválasztásra 1 ill. 100% értéket, míg pusztán mintázási műveletnél 0, ill. 0% értéket adjon,
- függvénye legyen a nyersanyag és a termékek mennyiségének és összetételének,
- fizikai tartalommal rendelkezzen, számítása ne okozzon nehézséget.

A 2. és 3. pont alatt ismertetett elválasztási lehetőségek paraméterei alapján a tényleges elválasztás minősíthető, hiszen helyzete a 4. ábra értelmében a szélsőséges határok között egyértelműen meghatározott.

Az adott szétválasztási művelet minősítése elvégezhető, ha az élességre vonatkozó paramétereit változatlan tömegkihozatalú abszolút hatásos, ill. az abszolút hatástalannak szétválasztás műveletével összehasonlítjuk.



4. ábra. Elválasztási lehetőségek összehasonlítása

A szétválasztási művelet annál hatásosabb, minél jobban megközelíti az elméletileg elérhető és minél közelebb van a mintakisebítéshez, annál hatástalanabb. Ezt a meghatározást a (11) összefüggéssel a következőképpen fogalmazzuk meg:

$$\text{Hatékonysági jelzőszám} = \frac{\left(\begin{array}{c} \text{tényleges} \\ \text{szétválasztási} \\ \text{paraméter} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{c} \text{absz. hatástalan} \\ \text{szétválasztás} \\ \text{paramétere} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{c} \text{absz. hatásos} \\ \text{szétválasztás} \\ \text{paramétere} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{c} \text{absz. hatástalan} \\ \text{szétválasztás} \\ \text{paramétere} \end{array} \right)} \quad (11)$$

A vizsgált paraméterek felhasználásával a következő, az elválasztás hatékonyságát mutató jelzőszámok állíthatók elő:

$$\alpha = \frac{T_{hm} - T_{hm}^o}{T_{hm}^{elm} - T_{hm}^o} = 1 - \frac{T_{hm}}{T_{hm}^o} = 1 - \frac{T_{hm}}{m_h m_m} \quad (12)$$

$$\beta = \frac{M_{hm} - M_{hm}^o}{M_{hm}^{elm} - M_{hm}^o} = 1 - \frac{M_{hm}}{M_{hm}^o} \quad (13)$$

Bármely termék hibátlan anyaghányadából kiindulva is a (12) összefüggéssel megadott mérőszámot lehet levezetni. A H terméknel a tényleges, az abszolút hatásos és hatástalan szétválasztás hibátlan anyaghányadai $m_h - T_{hm}$, m_h és $m_h - T_{hm}^o$. M termék esetén ugyanezek $m_m - T_{hm}$, m_m és $m_m - T_{hm}^o$. Ezeket (11)-be helyettesítve, az α jelzőszámot kapjuk. Ugyanezt a jelzőszámot kapjuk akkor is, ha a hibátlan anyaghányadok összegeit vesszük. Ekkor ugyanis a hibátlan anyag-

hányadok az előbbi sorrendben $1 - 2 T_{hm}$, 1 és $1 - 2 T_{hm}^o$. Ezért az α mérőszám a szétválasztási termékek hibátlan, ill. hibás anyagainak az abszolút hatástalan szétválasztásához viszonyított komplementer tömegkihozatalai. Abszolút hatásos szétválasztás esetén mindkét tömegkihozatal 1 .

Az α és β hatékonysági mérőszámok formailag a tömegkihozatal ismert összefüggésének [$m_h = (\bar{x} - \bar{x}_m) / (\bar{x}_h - \bar{x}_m)$] felelnek meg és az ismertetett alapvető követelményeket kielégítik.

Az 1. táblázatban közölt szétválasztás esetén az α hatékonysági kifejezés értéke $0,452688$. Ha a kifejezés fizikai tartalmát tekintjük ez azt jelenti, hogy a szétválasztás után a termékek hibás anyag-része a tökéletlen szétválasztáshoz képest kerekén 45% -kal csökkent és további 55% -ot eltávolítva a szétválasztás teljesen hatásos lenne.

A (13) összefüggés felállításánál kiindulási pontként a hibás anyaghányadok kiegyenlítő paraméterre vonatkozó elsőrendű nyomatékainak összege (6) szolgált, amit az irodalomban Mayer [2, 7] elnevezésének megfelelően szétválasztási hibamomentumként tartanak számon. Annak ellenére, hogy ez a paraméter nem mindenben felel meg az előzőekben ismertetett követelményeknek, minősítéseknél gyakran előfordul.

A (6) összefüggés átalakításával olyan kifejezést (14) nyerhetünk, amely az irodalomban idáig nem ismertetett elsőrendű nyomatékösszeg új értelmezését teszi lehetővé.

$$M_{hm} = (\bar{x}_h - x_i) m_h - (\bar{x}_h^{elm} - x_i) m_h \quad (14. a)$$

$$M_{hm} = (\bar{x}_m^{elm} - x_i) m_m - (x_i - \bar{x}_m^{elm}) m_m \quad (14. b)$$

A (14) összefüggésben szereplő x_i tetszőlegesen választott, de választás után állandó érték.

Az M_{hm} a tömeghányadoknak x_i -re vonatkozó, a tényleges és az abszolút hatásos szétválasztás átlagos minőségeit is számításba vevő elsőrendű nyomatékainak különbsége. Ezért az M_{hm} nemcsak az adott elválasztásra jellemző (szétválasztás) hibamomentum, hanem bármelyik szétválasztási termékre vonatkozóan az abszolút hatásos szétválasztással történő összehasonlítást is biztosítja.

A (13) β hatékonysági mutatóval kapcsolatban a (6) ill. (14) összefüggésekkel megadott nyomatékösszegeket célszerű még a következők szerint is kifejezni:

$$M_{hm} = m_h (\bar{x}_h - \bar{x}_h^{elm}) \quad (15. a)$$

$$M_{hm} = m_m (\bar{x}_m^{elm} - \bar{x}_m) \quad (15. b)$$

ill.

$$M_{hm}^o = m_h (\bar{x} - \bar{x}_h^{elm}) \quad (16.a)$$

$$M_{hm}^o = m_m (\bar{x}_m^{elm} - \bar{x}) \quad (16.b)$$

Ezekkel az összefüggésekkel a megfelelő eloszlásfüggvény ábrákon a szabálytalan M_{hm}^o és M_{hm}^o síkrészek négyszögesítve vannak. A négyszögek függőleges oldalai a tömegkihozatalok, vízszintes oldalai pedig az átlagos minőségek különbségei. Ezért az M_{hm}^o ill. M_{hm}^o nyomatókösszegek a tényleges ill. az abszolút hatástalan szétválasztás értékes alkotórész veszteségei (pl. fémvesztés, osztályozásnál a tömegkihozatal és az átlagos szemnagyságok különbségének szorzatai) az abszolút hatásos szétválasztáshoz képest. Ezek az értékes alkotórész tömegek a H termékéből ((15. a) és (16. a) összefüggések) az M termékbe ((15. b) és (16. b) összefüggések) kerülnek és mindkét szétválasztási termék minőségét rontják.

Az előbbi nyomatókösszegeket (13)-ba helyettesítve a hatékonysági mérőszám a minőségekből közvetlenül számíthatóvá válik:

$$\beta = \frac{\bar{x} - \bar{x}_h}{\bar{x} - \bar{x}_h^{elm}} = \frac{\bar{x} - \bar{x}_m}{\bar{x} - \bar{x}_m^{elm}} \quad (17)$$

A hatékonysági mérőszám alapján a nyersanyag átlagos minőségét a következő összefüggéssel lehet megadni:

$$\bar{x} = \frac{\bar{x}_h \bar{x}_m^{elm} - \bar{x}_m \bar{x}_h^{elm}}{(\bar{x}_h + \bar{x}_m^{elm}) - (\bar{x}_m + \bar{x}_h^{elm})} \quad (18)$$

A (17) összefüggés rámutat arra, hogy a β hatékonysági mérőszám az átlagos minőségekben bekövetkezett változások viszonyát is leírja. A (13) és (17) alapján az is megállapítható, hogy a hibás anyaghányadok elsőrendű nyomatókainak összegei megegyező hatékonysági paramétert eredményeznek mint a termékek minőségeiből számítottak.

A vizsgált számpéldában β értékére 0,796272 érték adódik. E hatékonysági paraméter rámutat arra, hogy a termékek hibás anyaghányadainak nyomatók összegében ill. a termékek összetételeiben bekövetkezett változás a lehetőségekhez viszonyítva közel 80%.

Jelölésjegyzék

B	– nyersanyag tömege
f(x)	– sűrűségfüggvény
F(x)	– eloszlásfüggvény
H, M	– termékek tömege
M_{hm}^o	– hibamomentum
m	– tömegkihozatal
T	– hibás anyaghányad

$\frac{x}{x}$	– az anyag fizikai jellemzője
\bar{x}	– átlagos minőség
$[x_{max}, x_{min}]$	– a nyersanyag eloszlásának intervalluma
x_a, x_f	– a szétválasztási zóna határai
\bar{X}	– kiegyenlítő paraméter
Z	– szétválasztási zóna

alsó indexek:

m	– M termékre vonatkozó érték
h	– H termékre vonatkozó érték

felső indexek

elm	– elméleti szétválasztásra vonatkozó érték
o	– abszolút hatástalan szétválasztásra vonatkozó érték

IRODALOM

- [1] Barszkij – Plakozin: Kriterii optimizacii razgyelityelnix processzov. Izd. Nauka. Moszkva 1967.
- [2] Leschonski K.: Kennzeichnung einer Trennung. Ullmans Enzyklopädie, 4. Auflage. Band 2. 1972.
- [3] Schulz N. F.: Trans Society of Mining Engineers, AIME Vol. 247, p 81–87 (1970)
- [4] Pethő Sz.: Szétválasztási és homogenizálási műveletek értékelése (Akadémiai doktori értekezés) Kézirat. 1975 NIM. DOK. 1973. 3–4 sz.
- [5] Pethő – Ortutay: A II. vegyipari gépészeti konferencia előadásai p. 63–70 GTE (1975)
- [6] Engel O.: Diss. Universität Kiel (T.H.) 1957
- [7] Mayer F. V.: Aufbereitung-Technik Nr. 2.4.1971.

Pethő Szilveszter—Ortutay Miklós: A szétválasztási műveletek minősítése

A szerzők a kéttermékes elválasztás hatékonyságát vizsgálják. Az elválasztás szélsőséges eseteinek a mintakisebbitéses és az abszolút hatásos szétválasztást tekintik. Összefüggéseket állítanak fel, amelyek segítségével az elválasztás hatékonysága megállapítható.

Több szétválasztási művelet a hatékonysági mérőszámokkal akkor is minősíthető, ha szétválasztási paraméterek és a tömegkihozatalok különbözők.

Peme, C.—Opmymau, M.: Качественная оценка процессов разделения.

Авторы исследуют эффективность разделения в случае двух компонентов. За крайние случаи разделения принимаются или уменьшение пробы и разделение абсолютной эффективности. Предложены зависимости, с помощью которых может быть определена эффективность разделения. Несколько операций разделения могут быть качественно оценены с помощью показателей эффективности также и в том случае, когда параметры разделения и выходы масс являются различными.

Pethő, Szilveszter—Ortutay, Miklós: Bewertung von Trennprozessen

Es wird die Wirksamkeit von Trennverfahren mit zwei Komponenten untersucht. Als extreme Fälle werden die Trennprozesse mit Probenreduzierung und jene mit absolut wirksamer Trennung betrachtet. Es werden Zusammenhänge aufgestellt, mit deren Hilfe die Wirksamkeit der Trennung bestimmt werden kann.

Mehrere Trennprozesse können mit den Wirksamkeitsmeßzahlen auch dann gewertet werden, wenn die Trennungparameter und die Massenausträge verschieden sind.

Pethő, Szilveszter—Ortutay Miklós: Efficiency of Separation

The efficiency of a separation process yielding two products is discussed. The two limiting cases are the absolutely efficient and the sample reductive cases. Connexions are given by which the gross efficiency of a multiple classification can be calculated even if the separation parameters and outputs are different.

Szilárd építőanyagok csoportosítása, belső-morfológiájuk alapján

JUHÁSZ ZOLTÁN

Budapesti Műszaki Egyetem, Építőanyagok Tanszék

A már 1669-ben felismert „állandó lapszögek törvénye” (N. Steno) egyértelműen fogalmazta meg azt, hogy a szilárd anyagi rendszerek egyik alapvető tulajdonsága a rendszert felépítő kristályok alaki sajátossága. A felfogás helyességét a később kifejlesztett kristálygeometria messzemenően bizonyította, és az alaki tényezők és egyéb anyagi tulajdonságok szoros kapcsolata alapján vált lehetségessé a kristályok azonosítása is.

Az alaki tényezők jelentőségének felismerése nemcsak a kristálytanban, hanem pl. a biológiában, vagy a kémiában, metallurgiában stb. is számtalan új kutatási és gyakorlati eredményt hozott. Bebizonyosodott, hogy az anyagszerkezetet kialakító építőelemek alakja, egymás közti elrendeződése és az anyagon belüli térbeli eloszlása — röviden: az anyagrendszer *belső morfológiája* — igen sok esetben alapvetően határozza meg az anyag fizikai, mechanikai, esetleg kémiai tulajdonságait. Ezért Oswald már 1927-ben (1) a kolloid rendszerek belsőmorfológiáját az egyik alapvető fizikai-kémiai jellemzőnek tekintette. A gondolatot Buzágh (2) fejlesztette tovább, felismerve, hogy „a térbeli alak a testet öltött anyagnak a méretektől független sajátossága”. Idézzük tovább szellemes megfogalmazását: „A kémiai morfológia feladata az, hogy megállapítsa egyrészt a tényezőket, amelyek az anyagot jellegzetes formák felvételére kényszerítik, másrészt azokat az anyagi tulajdonságokat, melyek az alaktól, morfológiai tényezőktől függenek”.

Ismeretes, hogy az igen sokféle építőanyag tárgyalását és áttekintését a származás, a kémiai összetétel, vagy éppen a felhasználást befolyásoló tulajdonságok alapján álló csoportosítások segítik elő. Így megkülönböztetünk (3) természetes és mesterséges eredetű; szerves- és szervetlen; különböző fizikai, vagy mechanikai tulajdonsá-

gokkal rendelkező építőanyagokat. Fizikai-kémiai alapon állva (4), rendezett (kristályos) és rendezetlen (amorf, ill. folyékony) szerkezetű anyagok között tehetünk különbséget, reológiai szempontból (5) pedig folyékony és szilárd építőanyagokat különböztethetünk meg, aszerint, hogy adott anyagnak van, vagy nincs folyáshatára (Houwink). Ezeket a csoportosításokat mindig valamilyen, az adott tárgyalási mód szerint fontosnak tartott közös tulajdonság kiemelésével tesszük meg.

Az alábbi tanulmányban az építőanyagok szerkezetének belső-alaki tulajdonságaiban felismerhető közös jellemvonások alapján álló, leegyszerűsített csoportosításra teszünk javaslatot.

Az építőanyagok belső morfológiájának leírására négy lépcsős jellemzést javasolunk, ezek a következők:

1. A szerkezet (struktúra) fő típusainak megállapítása és számszerű jellemzése;
2. Az egyedi építőelemek és azok összessége *alaki sajátosságainak* jellemzése;
3. Az építőelemek méreteloszlásának jellemzése;
4. Az építőelemek térbeli eloszlásának jellemzése.

A felsorolt négy lépcső egyúttal tervezett kutatásunk négy fázisát is jelenti, melyek közül eddig csak az első fázissal foglalkoztunk. Tanulmányunkban e kutatások eredményét foglaljuk össze.

