

ÉPÍTŐANYAG

*A SZILIKÁTIPIARI
TUDOMÁNYOS EGYESÜLET
FOLYÓIRATA*

11

16. ÉVFOLYAM • BUDAPEST, 1964. NOVEMBER

A SZILIKÁTIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

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

*

Főszerkesztő:

Dr. Korach Mór

*

Szerkesztő:

Hinsenkamp Alfréd

*

Szerkesztőbizottság:

Dr. Beke Béla

Dr. Déri Márta

Erdély Imre

Dr. Grofcsik János

Kemény István

Dr. Knapp Oszkár

Lohner Ernő

Dr. Soltész Gáspár

Szentmártony Gusztáv

Dr. Tamás Ferenc

*

Szerkesztőség:

Budapest, V., Szabadság
tér 17

Telefon: 124-438

*

Kiadja:

Műszaki Könyvkiadó,

Budapest, V.,

Bajcsy-Zsilinszky út 22

Telefon: 113-450

*

Felelős kiadó:

Solt Sándor

Megjelenik havonként

TARTALOMJEGYZÉK

	Oldal
<i>Erdély Imre</i> : Aprítottkő halmazok porlása	401
<i>Balázs György</i> : A kalciumklorid hatása a kohósalak portlandcemen- tek szilárdulására és szilárdságára	414
Egyesületi élet	418
<i>Träger Tamás</i> : Lángfotometriás módszerek alkalmazása a szilikát- elemzésben	419
<i>Svehla Gyula</i> : Szilikátipari elemzések megbízhatósága	423
<i>Tun Szu-Li és Lu Gun-Osen</i> : A tobermoritszerű kalcium-szilikát- hidrátok képződési folyamatainak vizsgálata	430

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
<i>Эрдель Имре</i> : Пылевыведение масс размельченного камня	401
<i>Балаж Дердь</i> : Влияние хлористого кальция на твердение и проч- ность шлакопортландцемента	414
<i>Трэгер Тамаш</i> : Применение методов пламенной фотометрии в сили- катном анализе	419
<i>Швехла Дюла</i> : Надежность анализов силикатной промышленности	423
<i>Тун Су-Ли и Лу Гун-Чен</i> : Исследование процессов образования гидросиликатов кальция типа тоберморита	430

INHALT

	Seite
<i>Erdély, Imre</i> : Das Stieben von Splitthaufen	401
<i>Balázs, György</i> : Die Einwirkung des Calciumchlorids auf das Abbinden und die Festigkeit von Hochofenschlackenzementen	414
<i>Träger, Tamás</i> : Die Anwendung flammenphotometrischer Methoden in der Silikatanalyse	419
<i>Svehla, Gyula</i> : Verlässlichkeit der Analyse in der Silikatindustrie	423
<i>Tun Su-Li und Lu Gun-Tschen</i> : Untersuchung der Entstehungsvorgän- ge von Tobermorit-artigen Silikathydraten	430

CONTENTS

	Page
<i>Erdély, Imre</i> : The Dusting of comminuted Rock Stacks	401
<i>Balázs, György</i> : The Effect of Calcium Chloride upon the Hardening and Strength of Slag Portland Cements	414
<i>Träger, Tamás</i> : Flame photometric Methods in Silicate Analysis	419
<i>Svehla, Gyula</i> : The Reliability of chemical Analyses in the Silicate Industry	423
<i>Tun Szu-Li and Lu Gun-Csen</i> : Investigations into the Formation Process of tobermoritic Calcium Silicate Hydrates	430

ÉPÍTŐANYAG

16. ÉVFOLYAM 11. SZÁM

Aprítottkő halmazok porlása

ERDÉLY IMRE

Aprított kötőmegek gyártásánál, mozgatásánál és felhalmozásánál fellépő, elkerülhetetlen porképződés tanulmányozása több szempontból mutatkozik hasznosnak. Elsősorban azért, mert elméleti alapot nyújt több olyan általánosan használt szakkifejezés meghatározására, amelynek elvonatkoztatott, önálló definíciója nehézségekkel jár, amilyen pl. a lemezesség. Másodsorban, mert feltárja egyes halmaztulajdonságoknak olyan jellemzőit, amelyek egyes esetekben a közfelfogással ellentétes viselkedésre mutatnak, amilyen pl. a jól osztályozottság, vagy a kőanyag nedvesítése. Végül, mert a kőtermelők és felhasználók részére, főleg a kő és a levegő porszenyeződésével kapcsolatban, sokat vitatott kérdésekben nyújt felvilágosításokat.

Az aprított kő felületének ronesolódása — porlás és forgácsolódás — három okra vezethető vissza :

halmozott tömegek belső nyomására,
mozgatott tömegek súrlódására,
ejtett kődarabok felütődésére.

Az első két ok prominensen porképző, a harmadik, az ejtési magasságtól függően, jellegzetesen forgácsoló lehet. A ronesolás hatékonysága a megadott sorrend szerint nő és ugyanilyen sorrendben nőnek a jelenségek kutatásával járó nehézségek is. Jelen tanulmányban csupán a kőhalmazok belső nyomásával kapcsolatos folyamatokat igyekeztünk minél mélyebben feltárni.

Kőhalmazok belső porlási folyamatának kutatása szükségszerűen olyan elemi jelenségek tanulmányozására vezet, amelyek más, a kőhöz hasonló rideg anyagoknál is fellépnek. Meggondolásainkat azonban nem kívánjuk idegen anyagok állandóinak figyelembevételével komplikálni, nem törekszünk eredményeink általánosítására, ragaszkodva eredeti célkitűzésünkhöz : a kőtermelők és felhasználók számos vitatémájában előrehaladást elérni.

1. Az aprított kő alakja

A robbantásnál keletkező terméskő és a törőgépekből kikerült zúzottkő alakja olyan szabálytalan poliéder, amelyet többé-kevésbé sík lapok

határolnak ; a síkok többé-kevésbé egyenes élekben metszik egymást és az élek csúcokban futnak össze. A továbbiakban — idealizálva a kődarabok alakját — feltételezzük, hogy lapjaik síkok, éleik egyenesek, ami a gyakorlatban előforduló mm és mm² nagyságrendű kölcsönhatásoknál nem jelent számbajövő eltérést a valóságtól.

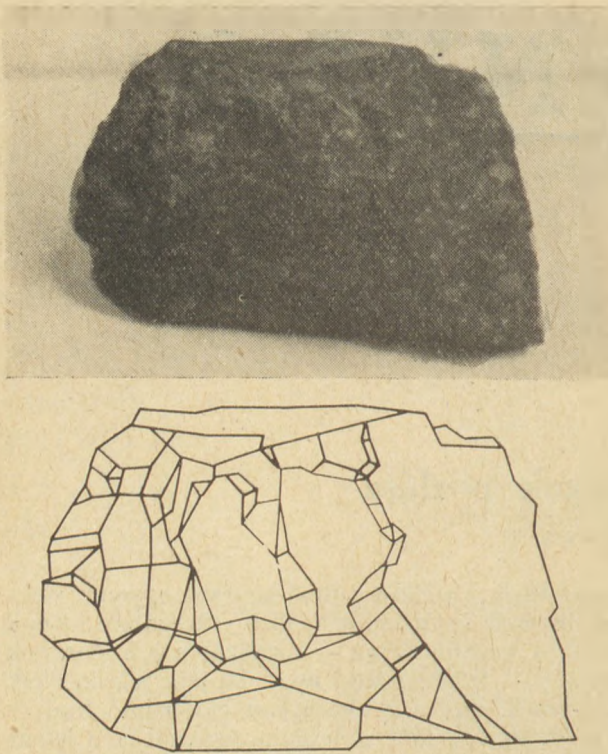
A terméskő és zúzottkő így a képsíkokra vetített egyeneseshálózattal ábrázolható (1. ábra). A vetületeken a lapok sokszögek alakjában, az élek egyenesekként és a csúcsok az egyenesek összefutásánál mint csomópontok jelennek meg. Azt, hogy egy ilyen hálózatot milyen részletekig kívánunk megismerni, az ábrázolás céljától függ. Sok parányi részlet elhanyagolható, ha két kődarab érintkezésénél csupán csúcsoknak lapokkal, vagy éleknek élekkel létesülő kapcsolatait kell megfigyelnünk ; ellenben igen aprólékos részletekig kell elmennünk ahhoz, hogy élek és lapok, illetve lapok és lapok érintkezését konstatálhassuk.

Az 1. ábra határvonala a kődarab vetületét mutatja a rajz síkjára merőleges n irányból. Ez a vetület a rajzsík felett felvett minden n irányból, tehát a feltér minden irányából más-más poligont, illetve felületet ad. Az n irányból felvett F_n ortogonális vetület határpolygonja tükröszimmetrikus az ellenkező, $-n$ irányból felvett F_{-n} vetület határpolygonjára és a két terület egyenlő. Ennél többet alig tudunk a szabálytalan alakú kő vetületeiről, amely tény egy későbbi ponton határt fog szabni gondolatmenetünknek.

A koptatott követ az jellemzi, hogy határoló síkfelületei számosabbakká és kisebbekké, élei rövidebbekké válnak, a megszorodott poliéder-csúcsokon pedig csak három él fut össze. A kopás következtében a szomszédos síkok lapszögei és a csúcsok testszögei növekednek. Mindez a legömbölyödés folyamatának jellemzője.

2. Kődarabok érintkezése

A halmazban fekvő kődarabok a talajjal, a tartály falával, vagy egymással kerülnek érintkezésbe. Az érintkezések zöme általában a kődarabok egymás közötti érintkezésére esik. Két kő



1. ábra. A tállai andezitbányában robbantott kő fényképe és hálózati rajza (kb. 2/3 nagyság)

érintkezésénél — előfeltételeink értelmében — a következő kombinációk lehetségesek:

csúcs érintkezik	csúccsal	(cc)
csúcs "	éllel	(ce)
csúcs "	lappal	(cl)
él "	éllel	(ee)
él "	lappal	(el)
lap "	lappal	(ll)

A felsorolt lehetőségek közül a (cc) és (ce) érintkezések valószínűtlenek, mert az egyik kődarab leképezési hálózatának egy kiválasztott csomópontja és a másik kődarab leképezési hálózatának valamely csomópontja, illetve egyenese csak véletlenül kerülhet fedésbé, ha a két hálózatot egymásra fektetjük. Ezen felül, a rajzra merőleges irányban távolság is lehet közöttük. Ugyancsak valószínűtlen az (el) és (ll) érintkezés is, mert ezek létrejöttének feltétele a szembenálláson felül az él és lap, illetve lap és lap párhuzamossága is. Így a halmazban fekvő kövek valószínű találkozása (cl) vagy (ee) érintkezés.

Ha végül ezek viszonylagos gyakoriságát vizsgáljuk, a számítás egyszerűsége érdekében feltételezzük, hogy

- a kődarabok felülete kívülről konvex,
- a csúcsok száma c ,
- minden csúcsban 3 él fut össze,
- az élek átlagos hossza a cm,
- egy-egy érintkezés folytán — akár a csúcsoknál, akár az élek mentén — az élek csorbulása átlag b cm.

E feltételek mellett az egy csúcsban összefutó élek félhosszáinak összege:

$$e = 3 \frac{a}{2},$$

ami a csúcs lekopása után

$$e' = 3 \left(\frac{a}{2} - b \right)$$

hosszra csökken. Az így megmaradt élhosszon még lehetséges (ee) érintkezések száma:

$$\frac{e'}{b} = 3 \left(\frac{a}{2b} - 1 \right)$$

Ez egyszersmind a kődarab csúcsainak és éleinek egy sorozatban bekövetkező kopásánál az összes (ee) és (cl) érintkezések viszonytszáma:

$$k = \frac{(ee)}{(cl)} = 3 \left(\frac{a}{2b} - 1 \right) \quad (1)$$

A továbbiakban levezetésre kerülő számítási módszerek alapján megállapítható, hogy egy bazalt kockánál, amely kopás szempontjából sorozatosan közepesen kedvezőtlenül helyezkedik el a halmazban

a $k = 0$ eset, vagyis amikor a csúcsok lekopása egyszersmind a kocka eredeti éleinek lemaródását is jelenti, kb. 3000 m mélységben következhet be:

a $k = 1$ eset mintegy 1700 m mélységben áll elő;

30 m mélységben $k =$ kb. 27

20 m mélységben $k =$ kb. 34

10 m mélységben $k =$ kb. 50

5 m mélységben $k =$ kb. 70

1 m mélységben $k =$ kb. 160

Ez a körülmény, továbbá az itt nem részletezett megállapítás, hogy a halmaz köveinek kopásánál — azonos körülményeket feltételezve — azonos porvolumenre jutunk, akár (cl), akár (ee) kölcsönhatást vizsgálunk, végül az (ee) kölcsönhatásnál alkalmazható egyszerűbb számítási apparátus indokolja, hogy a továbbiakban csak (ee) találkozással számolunk.

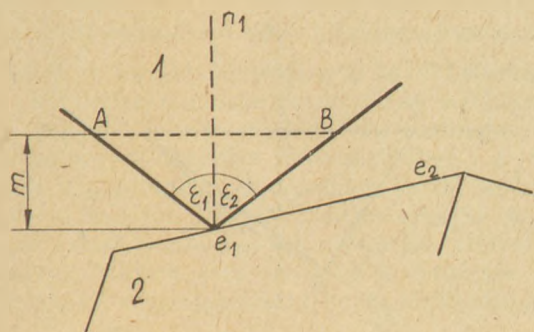
3. Az él-él találkozás geometriai vonatkozásai

Az előzők szerint két szabálytalan alakú kődarab túlnyomórésztben keresztteződő éleivel kerül érintkezésbe. Az érintkezés tehát pontszerű. Az érintkező él mindig kívülről konvex ékalakú kőfelületi alakzat két határsíkjának metszésvonala. Amikor az ékek erők hatására — az érintkezés folytatásaként — egymásba nyomulnak, mindkét ék az érintési pont környezetében elporlást szenved, miközben a külső erőknek és az anyag szilárdságának megfelelő támaszfelület alakul ki. Erre a folyamatra azt mondjuk, hogy a két kődarab kölcsönhatásba lépett. A következőkben a kölcsönhatás néhány geometriai jellegzetességét rögzítjük.

Ha a 2. ábrán látható 1. jelű ék e_1 élből metsződő két lapjára az ékek érintkezési pontjában merőleges síkot állítunk, ez az éksíkokkal kimetszi azok hajlásszögét. Ennek n_1 szögfelezőjére a csúcs-tól m távolságban húzott AB merőleges hossza:

$$AB = 2 \operatorname{tg} \varepsilon_1 \cdot m$$

Két ék viszonylagos alapállásának azt a helyzetet tekintjük, amelynél e_1 merőleges e_2 és az n_1 , n_2 szögfelezők egyetlen, az $e_1 e_2$ síkra merőleges e_3 egyenesbe esnek. Az ékek minden más beállása leszámoltatható az ékeknek saját éle, illetve az



2. ábra. Élek érintkezése, jellemző ékadatok

egyik éknek e_3 körül végzett $\kappa_1, \kappa_2, \kappa_3$ elforgatásával, amelyet $[\kappa_1, \kappa_2, \kappa_3]$ formulával jelzünk. A $[000]$ jelzés nyilvánvalóan az alapállás. A lehetséges κ elforgatások maximumai pozitív vagy negatív irányban:

$$\kappa_{1\max} = \frac{\pi}{2} - \varepsilon_1; \quad \kappa_{2\max} = \frac{\pi}{2} - \varepsilon_2; \quad \kappa_{3\max} = \frac{\pi}{2} \quad (2)$$

κ_1 és κ_2 maximális beállításainál (el) érintkezés jön létre, $\kappa_{3\max}$ esetén a két él fekszik egymásra. Ha pedig $\kappa_{3\max}$ κ_1 vagy κ_2 maximumával kombinálódik (II) érintkezés áll elő. Mindezeket a 2. fejezetben előadottak értelmében valószínűtleneknek tekintjük.

Alapállásban levő, m mélységben összemetsződő ékek

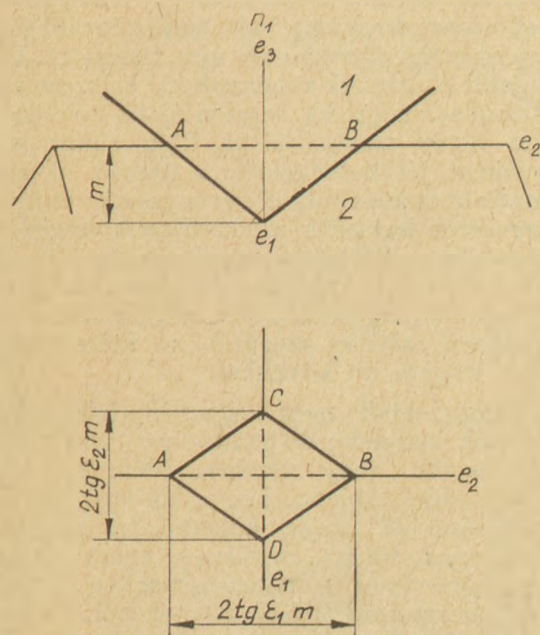
$AB = 2 \operatorname{tg} \varepsilon_1 \cdot m$ és $CD = 2 \operatorname{tg} \varepsilon_2 \cdot m$ élhosszakkal hatolnak egymásba (3. ábra). Éspedig az 1. jelű ék e_1 éle CD , a 2. jelű ék e_2 éle AB hosszal vesz részt az áthatásban. Az m mélységű áthatás vetülete az $e_1 e_2$ síkra

$$f = \frac{1}{2} AB \cdot CD = 2 \cdot \operatorname{tg} \varepsilon_1 \cdot \operatorname{tg} \varepsilon_2 \cdot m^2 = f_0 m^2, \quad (3)$$

ahol

$$f_0 = 2 \operatorname{tg} \varepsilon_1 \cdot \operatorname{tg} \varepsilon_2 \quad (4)$$

a kölcsönhatás alaki állandója.



3. ábra. Ékek áthatása alapállásban

Egy $[\kappa_1 00]$ beállításnál (4. ábra) a $CD = 2 \operatorname{tg} \varepsilon_2 m$ áthatási élhossz változatlanul marad, az $AB = 2 \operatorname{tg} \varepsilon_1 \cdot m$ azonban $A'B'$ -re nő. A 4. ábra adataiból:

$$\begin{aligned} A'B' &= m[\operatorname{tg}(\varepsilon_1 + \kappa_1) + \operatorname{tg}(\varepsilon_1 - \kappa_1)] = \\ &= m \left[\frac{\operatorname{tg} \varepsilon_1 + \operatorname{tg} \kappa_1}{1 - \operatorname{tg} \varepsilon_1 \operatorname{tg} \kappa_1} + \frac{\operatorname{tg} \varepsilon_1 - \operatorname{tg} \kappa_1}{1 + \operatorname{tg} \varepsilon_1 \operatorname{tg} \kappa_1} \right] = \\ &= m \frac{2 \operatorname{tg} \varepsilon_1 (1 + \operatorname{tg}^2 \kappa_1)}{1 - \operatorname{tg}^2 \varepsilon_1 \operatorname{tg}^2 \kappa_1} = \\ &= m \frac{2 \operatorname{tg} \varepsilon_1}{\cos^2 \kappa_1 (1 - \operatorname{tg}^2 \varepsilon_1 \operatorname{tg}^2 \kappa_1)} = \\ &= \frac{2 \operatorname{tg} \varepsilon_1 m}{1 - \frac{\sin^2 \kappa_1}{\cos^2 \varepsilon_1}} = \frac{AB}{\lambda_1}, \\ \left(1 - \frac{\sin^2 \kappa_1}{\cos^2 \varepsilon_1} \right) &= \lambda_1 \end{aligned} \quad (5)$$

jelölés bevezetése mellett.

Az áthatási testnek (tetraéder) az $e_1 e_2$ síkra eső vetülete:

$$f' = \frac{A'B' \cdot CD}{2} = \frac{AB \cdot CD}{2} \frac{1}{\lambda_1} = \frac{f}{\lambda_1} = \frac{f_0}{\lambda_1} m^2 \quad (6)$$

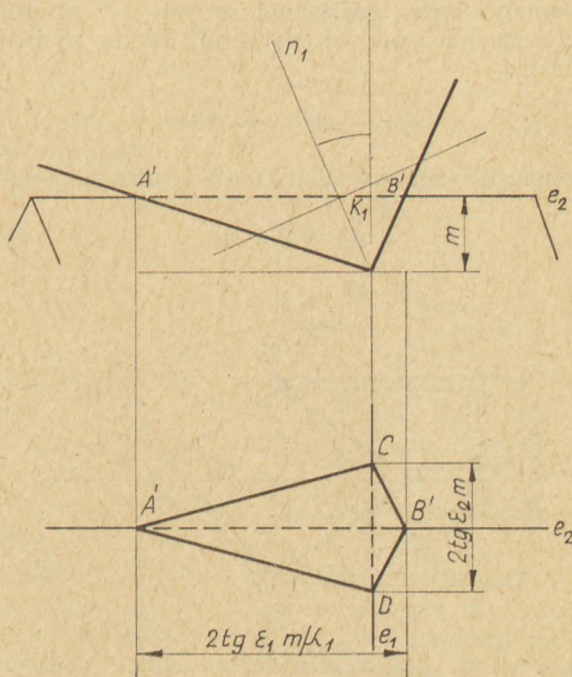
Könnyen belátható, hogy $0 \leq \lambda_1 \leq 1$, és pedig az alsó határ $\kappa_{1\max}$ beállításnál, a felső határ $\kappa_1 = 0$ esetben — alapállásnál — következik be. Minden közbenső beállításnál $f' > f$ és ugyanúgy $f'_0 > f_0$.

A κ_2 elforgatásnál — $[0 \kappa_2 0]$ beállítás — hasonlóan:

$$\lambda_2 = \left(1 - \frac{\sin^2 \kappa_2}{\cos^2 \varepsilon_2} \right); \quad (0 \leq \lambda_2 \leq 1). \quad (7)$$

A $[00 \kappa_3]$ beállításnál — forgassuk a 2. jelű éket e_3 körül az m mélység változatlanul hagyásával — az AB áthatási él (5. ábra).

$$A'B' = \frac{AB}{\cos \kappa_3}$$



4. ábra. Áthatás ferde beállításnál

hosszúra nyúlik, végeivel az 1. jelű ék ugyanazon alkotóján maradván. A mozdulatlan e_1 él dőfési pontjai a 0 ponttól kifelé nyomulnak a 2. jelű ék azonos alkotóján maradván. Az 5. ábrán látható szerkesztésnek megfelelően a CD áthatási hossz

$$C'D' = \frac{CD}{\cos \kappa_3}$$

nagyságúvá válik. Az áthatási test új vetülete:

$$f' = \frac{1}{2} AB \cdot C'D' = \frac{1}{2} \frac{AB \cdot CD}{\cos \kappa_3} = \frac{f}{\cos \kappa_3} = \frac{f}{\lambda_3} = \frac{f_0 m^2}{\lambda_3},$$

ha

$$\cos \kappa_3 = \lambda_3 \quad (8)$$

jelöléssel élünk. Mivel $0 \leq \kappa_3 \leq \pi/2$, nyilvánvalóan $0 \leq \lambda_3 \leq 1$, mint λ_1 és λ_2 esetében. Figyelemre méltó, hogy mindhárom elforgatásnál az áthatási támaszfelület A', B', C', D' sarkai azonos szinten maradnak az alapállásnál talált A, B, C, D pontokkal.

Alapállásban levő, m mélyen összemetsződő ék kereszt áthatási vetülete az e_3 -ra merőleges síkon, mint láttuk

$$f = f_0 m_2 \quad (f_0 = 2 \operatorname{tg} \varepsilon_1 \cdot \operatorname{tg} \varepsilon_2)$$

Egymás után végzett $\kappa_1, \kappa_2, \kappa_3$ elforgatásokkal a vetület

$$f' = \frac{f_0}{\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3} m^2 = \frac{f_0}{\lambda} m^2$$

nagyságúra növekszik, ahol

$$\lambda = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 =$$

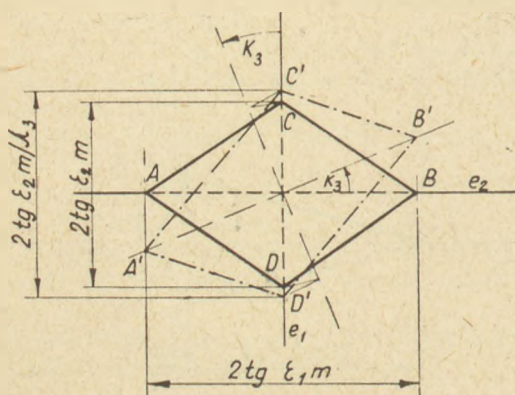
$$= \left(1 - \frac{\sin^2 \kappa_1}{\cos^2 \varepsilon_1}\right) \left(1 - \frac{\sin^2 \kappa_2}{\cos^2 \varepsilon_2}\right) \cos \kappa_3 \quad (0 \leq \lambda \leq 1) \quad (9)$$

A továbbiakban az a kérdés merül fel, hogy az alapállásban talált $f = f_0 m^2$ vetület az ékek valamely ferde beállításánál milyen m^* áthatási mélységnél marad változatlanul? Ekkor nyilvánvalóan:

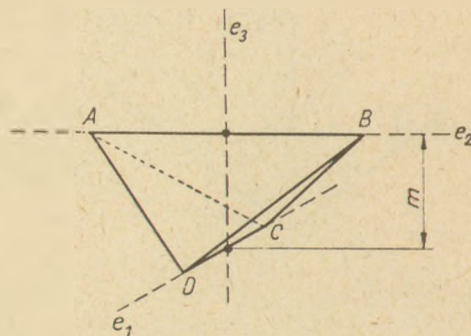
$$f = f_0 m^2 = \frac{f_0}{\lambda} m^{*2}$$

ahonnan az azonos vetületű ferde beállítás mélysége:

$$m^* = \sqrt{\lambda} \cdot m \quad (10)$$



5. ábra κ_3 beállítás adatai



6. ábra Áthatási tetraéder alapállásnál

Mivel $\lambda \leq 1$, hasonlóan $\sqrt{\lambda} \leq 1$, tehát $m^* \leq m$; az $m^* = m$ eset, mint könnyen belátható, az alapállásnál következik be.

Az (ee) kölcsönhatásnál alapállásban összemetsződő ékek áthatási teste olyan tetraéder (6. ábra), amelynek az m magasságra merőleges vetülete $f = f_0 m^2$. Köbtartalma:

$$v = \frac{m}{3} f = \frac{1}{3} f_0 m^3 \quad (11)$$

Ferde beállításnál, azonos áthatási mélység mellett:

$$v' = \frac{m}{3} f' = \frac{m}{3} \frac{f}{\lambda} = \frac{v}{\lambda} \quad (12)$$

Az alapállásával azonos f vetületű ferde beállítás áthatási volumene:

$$v^* = \frac{m^*}{3} f = \sqrt{\lambda} \frac{m}{3} f = \sqrt{\lambda} \cdot v \quad (13)$$

4. A kölcsönhatás lefolyása

A halmaz egy kiszemelt kódarabja igen változatos helyzeteken és hatásokon megy át, amíg a halmaz végleges alakját elnyeri és a kódarab egyensúlyba jut. A halmaz feltöltésének egy időpontjában kövünk rácsik a már ott fekvő kövekre, megbolygatja azok helyzetét, esetleg továbbgördül, vagy elpattan és rövidesen újra visszaesik. Újabb és újabb kódarabok zuhannak rá, helyzete szakadatlanul átrendeződik, folyton újabb kölcsönhatásokra lépve szomszédjaival. Még akkor is, ha egyébként jól beékelődött, a halmaz elemeinek támaszain át kialakult szövvényes erő- és nyomatérrendszer legkisebb módosulásaira reagál, változtat támaszfelületein, vagy elcsúszik azokon, illetve elfordul. A halmaz részleges, vagy teljes ürítésekor az elmozdulások és ezekkel a támaszpontok átrendeződése megújul, a kölcsönhatások újabb áradata éri kövünket.

Mindezekből most egyetlen kölcsönhatást kívánunk kiragadni és pedig olyat, amelynek két kő hosszabb, vagy rövidebb időre egymásnak támaszkodik. Ahhoz, hogy kezdeti pontszerű érintkezésükből az (ee) kölcsönhatás kifejlődjék, az élkereszt síkjára merőleges, véges nagyságú $\pm N$ nyomóerőnek és reakcióerőnek kell kifejlődnie az érintkezés kezdeti $N = 0$ értékéből. Természetesen egyidejűleg az N normális erőre merőleges $\pm T$ tangenciális erő és reakcióerő is keletkezhet

és pedig általában N -re kitérő egyenesen. A kölcsönhatásnál fellépő erő tehát általában csavarerő.

A két ék áthatási tetraéderén belül helyezkedik el a két kódarab új határfelülete, a *támaszfelület*, amely nagyjából nyeregfelület, természetesen a közet kristálystruktúrája következtében, a részecskék szabálytalan kipattogása miatt erősen torzítva. A támaszfelület tényleges alakját nem kutatjuk: kialakulásában sok a véletlen. Helyette az élkereszt síkjára vett ortogonális vetületét, az f *támasztó síkot* vesszük számításba, amely merőleges az N erőre.

A kölcsönhatás létrejöttének feltétele, hogy a T erő és N vonalára vett nyomatéka a kölcsönhatás egész folyamata alatt ne lépje túl a támaszfelület csúszási és csavarási súrlódási ellenállását. Ez olyan kötöttséget jelent, amely közeteinknél kizárja az ékkereszt elnyíródását is. A kölcsönhatásnál így csupán az N normális erőt kell számításba vennünk.

Az N nyomóerő és az f támaszszík rögzítése után tárgyalásunkat a szilárdsági számításoknál szokásos módon — a valóságot csak megközelítően, a támaszokon egyenletes feszültségeloszlást feltételezve — folytatjuk. Ezt annál is inkább megtehetjük, mivel gyakorlati esetekben az f támaszfelület mm^2 nagyságrendű.

Ha a kő szilárdsága, a kölcsönhatásoknál természetszerű részleges terhelésnél,

σ = a kockaszilárdság két-ötszöröse, akkor

$$f = \frac{N}{\sigma}.$$

Az ékek alapállásánál a (3) képlet szerint:

$$f = f_0 \cdot m^2$$

így az áthatás mélysége

$$m = \left(\frac{1}{f_0} \frac{N}{\sigma} \right)^{1/2} \quad (14a)$$

A kölcsönhatásnál elporló kőkubaturát — a két éken összesen — az áthatási tetraéder kőtartalma adja, ami alapállásnál a 11. képlet szerint:

$$v = \frac{1}{3} f_0 m^3 = \frac{1}{3} \frac{1}{f_0^{1/2}} \left(\frac{N}{\sigma} \right)^{3/2} \quad (14)$$

Az ékek ferde beállása esetén az elporló kubatura a (13), (9) és (4) képletek felhasználásával

$$v^* = \sqrt{\lambda} v = \frac{1}{3 \cdot \sqrt{2}} \left(\frac{N}{\sigma} \right)^{1/2}$$

$$\cdot \left[\left(\frac{1}{\text{tg } \varepsilon_1} \cdot \frac{1}{\text{tg } \varepsilon_2} \right) \left(1 - \frac{\sin^2 \kappa_1}{\cos^2 \varepsilon_1} \right) \left(1 - \frac{\sin^2 \kappa_2}{\cos^2 \varepsilon_2} \right) \cos \kappa_3 \right]^{1/2} \quad (15)$$

A kapesos zárjel alatti kifejezést, amely csupán a kölcsönhatásban résztvevő ékek alakja és beállási jellemzőit tartalmazza, a kölcsönhatás *első redukciós faktorának* nevezzük. A következő fejezetben ennek statisztikai átlagértékét számítjuk ki.

