

1302935



# ÉPÍTŐANYAG

A Szilikátipari  
Tudományos Egyesület  
folyóirata

**11**

XXXVII. ÉVFOLYAM  
BUDAPEST, 1985. NOVEMBER  
ÉPÍTŐANYAG, 37 (11) 321–352 (1985)

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

## Szerkesztőbizottság:

elnöke:

Dr. Talabér József

felelős szerkesztő:

Dr. Székely Ádám

tagjai:

Dr. Bálint Pál

Dr. Beke Béla

Csáktornyai Béla

Dr. Csizi Béla

Dr. Grofcsik Elemér

Hajnal Lajos

Dr. Jilek József

Dr. Kolostori János

Dr. Kovács Róbert

Lenkei György

Riesz Lajos

Száder Rudolf

Szentmártony Gusztáv

Dr. Tamás Ferenc

Dr. Tóth Kálmán

Dr. Träger Tamás

Vajda László

A rajzokat készítette  
Loósz Józsefné

## TARTALOM

<i>Révay Miklós – Wagner Zsófia:</i> A hazai bauxitcement-beton létesítmények várható szilárdságváltozásának vizsgálata és az ezekből levonható következtetések ...	321
<i>Földvári Melinda:</i> Építőanyagok rendszerezése színtük szerint .....	331
<i>Horváth Zsolt:</i> Az üveglvadék sebesség- és hőmérsékleteloszlásának meghatározása matematikai modellezéssel .....	335
<i>Bálint Pál – Mattyasowszky Zs. Tamás:</i> Homlokzati-, burkoló- és klinkertéglák színezése és felületkezelése .....	343
<i>Kotsis Leventéné – Bódogh Margit:</i> Porcelánfestékek $Pb^{2+}$ oldódásának vizsgálati módszerei, az égetési atmoszféra, az égetési hőmérséklet és a hőtartási idő szerepe a porcelánfestékek ecetsavas oldhatóságában .....	348
Könyvismertetés .....	330, 352
A világ szilikátiparából .....	343, B/III

## INHALT

<i>Révay, Miklós – Wagner, Zsófia:</i> Die Untersuchung der erwartenden Festigkeitsänderung heimischer Tonerdebeton-Objekte und die aus denen stammenden Schlussfolgerungen .....	321
<i>Földvári, Melinda:</i> Klassifikation von Baumaterialien nach ihren Farbe .....	331
<i>Horváth, Zsófia:</i> Die Bestimmung der Geschwindkeits-, und Temperaturverteilung der Glasschmelze durch mathematische Modellierung .....	335
<i>Bálint, Pál – Mattyasowszky Zsolnay, Tamás:</i> Farbgebung-, und Oberflächenbehandlung von Fassaden-, Verblend-, und Klinkerziegeln .....	343
<i>Frau Kotsis, Ildikó – Bódogh, Margit:</i> Prüfmethode der Lösung der $Pb^{2+}$ -Ionen aus Porzellanfarben, die Bedeutung der Brennathmosphäre, der Brenntemperatur und der Brenndauer hinsichtlich der $Pb$ -Löslichkeit der Porzellanfarben bei der Essigsäurebehandlung .....	348

## CONTENTS

<i>Révay, Miklós – Wagner, Zsófia:</i> Examination and Conclusions of Strength Changes of Concrete Structures made of High Alumina Cement .....	321
<i>Földvári, Melinda:</i> Classification of Building Materials after their Colour .....	331
<i>Horváth, Zsolt:</i> Determination of the Velocity- and Temperature Distribution of Glass Melts by Mathematicam Modeling .....	335
<i>Bálint, Pál – Mattyasowszky Zsolnay, Tamás:</i> Colouring and Surface Treatment of Walling-, Cladding and Clinker Bricks .....	343
<i>Kotsis, Ildikó – Bódogh Margit:</i> Methode for the Determination of $Pb^{2+}$ Solubility of Porcelain Colours – Effect of Firing Atmosphere and Soaking Time on the Acetic Acid Solubility .....	348

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Реваи, – М. Вагнер, Ж.:</i> Испытания ожидаемого снижения прочности сооружений из отечественного глиноземистого цемента-бетона и сделанные из них выводы .....	321
<i>Фельдвари, М.:</i> Систематизирование строительных материалов по цвету .....	331
<i>Хорват, Ж.:</i> Определение распределения скоростей и температур сталюрасплава методом математического моделирования .....	335
<i>Балинт, П. – Маттъяшовский, Ж. Т.:</i> Окраска и обработка поверхности фасадных, облицовочных и клинкерных кирпичей .....	343
<i>Котчиш, И. – Бодог, М.:</i> Методы исследования растворения фарфоровых красок, роль атмосферы, температуры и продолжительности обжига в уксуснокислотной среде .....	348



## A hazai bauxitcement-beton létesítmények várható szilárdságváltozásának vizsgálata, és az ezekből levonható következtetések

RÉVAY MIKLÓS—WAGNER ZSÓFIA

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

### Bevetetés

Mind a hazai, mind a külföldi kutatókat évtizedek óta foglalkoztatja a bauxitcement-beton időállóságának kérdése, melyről itthon, és külföldön számos, sokszor ellentmondásos közlemény jelent meg. Ezek közül most csak a leglényegesebbekre utalhatunk [1–10].

A kutatókat és gyakorlati szakembereket alapvetően két kérdés foglalkoztatta:

- szabad-e a bauxitcementet építőipari célokra felhasználni, és ha igen, milyen feltételek mellett;
- hogyan alakul a bauxitcement-betonok szilárdsága a jövőben, vagy még drasztikusabban megfogalmazva: törvényszerű-e, hogy idővel minden bauxitcement-beton létesítmény tönkremenjen.