1. Építőanyagok szerkezeti típusainak jellemzése

1.1. Szerkezeti típusok

Struktúrájuk alapján a szilárd építőanyagok négy szerkezeti fő-típus szerint csoportosíthatók (l. 1. táblázatot):

Típus:	Tömör	Pórusos	Halmaz	Kevert
	T	S Z E R K E Z E T E K TP	TH	TPH
Jellemzés:	Homogén, heterogén $\rho = \rho_T \left(= \frac{m}{V_T} \right)$	Váz + pórusrendszer $\rho > \rho_T$	Diszperz rész + hézagrendszer $\rho = \rho_T$ $\rho > \rho_H \left(= \frac{m}{V_H} \right)$	(Váz + pórus) + hézagrendszer $\rho > \rho_T > \rho_H$
Állapotjelzők:	$\xi = 1$ $\frac{m}{\rho} = \sum_{i=1}^i m_i$	$\varepsilon = 1 - \frac{\rho_T}{\rho}$ $\xi = \frac{\rho_T}{\rho}$ $\varepsilon + \xi = 1$	$\alpha = 1 - \frac{\rho_H}{\rho}$ $\xi = \frac{\rho_H}{\rho}$ $\alpha + \xi = 1$	$\varepsilon = \rho_H \left(\frac{1}{\rho_T} - \frac{1}{\rho} \right)$ $\alpha = 1 - \frac{\rho_H}{\rho_T}$ $\xi = \frac{\rho_H}{\rho}$ $\varepsilon + \alpha + \xi = 1$
		$\Omega = \frac{f_P}{m}$	$\omega = \frac{f_H}{m}$	$\Omega = \frac{f_P + f_H}{m}$; $\delta = \frac{\omega}{\Omega}$; $\omega = \frac{f_H}{m}$
Példák:	Fémek, ötvözetek műgyanták, lakkok festékek, üveg műanyagok	Cementkő, beton, habarcsok, téglá, gázszilikát, fa, habszivacs, tufakő	Kavics, homok, cementek, színezékek, őrölt kvarc, őrölt mész, üvegyapott, bazaltgyapot	Duzzasztott perlit, keramzit, pernyekavics, téglaazulálék, faforgács, őrölt kovaföld, zúzott tufa, gipszörlemény

Jelmagyarázat:

ρ = sűrűség
 ρ_T = testsűrűség
 ρ_H = halmaz-sűrűség
 m = tömeg
 V_T = test térfogat
 V_H = halmaz-térfogat
 i = komponensek száma
 ε = porozitás

α = hézagosság
 ξ = tömörség
 f_P = pórusrendszer felülete
 f_H = hézagrendszer felülete
 Ω = összes fajlagos felülete
 ω = diszperzitás-fok
 δ = dezaggregációs fok

1. *Tömör szerkezetű* anyagoknak tekintjük azokat az építőanyagokat, melyeknek tömegéből (m) és térfogatából (V_T) számított testsűrűsége (ρ_T) megegyezik a tetszőleges finomságúra porított anyag valódi sűrűségével (ρ).

Vagyis:

$$\rho_T = \rho$$

Ebbe a szerkezeti főtípusba tartoznak:

a) a *homogén* szilárd anyagok, melyeknek a struktúrából adódó belső felületei nincsenek;

b) a *heterogén* (réteges és diszperz) szilárd anyagok, melyeknek szöveti szerkezetében határfelületekkel elkülöníthető szilárd fázisok vannak.

Meg kell jegyeznünk, hogy nagyon ritkán lehet „abszolút tömör” anyagot találni, vagyis olyan idealizált struktúrát, melynek bármely térelemében az anyagot felépítő atomok, molekulák, kristallitok a legszorosabb illeszkedésben foglalják el helyüket. Az ilyen idealizált tömör szerkezet rokon fogalom lehet a tökéletes kristályéval. Határesetnek tekinthető tehát, mely alkalmas azon-

ban arra, hogy a reális rendszerek szerkezeti típusait erre az idealizált állapotra vonatkoztassuk.

Gyakorlati megfontolások alapján a „tömör szerkezetű” építőanyagok közé soroljuk a *szubmikroszkópos zárt pórusokat* tartalmazó anyagokat is, melyeknél a sűrűsége tett fenti kritérium egyébként teljesedik. A legtöbb tömör szilárd anyag ugyanis tartalmaz ilyen diszkontinuitásokat.

A tömör szerkezeti típus egyetlen állapototározóval, a *sűrűséggel* (ρ) illetve a fajtérfogattal ($1/\rho$) jellemezhető. Heterogén rendszerek fajtérfogata additíve tevődik össze a komponensek fajtérfogatából.

2. *A pórusos szerkezetű építőanyagok* szilárd vázból és a váz által kialakított *pórusrendszerből* álló testek. A váz egységét kémiai erők biztosítják.

Testsűrűségük kisebb, mint valódi sűrűségük, tehát:

$$\rho_T < \rho$$

Ide sorolhatók mindazok az építőanyagok, melyek nyitott és zárt kapillaris-pórusrendszert tartalmaznak.

A pórusos szerkezetű építőanyagok struktúrájának leírására két féle állapotjelzőt használhatunk:

- az egyik a porozitás (ε), vagyis a test térfogategységében foglalt pórusok térfogata, illetve a tömörség (ξ), a térfogategységben foglalt tömeg;
- a másik a váz fajlagos felülete (Ω), vagyis a test tömegegységében foglalt váz/pórus határfelület nagysága.

3. A halmazszerkezetű építőanyagok önálló, egymással legfeljebb adhéziós erőkkel kapcsolódó, önmagukban tömör részek véletlenszerű halmozódása révén létrejött diszperz részből és a diszperz rész által kialakított hézagrendszerből állnak. A rendszer alakja és térfogata könnyen megváltoztatható, miközben a hézagrendszer is változik. A típus jellemzője, hogy a halmazsűrűség (ρ_H) mindig kisebb, mint a valódi sűrűség, vagyis

$$\rho_H < \rho \quad (\text{és } \rho = \rho_T)$$

A halmazszerkezetű építőanyagok struktúrájának állapotjelzői:

- a hézagosság (κ), vagyis a halmaz térfogategységére vonatkoztatott hézagterfogat, valamint a halmaz tömörsége (ξ);
- és a diszperzitásfok (ω), vagyis a diszperz rész tömegegységére jutó szilárd/hézag határfelület nagysága.

4. Kevert-szerkezetű anyagoknak tekinthetők mindazok a halmazok, melyeknek diszperz része önmagában pórusos szerkezetű (illetve tömör és pórusos szerkezetű) részeket tartalmaz, továbbá azok a pórusos anyagok, melyeknek vázát csupán felületi erőkkel egymáshoz kapcsolódó építőelemek (önmagukban diszperz rendszerek) alakítják ki.

Jellemzőjük az ilyen anyagoknak, hogy halmazsűrűségük kisebb, mint a diszperz rész egyedeinek átlagos testsűrűsége:

$$\rho_H < \rho_T < \rho$$

Az ilyen rendszerek állapotjelzői:

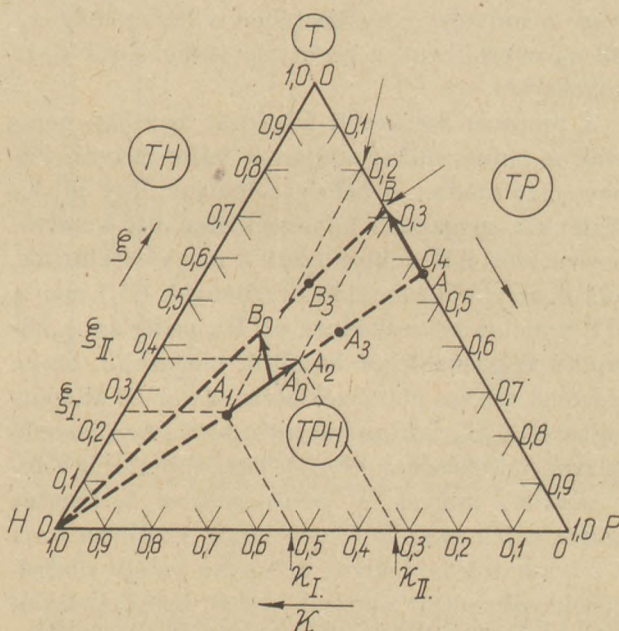
- egyrészt a porozitás, hézagosság, és tömörség (ε, κ, ξ);
- másrészt a vázszerkezet fajlagos felülete (Ω), és a diszperz rész diszperzitásfoka (ω) – melyet röviden „összes” és „külső” fajlagos felületnek is nevezhetünk. E kétféle fajlagos felületből számítható a rendszer dezaggregációs foka (δ), amelynek értéke 1, ha $\omega = \Omega$, vagyis tiszta halmaz-

rendszerrel van dolgunk, és $\delta = 0$, ha $\omega = 0$, vagyis a rendszer tisztán tömör, vagy pórusos szerkezetű.

Az állapotjelzők részint a rendszer valódi-, test-, illetve halmaz-sűrűségéből (mint az anyag tömörségét kifejező mérésadatokból), részint pedig a rendszerben levő felületek nagyságából számíthatók, az I. táblázatban megadott képletek segítségével.

1.2. Szerkezeti állapotábrák

A négy szerkezeti főtípus (ε, κ, ξ) paraméterekkel jellemzett állapotát háromszög-ábra segítségével lehet szemléltetni (1. ábra). Ha ezeken az anyag-



1. ábra. A TPH-rendszer értelmezése tégladremények állapotváltozásai segítségével

szerkezeti állapotábrákon a háromszög oldalaira a porozitás, hézagosság és tömörség skáláját veszszük fel, akkor a TP oldalra a pórusos, a TH oldalra pedig a halmaz-szerkezetű anyagok, míg a háromszög belsejébe a (TPH) kevert-szerkezetű anyagok kerülnek.

Az ábrán vastag nyíllal jelölhetjük azoknak a folyamatoknak az irányát, melyek a szerkezet változását idézték elő. E vektorokból a folyamatok természetére is következtethetünk.

Induljunk ki pl. egy égetett téglából, mely tiszta pórusos-szerkezetű anyag lévén, a háromszög TP oldalán helyezkedik el, porozitását pedig A pont jelzi. Aprítással készítsünk téglánkból zúzalékot, illetve örleményt, vagyis olyan kevert-

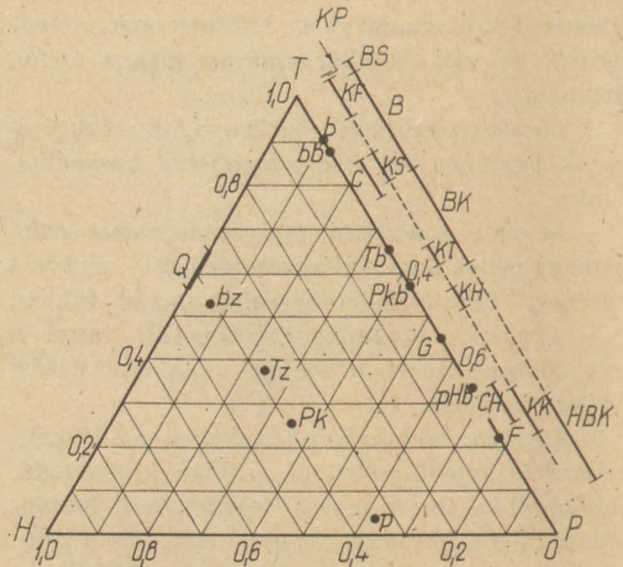
szerkezetű anyagokat, melyeknek állapotát A_0 és A_1 pontok jelzik. Látható, hogy e pontok HA egyenes mentén helyezkednek el, sőt, ha laza örleményünket rázogatással, vagy préseléssel tömörítjük, akkor a szerkezet állapotát feltüntető A_2 és A_3 pontok is az előbbi HA egyenesen vannak. Ez azt jelenti, hogy a rendszer állapotváltozása csupán a hézagrendszert érintette, maguk a szemcsék (önmagukban pórusos rendszerek) sem az aprítás, sem a tömörítés alatt szerkezetváltozást nem szenvedtek és így saját porozitásuk is azonos maradt a téglá kiindulási porozitásával.

Ha példaként választott téglá-örleményünket A_1 -ről A_2 -re tömörítjük – mely művelet a II. táblázat II. 1. képletével definiált β tömörítési tényezővel is jellemezhető – akkor a rendszer $A_1 \rightarrow A_2$ állapotváltozását kifejező vektor megadja, hogy a művelet következtében a hézagosság κ_I -ről κ_{II} -re csökkent, a porozitás pedig ε_I -ről ε_{II} -re növekedett.

A rendszer szerkezeti állapotát azonban nemcsak a halmazódás módjának változásával, hanem más módon is befolyásolhatjuk. Így pl. ha téglánkat magasabb hőmérsékleten utó-kezelve, porozitását AB vektor szerint megváltoztatjuk, akkor az ebből készített örlemények (B_3) már a HB vonalon helyezkednek el. Ha pedig az A_0 állapotú téglazúalékokat kezeltük magasabb, de az előzővel azonos hőmérsékleten, akkor az állapotváltozás A_0B_0 vektor szerinti. Általában hasonló jellegű változásokat hoznak létre mindazok a folyamatok, melyek a pórus-rendszer térfogatát változtatják meg. Jól követhetők az ábrán azok a folyamatok is, melyek az anyag valódi sűrűségének változásait okozzák, tehát fázisátalakulások, kémiai reakciók, illetve a rácshibák számának nagy arányú növekedése stb. Ilyen szerkezetváltozásokra a dolgozat további részében mutatunk be példákat.

Néhány építőanyag helyzetét a TPH-állapot-ábrán a 2. ábrán tüntettük fel, részint irodalmi adatok (3., 6.), részint saját mérésadatok felhasználásával.

A szerkezeti állapotábrák nemcsak az építőanyagok, hanem más, elsősorban átmeneti szerkezeti-típusú anyagrendszerek jellemzésére is alkalmazhatók (pl. a kőzetekben, olajbányászásban, élelmiszer iparban, biológiában stb.), de felhasználhatók az ábrák műanyagok, porkohászati termékek, kerámiák, festékek stb. struktúrájának tervezése terén, egyes részfeladatok megoldásához is. Ennek lehetőségét a betonstruktúra tervezésének viszonylag egyszerű példáján az alábbiakban mutatjuk be.



2. ábra. Különböző építőanyagok a TPH-rendszerben

B = beton; HbK = hőszigetelő könnyűbeton; BK = teherbíró könnyűbetonok; b = bazalt; bz = bazaltzúalék; F = puhafa; G = gipsz; CH = habszikát, gázszikát; PK = pernyekavics; Pkb = pernyekavicsal készített beton; KK = termalit-tégla; KH = kerám. kötési porszénhamu; Tz = téglazúalék; KT = téglá; KF = fajansz; KP = porcelán; KS = samott; T = műgyanta, kvarc, üveg stb.; db = bazaltbeton; Tb = téglazúalékkal kész. beton; Q = kvarckavics; C = cmentkő; P = perlit; PH = perlit-habarc

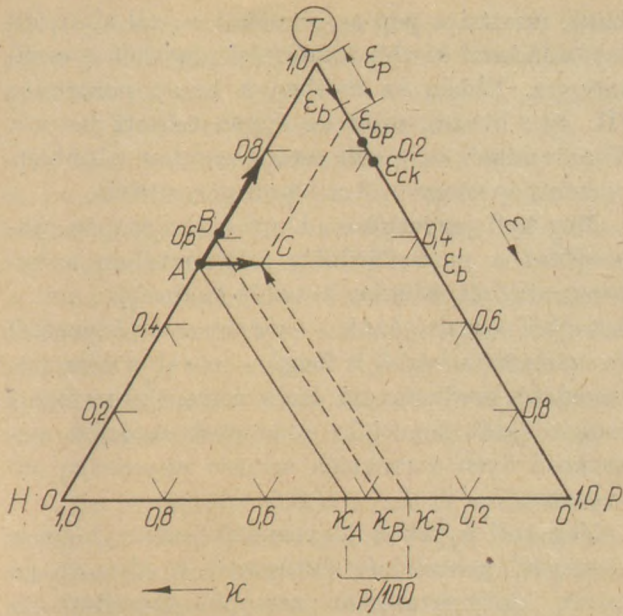
1.3. A szerkezeti állapotábrák alkalmazása betonstruktúra tervezésére

1.3.1. Telített és telítetlen beton cementpép szükséglete

Induljunk ki valamilyen tömör szemcsékből álló betonadalékból (pl. mosott kvarckavicsból). Tételezzük fel, hogy az adalékalmaz térfogata önmagában és a kész betonban azonos (vagyis a bedöngölési tényező = 1.).