5. Az első redukciós faktor középértéke

A halmazban fekvő kódarabok összességének, illetve egyetlen kódarabnak ε alakja és κ beállási lehetőségei olyan számosak, hogy konkrétan csak egész értékű felületi ékalakzatot, így az egyedi $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ megjelölés helyett csak az ε általános jellegű szögértékkel számolhatunk. Ha ezt tesszük, akkor a 2. képletbeli egyenlőségek figyelembevételével a κ_1 és κ_2 megkülönböztetés is illúzióvá válik, helyettük egy κ általános jellegű beállást kell felvennünk. Ezek elfogadása után a faktor új alakja:

$$r_1 = \frac{\left(\frac{1}{\text{tg } \varepsilon_1} \right)^{1/2} \left(\frac{1}{\text{tg } \varepsilon_2} \right)^{1/2} \left(1 - \frac{\sin^2 \kappa_1}{\cos^2 \varepsilon_1} \right)^{1/2}}{\left(1 - \frac{\sin^2 \kappa_2}{\cos^2 \varepsilon_2} \right)^{1/2} \cos^{1/2} \kappa_3} \quad (16)$$

kifejezést kell meghatározunk. Mindenekelőtt nyilvánvaló, hogy egyazon halmaz minden eleme egyenlő eséllyel tartalmazza az összes lehetséges ε fél-élszögű felületi ékalakzatot, így az egyedi $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ megjelölés helyett csak az ε általános jellegű szögértékkel számolhatunk. Ha ezt tesszük, akkor a 2. képletbeli egyenlőségek figyelembevételével a κ_1 és κ_2 megkülönböztetés is illúzióvá válik, helyettük egy κ általános jellegű beállást kell felvennünk. Ezek elfogadása után a faktor új alakja:

$$r_1 = \left(\frac{1}{\text{tg } \varepsilon} \right) \left(1 - \frac{\sin^2 \kappa}{\cos^2 \varepsilon} \right) \cos^{1/2} \kappa_3 = \left(\frac{1}{\text{tg } \varepsilon} - 2 \frac{\sin^2 \kappa}{\sin 2\varepsilon} \right) \cos^{1/2} \kappa_3 \quad (17)$$

Rögzítsük ε és κ_3 értékét, akkor a 17. képlet jobb oldala csak a κ változó függvénye:

$$\overline{f(\kappa)} = \left(\frac{1}{\text{tg } \varepsilon} - 2 \frac{\sin^2 \kappa}{\sin 2\varepsilon} \right) \cos^{1/2} \kappa_3$$

és alkalmazzuk az integrálszámítás középérték-tételét:

$$\overline{f(\kappa)} = \frac{\int_a^b f(\kappa) d\kappa}{b-a}$$

Az integrálás alsó és felső határa a 2. egyenletek értelmében:

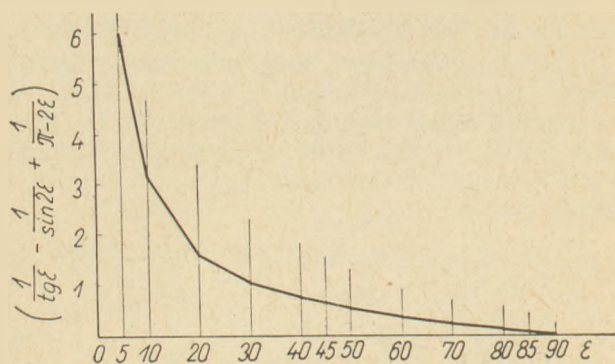
$$a = 0; \quad b = \left(\frac{\pi}{2} - \varepsilon \right)$$

és

$$\overline{f(\kappa)} = \frac{\int_0^{\pi/2-\varepsilon} \frac{d\kappa}{\text{tg } \varepsilon} \int_0^{\pi/2-\varepsilon} \frac{\sin^2 \kappa}{\sin 2\varepsilon} d\kappa}{\pi/2 - \varepsilon} = \cos^{1/2} \kappa_3 \left(\frac{1}{\text{tg } \varepsilon} - \frac{1}{\sin 2\varepsilon} + \frac{1}{\pi - 2\varepsilon} \right) \quad (18)$$

A zárjelben levő függvény grafikonját a 7. ábra tünteti fel.

Most rögzítsük a κ_3 változót és számítsuk ki a 18. függvény $g(\varepsilon)$ középértékét. Az integrálás alsó határát a halmazban megfelelő gyakorisággal előforduló legkisebb ε_0 fél-élszög határozza meg, amelynek értéke néhány méréssel megállá-



7. ábra Az $\left(\frac{1}{\operatorname{tg} \varepsilon} - \frac{1}{\sin 2\varepsilon} + \frac{1}{\pi - 2\varepsilon}\right)$ függvény grafikonja

pítható. Az integrálás felső határa elvileg $\varepsilon = \pi/2$.

$$\overline{g(\varepsilon)} = \cos^{1/2} \kappa_3 \frac{\int_{\varepsilon_0}^{\pi/2} \left(\frac{1}{\operatorname{tg} \varepsilon} - \frac{1}{\sin 2\varepsilon} + \frac{1}{\pi - 2\varepsilon} \right) d\varepsilon}{\pi/2 - \varepsilon_0}; \quad (19)$$

$$\begin{aligned} \int_{\varepsilon_0}^{\pi/2} \frac{d\varepsilon}{\operatorname{tg} \varepsilon} &= \left[\ln \sin \varepsilon \right]_{\varepsilon_0}^{\pi/2} = \\ &= \ln 1 - \ln \sin \varepsilon_0 = -\ln \sin \varepsilon_0; \\ \int_{\varepsilon_0}^{\pi/2} \frac{d\varepsilon}{\sin 2\varepsilon} &= \frac{1}{2} \left[\ln \operatorname{tg} \varepsilon \right]_{\varepsilon_0}^{\pi/2} = \\ &= \frac{1}{2} \ln \infty - \frac{1}{2} \ln \operatorname{tg} \varepsilon_0 = \frac{1}{2} \infty - \frac{1}{2} \ln \operatorname{tg} \varepsilon_0; \\ \int_{\varepsilon_0}^{\pi/2} \frac{d\varepsilon}{\pi - 2\varepsilon} &= -\frac{1}{2} \left[\ln (\pi - 2\varepsilon) \right]_{\varepsilon_0}^{\pi/2} = \\ &= -\frac{1}{2} \ln 0 + \frac{1}{2} \ln (\pi - 2\varepsilon_0) = \\ &= \frac{1}{2} \infty + \frac{1}{2} \ln (\pi - 2\varepsilon_0). \end{aligned}$$

Eredményeinket a 19. képletbe helyettesítve és a bizonytalan $-\frac{1}{2}\infty + \frac{1}{2}\infty$ összeg helyett egy c konstans bevezetve, nyerjük:

$$\begin{aligned} \overline{g(\varepsilon)} &= \cos^{1/2} \kappa_3 \frac{\ln \left(\frac{(\pi - 2\varepsilon_0) \operatorname{tg} \varepsilon_0}{\sin \varepsilon_0} \right)^{1/2} + c}{\pi/2 - \varepsilon_0} = \\ &= \cos^{1/2} \kappa_3 \frac{\ln \left(\frac{\pi - 2\varepsilon_0}{\sin \varepsilon_0 \cos \varepsilon_0} \right)^{1/2} + c}{\pi/2 - \varepsilon_0} = \\ &= \cos^{1/2} \kappa_3 \frac{\ln \left(2 \frac{\pi - 2\varepsilon_0}{\sin 2\varepsilon_0} \right)^{1/2} + c}{\pi/2 - \varepsilon_0} = \\ &= \cos^{1/2} \kappa_3 \frac{\ln \left(2 \frac{\pi - 2\varepsilon_0}{\sin 2\varepsilon_0} \right) + 2c}{\pi - 2\varepsilon_0} = \\ &= \cos^{1/2} \kappa_3 \frac{\ln \left(2 + \ln \frac{\pi - 2\varepsilon_0}{\sin 2\varepsilon_0} \right) + 2c}{\pi - 2\varepsilon_0} \end{aligned}$$

Bevezetve a célunknak megfelelő $2c = -\ln 2$ értéket, eredményünk:

$$\overline{g(\varepsilon)} = \cos^{1/2} \kappa_3 \frac{\ln \frac{\pi - 2\varepsilon_0}{\sin 2\varepsilon_0}}{\pi - 2\varepsilon_0} = L \cos^{1/2} \kappa_3,$$

ahol

$$L = \frac{\ln \frac{\pi - 2\varepsilon_0}{\sin 2\varepsilon_0}}{\pi - 2\varepsilon_0} \quad (20)$$

A $\overline{g(\varepsilon)}$ függvény, ha ε_0 értékét megállapítottuk, változóként már csak a κ_3 beállási szöveget tartalmazza. A $\cos^{1/2} \kappa_3$ középértékét az ordináták kiszámításával, a függvénygörbe felrajzolásával és területének bemérésével állapítottuk meg:

$$\cos^{1/2} \kappa_3 = \frac{\int_0^{\pi/2} \cos^{1/2} \kappa d\kappa}{\pi/2} \approx 1,2. \quad (21)$$

Végül eredményeinket a 17. képletbe helyettesítve, az első redukciós faktor középértéke:

$$r_1 = 1,2 \cdot L \quad (22)$$

és a (15) képlet felhasználásával egy kölesönhatás okozta porlás átlagos értéke:

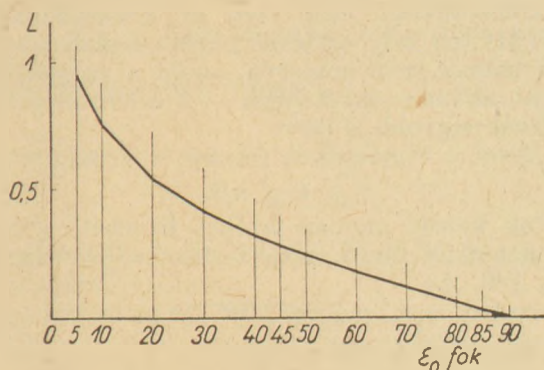
$$\begin{aligned} v^* &= \frac{1,2}{3 \cdot \sqrt{2}} \frac{\ln (\pi - 2\varepsilon_0) / \sin 2\varepsilon_0}{\pi - 2\varepsilon_0} \left(\frac{N}{\sigma} \right)^{3/2} = \\ &= \frac{0,4}{\sqrt{2}} L \cdot \left(\frac{N}{\sigma} \right)^{3/2} \quad (23) \end{aligned}$$

Ez a képletünk, mint ismeretlent, már csupán az N normális erőt tartalmazza. A következő fejezetben rátérünk ennek kiszámítására.

A 20. formulával megjelent L mennyiséget a halmaz lemezességi jellemzőjének nevezzük. Különböző ε_0 értékekre kiszámított nagyságát az 1. táblázatban foglaltuk össze, függvénygörbéjének alakját a 8. ábra mutatja. Az elnevezést az indo-

1. táblázat
A lemezességi jellemző számértékei

ε_0 fok	L
5	0,956
10	0,749
20	0,546
30	0,422
40	0,328
45	0,287
50	0,250
60	0,181
70	0,118
80	0,059
85	0,030
90	0,000



8. ábra Az aprítottkő halmaz lemezesség-jellemzőjének grafikonja

kolja, hogy a halmazban mindig a kis lapszögű, szakmai nyelven lemezes kődarabok adják meg ε_0 értékét. Az ábra jól szemlélteti azt, hogy lemezes kődarabok jelenléte esetén a kölcsönhatás kiközepelt, átlagos porlása milyen mértékben növekedik a halmazban és a táblázatból kiszámítható, hogy pl. $\varepsilon_0 = 20^\circ$ fél-élszögű, nem is túlságosan lemezes kődarabok előfordulása a halmazban csaknem megduplázza a kölcsönhatások okozta átlagos porképződést, összehasonlítva azzal az esettel, amikor a középértékszámítást kubikus ($\varepsilon_0 = 45^\circ$) kőalakból indítjuk el.

6. A halmazban fekvő kövekre ható erők

Az előző fejezetben levezetett (23) képlet a kölcsönhatás okozta kőroncsolódás, porlás közepes volumenére olyan kifejezést szolgáltat, amelyben a kő alakú és szilárdsági tulajdonságára jellemző és egyetlen halmazban állandónak tekinthető ε_0 és σ mennyiségen kívül a még ismeretlen N normális erő is szerepel. Ha adott időpontban ismer-nénk a halmaz minden kövének súlyát és elhelyezkedésük adatait, akkor a halmaz felszínén fekvő kődaraboktól elindulva kiszámíthatnánk az erőknek és nyomatókoknak azt a szövevényes hálózatát, amely a halmaz egy tetszőleges eleméhez vezetve, ennek egyensúlyi adatait meghatározza. Egy ilyen eljárás kiinduló adatainak összegyűjtése azonban kivihetetlen. Az N erőnek meghatározására így a statikai módszert helyettesítő statisztikai eljárást kell kidolgoznunk.

A γ térfogatsúlyú halmazban egy K' köbtartalmú, γ' térfogatsúlyú kődarabra

$$K = \frac{\gamma'}{\gamma} K'$$

kőbirtalom jut. Tehát a $G = K' \cdot \gamma'$ súlyú kődarab a halmazban $G = K \cdot \gamma$ azonos súllyal, de $K > K'$ volumennel és $\gamma < \gamma'$ térfogatsúllyal szerepel. Ha a kő alakja a' , b' , c' élhosszúságú téglaidom, akkor valóságos $K' = a' \cdot b' \cdot c'$ térfogatát a halmazban olyan $K = a \cdot b \cdot c$ redukált térfogattal mérjük, amelynek alapelemei:

$$a = l \cdot a'; \quad b = l \cdot b'; \quad c = l \cdot c',$$

ahol

$$l = \sqrt[3]{\frac{\gamma'}{\gamma}} > 1. \quad (24)$$

Pl. eruptív zúzottkő halmazainknál

$$\gamma' = 2800 \text{ kg/m}^3; \quad \gamma = 1500 \text{ kg/m}^3;$$

$$l = \sqrt[3]{\frac{2800}{1500}} = 1,23$$

értékkel számítható. Egy tetszőleges, szabálytalan idomú eruptív kődarab minden

$$l' \text{ hosszmérete } l = 1,23 l' \text{ redukált hosszát,}$$

$$f' \text{ felületeleme } f = (1,23)^2 f' = 1,52 f' \text{ redukált felületet,}$$

$$k' \text{ térfogateleme } k = (1,23)^3 k' = 1,86 k' \text{ redukált térfogatot}$$

foglal el a halmazban.

A méretredukcióval a kő-levegő összetételű halmazt — a levegő súlyának elhanyagolásával — homogén, γ térfogatsúlyú halmazzá alakítottuk. További tárgyalásainkban a halmaz köveit mindig redukált méreteikkel értelmezzük.

Homogén halmazunkban a feszültségi viszonyokat a Rankine-formula szolgáltatja. Eszerint a halmaz felszíne alatt h mélységben felvett, z normális vízszintes egységfelületen

$\sigma_z = h \cdot \gamma \text{ kg/cm}^2$ ($h = \text{cm-ben}$, $\gamma = \text{kg/cm}^3\text{-ben}$) függőleges nyomófeszültség, ugyanott minden függőleges egységfelületen

$$\sigma_x = \sigma_y = \psi \cdot h \cdot \gamma \text{ kg/cm}^2$$

feszültség van. Az utóbbi képletben

$$\psi = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} \quad (25)$$

ahol φ a halmaz belső súrlódási szöge, amely laza halmazainknál egyenlőnek vehető a természetes rézsűszöggel. Az utóbbi egyenlethől levezethető:

$$\text{tg } \varphi = \frac{1 - \Psi}{2 \sqrt{\Psi}} = \mu = \quad (26)$$

az anyag súrlódási tényezője.

A fentebbi képletek alapján felírható a halmaz minden pontjára a kialakult feszültségtenzor-mező mátrixa a sajátvektorok koordináta-rendszerében (x, y, z):

$$A > h \gamma \begin{Bmatrix} \psi & 0 & 0 \\ 0 & \psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{Bmatrix}$$

A tenzor egyszerű volta lehetővé teszi, hogy következő számításainkat elemibb, de szemléltetőbb módon, bár bizonyos elhanyagolásokkal végezzük.

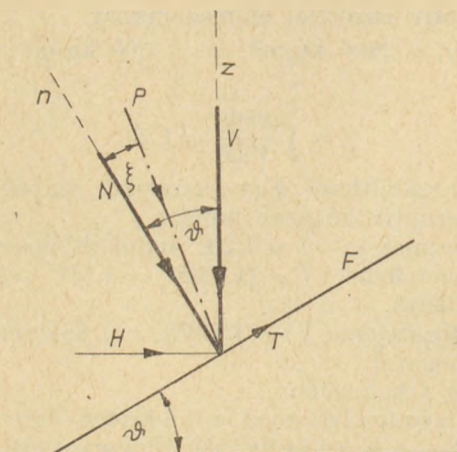
A Rankine-formula szerint egy a halmaz belsejében kijelölt $F \text{ cm}^2$ méretű vízszintes felületre, amely egy zárt térrész felületén van

$$V = h \cdot \gamma \cdot F \text{ kg} \quad (27)$$

függőleges külső eredő erő támad, ha a halmaz felszíne, legalább az F felület felett, vízszintes. Ez a feltétel a halmazban fekvő kődarabok kis mérete mellett kielégítettnek vehető. Ugyanazon zárt térrész egy F méretű függőleges felületére

$$H = \psi \cdot h \cdot \gamma \cdot F \text{ kg} \quad (28)$$

vízszintes külső eredő erő hat. Ennél a megállapításnál elhanyagoltuk azt aényt, hogy a felület magassága mentén a feszültség lefelé növekedik és a feszültségi ábra trapéz-alakja miatt a H erő nem az F felület súlypontjában támad.



9. ábra Ferde síkra ható halmazerők

Olyan F síkfelületre, amelynek n normálisa δ szöget zár be a függőlegessel (9. ábra)

$$V = h \cdot \gamma \cdot F \cdot \cos \delta$$

függőleges és

$$H = \psi \cdot h \cdot \gamma \cdot F \cdot \sin \delta$$

vízszintes erő támad. A fentemlített elhanyagolások itt mind V , mind H megállapításánál fennállnak és csak F kis méretével menthetők.

Az F felületet támadó $P = (V^2 + H^2)^{1/2}$ eredőerő vetülete n -re és F síkjában:

$$N = V \cos \theta + H \sin \theta = h \cdot \gamma \cdot F (\cos^2 \theta + \psi \cdot \sin^2 \theta) \quad (29)$$

$$T = V \sin \theta + H \cos \theta = h \cdot \gamma \cdot F (\cos \theta \cdot \sin \theta) (1 - \psi) \quad (30)$$

A P erővektor ξ szöget zár be az F felület n normálisával. E szög tangensének

$$\operatorname{tg} \xi = \frac{T}{N} = \frac{(1 - \psi) \cos \theta \sin \theta}{\cos^2 \theta + \psi \sin^2 \theta} = \frac{(1 - \psi) \operatorname{tg} \theta}{1 + \psi \operatorname{tg}^2 \theta}$$

maximuma van a

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{1}{\sqrt{\psi}}$$

értéknél, amikor

$$1 \quad \operatorname{tg} \xi = \frac{1 - \psi}{\sqrt{\psi} \left(1 + \frac{\psi}{\psi}\right)} = \frac{1 - \psi}{2 \sqrt{\psi}} = \operatorname{tg} \varphi = \mu,$$

amint a (26) egyenlőség összevetéséből kitűnik. P erő tehát — stabilan álló halmaznál — legfeljebb $\xi = \varphi$ szögben hajlik el az n normálistól és így a súrlódás T tangenciális erőt mindig kiegyensúlyozza, ami különben a Rankine-formula levezetésének alapfelfogása. A továbbiakban tehát csak az N erővel kell foglalkoznunk — tekintettel arra, hogy a súrlódás okozta porlás tárgyalása ez alkalommal nincsen programunkban.

Most tegyük fel, hogy két, a halmazban szomszédosan fekvő kő kölcsönhatásánál az f támaszsík θ szögben hajlik a vízszinteshez. A 10. ábrán az egyik kő valóságos metszetét teljes vonallal, redukált metszetét pontozottan tüntettük fel. Fenti eredményünk szerint, ha F a kődarab ortogonális vetületi területe az n irányból, akkor az f támaszsíkra legfeljebb N normális és T tangenciális erő támad. A „legfeljebb” kikötés homogén halmazban és arra esetre vonatkozik, ha az n normálissal megadott féltérből az N erőt egyet-

len kölcsönhatási hely viszi át kődarabunkra. Több átviteli hely esetével később foglalkozunk. Ha a halmaz nem homogén, amint a valóságban nem az, akkor — kivételesen — N a fent megállapítottnál nagyobb is lehet.

Mivel a támaszsíkok hajlása a vízszinteshez

$$0 \leq \theta \leq \pi/2$$

határok között minden értéket felvehet, a (29) egyenlet θ -tól függő, zárjeles tényezőjét átlagolnunk kell. Az

$$r_2 = \overline{(\cos^2 \theta + \psi \sin^2 \theta)} \quad (31)$$

második redukációs faktor értéke:

$$r_2 = \frac{\int_0^{\pi/2} (\cos^2 \theta + \psi \sin^2 \theta) d\theta}{\pi/2} = \frac{1 + \psi}{2} \quad (32)$$

Statisztikai átlagban tehát a halmazban fekvő kődarabot egy féltérből

$$\bar{N} = \frac{1 + \psi}{2} h \cdot \gamma \cdot F \quad (33)$$

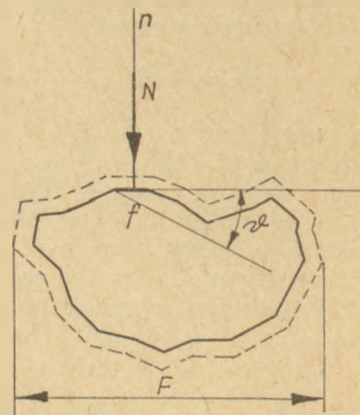
normális erő támadja. Ezt az eredményünket a (23) képletben érvényesítve, rövidítés és rendezés után nyerjük:

$$\begin{aligned} v^* &= 0,1 \cdot L \cdot \left[\frac{(1 + \psi) \cdot \gamma}{\sigma} \right]^{3/2} (h \cdot F)^{3/2} = \\ &= 0,1 \cdot L \cdot M \cdot (h \cdot F)^{3/2} \end{aligned} \quad (34)$$

A (34) képlet jobb oldalán összevont

$$M = \left[\frac{(1 + \psi) \cdot \gamma}{\sigma} \right]^{3/2} \text{ cm}^{-3/2} \quad (35)$$

tényezőt a halmaz nedvességi jellemzőjének nevezzük, avval az indokolással, hogy olyan anyag- és halmaztulajdonságokat foglal össze, amelyek a halmaz nedvesség-állapotával változnak és M számértékét egyértelműen módosítják. Az $(1 + \psi)$ tényező és a γ térfogatsúly növekedik, σ pedig csökken, ha a halmaz légszáraz állapotból átnedvesedett állapotba megy át. Sajnos ennek a változásnak kísérleti és irodalmi adatai elégtelenek ahhoz, hogy akárcsak egyetlen kőanyag meghatározott szemszerkezetű frakciójából álló halmazra is folytonos grafikont készíthetnénk belőlük. Ehhez még egyes elvi kérdések is tisztázatlanok. A 2. táblázatban legalább nagyságrendi képet adunk a nedvességi jellemző kezdeti- és végértékére,



10. ábra. Vázrajz a halmazban fekvő kődarabra ható normális erő számításához

Az aprítottkő halmaz nedvességi jellemzőjének alakulása eruptív köveknél

2. táblázat

A halmaz nedvességi állapota ..	φ fok	$1 + \varphi$	γ kg/cm ³	σ kg/cm ²	M $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} \text{ cm}^{-1/2}$
Légszáraz	38	1,23	$1,50 \cdot 10^{-3}$	$8,7 \cdot 10^3$	$0,98 \cdot 10^{-10}$
Átázott	32	1,31	$1,65 \cdot 10^{-3}$	$7,8 \cdot 10^3$	$1,77 \cdot 10^{-10}$

hazai bazalt zúzottkő halmazokra vonatkozó mérési adatok alapján.

A táblázatból kitűnik, hogy a nedvesen halmozott aprított kőanyag ronszolódása mintegy 80%-kal nagyobb a szárazon kezelt anyagénál, ami megfontolásokra késztet a nedvesen osztályozott és mosott minőségi nemeszúzalékokkal szemben.

7. Egy kőre jutó kölcsönhatások eloszlása

Az előző fejezetben már rámutattunk arra, hogy a homogén-halmaz koncepció, bár igen hasznosnak bizonyult, gondolatmenetünk egy pontján csődöt mond. Ez a pont világosan meghatározható: mindaddig, amíg a halmazban fekvő kődarab távolabbi környezetéről van szó, a halmaz homogénnek fogható fel, de a szomszédos kövekkel kapcsolatban, éppen a kölcsönhatásba lépőkkel, vissza kell térnünk a halmaz tényleges, granulált állapotára. A homogén halmazban az egyes kődarabok, redukált méreteikkel, csak geometriai alakjukkal szerepelnek és a feszültségi tenzormező folytonosságához nyújtanak csupán bázist, míg a granulált közvetlen környezet kövei, átviteli tartóként, a vizsgált kő egyes pontjaira koncentrálnak a tenzormező hatásait.

Vegyünk fel egy (x, y, z) derékszögű koordinátarendszert, kezdőpontjával a halmaz mélyén fekvő kődarab súlypontjában, függőleges z tengellyel. Tegyük fel továbbá, hogy kődarabunkon 6 kölcsönhatás keletkezett és éppen a koordinátatengelyek dőléspontjain. Ekkor — a h mélységet, közelítéssel, a kő súlypontjára vonatkoztatva — a (34) képlet felírható

$$v^* = A \cdot F^{3/2}$$

alakban, ahol A a vizsgált kőre nézve állandó. Ha F_x, F_y, F_z -vel jelöljük a kő x, y, z tengelyirányú ortogonális vetületeit, akkor a kövünk hat kölcsönhatásából származó, csak a vizsgált követ ért porlás

$$V_6 = \frac{1}{2} A (2F_x^{3/2} + 2F_y^{3/2} + 2F_z^{3/2}) = A \cdot (F_x^{3/2} + F_y^{3/2} + F_z^{3/2})$$

tekintve, hogy minden kölcsönhatás 2—2 követ érint. Ha kövünk egy gömbbe írt soklapú poliéder, akkor eltekinthetünk az ortogonális vetületek különbségétől és felírhatjuk:

$$V_6 = \frac{6}{2} v^*.$$

Azonban egy kő helyzetét a halmazban négy, hármásával nem egy síkban fekvő erő is biztosítja. Ha ezeknek az erőknek hajlásszöge egymáshoz η és $\eta \geq \pi/2$, akkor a négy erőnek porlasztása kövünkön

$$V_4 = \frac{4}{2} v^*.$$

Ugyanez az okfejtés bármilyen $k \leq 6$ átlagos kölcsönhatásra megismételhető, amikor is a vizsgált kövön bekövetkező átlagos porlási volumen:

$$V_k = \frac{k}{2} v^*; (k \leq 6) \quad (36)$$

Most a V_6 levezetéséhez kapcsolódva tegyük fel, hogy minden tengelyirányban nem egy, hanem n kölcsönhatás éri a vizsgált kődarabot. Ekkor az egy irányból támadó N erők felparcellázák maguk között az irányhoz tartozó F ortogonális vetületet és egyenlő parcellák esetében a kövön bekövetkező porlás

$$V_{6n} = \frac{6n}{2} A \left(\frac{F}{n} \right)^{3/2}$$

lesz. Mivel ebben az esetben $6n = k$, a kölcsönhatások száma, írhatjuk

$$V_k = \frac{k}{2} A \left(\frac{F}{k/6} \right)^{3/2} = \sqrt{\frac{6}{k}} \cdot \frac{6}{2} A F^{3/2} = 3 \sqrt{\frac{6}{k}} \cdot v^* \quad (37)$$

Ezt az eredményt minden $k \geq 6$ esetre általánosíthatjuk, amikor is a halmaz egyetlen elemének porlására a következő képletet nyerjük:

$$V_h = 0,1 \cdot K \cdot L \cdot M \cdot (h \cdot F)^{3/2}, \quad (38)$$

ahol

$$K = \begin{cases} k/2, & \text{ha } k \leq 6 \\ 3 \sqrt{\frac{6}{k}}, & \text{ha } k \geq 6 \end{cases} \quad (39)$$

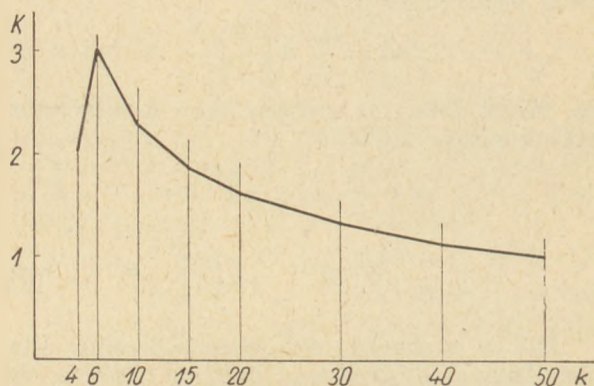
és k az egy kőre jutó kölcsönhatások átlagos száma.

A halmaz egy kövére jutó kölcsönhatások száma szoros összefüggésben áll a halmaz osztályozottságával. Ezért a K faktort a halmaz osztályozottsági jellemzőjének nevezzük és adatait a 3. táblázatban, alakját a 11. ábrán közöljük. Ezekből — bár a kölcsönhatások tényleges számát nem ismerjük — kivehető, hogy van az osztályozottságnak egy viszonylag éles foka, amelynél a halmaz porlása maximális. Ez a megállapítás pedig ellentmond annak az általános törekvésnek, amely a zúzottkő-frakciók minél élesebb osztályozását tűzi ki célul. Jelenlegi aprítási és osztályozási technológiánk mellett ugyanis valószínű, hogy K -val a 11. ábra grafikonjának görbe szárán mozgunk és legfeljebb a $k = 6$ -hoz tartozó maximális ordinátát érhetjük el.

A (38) képletben még egy, a gyakorlatnak megfelelő változtatást eszközölhetünk. Az osztályozott zúzottkőnek általában a két határátmérő-jét szokás megadni, amiből egy átlagos d átmérő

3. táblázat
Az osztályozottsági jellemző számértékei

k	K
4	2,000
5	2,500
6	3,000
10	2,325
15	1,897
20	1,644
30	1,341
40	1,162
50	1,039



11. ábra Az aprítottkő halmaz osztályozottsági jellemzőjének grafikonja

képezhető. Ha a kő alakját durva közelítéssel d átmérőjű gömbnek tekintjük, akkor

$$F = \frac{d^2 \pi}{4}; F^{3/2} = \left(\frac{\pi}{4}\right)^{3/2} \cdot d^3 = 0,7 \cdot d^3$$

és a (38) képlet módosított alakja, a halmaz egy d átlagátmérőjű elemének porlása:

$$V = 0,07 \cdot K \cdot L \cdot M \cdot d^3 \cdot h^{3/2}. \quad (40)$$

8. A 40. képlet diszkussziója

A (40) képlet a kőhalmaz egy stabil helyzetében megadja a halmazban fekvő kődaraboknak — csupán erre a helyzetre értelmezett — porlási volumenét. A képlet tényezőit vizsgálva a következők állapíthatók meg:

A K osztályozottsági jellemzőnek egyelőre csak jól osztályozott halmazban adhatunk elfogadható számértéket. Valószínűnek látszik, hogy a $k = 4-6$ kölcsönhatással járó $K = 2-3$ jellemző csak ideális viszonyok között, egyenlő nagyságú és valamely szabályos alakú elemekből álló halmazoknál érhető el. Az egyenlő átmérőjű gömbökből álló halmaz egy eleménél a kölcsönhatási helyek valószínű száma $k \approx 12$, az ennek megfelelő $K \approx 2,1$. Minél vegyesebb a szemcseméret és minél szabálytalanabb a szemcsealak, annál bizonytalanabbá válik a K jellemző becsülhető értéke és elképzelhető, hogy pl. az egyszerűt,

osztályozatlan, 0-tól 15 cm szemnagyságokat tartalmazó kőhalmaz egyes kis szemcséinél a kölcsönhatási helyek száma 4-re csökken, míg egyes legnagyobb kődaraboknál k esetleg 100 fölé is emelkedik.

Az L lemezességi jellemző a halmazban található lapos kövek ϵ_0 fél élszögének függvénye. Nyilvánvaló, hogy a halmazban előforduló néhány pikkelyszerű kődarab, amelynél ϵ_0 néhány fokra süllyed, nem döntheti el a lemezességi jellemző irányadó értékét és így problematikus marad az, hogy mit vegyünk fel ϵ_0 átlagának és mi legyen L konkrét értéke egy kőhalmaz jellemzésénél.