A két alapkérdésre adott válaszok az elmúlt évtizedek folyamán jelentősen változtak. Ezek vázlatos összefoglalása a következő:

- a bauxitcementek általános elterjedésének éveiben (20-as, 30-as évek) szinte kizárólag rendkívül előnyös tulajdonságait (elsősorban nagy kezdőszilárdságát) hangsúlyozták, és az első épületkárok megjelenése után is csak kivitelezési hibákra gyanakodtak [2, 8, 11];
- a károk gyakoriságának növekedésével (kb. a 40-es években) egyre jobban a borúlátó nézetek kerültek előtérbe, ez számos országban a bauxitcement alkalmazásának betiltását eredményezte [1, 4, 5, 7, 9];
- kb. a 60-as évek közepétől több olyan kutatási eredményt publikáltak, amelyek a bauxitcementek bizonyos mértékű rehabilitálását eredményezték [12–14]. Ennek eredményeképpen több országban feloldották az építési tilalmat;
- az ezt követő megélenkülő építési tevékenység után néhány évvel, elsősorban Angliában ismét igen komoly épületkárok jelentkeztek, s ez ismét lehűtötte a kedélyeket [15, 16].

A vélemények hullámmása Magyarországon is követhető volt, azzal a különbséggel, hogy a legutolsó „rehabilitációs szakaszra” nálunk nem került sor, mi-

vel az 50-es évek végére kialakult az a vélemény, hogy a bauxitcementek építőipari célokra való felhasználása nem kívánatos [1].

Így a hazai vizsgálatok elsősorban a bauxitcement-betonok jövőben várható szilárdságváltozási tendenciáinak becslésére, és az ezt befolyásoló tényezők kutatására irányultak. Ezek jelentős részét statikusok és betontechnológusok végezték, de résztvettek a vizsgálatokban a cementkémikusok is.

A kutatómunka ez utóbbi területen jelentős részben Intézetünk szakembereinek nevéhez fűződik, melynek legfontosabb eredményei a következők:

- tisztáztuk a bauxitcement-betonok szilárdságváltozásának elvi alapjait [1, 17, 18];
- módszert dolgoztunk ki a meglévő bauxitcement-beton létesítmények lehetséges szilárdságváltozásainak becslésére;
- a vizsgálati eredmények statisztikai feldolgozása útján bizonyos következtetéseket tudunk levonni a szilárdságváltozások idő függvényében való alakulására.

E vizsgálatok részeredményeit több publikációban közöltük [17–20], azonban átfogó ismertetésükre eddig még nem került sor. A következőkben ezt a hiányt igyekszünk pótolni.

### A bauxitcement-betonok szilárdságváltozásait befolyásoló tényezők

A bauxitcement-betonok szilárdságsökkenésének magyarázatára az elmúlt évtizedek folyamán több elképzelés merült fel. Egyesek a kezdeti gyors szilárdulás után kialakuló szerkezet átrendeződését [2, 5, 7], mások a beton karbonátosodását [3, 11], ismét mások a különböző kémiai és fizikai folyamatok következtében a cementkőben végbemenő diszperzitáscsökkenést, illetve a felületi erők ennek eredményeképpen végbemenő csökkenését jelölték meg a szilárdságviasszaesés elsődleges okaként [7, 21].

A későbbiekben azonban uralkodóvá vált az a nézet, hogy a szilárdságsökkenést elsősorban a bauxit-



cement-betonban lejátszódó kémiai átalakulás eredményeképpen végbemenő porozitásnövekedés okozza [1, 4, 9, 14, 16–20]

Ez utóbbi nézet teljesen logikusnak tűnik, ha áttekintjük a bauxitcementek legfontosabb klinker-ásványainak (CA, C<sub>12</sub>A<sub>7</sub>CA<sub>2</sub>) hidratációja, és egyéb átalakulási folyamatai során végbemenő kémiai reakciókat, és a szilárd reakciótermékek térfogatváltozását.

1. táblázat

A CA átalakulási folyamatai

Kémiai reakció	Szilárd fázisok térfogata cm <sup>3</sup> /mol		
	Reakció előtt	Reakció után	Változás
CA + 10H → CAH <sub>10</sub>	52,68	198,24	+ 145,56
CA + 5½H + ½C <sub>2</sub> AH <sub>8</sub> + ½AH <sub>3</sub>	52,68	122,90	+ 70,22
CA + 4H + ⅓C <sub>3</sub> AH <sub>6</sub> + ⅔AH <sub>3</sub>	52,68	92,92	+ 40,24
CAH <sub>10</sub> → ⅓C <sub>3</sub> AH <sub>6</sub> + ½AH <sub>3</sub> + ½H	198,24	82,16	- 116,08
C <sub>2</sub> AH <sub>8</sub> → ⅔C <sub>3</sub> AH <sub>6</sub> + ⅓AH <sub>3</sub> + 3H	181,22	121,27	- 59,95
C <sub>3</sub> AH <sub>6</sub> + 3CO <sub>2</sub> → 3CaCO <sub>3</sub> + AH <sub>3</sub> + 3H	149,60	166,97	+ 17,37

Az 1. táblázatban ezt a CA-ra mutatjuk be azzal a megjegyzéssel, hogy a másik két klinkerásványnál végbemenő változások is hasonló jellegűek.

Mint látható a kémiai átalakulások első lépésében, a hidratáció folyamán a többi kötőanyaghoz hasonlóan a szilárd anyag térfogata jelentősen növekszik.

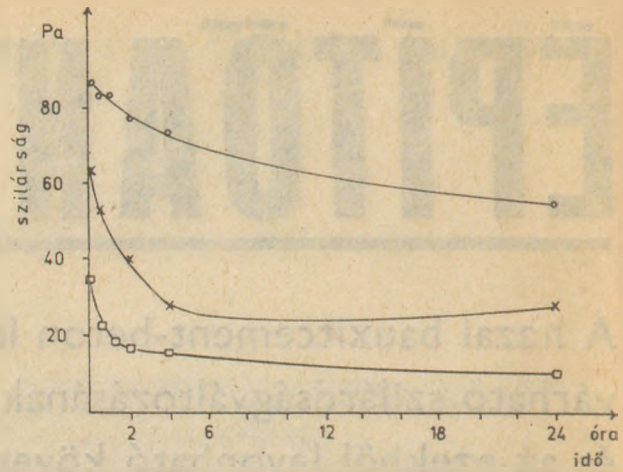
Az ezt követő átalakulási folyamatnál azonban, amikor az elsődlegesen keletkező instabil kalcium-aluminát-hidrátokból (esetünkben a CAH<sub>10</sub>-ből) a kötőanyag-víz rendszerben stabil vegyületek (C<sub>3</sub>AH<sub>6</sub> és AH<sub>3</sub>) alakulnak ki, a szilárd térfogat csökken.