A 3. ábrán az adalék állapotát A pont jelzi, melyhez κ_A hézagosság tartozik ($\varepsilon_A = 0$). Ha a szemcséket éppen csak az érintkezési pontokon összeragasztanánk, akkor olyan pórusos rendszert nyernénk, melynek porozitása ε_b lenne. Ha pedig a hézagokat részben, vagy egészben valamilyen tömör anyaggal, pl. buborékmentes műgyantával töltjük ki, akkor olyan pórusos anyagot nyernénk, melynek porozitása a hézagkitöltéstől függően ($\varepsilon_b T$) vonal mentén helyezkedne el, teljes hézagkitöltés esetén pedig az állapotot a tömör anyagokra jellemző T-pont jelezné.

Ha a hézagrendszert cementpéppel töltjük ki akkor – megszilárdulás után – az adalékszemcsék közötti teret elfoglaló, önmagában is pórusos szerkezetű cementkő jelenléte miatt, pórusos szerkezetű anyagot (betont) kapunk. Teljes hézagkitöltés esetén a cementpép térfogata a II. Tábl-



3. ábra. Betonstruktúra tervezése a TPH-rendszerben

2. táblázat

$$\beta = \frac{\xi_{II.}}{\xi_{I.}} \dots \dots \dots 1)$$

$$V_o = \frac{C}{\rho_o} + \frac{V}{\rho_v} = 1000 \kappa_A \dots \dots \dots 2)$$

$$C = \frac{\kappa_A}{\frac{1}{\rho_o} + x} \cdot 1000 \dots \dots \dots 3)$$

$$\epsilon_b = \kappa_A \epsilon_{ck} \dots \dots \dots 4. a)$$

$$\epsilon_{bp} = \kappa_p \epsilon_{ck} + \frac{p}{100} \dots \dots \dots 4. b)$$

$$\epsilon_{pb} = \kappa_o \epsilon_{ck} + \frac{p}{100} + \epsilon_A \dots \dots \dots 4. c)$$

$$\epsilon'_b = \kappa'_A \epsilon_{ck} + \epsilon'_A \dots \dots \dots 4. d)$$

$$p = (\kappa - \kappa_p) 100 = \epsilon_p \cdot 100 \dots \dots \dots 5)$$

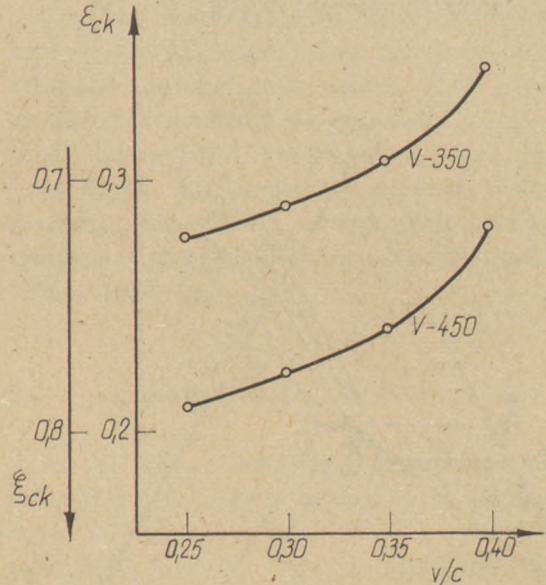
JELMAGYARÁZAT A II. TÁBLÁZATHOZ

- β = tömörítési tényező
- V_o = cementpép térfogata
- c = cement tömege, (kg/m³)
- v = víz tömege, (kg/m³)
- $x = \frac{v}{c}$ = víz-cement tényező
- ρ_o, ρ_v = a cement és víz sűrűsége (g/cm³)
- p = légpórus-tartalom (%)
- ϵ_b = a telített beton porozitása
- ϵ_{bp} = a telítetlen (légpórusos) beton porozitása
- ϵ_{pb} = beton porozitás légpórusos tartalomnál és β bedöngölési tényezőnél
- ϵ'_b = túltelített beton porozitása
- ϵ_p = a ki nem töltött hézagokra vonatkoztatott porozitás

látzat 2. kifejezésével számítható, illetve κ_A -ból közvetlenül adódik és ha figyelembe vesszük a víz/cement tényezőt is, a cementszükségletet II. 3. szerint számítjuk.

Látható, hogy a tervezésnél az állapotábra PH oldalát „friss-beton oldalnak” tekinthetjük.

Megszilárdulás után a beton ϵ_b porozitását II. 4a., szerint számíthatjuk ki, ha ismerjük a tiszta cementkő – egyébként a cement minőségétől, a keverék víztartalmától és a beton korától is függő – ϵ_{ck} porozitását (l. 4. ábrát is). Ezek az értékek a háromszög TP („megszilárdult beton”) oldalán tüntetendőek fel.



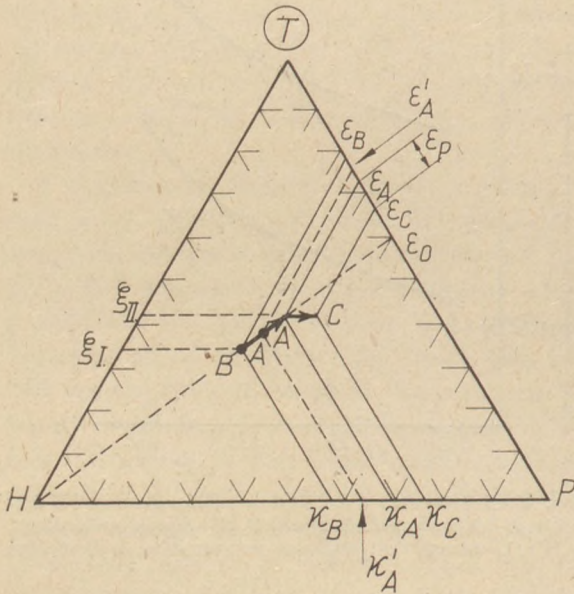
4. ábra. Váci 350-es és Váci 450-es portlandcementből különböző v/c tényező mellett készített 28 napig szilárdított, majd 105 °C-on szárított próbatestek porozitása és tömörsége

Ha fenténél (κ_A) kevesebb, κ_p térfogatú pépet használunk, akkor megszilárdulás után a hézagrendszer egy része üresen marad, illetve pórusává alakul át. Az így megjelenő pórus-térfogat (p) II. 5., a beton porozitása (ϵ_{bp}) pedig II. 4b. szerint számítható. A 3. ábrán ($T\epsilon_p$) távolságon belül ($T\epsilon_p$) és ($\epsilon_p, \epsilon_{bp}$) szakaszok arányából becsülhetjük a be nem töltött hézagokból és a cementkőben levő pórusokból származó üregrendszer térfogatának arányát, ami egyúttal bizonyos tájékoztatást is nyújt a beton belső morfológiájára vonatkozóan.

A 3. ábrán B pont jelzi egy folytonos szemeloszlású adalék helyzetét és κ_B hézagosságát (az A-pont egyfrakciós adalékhoz tartozott). Ismeretes, hogy a tömör halmaz kialakulását folytonos szemeloszlással biztosíthatjuk, melynek előnye: a kisebb pépszükséglet, az ábra alapján is igen jól felmérhető.

1.3.2. A szerkezeti állapot becslése könnyű adalék, túltelített beton és a friss-beton tömörítése esetén

Az 5. ábrán a pórusos (könnyű adalékot tartalmazó) beton készítése során bekövetkező szerkezeti állapotváltozásokat tüntettük fel. Feltételeztük, hogy a beton formálásakor a rendszer tömörödik. A betonzúzalék és tömörített beton térfogatának hányadosából képezett bedöngölési tényező definíciószerűen azonos a II. 1. szerinti tömörítési tényezővel, ha ξ_I alatt az adalék tömörségét, ξ_{II} alatt pedig a tiszta adalék betonra vonatkoztatott tömörségét értjük.



5. ábra. Betonstruktúra tervezése bedöngölési tényezővel

A tiszta adalék állapotát a TPH rendszerben a B pont tünteti fel. (Egyetlen adalékszem átlagos porozitása ϵ_0). Ha a keveréket β bedöngölési (tömörítési) tényezővel tömörítjük, akkor ($H\epsilon_0$) vonal mentén A pontba jutunk, miközben a hézagosság κ_A -ra csökken. Ebből II. 2. szerint számítható az optimális cementpép-térfogat. Ha p légpórus-tartalom elérése érdekében ennél kevesebb (κ_c térfogatú) cementpépet adagolunk, akkor az állandó tömörséget jelentő $\xi_{II} = \text{konst.}$ vonal mentén C állapotba jutunk, melyhez ϵ_c porozitás tartozik.

A megszilárdult betonban az adalékkal bevitt pórusok térfogatát ϵ_A , telítetlenségből származó hézagokat pedig az (ϵ_A ϵ_C) távolság adja, míg a beton összes porozitása II. 4. c. szerint számítható.

Az 5. ábráról az is kitűnik, hogy túltelített betonnál a többlet-cement adagolás úgy is felfog-

ható, mintha a pép az adalékot κ_A -ról κ'_A -re fel lazítaná, ami kisebb tömörítési tényezőt is eredményez. Ebben az esetben a beton porozitása (II. 4d.) kisebb, mint az éppen telített betoné. Tömör adalék-szemcsék esetén azonban a többlet-cementpép megnöveli a beton porozitását.

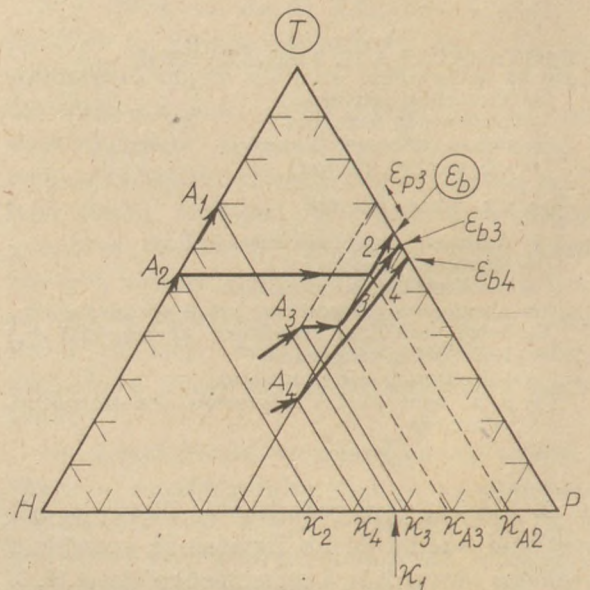
Meg kell jegyeznünk, hogy a cementpép zsugorodása a megszilárdulás folyamatában a betonstruktúrát némileg tovább módosítja, ami a betonkő porozitásának – víz/cement tényezőtől és cementminőségtől is függő – további némi növekedését eredményezi. Ha a cementkő térfogati zsugorodását ismerjük, a betonstruktúrára vonatkozó ilyen korrekciók szintén egyszerűen elvégezhetők.

Meg kell továbbá jegyeznünk azt is, hogy a cementkő porozitását feltüntetető 4. ábra és az összes, dolgozatunkban szereplő számított és mért érték, 105 °C-on szárított cementkőre vonatkozik.

1.3.3. Betonstruktúra tervezése a TPH állapotábra felhasználásával

Ha kitűzött feladatunk a 6. ábrán feltüntetett ϵ_b porozitású beton előállítás lenne, akkor e feladatot kétféleképpen oldhatnánk meg: a telítettséghez képest kevesebb cementpépet adagolhatnánk, vagy már eleve pórusos anyagokat pl. légpórusképzővel fellazított kötőanyagot, vagy pórusos (könnyű) betonadalékot alkalmazhatnánk.

A tiszta cementpép szerkezetét állandónak tételezzük fel (tehát ϵ_{ck} mindig konstans, pl. = 0,21),



6. ábra. Betonstruktúra tervezése kevert szerkezetű adalékkal

és figyelembe vesszük a különböző adalékanyagoknál erősen képlékeny konzisztenciájú friss-beton esetében várható *bedöngölési tényező* értékét is.

A 6. ábrából közvetlenül leolvasható, hogy

– az A_1 jelű betonadalékkal (szabványos, folytonos szemeloszlású kvarckavicsal) a feladat nem oldható meg, mivel az előírt porozitás nagyobb, mint az adalék κ_1 hézagossága,

– az A_2 adalékkal (5/10 mm-es, közel monodiszperz kavicsal) igen kis cementpép adagolás mellett (κ_{A2}) teljesíthető ugyan a feladat, de nyilván nagyon kis szilárdságú, a vizet áteresztő, rossz hangszigetelő betont nyernénk ($\varepsilon_{p2} = \kappa_2 - \kappa_{A2}$).

– Az A_3 -adalék (tégla-zúzalék) alkalmazása esetén az ábráról leolvasható (κ_{A3}) cementpép adagolás mellett kedvezőbb eredményt kapunk. A telítetlenséget $\varepsilon_{p3} = \kappa_3 - \kappa_{A3}$ értéke jelzi.

– A kitűzött feladatot maximális hézagkitöltés mellett A_4 mintával (pernyekavics) valósíthatjuk meg.

A tervezett ε_b betonösszetételhez képest – a cementkő pórusai miatt – a beton porozitása valamivel nagyobb (ε_{b3} , ε_{b4}). Ezt az eltérést azonban már a tervezés során is figyelembe vehetjük, illetve korrigálhatjuk. (A fentiekben ismertetett példák ábrái tényleges mérések alapján készültek. A méréseredmények a számított értékekkel jól egyeztek.)

2. Örlemények szerkezetének jellemzése

Az előzőekben ismertetett állapotjelzők elvileg alkalmasak arra, hogy a különböző szilikát- és építőanyag *örlemények* struktúráját, illetve az örlés következtében beálló struktúraváltozásokat nagy vonalakban velük leírjuk. Általános esetben az örleményeket *kevert* szerkezeti típusú rendszereknek kell tekintenünk, melyeknek szerkezete tehát a porozitás, hézagosság, tömörség (ε , κ , ξ) – koordinátákkal, illetve diszperzitásfok, összes fajlagos felület, dezaggregációs fok, (Ω , ω , δ) állapothatározókkal jellemezhető. Ezeknek a paramétereknek finomörlemények esetében való megállapítása azonban – kétségtelenül nem könnyű – kísérleti-metodikai problémákkal jár együtt. Ezek a nehézségek a következők:

a) A porozitás, hézagosság és tömörség kiszámításához a sűrűsége (ρ) kívül ismernünk kell a szemcsékre vonatkoztatott testsűrűséget (ρ_T) és a rendszer halmazsűrűségét (ρ_H) is. Az igen finom szemcsék testsűrűségének meghatározása amúgy sem könnyű feladat, tetézi ezt azonban az

is, hogy a legtöbb örleménynél igen könnyen, már viszonylag kis mechanikai hatásra megváltozik a halmazsűrűség és vele együtt a hézagosság is.

b) A diszperzitásfok, vagy örlési finomság (ω) meghatározása általában az örleményből préselt por-réteg permeabilitásának mérése útján valósítható meg, pl. Carman, Lea-Nurse, vagy Blaine-féle módszerrel (8). Tapasztalatunk szerint azonban kevert szerkezetű örleményeknél, ahol tehát a testsűrűség a sűrűségnél kisebb, a szokásos képletek alkalmazásával hamis eredményre jutunk (10).