Az M nedvességi jellemzőben három változót foglaltunk össze, a φ természetes rézsűsöveget, a γ halmaztérfogatsúlyt és a σ részleges terhelési törőszilárdságot. Mindháromnak a bizonytalansága ez idő szerint még az előbbieknél is feltűnőbb. Ismert tény, hogy φ értéke, egyazon halmazon belül is, nemcsak az érintkező kőfelületek nedvességi állapotával változik, hanem a kődarabok nagyságával, alakjával, sőt a halmaz magasságával is. A γ halmaztérfogatsúlynak függése a szemnagyságtól, szemszerkezettől eléggé ismeretes. De alig változik akkor, ha pl. a halmazra hulló eső vize egyes erek mentén lefolyást talál a halmaz belsejében, ellenben igen jelentősen megnövekedik, ha a kőanyagot pl. mosóberendezésben, elkeverjük a vízzel. Hasonló módon eléggé tisztában vagyunk a nedvesített kőanyag szilárdság-csökkenésével, tekintettel arra, hogy a törőszilárdság mérések évtizedek óta erre a körülményre is kiterjednek, annál nagyobb a szórás σ -nak a részleges terheléssel kapcsolatos értéket illetően.

A kődarabok F vetületi területével összefüggő nehézségekről már volt szó. Az 1. fejezetben említett geometriai problémán túl itt rá kell mutatnunk arra, hogy a halmazban fekvő kődarabok igénybevétele milyen jelentős befolyással van az, hogy a kő pl. legnagyobb vetületével vízszintesen, vagy függőlegesen helyezkedik el. Az első esetben a teljes $h\gamma F$ nyomás támadja, az utóbbi esetben pedig ennek kb. negyedrésze: $\varphi h\gamma F$. Ez természetesen a kölcsönhatási erőre is kihatással van.

A (40) képlet a felsorolt jellemzők becslésén alapuló számszerű felvétele esetén is csak további feltevések mellett alkalmazható halmazokban végbemenő porképződés számítására. Éspedig azért, mert sem térben, sem időben nem integrálható, tekintettel arra, hogy a kölcsönhatási helyek nem folytonosan, hanem izoláltan helyezkednek el és a halmaz átrendeződései időbeli eltolódásokkal követik egymást. Az ezzel járó nehézségek érzéltetésére álljon itt egy viszonylag egyszerű példa:

Egy T alapterületű hasábalakú silóban h magassággal tárolt, jól osztályozott zúzottkő átlagos szemnagysága a 6. fejezetben bevezetett redukció után legyen d , átlagos vetületi területe

$$F = d^2$$

A siló egy d vastagságú vízszintes rétegében

$$\frac{T}{F} = \frac{T}{d^2}$$

darab kő fekszik. Egy réteget a halmaz felszíne alatt x mélységben felvéve, a réteg köveinek porlása (40. képlet):

$$V_x = 0,07 \cdot K \cdot L \cdot M \cdot d^3 \cdot x^{3/2} \cdot \frac{T}{d^2} = A \cdot d \cdot x^{3/2}$$

$$A = 0,07 \cdot K \cdot L \cdot M \cdot T)$$

A halmaz porlását rétegenként kell számítanunk. A rétegek súlypontjának mélysége sorban:

$$\frac{d}{2}, 3 \frac{d}{2}, 5 \frac{d}{2} \dots \left(2 \frac{h}{d} - 1\right) \frac{d}{2}.$$

Ezekkel a mélységekkel a silótartalom összes rétegeinek porlása:

$$V = A \cdot d \cdot$$

$$\cdot \left(\frac{d}{2}\right)^{3/2} \left[1 + 3^{3/2} + 5^{3/2} + \dots + \left(2 \frac{h}{d} - 1\right)^{3/2}\right] =$$

$$= 0,353 \cdot A \cdot d^{5/2} S,$$

ha

$$S = \sum_{n=1}^{n=\frac{h}{d}} (2n-1)^{3/2}$$

jelöléssel élünk. Mint látható az x halmazmélység szerinti integrálást a páratlan számok $3/2$ hatványaiából képezett véges sor összegezése (S) váltotta fel. Evvel eredményünk kifejtve:

$$V = 0,0353 \cdot K \cdot L \cdot M \cdot T \cdot S \cdot d^{5/2} \quad (41)$$

Legyen a tartály egy vagon, elegyengetett 4/6 cm-es zúzottkővel megrakva:

$$T = 20 \text{ m}^2 = 2 \cdot 10^5 \text{ cm}^2$$

$$h = 74 \text{ cm}$$

$$d = 5 \cdot 1,23 = 6,15 \text{ cm}; \quad d^{5/2} = 94$$

$$n = h/d = 74/6,15 = 12 \text{ réteg,}$$

$$S = \sum_{n=1}^{n=12} (2n-1)^{3/2} = 563$$

A választott jellemzők:

$$k = 10; \quad K = 2,324$$

$$\varepsilon_0 = 20^\circ; \quad L = 0,546$$

$$M = 0,98 \cdot 10^{-10}$$

Az értékeket a (41) képletbe helyettesítve, a halmaz porlása:

$$V = 0,0465 \text{ cm}^3$$

Amint tudjuk, ez a porképződés a vagonban tárolt kőanyag egyetlen stabil helyzetében keletkezik. Tegyük fel, hogy kéttengelyű vagonunkat egy 100 km-re fekvő kirakodóhelyre vontatják. A pálya 24 m hosszú sinszálakból áll, tehát a vontatás alatt a vagon

$$\frac{100\,000}{24} \cdot 2 = 8350,$$

a tolatásokkal együtt kereken 10 000 lökés éri a sínillesztéseken. A lökések a vagonban tárolt kőanyag parányi átrendeződését okozzák, új kölcsönhatási helyeket hoznak létre a halmaz elemei között. Így a rendeltetési állomáson, csak a halmaz belső porképződése folytán, a vagonban

$$V' = 10\,000 \cdot 0,0465 = 465 \text{ cm}^3$$

por van.

A számítás kellőképpen demonstrálja a (40) képlet gyakorlati felhasználásával járó bizonytalanságokat és nehézségeket, amelyeket részben elméleti hiányosságok, részben a kísérleti adatok elégtelensége okoznak. A képlet jelentőségét ezért nem számítások végrehajtására való alkalmasságában látjuk, hanem a benne foglalt alábbi megállapításokban:

a) Az aprított kőanyag lemezessége a kis élszögek felé fokozódó mértékben növeli a termék porszenyveződését (20. képlet, 8. ábra, 1. táblázat). Így a felhasználó kifogásolása jogos a lemez szemeséket jelentékeny mértékben tartalmazó áruval szemben.

b) A nedves kezelés, bár pillanatnyilag porlecsapással jár, a halmaz kiszáradása után 1,8-szeresére emeli annak portartalmát (35. képlet, 2. táblázat). Ha a nedvesítés nem jár teljes átmosással, akkor a halmaz portartalmát a nedves kezelés folyamán képződött és a szemesekre tapadt por is növeli.

c) Az éles osztályozás emelkedő mértékben fokozza a zúzottkő porlását (39. képlet, 11. ábra, 3. táblázat). Ez a megállapítás regisztrálja azt a tapasztalati tényt, hogy nemeszúzalék tárolása a termék porszenyveződésével jár.

d) Az osztályozott zúzottkő depóniák porfejlesztése a d szemnagyság 3. hatványával növekedik (40. képlet). Ez az újszerű megállapítás a nagyobb kődarabokra ható halmaznyomás koncentráltabb erőátadásának következménye.

e) A depóniák vízszintes rétegeiben a porlás a mélység $3/2$ hatványával növekedik (40. képlet). Ebben a magas depóniák fokozott elszennyveződésének ténye nyer indokolást.

f) Halmazok porlása a részleges terhelési szilárdság $3/2$ hatványával fordított arányban, a halmaztérfogatsúly $3/2$ hatványával egyenes arányban nő, ami az M jellemző (35) képletéből folyik.

9. A kölcsönhatás energiaviszonyai

Az (ee) kölcsönhatásban részes N_x erő a folyamat alatt 0-ról N -re növekedik, miközben a pontszerű érintkezési helyet is, f_x közbenső helyzeteken át, f támaszsíkká fejleszti. Az áthatás mélységének egy közbenső nagysága (14/a képlet):

$$m_x = \left(\frac{\lambda}{f_0 \sigma}\right)^{1/2} N_x^{1/2}$$

Egy közbenső időpontban, mivel

$$\frac{dm_x}{dN_x} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{f_0 \sigma}\right)^{1/2} N_x^{-1/2},$$

az infinitezimális mélységnövekmény

$$dm_x = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{f_0 \sigma}\right)^{1/2} N_x^{-1/2} dN_x.$$

Az áthatás dm_x mélységnövekedésével végzett elemi munka:

$$dL_x = N_x \cdot dm_x = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{f_0 \sigma}\right)^{1/2} N^{1/2} dN_x$$

A kölcsönhatás teljes munkája alapállásban:

$$L = \int_0^N dL_x = \frac{1}{3} \left(\frac{1}{f_0 \sigma}\right)^{1/2} N^{3/2},$$

ami a (14) képlettel összevetve a következő eredményre vezet:

$$L = v \cdot \sigma$$

Azonos f támaszszikú ferde beállásnál m_x helyett a (10) képlet szerint $m_x^* = \sqrt{\lambda} m_x$ helyettesítendő, így tetszőleges beállásnál a kölcsönhatás munkája:

$$L^* = \sqrt{\lambda} L = \sqrt{\lambda} \cdot v \cdot \sigma = v^* \cdot \sigma,$$

illetve

$$v^* = \frac{L^*}{\sigma} \quad (42)$$

A (38) és (40) képletekben ezt a formulát a halmaz egy kövére, a (41) képletben az egész halmazra összesítve σ -val való szorzás és osztás útján kapjuk meg. Így mindegyik számláló a porképzésre fordított közvetlen és járulékos energiát szolgáltatja.

A 12. ábra teljes vonalával jelzett (42) összefüggést azonban több okból revideálnunk kell.

a) Fenti levezetésben σ -t állandónak vettük, ami a valóságban nem áll fenn. Kis méretek felé az anyag szilárdsága tudvalevőleg lényegesen nagyobb, mint a szilárdságméréseknél szokásos cm^2 nagyságrendnél. Ezt részben már a részleges törőfeszültség bevezetésével, legalább a kölcsönhatási folyamat mm^2 végső stádiumára, figyelembe vettük. A folyamat azonban — feltehetőleg — még nagyobb törőfeszültséggel indul és így, mivel ábránkon a v^* egyenes tangense

$$\tan \alpha = \frac{v^*}{L^*} = \frac{1}{\sigma},$$

a tényleges v^* grafikonon feltétlenül az egyenes vonal alá kerül, amit a 12. ábra sematikusán, a szaggatott vonal jelöl. Tehát

$$v^* < \frac{L^*}{\sigma}$$

feltéve, hogy σ -t nem vettük eleve túl nagyra.

b) A kölcsönhatás folyamán nem a porlás az egyetlen fellépő fizikai jelenség. A kölcsönhatásba lépő testekben kiépül a feszültségi tenzortér, a kövek deformációja és roncsolódása közben hő fejlődik, a kölcsönhatásba fektetett energia egy része hang, esetleg fény alakjában jelentkezik. Mindezek az energiaátalakulások azonban a kölcsönhatás velejárói, a porlási folyamat nem idézhető elő nélkülük. Etekintetben a 42. képlet mondanivalóját — eltekintve az a) alatt említett

tektől — úgy kell megfogalmaznunk, hogy v^* pormennyiség fejlődéséhez L^* energiát kell felhasználnunk.

c) Bármilyen berendezéssel akarnánk elvégezni egy kölcsönhatási kísérletet, az feltétlenül energiavesztéssel fog járni: a feszültségi tenzortér a kísérleti kövekről áterjed a kísérleti berendezés anyagaira, ezek elmozdulásai sűrűlódási veszteségeket okoznak stb. A kísérletbe tehát több energiát kellene befektetni, mint amennyit a módosított (42) képlet megkíván.

d) Hasonló módon, ha L_a -nak a halmazzal valami módon közölt energiát nevezzük, ennek egy része elvész a talajba és siló falába kiterjedő tenzortérben, esetleg ezeknek rezgőmozgásai formájában távozik, hang- és elektromágneses hullámok vonulnak át a környezetbe a halmaz teréből. Feltehető, hogy különböző külső körülmények között az energia ilyen elvándorlása különböző formában és intenzitással megy végbe, ami minden bizonyossal visszahat magára a kölcsönhatási folyamatra és ennek porképzési részfolyamatára is, többé-kevésbé csökkentve a befektetett L_a energiához tartozó v porvolument.

A gyakorlatban előforduló esetek túlnyomó részében kiszámítható egy a halmazzal közölt L_a energia és az a kérdés merül fel, hogy milyen mennyiségű por képződést kapcsoljuk avval össze. A válasz nyilvánvaló:

$$V = \eta \frac{L_a}{\sigma}; \quad 0 < \eta < 1; \quad L = \eta L_a, \quad (43)$$

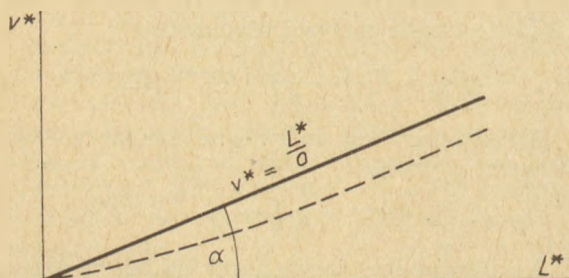
természetesen, csak a jelen tanulmány keretében vizsgált kölcsönhatási folyamatok tekintetében. A bevezetésben említett sűrűlódásos és felütődéses kölcsönhatások nyilván hasonló formulákra vezetnek, de az ezeknél előforduló nyírási- és hajlítási igénybevételeknek megfelelő nyírási- és húzási szilárdságot tartalmazó tagokkal kiegészítve.

A (43) képletekben szereplő η hatásfokra csak becsléseket adhatunk. Az őrlési gyakorlat egy számítása golyósmalomnál, gépi veszteségek beszámításával és az ott természetszerű nagy hőfejlődés mellett, tisztán az aprításra fordított munkára $\eta = 0,006$ hatásfokot ad meg, a járulékos energiákat is levonva. Ha a számítás adatai közül a gépi veszteségeket és a hőveszteségek 2/3 részét mellőzzük és csak a maradék veszteségeket írjuk a kölcsönhatási folyamat terhére, akkor 0,018 hatásfokot kapunk. Az előző fejezetben kidolgozott vagonszállítási példánál a vagonrakomány súlya 22,2 tonna, $\sigma = 8700 \text{ kg/cm}^2$ volt. Ahhoz, hogy a rakomány kövei között a sínillesztések felett tényleg átrendeződés következzen be, nyilván jelentékeny illesztési lépcsőket kell feltételeznünk. Ha a kocsiszekrény ugrásait 1 mm-nek vesszük fel, akkor a sínillesztések felett a rakománnyal közölt energia

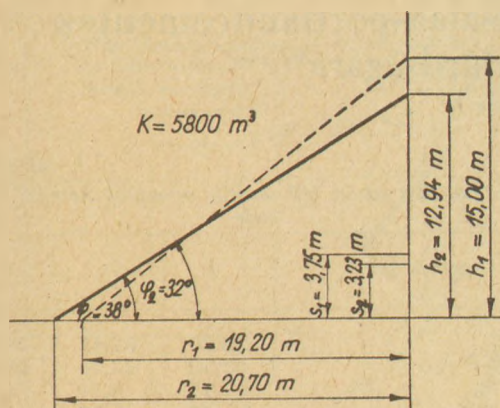
$$L_a = 22\,200 \cdot 0,1 = 2220 \text{ cmkg},$$

$$\eta = \frac{V \cdot \sigma}{L_a} = \frac{0,0465 \cdot 8700}{2220} = 0,18$$

Nem kétséges, hogy kölcsönhatásoknál η nagyobb, mint az őrlésnél számított 0,6%, de



12. ábra. A $v^* = \frac{L^*}{\sigma}$ függvény eltolódásának sémája



13. ábra. Kúpos tároló roskadása

elfogadható értéket csupán a gyakorlatnak megfelelő különböző feltételek között végzett kísérletekkel lehet nyerni.

Befejezésül kidolgozunk egy példát a (43) képlet teljesítőképességének érzékeltetésére:

Egy szárazon feltöltött szabadtéri kúpos tároló $\varphi_1 = 38^\circ$ rézsűszöggel áll meg. Tartós esőtől átázva $\varphi_2 = 32^\circ$ rézsűszögére folyik szét. A folyamattal milyen porfejlődés jár, csak a belső kőátrendeződések kölcsönhatásainak figyelembevétele mellett? A méretadatokat a 13. ábra tünteti fel. Az átnedvesedett kúp súlya, $Q = 5800 \cdot 1650 = 9,57 \cdot 10^6$ kg. A súlypontsüllyedés 52 cm.

$$L_a = 9,57 \cdot 10^6 \cdot 52 = 5 \cdot 10^8 \text{ cmkg.}$$

$$\eta = 0,1 \text{ felvételével } L = 5 \cdot 10^7 \text{ cmkg}$$

$$V = \frac{5 \cdot 10^7}{7,8 \cdot 10^3} = 0,64 \cdot 10^4 = 6400 \text{ cm}^3 = 6,4 \text{ liter.}$$

Erdély Imre : Aprítottkő halmazok porlása. A tanulmány az aprított kő alakjára vonatkozó kézenfekvő egyszerűsítésekből kiindulva kimutatja, hogy a halmazokban fekvő kövek túlnyomó részben a köfelületek keresztező éleivel kerülnek egymással érintkezésbe. A kölek összemetsződésének részletes tárgyalása alapján levezeti a kőhalmazok természetes lemezességi, nedvességi és osztályozottsági jellemzőit, amelyek a halmazozott kő porlását befolyásolják. A halmaz egy stabilis helyzetében egy kődarabon keletkező pormennyiség képletéhez jutva kimutatja ennek a kísérleti és irodalmi adatok elégtelenségéből folyó jelenlegi bizonytalanságát, valamint azt, hogy a kölcsönhatási helyek izoláltsága és a halmaz átrendeződéseinek időbeli eltolódásai következtében a egész halmazra nem integrálható porlási függvény csak további egyszerűsítő feltevések segítségével adhat számszerű értéket halmazok porlására. Végül foglalkozik a porlási folyamat energiaviszonyaival is. A tanulmány, főleg a minőségi nemeszúvalékok termelésével kapcsolatban, több érdeklődésre számító eredményt mutat fel.

Эрдеи Имре : ПЫЛЕВЫДЕЛЕНИЕ МАСС РАЗМЕЛЬЧЕННОГО КАМНЯ.

Автор, исходя из упрощений, относящихся к размельченному камню, показывает, что большая часть камней, находящихся в массе, соприкасается

друг с другом по ребрам, пересекающим поверхности камня.

На основе подробного анализа пересечений граней камней выводит характеристики естественной пластинчатости каменных масс, влажности и классифицируемости, которые оказывают влияние на пылевыделение рыхлого камня. Выводя формулу пылеобразования для одного куска камня в условиях стабильности массы, автор показывает имеющиеся в настоящее время неопределенности, вытекающие из-за отсутствия достаточных экспериментальных и литературных данных, а также то, что в результате изолированности мест взаимного влияния и смещения во времени перестраивания масс зависимость пылевыделения, не интегрируемая на всю массу, может дать численные данные пылевыделения массы только с помощью предположений, упрощаемых в дальнейшем.

В заключении автор занимается также энергетическими условиями процесса пылевыделения. Работа дает интересные результаты, связанные главным образом с производством качественной обогащенной щебенки.

Erdély, Imre : Das Stieben von Splitthaufen

Hierangehend aus den an der Hand liegenden Vereinigungen — in Bezug auf die Gestalt der Splittsteine — wird nachgewiesen, daß sich die angehaften Steine in überwiegender Mehrzahl mit den die Steinoberfläche kreuzenden Kanten berühren. Es werden — auf Grund der Verschneidung der Steinkanten — jene natürlichen Kennzeichen des Steinhaufens (Blätterigkeit, Feuchte usw.) abgeleitet, welche das Stieben des angehaften Steins beeinflussen. Es wird auf die Unzulänglichkeit der Formel, welche die aus einem Stück Steins in stationären Zustand entstehende Staubmenge angibt, hingedeutet; namentlich darauf, daß die Unzulänglichkeit eine Folge der mangelhaften Versuchangaben und Literaturdaten ist; ferner darauf, daß — infolge der isolierten Lage der Berührungsstellen und der zeitlichen Verschiebung der Haufenumlagerung — die Funktion, welche auf das Stieben des gesamten Haufens nicht integriert werden kann, erst nach weiterer Vereinfachung brauchbare Zahlen liefern könnte. Zum Schlusse werden die Energieverhältnisse des Stiebens besprochen. Auch enthält die Abhandlung interessante Daten, insbesondere in Bezug auf die Produktion von Edelsplitten guter Qualität. (S. G.)

Erdély, Imre : The Dusting of Comminuted Rock Stacks

According to (simplified) considerations concerning the form of comminuted rocks it can be shown that the majority of rock particles join one another along intersecting edges. By a detailed study of the intersection conditions the most important characteristics affecting the disintegration of rocks can be deduced: these are the natural lamination, moisture and classification factors. The purpose is to calculate the amount of dust formed on individual rock particles, stable position of the stack presupposed; the insufficiency of experimental and literature data, however, make this calculation rather uncertain. A numerical "dusting"-value can be obtained only using certain simplifications, because the theoretical isolatedness of intersection points and the rearrangement of the stack give a non-integrable function unless simplified. The energy conditions of dusting are also dealt with. The results of this study are valuable especially from the point of the production of high-quality crushed rocks.

A kalciumklorid hatása a kohósalak-portlandcementek szilárdulására és szilárdságára*

BALÁZS GYÖRGY

Bevezetés

Az irodalomban igen ellentmondó nézeteket találunk arra vonatkozóan, hogy hogyan befolyásolja a kalciumklorid a portlandcementek kezdőszilárdságát. Sokkal inkább eltérnek a vélemények, amikor a kalciumkloridnak a kohósalak-portlandcementek kezdőszilárdságára gyakorolt hatásáról van szó.

Bár a kohósalak-portlandcementek kötési és szilárdulási folyamata a portlandcementekével lényegében megegyezik, bizonyos alapvető különbség is fennáll köztük. Különösen Grün [Kühl (1961)] hangsúlyozza, hogy csak az igen reakcióképes salakok vesznek részt a szilárdulás kezdeti folyamatában, a kevésbé reakcióképes salakportlandcementek kezdőszilárdsága a portlandcement tartalmukkal arányos és a salak hatása csak a szilárdulás későbbi szakaszában érvényesül. Valószínűen ezzel magyarázható, hogy míg a kutatók többsége [Kind és Okorokov (1954), Vavrin (1955), Lewitas (1955), Kühl (1961), Mironov (1953), Szizov (1953), Manche (1960)] a kalciumkloriddal a kohósalak-portlandcementeknél is igen kedvező eredményt ér el, addig kedvezőtlen eredményről is tudunk [Kühl (1961)]. Az Építéstudományi Intézetben [Egresi (1961)] végzett kísérletek szerint is a természetesen szilárduló hejőcsabai 300-as (70% kohósalaktartalom) cement kezdeti szilárdulását nem befolyásolta a kalciumklorid.

Mironov (1953) és Szizov (1953) szerint a kalciumklorid a salakportlandcementek és más hidraulikus pótlékkal készített cementek szilárdulását még fokozottabb mértékben gyorsítja, mint a tiszta portlandcementekét. Ezt a hatást azzal indokolják, hogy a kalciumklorid a hidratáció meggyorsításán kívül meggyorsítja a mészhidrát és hidraulit kölcsönhatását is, épp ezzel kiegyenlíti a cementek ama hátrányos tulajdonságát, hogy kezdetben lassabban szilárdulnak.

E tanulmányban azokról a kísérleteinkről számolunk be, amelyek során a kalciumkloridnak a kohósalak-portlandcement kezdőszilárdságára gyakorolt hatását vizsgáltuk természetes szilárdulás és gőzölés esetén.

A kalciumklorid hatása természetesen szilárduló betonban

E kísérletek során az 1. táblázatban 1 jellel ellátott cementtel dolgoztunk. A cementtartalom 450, illetve 300 kg/m³, a cement súlyára vonatkoztatott vízmentes kalciumklorid 0, 1, 2, illetve 3%, a vízcementtényező 0,36, a konzisztencia gyengén plasztikus volt. Osztályozott, szárított folyami kavicsot használtunk adalékanyagul, mely-

1. táblázat

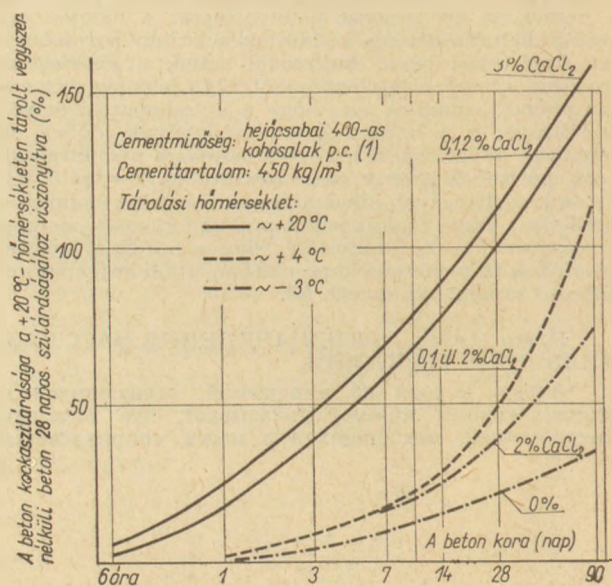
A kutatómunka során felhasznált cementek kémiai összetétele

Cement jele	1	2	3
CaO %	52,20	52,41	51,37
SiO ₂ %	27,59	27,70	29,63
Al ₂ O ₃ %	7,17	5,71	5,72
Fe ₂ O ₃ %	1,40	3,01	1,60
MgO %	1,10	4,12	1,86
SO ₃ %	4,63	0,80	3,87
Izzítási veszteség	3,30	2,35	2,01
HCl-ben oldhatatlan maradék	2,34	0,26	2,62
Hidraulikus kiegészítő anyag	45 % kohósalak	45 % kohósalak	70 % kohósalak

nek maximális szemnagysága 15 mm, Abrams-féle finomsági modulusa 5 volt.

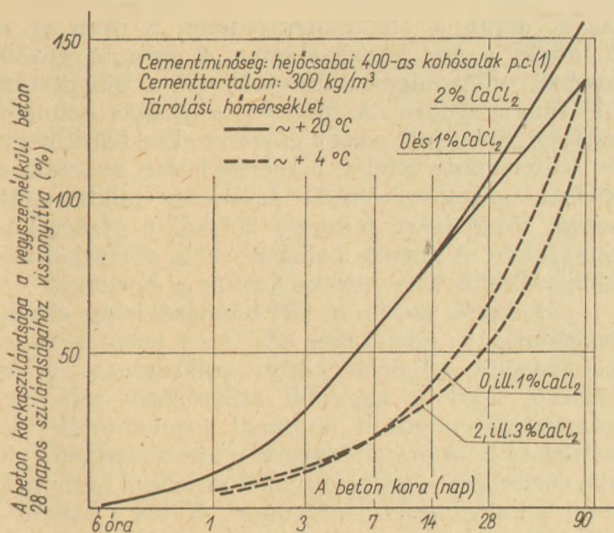
7,07 cm élhosszúságú kockákat készítettünk kézi keveréssel és bedolgozással. Az adalékanyagot és cementet előzetesen azon a hőmérsékleten tároltuk, amelyen később a beton szilárdult. A beton szilárdulását +20, +4, illetve -3° hőmérsékleten tanulmányoztuk. A tárolási hőmérséklet ±0,5°-ot ingadozott.

Esetenként 5—5 db kockát törtünk el 1, 3, 7, 28 illetve 90 napos korban (-3° hőmérsékleten tárolt kockáknál a fagy felengedése után). Az átlag szilárdságoknak a 20° hőmérsékleten tárolt, 28 napos korú, vegyszer nélküli beton szilárdságaihoz viszonyított értékeit az 1. illetve 2. ábrán foglaltuk össze.



1. ábra. A kalciumkloridnak a beton kezdőszilárdságára gyakorolt hatása 25 °C-nál alacsonyabb hőmérsékleten

* Az ÉKME Építőanyag tanszékén készített tanulmány



2. ábra. A kalciumkloridnak a beton kezdőszilárdságára gyakorolt hatása 25 °C-nál alacsonyabb hőmérsékleten

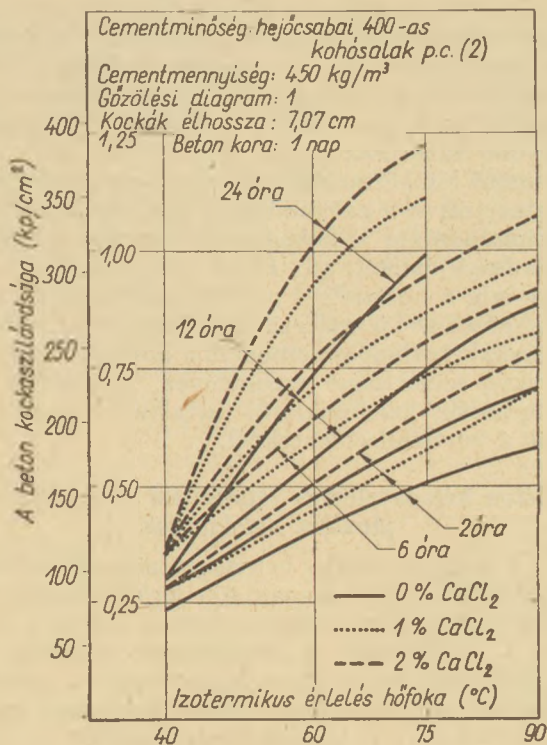
Kísérleti eredményeink azt mutatták, hogy ennek a kohósalak-portlandcementünknek a kezdőszilárdságára a kalciumklorid nincs hatással, ha a beton 20°-nál alacsonyabb hőmérsékleten szilárdul.

A kalciumklorid hatása gőzölés esetén

Ebben a fejezetben azt a kérdést vizsgáljuk meg, hogy hogyan kell megváltoztatni a gőzölés technológiáját, ha kalciumkloridot is alkalmazunk, és milyen mértékben változik meg a gőzölés hatásfoka.

A betonösszetétel: 450 kg/m³ hejőcsabai 400-as kohósalak-portlandcement (1. táblázat 2 jelű cement), illetve hejőcsabai 300-as kohósalak-portlandcement (1. táblázat 3 jelű cement). A betonösszetétel az előző fejezetben leírttal megegyezett. A 7,07 cm élhosszúságú kockákat szalomban gőzöltük, amely 5/6-od részben zárt rendszert jelent. A pihentetési időt 3 órára választottuk, amely — előkészületeink szerint — ennyire zárt rendszernek kedvezőnek mutatkozott. A felfűtési idő kb. 20°/óra, a lehűtés lassú volt. Az izotermikus érlelés hőmérsékletét 40, 60, 75, illetve 90°-ra, az izotermikus érlelés tartamát 2, 6, 12, illetve 24 órára választottuk. A kockákat általában 24 órák korán törtük el, kivételt képez a 24 óráig gőzölt beton, melyet a gőzölés befejeztével vizsgáltunk meg. A kísérleti eredményeket a 3. illetve 4. ábrán foglaltuk össze. A 3. ábrán a 2. jelű cementtel készített beton szilárdságait az izotermikus érlelés hőmérsékletének, a 4. ábrán a 3. jelű cementtel készített beton szilárdságait az izotermikus érlelés tartama függvényében ábrázoltuk. A 3. ábrán a koordinátán a gőzölt beton szilárdságainak a gőzöletlen beton 28 napos szilárdságához viszonyított értékét, a gőzölés hatásfokát is feltüntettük.

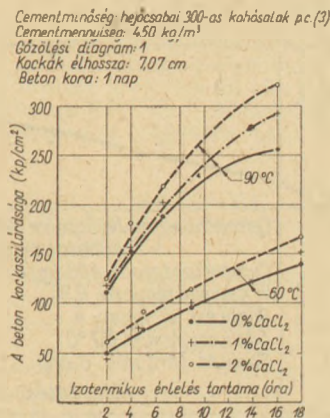
A kísérlethez azt a következtetést vonjuk le, hogy a hőmérsékletnek a reakciók meggyorsításában nagyobb szerepe van, mint a közönséges portlandcementeknél. A nagy hőmérséklet nemcsak a klinker hidratációját gyorsította meg, hanem



3. ábra. Az izotermikus érlelés hőmérsékletének, tartamának és a kalciumklorid tartalomnak hatása a hejőcsabai 400-as kohósalak p.c.-beton 24 órás szilárdságára

igen megnövelte a felszabaduló kalciumhidroxid és a kohósalakban levő kóvasav reakcióját is. Közönséges portland cementtel még hosszú gőzöléssel sem sikerült elérni, hogy a gőzölés hatásfoka 1,0 legyen, ugyanakkor nagy hőmérsékleten végzett hosszú gőzöléssel ennél a cementnél meg is haladtuk ezt.