Ez után a levegő CO<sub>2</sub> tartalmának hatására végbemenő karbonátosodás pedig ismét térfogatnövekedéssel jár. Így a három folyamat közül az első jelentős porozitáscsökkenést, a második porozitás növekedést, a harmadik pedig, bár igen kis mértékben, ismét porozitáscsökkenést eredményez.

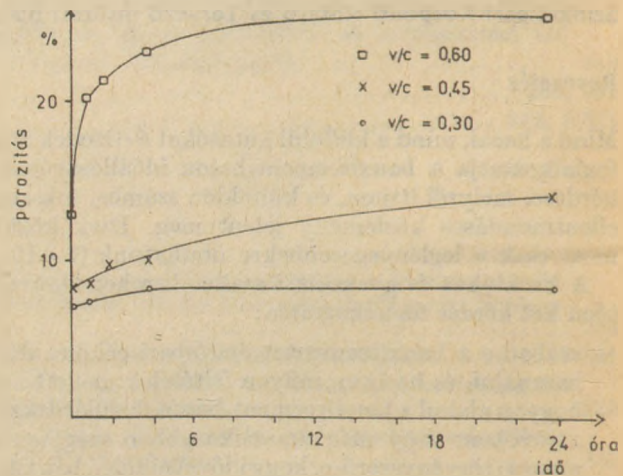
Mivel a porozitás szilárdságra gyakorolt befolyása egyértelmű, a leírt folyamatok önmagukban is meggyőző bizonyítékot adnának a bauxitcement-betonok szilárdságváltozásainak okaira, azonban szükségesnek tartottuk egyéb tényezők hatásának vizsgálatát is.

### A porozitás – szilárdság – diszperzitás összefüggés vizsgálata

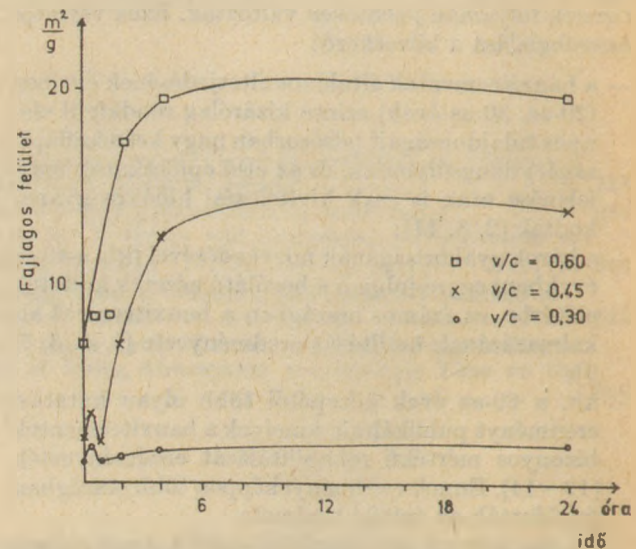
Az összefüggések szemléltetésére a különböző v/c-vel előállított, előzőleg alacsony hőmérsékleten (+10 °C 28 nap) szilárdított CA-pép próbatesteken, különböző hőmérsékletű és időtartamú hidrotermális kezelé-



1. ábra. A szilárdság változása a v/c-vel és a hidrotermális kezelési idővel



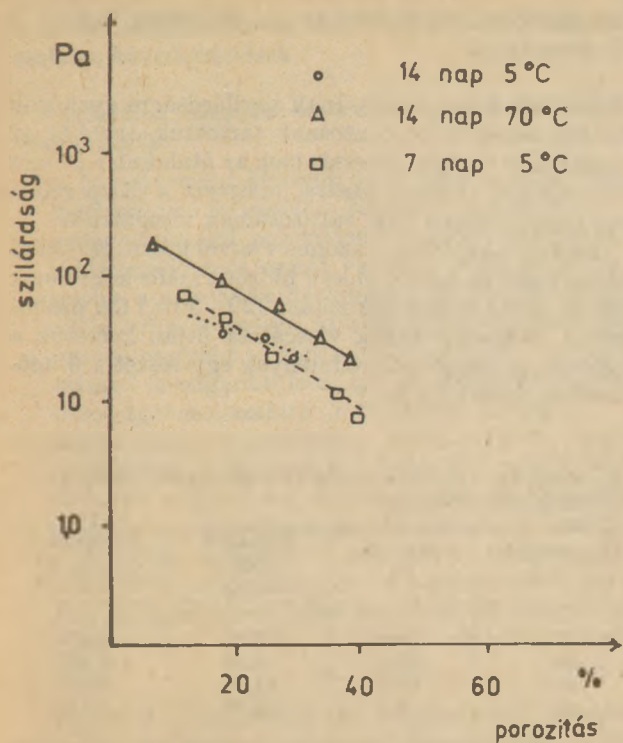
2. ábra. A porozitás változása a v/c-vel és a hidrotermális kezelési idővel



3. ábra. A fajlagos felület változása a v/c-vel és a hidrotermális kezelési idővel

sek hatására bekövetkező változásokból levonható következtetéseket mutatjuk be. A 1–3. ábrák a 90 °C-os hidrotermális kezelés hatásait szemléltetik.





4. ábra. A szilárdság logaritmusának változása a porozitás függvényében

Látható, hogy a hidrotermális kezelési időtartam növekedésével valamennyi  $v/c$ -nél nagyjából az egyensúlyi állapot eléréséig növekszik a porozitás és a fajlagos felület (ez utóbbit BET-eljárással, argonadszorpcióval mértük), és csökken a szilárdság. Egyébként azonos körülmények esetén a porozitás és a fajlagos felület növekszik, a szilárdság pedig csökken a  $v/c$  növekedésével.