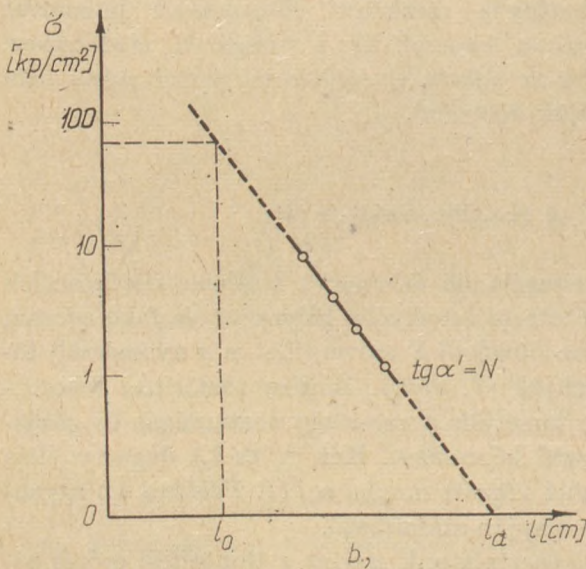
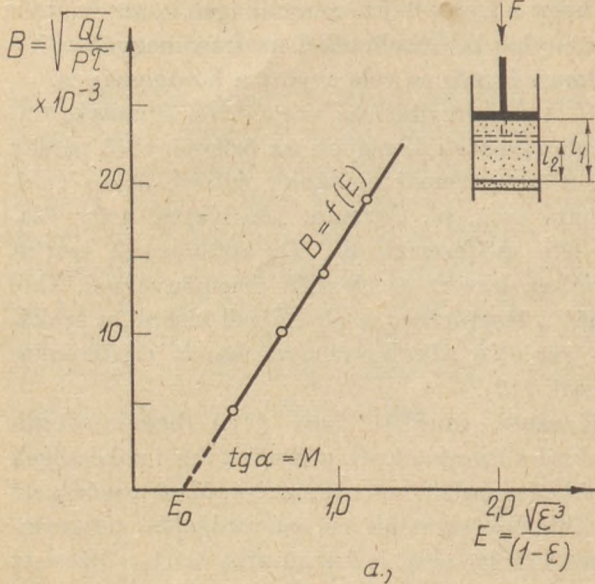
Korábbi munkáinkban (11.) beszámoltunk azokról a kísérletekről, melyeket fenti nehézségek áthidalása érdekében végeztünk. Most a módszert tovább fejlesztettük és számítógépes programjának kidolgozását is folyamatba tettük. Mivel az örlemények szerkezeti főtípusának jellemzése szorosan kapcsolódik e vizsgálati módszerhez, ezért az eljárás elvének rövid ismertetését nem tudjuk kikerülni.

2.1. A vizsgálati módszer elve

A vizsgálandó örleményt a Blaine-féle készülék mintatartó hüvelyébe helyezük és fokozatosan, egyre növekvő F erővel (illetve σ nyomással) tömörítjük (7. ábra). Minden tömörítési fokozatban lemérjük a por-réteg vastagságát és gázáteresztő képességét. Két (l_1 és l_2) dugattyúállás között végzett munka a III. Táblázat 1.) egyenlete alapján számítható.

Tapasztalatunk szerint a tömörítési erő és rétegvastagság között (III. Táblázat szerinti) 2a–2c összefüggések érvényesek (közepes tömörítésnél), miáltal 1. kifejezés 3. szerint alakul. A kísérleti adatok 2c. szerinti ábrázolásban egyenest írnak le (7/b ábra), melynek az abszcisszáig való meghosszabbításával a $\sigma = 1$ kp/cm² nyomóerővel történt tömörítéssel nyerhető l_a kritikus rétegvastagság meghatározható. Az ehhez tartozó halmazsűrűséget 4. egyenlet szerint számítjuk. Az extrapolációval megállapított l_1 rétegvastagság egyúttal az 1. egyenletben az l_1 integrációs határt jelenti.

Az l_2 (tömör állapothoz tartozó) rétegvastagság 5. alapján lenne meghatározható, ha a 6-ban kifejtett, a gázáteresztő képesség, „porozitás” és fajlagos felület kapcsolatát kifejező Carman-Lea-Nurse-féle összefüggés helyes lenne. Tapasztalatunk szerint azonban a 7a–7d szerinti helyettesítésekkel nyert 7e egyenlet kevert szerkezeti típusú örlemények esetében nem állja meg a



7. ábra. Az őrlemények belső morfológiai és adhéziós vizsgálatának elve

helyét (l. 7a ábrát), mivel a legtöbb őrleménynél a kísérleti pontokból szerkesztett egyenes az abszcisszáat E'_0 értéknél metszi és nem az origóból indul ki, mint ahogy az az egyenletből következne. E'_0 metszéspontból számított E'_0 porozitást a porrétegben, a gázáramlás szempontjából inaktív („zárt”) pórusokra vonatkozó porozitásnak tekintjük, melyhez 9. szerint l_0 rétegvastagság tartozik. A „zárt” pórusok figyelembe vételével a szemcsék „testsűrűségét” 8.) szerint számítottuk.

Ha a testsűrűség ismert, akkor a különböző tömörségű por-réteg hézagossága könnyen számítható, (10.b) s ebből 11a–11c egyenletek felhasználásával a hézagrendszerre vonatkoztatott ω „külső” fajlagos felület megállapítható.

$W = \int_{l_1}^{l_2} F dl$	1)	$\frac{\sqrt{\varepsilon'}}{(1-\varepsilon')} \equiv E'$	7c)
$F = F_a e^{-m'l}$	2a)	$\varepsilon_r = 1 - \frac{m}{f \rho l}$	7d)
$\sigma = \sigma_a e^{-n'l}$	2b)	$B = CE'$	7e)
$lg \sigma = lg \sigma_a - Nl$	2c)	$\underline{\underline{\rho_T = (1-\varepsilon'_0)\rho}}$	8)
$W = \int_{l_1}^{l_2} F_a e^{-n'l} dl$	3)	$l_0 = \frac{m}{\rho_T f}$	9)
$\rho_H = \frac{m}{f l_a}$	4)	$E = \sqrt{\frac{\kappa^3}{(1-\kappa)}}$	10a)
$l_2 = \frac{m}{f \rho}$	5)	$\kappa = 1 - \frac{m}{f \rho_T l}$	10b)
$\sqrt{\frac{Ql}{\tau p}} = 14 \sqrt{\frac{f}{\eta}} \times$		$\omega = \frac{C}{\rho_T M}$	11a)
$\times \frac{1}{(1-\varepsilon'_0)} \cdot \frac{1}{\rho \omega}$	6)	$\omega = \frac{CE}{\rho_T B}$	11b)
$\sqrt{\frac{Ql}{\tau p}} \equiv B$	7a)	$M = \frac{\Delta B}{\Delta E}$	11c)
$14 \sqrt{\frac{f}{\eta}} \equiv C$	7b)		

JELMAGYARÁZAT A III. TÁBLÁZATHOZ

F	= tömörítő erő (dyn)
l	= rétegmagasság (cm)
f	= a réteg felülete (cm ²)
$\sigma = \frac{F}{f}$	= nyomás (dyn/cm ²)
$F_a, \sigma_a,$	
$n', n,$	
N, M	= konstansok
m	= a minta tömege (g)
Q	= a τ idő (sec) alatt átbocsátott gáz térfogata (cm ³)
p	= nyomáskülönbség a réteg két végpontja között (dyn/cm ²)
$\rho, \rho_T,$	
ρ_H	= sűrűség, testsűrűség, halmazsűrűség (g/cm ³)
ω	= „külső” fajlagos felület (cm ² /g)
ε'	= „összes” porozitás
η	= az áramló gáz viszkozitása (poise)
ε	= a szemcsékben levő pórusokra vonatkoztatott porozitás
κ	= hézagosság
h_1, h_2	= manométer-állás

Szilikátőrlemények „összes” fajlagos felületét (Ω) a vízgőzegyensúlyok alapján határoztuk meg, az izotermákra alkalmazott BET-egyenlet felhasználásával.

Összetett analízis formájában tehát az alábbi tulajdonságok (paraméterek) állapíthatók meg:

1.) A „szemcsék testsűrűsége”: a belső (a permeabilitás szempontjából inaktív) pórusokat is tartalmazó szemcsék látszólagos sűrűsége, mely kisebb, vagy legfeljebb akkora, mint a tényleges sűrűség (ρ).

2.) „Halmazsűrűség”: az őrlemény térfogategységében foglalt tömege. Mivel a halmazsűrűség

változik az őrlemény tömörítése szerint, ezért vizsgálatainknál az 1 kp/cm^2 tömörítőerővel létrehozott (és grafikus extrapolációval megállapított) por-réteg sűrűségét tekintettük halmazsűrűségnek (ρ_H).

3.) „Diszperzitásfoknak” (külső fajlagos felületnek) tekintjük az őrleményhalmaz tömegegységében foglalt, a halmazon átáramló gáz által érintett nyílt *pórusrendszer* (aktív pórusok) felületét. Az aktív pórusok felülete egyúttal az őrleményben levő szemcsék határ-felülete is az áramló gázfázis felé. Mivel a gázáteresztésben nem feltétlenül vesz részt az összes pórus, ezért a „külső fajlagos felület” kisebb, vagy legfeljebb azonos az őrlemény valamennyi pórusa, illetve szemcséje felületével, az „összes fajlagos felülettel”.

A külső fajlagos felület egyúttal az őrlemény *őrlési finomsága* is (ω).

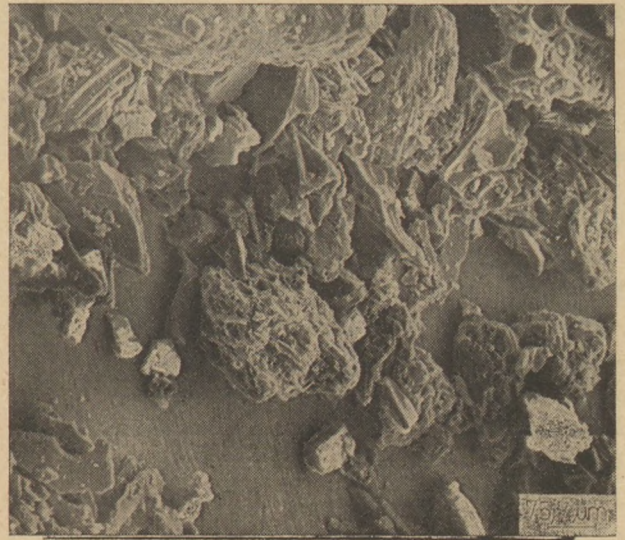
4.) „Összes fajlagos felületnek” azt az *equivalens felületet* tekintjük, melyet a BET-egyenletben leírt feltételek közötti „adszorpciós telítettség” esetén az abban résztvett vízmolekulák befednének, ha legtömörebb halmazt képezve sík felületen, egyetlen réteget alkotva lennének elrendezve és egyetlen vízmolekulára $10,6 \text{ \AA}^2$ tartart felület jutna (Ω).

2.2. Az anyag szerkezeti (TPH) állapotábrák alkalmazása őrlemények szerkezetének jellemzésénél

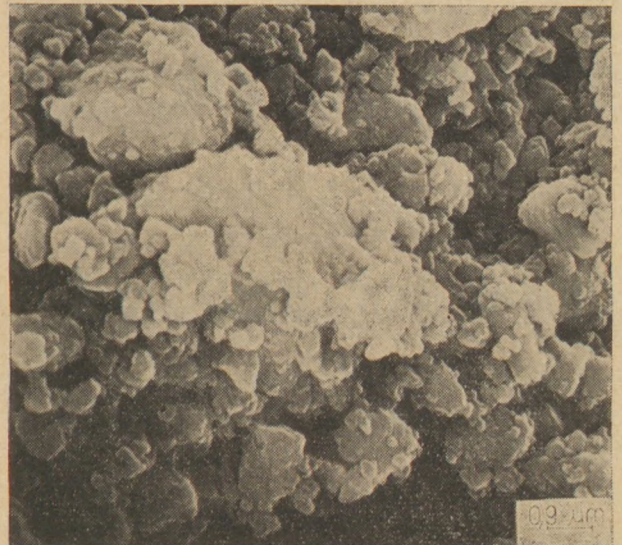
Az őrlemények struktúrája egymástól nagyon különböző okok miatt változhat meg: összekristályosodás, adhéziós erők működése, kémiai reakciók, vagy éppen az őrlés alatt bekövetkező primer és szekunder folyamatok az őrlemény szerkezetének és belső morfológiájának mélyreható változásait eredményezhetik. E folyamatok természetesen különböző szempontok szerint készített ábrákon szemléltethetők. Egyik ilyen lehetőség a szerkezeti típus TPH-rendszerben való feltüntetése, melyre az alábbiakban két példát mutatunk be:

2.2.1. Őrlési folyamat ábrázolása

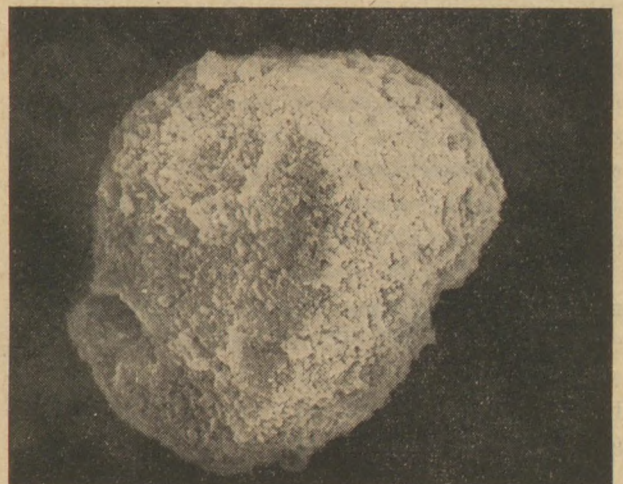
Tipikusan kevert szerkezetű anyag a vulkáni eredetű *pumicit*, melynek scanning-elektromikroszkópos felvételét a 8. ábra mutatja. Őrléskor elsősorban a pórusos rendszer táródik fel, majd ezt követi egy laza szerkezetű aggregátum-állapot (9. ábra), végül a szemcsék agglomerációja (10. ábra).