Míg a kalciumklorid közönséges és alacsony hőmérsékleten e cementeknél a kezdőszilárdság szempontjából hatástalan volt, addig a gőzöléskor annál nagyobbra adódott a hatása, minél magasabb volt az izotermikus érlelés hőmérséklete, minél hosszabb volt tartama és minél nagyobb volt a kalciumklorid mennyiség. A vizsgált hatások (24 óra, 90°, 2% CaCl₂) még nem eredményezték a maximális szilárdságot.



4. ábra. Az izotermikus érlelés hőmérsékletének, tartamának és a kalciumklorid tartalomnak hatása a hejőcsabai 300-as kohósalak p. c.-beton 24 órás szilárdságára

Más kísérleteink során azt állapítottuk meg, hogy kalciumklorid a beton gőzölésekor is katalizátorként hatva növeli a kezdőszilárdságot. Ezek a kísérleteink alátámasztották ezt a megállapítást. Ugyanis, ha ez igaz, akkor a kohósalakcementeknél nagyobb szilárdságtöbblet jelentkezik, mint azt a cement klinkertartalmából arányosan számítani lehetne, mivel a kalciumklorid által felszabadított kalciumhidroxid a kovasavval vegyülve további szilárdságtöbbletet ad. Ebből következik az is, hogy míg a közönséges portlandcementeknél már rövid gőzöléssel jelentkezik a kalciumklorid hatása, kohósalakportlandcementeknél a hosszabb gőzölés növekvő szilárdságot eredményez. Hasonlóan itt az optimális kalciumklorid tartalom is nagyobb, mint a portlandcementeknél.

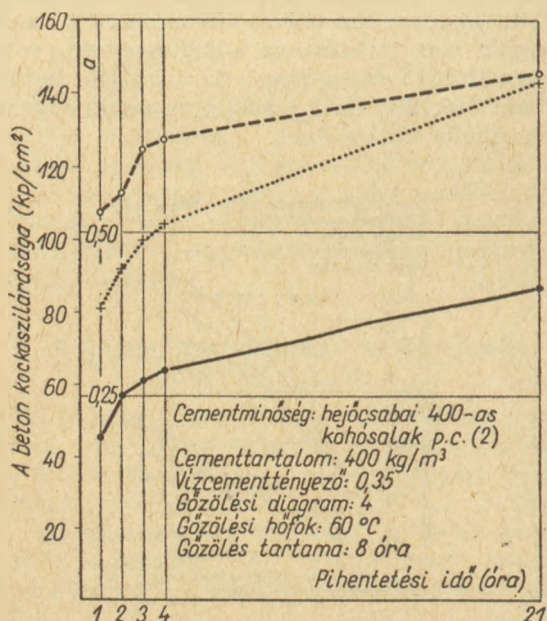
Beton kéményelemek szilárdítási technológiájának a kidolgozása

A füstgáz okozta betonkorrozio elkerülésére a kéményelemek betonját 400 kg/m^3 hejőcsabai 400-as kohósalak-portlandcementtel készítik. Ennek a cementnek a természetes szilárdulása — amint láttuk — olyan lassú, hogy az elemek előregyártását nehezkesse, gazdaságtalanná teszi. Elengedhetetlen a mesterséges szilárdítás.

A gyártó vállalat egészen rövid gőzölési technológia kidolgozását kérte, amelynek eredményeként az 50%-os hatásfokot feltétlenül el lehet érni.

A kéményelemek vastagsága 2—3 cm. Az elemeket elkészítés után azonnal kiszaluzzák, tehát a betonkonzisztencia földnedves. Az adalékanyag 75%-a áthullt az 5 mm-es rostán, a többi 5—10 mm közötti volt. A vízcementtényező kb. 0,4-re adódott.

A kiszaluzott állapotban gőzölt betonelemek a pihentetési időre sokkal érzékenyebbek, mint a sablonban gőzöltek. Ezért először a pihentetési idő változtatásának a hatását vizsgáltuk meg.



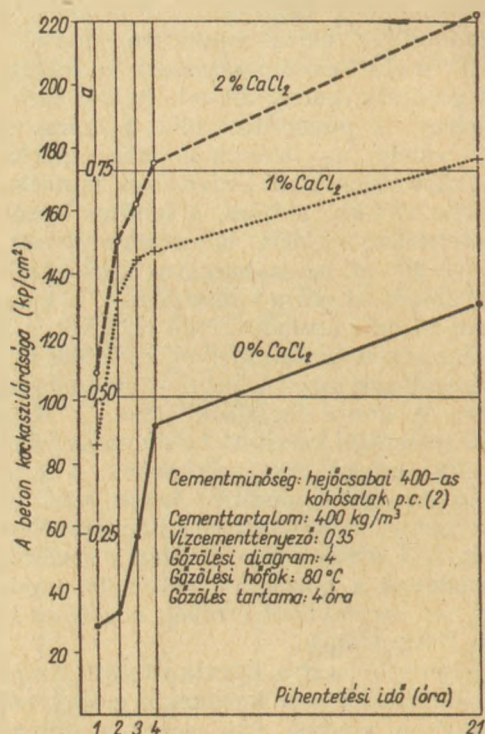
5. ábra. Kiszaluzott állapotban gőzölt kockák szilárdsága a pihentetési idő függvényében

Az 5. ábrán a 60° hőmérsékleten 8 órán át, a 6. ábrán a 80° hőmérsékleten 4 órán át gőzölt kockák szilárdságait tüntettük fel a pihentetési idő függvényében. A felfűtés és lehűtés mindkét esetben gyors volt, azaz a gőzteret előre felfűtöttük és izotermikus érlelés hőmérsékletére és csak a kockák gőzölőszekrénybe helyezése miatt esett vissza rövid időre mintegy 20° -kal a gőztér hőmérséklete. A gőzölés befejeztével a gőztérből 20° hőmérsékletű környezetbe tettük a kockákat.

Az ábrák szerint a 80° hőmérsékleten gőzölt kockáknál a pihentetési idő igen jelentékenyen befolyásolta a gőzölt beton szilárdságát. Az is látható, hogy a nagyobb szilárdságot adó 80° hőmérsékleten gőzölt betonnál a pihentetési idő változása 2—4 órára lényegesen kisebb hatású volt a szilárdságra, a kalciumklorid tartalmú betonnál, mint a kalciumklorid nélkülinél. Ebből a kísérletből látható volt egyrészt, hogy legalább 4 óras pihentetési időt célszerű választani és másrészt, hogy a kalciumklorid alkalmazása hatékonyan növeli a szilárdságot.

Eme előkísérletek után végeztünk félüzemi kísérleteket kéményelemekkel a 2. táblázatban megadott gőzölési terv szerint. Az 5—5 db törési eredményből számított átlagszilárdságok viszonylagos értékeit a 3. táblázatban foglaltuk össze. A pihentetési idő 3—4 óra volt. A kísérleti eredmények 5—5 törőszilárdság átlagát jelentik.

Ez a kísérlet is azt bizonyította, hogy a 2% kalciumklorid a hejőcsabai 400-as kohósalak-portlandcementtel készített, 80° -on gőzölt beton szilárdságát jelentékenyen megnövelte. Ez vonatkozik mind az 1 napos, mind a 28 napos szilárdságra. Kalciumklorid nélkül rövid gőzöléssel ezzel a cementtel az 50%-os gőzölési hatásfokot el sem



6. ábra. Kiszaluzott állapotban gőzölt kockák szilárdságai a pihentetési idő függvényében

2. táblázat
A kéményelemekkel végzett kísérletek terve

Jele :	Előfűtés C°	Felfűtés sebessége C°/óra	Gőzölés tartama 80°-on óra	Lehűlés sebessége C°/óra
1	40	40	2	60
2	40	40	4	60
3	40	40	2	20
4	40	40	4	20
5	0	20—25	2	60
6	0	20—25	4	60
7	0	20—25	2	20
8	0	20—25	4	20

Megjegyzés : A 60 °/óra lehűtési sebesség azt jelenti, hogy a kéményelemeket a 80° gőzhől hirtelen a szabadba vittük, ahol kb. 20° hőmérséklet volt.

3. táblázat

A kéményelemek egynapos átlagszilárdságai a kalciumklorid nélküli elemek szilárdságához viszonyítva

A kísérlet jele	A viszonylagos szilárdság		
	0 %	1 %	2 %
	kalciumklorid-tartalom esetén		
1	1,00	1,32	1,36
2	1,00	1,27	1,37
3	1,00	1,34	1,52
4	1,00	1,15	1,48
5	1,00	1,56	1,69
6	1,00	1,22	1,17
7	1,00	1,15	1,51
8	1,00	1,16	1,31

lehet érni. 2% kalciumkloriddal viszont ez biztosan lehetséges, ha 2 órás felfűtési, 80—90°-on 4 órás gőzölési és 2 órás lehűtési időt választunk. Ez esetben számítani lehet arra, hogy a gőzölt beton 28 napos szilárdsága a gőzöletlen beton 28 napos szilárdságát meghaladja. Ez jelentékeny eredmény, ha figyelembe vesszük, hogy a gőzölés közbeni kedvezőtlen vízforgalom miatt a kiszaluzott állapotban gőzölt, vékony betonelemek gőzölésének hatásfoka a sablonban gőzöltekének csak mintegy kétharmada.

A gőzöléssel szilárdított kéményelemek betonjának szilárdulása a gőzölés után

A kéményelemek gőzölés utáni szilárdulásának a tanulmányozására 3 cm vastag, 15 cm × 32 cm lapméretű betonlemezeket készítettünk. Az adalékanyag 1,5, ill. 10 mm-es szitán, ill. rostán áthullott része 40, 70, ill. 100% volt. Cementtartalom : 400 kg/m³ hejőcsabai 400-as kohósalak-portlandcement (az 1. táblázatban 2 jelű). A gőzölés és tárolás körülményei változtak. A lemezeket 1,28, ill. kb. 230 napos korban vizsgáltuk meg. Egyrészt 30 cm támaszkörön hajlítottuk, másrészt az eltört 3 cm magas darabokat 25 cm³ nyomófelületen nyomásnak vetettük alá. Az eredmények az alábbiak :

a) Az azonos módon érlelt és utókezelt, gőzölt 2% kalciumklorid-tartalmú szilárdsága mind a fiatalabb, mind az idősebb korban nagyobb volt a kalciumklorid nélküli beton szilárdságánál.

A szilárdságkülönbség a vizsgált 230 napos korig lassan nőtt.

b) Ha a gőzölés befejeztével a kísérleti testeket minden utókezelés nélkül végig szobahőmérsékleten tároltuk (50—70% relatív légnedvességtartalom), akkor logaritmikus léptékben ábrázolva a szilárdulás üteme közel lineáris volt. Ezzel szemben azok a próbatestek, amelyeket 28 napig vízben tároltunk, kezdetben lassabban szilárdultak, mint az utókezeletlen testek, később — a levegőn — szilárdulásuk erőteljesebb lett, mint az utókezeletlen testeké, függetlenül attól, hogy mekkora volt az egynapos szilárdságuk.

c) Az egyik sorozatot a 80°-os vízből kivéve azonnal 20° hőmérsékletű vízbe tettük és végig ott tároltuk. Ezeknek a próbatesteknek lényegesen csökkent az egynapos szilárdsága (különösen a hajlítószilárdsága), de 230 napos korban a nyomószilárdsága alig tért el a csak 1 napos kortól vízben tárolt próbatestekétől, hajlító-húzószilárdsága azonban 30%-kal kisebb volt, és kisebb volt az utókezeletlen testek hajlító-húzószilárdságánál is.

d) Ha az azonos módon utókezelt gyorsan és lassan lehűtött kísérleti testek szilárdságait hasonlítjuk össze, azt mondhatjuk, hogy a gyors lehűtés feltétlenül kedvezőtlenebb.

IRODALOM

- Egresi, M. (1961) : Magy. Építőipar, 10, 511.
 Kind, V. V.—Okorokov, Sz. D. (1954) : Hidroteh. Sztoit. 23, No. 5. 5.
 Köhl, H. (1961) : Zement-Chemie, III. kötet. VEB Verlag Technik, Berlin
 Lewitas, J. (1955) : Budownicstwo Przem. No. 9. 15.
 Manche, H. (1960) : Rev. Matériaux. 277.
 Mironov, Sz. A. (1953) : A téli betonozás elmélete és módszerei. Építésügyi Kiadó, Budapest.
 Szizov, V. N. (1953) : Téli építési munkák. Építésügyi Kiadó, Budapest.
 Vavrin, F. (1959) : Stavivo 37, 190.

Balázs György : A kalciumklorid hatása a kohósalak-portlandcementek szilárdulására és szilárdságára

A tanulmány a kalciumkloridnak a két magyar gyártmányú nagy kohósalaktartalmú kohósalak-portlandcement kezdőszilárdságára gyakorolt hatásával foglalkozik természetes szilárdulás és a gőzölés körülményei között. 25°-nál alacsonyabb hőmérsékleten a kalciumklorid kezdőszilárdságnövelő hatása elhanyagolható volt. Ugyanakkor gőzöléskor (60° hőmérsékleten) a kalciumklorid hatása nagyobb volt, mint azt a cement klinkertartalma alapján várni lehetett, és a hatás mind az érlelés hőmérsékletének és tartamának mind a kalciumklorid mennyiségének a növelésével nőtt. Ennek a többlet hatásnak az oka a szerző szerint az, hogy a kalciumklorid által felszabadított kalciumhidroxid a kovasavval vegyülve további szilárdságtöbbletet ad.

Балаж Дердь : ВЛИЯНИЕ ХЛОРИСТОГО КАЛЬЦИЯ НА ТВЕРДЕНИЕ И ПРОЧНОСТЬ ШЛАКОПОРТЛАНДЦЕМЕНТА.

Работа занимается вопросом влияния хлористого кальция на начальную прочность двух портландцементов венгерского производства, с высоким содержанием шлака, при естественном твердении и в условиях пропаривания. При температуре ниже 25° С влияние хлористого кальция на начальную прочность незначительно. В то же время при пропаривании (при температуре 60° С) влияние хлористого кальция было больше, чем это можно было бы ожидать на основе содержания клинкера, и это влияние увеличивалось как с повышением температуры и продолжитель-

ности обработки, так и с увеличением количества хлористого кальция. Причиной такого влияния, по мнению автора, является то, что гидрат кальция, выделяющийся за счет хлористого кальция, соединяясь с кремневой кислотой, дает дополнительную прочность.

Balázs, György : Die Einwirkung des Calciumchlorids auf das Abbinden und die Festigkeit von Hochofenschlackenzementen

Die Studie befaßt sich mit der Wirkung des Calciumchlorids auf die Anfangsfestigkeit zweier ungarländischen Hochofenschlackenzementen mit großem Schlackenanteil, unter natürlichen Umständen und im Falle von Dampfbehandlung. Bei einer Temperatur von weniger als 25 °C ließ sich der Einfluß des Calciumchlorids vernachlässigen. Dahingegen war die festigkeitssteigernde Wirkung des Calciumchlorids bei Dampfbehandlung (bei einer Temperatur von 60 °C) stärker als man es auf Grund des Klinkergehaltes zu erwarten hatte; auch wuchs die Wirkung mit erhöhter Temperatur und Dauer der Dampfbehandlung und nach Erhöhen des Calciumchloridanteils. Der Autor vertritt

die Ansicht, daß im letztgenannten Falle das durch den Zusatz von CaCl_2 befreite Calciumhydroxyd mit der Kieselsäure vermengt zum Steigen der Festigkeit führen kann. (S. G.)

Balázs, György : The Effect of Calcium Chloride upon the Hardening and Strength of Slag Portland Cements

The hardening rates and strengths of two brands of calcium chloride accelerated Hungarian-made slag Portland cements were investigated under natural and steam curing conditions. The accelerating and strength increasing effect was insignificant under natural curing (i. e. below 25 °C). Under steam curing, on the other hand, this effect was much greater than precalculated from the clinker content of the cement; the early strength of the concrete was the higher, the longer the time of curing, the higher its temperature and the higher the addition of calcium chloride. The cause of this phenomenon: the calcium hydroxide surplus (due to calcium chloride action) reacts under steam curing conditions with the silica being present in the slag thus giving additional strength.

Egyesületi élet

Kö-Kavics Szakosztályunk szeptember 14-én rendezett klubdelutánján Gyurián Lajos és Havel József tagtársaink beszámoltak az NDK kő és kavicsbányáiban szerzett tapasztalataikról.

Az előadottakból értesültünk, hogy a Német Demokratikus Köztársaság fejlett kő- és kavicsiparral rendelkezik, amelynek irányító szervezete hasonló a nálunk a legutóbbi átszervezésnél bevezetett profilhoz. 26 üzemben közel 11 millió tonna kőanyagot, zömében zúzottkövet és 25 millió tonna kavicsot szolgáltatnak az építőipar részére. Kőanyagaik: gránit, kvarcporfir és pala, belső meddőtől mentes előfordulásukkal és viszonylag csekély, de gondosan végzett lefedésükkel módot nyújtanak minőségi zúzottkőanyag előállítására. A kövek jó hasíthatósága lehetővé tette a faragottkő ipar kifejlesztését. Bányáik általában két műszakban dolgoznak, gépesítésük fejlettebb a miénknél és az egy műszakos leállás a TMK precízebb megszervezése nélkül is kellő módot nyújt a karbantartás

időbeni teljesítésére. Bányaépületeik masszívabbak a miénknél és központosított tervezésük gondot fordít ezek építészeti szépségére. Nagyrészt kisöblű, de sűrűn telepített sorozatrobantásokkal jövesztenek és a töltetek elosztásával jó előaprítást érnek el. Mivel az iparvágányt a bányába vezetik, belső szállításuk szállítószalagokra redukálódik. Üzemeik pormentesek és tiszták, a munkafegyelem mintaszerű, a dolgozók szociális ellátottsága igen fejlett. Mindennek és a hozzászólások válaszaiban kifejtett számos más körülménynek következtében az üzemek termelékenysége lényegesen meghaladja a mi bányáinkét.

A hozzászólók: Lázár Jenő, Vajda László, Szeles Dezső és Hajnal Lajos megjegyzéseire az előadók kívül a tanulmányút másik két résztvevője: Pollák Imre és Erdélyi Lajos adtak szakszerű felvilágosításokat. A tartalmas klubdelutánt az elnöklő Csala Kálmán szakosztályvezető elismerő zárószavai rekesztették be.

E.I.

Lángfotometriás módszerek alkalmazása a szilikátelelemzésben*

TRÄGER, TAMÁS
(Finomkerámiaipari Országos Vállalat, Budapest)

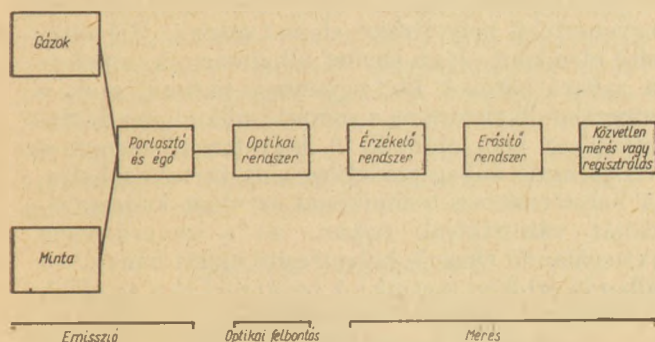
Bevezetés

Lángfotometria segítségével számos elem minőségi és mennyiségi vizsgálata megoldható. Előnyei közül elsősorban a gyorsaságot kell kiemelni. Sok esetben pontossága és érzékenysége is jobb más eljárásokénál. A lángfotometriának szilikát-analitikai szempontból elsősorban az alkáli meghatározásánál van igen nagy jelentősége. Az utóbbi években megjelenő közlemények alapján azonban arra következtethetünk, hogy a szilikátok más komponenseinek meghatározásánál is érdemes lángfotometriás módszert alkalmazni.

A továbbiakban, mielőtt egy-két jellemző lángfotometriás módszerrel részleteiben is megismerkednénk, tekintsük át röviden a lángfotometria néhány általános elvi és gyakorlati kérdését.**

A módszer elve

Bizonyos fémek lángfestő hatása közismert jelenség. Így pl. a nátrium-klorid sárgára, a kalcium-klorid kárminvörösre színezi a Bunsen-lángot. Különböző elemek anyagi minőségüktől függően különböző hullámhosszúságú fényt kibocsátására képesek. Ezen az alapon lehetőség nyílik az anyag minőségi elemzésére. Gyakorlatilag úgy járunk el, hogy az emittált fényt pl. spektroszkóppal felbontjuk, és az egyes elemekre jellemző hullámhosszakon megjelenő vonalakat vagy sávokat azonosítjuk.



1. ábra. A lángfotométer elvi felépítése

Ha megfelelő módon gondoskodunk a láng állandóságáról, valamint az anyag lángba juttatásának egyenletességéről, úgy a vonalak, illetve sávok intenzitása arányos lesz a fényemissziót előidéző anyag mennyiségével. Így lehetővé válik az anyag mennyiségi elemzése. A lángfotometria feladatát a lángban gerjesztett elemek minőségi, illetve mennyiségi meghatározása képezi. A lángfotométer elvi vázlata az 1. ábrán látható.

* Elhangzott a Szilikátipari Tudományos Egylet Szilikátkémiai Bizottsága 1963. dec. 5-én tartott ankétján.

** Akik ezekben a kérdésekben jobban el akarnak mélyedni, ajánljuk az irodalomjegyzékben idézett (1), (2), (5) és (6) munkákat.

Zavaró hatások a lángfotometriában

A lángfotometria egyik legnagyobb problémáját a kísérő elemek zavaró hatása jelenti. A zavaró hatások lényegének ismeretéhez tudnunk kell, hogy a lángfotometriás elemzésnél ismert összetételű oldatok (ún. hitelesítő oldatok) segítségével megállapítjuk a koncentráció és az emisszióval arányos műszerkitérés (a továbbiakban: emisszió) közötti összefüggést. A vizsgálandó anyag oldatának emisszióját megmérve, a fenti összefüggés alapján kiszámítható az ismeretlen koncentráció értéke. Az emisszió-koncentráció összefüggés megállapításánál, valamint az ismeretlen összetételű minta vizsgálatánál természetesen szigorúan azonos körülményeket kell biztosítani (a láng állandósága, a porlasztás egyenletessége stb.). Magától értetődik, hogyha a vizsgálandó oldat olyan komponenseket is tartalmaz, amelyek jelenlétében az emisszió és koncentráció között másfajta összefüggés érvényes, mint amit a hitelesítő oldatok esetében meghatároztunk, hibás eredményhez jutunk.

A lángfotometriás zavarokat vizsgálva két fő csoportot különböztethetünk meg:

1. *Közvetlen vagy addíciós zavarásról* beszélünk akkor, ha a mérési hullámhosszon, illetve hullámhossztartományban a zavaró komponens is sugároz. A sugárzás származhat egybeeső, vagy közeli vonalaktól, illetve sávoktól és az alapsugárzástól. A közeli vonalak és sávok, valamint az alapsugárzás hatása a felbontóképesség növelésével megszüntethető, vagy legalábbis csökkenthető.

2. *Közvetett zavaró hatásoknál* a vizsgálandó elem sugárzó részeinek a száma változik a kísérő komponensek hatására. Leggyakoribb típusai a következők:

a) A vizsgálandó elem sugárzó részeinek (atomok, gyökök, molekulák) száma megváltozhat, ha a kísérő komponensek befolyást gyakorolnak ezek képződési folyamataira (disszociáció, ionizáció, hidrolízis stb.).

b) Az oldat fizikai sajátságainak (belső sűrűség, sűrűség, felületi feszültség) megváltozása a porlasztási viszonyok megváltozását vonja maga után. Porlasztási viszonyok megváltozása viszont egyértelmű a lángba juttatott anyag mennyiségének megváltozásával. A zavaró hatás mértéke ilyen esetekben nagymértékben függ az alkalmazott porlasztótípustól.

c) Szerves anyagok jelenléte a láng hőfokának, nagyságának és alakjának megváltozását eredményezi. Ily módon megváltoznak a gerjesztési viszonyok, ami viszont a gerjesztett részek számának jelentős megváltozását okozhatja.

A zavaró hatások felismerése

A gyakorlat szempontjából igen fontos a zavaró hatások jelenlétének megállapítása. Ha

két, vagy több (az anyagra jellemző) hullámhosszon végzett mérés eredménye azonos, akkor bizonyosak lehetünk, hogy *addíciós zavarással* nem kell számolni. A *közvetett zavaró hatás* felismerésére jól bevált módszer a következő: A vizsgálandó elem ismert koncentrációjú oldatainak segítségével hitelesítő görbét készítünk. Az abszcisszán a koncentrációt, az ordinátán pedig az emissziót ábrázoljuk. Lemérjük az ismeretlent tartalmazó oldat emisszióját és a hitelesítő görbe segítségével meghatározzuk az oldat koncentrációját (C_x). Ennek ismeretében, ismert töménységű oldat hozzáadásával a vizsgálandó oldat koncentrációját $2C_x$ -re növeljük. Lemérjük az emissziót és a hitelesítő görbe segítségével meghatározzuk a megfelelő koncentráció értéket. Ha az így kapott érték a kísérleti hibahatáron belül megegyezik $2C_x$ -szel, közvetlen zavaró hatás nem lép fel.

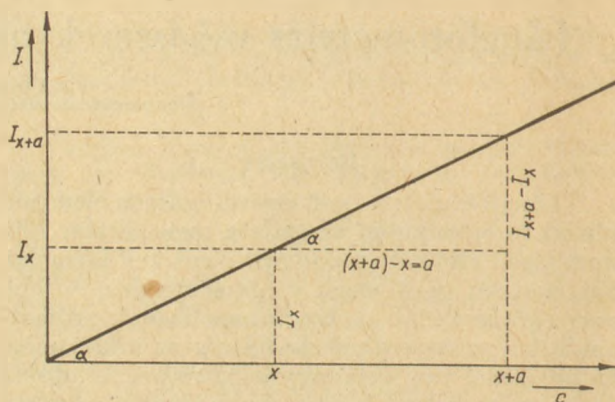
Értékelési módszerek

A zavaró hatások kiküszöbölésének kérdését célszerű az értékelési, illetve mérési módszerekkel kapcsolatban tárgyalni. A feladat tulajdonképpen az oldat koncentráció és az emisszió közötti függvénykapcsolat megállapítása.

Nem lépnek fel zavaró hatások, ha az oldat eredetileg nem tartalmazott zavaró komponenseket, vagy ha ezeket előzőleg eltávolítottuk. Sok esetben az oldat hígításával a zavaró hatások nagymértékben csökkennek és egy bizonyos érték-nél elhanyagolhatóvá válnak. Ha ennél a hígításnál a kérdéses elem még elegendő pontossággal meghatározható, úgy ez a legcélszerűbb módszer a zavaró hatások megszüntetésére. Ha a zavaró hatásokkal nem kell számolni, az emisszió és koncentráció közötti függvénykapcsolat meghatározására a vizsgálandó elem ismert koncentrációjú oldatait használjuk.

Zavaró hatások fellépése esetén a hitelesítő oldatoknak is tartalmazniuk kell a zavaró komponenseket. Az oldatsorozat elkészítéséhez a zavaró komponensek pontos mennyiségének ismerete szükséges. Ennek a módszernek elsősorban azonos anyagfajták sorozatvizsgálatánál van nagy jelentősége. Nehézségek merülnek fel abban az esetben, ha a zavaró elem nagymértékben csökkenti a zavart elem emisszióját. Ilyen esetekben ugyanis az érzékenység egy-két nagyságrenddel is csökkenhet. A hitelesítő oldatok segítségével végzett értékelést *kalibrációs módszernek* nevezzük.

Egyedi minták vizsgálatánál előnyös lehet az ún. *addíciós módszer*. Fő előnye, hogy nincs szükség a zavaró komponensek mennyiségének ismeretére. A módszer elvét a következő példa szemlélteti: Két mérőlombikba azonos térfogatú vizsgálandó oldatmennyiséget pipetázunk. A másodikhoz a meghatározandó elem ismert mennyiségét adjuk. A mérőlombikokat jelig töltjük és az oldatok emisszióját lemérjük. Az első oldat koncentrációja X , emissziója I_x , a második oldat koncentrációja $X + A$, emissziója pedig I_{x+A} . Ha az emisszió és a koncentráció közötti függvény-



2. ábra. Az addíciós módszer

kapcsolat lineáris, akkor érvényes a következő összefüggés (2. ábra):

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{I_{x+A} - I_x}{A} = \frac{I_x}{X}$$

Az egyenletből kifejezve az ismeretlen koncentrációt:

$$X = \frac{A \cdot I_x}{I_{x+A} - I_x}$$

Ha a zavarás mértéke függ a meghatározandó elem és a zavaró elem viszonyától, akkor az addíciós módszer csak az ún. *helyettesítéssel* kiegészítve alkalmazható. Ilyenkor pl. a következőképpen járunk el: Három mérőlombikba a vizsgálandó oldat azonos mennyiségét pipetázunk. Az elsőhöz A mg vizsgálandó elemet, a másodikhoz $1/2A$ mg vizsgálandó elemet és $1/2A$ mg-mal egyenértékű helyettesítő elemet, végül a harmadikhoz A mg vizsgálandó elemmel egyenértékű helyettesítő elemet adunk. Helyettesítő elemként olyan elemet alkalmazunk, amelyre a zavaró hatások kb. ugyanúgy hatnak, mint a vizsgálandó elemre és a mérési hullámhossz tartományban nem emittál. A helyettesítő elemet a vizsgálandó anyag eredetileg nem tartalmazhatja. A helyettesítéssel technikánál az oldat koncentrációját változtatjuk ugyan, de a zavaró elem (vizsgálandó elem + helyettesítő elem) hányadost állandó értéken tartjuk. A továbbiakban az előbb ismertetett képlettel számolhatunk.

A mérési módszerekkel kapcsolatban érdemes megemlíteni az ún. *lángfotometriás puffereket*. Pufferként olyan anyagok alkalmazhatók, amelyek a zavaró hatást egy irányban eltörlik és ezáltal az oldat más komponenseinek emisszió csökkentő, ill. növelő hatását kiegyenlítik, tehát a zavarás jellegét és mérvét a hozzáadott puffer határozza meg. A gyakorlatban mind a vizsgálandó, mind a hitelesítő oldatokhoz azonos koncentrációban pufferfelesleget adunk. A hitelesítő oldatok készítése ilyen módon egyszerűsödik, mert a zavaró komponensek hozzáadása feleslegessé válik. Puffereket alkalmazhatunk az addíciós módszerrel is a helyettesítéssel helyett. Jelentős érzékenységszokás miatt hátrányos a pufferek alkalmazása olyan esetekben, amikor a puffer nagymértékben csökkenti a vizsgálandó elem emisszióját. Az ionizációs viszonyok stabilizálására alkalmazott ún.

ionizációs puffereknél számolnunk kell azzal, hogy a pufferként alkalmazott könnyen ionizálódó fém hatására rekombinációs sugárzás is fellép, ezáltal a láng alapsugárzása is megnő.

A következő — lángfotometriában is alkalmazható — mérési eljárás a *belső standard módszer*. Ennél az eljárásnál meghatározott és azonos mennyiségű belső standard elemet adunk mind a vizsgálandó, mind a hitelesítő oldathoz. A belső standard elem kiválasztásánál a következő szempontokat kell figyelembe venni: Az elemzővonal és a belső standard vonal gerjesztési energiája lehetőleg közel legyen egymáshoz.

— Az ionizációs potenciálok hasonlóak legyenek.

— Az elemző vonal és a belső standard lehetőleg önabszorpciómentes legyen, vagy legalábbis az önabszorpció mértéke hasonló legyen.

— A két vonal lehetőleg közel legyen egymáshoz.

— A belső standardként használt elemet a minta nem tartalmazhatja.

A mérés során megfelelő hullámhosszértéknél egyrészt a meghatározandó elem, másrészt a belső standard elem emisszióját mérjük. A hitelesítő görbe megszerkesztésénél az abszcissa tengelyen a koncentrációt, az ordináta tengelyen pedig a két elem emissziójának hányadosát ábrázoljuk. Könnyen belátható, hogy mindazok a zavaró hatások, amelyek a két emisszió értéket azonos arányban befolyásolják, a hányados értékét nem változtatják meg. A módszer feltétlen előnye az is, hogy a kísérleti körülmények ingadozása nem befolyásolja az eredményt. Sajnos a lángszínekpek vonalszegények az iv- és szikra színekpekhez viszonyítva, így a legtöbbször nem áll rendelkezésünkre megfelelő összehasonlító vonal. Ez a tény korlátozza a belső standard módszer lángfotometriás alkalmazásának lehetőségét. Emellett a legtöbb készüléktípus nem teszi lehetővé a két emisszió érték egyidejű mérését. Ilyen esetekben a kísérleti körülmények ingadozásából származó hiba kiküszöbölésére nincs lehetőség.