A 4. ábrán a porozitás-szilárdság összefüggést mutatjuk be,  $\log R - P$  koordinátarendszerben ábrázolva, ami azt bizonyítja, hogy ez jól leírható a különböző anyagokra több szerző által megadott exponenciális összefüggéssel ( $R = ae^{-bP}$ ) és formailag egyezik a bauxitcement-betonokra Szilágyi [22] által megadott összefüggéssel is.

Látható azonban, hogy a hidrotermális kezelési paraméterek változtatásának hatására a porozitás-szilárdság összefüggés tengelymetszete és meredeksége (vagyis a képletben „a” és „b” értéke) különböző, ami arra vall, hogy a porozitáson kívül a hidrotermális kezelés módja, illetve az ennek hatására kialakuló szövetszerkezeti jellemzők is hatást gyakorolnak a szilárdságra.

Ez az összefüggés a 5. ábrán látható, ahol a porozitásból és a fajlagos felületből számított „átlagos pórusszám” ( $N = k \frac{F^2}{P}$ ) függvényében mutatjuk be a szilárdság változását, azonos porozitások esetén.

Az ábra tanúsága szerint a szilárdság azonos porozitás esetén csökken a pórusok számának növekedésével, ami ellentmond azoknak a megállapításoknak, melyek szerint a diszperzitás növekedés hatására megnövekvő felületi erők növelik a szilárdságot [23–25].

## A karbonátosodás hatása

Bár felfogásunk szerint, mivel a karbonátosodás porozitáscsökkentő folyamat (1. táblázat) és így szilárdságnövekedést kell eredményeznie, szükségesnek tartottuk a kísérleti igazolást. A következőkben ennek néhány eredményét a 2. táblázatban mutatjuk be. A vizsgálati körülmények a következők voltak:

- kötőanyag: CA;
- $v/c = 0,6$ ;
- előtárolás +10 °C-on: 28 nap;
- hidrotermális kezelés: 90 °C, 4 óra
- utótárolás nedves térben CO<sub>2</sub> atmoszférában: 100 óra

2. táblázat

A karbonátosodás hatása

CO <sub>2</sub> kezelés időtartama (óra)	0	100
Szilárdság (MPa)	nyomó 12,6 hajlító 61	18,8 75
Porozitás (%)	25	21,3
Fajlagos felület ( $\frac{m^2}{g}$ )	3,96	4,80
Póruszám ( $N = \frac{F^2}{P}$ )	0,63	1,08

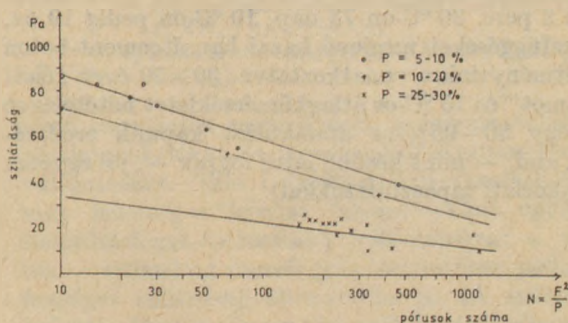
Látható, hogy a karbonátosodás hatására csökken a porozitás és növekszik a szilárdság.

## Az átalakulási sebesség és a hőmérséklet összefüggése

Mint ismeretes, az elsődlegesen keletkező instabil hexagonális kalcium-aluminát-hidrátok stabil vegyületekké való átalakulásának sebessége nagy mértékben függ a hőmérséklettől [1, 4, 9, 17, 18]. Ezt a hatást laboratóriumban előállított CAH<sub>10</sub> és C<sub>2</sub>AH<sub>8</sub> preparátumok különböző hőmérsékletű (30–90 °C-ig) és időtartamú hidrotermális kezelésével próbáltuk tisztázni. Az átalakulás mértékét differenciál termoanalízis segítségével vizsgáltuk. Kísérleteinkből a CAH<sub>10</sub>-re vonatkozó eredményeket a 6.–7. ábrákon mutatjuk be.

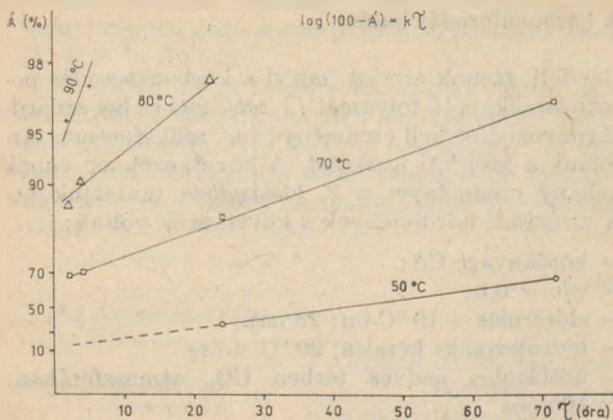
Látható, hogy az átalakulási folyamat jó közelítéssel leírható a következő, reakciókinetikailag elsőrendű egyenlettel:

$$k\tau = -\log \left( \frac{100 - \bar{A}}{100} \right) \quad (1)$$

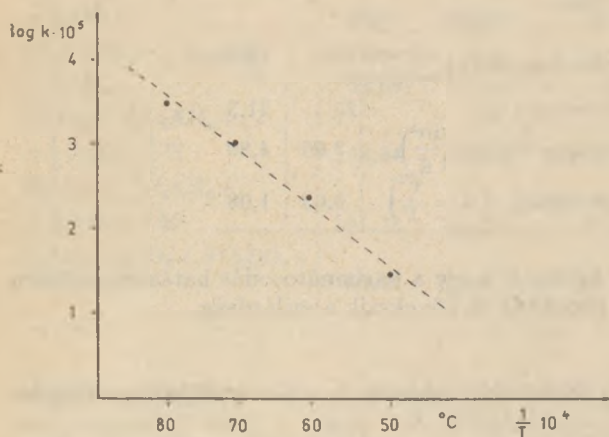


5. ábra. Összefüggés a pórusok száma és a szilárdság között





6. ábra. A  $CAH_{10}$  átalakulása különböző reakciókinetikai rendűségű sebességi egyenleteknek megfelelő koordináta-rendszerben ábrázolva