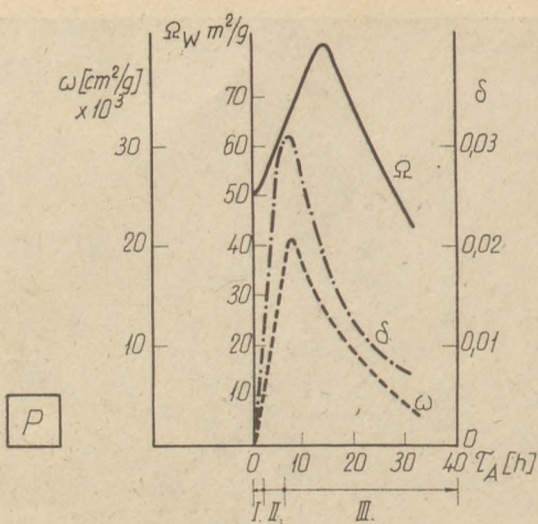
8. ábra. Durva, kevert szerkezeti típusú pumicit-őrlemény scanning-elektromikroszkópos képe



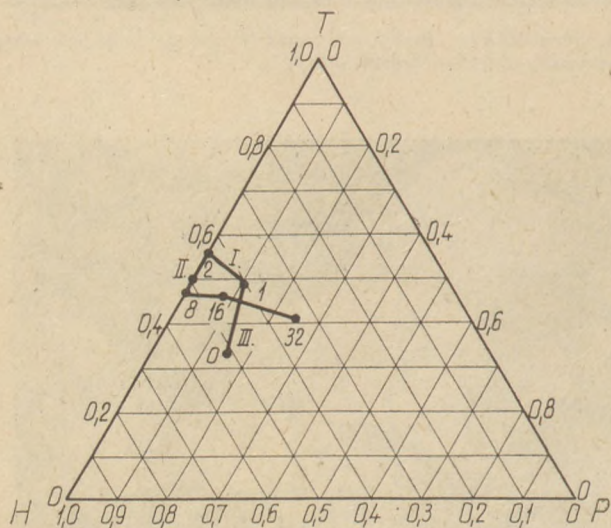
9. ábra. Közepesen őrlött, aggregált pumicit



10. ábra. „Agyonőrölt”, agglomerált pumicit



P



11. ábra. A pumicit őrítése során végbemenő szerkezeti állapotváltozások

Ezek a szerkezeti változások a 11. ábra folyamat- és állapotábráin jól követhetők.

Az őrítés első periódusában (0–4 óra őrítés) a diszperzitásfok és fajlagos felület, valamint a dezaggregáció növekedése (δ) a pórusszerkezet megszűnése tapasztalható. Az állapotváltozás a (0–1–2–4) vonallal követhető, mikoris a kevert szerkezet (pórusok feltáródása következtében) tiszta halmazszerkezetbe megy át (0–1–2).

A mechanikai aktiválásnak ezt az esetét *mechanikai diszpergálásnak* neveztük el.

Az őrítés második periódusában a rendszer tömörsége (2–8) vonal mentén csökken. A jelenség oka: a szemcsék közötti adhézió növekedése, ami lazább szerkezetű *aggregátumok* kialakításához vezet. Az őrítésnek ezt a szakaszát *felületi aktiválásnak* is nevezhetjük.

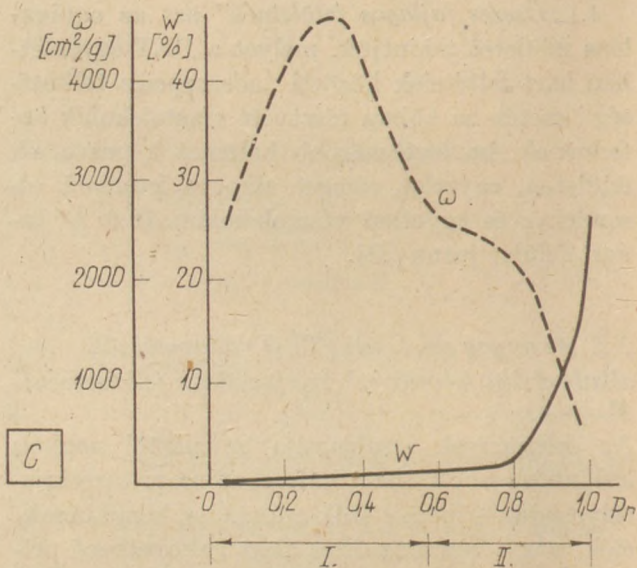
Az őrítés harmadik periódusában (8–16–32 óra) ismét szerkezeti típusváltozás következett

be. Oka az *agglomeráció* (12). Az agglomeráció következtében hézagok válnak ismét pórussá, újra kevert-szerkezet alakul ki. Az agglomeráció miatt a diszperzitásfok és a fajlagos felület is csökken. Mivel a jelenséget felületek közötti kémiai erők működésének tulajdonítjuk, ezért az őrítésnek ezt a szakaszát *mechanokémiai aktiválással* hozzuk összefüggésbe.

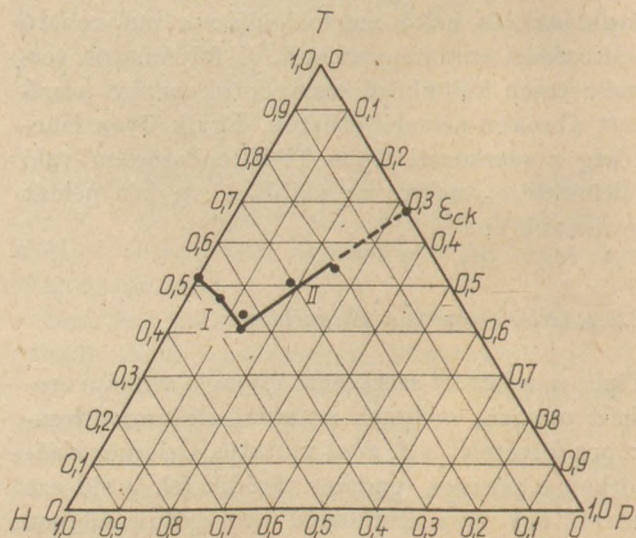
2.2.2. Cementhidratáció követése

Kiindulva a teljesen száraz cementből, a különböző páratartalmú (p_r) térben tárolt minták a 12. ábra felső részén „w”-vel jelölt izoterma szerint vettek fel vizet (w).

Az izotermának két szakasza van: az I. zónában (adszorpciós zóna) a külső fajlagos felület meg-



C



12. ábra. A cementőrlemény vizgőzfelvétele közben végbemenő szerkezeti állapotváltozások

növekedett, majd ezt követte a kapillárkondenzáció (II. zóna), melyben – hidratációs folyamatok következtében – a hézagrendszer felülete ismét lecsökkent.

A fenti két zóna a TPH-rendszerben is élesen különvált. A II. zónában levő pontok a teljesen hidratált cementkő porozitása (e_{ck}) irányában mutató vektor mentén helyezkednek el. (A jelenséggel bővebben e tanulmányban nem foglalkozunk).

*

Ezúton is köszönetet mondok Wojnarovits Lászlónának (SZIKKTI) az elektronmikroszkópi felvételek elkészítéséért.

3. Összefoglalás

Tanulmányunkban a szilárd építőanyagok belső morfológiájának jellemzésén belül a szerkezeti fő-típus megállapításának és meghatározásának, valamint számszerű jellemzésének lehetőségével foglalkoztunk.

A struktúra négy főtípusa: a tömör, pórusos, halmaz és kevert szerkezetű anyagrendszerek csoportja.

A felosztás bázisa egy idealizált szekezet: az abszolút *tömör* anyagok szerkezete. Ezt az állapotot többé-kevésbé megközelítik a reális tömör anyagrendszerek, melyek makroszkópiusan azal jellemezhetők, hogy pl. piknométeres módszerrel megállapított sűrűségük a diszperzitásfokkal mérhetően nem változik meg.

A tömör állapottól alapvetően két féle eltérés lehetséges. Az egyik az, hogy a tömör szerkezetben üreg-, pórus-, kapilláris-rendszer jelenik meg anélkül azonban, hogy a rendszer „egy-test” jellege megváltozna. Ezek a *pórusos szerkezetű* anyagok. A másik esetben a tömör szerkezet diszkontinuumokra tagolódik, ez a *halmaz szerkezetű* anyagok csoportja. Reális anyagoknál azonban igen gyakori a negyedik főtípust jelentő *kevert szerkezet*, vagyis olyan struktúra, melyben pórus és hézag egyidejűleg van jelen az anyagrendszerben.

Számszerűen az anyagszerkezeti típusokat két-féle módon jellemeztük: a valódi-, test és halmaz-sűrűséggel kifejezett porozitás, hézagosság, tömörség (ε , κ , ξ) paraméterekkel, valamint a faj-

lagos felületekkel kifejezett diszperzitásfok, összes fajlagos felület és dezagregációs fok (Ω , ω , δ) értékekkel. Előző esetben a rendszer struktúra-állapotát a „tömör-pórus-hézag” (röviden TPH) *háromszög-ábrán* jellemezhetjük, mely ábra alkalmas arra, hogy általa az anyagrendszerek struktúra szempontjából vett *állapotát*, valamint különböző külső hatásokra bekövetkező *állapotváltozásait* szemléltessük, de alkalmas egyszerűbb struktúra-tervezési (számítási) feladatok elősegítésére, valamint olyan *folyamatok* megállapítására is, melyek éppen a rendszer struktúrájának megváltoztatása segítségével mutathatók ki. Ezekre a lehetőségekre a kerámiák égetés alatti szerkezetváltozása, betontervezési feladatok megoldása, őrlés alatti aggregációs és agglomerációs folyamatok kimutatása és a cementörlemény vizsgáladszorpció következtében bekövetkező struktúra-változása alapján mutattunk rá. E mérésadatok mellett a tanulmány foglalkozik az *örlemények struktúrájának* jellemzésére kidolgozott mérési módszer elvével, valamint a módszerhez közvetlenül kapcsolódó állapotjellemzéssel is.

I R O D A L O M

- [1] *Wo. Oswald*: Die Welt der vernachlässigten Dimensionen Dresden, 1927.
- [2] *Buzágh A.*: Kolloidika, I. kötet, Budapest, 1946.
- [3] *Palotás L.*: Építőanyagok. I. k. Budapest, 1959.
- [4] *Erdey-Grúz T.* – *Shay G.*: Elméleti fizikai kémia. I. k. Budapest, 1964.
- [5] *R. Howink*: Elastizität, Plastizität und Struktur der Materie. Dresden, 1950.
- [6] *Kilián J.*: Építőanyagok, Budapest 1972. Valamint szabványok, kézikönyvek, prospektusok felhasználásával.
- [7] *Palotás L.* – *Balázs Gy.* – *Kilián J.*: Építőanyag Praktikum. Tankönyvkiadó, Bp. 1969.
- [8] *F. M. Lea*, *R. W. Nurse*: *J. Soc. Chem. Ind.* 58/1939/233.
- [9] *R. L. Blaine*: ASTM Bull. 108.(1941)17.
- [10] *Juhász Z.*: Építőanyag (1965) 419.
- [11] *Juhász Z.*: Építőanyag (1974) 464.
- [12] *Opoczky L.*: Az MTA Kolloidkémiai Munkabizottságában tartott beszámoló, 1975.

Юхас, З.: Группировка твердых строительных материалов на основе их внутренней морфологии

Juhász, Zoltán: Gruppierung fester Baustoffe aufgrund ihrer inneren Morphologie

Juhász, Zoltán: Classification of Solid Building Materials According to their Internal Morphologies

Téglaagyagok reológiai vizsgálata az agyagok plaszticitásának jellemzésére*

BALLÁNÉ CSÁKI IDA

Tégla- és Cserépipari Központi Laboratórium, Budapest

A tégl- és cserépiparban felhasznált agyagok egyik igen fontos gyakorlati tulajdonsága a képlékenysége. A „plaszticitás” azonban összetett jelenség: nemcsak a vizsgált agyag *alaptulajdonságaitól* (pl. ásványos összetételétől, szemcseeloszlásától, a szemcsék felületi szerkezetétől stb.) függ, hanem az anyag pillanatnyi *állapotától* (pl. víztartalmától, a mechanikai feltárás fokától stb.), valamint a vizsgálati módszertől (a deformáció módjától, sebességétől, az értékelés módszerétől, hőmérséklettől stb.) is, ami jelentősen megnehezíti és sokszor önmagukkal ellentmondássá teszi az agyagok képlékenységének számszerű jellemzését.

Ismeretes, hogy a kerámiában többféle vizsgálati módszer terjedt el az agyagok képlékenységének számszerű leírására. Ezek közül a durvakerámiai gyakorlatban főleg azokat az eljárásokat használják, amelyek valamilyen előírt konzisztencia eléréséhez szükséges víztartalommal jellemzik a plaszticitást (Pfefferkorn, Rieke, Atterberg), viszont vannak szerzők, akik a száraz próbatestek hajlítoszilárdságát tekintik az agyagok képlékenységi mérőszámának.

Az agyagiszapok viszkozitásának mérését főleg a finomkerámiai öntőiszapok, illetve a finomkerámiai nyers nemesanyagok tulajdonságainak megállapítására használják, a téglaiipari agyagok jellemzésére nem terjedtek el.

Az alábbiakban bemutatásra kerülő kísérletekkel a hazai durvakerámiai agyagokra vonatkozó, ilyenirányú ismereteinket kívántuk bővíteni. Végző célunk az volt, hogy módszert találjunk a téglagyagok képlékenységének viszkozitásmé-

résen alapuló vizsgálati módszerrel történt jellemzésére.

1. A vizsgálati módszer leírása

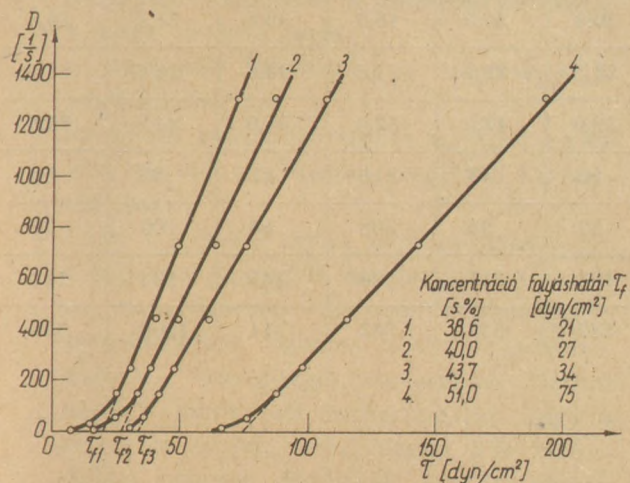
A reológiai mérésekhez olyan téglagyagokat igyekeztünk választani, amelyek a fontosabb agyagtípusokat képviselik, vagyis a gyakorlati felhasználás során technológiai szempontból eltérő tulajdonságokat mutatnak. Pl. *kaposvári agyag*: kevésbé képlékeny, homokos, rosszul megmunkálható, alacsony kötőképességű agyag. A belőle előállított késztermék alacsony szilárdsággal rendelkezik. A *solyvári agyag* ezzel szemben képlékeny, jól megmunkálható, tömött szöveti szerkezetű, megfelelő szilárdságú termék előállítására alkalmas agyagféle.

Az agyagokat 50 ± 5 °C-on kiszárítottuk, laboratóriumi finomhengeren kb. 4 mm maximális szemnagyságra őröltük és átlagoltuk. Az átlagmintából desztillált vízzel szuszpenziót készítettünk és 24 órás állás, 1 órás intenzív keverés után nedves szítással elválasztottuk a $40 \mu\text{m}$ feletti frakciót. A $40 \mu\text{m}$ alatti részből kíméletes bepárlással különböző töménységű szuszpenziókat készítettünk.

Az agyagok reológiai viselkedését RHEOTEST II. típusú rotációs viszkoziméterrel vizsgáltuk. Különböző, legalább 4 féle, koncentrációjú szuszpenzió konzisztencia-görbéit ($D-\tau$) vettük fel, melyekből a „plaszticitást” kívántuk jellemezni. A méréseket $23-25$ °C-on végeztük. A vizsgálandó anyagokat mindig azonos előkészítés után, azonos körülmények között vizsgáltuk. Minden mérésnél legalább 10, de általában 12 különböző sebességértékhez tartozó nyírófeszültséget határoztunk meg. A méréseket növekvő forgássebesség mellett végeztük.