Gyakorlati alkalmazások

A lángfotometriás elemzés során a következő műveleteket kell elvégezni:

1. A minta oldása. (A szilikátok legtöbbször csak feltárással tehetők oldhatóvá. A feltárással szemben támasztott alapvető követelmény, hogy sem a feltárási szer, sem a feltárási maradék oldására használt sav ne zavarja az elemzést. Célszerű továbbá olyan feltárást alkalmazni, amely egyben a zavaró komponensek teljes részleges elválasztását is eredményezi.)

2. Az oldat előkészítése az elemzéshez. (Zavaró komponensek eltávolítása, pufferek hozzáadása stb.)

3. Fotometrálas.

4. Értékelés.

A gyakorlati alkalmazások szemléltetésére vizsgálunk meg részletesen egy-két példát:

Staufenberger (7) szilikátok alkálitartalmának meghatározására a következő módszert ajánlja:

a finoman elporított minta kb. 0,4 g-os, pontosan leírt részletét platinatégelyben 4 g Li_2CO_3 -al és 2,5 g H_3BO_3 -val keverjük el. Először kis lángon, majd a gázfejlődés megszűnése után erősebb lángon (950—1000 °C) 30—35 percig hevítjük. A feltárási befejeztével a tégely tartalmát 30 ml cc. HCl-ban és megfelelő mennyiségű forró vízben oldjuk. Az oldást célszerű 300 ml-es főzőpohárban végezni. Az oldatot lehűtés után mérőlombikban vízzel 1 l-re feltöltjük. Zavarosodás, illetve csapadékképződés nem befolyásolja a mérési eredményt, ha az oldatot fotometrálas előtt megsűrjük. A mérésnél alkalmazott hullámhosszértékek: 589 nm a nátrium és 767 nm a kálium esetében. Az értékelés ismert összetételű KCl és NaCl hitelesítő oldatok segítségével történik. A hitelesítő oldatoknak természetesen megfelelő mennyiségben kell LiCl-ot, H_3BO_3 -at és HCl-at tartalmaznia. — A módszer fő előnye gyorsaságában rejlik. A feltárási egyszerű, nincs szükség a zavaró komponensek előzetes eltávolítására, mert a feltárási szer maradéka pufferként hat. További előnyt jelent még az is, hogy nagy alumíniumoxid tartalmú minták elemzésénél is kiválóan alkalmazható.

Egy másik alkáli meghatározásra alkalmazott módszerrel a feltárást NH_4Cl — CaCO_3 eleggyel végezzük Smith szerint. A feltárási maradékot forró vízzel kilúgozzuk és szűrjük. A szűrletet metilnarancs indikátor jelenlétében 1+1 HCl-val semlegesítjük és a kalcium zavaró hatásának megszüntetésére $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ -ot adunk hozzá.* Az alkalmazott hullámhossz értékek: 589 nm a nátrium, 767 nm a kálium és 671 nm a lítium esetében. Az értékelést hitelesítő görbék segítségével végezzük. A hitelesítő oldatok a megfelelő alkáli fémen kívül természetesen $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ -ot is tartalmaznak.

Az alkáli tartalom meghatározásánál alkalmazhatunk HF — H_2SO_4 as feltárást is: Platina-tálban a pontosan ismert súlyú (0,1—1 g), finoman elporított anyagot 5 ml 1+5 H_2SO_4 -val megnedvesítünk és kb. 15 ml 40%-os HF-ot adunk hozzá. Légfürdőre téve a kénsavgőzök megjelenéséig hevítjük. Lehűtjük, újból kb. 15 ml 40%-os HF-ot adunk hozzá és szárazra pároljuk. Nehezebben feltárásható anyagoknál célszerű bepárlás előtt egy éjszakán át 50—60 °C-os vízfürdőn tartani a feltárási szerrel elkevert anyagot. A maradékot 2 ml 1+5 H_2SO_4 -val megnedvesítjük és a szárazpárlást megismételjük. Az anyagot sósavban oldjuk. A zavaró ionok (Al, Fe, Ti, Ca, stb.) eltávolítására NH_4OH -ot és $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ -ot használunk pontosan mért mennyiségben. A reagenseknek ezt a mennyiségét az összehasonlító oldatoknak is kell tartalmazniuk. A zavaró ionok (különösen anionok) eltávolítására igen jól alkalmazhatók ioncserés módszerek is (pl. 2). Előnyük, hogy az oldatot nem szennyezi a reagens felesleg.

Ha az alkálitartalom mellett a minta egyéb komponenseit is meg akarjuk határozni, olyan feltárási módszereket kell alkalmazni, amelyek

* Az oldat $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ tartalma 50 g legyen literenként.

segítségével az anyag teljesen elbontható és a feltárás során oldhatatlan vegyületek nem keletkeznek. Egyes esetekben (pl. üvegeknél) jól bevált a $\text{HF}-\text{HNO}_3-\text{HClO}_4$ és a $\text{HF}-\text{HNO}_3$ keverék. Agyakok és földpátok, valamint különböző kerámiái termékeknél az előbb említett feltárások során oldhatatlan, főleg alumíniumot tartalmazó vegyületek képződnek. Ezért célszerű más módszereket alkalmazni. Ilyen pl. az egyik legáltalánosabban használható feltérési módszer, a HF -oxálsavas eljárás (3): platinatálban a pontosan lemért finomra porított mintához 40%-os HF -ot adunk és szárazra pároljuk. A HF -es lefűstölést még kétszer megismételjük. Nehezebben feltérható anyagoknál HCl -val megsavanyított $(\text{NH}_4)_2\text{F}_2$ -dal végezzük a feltérást. HCl helyett HJ -ot alkalmazva az anyag szulfáttartalma is elbontható. A szárazra párolt maradékot 3–4 g oxálsavval elkeverjük, majd óvatos hevítéssel az oxálsavat elűzzük. Az oxálsavas hevítést 1,5–2 g oxálsavval megismételjük. A feltárt anyagot HCl -ban oldjuk. Az egyes komponensek meghatározására legcélszerűbb az ún. „oxinos módszert” (3) alkalmazni. Oxin jelenlétében egyrészt megnő az egyes komponensek emisszió értéke, másrészt a zavaró hatások nagymértékben csökkennek (pl. oxinos közegben az alkáli földfémek meghatározását nem zavarja többek között sem az alumínium, sem a foszfát). Az oxinos módszerrel meghatározható elemeket, az alkalmazott hullámhossz értékeket és az optimális koncentráció tartományt az 1. táblázat tartalmazza. Az oldat elő-

készítésénél a következőképpen járunk el: Feltérás után az anyagot 10 ml cc. HCl -ban oldjuk, majd mérőlombikban vízzel 250 ml-re feltöltjük. A törzsoldat aliquot részét (25–50 ml) 100 ml mérőlombikba pipettázzuk. 25 ml ecetsavas oxinoldatot és 10 ml 1+10 HCl -ot adunk hozzá. Lehűtés után az oldat térfogatát 100 ml-re egészítjük ki. A mérési eredmény értékeléséhez hitelesítő görbét használunk. A hitelesítő oldat a kérdéses fémionokon kívül ugyanolyan mennyiségű oxint és HCl -t is tartalmazzon, mint a mérendő oldat. A méréshez acetilén-oxigén lángot használunk.

IRODALOM

- (1) Burriel-Marti, F.—Ramirez-Munor, J. (1957): Flame Photometry. A Manual of Methods and Applications. Amsterdam, pp. 531.
- (2) Dean, J. A. (1960): Flame Photometry. New York—Toronto—London, pp. 354.
- (3) De Bras-Curbon, J.—Voinovich, I. A. (1962): Proc. VIII. Int. Ceram. Congr. pp. 29–36.
- (4) Flaschka, H. (1949): Annl. Chem. 129, 326.
- (5) Herrmann, R.—Alkemade, C. Th. J. (1960): Flammenphotometrie. Berlin—Göttingen—Heidelberg, pp. 394.
- (6) Schukhnecht, W. (1961): Die Flammenspektralanalyse. Stuttgart, pp. 258.
- (7) Staufenberg, O. (1961): Spectroscop. 16, 403.
- (8) Yoshimura, J.—Vaki, H. (1957): Japan. Analyst 6, 362.

Träger Tamás: Lángfotometriás módszerek alkalmazása a szilikátelemezésben

A szerző áttekintést ad a lángfotometriás módszerekről, a zavaró hatások felismeréséről és kiküszöböléséről, az értékelés különböző módszereiről, majd gyakorlati előírásokat közöl szilikátok lángfotometriás elemzésére.

Траггер Тамаш: ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ПЛАМЕННОЙ ФОТОМЕТРИИ В СИЛИКАТНОМ АНАЛИЗЕ.

Автор делает обзор методов пламенной фотометрии, описывает возможности обнаруживания и устранения помех, дает оценку различным методам и приводит практические инструкции по пламенной фотометрии силикатов.

Träger, Tamás: Die Anwendung flammenphotometrischer Methoden in der Silikatanalyse

Die Abhandlung bietet eine Übersicht der flammenphotometrischen Untersuchungsmethoden, beschreibt die Erkennungsmöglichkeiten und Ausschaltung der störenden Einwirkungen, wie auch die verschiedenlichen Weisen des Bewertens. Es werden praktische Vorschriften für die flammenphotometrische Analyse der Silikate angegeben. (S. G.)

Träger, Tamás: Flame Photometric Methods in Silicate Analysis

The author gives a brief survey on the methods of flame photometry, the detection and elimination of interfering effects and the various evaluation methods. Some prescriptions on silicate analysis are described.

1. táblázat
Az „oxinos” módszerrel meghatározható elemek összefoglalása

Elem	Hullámhossz (mm)	Optimális koncentrációtartomány (mg/100ml)
Al	484	2 — 100 mg Al_2O_3
Fe	386	0,5— 30 mg Fe_2O_3
Ca	423	0,1— 10 mg CaO
Si	461	0,1— 10 mg SiO_2
Mg	285	0,1— 5 mg MgO
Na	589	0,1— 10 mg Na_2O
K	405	2 — 50 mg K_2O
Li	671	0,1— 10 mg Li_2O
Mn	403	0,2— 15 mg Mn_3O_4
Ba	455	0,2— 25 mg BaO

Szilikátipari elemzések megbízhatósága*

SVEHLA GYULA

(Budapesti Műszaki Egyetem, Általános Kémiai Tanszék)

Szilikátipari elemző laboratóriumok minden napos munkája során gyakran merülnek fel a laboratórium által szolgáltatott adatok pontosságával kapcsolatos kérdések. Ezeknek a kérdéseknek szakszerű, szabatos eldöntése matematikai statisztikai módszereken alapuló, viszonylag egyszerű számítások segítségével lehetséges. Szilikátipari laboratóriumok korszerű vezetése megkívánja, hogy a laboratóriumok vezetői ezeknek a számítási módszereknek legalábbis elemeit ismerjék és a gyakorlatban alkalmazni is tudják. A következőkben gyakorlati példák köré csoportosítva, olyan matematikai statisztikai módszereket szeretnék ismertetni, melyeket szilikátipari laboratóriumokban igen jól használhatunk elemzési adatok vagy eljárások pontosságának, illetve megbízhatóságának megítélésére.

Analitikai eljárások pontosságának vizsgálata

Szilikátipari elemző laboratóriumok szakszerű vezetése megkívánja, hogy egy-egy alkatrész meghatározására a célnak megfelelő pontosságú analitikai módszert válasszunk ki. Gyakran olvassunk az irodalomban új módszerekről, amelyek egyszerűség, gyorsaság vagy más szempontból előnyösebbeknek látszanak az addig használatos módszereknél. Nem tudjuk azonban, hogy az új módszer pontossága eléri-e a régi módszerét vagy sem. Felmerül ezért a következő kérdés: hogyan lehet egy analitikai módszer pontosságát szabatos módon megítélni. Mielőtt azonban a kérdéssel részletesebben foglalkoznánk, röviden át kell tekintetnünk azokat az okokat, amelyek az elemzési eredmények pontatlanságát okozzák.

Az elemzési eredmények minden esetben valamilyen fizikai tulajdonság (tömeg, térfogat, fényáteresztés stb.) mérésének eredményeiből adódnak. Ezek a mérések sohasem adják meg a keresett mennyiség valódi értékét. Tapasztalatból tudjuk, hogy ha egy mérést egymás után többször megismétlünk, egymástól többé-kevésbé eltérő eredményekhez jutunk. Méréseink tehát egy bizonyos mértékig pontatlanok.

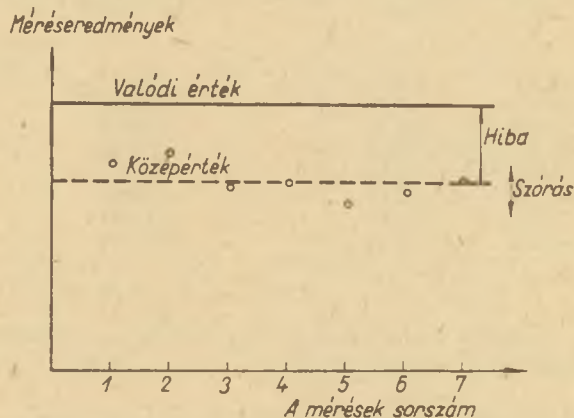
A mérési pontatlanságok egy része a kísérleti körülmények ellenőrizhetetlen, kisméretű ingadozásaitól, a kísérletező egyén fáradtságától, idegállapotától, környezetétől stb. ered. Ezeket az okokat joggal nevezhetjük *véletlen* tényezőknek, amelyek a kísérleti eredményeknek a valódi érték körüli *szórását* eredményezik. A valódi érték tehát nagy valószínűséggel a mért értékek *középértékével* egyenlő, vagy (legalábbis) ahhoz nagyon közel áll.

A mérési pontatlanságok egy másik része részben a mérésre felhasznált eszközök, mérőműszerek tökéletlenségéből ered (pl. rosszul kalibrált büretta vagy súlysorozat), vagy a mérés alapjául szolgáló fizikai vagy kémiai folyamat korlátaiból adódik (pl. egy csapadék jelentősebb mérvű oldhatósága, az indikátor átesapási pontja és a titrálás egyenértékpontja közti eltérés stb.). Ezek a pontatlanságok az adott módszer használata esetén rendszeresen, ugyanolyan értelemben jelentkeznek, emiatt azokat *rendszeres hibák*-nak nevezhetjük. A rendszeres hibák a mérési eredményeket mindig egy irányban tolják el. A valódi érték emiatt nem a mérési eredmények középértékével lesz egyenlő, hanem attól egy jól definiált irányban és nagysággal eltér (1. ábra).

A matematikai statisztika módszereivel elsősorban a véletlen eltérések (szórások) vizsgálhatók, de mint később látni fogjuk, a rendszeres hibák fellépésének kimutatására is felhasználhatók. A rendszeres hibák nagyságának meghatározására természetesen elméleti megfontolások vagy más alapelven végzett mérések is alkalmazhatók.

Térjünk vissza most eredeti kérdésünkre, és nézzük meg, hogy milyen szempontok szerint kell megállapítani egy analitikai módszer pontosságát. Az elmondottak alapján nyilvánvaló, hogy ezt kétféle szempontból kell megítélni.

a) Meg kell vizsgálnunk, hogy az illető módszer alkalmazásakor jelentkeznek-e rendszeres hibák. Ebből a célból ugyanazt az alkatrészt mind a szemügyre vett módszerre, mind más, a gyakorlatban bevált módszerrel többször meghatározzuk, és a mérési eredmények középértékeit összehasonlítjuk. Ha az eredmények eltérnek, statisztikus számításokkal megállapítjuk, hogy az eltérés jelentősnek minősíthető-e. (Ilyen számításra például az „eltérések minősítése” c. részben mutatunk be.) A kapott eredményekből megállapíthatjuk azt a rendszeres hibát, ami a szemügyre vett módszer alkalmazásakor fellép. Ezt a hibát



1. ábra. Hiba, szórás, valódi érték és középérték

* Elhangzott a Szilikátipari Tudományos Egyesület Szilikátkémiai Bizottsága 1963. dec. 5-én tartott ankétján.

korrekcióként alkalmazva mérési eredményeinket pontosakká tehetjük. Rendszeres hiba fellépése miatt egy analitikai módszer tehát nem minősíthető alkalmatlannak, és jól használható ha a korrekciót kellő pontossággal megállapítottuk.

b) Sokkal pontosabb egy analitikai módszer alkalmazása során fellépő *szórás* nagyságának megállapítása, mert a mérések reprodukálhatóságát elsősorban az utóbbi szabja meg. Minél kisebb ugyanis a mérési adatok szórása, annál megbízhatóbbnak ítéldhetjük az illető módszert. A szórás meghatározása céljából mindenekelőtt több párhuzamos meghatározást végzünk el a szemügyre vett módszerrel. Hogy a szórást kellő pontossággal állapíthassuk meg célszerű 10–12 párhuzamos mérést végezni. Az eredmények szórását többféle elv alapján definiált, megállapodásszerű számértékkel jellemezhetjük. Ezek közül leggyakrabban az ún. *standard szórás* (standard deviation, Standardabweichung) használják. (A továbbiakban a szórás fogalma alatt mindig a standard szórás értendő). A szórás kiszámítására előbb kiszámoljuk a mérési eredmények középértékét. Ha az egyes mérési eredményeket $m_1, m_2, m_3 \dots m_N$ -nel jelöljük, és N számú mérést végzünk, az m középértéket a következő egyenlettel számoljuk ki:

$$m = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_N}{N} = \frac{\sum_{i=1}^N m_i}{N} \quad (1)$$

míg a *szórás* (S) a középértéknek az egyes mérési eredményektől vett eltérései négyzetéből számítható:

$$S = \pm \sqrt{\frac{(m - m_1)^2 + (m - m_2)^2 + \dots + (m - m_N)^2}{N - 1}}$$

$$m = \frac{51,24 + 51,42 + 51,07 + 51,32 + 51,11 + 51,18 + 51,36 + 51,40}{8} = 51,26\%$$

majd kiszámoljuk a középértéknek az egyes mérési eredményektől vett eltéréseit, ezek négyzetét, végül utóbbiakat összegezzük (a számítások eredményeit lásd az 1. táblázatban):

1. táblázat		
m_i	$m - m_i$	$(m - m_i)^2$
51,24	+0,02	0,0004
51,42	−0,16	0,0256
51,07	+0,19	0,0361
51,32	−0,06	0,0036
51,11	+0,15	0,0225
51,18	+0,08	0,0064
51,36	−0,10	0,0100
51,40	−0,14	0,0196
		$\Sigma (m - m_i)^2$ 0,1242

Innen a szórás $\text{SiO}_2\%$ -ban kifejezve a következőképpen számolhatjuk ki:

$$S = \pm \sqrt{\frac{0,1242}{7}} = \pm \sqrt{0,0178} = \pm 0,13 \text{ SiO}_2\%$$

$$= \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (m - m_i)^2}{N - 1}} \quad (2)$$

az ily módon kiszámított szórás mértékegysége azonos a mért eredmény mértékegységével. Mint később látni fogjuk, a szórás a középérték körül olyan határokat jelöl ki, amelyek közé a mérési eredmények kb. 2/3 része beleesik, míg 1/3 része azon kívülre kerül. A szórás nagysága a mért érték (középérték) nagyságától függ. Jobban összehasonlítható adatokat kapunk, ha helyette a *százalékos szórás* (variációs együtthatót) számoljuk ki:

$$S\% = \frac{\pm S \cdot 100}{m} \quad (3)$$

A szórás egy adott módszernek igen jellemző mérőszáma. Adott analitikai feladat elvégzésére a megfelelő módszert szórása alapján kell kiválasztani. Főalkotórészek meghatározására döntő elemzések esetén olyan módszert kell választani, melynek szórása 0,1–0,2%; üzemi célokra megelégedhetünk a 0,5–1% szórású módszerrel is. Mellékalkatrészek meghatározásánál az 1–3% szórású, míg nyomelemek meghatározásánál általában megelégszünk az 5–10% szórású módszerrel.

1. példa: Egy kőzet szilíciumoxidtartalmát egy új módszerrel határoztuk meg. A módszer pontosságának megítélésére 8 párhuzamos vizsgálatot végeztünk el, melyek a következő eredményeket szolgáltatottak: 51,24%, 51,42%, 51,07%, 51,32%, 51,11%, 51,18%, 51,36%, 51,40%.

Kérdés, mekkora a módszer szórása?

Mindenekelőtt kiszámoljuk az eredmények középértékét:

A százalékos relatív szórás értéke pedig:

$$S\% = \pm \frac{0,13 \cdot 100}{51,26} = \pm 0,25\%$$

A módszer tehát üzemi célokra feltétlenül jól használható, és szükség esetén döntő elemzésekre is alkalmazható.

Egy módszer szórásának 6–12 párhuzamos adatból történő megállapítása az üzemi laboratóriumok körülményei között idő hiányában általában nem végezhető el. Az üzemi laboratóriumokban is felgyűlik azonban idővel annyi adat, melyekből a szórás kiszámítható. Így ha pl. egy laboratóriumban ugyanazzal a módszerrel naponta vagy más időközönként rendszeresen vizsgálunk azonos típusú (de nem azonos összetételű) mintákat, elegendő egy-egy mintából 2 párhuzamos meghatározást végezni, és az így kapott értékpárokat kiértékelni. Ha a párhuzamos értékpárok közötti különbségeket rendre $d_1, d_2 \dots d_n$ -nel jelöljük, és n számú értékpárunk van (összesen tehát $2n$ mérést végeztünk), a szórás a

következő képlet segítségével számolhatjuk ki:

$$S = \pm \frac{d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2}{2n} = \pm \frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{2n} \quad (4)$$

A százalékos relatív szórást itt is a (3) képlet segítségével számoljuk ki, középvértéknek itt az értékpárokból számolt átlagértéket tekintjük. Ha n , vagyis az összetartozó értékpárok száma kellően nagy ($n = 100-130$), igen jó biztonsággal kapjuk még a módszer elméleti (hibamentes) szórását. Ezt a szórást — megkülönböztetésül a kevés adatból kiszámolt szórástól — σ -val szokás jelölni.

2. példa. Egy laboratórium rendszeresen vizsgálja a beérkező földpátszállítmányok kálium-oxidtartalmát. A lángfotometriás vizsgálat során az egyes minták esetén a 2. táblázatban feltüntetett eredményeket kapták. Kérdés, mekkora a módszer szórása.

2. táblázat

A minta jele	K ₂ O tartalom %		d	d ²
	1.	2.		
	eredmény			
A	7,11	7,20	0,09	0,0081
B	6,46	6,36	0,10	0,0100
C	6,75	6,83	0,08	0,0064
D	8,07	7,94	0,13	0,0169
E	5,93	5,95	0,02	0,0004
F	8,65	8,49	0,16	0,0256
G	9,02	9,10	0,08	0,0064
H	7,72	7,65	0,07	0,0049
I	8,07	8 15	0,08	0,0064
J	6,16	6,24	0,08	0,0064
Σm _i = 147,85			Σ d _i ² = 0,0915	

$$\text{A K}_2\text{O tartalmak középértéke} = \frac{147,85}{20} = 7,39\%$$

A módszer szórása

$$S = \pm \sqrt{\frac{0,0915}{20}} = \pm \sqrt{0,0046} = \pm 0,07 \text{ K}_2\text{O}\%$$

A százalékos relatív szórás

$$S = \pm \frac{0,07 \cdot 100}{7,39} = 0,95\%$$

A módszer tehát üzemi analitikai célokra alkalmas.

A véletlen pontatlanság matematikai statisztikája

A módszerek pontosságának mérőszámául választott szórás eléggé önkényesen kiválasztott adatnak tűnhetik, melynél sokkal egyszerűbben számítható, összehasonlítási célokra alkalmas mérőszámot is választhatnánk. Ennek ellenére mégis a standard szórást szokás összehasonlítási alapul választani, mert ennek a véletlen pontatlanságoknak megfelelő ún. *normális eloszlás* matematikai statisztikájában kitüntetett jelentése van és további statisztikus számítások alapjául szolgál.

Következő megfontolásainkban egyszerűség kedvéért olyan mérőszorozatokról legyen szó, melyek során igen nagyszámú (elvileg végtelen számú, gyakorlatilag 100—120) párhuzamos mérést végeztünk el. Megkülönböztetésül jelöljük az ilyen mérőszorozatok középértékét μ -vel és szórását σ -val, ezek tulajdonképpen az m középérték és a szórás végtelen pontossággal (hibamentesen) megállapított határértékei.

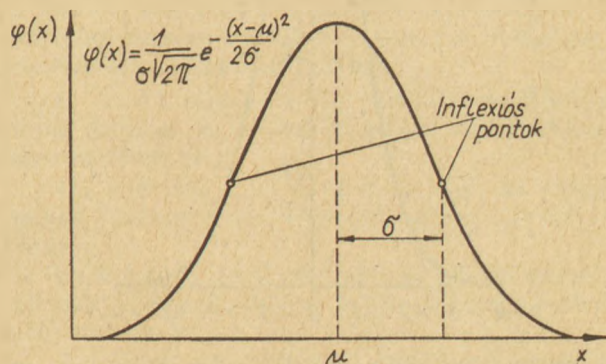
Igen nagyszámú párhuzamos mérés elvégzése után azt a tapasztalatot szerezhettük, hogy bár az egyes méréseredmények egymástól eltérők, ezek egy központi érték körül oly módon csoportosodnak, hogy sok olyan eredményünk lesz, amelyik csak kissé tér el a középértéktől, míg a nagyon eltérő eredmények száma viszonylag kisebb lesz. Az eredmények ilyen eloszlásáról szemléltetes képet kapunk, ha az eredmények sűrűségfüggvényét ábrázoljuk. Ebből a célból derékszögű koordináta-rendszer abszcisszáján tüntessük fel azon x értékeket, melyeket a méréseredmények felvehetnek, míg az ordinátán az egyes mérés-eredmények $\varphi(x)$ gyakoriságát. (Gyakoriság alatt egy törtet értünk, melynek nevezője az összes mérések száma, számlálója pedig azon mérések száma, melyek során az illető x eredményt kaptuk). A 2. ábrán egy ilyen, normális eloszlásnak megfelelő sűrűségfüggvényt láthatunk.

A sűrűségfüggvény egyenlete a következőképpen írható fel:

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (5)$$

A sűrűségfüggvény maximumának megfelelő abszcisszaérték éppen a középértéknek (μ) felel meg, míg a görbe két inflexióspontjának távolsága a szórás (σ) kétszeresével egyenlő.

A normális eloszlás sűrűségfüggvényét egységes alakba hozhatjuk, ha egy olyan koordináta-rendszert használunk, melynek abszcisszája a σ szórást vesszük fel egységnek, és a koordináta-rendszer origóját a görbe maximumához tartozó abszcisszaértékre visszük át. A gyakoriságtengely léptékén nem változtatunk. Ilyenkor az ún. zérus-közepű, egységsszórású normális eloszláshoz tartozó sűrűségfüggvényt kapjuk meg, melynek alakját a 3. ábrán láthatjuk. Az új független változót k -val jelöljük. Bármilyen mérőszorozat kiértékelésére felhasználhatjuk ezt a függvényt. Ha



2. ábra. Normális eloszlásnak megfelelő sűrűségfüggvény

ugyanis egy méréssorozat középértéke μ , szórása σ , egy tetszőleges x mérési eredmény gyakoriságát megkaphatjuk, ha előbb kiszámoljuk k értékét a következő egyenlethől.

$$k = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad (6)$$

és a k értékhez tartozó ordinátaértéket a 3. ábra grafikonjáról leolvassuk. Ezeket az értékeket egyébként táblázatosan is szokás közölni a logaritmusfüggvényhez hasonlóan.

A zérusközepű, egységsszórású normális eloszlás sűrűségfüggvényének egyenlete

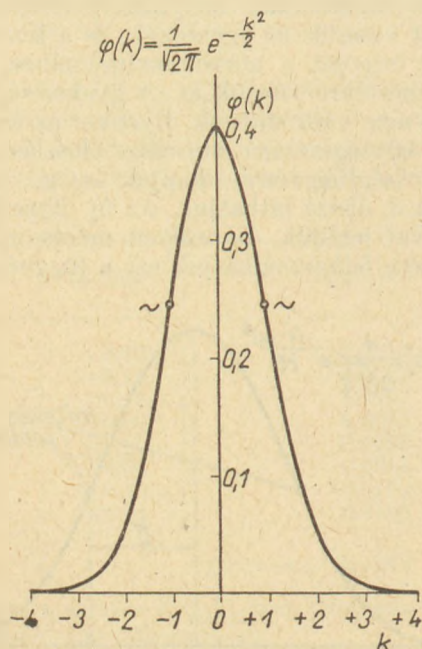
$$\varphi(k) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{k^2}{2}} \quad (7)$$

Gyakorlati szempontból nagyobb fontossága van annak a függvénynek, amelyik a 3. ábrán bemutatott görbe alatti területet méri. Mint látni fogjuk, a területet mindig egy adott $-k$ és $+k$ eltérés között mérjük (4. ábra); ez a terület ugyanis az adott k eltérés esetén nyert megbízhatóságot méri.

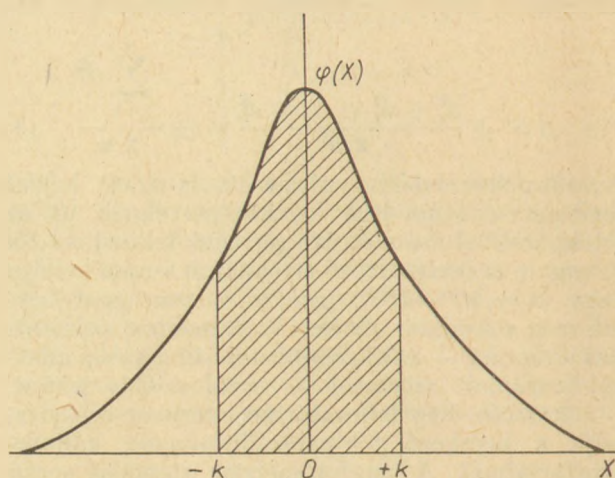
A görbe alatti terület mérésére a $\varphi(k)$ függvény integrálja szolgál. Mivel a görbe szimmetrikus, elegendő a 0 és k közötti területet meghatározni, és ennek kétszeresével számolni. Matematikailag ezt a területmérő függvényt a következőképpen fejezhetjük ki:

$$\Phi(k) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^k e^{-\frac{k^2}{2}} \cdot dk \quad (8)$$

Az így definiált $\Phi(k)$ függvényt Gauss-féle hiba-integrálnak nevezik, sorbafejtés útján kiszámított értékeit táblázatosan szokás feltüntetni. Az integrálértékek 0 és 1 közé eső törtszámok. Ezek 100-szorosa tulajdonképpen a százalékos megbíz-



3. ábra. A normális eloszlásnak megfelelő, zérusközepű, egységsszórású sűrűségfüggvény



4. ábra. A $\varphi(k)$ függvény integrálja

hatóságot méri, emiatt a 3. táblázatban ezeket az értékeket láthatjuk. (Az adatok felhasználhatóságáról később még szó lesz.)

3. táblázat

Adott eltéréshez tartozó statisztikus biztonság:

A szórás együtthatója k	Statisztikus biztonság % [= 100 $\Phi(k)$]
0,50	38,29
0,675	50,00
1,00	68,26
1,64	90,00
1,95	95,00
2,00	95,44
2,58	99,00
3,00	99,73
3,29	99,90

Elemzési eredmények pontossága

Az elemzési eredmények pontossága a módszer szórásától és az elvégzett párhuzamos elemzések számától függ. Minél kisebb a módszer szórása és minél több mérést végeztünk, annál pontosabb eredményhez jutunk. Az eredmények pontosságát a mérési eredmény (középérték) szórásával jellemezhetjük, melyet a következő összefüggéssel számolhatunk ki:

$$S_k = \pm \frac{S}{\sqrt{N}} \quad (9)$$

ahol s a módszer szórása, N a végzett párhuzamos meghatározások száma. A középérték százalékos relatív szórását az

$$S_k\% = \frac{\pm S_k \cdot 100}{m} \quad (10)$$

kifejezéssel számolhatjuk.