7. ábra.  $\log k - \frac{1}{T}$  összefüggés. (Arrhenius-egyenlet)

ahol  $\tau$  az idő (h)  
 $k$  a sebességi állandó  
 $A$  az átalakulás mértéke %-ban

a sebességi állandó hőmérsékleti függése pedig követi az Arrhenius-féle összefüggést:

$$\log k = a - \frac{b}{T} \quad (2)$$

ahol  $a$  és  $b$  állandó  
 $T$  az abszolút hőmérséklet (K)

Az (1) és (2) összefüggésekből kiszámítható, hogy a  $CAH_{10}$  átalakulás „felezési ideje” 90 °C-on mindössze 2 perc, 30 °C-on 73 nap, 10 °C-on pedig 19 év. (Összefüggéseket meglévő hazai bauxitcement-beton létesítményeinkre vonatkoztatva, 30–50 éves „élet-tartamot” és 15 °C-os átlaghőmérsékletet feltételezve mintegy 80–95%-os átalakulást kapunk eredményül, ami, — mint később látni fogjuk —, jól egyezik a gyakorlati tapasztalatokkal).

## Az átalakulási sebesség és az időtartam hatása a diszperzitásra

A cementkő diszperzitásának a szilárdságra gyakorolt hatása ismeretében fontosnak tartottuk egyrészt az átalakulási reakció sebességének az átalakulás primer termékeinek diszperzitására, másrészt a diszperzitás idő függvényében való változásának vizsgálatát.

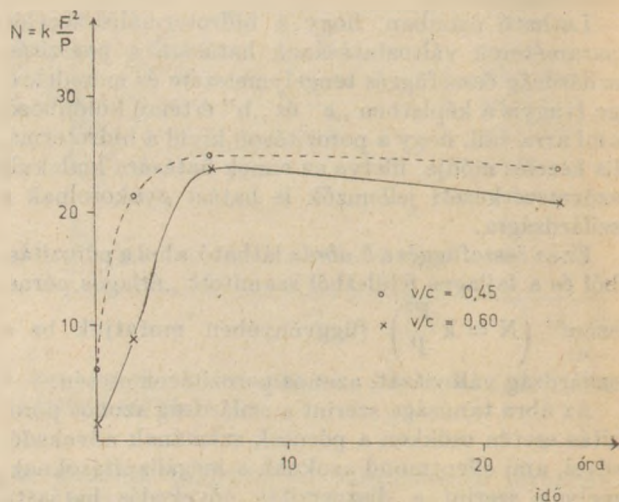
Ezekre a kérdésekre azonos  $v/c$ -vel készített, eltérő időtartamú és hőmérsékletű hidrotermális kezelésnek kitett, közel azonos porozitású (29–30%) CA próbatetek diszperzitásának vizsgálata útján kerestük a választ. A vizsgálati eredmények egy részét a 3. táblázatban mutatjuk be.

3. táblázat

A szilárdság, a fajlagos felület és a pórusszám változása különböző hőmérsékleten

Hőmérséklet °C	Szilárdság Pa	Fajlagos felület $m^2/g$	Pórusszám $N = K \frac{F^2}{P}$
+5	29,9	3,67	0,509
30	23,0	8,40	2,433
60	10,4	11,90	4,800
90	9,2	12,70	5,412

Látható hogy a hőmérsékletnövelés hatására növekszik a diszperzitás (a fajlagos felület, illetve a „pórusok száma”). A 8. ábrából pedig leolvasható, hogy a diszperzitás (a „pórusok száma”) a hidrotermális kezelési idő függvényében a kezdeti növekedés után csökkenni kezd. Ez azzal magyarázható, hogy az átalakulási sebesség növekedésével kezdetben a kristálygóc képződési sebesség gyorsabban nő, mint a kristály növekedési sebesség, ami diszperzitás növekedést eredményez. Később a lassúbb átalakulás időszakában már a kristálynövekedés válik meghatározóvá, így a diszperzitás csökken.



8. ábra. A pórusok számának változása a hidrotermális kezelés időtartamával



## A bauxitcement-betonok szilárdságváltozásaival kapcsolatos következtetések

Vizsgálataink alapján az alábbi következtetéseket vonhatjuk le:

- a bauxitcement-betonok szilárdságát alapvetően meghatározó folyamat a porozitás változása;
- azonos mértékű porozitásnövekedés esetén a szilárdságsökkenés annál nagyobb lesz, minél nagyobb a porozitásnövekedést kiváltó kémiai reakció során létrejövő új vegyületek diszperzitása (mivel nagyobb diszperzitás esetén a „pórusok száma” is nagyobb lesz, így nő a cementköz folytonosságát megszakító „hibahelyek” száma);
- az átalakulás sebességének növekedésével, (amit esetünkben elsősorban a hőmérséklet növekedése okozhat) a keletkező új vegyületek diszperzitása növekszik, tehát azonos porozitásnövekedés esetén a szilárdság csökken;
- a fázisegyensúlyi állapotban, vagy annak közelében az átalakulás során kialakult új vegyületek diszperzitása csökken (tehát a szilárdság növekszik).

Mindezek ismeretében a bauxitcement-betonok szilárdságának alakulása az idő függvényében a következő:

A szilárdság a hidratáció porozitáscsökkentő hatása (a szilárd térfogat növekedése) következtében mindaddig növekszik, míg ez a hatás nagyobb, mint az elsődlegesen képződő instabil vegyületek átalakulása következtében végbemenő porozitásnövekedés ellenkező előjelű hatása. Ezután a szilárdság a maximális porozitás eléréséig csökken, és ekkor minimumot ér el. A porozitás lehetséges maximális értékét a cement ásványi összetétele és a betonkészítés körülményei (elsősorban a cementtartalom és a  $v/c$ ) határozzák meg.