* A Központi Földtani Hivatal megbízásából a BME Építőanyagok Tanszékén végzett kutatás.

A kísérleti görbékét a szokásos módon szerkesztettük meg, vagyis ábrázoltuk a nyírófeszültség (τ) függvényében a sebességgradiens (D) értékét (1. ábra). A mérési pontok jó közelítéssel



1. ábra. Debreceni agyag sebességgradiens-nyírófeszültség diagramja

egy egyenesre estek. Az egyenes meghosszabbításával, tehát grafikus extrapolációval állapítható meg a Bingham-féle (látszólagos) folyáshatár (τ_f). Ezt az értéket minden esetben meghatároztuk.

Összehasonlító vizsgálatokként meghatároztuk az agyagok

- Atterberg és
- Pfefferkorn-féle képlékenységi számát,
- száraz hajlítószilárdságát és
- fajlagos felületét, metilénkék adszorpcióval.

E vizsgálatok eredményeit az 1. táblázat tartalmazza.

2. A nyers mérésadatok értékelése

Mivel vizsgálatunk végső célja az agyagok képlékenységének jellemzése volt, ezért azt vizsgáltuk, hogy milyen módszerrel lehet a viszonylag híg agyagiszapok reológiai mérőszámai alapján a kis víztartalmú agyagok tulajdonságaira következtetni?

Első feladatunk tehát a koncentráció és a reológiai jellemzők közötti összefüggés matematikai megfogalmazása volt.

Sok mérés alapján azt a következtetést vontuk le, hogy a Bingham-féle folyáshatár (τ_f) és a szuszpenzió töménysége (c) közötti függvényszerű kapcsolat az alábbi összefüggéssel adható meg:

$$\log \tau_f = M \log c - A$$

ahol τ_f = az extrapolációval megállapított folyáshatár

c = a szuszpenzió töménysége (súly %-ban: 100 g szuszpenzióban levő szárazanyag súlya)

A = az egyenes által a $\log \tau_f$ tengelyből kimetszett szakasz

$M = \operatorname{tg} \alpha$: az egyenes iránytangense

Az egyenlet érvényességét a 2. ábra adatain (debreceni agyag) mutatjuk be.

Összefoglaló értékelés (Agyagok reológiai vizsgálata)

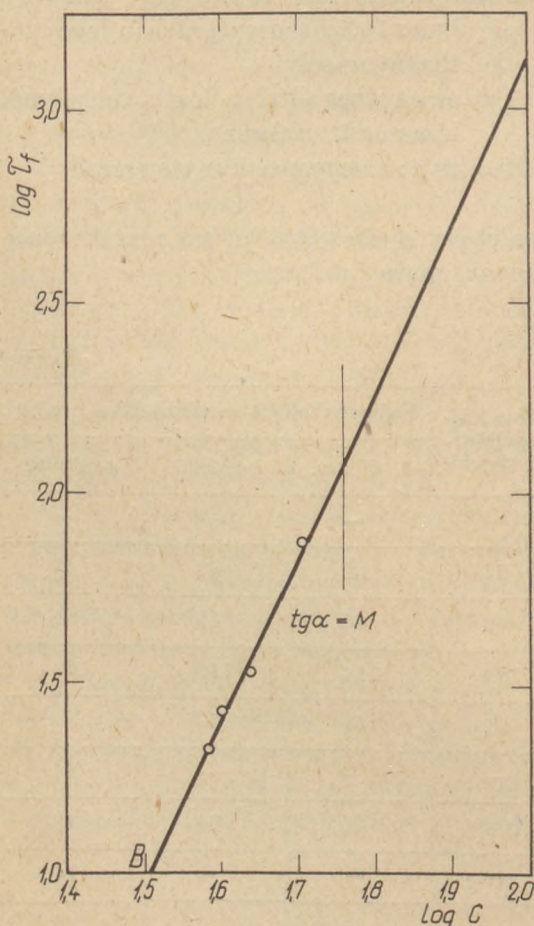
1. táblázat

Sor-szám	Megnevezés	K_v	Atterberg Pfefferkorn féle képlékenységi szám		Száraz hajlítószilárdság kp/cm ²	Fajlagos felület metilénkékkel, m ² /g		
						1 ó ázt.	bepárlás	szódával
1.	Kvare	3	nem vizsgálhatók		—	—	—	—
2.	Kaposvár	10	7	25,8	54	40	43	42
3.	Debrecen	16	10	26,3	67	45	45	51
4.	Mezőtúr	320	36	45,3	180	114	119	128
5.	Solymár	630	17	29,5	85	51	52	53
6.	Kaolin (sárisápi)	630	16	33,3	—	—	—	24
7.	Kisújszállás	1000	24	43,2	108	77	74	76
8.	Illit (fűzerradványi)	1260	48	53,1	—	—	—	114
9.	Bentonit (Mád-koldui)	19 950	66	68	—	—	—	342

Az agyagok jele		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
koncentráció (súly %)	c_1	24,8	37,4	38,6	28,4	31,6	42,7	35,0	20,1	26,0
	c_2	50,1	42,5	40,0	30,4	36,0	48,7	39,0	21,1	30,5
	c_3	78,0	51,0	43,7	33,8	39,1	51,5	42,5	26,7	31,5
	c_4	—	53,9	51,0	38,0	43,5	52,5	45,0	36,9	35,6
folyáshatár, τ_f (dyn/cm ²)	f_1	31	32	21	80	49	210	41	80	58
	f_2	100	48	27	87	93	368	84	100	77
	f_3	220	122	34	146	216	720	145	233	112
	f_4	—	348	75	289	335	963	314	1500	335

Végezzünk extrapolációt a fenti összefüggés alapján a fiktív „teljesen száraz” állapotra! Ilyenkor:

$$(\log \tau_f)_2 - (\log \tau_f)_1 = M \log c_2 - M \log c_1$$



2. ábra. Debreceni agyag folyáshatár-koncentráció diagramja

Mivel

$$(\log \tau_f)_1 = 1,0 \text{ esetén } \log c_1 = B$$

és

$$\log c_2 = \log 100 = 2$$

ezért

$$(\log \tau_f)_2 = 2M - MB + 1 = M(2 - B) + 1$$

egyenlet segítségével a „száraz” állapotra vonatkoztatott folyáshatár M és B ismeretében kiszámítható.

Az agyagok „képlékenységének” jellemzésére a következő kifejezést használtuk:

$$\frac{\text{num}(\log \tau_f)_2}{100} = \frac{(\tau_f)_2}{100} = K_v$$

K_v értéke egész számra kerekítendő.

Mint láttuk ezt az értéket kétszeres grafikus extrapolációval nyertük és ezzel kiküszöböltük a mérőszám függését a víztartalomtól és a kísérleti körülményektől. A K_v -vel jellemzett képlékenység az eddigi módszereknél sokkal szélesebb skálával jellemzi a különböző agyagok plaszticitását.

Így a reológiai tulajdonságok alapján a plaszticitás mérőszámának megállapítása (mint második feladat) megoldást nyert.

3. Vizsgálati adatok: lásd táblázatokat.

4. A vizsgálati módszerrel kapcsolatos tapasztalataink

A módszernek számos előnyét tapasztaltuk:

- az agyag előkészítése a méréshez egyszerű;
- a mérés kivitele gyors;
- a szubjektív hibaforrást a vizsgálattal ki lehet küszöbölni;
- az egyes, különböző típusú agyagok reológiai mérőszámai között megfelelő különbség van;
- feltár a módszer olyan tulajdonságot is, pl. a solymári agyagnál, melyet más módszerrel nem lehetett észlelni (képlékenység, szemszerkezet, fajlagos felület meghatározásával). Összefüggés mutatkozik viszont azzal a gyakorlati tapasztalattal, hogy a solymári agyag (a képlékeny kék előfordulás) nehezen feltáródó, tömött szöveti szerkezetű agyagféleség. Igazolja ezt pl. az a kísérleti eredmény is, hogy a nedves agyagmassza képlékenysége 21 napi pihentetés után számottevő mértékben emelkedett a 24 óra után mért képlékenységi számhoz képest.

A jelenséget teljes egészében nem tudjuk értelmezni, további vizsgálatokra van szükség.

A felsorolt előnyös tapasztalatok alapján a viszkozitásmérésen alapuló vizsgálati módszert alkalmasnak találjuk téglagyagok képlékenységének jellemzésére. A munkát azonban nem tekintjük befejezettnek. Többirányú kísérletsorozat elvégzését tervezzük az eddigi munkánk során felmerült kérdések (pl. ellentmondásosnak látszó vizsgálati adatok, mint pl. a mezőtúri duzzadó és a solymári agyag esetében) tisztázása céljából.

I R O D A L O M

[1] *F. Scharrer, U. Hofmann*: Ber. DKG. 9.(1963)544-554.

[2] *A. Dietzel*: Ber. DKG. (1968)63-66.

[3] *Csáki Ida*: Építőanyag, 1971.12.475-480,

Balláné Csáki Ida: Téglagyagok reológiai vizsgálata az agyagok plaszticitásának jellemzésére

Kísérleteink célja módszert találni a téglagyagok képlékenységének viszkozitásmérésen alapuló vizsgálati módszerrel való jellemzésére. Ötféle olyan fontosabb agyag-típust választottunk, melyek a gyakorlati felhasználás során technológiai szempontból eltérő tulajdonságot mutatnak.

A viszonylag híg agyagiszapok reológiai tulajdonságai alapján a plaszticitás mérőszámát igyekeztünk megállapítani.

Баллане, Чаки И.: Реологические исследования кирпичных глин с целью характеристики их пластичности

Целью проведенных исследований было отыскание метода измерения вязкости глин, могущего служить характеристикой пластичности кирпичных глин. Было выбрано пять типов глин, обладающих с технологической точки зрения различными свойствами.

Показатель пластичности определялся на основании испытания реологических свойств относительно разбавленных глиняных шламмов.

Frau Balla Csáki, Ida: Rheologische Untersuchung der Ziegeltonne zur Charakterisierung ihrer Plastizität

Zweck der Versuche war, ein Verfahren zur Charakterisierung der Plastizität der Ziegeltonne aufgrund von Viskositätsmessungen zu finden. Es wurden fünf wichtigere Tontypen gewählt, die bei ihrer Verwendung in der Praxis, in technologischer Hinsicht, verschiedene Eigenschaften aufweisen.

Es wurde versucht aufgrund der rheologischen Eigenschaften der relativ dünnen Tonschlammern die Maßzahlen der Plastizität zu bestimmen.

Csáki-Balla, Ida: A Rheological Study of Brick Clays for the Characterisation of Clay Plasticity

A method was searched to characterise brick clay plasticity by measuring the rheological (viscous flow) properties of relatively diluted slips. Data are presented for 5 clays, of different manufacturing behaviour.

Néhány szempont az őrlőtestek helyes megválasztásához

CSETÉNYI JÓZSEF

Veszprémi Vegyipari Egyetem, Szilikátkémiai Tanszék

Őrlés golyós dobmalomban

A golyós malmokban történő aprítás lefolyása még sok vonatkozásban ismeretlen. Nem tisztázták még pl. teljesen azt sem, hogy az aprítás nyomás, vagy súrlódás, vagy mindkét hatás érvényrejutása folytán jön létre. Annyi bizonyos, hogy a daraboláshoz szükséges energia az őrlőtestek mozgásából keletkezik. A gyakorlati tapasztalatok is bizonyítják, hogy ennek a mozgási energiának a kihasználása igen rossz határfokú. (1)

Azt egyértelműen megállapították, hogy vizes közegben való őrlésnél az őrlőtestek mozgása lényegesen eltér a száraz őrlésétől. A száraz őrlésnél főleg a magasból eső őrlőtestek aprítanak. Nedves őrlésnél a nehézségi erő, centrifugális erő és a súrlódás mellett a víz közegellenállása is jelentkezik. Ennek eredményeképp a golyók ütőhatása lényegesen lecsökken. Nagyfokú iszapoló és keverő hatás lép fel és főleg a golyók dörzsölő hatása következtében fellépő nyírás érvényesül. (2) Egyértelmű megállapítás, hogy a nedves őrlés sokkal intenzívebb, mint a száraz őrlés. Kukullev (3) szerint nedves őrléskor a szilárd anyag szétaprózódása során azok felületén telítetlen kötések keletkeznek, amelyek vízmolekulákkal telítődnek. A vékony rétegű vízburok elősegíti a részecskék dezagglomerálódását. A nedves őrlés másik előnye, hogy a folyamat alatt intenzív a keveredés is. Kisméretű dobmalomban kísérleti úton meghatározták a röppálya csúcsán levő golyó kinetikus energiáját, s a nedves őrlés során a szuszpenzió szintjén a becsapódási energiát. Megállapították, hogy ez a kinetikus energia hatszor kisebb, mint száraz őrlés esetén. A kísérlet során viszont azt tapasztalták, hogy a nedves őrlés kétszer intenzívebb, mint a száraz őrlés. Ezt a dezagglomerációs, s más hatásokon kívül azzal magyarázzák, hogy a

porréteg tompító hatása sokkal nagyobb, mint a szuszpenzióé. Ekkor a belső súrlódási együttható egy vagy több nagyságrenddel túllépi a szuszpenzióéé tapasztalható értéket.

A részecskék aprózódása nedves őrléskor lebegtetett állapotban megy végbe, s a golyók ütése gyakorlatilag monomolekuláris rétegre hat. Ezért a golyó egy részecskére vonatkozó ütésének fajlagos energiája nagyobb, mint a száraz őrlésnél, ahol a golyó ütésének energiája nagyszámú részecskén osztozik meg. Ennek következtében azok nagy hányada csak rugalmas és plasztikus deformációt szenved a golyók ütésének hatására. A száraz őrlés során csökkenthető a belső súrlódási együttható – s így a porok tapadó hatása – hidrofób felületaktív adalékokkal. Ugyancsak alkalmazhatók felületaktív adalékanyagok nedves őrlésben is, amikor ezen anyagok nemcsak őrlésgyorsítóként, hanem a szuszpenzió hígítóiként lehetővé teszik kisebb víztartalmú zagyok őrlését. (3)

A hagyományostól eltérő anyagú őrlőtestek és tulajdonságaik

A malombélések és őrlőtestek anyagát úgy kell megválasztani, hogy az őrlés során lehetőleg nagy hatásfokot érjenek el, s az őrlendő anyag intenzív aprózódása mellett a bélések és őrlőtestek kopása minimális legyen. Alapelve, hogy a malombélés és az őrlőtest lényegesen keményebb anyagból legyen, mint az őrlendő anyag.

A nagy sűrűségű acélgolyókkal gyorsan lehet őrlődni, de az őrlőanyagot a vas szennyezi, ezért a finomkerámiai iparban ezek nem használhatók.

A hagyományos őrlőtest, s béléanyag a flintkő. Aránylag olcsó, tartós, sűrűsége kicsiny s mi-

nósége is ingadozó. A porcelánból és szteatitból készített őrlőtestek is kis sűrűségűek. Egyetlen előnyük, hogy a velük azonos összetételű nyersanyagokba bekopott őrlőtest az őrleményt nem szennyezi, s összetétel változást nem okoz.