3. példa. Mekkora a szórása az 1. példában kiszámított 51,26% SiO_2 tartalomnak? Itt $N = 8$, $S = 0,13$

$$S_k = \pm \frac{0,13}{\sqrt{8}} = \pm 0,045(\text{SiO}_2\%)$$

A %-os szórás pedig

$$Sk\% = \frac{\pm 0,045 \cdot 100}{51,26} = \pm 0,09\%$$

Elemzési eredmények felírása

A laboratóriumban kapott eredmények az alkalmazott módszer természetétől függően kisebb-nagyobb hibával rendelkeznek, megbízhatóságuk tehát különböző. Az eredmények megadásánál ezért arra kell törekednünk, hogy a felírt adat egyúttal az eredmény megbízhatóságát is kifejezze. Legegyszerűbben úgy járhatunk el, hogy az eredmény mellé feltüntetjük annak hibáját is.

Ha az eredmény mellé hibaadatként (2) egyenletben definiált szórást adjuk meg, olyan határokat jelöltünk ki az eredmény közül, melyeken belül a valódi méréseredmény kb. 2/3 valószínűséggel (illetve pontosabban 68,26% valószínűséggel, l. 3. táblázat $k = 1$ esetét) található meg. Eredményünk statisztikus biztonsága tehát 68,26%-os. Ez a megbízhatóság azonban a gyakorlatban nem elegendő, olyan hibahatárok feltüntetése látszik szükségesnek, amelyekben belül a valódi méréseredmény csaknem teljesen bizonyossággal megtalálható.

A 3. táblázat adatainak tanulmányozása alapján könnyen megoldható ez a kérdés is. A táblázatban a szórás együtthatójának (k) függvényében statisztikus biztonsági adatokat találunk. Ennek alapján pl. ha eredményünket 95% biztonsággal kívánjuk megadni, az eredmény mellé a szórás 1,96 szorosát (gyakorlatilag kétszeresét) kell hibahatárként feltüntetni. A szórás háromszorosának megadásával már 99,73%-os lesz kijelentésünk megbízhatósága, ez már csaknem teljes bizonyosságot jelent. A táblázat alapján természetesen más biztonsági szinteknek megfelelő hibahatárokat is kijelölhetünk; a gyakorlatban azonban általában a 95%-os illetve 99,7%-os biztonsági szintet szokás alapul venni. Ez a biztonság elvi okokból csak akkor érhető el, ha a módszerek szórását igen nagyszámú mérési eredmény statisztikus feldolgozásával számítottuk ki, vagyis a szórás értéke hibamentes. A következőkben emiatt a hibamentes szórást — a már tárgyalt írásmódnak megfelelően — σ -val jelöljük.

Ha egy módszer szórása σ , és egy m eredményt N számú párhuzamos analízis alapján adtunk meg, az eredményt

95%-os biztonsággal

$$m \pm \frac{1,96 \sigma}{\sqrt{N}}$$

míg 99,7%-os biztonsággal

$$m \pm \frac{3 \sigma}{\sqrt{N}}$$

alakban adhatjuk meg.

4. példa. Nagyszámú adat statisztikus feldolgozásával megállapítottuk, hogy az üzembe beérkező földpátok nátriumoxid tartalmának meghatározása a szokásos 2–3% Na_2O tartalom esetén $\pm 0,04 \text{ Na}_2\text{O}\%$ szórással jár. Egy újabb

minta nátriumoxid tartalmát két párhuzamos vizsgálat eredményeként 2,68%-nak találtuk. Tüntessük fel az elemzési bizonylaton az eredményt úgy, hogy az 95%-ra illetve 99,7%-ra biztos legyen.

95%-os biztonságnál $k = 1,96$, ezért az eredmény

$$2,68 \pm \frac{1,96 \cdot 0,04}{\sqrt{2}} = 2,68 \pm 0,06\% \text{ Na}_2\text{O}$$

99,74%-os biztonság esetén $k = 3$ -mal kell számolnunk:

$$2,68 \pm \frac{3 \cdot 0,04}{\sqrt{2}} = 2,68 \pm 0,09\% \text{ Na}_2\text{O}$$

Eltérések vizsgálata

A szilikátipari laboratóriumok üzemének vezetése során gyakran kerülnek eléink olyan eltérő elemzési eredmények, melyek ugyanazon mintára vonatkoznak. Laboratóriumok vagy vállalatok között eltérő elemzési eredmények miatt sokszor adódnak komoly anyagi kihatással járó viták, melyeket döntőbizottság vagy bíróság dönt el. Az ilyen eltérések szabatos minősítése ugyancsak matematikai statisztikai alapon lehetséges.

A gyakorlatban megkülönböztetünk *jelentéktelen*, *gyanús* és *jelentős* eltéréseket. Megállapodászerűen *jelentéktelennek* minősítünk minden olyan eltérést, melynek előfordulási valószínűsége 5%-nál nagyobb. Azon eltérések, amelyek előfordulási valószínűsége 0,3 és 5% között van *gyanúsak*, míg a 0,3%-nál kisebb előfordulási valószínűségű eltéréseket *jelentősnek* minősíthetünk. Az eltérések ilyen értelmű minősítésére előnyösen használhatók a 3. táblázat adatai. A táblázatban ebből a szempontból különös jelentősége van a 95%-os statisztikus biztonsághoz tartozó $k = 1,96$ továbbá a 99,73% statisztikus biztonsághoz tartozó $k = 3,00$ értéknek. Mindazon eltérések ugyanis, amelyekhez rendelhető k érték kisebb 1,96-nál, *jelentéktelennek* minősíthetők, mert fellépési valószínűségük 5%-nál nagyobb. Ha az eltérésnek megfelelő k érték 1,96 és 3 közé esik, az eltérés már *gyanús*, míg ha a k értéke 3-nál nagyobb, *jelentős* eltéréssel állunk szemben, utóbbi esetben ugyanis az eltérés fellépésének valószínűsége 0,3%-nál kisebb.

Eltérések minősítése céljából ezek szerint (a később ismertetendő módon) kiszámítjuk az eltéréshez tartozó k értéket és ennek segítségével a következőket állapíthatjuk meg:

1. Ha k kisebb 1,96-nál, *jelentéktelen* eltéréssel állunk szemben, az eltérés az alkalmazott módszer természetéből ered.

Ha k értéke 1,96 és 3 közé esik, az eltérés *gyanús*, célszerű az elemzést újból elvégezni, végül

ha k értéke 3-nál nagyobb az eltérés *jelentős*, biztosak lehetünk abban, hogy valamelyik eredmény rossz.

A k érték kiszámítására különböző összefüggéseket használunk attól függően, hogy milyen

típusú adatokat (méréseredmények, középértékek, szórások stb.) kell összehasonlítani. Ezen összefüggések matematikai statisztikai alapon vezethetők le. A levezetéseket itt mellőzve a k érték kiszámításának (azaz az eltérések minősítésének) módjait néhány gyakorlati példán fogjuk bemutatni.

Számított és talált eredmény közötti eltérés

Egy új analitikai módszer gyakorlati használatosságát eldönthetjük olyan módon, hogy előbb megállapítjuk (vagy az irodalomból vesszük) a módszer szórását, majd egy vagy több olyan mintát vizsgálunk meg a módszer segítségével, melynek összetételét ismerjük. A várt és talált értékek összehasonlításával megállapítható, hogy a módszer az adott gyakorlati esetben alkalmazható-e. Hasonló jellegű összehasonlítással ellenőrizhetjük, hogy egy laboratóriumi dolgozó megfelelő pontossággal végzi-e munkáját vagy sem. Analitikai laboratóriumi oktatásban minősítés (osztályozás) céljára gyakran használnak ilyen vizsgálatot.

Ha a mérendő mennyiség ismert (számított) értéke μ az alkalmazott módszer szórása σ és N számú párhuzamos mérés középértékeként kapott eredményünk m , az eltérés minősítésére szolgáló k értéket a következő egyenlettel számoljuk ki:

$$k = \frac{m - \mu}{\sigma} \sqrt{N} \quad (11)$$

Ha összesen 1 mérést végeztünk, a (9) egyenletben leírt összefüggéshez jutunk:

$$k = \frac{m - \mu}{\sigma} \quad (12)$$

5. példa. Egy laboratóriumi dolgozó pontos munkájának ellenőrzésére elemzés céljára kiadtunk részére egy olyan mintát, melynek szilíciumdioxidtartalmát megbízható helyen előzőleg nagy pontossággal meghatározták és 32,18%-nak találták. A dolgozó 3 párhuzamos meghatározást végzett olyan módszerrel, melynek szórása 20–40% SiO_2 tartalom esetén $\pm 0,05\%$ SiO_2 . Eredményül 32,28% SiO_2 tartalmat talált. Pontosán dolgozott-e az illető?

A (11) képlet alapján kiszámoljuk k értékét

$$k = \frac{32,28 - 32,18}{0,05} \sqrt{3} = 3,5 > 3$$

Az eltérés jelentős, a dolgozó munkájának pontossága nem kielégítő.

6. példa. Az irodalom szerint a fotometriás vasoxidmeghatározás szórása 0,3–0,5 Fe_2O_3 tartalom esetén $\pm 0,02\%$ Fe_2O_3 . A módszer gyakorlati használhatóságának gyors eldöntésére egy 0,42% Fe_2O_3 -ot tartalmazó standard szilikát mintát megvizsgáltunk ezzel a módszerrel és egy mérés eredményeként 0,45% Fe_2O_3 tartalmat kaptunk. Használható-e a módszer szilikátok esetén?

k értékét kiszámolva kapjuk, hogy

$$k = \frac{0,45 - 0,42}{0,02} = 1,50 < 1,96$$

A módszer tehát megfelelően pontos eredményt szolgáltatott, nyugodtan bevezethetjük.

Két elemzési eredmény eltérése

Gyakori eset, hogy ugyanazon minta valamelyik alkotórészét két laboratórium vagy két dolgozó határozta meg, és eltérő eredményekhez jutott. Ebben az esetben is a k értékét számítjuk ki és ennek alapján minősítjük az eltérést. Ha az egyik eredményt N_1 számú mérés középértékeként m_1 -nek, a másik eredményt N_2 számú mérés eredményeként m_2 -nek találtuk, és az elemzéshez használt módszer szórása σ , k értékét a következő képlet segítségével számolhatjuk ki:

$$k = \frac{m_1 - m_2}{\sigma} \sqrt{\frac{N_1 \cdot N_2}{N_1 + N_2}} \quad (13)$$

Ha mindkét esetben csupán 1–1 mérés eredményünk volt ($N_1 = N_2 = 1$), a k számítására szolgáló képlet a következő ($\sqrt{2} = 1,41$)

$$k = \frac{m_1 - m_2}{1,41 \sigma} \quad (14)$$

7. példa. Mészköminta kalciumoxidtartalmának meghatározása során az eladó vállalat 46,21% CaO -t talált 4 párhuzamos elemzés eredményeként. Az átvevő vállalat 6 párhuzamos meghatározást végzett és a minta kalciumoxidtartalmát 45,98%-nak adta meg. Mindkét vállalatnál oxalát alakjában határozták meg a kalciumoxidtartalmat; a módszer szórása 30–60% CaO tartalom esetén $\pm 0,2\%$. Egyezik-e a két eredmény?

Behelyettesítve a (13) egyenletbe kiszámítjuk k értékét

$$k = \frac{46,21 - 45,98}{0,2} \sqrt{\frac{4 \cdot 6}{4 + 6}} = 1,78 < 1,96$$

A két eredmény tehát egyezőnek mondható, az eltérés az adott módszer esetén normális.

8. példa. Kőzetminta alumíniumoxidtartalmát 0,1% relatív szórású módszerrel egy dolgozó 10,76%-nak egy másik dolgozó 10,72%-nak találta. Mindkét dolgozó 1 mérést végzett. Egyezik-e a két eredmény?

Előbb a (3) egyenletből kiszámítjuk a szórás értékét:

$$S = \pm \frac{m \cdot S\%}{100} = \pm \frac{10,76 \cdot 0,1}{100} \sim \pm 0,01\% \text{Al}_2\text{O}_3$$

ezután kiszámítjuk k értékét a (14) egyenletből

$$k = \frac{10,76 - 10,72}{0,01 \cdot 1,41} = 2,83 > 1,96$$

Az eltérés tehát „gyanús”, célszerű az elemzést megismételtetni.

Szórások közötti eltérések

Szórások közötti eltérések minősítésével lehetőség nyílik arra, hogy egyes laboratóriumi dolgozók vagy munkacsoportok megbízhatóságát megítélhessük, illetve összehasonlítsuk. Ilyen vizsgálatot legegyszerűbben úgy végezhetünk, hogy a ki-
szemelt dolgozó vagy munkacsoport elemzési jegyzőkönyvéből 80–120 napra visszamenőleg ki-

választunk azonos típusú mintákra vonatkozó párhuzamos eredménypárokat és azokból szórast a (4) egyenlet szerint kiszámoljuk. Ezt a szórast azután összehasonlítjuk vagy a módszer ismert szórásával (az elméleti szórással), vagy egy másik, megbízhatónak tartott dolgozó vagy munkacsoport eredményeiből számított szórással.

Ha egy S szórast N párhuzamos értékpárból számoltunk ki, és a módszer irodalomból ismert szórása σ , a k értékét a következő összefüggés alapján számoljuk ki:

$$k = \frac{S - \sigma}{\sigma} \sqrt{2N} \quad (15)$$

Ha viszont két tapasztalati szórast (S_1 és S_2) elterését vizsgáljuk, melyeket N_1 illetve N_2 számú párhuzamos értékpárból számoltunk ki, a következő kifejezést alkalmazzuk:

$$k = \frac{S_1 - S_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{2N_1} + \frac{S_2^2}{2N_2}}} \quad (16)$$

9. példa. Szilikátok szilíciumdioxidtartalmának SiO_2 alakban történő súlyszerinti meghatározása az irodalom szerint $\pm 0,1\%$ relatív szórással végezhető el. Egy dolgozó munkáját 100 párhuzamos eredmény alapján vizsgáltuk meg és azt találtuk, hogy ugyanezt a munkát $\pm 0,14\%$ szórással végezte el. Rosszul dolgozik az illető vagy sem?

Behelyettesítünk a (15) egyenletbe, és kiszámítjuk k értékét

$$k = \frac{0,14 - 0,10}{0,10} \sqrt{200} = 5,6 > 3$$

a szórás jelentősen eltér az elméleti szórástól, a dolgozó munkája nem megfelelően pontos.

10. példa. Egy üzemben bevezettünk egy gyors lángfotometriás kalciumoxidmeghatározási módszert. Az eljárást egy tapasztaltabb dolgozó vezette be, 80 értékpárból számolva a módszer relatív szórása 4% -nak adódott. Idővel az elemzéseket egy kevésbé gyakorlott dolgozóra bíztuk, munkáját 110 értékpár alapján számolt szórással akarjuk minősíteni. A reaktív szórás $4,5\%$ -nak adódott. Jelentősen romlott-e az analízisek megbízhatósága a második dolgozó kezében?

Most k értékét a (16) egyenletből számítjuk ki:

$$k = \frac{4,5 - 4,0}{\sqrt{\frac{4,5^2}{220} + \frac{4,0^2}{160}}} = \frac{0,5}{\sqrt{\frac{20}{220} + \frac{16}{160}}} = 1,16 < 1,96$$

A pontosság romlása tehát jelentéktelen, a második dolgozó munkája ellen kifogást nem emelhetünk.

*

Az itt bemutatott példák csak kis részét képezik azoknak a matematikai statisztikai számításoknak, amelyeket szilikátipari vizsgálatoknál előnyösen használhatunk a laboratóriumban

folyó munka megbízhatóságának ellenőrzésére. Hangsúlyozni szeretném, hogy az itt bemutatott számítások kizárólag abban az esetekben használhatjuk, ha a módszerek szórását nagyszámú (80—120) mérés eredményéből számítottuk ki. A szilikátipari laboratóriumokban idővel felgyűlik ennél jóval több adat is, melyekből kis számításai munkával a szórások megállapíthatók. A matematikai statisztikában kidolgoztak olyan számításokat is, amelyek kis számú mérésből számított szórásokra érvényesek. Ezek ismertetését a matematikai statisztika szakirodalmában megtalálhatjuk. Jelen dolgozat kereteiben ilyen számítások nem voltak már beilleszthetők.

IRODALOM

- Gottschalk, G. (1962): Statistik in der quantitativen chemischen Analyse. (Die Chemische Analyse, 49). F. Enke, Stuttgart
 Nalimov, V. V. (1963): The Application of Mathematical Analysis. Pergamon Press, Oxford—London—Paris—Frankfurt.
 Szepesváry P.—Svehla Gy. (1960): Magyar Kémikusok Lapja, 15, 11.
 Vincze I. (szerk.) (1958): Statisztikai minőségellenőrzés. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest.

Svehla Gyula: Szilikátipari elemzések megbízhatósága

A szerző összefoglalja a matematikai statisztika módszereinek alkalmazását a szilikátipari elemzések értékelésével kapcsolatban. A számpéldák az elemzési adatok megbízhatóságára, a pontosság vizsgálatára, a módszeres és véletlen hibák értékelésére, az eltérések vizsgálatára és több dolgozó ill. munkacsoport munkájának statisztikai összehasonlítására vonatkozó, részletesen kidolgozott adatokat adnak.

Швехла Дюла: НАДЕЖНОСТЬ АНАЛИЗОВ СИЛИКАТНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.

Автор обобщает результаты применения математических статистических методов при оценке силикатных анализов. Числовые примеры дают подробно разработанные данные, касающиеся надежности данных анализа, точности испытаний, оценки методических и случайных ошибок, отклонений при испытаниях и других данных, касающихся статистического сравнения работы нескольких трудящихся или же рабочих групп.

Svehla, Gyula: Verlässlichkeit der Analyse in der Silikatindustrie

Die Abhandlung bespricht die Anwendung der mathematisch-statistischen Methoden, namentlich in Beziehung des Bewertens der Analysen in der Silikatindustrie. Die numerischen Beispiele bieten ausführliche Angaben betr. die Verlässlichkeit der Analysendaten, die Genauigkeit der Prüfung, die methodischen und gelegentlich-zufälligen Fehler, wie auch für den statistischen Vergleich der Arbeit einzelner Arbeitenden und einzelner Arbeitsgruppen. (S. G.)

Svehla, Gyula: The Reliability of Chemical Analyses in the Silicate Industry

A review is given on the application of mathematical statistics for the evaluation of analysis data in the silicate industry. Examples are given to calculate the reliability of analytical data, their accuracy, the evaluation of methodological and random errors, the investigation of data deviations and to compare the reliability of individual analysts and working teams.

A tobermoritszerű kalcium-szilikáthidrátok képződési folyamatainak vizsgálata*

TUN SZU-LI és LU GUN-CSEN
(Építőanyag Kutatóintézet, Peking, KNK)

Bevezetés

Az úgynevezett „tobermoritszerű” kalcium-szilikáthidrátok olyan vegyületek, amelyek kristályszerkezete hasonló a természetben előforduló tobermorit nevű ásványhoz. A tobermorit képlete $C_5S_6H_5$ (A cementkémiában szokásos módon az alkotó oxidokat kezdőbetűikkel jelöltük, tehát a C CaO-t, az S SiO_2 -t, a H H_2O -t jelent). A tobermoritszerű kalciumszilikáthidrátok összetétele és kristályosodottsági foka nagymértékben változik. A tobermorit-szerű szilikáthidrátokhoz tartozik a $C_5S_6H_5$ összetételű természetes tobermoriton kívül a portlandcement hidratációjának főterméke, az úgynevezett CSH(B) és a C_2SH_2 . Valamennyi tobermorit-szerű szilikáthidrát összetétele függ az előállítási körülményektől.

Az utóbbi években számos kutató folytatott ilyen irányú vizsgálatokat és igen sok érdekes eredményre jutottak.

A legjobb kristályosodottsággal a természetes tobermorit rendelkezik; differenciális termikus elemzési görbéje 260 fokon kis endoterm csúcsot mutat, röntgendiagramján legalább 5 erős vonal látható: ezek 11,4; 3,07; 2,97; 2,80; és 1,83 Å-nál fekszenek. A C_2SH_2 C/S aránya 1,5–2-ig változik, kristályosodottsága a legrosszabb és differenciális termikus elemzési görbéjén semmiféle határozott termikus effektus nem mutatható ki. A CSH(B) C/S aránya 0,8-tól 1,5-ig változik. A CSH(B) kristályosodottsági foka valamivel jobb mint a C_2SH_2 -é és a differenciális termikus elemzési görbén határozott exoterm csúcs látható. Kalousek (1954) bebizonyította, hogy a CSH(B) C/S arányának csökkenésével az exoterm csúcs hőmérséklete a kezdeti 900 fokról 830 fokra csökken. A C_2SH_2 , a CSH(B) és $C_5S_6H_5$ legalábbis legfőbb jellemzőikben azonosak voltak. Taylor véleménye szerint a $C_5S_6H_5$ tulajdonképpen azonos szerkezetű, mint a CSH(B) csak kristályosodottsági foka jobb.

Midgley (1960) vizsgálatokat végzett arra vonatkozólag, hogy a mészkvarc keverékek hidrottermális kezelése során milyen fázis keletkezik. Megállapította, hogy ha a kiindulási keverék C/S aránya 0,7 felett van, úgy rosszul kristályosodott tobermoritszerű fázis keletkezik, mely legjobban a CSH(B)-hez hasonlít. Midgley ezt a fázist tobermorit-gélnek nevezte. Ennek a fázisnak 100 fok körül intenzív endoterm effektusa van. Kalousek (1954) felhívta a figyelmet arra, hogy a mészhidrát és SiO_2 között 175 fokon reakció megy végbe, mely keréken 0,8 C/S arány esetében a következő módon zajlik le:



Felhívta továbbá a figyelmet arra, hogy különböző SiO_2 tartalmú anyagok használata esetén

a reakció sebessége megváltozik és a közbeeső termékek stabilitási állapota is különböző. A fenti adatok legnagyobb részét Kalousek differenciális termikus elemzési vizsgálatok útján nyerte; nyilvánvaló azonban hogy a differenciális termikus adatok a fenti, meglehetősen bonyolult és nem túlságosan jellemző folyamatokat nem tudják kellőképpen alátámasztani.

Munkánk során célul tűztük ki azt, hogy a tobermoritszerű kalciumszilikáthidrátok keletkezésére befolyást gyakorló egyes tényezők hatását megvizsgáljuk, az átalakulásokat ellenőrizzük és szükség esetén új elméletet állítsunk fel.

Kiindulási anyagok és vizsgálati módszerek

Kiindulási anyagok

A kalciumoxidot vegytiszta kalciumkarbonát 950 fokon történő 4 órás égetése útján állítottuk elő.

Kvarchomok: a kereskedelmi vegytiszta anyagot királyvízzel tisztítottuk.

Kovasav: a kereskedelembe kapható vegytiszta anyagot sósavval tisztítottuk.

Víz: a kísérletek során desztillált vizet használtunk fel, melyet közvetlenül a vizsgálat előtt kiforraltunk és lehűtöttünk.

A kiindulási keverékek összeállítása

A szuszpenzió formájában vizsgált keverékeket vibrációs malomban történő nedves őrléssel készítettük elő: a víz és a szilárd anyag közötti arány 20 és 5 között változott. A továbbiak során a víz/szilárd anyag arányt *v/sz*-el jelöljük. A pép alakú keverékeket achátmoszárbán történő keveréssel állítottuk elő; a pépeknél a *v/sz* arány 1 körül volt.

A vizsgálati hőmérséklet

Háromféle vizsgálati hőmérsékletet használtunk: 175 fok, 70 fok és szobahőmérséklet (15–25 fok).

A próbatestek további kezelése

A szuszpenziókat szűrővel, majd a csapadék abszolút alkohollal és éterrel történő kimosása után vákuumban szárítottuk meg.

A pép-alakú próbatesteket ugyanúgy, mint a szuszpenziókat szétmorzsolás után abszolút alkohollal és éterrel szétmossaiban őrlöttük, majd vákuumban szárítottuk.

Azonosítási eljárások

A röntgenográfiai elemzést ionizációs röntgenkészülékkel hajtottuk végre, kobaltsugárzást alkalmazva, 1 fok percenkénti leolvasási sebességgel.

A differenciális termikus elemzést a Netzsch-féle automatikus készülékkel végeztük el.

* A VII. Szilikátipari Konferencián elhangzott hozzászólás H.F.W. Taylor előadásához.

A termogravimetriai vizsgálatokat *Stanton* típusú automatikus termomérleggel végeztük.

Az elektronmikroszkópi vizsgálatokat *EM3* típusú elektromágneses elektronmikroszkóppal végeztük.

A vizsgálati eredmények és azok értékelése

Fázisváltozások

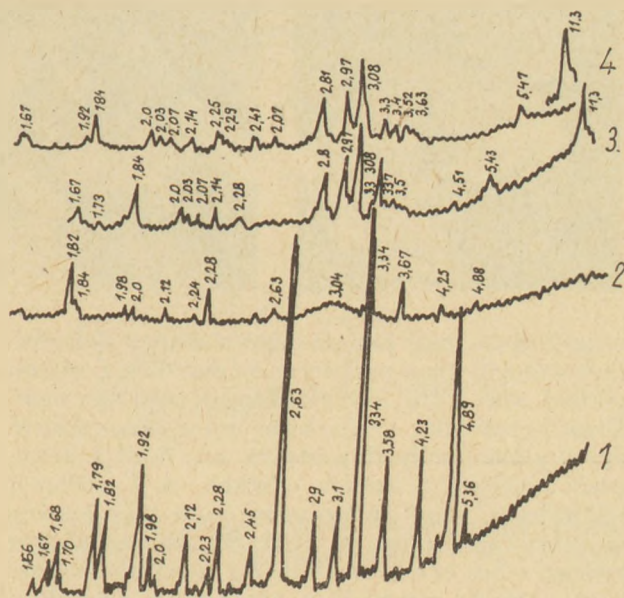
Megállapítottuk azt, hogy a $\text{Ca}(\text{OH})_2$ és a kvarchomok között 0,8 C/S és 20 v/sz arány mellett 175 fokon a következő reakciók játszódnak le: elsőnek C_2SH_2 képződik, mely csökkenő C/S aránnyal $\text{CSH}(B)$ -vé alakul át. Ha a reakcióidő megfelelően hosszú, úgy a $\text{CSH}(B)$ tovább alakul kriptokristályos tobermorittá. A fenti átalakulási folyamat a következő módon írható le:

$\text{C}_2\text{SH}_2 \rightarrow \text{CSH}(B) \rightarrow$ kriptokristályos tobermorit $\rightarrow$ jól kristályosodott tobermorit.

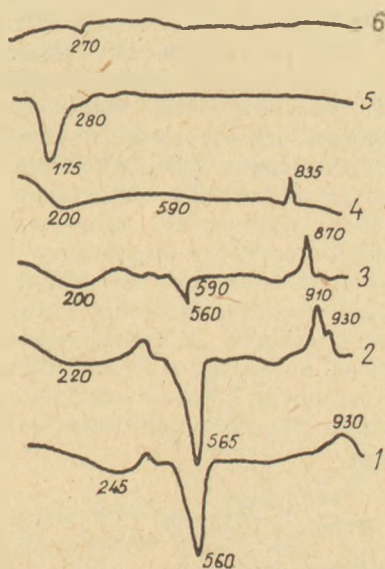
A reakció során a C/S arány fokozatosan csökken, a kristályosodottsági fok egyre jobban növekszik. Ez a differenciális termikus felvételeken és a röntgenográfiai adatokból is jól látható. (1. 2. és 3. ábra.)

Az 1. ábrán világosan látszik, hogy a röntgenogramok a reakció során nagymértékben változnak. Míg az 1. sz. görbén gyakorlatilag csak a kiindulási anyagok csúcsai láthatók, a 2. számú görbétől kiindulva már új képződményeket is látunk; az új képződményeken a legfontosabb vonalak nagyhán és egészben megegyeznek egymással pozíció szempontjából, de az intenzitás a 2., 3., és 4. számú görbén egyre jobban növekszik, bizonyítva azt, hogy a reakciótermékek ugyanazok, de a kristályosodottsági fok lényegesen különbözik és nagymértékben nő a reakcióidő növekedésével együtt.

A 2. ábrán a különböző reakcióidők után nyert differenciális termikus elemzési görbék láthatók. Jól megfigyelhető, hogy a reakció kezdetén 100 és 300 fok között kis endoterm reakció mutatható ki, ezt kis exoterm reakció követi, majd 560 fokon a kalciumhidroxid által okozott nagy endoterm csúcs mutatkozik. Ebben a fázisban a keletkező hidrat leginkább a C_2SH_2 -höz hasonlít. Az igen rossz kristályosodottsági fok miatt erősen gélyszerű tulajdonságokat mutat és ezért a dehidratációs folyamatok széles hőmérsékletközben zajlanak le és a röntgenogramon hiányoznak az éles vonalak. A termogram jellemzői a reakcióidő előrehaladásával megváltoznak. 40 perc reakcióidő után már határozott exoterm effektus mutatkozik 900 fokon, mely a meglehetősen nagy C/S arányú



1. ábra. A tobermorit kialakulását mutató röntgenogramok
Kiindulási adatok: CaO/SiO_2 arány = 0,8, víz/szilárd fázis arány = 20, kiindulási anyag: kvarchomok. 1. számú görbe: 175 fok, 20 perc; 2. számú görbe: 175 fok 4 óra; 3. számú görbe: 175 fok, 16 óra; 4. számú görbe: 175 fok, 24 óra.

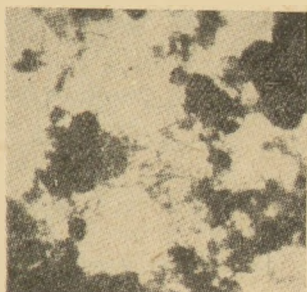


2. ábra: A tobermorit kialakulását mutató DT A-görbék
A kiindulási adatokat 1. az 1. ábra aláírásában. Hőmérséklet: 175 fok. 1. sz. görbe: 20 perc; 2. sz. görbe: 40 perc; 3. sz. görbe: 2 óra; 4. sz. görbe: 4 óra; 5. sz. görbe: 16 óra; 6. sz. görbe: 24 óra

$\text{CSH}(B)$ -nek felel meg. A $\text{CSH}(B)$ bázikussága a kalciumhidroxidkoncentráció csökkenésével együtt csökken. A 3. görbén, mely 2 órai reakcióidő

3. ábra: A tobermorit kialakulási folyamatát mutató elektronmikroszkópi felvételek. Kiindulási adatok:

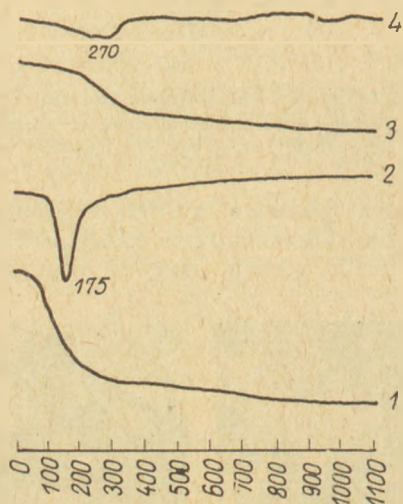
CaO/SiO_2 arány = 0,8, víz/szilárd fázis arány = 20, kiindulási anyag kvarchomok a) görbe: 175 fok, 4 óra; b) görbe: 175 fok, 8 óra; c) görbe: 175 fok 24 óra





5. ábra: A jól kristályosodott tobermorit táblák xonotlit tűkké való átalakulását mutató elektronmikroszkópi felvételek

után készült, még kimutatható a szabad kalcium-hidroxid 560 fokos endoterm csúcsa, de a 4. számú görbén, azaz 4 órai autoklávkezelés után már nem. Ezzel egyidejűleg az exoterm csúcs hőmérséklete egyre jobban süllyed, mutatva azt, hogy a keletkező termék C/S aránya csökken. A 4. görbéről jól látható, hogy az exoterm csúcs már kisebb, mutatva azt, hogy a CSH(B) átalakulásához tartozó csúcs és ezzel a CSH(B) mennyisége csökkent; ennek megfelelően azonban növekszik a 200 fok körül megjelenő endoterm csúcs nagysága. 16 órás reakcióidő után 800 fok környékén exoterm csúcs már nem is jelenik meg, 175 fokon nagyon határozott endoterm csúcs mutatható ki. Ez a 170 fokos minimum egy közbeeső fázisnak felel meg, mely a CSH(B)-nek tobermorittá való átalakulása során keletkezik; ez tulajdonképpen nem más, mint nagyon rosszul kristályosodott tobermorit, és a továbbiak során ezt a fázist „kriptokristályos” tobermoritnak nevezzük. Ennek a fázisnak igen nagy a fajlagos felülete, ezért nagyon nagy az adszorbeált víztartalom és ennek következtében alacsonyabb hőmérsékletre esik a dehidratációs periódus maximuma, mint a jól kikristályosodott tobermoritnál. Mindez a 4. ábrán látható termogravimetrikus görbék segítségével is jól követhető. A kristályosodottsági fok növekedésével növekszik a dehidratációs hőmérséklet is. A legjobban kikristályosodott tobermoritnak körülbelül 260 fokos dehidratációs hőmérséklet felel meg.