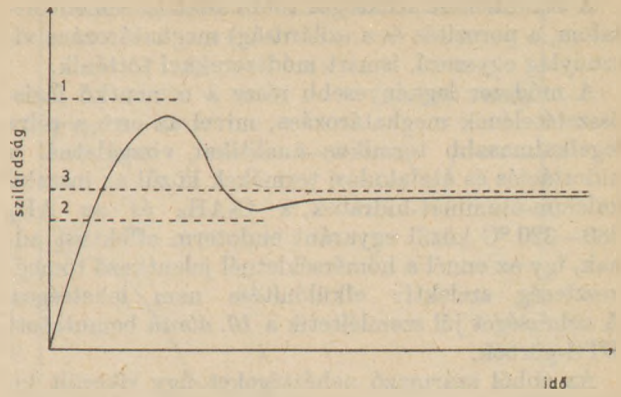
A maximális porozitáshoz tartozó minimális szilárdságot azonban a környezeti hatások (elsősorban a hőmérséklet és a páratartalom) is befolyásolják. Így a szilárdsági minimum annál kisebb lesz, és annál hamarabb következik be, minél nagyobb hőmérsékleten, vagyis minél nagyobb sebességgel megy végbe a porozitásnövekedést létrehozó átalakulási folyamat.

A minimum elérése után azonban a szilárdságsökkenés megáll, sőt mivel változatlan porozitás mellett csökken a hibahelyként jelentkező pórusok száma, kismértékű szilárdságnövekedés is végbemehet. Ezt a tendenciát a karbonátosodás porozitáscsökkentő hatása erősíti.

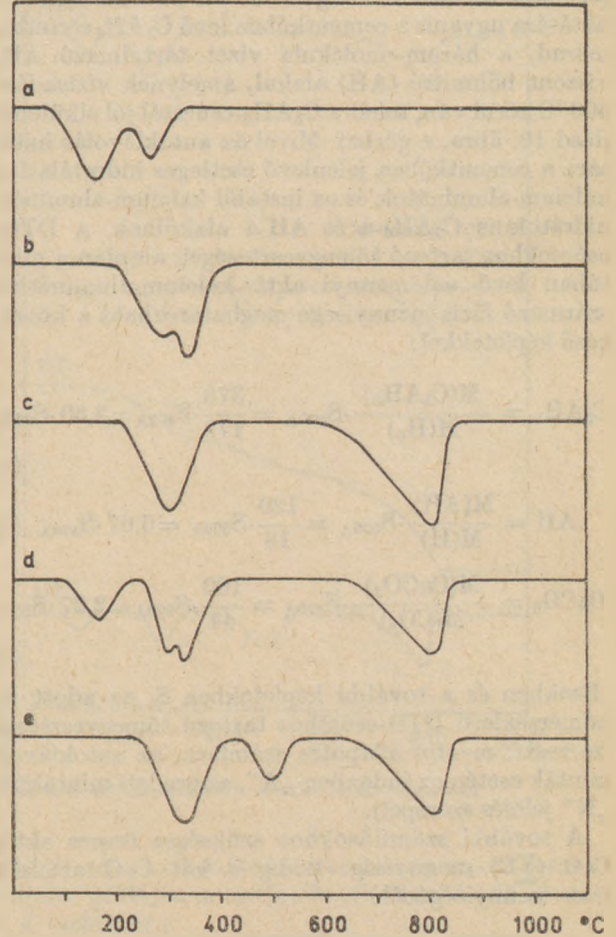
A szilárdságváltozását az idő függvényében egy átlagos bauxitcement betonra a 9. ábra szemlélteti. (Megjegyezzük, hogy az átalakulási folyamaton és a karbonátosodáson kívül más kémiai folyamat, pl. a levegő  $SO_2$  tartalmának hatása elhanyagolható.)

### Módszer a bauxitcement-betonok várható szilárdságváltozásának előrebecslésére

A fentiekből következik, hogy amennyiben ismerjük a bauxitcement-betonok porozitását és cementtartalmát, valamint az átalakulási folyamatokban részt-



9. ábra. Szilárdságváltozás az idő függvényében. A CA kémiai reakciói különböző fázisaihoz tartozó derivatogramok



10. ábra. a) hidratáció ( $CAH_{10}$ ;  $C_2AH_8$ )  
 b) átalakulás ( $C_3AH_6$ ;  $AH_3$ )  
 c) teljes karbonizáció ( $CaCO_3$ ;  $AH_3$ )  
 d) átlagos bauxitcement beton ( $CAH_{10}$ ;  $C_2AH_8$ ;  $C_3AH_6$ ;  $AH_3$ ;  $CaCO_3$ )  
 e) autoklavolt bauxitcement beton ( $C_3AH_6$ ;  $AH$ ;  $CaCO_3$ )

vevő vegyületek mennyiségét, a folyamatokat leíró kémiai reakciókat, és az ezeket kísérő szilárd térfogátváltozásokat, (lásd 1. táblázat) következtethetünk a még lehetséges kémiai folyamatokkal együttjáró szilárdtérfogat-(porozitás-) változásokra; a porozitás – szilárdság összefüggés ismeretében pedig a lehetséges szilárdságváltozásokra is. (A szilárdságot befolyásoló másodlagos tényezők hatását elhanyagolhatjuk.)



A számításához szükséges többi adat (a cementtartalom, a porozitás és a szilárdság) meghatározása viszonylag egyszerű, ismert módszerekkel történik.

A módszer legkényesebb része a cementkő fázisösszetételének meghatározása, mivel az erre a célra legalkalmasabb termikus analitikai vizsgálatnál a hidratációs és átalakulási termékek közül az instabil kalcium-aluminát-hidrátok, a  $C_3AH_6$  és az  $AH_3$  280–320 °C közül egyaránt endoterm effektust adnak, így az ennél a hőmérsékletnél jelentkező tömegvesztés szelektív elkülönítése nem lehetséges. A nehézséget jól szemléltetik a 10. ábrán bemutatott DTG-görbék.