Az alumínium-oxid őrlőtestek 3,3 – 3,5 g/m²-es sűrűségükkel már jelentősebb őrlőerőt képviselnek, kitűnnek nagy keménységükkel is (Mohs 9), és még ennél is kedvezőbbek a cirkónium-dioxid őrlőtestek. Az alumínium-oxiddal dúsított porcelán, az alumínium-oxid és cirkónium-dioxid őrlőtestek a nagyobb nyersanyag és előállítás költségek miatt lényegesen drágábbak a hagyományos őrlőtesteknél.

A nagyobb súlyú őrlőtestekkel üzemeltetett malmokat erősebben terhelhető csapágyazással kell ellátni, s meghajtásuk is nagyobb teljesítménnyel lehetséges. Ezért esetről esetre mérlegelni kell, hogy a nehezebb őrlőtestek alkalmazása mennyire indokolt, s velük az őrlési folyamat gazdaságossága mennyire javítható. (1. táblázat)

1. táblázat

Az őrlőtest anyagát képező termékek sűrűsége

Őrlőtest anyaga	sűrűsége (g/cm ³)
flintkő	2,4
porcelán	2,4
szteatit	2,7
alumínium-oxid	3,9
szilícium-karbid	3,2
titán-dioxid	3,7
cirkónium-dioxid	5,5
bórkarbid	2,5
edzett acél	7,8
keményfémek	8 – 15

Szennyező hatásuk miatt a fémek nem használhatók a finomkerámiai iparban, drágasága miatt pedig a cirkónium-dioxid sem.

Az őrlőtestekként alkalmazható termékek nélkülözhetetlen tulajdonságai a következők:

1. nagy keménység és kopásállóság az őrlőtest teljes keresztmetszetében, hogy alakja őrlés közben ne változzék.
2. nagy tömörség, hogy ellenálljon az ütéseknek és a nagy terhelésnek, amelyek összetörnék, vagy széthasítanák a rosszul sajtolt, vagy kevésbé tömör szerkezetű anyagokat.
3. az előző okok miatt nagy szilárdság
4. légzárványoktól, s belső feszültségektől mentes legyen a tartósság érdekében.
5. felülete pórusmentes legyen a könnyű tisztíthatóság céljából.
6. kellő fehérségű legyen, hogy ne színeze az őrleményt.

Ezeknek a kritériumoknak az izosztatikus sajtolással előállított alumínium-oxid őrlőtestek felelnének meg a legjobban. Az alumínium-oxid zsugorításához szükséges égető kapacitás finomkerámiai üzemeinkben jelenleg nincs. Az sem valószínű, hogy ilyen típusú őrlőtestek hazai előállítása gazdaságos lenne.

A nagy timföldtartalma miatt jelentősen megnövekedett sűrűségű, kis hőmérsékleten égethető ALKOR őrlőtest – melyet a Zsolnay Porcelángyárban dolgoztak ki – a fenti követelményeket kellő mértékben kielégítheti.

Az őrlés hatásosságának növelése nagysűrűségű őrlőtestek alkalmazásával

Ismeretes, hogy kellő hatásfokú őrlés akkor érhető el, ha az őrlött iszap olyan koncentrált, hogy abból az őrlőtestet kiemelve azon vékony filmszerű iszap-bevonat van. A két őrlőtest között levő zagy réteget kellő nyomással kell az őrlőtesteknek összenyomni ahhoz, hogy a létrejött súrlódó mozgás a benne levő szemcséket aprítsa is. Ha az őrlőtestek lebegnek, az őrlő hatás csekély.

Következésképpen az őrlőtesteknek nehezebbeknek kell lenniök mint a massa szuszpenzióknak. Minél nehezebbek ahhoz képest, annál nagyobb a nyomás két őrlőtest között, s hatásosabb az őrlés.

A nagyobb sűrűségű őrlőtestek alkalmazása lehetővé teszi az őrlemény zagysűrűségének, száraz anyag tartalmának növelését. Ezt jól bizonyítják Melandri (4) kísérletei. A malomban lejátszódó folyamatokat két 1 cm élhosszúságú flintkő, illetve alumínium-oxid kockán tanulmányozta. Ha 1 – 1 ilyen kockát 1,7 g/cm³ sűrűségű szuszpenzióba merítünk, úgy mindegyik kocka súlyától függően gyorsabban, vagy lassabban ülepszik. A szokásos kerámiai anyag esetében a „tisztá dolgozó súly” 0,7 g, az alumínium-oxid esetében pedig 1,8 g (őrlőtest sűrűsége – a szuszpenzió sűrűsége).

A dolgozó súlyok különbsége változni fog az őrlött szuszpenzió sűrűségével. Minél nagyobb sűrűségű a fürdő, annál erősebben növekszik a dolgozó súly különbsége. Ha pl. az előző 1,7 g/cm³ helyett 1,8 g/cm³ lesz, az alumínium-oxid őrlőtest a korábbi 2,5 szörös helyett már 2,8-szor lesz nehezebb a szokásos kerámiai őrlőtesthez képest.

Mindebből következik, hogy a korábbi, kis sűrűségű őrlőtestek helyett inkább alumínium-oxidból készült apróbb őrlőtesteket kell a malomban használni, mivel ezek nagyobb súlyuk kö-

vetkeztében nem „lebegnek”, az ütközési pontok száma jelentősen növelhető, az őrlés gazdaságosabb lesz. A nagysűrűségű őrlőtestek előállításával mind több cég foglalkozik. Az azonos súlyú termék felülete növelhető azáltal, hogy golyó alak helyett az átmérővel közel megegyező egyenlő oldalú hengereket állítanak elő. Ilyen az angol HI-DEN cég zsugorított timföldből készített terméke is, melynek sűrűsége 3,52 g/cm³. Henger alakúak, méreteik 12,7–50,8 mm közt változnak.

A KOPRERS-cég Al 755 elnevezésű termékei 12, 20, 32 és 50 mm-es golyók illetve az átmérőjükkel megegyező magasságú hengerek. A BITOSSI cég által gyártott ALUBIT is hasonló típusú termék. Az URALIT hengerek cirkonhomok adagolással készülnek.

Őrlőtest méretek fontossága

A malmok méretei általában megszabják a bennük használt őrlőtestek méreteit is. A durvább szemcséjű anyagok őrléséhez, amikor az őrlőtestek tömegéből származó nagyobb ütőmunkára van szükség általában nagyobb méretű őrlőtestek használata célszerű. A finomőrléshez nagyobb felülettel rendelkező kisebb méretű őrlőtestekből álló töltet használata indokolt, mivel ez esetben a nagyobb súrlódó mozgás intenzívebb őrlést tesz lehetővé.

A cementiparban a többkamrás malmokban kamránként más-más méretű őrlőgolyókat alkalmaznak. Ugyancsak a cementiparban alkalmazták először a különböző méretű golyókból álló tölteteket is. A különböző méretű őrlőtestek arányának variálásával befolyásolható az őrlemény szemcseösszetétele is. Azbeszt cement előállításához közepes szemcsefinomságú cementet őrltek 40% 50 mm Ø-jű, 10% 70 mm Ø-jű és 50% 50 mm Ø-jű malomtöltettel. Polidiszperz szemcseösszetételű portlandcement előállítására a 10% 100 mm Ø-jű, 20% 80 mm Ø-jű és 70% 60 mm Ø-jű malomtöltet volt a legmegfelelőbb (5).

A finomkerámiai iparban, ahol a finomőrlés a cél, jórészt tapasztalati úton állapítják meg az őrlőtestek méreteit. Ugyanez vonatkozik a kopásból eredő őrlőtest pótlására, s a túl kicsinyre kopott őrlőtestekből álló dobtöltet kicserélésére is. A nagyobb sűrűségű őrlőtestek alkalmazásával lehetőség van kisebb méretű őrlőtestekkel, nagyobb száraz anyag tartalmú zagyok intenzívebb őrlésére.

Az őrlőtestek méreteinek változtatásával nagymértékű hatásfok növelés már nem várható. Példaként említjük az almásfüzitői T₁α timföld őrlési kísérleteink eredményeit.

Porcelán dobmalomban 3–3 kg timföldet őrltünk 48 illetve 70 órán át. A malomban egyik esetben 2 liter víz mellett 3 kg 10 mm-es átmérőjű, s magasságú ALKOR hengerekkel, másik esetben 15 mm-es ALKOR őrlőtestekkel őrltünk. A timföld 73,80%-a 56 μm alatti szemcsefinomságú volt. A 48, illetve 70 órán át történő őrlés után Holderbank szemcseanalizátorral meghatároztuk az őrlemények szemcseeloszlását. Ezt a 2. táblázatban közöljük az őrletlen timföld 56 μm alatti szemcsefrakciójának feltüntetésével.

2. táblázat

10- és 15 mm-es őrlőtestekkel őrlt timföld szemcseeloszlása

Szemcse nagyság μm	Őrletlen finom frakció szemcse- elosz- lása %	Őrlőtest méret: 10 mm, őrlési idő		Őrlőtest mé- ret: 15 mm őrlési idő	
		48 óra	70 óra	48 óra	70 óra
		szemcseeloszlása %		szemcseelosz- lása %	
0–2	1,96	7,35	12,62	6,99	10,96
2–4	3,60	8,50	10,52	7,99	10,06
4–6	1,76	3,90	4,84	3,68	4,60
6–8	2,91	5,85	7,14	5,56	6,62
8–10	4,24	8,20	10,35	7,73	9,75
10–12	5,73	10,40	14,76	10,23	14,07
12–14	5,28	9,70	13,50	9,48	13,33
14–16	4,53	8,49	11,55	8,28	12,09
16–18	3,17	5,13	5,79	4,89	6,37
18–20	4,28	4,72	3,71	4,44	4,48
20–26	12,22	6,66	2,59	6,53	3,51
26–32	37,63	12,71	1,97	14,24	2,97
32	12,63	8,46	0,61	9,99	0,87
átlagos szemcse- átmérő	21,90	15,03	10,28	15,68	10,98

Az átlagos szemcseátmérőkből is kitűnik, hogy a kisebb őrlőtestekkel nagyobb hatásfokú az őrlés. A felületi nyíró hatás jobb érvényrejutása folytán a kisebb őrlőtestekkel intenzívebb őrlést értünk el.

A 10 mm-es őrlőtestek felülete: 1,633 cm²/g,
a 15 mm-es őrlőtestek felülete: 1,295 cm²/g volt.

Ha a táblázat számszerű adatait nézzük, pl. a 10 μm alatti szemcsefrakciók aránya 48 órás őrlés után a 10 mm-es őrlőtestekkel őrlve 33,8% a 15 mm-es őrlőtestekkel őrlve 32%. A 70 órás

örlés után 45,5% és 42% a 10 μm alatti szemcsehányad.

Mint a táblázat adataiból kitűnik, ilyen zagsűrűségű iszap az 5 kg-os laboratóriumi malomban 10 mm-es őrlőtestekkel jobb hatásfokkal őrlhető, mint a nagyobb méretűekkel. Ilyen szemcsefinomság elérésére tapasztalataink szerint porcelán őrlőtestek alkalmazása esetén jóval hosszabb őrlési időre lett volna szükség. A zagsűrűségű őrlőtestek alkalmazása során élénkült a kutatási kedv a kellő tapasztalatok megszerzése érdekében. (6., 7., 8., 9., 10.)

Megállapították, hogy további hatásfok növelés érhető el, ha a malomba különböző méretű őrlőtesteket adnak. Kialakult egy olyan elv, hogy célszerű 25–25%-ban kis, illetve nagy és 50% közép-méretű őrlőtest együttes alkalmazása. Ez esetben alkalomszerűen a túl kicsinyre kopott őrlőtesteket eltávolítják, a hiányt a nagyméretű őrlőtestekkel pótolják s így tartják egyensúlyban az őrlőtestek méret-arányait.

Ismeretes, hogy a földpát komponens finomabbra őrlésével a porcelán áttetszősége növelhető, de a késztermék tűzbeni állékonysága ezzel romlik. Tanszéki kutató munkánk során megállapítottuk, hogy a porcelán masszában ömlesztőanyagként használt aplit meghatározott szemcseösszetételűre őrlésével lehetséges a késztermék mechanikai tulajdonságainak növelése. A szemcseösszetétel arányainak változtatásával mind a tűzbeni állékonyság, mind a mechanikai szilárdság romlik (6). A különböző méretű őrlőtestek együttes alkalmazása, változtathatja az örlemény szemcseeloszlását, s ezzel várhatóan a késztermék tulajdonságait is. Ennek az őrlési módszernek a bevezetése lehet rejtett hiba forrása is, de lehet a késztermékek minőségének, egyes tulajdonságainak megváltoztatására szolgáló eszköz is.

Összefoglalás

A kerámiai üzemekben a golyósmalmok működtetése nagy energiafelhasználással történik. Az őrlési hatásfok növelhető zagsűrűségű őrlőtestek alkalmazásával. Ez esetben az őrlési idő jelentősen csökkenthető.

További az előzőnél kisebb mértékű hatásfok-növelés érhető el az őrlőtestek felületének növelésével. Az őrlőtest-töltet felületének növelése a golyó alaktól a hengeres alakra való áttéréssel, valamint — kihasználva a nagyobb zagsűrűségű őrlőtest adta lehetőséget — az őrlőtestek méreteinek optimális mértékűre csökkentésével lehetséges.

A különböző méretű őrlőtestekből álló őrlőtest töltet használatával az örlemény szemcseeloszlása befolyásolható.

I R O D A L O M

- [1] *Nijman, J. — de Nie, L. H.*: Aufbereitungstechnik 3. 109–115. (1962)
- [2] *Beke, B.*: Aprítás, fajtázás. Tankönyvkiadó, Budapest (1952)
- [3] *Kukolev, G. V.*: Szteкло i keramika 4. 21–22. (1972)
- [4] *Melandri, M.*: L'Industrie Ceramique 639. 311–312. (1971)
- [5] *Szerebrjakov, I. B.*: Cement (Leningrad) 44. 1–11. (1972)
- [6] *Rabinovics, Sz. A.*: Szteкло i keramika 19. 3. 26–28. (1956)
- [7] *Zapp, F.*: Berichte der Deutsche ker Ges 40. 7. 409–416 (1963)
- [8] *Valenta L.*: X. Karlovy Vary Konf. e. a. 1966.
- [9] *Jurcsak, I. J.*: Sklar a keramik 11. 303–304. (1963)
- [10] *Beilich, E.*: Materiale de Constructi 8. 12–18. (1972)

Чемени, Й.: Некоторые аспекты правильного подбора мелочей загрузки мельниц

Csetényi, József: Einige Gesichtspunkte zur richtigen Wahl der Mahlkörper

Csetényi, József: How to Select Grinding Media?

Hozzászólás

Juhász Zoltán: „Szilárd építőanyagok csoportosítása, a belső morfológiájuk alapján”
c. cikkéhez

Az anyagokat, szűkebb értelemben véve a szilárd építőanyagokat, amint erre a szerző is rámutat, bizonyos azonos jellegű tulajdonságaik, tulajdonságcsoportjaik szerint igen különböző csoportokba szoktuk sorolni. Az így kialakult anyagcsoportok alapjellemezői, amelyek valamely csoport azonos jellegét megszabják, egyben a csoportok egyéb jellemzőit is sok tekintetben determinálják.

Bármilyen csoportosításban tárgyaljuk is az anyagokat, az egyes tulajdonságok felismerésére, kvalitatív vagy kvantitatív megállapítására mindig a vizsgálatok bizonyos előre kiválasztott fajtaikat kell elvégeznünk: kémiai, fizikai, mechanikai, tartóssági (reológiai), struktúra stb. vizsgálatokat. Ezek a vizsgálatok általában két lényeges csoportra: a makroszkopikus és a mikroszkopikus vizsgálatok csoportjára oszlanak. Ez utóbbihoz szoktuk sorolni a különböző struktúra (belső szerkezeti) vizsgálatokat is: felület, belsőpórus és kapilláris, derivatográfiai, röntgendiffraktométeres, elektronmikroszkopikus stb. vizsgálatokat.