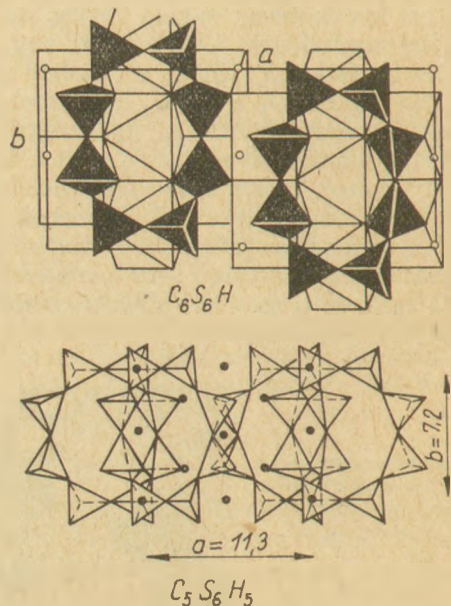
4. ábra: A jól kristályosodott és rosszul kristályosodott tobermorit termogravimetrikus görbéi:

1. és 2. számú görbe kriptokristályos tobermorit, 3. és 4. számú görbe: jól kristályosodott tobermorit

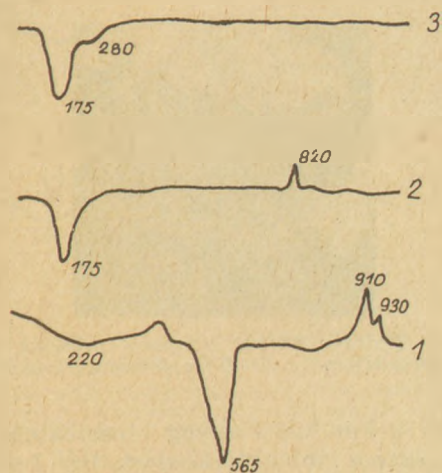
A 3. ábrán látható elektronmikroszkópi felvételek azt mutatják, hogy először finom szálakból álló $C_5S_6H_5$ keletkezik, majd CSH(B) kristályok összegöngyölödött lemezek alakjában, végül a tobermorit jól kikristályosodott lemezes kristályai.

Igen érdekes a hosszú ideig tartó nedves vibrációs őrlés hatása. Ilyenkor ugyanis a tobermorit C_6S_6H összetételű xonotlit szerkezetű kristállyá alakul át. Ennek a fázisnak a jelenlétét a 8. ábra röntgengörbéin a 3,25; 2,7 és 1,95 kX-nél megjelenő vonalak mutatják. Jól látható ez az átalakulás továbbá az 5. ábrán is, mely elektronmikroszkópi felvételekben mutatja a tobermorit xonotlittá való átalakulását: a tobermorit lemezes kristályai ugyanis tű alakú xonotlit kristályokká alakultak át.

Mamedov és Belov (1956, 1958) vizsgálata szerint a $C_5S_6H_5$ és a C_6S_6H szerkezete nagyon hasonlít egymáshoz. A két szerkezet összehasonlítása a 6. ábrán látható. Annak ellenére, hogy a két szerkezet hasonló, a $C_5S_6H_5$ -nek C_6S_6H -vá való átalakulásához meglehetősen nagy mennyiségű energia szükséges. Ez az energia a kísérleti hőmérséklet emelésével biztosítható; a korábbiak során kizárólag ezt az eljárást írták le a tobermorit → xonotlit átalakulást befolyásoló tényezőként. Kísérleteink során sikerült bebizonyítani azt, hogy nedves vibrációs őrléssel ugyancsak fedezni lehet



6. ábra: A tobermorit és xonotlit szerkezete Mamedov és Belov nyomán



7. ábra: A tobermorit szintézis során mutakozó fázisátalakulások differenciális termikus görbéi

ezt az energiaszükségletet, tehát a xonotlittá való átalakulás ilyen módon is elérhető.

Az átalakulás nem hirtelen, hanem fokozatos. A 7. ábra DTA görbéiből jól látható, hogy kezdetben (1. görbe) a C_2SH_2 -re jellemző csúcsok dominálnak, de már kis mennyiségű $CSH(B)$ is képződik, kissé hosszabb idő múlva (2. görbe) a kriptokristályos tobermoritra jellemző csúcsok jelennek meg és még a jól kristályosodott tobermorit megjelenése után is olyan csúcsok láthatók a görbén (3. görbe), amely arra enged következtetni, hogy kriptokristályos tobermorit is jelen van.

A kísérleti körülmények az egyes lépések időtartamát, illetve stabilitási határát nagymértékben befolyásolhatják. 170 fok hőmérsékleten történő autoklávkezelés során pl. a C_2SH_2 fázis stabilitási ideje igen rövid és a fázisátalakulás gyorsan lezajlik. Ugyanakkor 70 fokos gőzkezelés hatására a C_2SH_2 lényegesen hosszabb ideig stabilis és a fázisátalakulás nem is megy végbe teljesen hanem megáll kriptokristályos tobermorit keletkezésénél; szobahőmérsékleten pedig még kriptokristályos tobermorit sem keletkezik csak C_2SH_2 és $CSH(B)$.

A továbbiak során a fázisátalakulási reakciókat befolyásoló néhány tényezőt részletesen is ismertetünk.

A fázisátalakulási folyamatot befolyásoló tényezők

A kalciumszilikáthidrátok kialakulását befolyásoló tényezők ismerete elméleti szempontból nagyon lényeges; ezenkívül gyakorlati szempontok is indokolják e tényezők minél jobb megismerését mert ezek ismerete a mészhomok készítmények technológiájának kialakítása során is nagyfontosságúak.

A kiindulási anyagok kezelési körülményeinek hatása

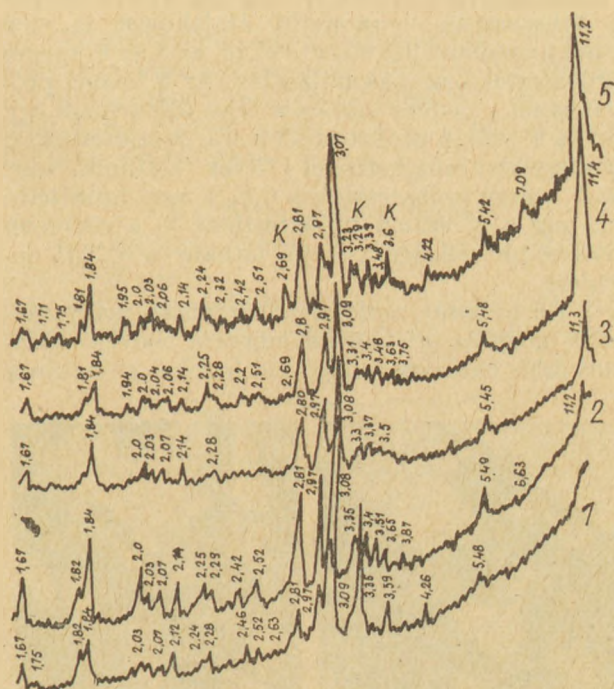
A következő keverési körülményeket vizsgáltuk meg: kézikéverés, keverés golyósmalomban és nedves vibrációs őrlés. A kísérleti körülményeket az 1. táblázatban részletesen ismertetjük.

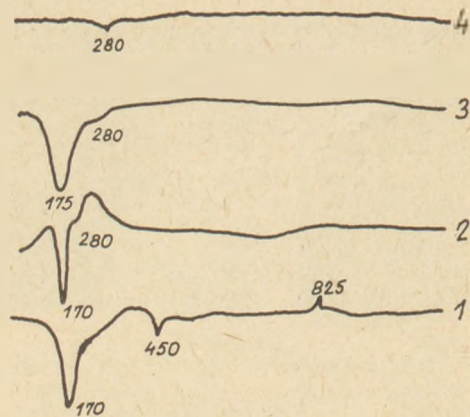
1. táblázat
A keverési körülmények hatása a tobermorit képződésére

A próbatest jele	Keverési módszer	A szintézis ideje	Keletkezett fázisok
1	kézi keverés	16 óra	$krT-B-kvarc-CaCO_3$
2	gépi keverés	16 óra	$krT-jT$
3	1 órás nedves vibrációs őrlés	16 óra	$krT-jT$
4	1 1/2 órás nedves vibrációs őrlés	16 óra	jT
5	1 órás nedves vibrációs őrlés	30 nap	jT —kevés krT
6	3 órás nedves vibrációs őrlés	15 nap	jT —kevés X

A keletkezett fázisok jelölése: krT kriptokristályos tobermorit; jT jól kristályosodott tobermorit; X xonotlit

Vizsgálati eredményeink azt mutatják, hogy a keverési eljárás a reakciósebességet nagyon nagy mértékben befolyásolja. A 8. ábrán látható röntgenogramok és a 9. ábrán látható differenciális termikus görbékből látható az, hogy a legrosszabb eredményeket mindig a kézikéveréssel kaptuk. Az 1. számú próbatestben a $CSH(B)$ és kriptokristályos tobermorit kivételével csak a lekötetlen kvarc és lekötetlen kalciumhidroxid (illetve kalciumkarbonát) található. A közönséges őrlés és a nedves vibrációs őrlés már lényegesen jobb





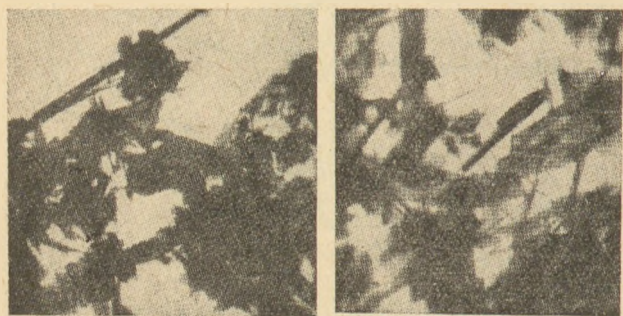
9. ábra: A keverési körülmények hatását mutató differenciális termikus görbék. Kiindulási adatok: mint a 8. ábrán

1. számú görbe: kézi keverés; 2. számú görbe: 9. gépi keverés, 3. számú görbe: nedves vibrációs őrlés 1 órán keresztül, 4. számú görbe: nedves vibrációs őrlés 1 1/2 órán keresztül.

eredményeket adott. Azonos szintetikus körülmények között a 2. és 3. számú próbatest már nagyrészt kriptokristályos tobermoritból kisebb mértékben jól kristályosodott tobermoritból állt. A nedves vibrációs őrlés idejének meghosszabbítása kedvező a jól kristályosodott tobermorit kialakulásában. A különbséget jól mutatja a 10. ábrán látható két elektronmikroszkópi kép: az a) ábrán a rövidebb ideig tartó, a b) ábrán a hosszabb ideig tartó nedves vibrációs őrléssel készült próbatestek elektronmikroszkópi képét látjuk. Feltűnik, hogy a b) ábrán a kristályok nagyobb méretűek és kristályosodottságuk is jobb.

A nedves vibrációs időtartam növelésével a tobermorit $\rightarrow$ xonotlit átalakulást is meg lehet gyorsítani. Jól látható ez pl. az 5. és 6. számú próbatestek összehasonlításából. Az 5. számú próbatestnél a nedves vibrációs őrlés időtartama egy óra, a 6. számú próbatestnél 3 óra. A szintetizálási hőmérséklet mindkettőnél 175 fok. Feltűnik, hogy az 5. számú próbatestben a C_6S_6H nem mutatható ki, míg a 6. számú próbatestben — a rövidebb reakció-idő ellenére — jól látható a C_6S_6H jelenléte.

Ez a hatás nyilvánvalóan azzal magyarázható, hogy az őrlés és különösen a nedves vibrációs őrlés hatására fellépő mechanikai erőhatások



10. ábra: Különböző ideig tartó nedves vibrációs őrlés hatása a minták elektronmikroszkópi képre

Kiindulási adatok: CaO/SiO_2 arány = 0,8, víz/szilárd fázis arány = 20, kiindulási anyag = kvarchomok. a) nedves vibrációs őrlés 1 óráig, 175 fok, 24 óra; b) nedves vibrációs őrlés 1 1/2 óráig, 175 fok, 16 óra



11. ábra: 1 óráig nedves vibrációs őrlésnek alávetett, hidrotermálisan nem kezelt minta elektronmikroszkópi képe

elősegítik a kiindulási anyag rácshibáinak átalakulását, azaz a jobb aktiválódást. Már 1 órás nedves vibrációs őrlésnek is nagyon határozott hatása van: 11. ábrából jól látható, hogy a hidrotermális kezelés nélkül is kialakulnak a legfinomabb hidrátreszecskek, habár csak kis mennyiségben.

A reakció hőmérsékletének hatása

A 2. táblázatban feltüntettük a készítési körülményeket és a vizsgálati eredményeket. Az alkalmazott hőmérséklettől a fázisváltozás sebessége nagyon nagy mértékben függ. Ha összehasonlítjuk a 7, 8, és 9. számú minták differenciális termikus elemzési görbéit (12. ábra), jól látható, hogy a 9. számú mintában, mely 20 fokon készült, 60 napon keresztül még szabad kalciumhidroxid és kvarc van jelen, a keletkezett hidrát legnagyobb részben a C_2SH_2 -nek felel meg. A 8. számú mintában, mely 70 fokon 30 napig készült, kalciumhidroxid már nem mutatható ki, szabad kvarc még jelen van, a keletkezett hidrát legnagyobb részben kriptokristályos tobermoritból áll. A 7. számú mintában, mely 175 fokon 30 napig jól kristályosodott $C_5S_6H_5$ van, sőt kis mennyiségben C_6S_6H is látható. Ugyanennek az anyagnak a röntgendiagramja a 8. ábra 4. görbéjén van feltüntetve, ahol ugyanezek a fázisok mutathatók ki.

A fentiek alapján kimondhatjuk, hogy 175 fok hőmérsékleten a C_2SH_2 csak nagyon rövid ideig stabilis és igen hamar jól kristályosodott tobermorittá alakul át, sőt hosszabb idő múlva C_6S_6H -vá is. A 70 fokos hőmérséklet már kedvezőtlenebb ebből a szempontból: annak ellenére, hogy a gőzkezelés igen sokáig, 30 napig tartott,

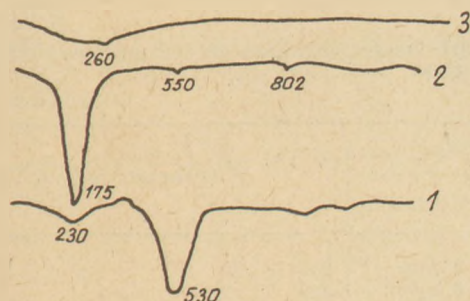
2. táblázat

A szintézis hőmérsékletének hatása a tobermorit képződésére

Kiindulási anyag: kvarchomok; CaO/SiO_2 arány = 0,8; v/sz arány = 20

A próbatest jele	A szintézis körülményei	Keletkezett fázisok
7	175°, 30 nap	jT, kevés X
8	70°, 30 nap	krT—kvarc— $CaCO_3$
9	20°, 60 nap	C_2SH_2 — $Ca(OH)_2$ —kvarc

A keletkezett fázisok jelölése: krt: kriptokristályos tobermorit; jT: jól kristályosodott tobermorit; X: xonotlit.



12. ábra: A reakció hőmérsékletének hatása a minták differenciális termikus görbéire. Kiindulási adatok:

CaO/SiO₂ arány = 0,8, víz/szilárd fázis arány = 20, kiindulási anyag = kvarchomok. 1. számú görbe: 20 fok, 60 nap; 2. számú görbe: 70 fok, 30 nap; 3. számú görbe: 175 fok, 30 nap

csak kriptokristályos tobermorit mutatható ki. Szobahőmérsékleten pedig már kriptokristályos tobermorit sem képződik, csak C₂SH₂ és CSH(B). Alacsonyabb hőmérsékleten, különösen szobahőmérsékleten nem áll fenn lehetőség arra, hogy a magasabb hőmérsékleten stabilis fázisokat előállíthassuk, tekintet nélkül az alkalmazott reakcióidőre.

A reakció időtartamának hatása

Ebből a szempontból elvégzett kísérleteink összefoglaló adatai a 3. táblázatban találhatók.

3. táblázat

A szintézis idejének hatása a tobermorit képződésére
Kiindulási anyag: kvarchomok; CaO/SiO₂ arány = 0,8;
v/sz arány = 20; a szintézis hőmérséklete 175 fok

A pró-batest jele	A szintézis időtartama	Keletkezett fázisok
10	20 perc	C ₂ SH ₂ —Ca(OH) ₂ —kevés CSH(B)—Q
11	40 perc	C ₂ SH ₂ —Ca(OH) ₂ —CSH(B)—Q
12	4 óra	CSH(B)—kevés C ₂ SH ₂ —Q
13	16 óra	krT—jT
14	1 nap	jT
15	30 nap	jT—kevés X

A keletkezett fázisok jelölése: Q: kvarc; krT: kriptokristályos tobermorit; jT: jól kristályosodott tobermorit; T: xonotlit.

Az eredmények azt mutatják, hogy a 175 fokon végzett kísérletek során igen gyorsan lezajlik a reakció. A differenciális termikus elemzési görbék a 2. ábrán láthatók. Ebből, valamint a röntgenográfiai adatokból arra a következtetésre jutottunk, hogy a 175 fokon 20 percig kezelt mintákban elsősorban C₂SH₂ van jelen. A 40 percig kezelt mintákban már a CSH(B) az uralkodó fázis, a 16 órás hőkezelés után már kriptokristályos tobermorit van jelen, sőt kis mennyiségű jól kristályosodott tobermorit is, az 1 napig hőkezelt mintában a kriptokristályos tobermorit teljesen eltűnik, míg a 30 napig kezelt mintában jól kristályosodott tobermorit mellett kis mennyiségben C₆S₆H is megfigyelhető.

A kiindulási anyag minőségének hatása

Vizsgálataink során kétféle SiO₂ tartalmú kiindulási anyagot használtunk fel: kvarchomo-

kot és amorf kavasavat. Az erre vonatkozó adatok a 4. táblázatban találhatók. Jól látható, hogy a kavasav, mint kiindulási anyag gyorsabb reakciólefutást tesz lehetővé. A kvareccal készült keverékek differenciális termikus görbéit a 2. ábrán, az amorf kavasavval készült keverékek differenciális termikus görbéit a 13. ábrán láthatjuk. Feltűnő, hogy a kavasav mint kiindulási anyag hatására a C₂SH₂ és CSH(B) nagyon hamar jelentkeznek, a kriptokristályos tobermorit stabilitási tartománya valamivel hosszabb és a jól kristályosodott tobermorit csak 5 napos hőkezelés után mutatható ki.

4. táblázat

A kiindulási nyersanyag minőségének hatása a tobermorit képződésére

CaO/SiO₂ arány = 0,8; v/sz arány = 20; a szintézis hőmérséklete 175°

A pró-batest jele	Kiindulási nyersanyag	A szintézis időtartama	Keletkezett fázisok
16	kvarchomok	4 óra	CSH(B)—kevés C ₂ SH ₂ —Q
17	amorf kavasav	4 óra	CSH(B)—krT
18	kvarchomok	16 óra	krT—jT
19	kvarchomok	24 óra	jT
20	amorf kavasav	24 óra	krT
21	amorf kavasav	3 nap	krT
22	amorf kavasav	5 nap	krT—jT
23	kvarchomok	30 nap	jT—kevés X

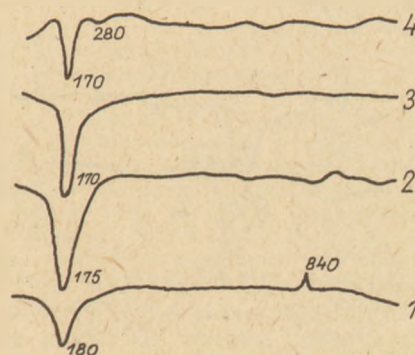
A keletkezett fázisok jelölése: Q: kvarc; jT: jól kristályosodott tobermorit; krT: kriptokristályos tobermorit; X: xonotlit.

Eredményeink alapján kimondható, hogy az amorf kavasav alkalmazása esetén a kriptokristályos tobermorit existenciartománya nagyobb, mint kvarc esetén, ennek oka az amorf kavasav nagyobb oldhatósága.

A CaO/SiO₂ arány hatása

Az előállítási körülményeket az 5. táblázatban adjuk meg.

Az eredményekből jól látható, hogy a CaO/SiO₂ arány változása mind a kavasavval, mind a kvarc-



13. ábra: Az amorf kavasavból készült minták differenciális termikus görbéi. Kiindulási adatok:

CaO/SiO₂ arány = 0,8, víz szilárd fázis arány = 20, kísérleti hőmérséklet = 175 fok. 1. számú görbe: 4 óra, 2. számú görbe: 24 óra, 3. számú görbe: 72 óra, 4. számú görbe: 120 óra

5. táblázat

A kiindulási nyersanyag minőségének, a C/S arálynak, a szintézis hőmérsékletének és időtartamának hatása a tobermorit képződésére

v/sz arány = 20

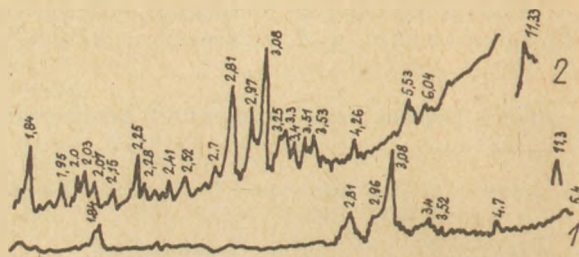
A próbatest jele	Kiindulási nyersanyag	C/S arány	A szintézis		Keletkezett fázisok
			hőmérséklete	időtartama	
24	Amorf kovasav	0,85	175°	3 nap	$krT - jT$
25	Amorf kovasav	0,80	175°	3 nap	krT
26	Kvarchomok	1,00	70°	30 nap	$C_2SH_2 - Ca(OH)_2 - Q$
27	Kvarchomok	0,80	70°	30 nap	krT
28	Kvarchomok	1,00	20°	60 nap	$C_2SH_2 - Ca(OH)_2 - Q$
29	Kvarchomok	0,80	20°	60 nap	$C_2SH_2 - Ca(OH)_2 - Q$

A keletkezett fázisok jelölése : krT kriptokristályos tobermorit,
 jT jól kristályosodott tobermorit
 Q kvarc

homokkal készült keverékek fáziseloszlását befolyásolja. A 24., illetve 25. számú próbákból látható, hogy a 3 napig 175 fokon kezelt kovasavtartalmú keverékeknél a CaO/SiO_2 arány egészen kismértékű, 0,8-ról 0,85-re való emelkedése elősegíti a jól kristályosodott tobermorit keletkezését. A kvarchomokból készült keverékeknél feltűnik az, hogy szobahőmérsékleten mindig jelen van szabad lekötetlen kalciumhidroxid is, még 60 napos hőkezelés után is, magasabb hőmérsékleten, 70 fokon azonban 0,8 CaO/SiO_2 aránynál csak kriptokristályos tobermorit keletkezik, ennél magasabb 1,0 CaO/SiO_2 arány esetében azonban C_2SH_2 mellett szabad kalciumhidroxid és szabad kvarchomok is megmarad.

A 14. ábrán látható differenciális termikus görbéken feltűnik az (6. görbe), hogy a krip-

tályos tobermoritnak megfelelő 170 fokok endoterm csúcs mellett 290 foknál is endoterm csúcs jelentkezik, mely a jól kristályosodott tobermoritnak felel meg. A 15. ábrán a 24. és 25. számú minták röntgendifraktogramja látható.



15. ábra: A CaO/SiO_2 arány változásának hatása a röntgenogramokra. Kiindulási adatok:

víz/szilárd fázis aránya = 20, 175 fok, 72 óra, amorf kovasav. 1. számú görbe: CaO/SiO_2 arány = 0,8; 2. számú görbe: CaO/SiO_2 arány = 0,85.

A víz/szilárd anyag hatása

Az előállítási körülményeket és az elért eredményeket a 6. táblázatban adjuk meg. Az eredményekből az látszik, hogy a víz/szilárd anyag arány növekedésével a reakciósebesség meggyorsul. Ha a fenti arányt 1,0-ról 5,0-ra növeljük, a C_2SH_2 és $CSH(B)$ helyett már jól kristályosodott tobermorit keletkezik. A víz/szilárd anyag arány

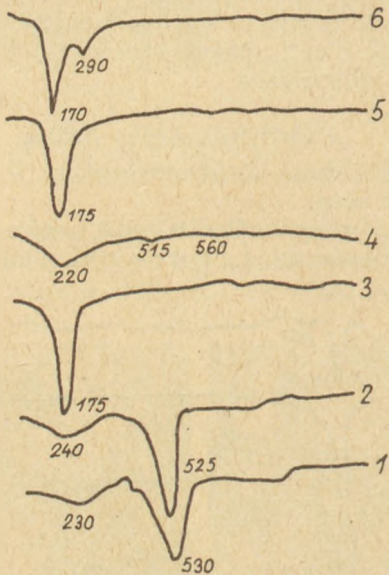
6. táblázat

A v/sz arány változtatásának hatása a tobermorit képződésére

Kiindulási anyag: kvarchomok : C/S arány 0,8 ; a szintézis hőmérséklete 175°

A próbatest jele	Kiindulási v/sz arány	A szintézis időtartama	Keletkezett fázisok
30	1	6 nap	$C_2SH_2 - CSH(B)$
31	5	6 nap	jT
32	20	5 nap	jT

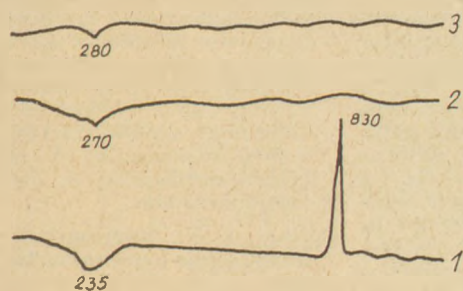
A keletkezett fázisok jelölése : jT : jól kristályosodott tobermorit.



14. ábra : A CaO/SiO_2 arány hatása a minták differenciális termikus görbéire. Kiindulási adatok:

víz/szilárd fázis arány = 20. 1. számú görbe : kvarchomok, CaO/SiO_2 = 0,8, 20 fok, 60 nap; 2. számú görbe : kvarchomok, CaO/SiO_2 = 1,0, 20 fok, 60 nap. 3. számú görbe : kvarchomok, CaO/SiO_2 = 0,8, 70 fok, 30 nap. 4. számú görbe : kvarchomok, CaO/SiO_2 = 1,0, 70 fok, 30 nap. 5. számú görbe : amorf kovasav, CaO/SiO_2 = 0,8, 175 fok, 72 óra. 6. számú görbe : amorf kovasav, CaO/SiO_2 = 0,85, 175 fok, 72 óra

további növelése az eredményeket már nem befolyásolja. A differenciális termikus adatok a 16. ábrán láthatók.



16. ábra: A víz/szilárd anyag változásának hatása a minták differenciális termikus görbéire. Kiindulási adatok:

CaO/SiO₂ arány = 0,8; kvarchomok. 1. számú görbe: víz/szilárd anyag arány = 1 175 fok, 6 nap; 2. számú görbe: víz/szilárd fázis arány = 5, 175 fok, 6 nap; 3. számú görbe: víz/szilárd fázis arány = 20, 175 fok, 5 nap

IRODALOM

- Gard, J. A.—Howison, J. W.—Taylor, H. F. W. (1959): *Mag. Concrete Res.* 11 33.
 Kalousek, G. L. (1955): *J. Amer. Concrete Inst.* 26 989.
 Midgley, H. G.—Chopra, S. K. (1960): *Mag. Concrete Res.* 12 73.
 Mamedov, H. Sz.—Belov, N. V. (1956): *Zapishki Vseszojuznogo Geol. Obszesztiru* 85 13.
 Mamedov, H. Sz.—Belov, N. V. (1958): *Dokl. Akad. Nauk SzSzsZr* 123 163.

Tun Szu-Li és Lu Gun-Csen: A tobermoritszerű kalcium-szilikáthidrátok képződési folyamatainak vizsgálata

Megvizsgáltuk a kalciumhidroxid és kvare, illetve a kalciumhidroxid és amorf kovasav közötti reakciókat. A reakciók során részletesen elemeztük a keletkező termékek fázisösszetételét; a kísérletek során az alábbi tényezőket változtattuk: a keverési körülmények, a reakció hőmérséklete (20 fok, 70 fok és 175 fok), a reakcióidő (20 perctől 30 napig), a kiindulási anyag kristályosodottsági foka; a kiindulási anyag CaO/SiO₂ aránya; a kiindulási anyag víz/szilárd anyag aránya. Azt tapasztaltuk, hogy valamennyi esetben jól vagy rosszul kristályosodott tobermoritot vagy esetleg C₂SH₂-t kaptunk. A reakciók nem mindig zajlottak le tökéletesen; ezt bizonyítja, hogy a reakció lezajlása után szabad mész, illetve szabad SiO₂ gyakran kimutatható volt. A kiindulási anyagok nedves vibrációs őrlése elősegíti a jól kristályosodott tobermorit keletkezését és gyakran a tobermorit xonotlittá történő átalakulását. Ha kiindulási anyagként kvare helyett amorf kovasavat használunk, a kriptokristályos tobermorit gyorsabban keletkezik és hosszabb ideig megmarad; kvarchomok esetében nehezebben keletkezik a kriptokristályos tobermorit, de lényegesen gyorsabb idő alatt bomlik el mint amorf kovasav esetében.

Тун С.—Лу и Лу Гун—Чен: ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБРАЗОВАНИЯ ГИДРОСИЛИКАТОВ КАЛЬЦИЯ ТИПА ТОБЕРМОРИТА.

Были исследованы реакции между гидратом окиси кальция и кварцем, а также между гидратом окиси кальция и аморфной кремневой кислотой. Подробно анализировался фазовый состав продуктов, образующихся во время вышеупомянутых реакций, в

ходе которых изменялись следующие факторы: условия перемешивания, температура реакции (20° С–70° С и 175° С), время реакции (от 20 мин до 30 дней), степень кристаллизации, соотношение CaO/SiO₂, и соотношение вода) твердый материал исходного материала. Было установлено, что в большинстве случаев был получен хорошо и плохо выкристаллизованный тоберморит или C₂SH₂. Реакции не всегда протекают совершенно, доказательством чего является наличие свободной извести и свободной SiO₂ после окончания реакции. Мокрый вибрационный помол способствует образованию хорошо кристаллизующегося тоберморита, а также превращению тоберморита в ксонотлит. Если в качестве исходного материала вместо кварца используется аморфная кремневая кислота, то кriptokристаллический тоберморит образуется гораздо быстрее и является более устойчивым. В случае кварцевого песка кriptокристаллический тоберморит образуется труднее и разлагается гораздо быстрее, чем в случае аморфной кремневой кислоты.

Tun Szu-Li und Lu Gun-Csen: Untersuchung der Entstehungsvorgänge von Tobermorit-artigen Silikathydraten

Es wurden die zwischen Calciumhydroxyd und Quarz, resp. Calciumhydroxyd und amorpher Kieselsäure verlaufenden Reaktionen untersucht. Man untersuchte die Phasenzusammensetzung der unterdessen entstehenden Produkte. Während der Versuche änderte man folgende Komponenten: Mischungsverhältnisse, Reaktionstemperatur (20°–70°–175°), Reaktionsdauer (von 20 Minuten bis 30 Tage), Kristallisationsgrad des Ausgangsmaterials; CaO/SiO₂-Verhältnis im Ausgangsmaterial; Wasser/Feststoff-Verhältnis im Ausgangsmaterial. — In jedem der Fälle konnte man die Entstehung von besser oder minder kristallisiertem Tobermorit oder aber unter Umständen vom C₂SH₂ feststellen. Die Reaktion lief nicht jedes Mal vollkommen ab; das bewies der Umstand, daß nachträglich die Gegenwart von freiem Kalk, oder von freiem SiO₂ häufig festzustellen war. Das nasse Vibrovermahlen der Ausgangsstoffe fördert die Entstehung von gutkristallisiertem Tobermorit und nicht selten die Umwandlung des Tobermorits in Xonotlit. Verwendet man zum Ausgang amorpho Kieselsäure anstelle von Quarz, alsdann entsteht der kriptokristallinische Tobermorit schneller und bleibt längere Zeit bestehen; verwendet man Quarzsand, so entsteht der kriptokristallinische Tobermorit schwerer, dennoch zersetzt er sich weitaus schneller, als im Falle der Verwendung amorpher Kieselsäure. (S. G.)