Az ebből származó nehézségeket úgy sikerült kiküszöbölni, hogy nemcsak az eredeti állapotú, hanem 2MPa nyomáson autoklávolt mintákról is készítünk termikus analitikai vizsgálatot. Az autokláv-kezelés hatására ugyanis a cementkőben levő  $C_3AH_6$  sértetlen marad, a három molekula vizet tartalmazó  $AH_3$  viszont bőhmitté (AH) alakul, amelynek vízleadása 500 °C körül van, tehát a  $C_3AH_6$ -csúcstól jól elkülönül (lásd 10. ábra, e-görbe). Mivel az autoklávolt hatására a cementkőben jelenlevő esetleges hidratálatlan kalcium-aluminátok és az instabil kalcium-aluminát-hidrátok is  $C_3AH_6$ -á és  $AH$ -á alakulnak, a DTG-csúcsokhoz tartozó tömegvesztések alapján a mintában levő valamennyi aktív-kalcium-alumináttól származó fázis mennyisége meghatározható a következő képletekkel:

$$C_3AH_6 = \frac{M(C_3AH_6)}{M(H_2O)} \cdot S_{300A} = \frac{378}{178} \cdot S_{300A} = 3,50 \cdot S_{300A} \quad (3)$$

$$AH = \frac{M(AH)}{M(H_2O)} \cdot S_{500A} = \frac{120}{18} \cdot S_{500A} = 6,67 \cdot S_{500A} \quad (4)$$

$$CaCO_3 = \frac{M(CaCO_3)}{M(CO_2)} \cdot S_{800A} = \frac{100}{44} \cdot S_{800A} = 2,27 \cdot S_{800A} \quad (5)$$

(Ezekben és a további képletekben  $S_t$  az adott (t) hőmérsékletű DTG-csúcsokhoz tartozó tömegvesztés izz.veszt. mentes állapotra számítva, az autoklávolt minták esetén az indexben „A”, az eredeti mintáknál „N” jelölés szerepel).

A további számításokhoz szükséges összes aktív CaO ( $\sum C$ ) mennyisége pedig a két CaO-tartalmú fázis mennyiségéből:

$$\sum C = \frac{M(3C)}{M(6H)} \cdot S_{300A} + \frac{M(C)}{M(CO_2)} \cdot S_{800A} = 1,56 \cdot S_{300A} + 1,27 \cdot S_{800A} \quad (6)$$

(1 g izz.veszt. mentes mintára vonatkoztatva)

A bauxitcement-beton kémiai állapotának három legfontosabb jellemzője: a hidratáció (H), az átalakulás (Á) és a karbonátosodás (K) pedig a következőképpen számítható:

$$K = \frac{C_1}{\sum C} \cdot 100 = \frac{1,27 \cdot S_{300N}}{\sum C} \cdot 100 \quad (7)$$

ahol  $C_1$ : A  $CaCO_3$ -ban lekötött CaO mennyisége:

$$\frac{M(CaO)}{M(CO_2)} = \frac{56}{44} = 1,27 S_{300N}$$

Az átalakulás mértékének kiszámításához figyelembe vesszük, hogy az autoklávolt hatására a  $C_3AH_6$  és az alumínium-hidroxiid mennyisége megnövekszik, ami a megfelelő DTG-csúcsokhoz tartozó tömegvesztésekkel a következőképpen fejezhető ki:

$$S_{300A} + 3S_{500A} - S_{300N} \cong \Delta S_{300} \cong 0 \quad (8)$$

(a 2. tag szorzószámát az  $AH_3$ – $AH$  átalakulás indokolja.)

Mivel  $\Delta S_{300}$  értéke annál nagyobb, minél több a hidratálatlan kalcium-aluminátok és az instabil kalcium-aluminát-hidrátok mennyisége, az 1. táblázat adatai alapján kiszámítható az átalakulás mértéke:

$$\begin{aligned} \bar{A} = 100 - H - \frac{C_3 - C_2}{\sum C} \cdot 100 + K = 100 - H - \\ - 0,78 \frac{\Delta S_{300}}{\sum C} \cdot 100 + K \end{aligned} \quad (9)$$

ahol  $C_2$  és  $C_3$  a  $C_3AH_6$ -ban, ill. az instabil kalcium-aluminát-hidrátokban megkötött CaO mennyisége

0,78 a  $CAH_{10} \rightarrow 1/3 C_3AH_6 + 2/3 AH$  moláris viszonyaiból számított állandó.

A hidratáció mértéke (H) pedig, feltételezve, hogy az instabil kalcium-aluminát-hidrátok  $CAH_{10}$  alakban vannak jelen (ami azért jogosult, mert ennek átalakulása okozza a legnagyobb porozitásnövekedést, s így a számítás biztonságát növeli):

$$H = 100 - \frac{C_3}{\sum C} \cdot 100 + \bar{A} + K = 100 - 1,56 \cdot \frac{S_{200N}}{\sum C_3} \cdot 100 + \bar{A} + K \quad (10)$$

(az 1,56 szorzószámot az indokolja, hogy 200 °C-ig a  $CAH_{10}$  2 mol vizet veszít, és  $\frac{M(CaO)}{M(2H_2O)} = \frac{56}{36} = 1,56$ ),

A bauxitcement-beton három kémiai jellemzője (H, Á, K), a jelenlegi porozitás ( $P_j$ ), valamint a kémiai folyamatokat kísérő szilárd térfogat változás ismeretében (lásd 1. táblázat) az átalakulási folyamat befejeződése után lehetséges maximális porozitást ( $P_{max}$ ) és a teljes karbonátosodás után várható végleges porozitást ( $P_v$ ) a következő összefüggésekkel számíthatjuk ki:

$$P_{max} = P_j + \Delta P_{\bar{A}} = P_j + \frac{(H - \bar{A})B_{CaO}}{100} \cdot 0,57 \quad (11)$$

$$P_v = P_j - \Delta P_K = P_j - \frac{(H - K)B_{CaO}}{100} \cdot 0,18 \quad (12)$$

ahol  $\Delta P_{\bar{A}}$  és  $\Delta P_K$  az átalakulás által okozott porozitásnövekedés, ill. a karbonátosodás által okozott porozitáscsökkenés  $B_{CaO}$  a beton térfogategységére jutó aktív CaO tartalom ( $kg/m^3$ )

0,57, ill. 0,18 az átalakulás és a karbonátosodás moláris térfogatváltozásából az 1. táblázat alapján számítható állandók