Általában a szilárd építőanyagok valószínűen várható kedvező, vagy kedvezőtlen viselkedése megítélésének nélkülözhetetlen eszköze a mikroszkopikus vizsgálatok közé tartozó ún. *külső morfológiai vizsgálat*. Ennek elsődleges célja, hogy az anyag szemrevételezéssel, egyszerű mérőeszközzel megállapítható alak-, méret-, szín, hang-, felületi, keménységi stb. tulajdonságait regisztrálva vonjon le plauzibilis – tapasztalati – következtetéseket az anyag szerkezeti anyagként való felhasználhatóságára.

Ezt a makroszkopikus, külső morfológiai vizsgálatot, hogy az anyag belső szerkezeti felépítésébe is betekintést nyerjünk, szükségszerűen ki kell egészítsék a mikroszkopikus jellegű strukturális vizsgálatok, amelyeket éppen szerző fel-

fogását követve célszerű „belső morfológiai” vizsgálatoknak nevezni. Úgy vélem helyes és szakszerű, éppen a belső morfológiai szempontból, a szilárd építőanyagoknak a szerző által javasolt felosztása, még akkor is, ha a gyakorlati szilárd építőanyagok ezt az idealizált csoportosítást – természetszerűleg – nem is tudják fedni. Bizonyos ui. az, hogy a javasolt csoportosítás jellemzői az anyag egyéb – fizikai, mechanikai – jellemzőire is következtetni engednek.

Kétségtelen az, hogy lehet a szerkezeti építőanyagok közt a tökéletes tömörséget (T) megközelítő ún. *kvázitömör* anyagokról beszélni, amelyekben a testsűrűség gyakorlatilag azonos a sűrűséggel (pl. a fémek, az üveg). Kevésbé tekinthetők idealizáltaknak a szerző által pórusos szerkezetű anyagoknak (TP) nevezett anyagok, amelyekben teljesedik a feltételezett kritérium: a testsűrűségnek a sűrűségnél kisebb volta.

Elképzelhetők oly halmazszerkezetű anyagok (TH), amelyekben a diszperz részek, a szemcsék önmagukban tömörek (T), a halmazsűrűség kisebb a sűrűségnél és a diszperz részekre nézve a testsűrűség és a sűrűség azonos. Ez általában ugyan nem gyakorlati eset, de előállíthatók oly halmazok, amelyekre nézve e feltételek – legalább gyakorlatilag – fennállnak (pl. acélsörétek, üvegszemcsék halmazza), de nem ez a helyzet a homokban, a kavicsban, a cementben, az örlött kőzetekben stb. Ezek az anyagok a szerző felosztásában az ún. kevert szerkezetű anyagok közé – talán pontosabban a kevert szerkezetű halmazok közé – tartoznak. Úgy gondolom, hogy pl. a betont, a habarcsot sem lehet minden további nélkül a tömör alapanyagú (tömör építőelemű) pórusos anyagok közé (TP) sorolni, mert a betont és a habarcsot tulajdonképpen három fázis alkotja: az egyik az elasztovizkózus cement-

kő (TP jellegű), a másik az önmagukban is tömör-pórusos jellegű homok- és kavicszemcsék alkotta váz, a harmadik a nedves levegő fázis (esetleg szabad hézagfázis); így ezek az anyagok heterogén v. inhomogén TP anyagoknak tekinthetők, szemben a homogén jellegű TP anyagokkal (pl. téglá, tufakő, általában a legtöbb ásvány).

A homok, a kavics, a különböző őrlött, zúzott, aprított anyagok szemcséi (diszperz részei) általában nem T, hanem TP anyagok. Az ezekből a szemcsékből keletkezett halmazok (amelyeket a szerkezeti anyagok terminológiájában egyszerűen halmazoknak vagy szemcsés anyagoknak, a geológiában laza kőzeteknek neveznek), tehát a szerző felosztásában a kevert szerkezetű halmazok (TPH). Meggondolandónak tartom, hogy a négyféle anyagtypust ne nevezzük-e el úgy, ahogyan azokat maga a szerző rövidítéseiben jelöli. Tehát: tömör szerkezetű v. tömör anyagok (T), tömör-pórusos szerkezetű v. tömör-pórusos anyagok (TP), tömör-hézagos szerkezetű anyagok v. tömörhézagos halmazok (TH) és tömör-pórusos-hézagos szerkezetű anyagok v. tömör-pórusos-hézagos halmazok (TPH).

Véleményem szerint a szerző által javasolt csoportosítás nemcsak azért érdemel figyelmet, hogy az anyagokat egy igen lényeges tulajdonság, a belső struktúra szempontjából osztályozza, vagy ahogy a szerző javasolja, a „belső morfológia” szempontjából, hanem azért is, mert ez nemcsak egyszerű új csoportba sorolás, több annál. A javaslat egy igen célszerű vizsgálati program az anyag belső szerkezetének fokozatos megismerésére. Én ebben nemcsak a javasolt négylépcsős jellemzés lehetőségét látom, hanem — s remélem, hogy ez a további kutatómunkából világosan ki fog derülni — azt is, hogy az „építőelemek” belső morfológiai jellemzőinek ismerete az anyagok bizonyos — jelenleg különböző vizsgálati módok,

különböző jellegű, paraméterű, egységű és dimenziójú, nem összehasonlítható — eredményeinek kölcsönös egymásra hatására, talán azonosíthatóságára és egységes összehasonlíthatóságára, azonos jellemezhetőségére is módot fog nyújtani. Gondolok arra, hogy az anyagok aero- és hidrotechnikai, hang- és hőtechnikai tulajdonságai (légáteresztés, vízfelvétel, vízzáróság, hang- és hőszigetelés stb.) belső morfológiai jellemzőkkel egységesebben, azonosabb jellegű szemlélettel lesznek megadhatók, leírhatók, megismerhetők. Természetesen ehhez még komoly, hosszadalmas kutatómunkára, új típusú vizsgálati eljárásokra, új vizsgálati eredményekre s azok egységes értékelésére lesz szükség. Oly paraméterekre, amelyek nemcsak a tömörségre és a porozitásra, a halmaztömörségre és a halmazporozitásra, az össztömörségre és az összporozitásra (hézagosság) stb. lesznek jellemzők, hanem a pórusok számára, méreteire, eloszlására, távolságára, a pórusokat összekötő kapillárisokra, azok típusaira, méreteire, a pórusok zárt vagy nyílt voltára stb. is. Ez utóbbiak nyilván szoros összefüggésben vannak a szerző által jellemzőként megadott fajlagos pórusfelülettel, diszperzításfokkal. Mindenesetre már az ún. „első lépcsős” vizsgálati eredmények is arra engednek következtetni, hogy a szerző javasolta tömör-pórusos hézag (TPH)-háromszög diagram többek között alkalmas az anyagrendszerek állapotának s állapotváltozásainak szemléltetésére s lehetővé teszi bizonyos — előre definiált struktúrájú TPH jellemzőjű — anyagok megtervezését. Szakmai érdeklődéssel olvastuk és értékeltük a szerző itt közölt kutatómunkáját és hasonló érdeklődéssel várjuk a kutatómunka további eredményeit.

1977. február

Dr. Palotás László
ny. egyetemi tanár

Mérsékelt derülátás az NSZK tégl- és cserépiparában

1976-ban először emelkedett a termelés az NSZK tégl- és cserépiparában 1972 óta. 4,66 milliárd falazótégla és 300 millió db tetőfedőcserép előállításával a termelés az 1975. évi eredményhez képest 12,6%-kal, illetve 10,3%-kal nőtt. Méshomoktégglában a forgalom emelkedése 23,9%, könnyűtermékekénél 5,7%.

1977-ben a számok nem lesznek ilyen kedvezőek, de a pórúsos téglák és a nagyméretű falazóblokkok elterjedésétől továbbra is várják a termelés kismértékű emelkedését. Új terméként hozza piacra az ipar a szintartó padlóburkoló klinkertéglákat és a hangelnyelő téglákat.

Az NSZK északi részén az Oltmanns-Werke cég évi 200 millió Poroton téglát gyártó üzemét létesít.

(Handelsblatt 1977. január 17, 19.)

A Perlit Intézet munkájáról

Az 1973-ban létrehozott Perlit Intézet Nemzetközi Bizottsága legközelebbi ülését 1977. szeptemberében valószínűleg Budapesten tartja.

Az Intézet teljes ülésére — melyen az amerikai termelők is részt vesznek — 1978 májusában kerül sor, valamelyik európai országban.

(Industrial Minerals 1976. december)

Az ausztrál ilmenit-, rutil-, cirkon piac helyzete

Ausztrália fő ásványainak — ilmenit, rutil, cirkonhomok — ára 2 éves radikális emelkedés után ro-

hamosan csökken. Az áresést részben az általános tőkés gazdasági recesszió, részben pedig a túlkínálat okozta. Míg az ilmenit ára az elmúlt év során A\$/t 15—18 (FOB) szinten viszonylag stabil volt, a rutil ára az 1974. évi 400—450 A\$/t-hoz képest 1975-re 240—250 A\$/t-ra zuhant.

A kormány által hivatalosan meghatározott ömlesztett cirkonhomok exportára a korábbi 200 A\$/t-ról 115—120 A\$/t-ra csökkent le, a 0,1%-nál kevesebb Fe_2O_3 tartalmú cikronhomok ára pedig 130 A\$/t. A keleti partvidékről származó premium minőség ára továbbra is 10—20 A\$/t-val drágább maradt.

Ausztrália a világ legnagyobb homok exportőre a tőkés világ homokszükségletének 80—90%-át látja el. Legnagyobb vásárlói az USA, Anglia, Japán és Franciaország.

Piacmeghatározó szerepe azonban az utóbbi időben kérdésessé vált. A kialakult helyzetért részben az ipar túlságosan gyors termelésnövekedése a boom idején, részben pedig a kormány árpolitikája a felelős. Ezek következtében az ausztrál ipar évi 700 e t cirkonhomok termeléséből 250 e t-t vettek fel az exportpiacok. A 450 e t-s felesleget 100 ezer t-val csökkentik, részben a Japán készletező vásárlásai, részben az ausztrál kormány készletezése.

Ugyanez jellemzi a rutil és ilmenit piaci helyzetét is. Az ilmenit ára ugyan alig változott, de értékesítési problémák vannak, a rutil ára 250—280 A\$/t-ról 220—230 A\$/t-ra csökkent. A cirkonhomok túlermelésért a Keleti partvidék termelői a nyugatiak túlzott termelésfelfuttatását — különösen az Enlabba-i-t teszik felelőssé.

A nyugati partvidék termelői viszont hangoztatják, hogy a keleti partvidék kimerülőben levő készletei következtében ők a hazai fő cirkontermelők. Súlyosbítja az ausztrál termelők helyzetét az is, hogy a közeljövőben a Dél-Afrikai Richards Bayben tervezett homokbánya (évi 56 e to rutil, 115 e to cirkon termeléssel) üzembe lép és jóval a hivatalosan deklarált ausztrál exportárszint alatt kínálhatja majd termékeit.

(Mining Journal 1976. szept. 24.)

(Industrial Minerals 1977. január)

NDK gépek szovjet porcelángyárban

1977-ben bővítik a Krasnodar-i „Csajka” porcelángyárat. Az NDK és szovjet gépekkel felszerelt modern üzemben 2650 munkavállaló dolgozik. Ez a gyár a Szovjetunió harmadik legnagyobb üzeme. A bővítés után a gyár évi 60 millió darabról 70 millió darabra növeli termelését.

(Silikattechnik 1976. 12. sz.)

Új üvegszálgyártó eljárás Franciaországban

A St. Gobain Industries cég új eljárást dolgozott ki üveg- és ásványi szálak gyártására. A „Toration process” elnevezésű gyártási eljárás minitornádók segítségével közvetlenül az üvegolvadékból szívja fel a 0,0001—0,5 mm átmérőjű szálakat. A berendezésnek nincs mozgó alkatrésze, szemben a Tel-eljárás gépeivel. A franciaországi kísérleti üzemben kissűrűségű, a nyugatnémet üzemben pedig nagy sűrűségű szálak gyártását kezdték el.

(Silikattechnik 1976. 12. sz.)

A szerkesztésért felel:

Dr. Székely Ádám

Szerkesztőség:

1368., Budapest, VI., Anker köz 1 – 3.

Telefon: 226-497

Felelős kiadó:

Siklósi Norbert

Kiadja:

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

Telefon: 221-285. Levélcím: 1906 Postafiók 223.

77/4898 Franklin Nyomda, Budapest

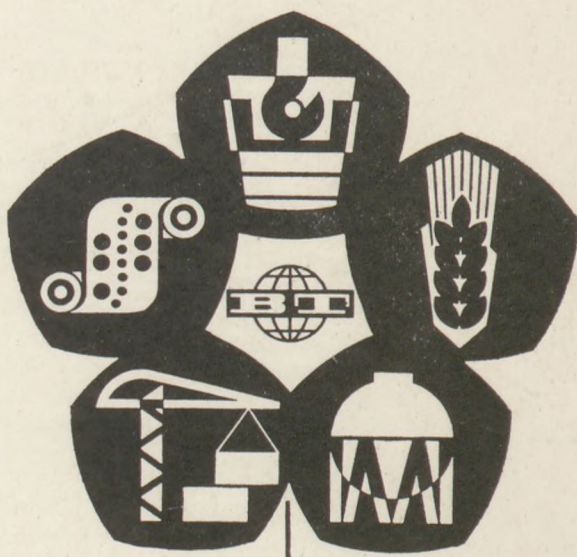
Felelős: Vágó Sándorné igazgató

Megjelenik havonként

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalnál, a kézbesítőknél, a Posta hírlapüzleteiben és a Posta Központi Hírlap Irodánál (KHI. 1900 Budapest, V., József nádor tér 1.) közvetlenül vagy postautalványon, valamint átutalással a KHI 215-96 162 postaforgalmi jelzőszámára. A folyóirat külföldre előfizethető: „Kultúra” P.O.B. 140. Budapest, 62. Előfizetési díj: negyedévre: 22,50 Ft, félévre: 45,- Ft, egyes számok ára: 7,50 Ft.

Index: 25 250

"V/O VNESHTEHNIKA"



A külföldi műszaki-tudományos cseréket lebonyolító össz-szövetségi egyesülés

segítséget nyújt a szovjet és külföldi tudományos, kutató, tervező-szerkesztő és technológiai-tervező intézeteknek, iparvállalatoknak és cégeknek a műszaki-tudományos együttműködés megvalósításával kapcsolatos kereskedelmi, szállítmányozási és jogi kérdésekben az alábbi témakörökben:

- közös, illetve egyedi megrendelésre elkészített tudományos, kutató, tervező-szerkesztő és technológiai-tervező munkák kivitelezése,
- szovjet és külföldi cégek részére műszaki dokumentáció készítése és átadása, valamint tudományos berendezések, kísérleti minták, termékek és anyagok megrendelés szerinti kivitelezése,
- műszaki-tudományos szakvélemények kidolgoztatása, berendezések és anyagok vizsgálata, konzultációk lebonyolítása.

Cím: **Moszkva, Starokoniushenny per., 6**
Telex: 7918 GARANT, telefon: 202-02-60
Távirat: Moszkva Vneshtekhnika
Leányvállalat: Kijev, N. Botanicheskaja ul., 2
Telefon: 24-51-44, Távirat: Kijev Vneshtekhnika