Tun Szu-Li and Lu Gun-Csen: Investigations into the Formation Process of Tobermoritic Calcium Silicate Hydrates

The reaction between Ca(OH)₂ and SiO₂ was investigated by the systematic variation of the following factors: method of mixing; temperature (20, 70 and 175 °C) and time (from 20 minutes to 60 days) of reaction; the crystallinity of the SiO₂; the water/solid ratio of the starting batch. In all cases well- or ill-crystallized tobermorite (sometimes C₂SH₂) was obtained; as a consequence of incomplete reaction free lime and silica was detectable too. The formation of well-crystallized tobermorite (and occasionally also its transformation into xonotlite) was enhanced by the wet grinding of the batch in a vibratory mill. If amorphous silica is used as a raw material instead of quartz sand, ill-crystallized tobermorite is formed more easily and remains for a longer time and *vice versa*.

AZ ÉPÍTÉSÜGYI DOKUMENTÁCIÓS IRODA KÜLFÖLDI LAPSZEMLEJE

SZTEKLO I KERAMIKA 1964. 3. sz.

Sarmano, A. K.: A tűzállóanyagok célszerű felhasználásáról (p: 8—11, t: 1.)

A jelenleg gyártott ismertebb olvasztott tűzállóanyagok tartóssága. A semberinszki gyárban bakor-20 és bakor-33 jelű olvasztott tűzállóanyagokat fognak gyártani, 20, ill. 33% ZrO_2 tartalommal. Legcélszerűbb olyan anyagok alkalmazása az üvegolvasztó kemencék különböző helyein, amelyeknek kopása a leállítás alkalmával mindenütt azonos. Ez olcsóbbá teszi az átépítést és csökkenti a beépített anyagok értékét.

SZTEKLO I KERAMIKA

1964. 4. sz.

Pejszahor, I. L.: A levegő abszolút és relatív nedvességtartalmának hatása az üvegtextiliák hajlító ellenállására. (p: 11—14, á: 4, b: 4.)

Hajlítási igénybevétel fárasztó hatását vizsgálták szabályozott nedvességtartalmú levegőben. Igen érdekes, hogy a relatív nedvességtartalom 10—95% közötti ingadozása egyáltalán nincs befolyással az üvegtextiliák hajlítási ellenállására. Ezzel szemben az abszolút nedvességtartalom 2-ről 16%-ra növelése 3200-ról 200 ciklusra csökkenti a hajlítási ellenállást. A szerzők megállapítják, hogy azonos körülmények között a szórás határokat igen kicsik. A korábban közölt nagy mérési szórások okát a szerzők a mérés közben előfordult nedvesség-ingadozásnak tulajdonítják.

Judin, N. A.: Új ritkaföldfém és titánoxid koncentrátumok az üvegfestéshez. (p: 14—15, t: 1, b: 2.) Jelenleg az üvegfestés céljaiból nagymennyiségben alkalmaznak cérium, neodim, prazeodim és titán-oxidokat, általában p.a. vagy pss. minőségben. A szerző ismerteti a jelenleg gyártott koncentrátumok minőségét, melyek alkalmasak az üvegfestéshez, és közben 5—9-szer olcsóbbak, mint az eddig alkalmazott anyagok.

Noszova, Z. A.: Burkoló csempék egyszeri égetése. (p: 15—20, á: 4, t: 3, b: 2.) Egy lépésű csempégetéshez alkalmas automata gépsor ismertetése. A gépsorba két szárítóalagút van bekapcsolva, melyek közé a mázporlasztó kamra illeszkedik. A mázas csempék égetése tokokban történik, függőleges helyzetben. A bőr- és ólommentes cirkonos mázak alkalmazásával sikerült rendkívül fehér csempét előállítani, melynek fehérsége meghaladja a jelenleg ismert legfehérebb kínai csempe fehérségét.

Scsepilov, N. Sz.—Scsedrinszkaja, Z. M.: Kerámiai csőformázó prés

szájnnyílásának új konstrukciója. (p: 20—22, á: 6.)

A kerámiai csövek formázásánál igen gyakran lép fel a tengelyirányú repedések formájában jelentkező selejt. Ennek oka, hogy a nyílásforinál betét keresztmerezítésén az anyag több részre válik, a későbbi mozgás során azonban nem tapad össze tökéletesen, így a száradás során repedések keletkeznek. Ennek kiküszöbölésére javasolják a merevítő kereszt bordóinak csavarszerű kiképzését a csiga forgásával ellenkező irányban.

Kljacsin, V. V.: Kaolindúsító hidrociklonok számítása. (p: 22—27, b: 5.)

A hidrociklonok alkalmazása kaolindúsítás céljából előnyös, mert a berendezés teljesítménye nagy, nem szükséges peptizálószer alkalmazása stb. A szerző részletes számítási metodikát közöl a hidrociklonok teljesítményének, a szivattyúk és a szükséges nyomások számítására. Gyakorlati példák is szemléltetik a számítási módszer alkalmazását.

Mejtina, V. A.: Kaolindúsító hidrociklonos kipróbálása Gluhoveci kaolin kombinátban. (p: 27—30, á: 4, b: 1.)

A cikk ismerteti a Gluhoveci kaolindúsítóban elért eredményeket. Peptizáló anyagokat nem használnak. Koagulálószerként poliakrilamidot alkalmaznak. A dúsítást megnehezíté, hogy a leválasztott homok igen finom szemcsézetű (56 mikron alatt 54—75%). A kaolin kihozatal 80%, 56 mikron alatti frakció mennyisége 98,5—99,4%.

Nehorosev, A. V.: Glian nevű új építőanyag. (á: 5, t: 5, b: 1.) Teljesen újszerű gyártástechnológia ismertetése. Tetszőleges téglagyagból tömböket formálnak (1200 × 120 × 65 mm) méretig, majd esetleges szárítás után (6% nedvességig) a tömböket 570 C°-os hőkezelésnek vetik alá (a cikk közli a felfűtési görbét) gőzatinoszférában. Hőkezelés után az idomok nyomószilárdsága 350—509 kg/cm² hajlítószilárdsága 55—60 kg/cm², igen nagy a fagyállóságuk és a vízzel szembeni ellenállásuk. Vasalás esetén 50 kg/cm² tapadást sikerült elérni (ami több, mint a betonok esetén.) Az egyik téglagyárban kísérleti jelleggel folyik a glian gyártása és jelenleg tervezés alatt van egy nagyüzem, 6 × 1,2 m-es panelek és 6 × 1,5 m-es födémeknek gyártásához.

Matveev, M. A.: Nagylesztűségű szigetelőkn megnövelt szivárgási úthosszal. (á: 1, t: 3.) Távfűtetékekhez nagyszilárdságú és nagy felületű szigetelőkre van szükség. A kidolgozott szigetelő típusoknál a porcelánrész timföld, az alkalmazott acél 30G2 és

az öntöttvas sapka VCS 45—05. Különleges formakiképzéssel sikerült biztosítani a feszültségek egyenletes eloszlását. Az alkalmazott porcelán összetétele: 24,86% földpát, 42,52% agyagkomponens, 11,09% 1320 C°-on előőgetett, majd őrlött timföld, 21,11% kvarc, 0,38% szennyezők. A szigetelőkn kitűnő mechanikai és elektromos tulajdonságúak.

Golikov, I. N.: Kemencefalba épített tömb cseréje kemencefalállás nélkül. (p: 31—39, á: 3, t: 1.)

Kádkemence átépítésénél az oldat-fal-blokkok hiánya miatt két sort samott fenékblokkal raktak ki. Két hónapos üzem után az egyik samottblokk kimaródott. A körülötte levő blokkok jó állapotban voltak, így célszerűvé vált a kimaródott blokk üzemkörbe nicséréje. A szerző ismerteti az alkalmazott eljárást. A teljes csere csupán egy napot vett igénybe.

Jermolenko, N. N.: Ólmos-báriumos kristályüvegek összetételei. (p: 40.)

Az ólomkristályok igen érzékenyek az olvasztásra és erősen marják a fazekakat. Az alkalmazott ólomvegyületek igen drágák. Az ólom egy részének helyettesítése báriummal nem csökkenti az üveg minőségét, de olcsóbbá teszi az eljárást. A javasolt összetételek: II. összetétel: SiO_2 -66%, ZnO -2,5%, BaO -8%, PbO -8%, Na_2O (szóda formájában)-31%, Na_2O (salétrom formájában)-1,5%, K_2O -10,6%. III. összetétel: BaO -11%, PbO -5%, az egyéb alkotók azonosak.

SZTROITELNÜE MATERIALÜ

1964. 3. sz.

Csernozov, Sz. A.: Téglagyár átállítása saválló termékek gyártására. (p: 14—15.)

A Szovjetunióban folyó saválló téglagyártás nem elégíti ki az igényeket. Egyidejűleg, a panelek építkezés elterjedése miatt csökkent a téglák iránti igény, célszerű lett a téglagyárak átállítása saválló téglák és lapok, valamint rasiggyűrűk gyártására. A téglagyárak átállításánál a legtöbb előkészítő és sajtoló berendezés (felszáraz sajtolás esetén) megmarad és csak a szárítókát és az alagút komencéket kell modernizálni.

Dolinszkij, J. I.: A keramzitbeton falpanelek díszítése színes üveg-zúzalékkal. (p: 18—20, á: 4, t: 4.)

Mód van az előregyártott panelek burkolására gyártás közben. Egyik díszítőburkolási lehetőség az őrlt színesüveg zúzalék alkalmazása. A beagyazó réteg fehér cementből és homokból áll. Az alkalmazott üveg-zúzalék szemcsemérete 20—40 mm, 10—20 mm, 5—10 mm. Legcélszerűbb a három frakció egyszerre megvalósított gyártása utólagos frakcionálással. A cikk részletesen foglalkozik a gyártási

fogásokkal a különböző frakciók alkalmazásánál fellépő különleges igényekkel stb.

Lomutor, K. F.—Mocsalor, A. I.: Mészhomok blokkok felületén fellépő hibák megelőzése. (p: 21—23, á: 4, b: 4.)

Nehéz és sejtyszerkezetű szilikát-beton (mészhomok beton) termékek autoklávózásánál gyakran különféle hibák jelentkeznek, pl. lazulások, helyi duzzadások, repedések stb. A szerzők behatóan tanulmányozták az autoklávózás során fellépő gáz és kondenzátum hatásokat. A cikk foglalkozik a vizsgálatok eredményeivel, majd megállapítja, hogy az eredmények alapján az egyik betongyárban megváltoztatták az autoklávózás technológiáját, ami pozitív eredménnyel járt.

Bundarenko, E. N.—Zavjalov, N. N.: Kohósalak-szivacs gyártása granuláló dobbban. (p: 32—33, á: 1.) A cikk részletesen ismerteti a Novokuznecki kohászati kombinátban alkalmazott kohósalak habosító berendezés működését. A habosító ferde surrantóból, granuláló dobbból és acéllemezből áll. A folyékony salak surrantóra kerül, ahol alulról állandó vízhártya, felülről pedig nagynyomású vízporlasztók hatása éri. Innen az előhabosított salak bordás granuláló dob felületére kerül, a dob 240 ford./perc sebességgel forog és ledobja a salakot a 12 m-re elhelyezett acéllemezre. A berendezés napi teljesítménye 1—2 ezer tonna, a vízfogyasztás 300—400 liter/t salak, a 11 m³-es salaküst ürtési ideje 3—4,5 perc.

Epstein, Sz. A.: Hőálló beton habosított kohósalakból. (p: 33—34, á: 3, t: 2.) Megvizsgálták a habosított kohósalakból készült finomliszt, homok és durva szemcse alkalmazhatóságát portlandcement kötési hőálló betonokban. Az összehasonlítási anyag samott volt, azonos cement-tartalommal. Megállapították, hogy a kohósalak alapú beton egészen 600 °C-ig 200 kg/cm² feletti szilárdságú marad és még 800 °C-on is kb. 150 kg/cm² szilárdságú. Az ilyen beton zsugorodása 600 °C-ig 0,16%, a Ta értéke 1220—1240 °C-a Te 1240—1250 °C. A habosított kohósalak alapú hőálló beton 800 °C-ig alkalmazható teljes biztonsággal, nagyméretű blokkok formájában is.

Izbas, J. V.: Az agyag plaszticitásának meghatározása kifolyási vizsgálattal. (p: 36—37, á: 4.) Az agyagok plaszticitásának meghatározására ajánlható új módszer. A módszer alapelve: az agyagrétegbe szűk düznivel ellátott hengert nyomnak, majd megállapítják a szükséges nyomást és a benyomódás sebességét. A felrajzolt grafikonokból lehet következtetni az agyagok plaszticitására.

SZTROITELNŰE MATERIALŰ

1964. 4. sz.

Szpirin, Ju. L.: Ásványi szálak elaszticitásának növelése. (p: 7—8, á: 3, t: 1, b: 1.)

Az ásványi szálak minőségét az elemi szálak hossza, átmérője és a szennyező anyagok mennyisége határozza meg. A felületaktív anyagok bevitelével a porlasztás pontjába csökkenti a keletkező szálak felületi feszültségét és ezáltal hosszabb elemi szálak keletkeznek, ami jóval nagyobb elaszticitást biztosít a készterméknek. A felületaktív anyag fogyasztása 1—1,5%-ot tesz ki a keletkező szálak súlyához viszonyítva.

Maizelj, I. J.: Könnyű hő- és saválló perlitbeton. (p: 8—10, á: 2, t: 4, b: 2.)

A vízüvegkötésű perlitbetonok szilikofluorid adagolással csupán 600—650 °C-ig használhatók, mert ezen a hőmérsékleten fluorogázok szabadulnak fel, valamint erős szilárdságcsökkenés lép fel. A szerzők javasolják a szilikofluorid helyettesítést nagy C₂S tartalmú anyagokkal (nefelin iszap, vagy martin-salak). Ez esetben a maximális alkalmazási hőmérséklet 750 °C-ig emelkedik. A beton kielégítő saválló tulajdonságokkal rendelkezik és csupán a kénsavnak nem áll ellen. A kéndioxid gázokkal szemben ellenálló.

Volzszenszkij, A. U.: A cementkő szerkezete és tulajdonságai a keletkezési és szilárdulási körülmények függvényében. (p: 10—13, á: 1, t: 1, b: 4.)

A szerző részletesen vizsgálja az eddig javasolt cementkötési mechanizmusokat. Javaslatot tesz a cementkötés új elméletére, amely részben magában foglalja az eddig ismert elméleteket. Az új elmélet alapja a cementkötés során keletkező kolloidális képződmények domináló szerepe. Az elmélet bizonyításaként a kötés során tapasztalható fajlagos felület növekedést hozza fel.

Madaminom, M. F.: Kristályosított salakok mechanikai tulajdonságai. (p: 16—18, t: 3.)

A Konsztantinovi „Avtoosztjeklo” gyárból megvalósították a kohászati salakok kristályosításával készült termékek gyártását. Jelenleg a termékeket salakból, agyagból és homokból állítják elő. A vasszulfid tartalom miatt a termékek fekete színűek, de cink vegyületek hozzáadásával a termék színe fehér lesz. A cikk részletesen foglalkozik a fehér és fekete kristályosított salakok mechanikai tulajdonságival, összehasonlítva a különböző ásványokkal, olvasztott ásványokkal, öntöttvassal és más termékekkel.

Makarov, N. V.: Keramzitgyár két-dobos kemencével. (p: 19—22, á: 4, b: 1.)

Az új volgogradi keramzitgyár technológiájának ismertetése. A technológia jellegzetessége a két-

részes égető kemence alkalmazása. Az első kemence mérete 2,5 × 29,6 m, a másodiké 3,4 × 18 m. A két kemence közvetlenül egymásután van kapcsolva, de fordulatszámuk eltérő. Az alkalmazott technológia igen egyszerű, egyben a termék minősége jó és a gyár kapacitása 150 ezer m³/év. A fűtőgáz fogyasztás 65 m³/m³ keramzit, az elektromos energiáé 12,4 kw/m³.

Dolinszkij, J. I.: Keramzitbeton panelek burkolása kerámikus csempekkel. (p: 23—25, á: 4, t: 2.) A moszkvai 10. sz. vasbetonelem gyárból bevezették a kerámiai csempékből készült burkolatok alkalmazását a paneleken. Burkolást vagy szabályos méretű csempékkel, vagy csempetörmelékkel végeznek. A csempéket előzőleg minden esetben papírszönyegre erősítik, majd papírral együtt forrába helyezik és úgy készítik a panelt. Szerző részletesen ismerteti a gyártás során felmerült nehézségeket és a jelenleg alkalmazott leggazdaságosabb technológiát.

Szemszenko, I. A.—Macina, V. D.: A nyersanyagok optimális szárítási körülményei. (p: 25—26, á: 1, t: 1.)

A szerzők javasolják a Lükov által kidolgozott módszer alkalmazását a különböző ásványok száradási érzékenységének megállapításával. A módszer gyakorlatilag TG és DTA görbék felvételén alapszik más és más szárítási sebességek esetén. A cementiszap vizsgálata alapján sikerült 10—15%-kal növelni a forgókemencék teljesítményét és erősen csökkenteni a porképződést.

Szokolov, N. I.: A megmunkált anyag súlya, duzzadása és a kemence teljesítménye. (p: 28—29, t: 2, b: 5.)

A keramzitégető forgókemencék kapacitásának számítására több képlet ismeretes, ezek azonban nem adnak a valósággal egyező eredményt. A szerző számítási példákkal igazolja a jelenlegi képletek alkalmazhatatlanságát és új képletet javasol, amellyel kiszámítható az ismert alapanyagot felhasználó, tervezés alatt álló kemence kapacitása.

Rogovoj, M. I.: A kemence teljesítménye és a falazat felülete közötti összefüggés. (p: 30—31, t: 3, b: 5.)

A szerző képletet javasol a keramzitégető kemencék teljesítményének számítására. A képlet levezetésénél a szerző statisztikusan foglalta össze a jelenleg működő kemencék adatait. A maximális eltérés a valóban elért kapacitástól 14,8%.

Dilatorszkij, N. L.: Szénpala-hamu fázis-összetétele és annak hatása a normális szilárdulás fizika-kémiai folyamataira. (p: 31—33, á: 4, t: 2, b: 4.)

A porráőrölt szénpala égetésénél nagy mennyiségben keletkezik szul-

fűtőduz hamu. A kombinált kötőanyag alkalmazása esetén (26% hamu, 75% klinker) a lejátszódo fizikokémiai folyamatok eltérnek a szokásostól. A domináló folyamat a hamu anhidrit (vagy gipsz) tartalmának lekötése a cementklinker alumíniumtartalmával kalciumhidroszulfóaluminát formájában.

Hundadze, L. P.: Kohósalakalapú duzzasztó cement. (p: 34, t: 3.) Az aluminátcement alapú duzzadó cementből hiány mutatkozik. Grúziában kidolgoztak több duzzadó cement receptet kohósalak alapon. A kohó salakhoz előőgetett alunitot, gipszet és égetett meszet adagolnak. A duzzadás mértéke 3 nap után 0,22—0,05%, 28 nap után 0,8—1,23%, a nyomószilárdság 28 nap után 370—480 kg/cm². Az így kapott duzzadó cement 6—11-szer olcsóbb, mint a jelenleg gyártott duzzadó cement.

BAUSTOFFINDUSTRIE 1964. 5. sz.

Giersch, H.: Gázbeton a Szovjetunióban (p. 129—132, á: 4, t: 3.) A gázbeton mint építőanyag jelentősége. A gázbeton tulajdonságai, felhasználási területe. A termelés különleges kérdései, különösen nagyfelületű elemek előállítású a Szovjetunióban. A gázbetontermelés helyzete az NDK-ban.

BAUSTOFFINDUSTRIE 1964. 6. sz.

Giersch, H.: Betonipari minőségellenőrzés (p. 169—171, á: 1.) Új rendelkezések az NDK-ban a beton minőségellenőrzésére vonatkozóan. A betonminőség fejlődése az NDK-ban. Az egyes termékcsoportok minőségi jellemzői.

CEMENT (L) 1964. 2. sz.

Kravcsenko, I. V.: A cementipari gyártási folyamatok kemizálásával foglalkozó levelező műszaki konferencia (p: 3-5) Folyóirat hasábjain folytatott levelező műszaki konferencia bevezető előadása. Részletesen foglalkozik a vegyipari gyártmányok és eljárások fokozott alkalmazásával a cementipari területén. Így a cementiszap híg folyósítása szulfiditlág vagy nátriumtrifoszfát segítségével, a klinkerégetésnél alkalmazható fluoridos, szilikofluoridos és foszfát-tartalmú anyagok, az őrlésgyorsító anyagok stb. széles körű elterjedést érdemelnek.

Volkonszkij, B. V.—Szucsev, M. M.: Cementkémiai eredmények a technológia szolgálatában (p: 5—7.) A CaF₂ adalékok katalizáló hatása. Figyelmet érdemel a kombinált, gipszet és fluoridot tartalmazó mineralizátorok alkalmazása. Ko-

moly gyorsító hatást értek el a szuperfoszfát gyártása során keletkező foszfor-gipsz adalékokkal. A színes cementek gyártása, az őrlésgyorsítók és híg folyósítók alkalmazása területén elért eredmények.

Kutateladze, K. Sz.: Klinker aktiválásának növelése (p: 7—8, t: 3.) A rusztavi cementgyárban végrehajtott alapanyag-változtatások. A régebben gyártott, kis szilikátmódulusszű klinker jó szilárdsággal rendelkezett 7 napos korban, de 28 napos érlelés után nem érte el a kívánt 600 kg/cm²-es normát. A diatomaföld adagolása által növelt szilikátmódulusszű egyenletes szilárdságnövekedést eredményezett.

Pjacsev, V. A.: Salakportlandcement szilárdsága és a klinker ásványi összetétele közötti összefüggés (p: 9—10, á: 3, t: 3.)

Erőműből származó szénportüzelesi szállópor előőrlés után alkalmas cementpótló anyag. A cementhelyettesítés (60%-ig) szállóporral előnyös nagy alit és belit tartalmú cementek esetében de hátrányos alumínát és C₄AF tartalmú cementek esetén.

Perli, Sz. B.—Edelman, J. E.: Cementklinker hűtése a forgókemen-cek regenerátor hűtőiben (p: 11—12, á: 3, t: 1.)

A forgókemencek rekuperátoraiából kijövő klinker hőmérséklete eléri a 350 C°-ot, annak ellenére, hogy az egész levegő azon áramlik át. A vízűtés kiprobálása során kint, hogy a hűtés legcélszerűbb a kifolyó rácsból 1—1,5 m távolságban. A klinker hőmérséklete 100—110 C°-ra esik vissza, a kemence porképződése 2,3—2,4-szer kisebb, a fűtőanyag fogyasztás 2—3%-kal csökkent. A cementipari tervező intézet minden épülő rekuperátoros forgókemenccet vízűtéssel tervez.

Iljina, N. V.: Vízűveg kötésű samottbeton kiprobálása nagy átmérőjű forgókemen-ekben (p: 12—13, á: 2.)

A vízűveges kötésű samottbetonokat a kemencek legigénybevettebb helyein a kerámikus hőcserélő bordák előtt mint védőfalazatot próbálták ki. A tapasztalatok igen kedvezőek voltak, ezért 1964-ben előregyártott betontömbökből samott falazatot szándékoznak építeni 4 m átmérőjű kemenceben. A keresztirányú falak fugakakiképzésének döntő szerepe.

Petrov, B. A.: Elektromos szűrőkben leválasztott szállópor pneumatikus adagolása a lánczóna mögé (p: 17—19, t: 2, á: 2.)

A szállópor visszaszállító csővezeték centrikusan lép be a kemencebe, majd a lánczóna előtt a falba megy át és a lánczóna után tangenciálisan nyílik a belső tér felé. Kimutatható, hogy a klinker mi-

nősége nem romlik, a kemence teljesítménye 2 t/óra-val növekszik, a nyersanyag-fogyasztás 8%-kal és a fűtőanyag-fogyasztás 6%-kal csökken. A berendezés csak alacsony alkáliatartalmú nyersanyagoknál alkalmazható.

Markov, N. J.: A szállópor nedves visszaadagolása a kemencébe (p: 19—20, á: 1.) A szállópor iszap formájú visszaadagolása. Az üzemben sikerült megoldani a szállóporból készült iszap teljesen egyenletes adagolását.

CEMENT-WAPNO-GIPS 1964. 5. sz.

Wojciechowski, F.: T „Warta” cementművek (p: 135—136, á: 2.)

SILIKATTECHNIK 1964. 5. sz.

Kühne, K.: Elektrokémiai potenciálok keletkezése két üveges rendszer határfelületén (p. 139—144, á: 9, b: 8.) Vizsgálatok a kémiai és fizikai folyamatok területén, amelyek üveges elektrolitok esetében magasabb hőmérsékleten potenciálképződéshez vezetnek a galvánláncokban. A megfelelő galvánláncok vizsgálata az üveg összetevőire, ezek kémiai potenciáljára, a koncentrációkra és a kölcsönhatásokra irányult. A vizsgálatok gyakorlati jelentőségű eredményei.

Watzek, O.: Üvegöntő formák elektrolitikus tisztítása (p: 144—146, á: 1, t: 1, b: 6.) Az elektrolitikus tisztítás előnye hogy csak a revét távolítja el, kíméli a formát és a tisztítás teljesen automatizálható folyamatá válik. A berendezés előtisztítóból, elektrolizálókészülékből, öblítő-készülékből áll. Egy-egy formu teljes megtisztítása mintegy 40 percig tart.

SKLÁR A KERAMIK 1964. 6. sz.

Horák, J.: Rekuperátoros kemencek gyorsotemperálása (p: 168—169, á: 1.) Kettős tetejű, 3—53 t fajlagos teljesítményű, rekuperátoros kád-kemencek gyorsotemperálásának alapelvei. Hőhordozók a távozó gázok és a levegő, amelyet 1—3 mm vízoszlopnymás alatt vezetnek a kemencébe.

STAVIVO 1964. 6. sz.

Bedenik, E.—Trnka, J.: Épületelemek felületi végkezelése forgó hengerekkel (p: 201—203, á: 3.) Kutató- és szerkesztési munka eredményei épületelemek felületi végkezelése terén. A berendezés elvi szerkezete és a prototípussal folytatott próbaüzemelés eredményei.

SZTEKLO I KERAMIKA

1964. 5. sz.

Botvinkin, O. K.: Újfajta napvédő épületüveg (p: 7—10, á: 1, b: 18.)

A jelenleg alkalmazott napvédő üvegek gyártási technológiája és hiányosságainak részletes elemzése. Új módszer, amely szerint az 550—750 C°-os síküvegre kobalt acetát oldatot permeteznek, ami kobaltoxidot eredményez az üveg felületén. Az ilyen bevonatnak nagy tükröző tulajdonságai is vannak, ezért az üveg maga nem melegszik.

Minyko, N. I.: A kvarcüveg egyes hibáinak jellege és keletkezésének okai (p: 11—14, á: 7, b: 4.) Az olvasztott kvarcüvegben található üveghibák csoportosítása, az üveghibák eredete. Legjellemzőbb üveghibát a csillámtípusú szennyezések okozzák. A kristályosított krisztobalit típusú üveghibát, a szennyezőanyagok hiánya esetén nem lehetett tapasztalni, azonban még az igen apró szennyeződések is kristályosodási gócként szerepelhetnek.

Mjasznikov, A. A.: Bazaltszál kémia összetételének hatása annak savállóságára (p: 15—17, á: 3, b: 5.)

Mivel a különböző lelőhelyekről származó bazaltokban az Al_2O_3

és Na_2O tartalom közel azonos, a szerzők külön vizsgálták az Fe_2O_3 , CaO és MgO mennyiségének hatását. Azonos SiO_2 tartalom esetén a CaO és MgO tartalom helyettesítése Fe_2O_3 -kal csökkenti az oldódás sebességét. A SiO_2 növelése az Fe_2O_3 és a RO rovására minden esetben növeli a savállóságot. A szerző diagrammon bejelöli az oldhatatlan és az oldódó bazaltok területét.

Kvjatovszkaja, K. K.: Samott-tartalmú kőedény termékek gyártástechnológiájának korszerűsítése (p: 18—20, t: 5, b: 2.)

A fürdőkádak, mosdókagylók és hasonló nagyméretű testek gyártása közben sok problémát okozott a finom frakciójú anyag komponensek kicsapódása a felületen. Ezt úgy sikerült kiküszöbölni, hogy a nagy diszperzitású anyagokat kaolinnal helyettesítették, továbbá az alkalmazott samottot finomabb formában adagolták a masszába. A cikk ismerteti az alkalmazott angób és más összeteleket.

Entelisz, F. Sz.: Üreges kerámiai testek formázása forgó szerszámmal (p: 21—24, á: 6, b: 3.)

A korongolási folyamat vizsgálatánál kimutatták, hogy a vékony sablon eldeformálja a masszát és belső feszültségeket okoz. A ko-

rongolás közben pótlólag kellett nedvesíteni a masszát. A forgó sablonok alkalmazása ugrásszerűen emelte a késztermék minőségét.

Hirítanov, E. J.: Elektromos szigetelő kerámiai anyagok termoplasztikus tulajdonságai és zsugorodási törvényszerűségei (p: 25—29, á: 4, t: b: 6.)

A szigetelő porcelánokban és szteatit masszákban végbemenő zsugorodási folyamatok kísérleti vizsgálata és a kísérletek kiértékelése felületi feszültségek alakulása alapján. A cikk igen részletesen elemzi az ún. túlégetés létrejöttének okait, a számítások elvégzéséhez adatokat és számítási sémát közöl.

Ahjan, A. M.: Különféle formájú porcelántestek szárítási hibái (p: 30—34, á: 5, b: 8.)

Különböző formájú és méretű öntött és extrudált porcelántestek száradásánál végbemenő folyamatok ismertetése, valamint a szárítás során felléphető repedések okainak tárgyalása. A szerző hangsúlyozza, hogy a plasztikus porcelánból készült testek deformálódása szárítás során nemcsak a formától, hanem a mérettől is függ, ezért pl. a vékony tárcsák szélei felhajlanak, de a vastag tárcsáknál a középső rész púpodosik ki.

Az Építőipari Tudományos Egyesület kéthavonta megjelenő lapja a

VÁROSÉPÍTÉS

A lap városrendezési és regionális tervezési szakfolyóirat, mely felöleli e témakörben valamennyi társtudomány témáját is.

* Minden szám külföldi lapszemlét tartalmaz, és vitafóruma lesz e szakterületnek.

A lap előfizetési ára: 1 évre 36,— Ft, ½ évre 18,— Ft. Előfizethető a Posta Központi Hírlapirodánál (Budapest, V. kerület József nádor tér 1.)

Egyéni csekkszám: 61252, közületi csekkszám: 61066.

É P Í T Ő A N Y A G

Főszerkesztő: Korach Mór. Szerkesztő: Hinsenkamp Alfréd — Kiadja a Műszaki Könyvkiadó, V., Bajcsy-Zsilinszky út 22. Telefon: 113-450
Felelős kiadó: Solt Sándor — Megjelent 1400 példányban
64.11., 20470 Réval Nyomda. Budapest, V., Vadász utca 16.

Terjeszti a Magyar Posta. — Előfizethető a Posta Központi Hírlapirodánál (Budapest, V., József nádor tér 1. Telefon: 180-850) és bármely postahivatalnál.

A folyóirat külföldre előfizethető: „Kultura” P.O.B. 149. Budapest 62
Előfizetési díj: negyedévre 18,— Ft; félévre 36,— Ft; egyéni csekkszám: 61 252, közületi: 61 066
vagy talásművét az MNB 8. sz. folyószámlájára

Felhívjuk szíves figyelmét
a Műszaki Könyvkiadó
közeljövőben
megjelenő szakkönyveire:

Barkan:

Vibrációs tömörítés módszere az építőiparban kb. 45,— Ft

Kaposi—Pogány—Soltai:

A baromfitartás épületei és gépesítésük kb. 17,50 Ft

Nechay Jorzi:

Nemesvakolatok és műkövek kb. 34,— Ft

Dr. Szendrői Jenő és munkatársai:

Ipari építészetünk kb. 53,— Ft

Gatz—Wallenfang:

Szín az építészetben kb. 176,— Ft

Bendeffy László főszerk.:

Magyar geodéziai bibliográfia 1948—1960. kb. 84,— Ft

Farkas Miklós:

Speciális függvények és műszaki alkalmazásuk kb. 44,— Ft

Kauffmann:

Az optimális programozás kb. 65,— Ft

Fenti könyvek előrendelhetők az **Állami Könyvterjesztő Vállalat** könyvesboltjaiban.

SZAKBOLT:

TECHNIKA KÖNYVESBOLT,

Budapest, XI., Bartók Béla u. 15.