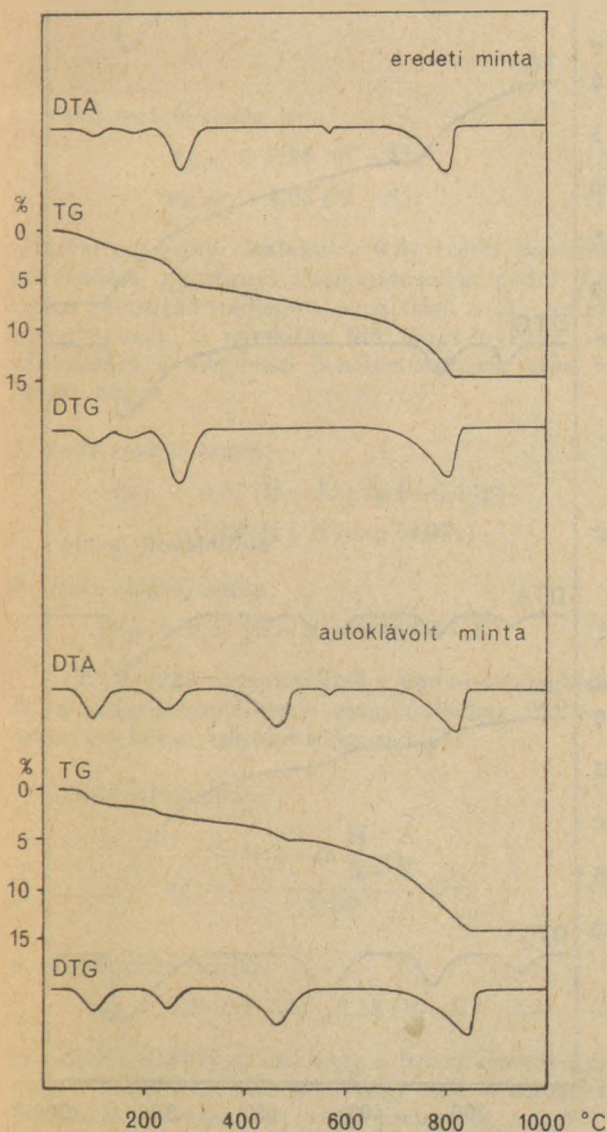


(A hidratálatlan kalcium aluminátok porozitáscsökkentő hatását részben a számítás biztonságának növelése, részben mivel a gyakorlatunkban előforduló bauxitcement-betonoknál a hidratáció csaknem 100%-os, nem szoktuk figyelembe venni). E porozitásértékekből a Szilágyi [22] által megadott képlet felhasználásával számíthatjuk ki a lehetséges minimális – ( $R_{min}$ ) és a végleges szilárdság ( $R_v$ ) értékét, a jelenlegi szilárdság %-ában kifejezve.

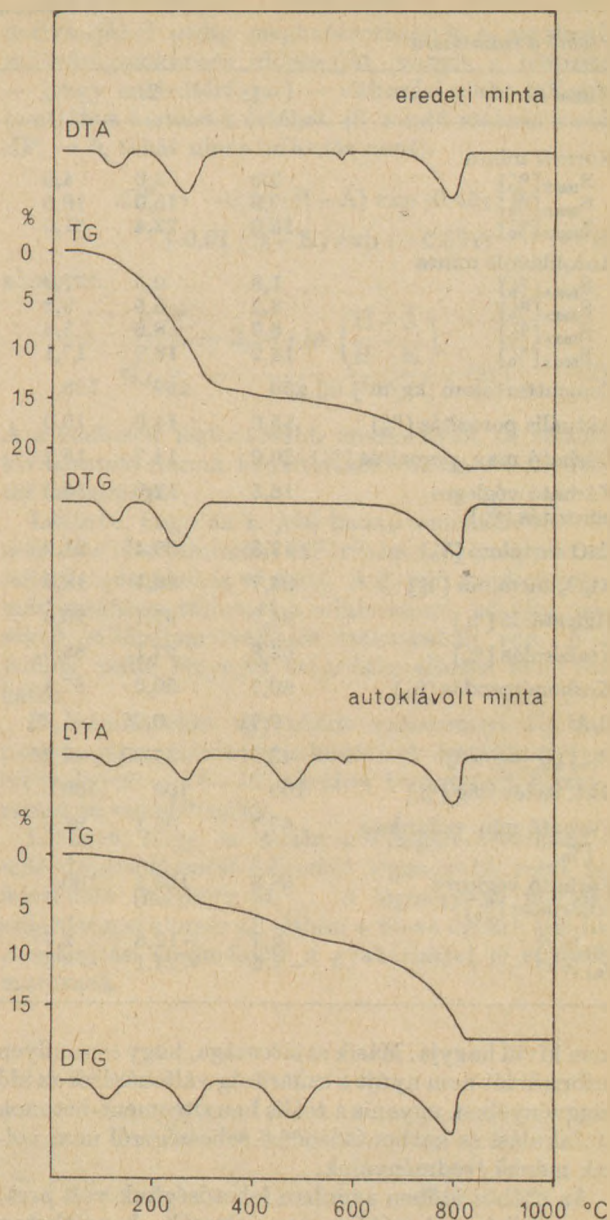
$$\frac{R_{min}}{R_j} \cdot 100 = \frac{a \exp(-bP_{max})}{a \exp(-bP_j)} 100 = \{ \exp [b(P_j - P_{max})] \} \cdot 100 \quad (13)$$

$$\frac{R_v}{R_j} 100 = \{ \exp [b(P_j - P_v)] \} \cdot 100 \quad (14)$$

A számítás menetét három jellegzetes példán: egy kisebb mértékben átalakult és karbonátosodott (1. minta), egy nagy mértékben átalakult és kevésbé karbonátosodott (2. minta), valamint egy erősen



11. ábra. 1. sz. bauxitbeton minta derivatogramja



12. ábra. 2. sz. bauxitbeton minta derivatogramja

átalakult és karbonátosodott bauxitcementbeton (3. minta) példáján mutatjuk be. (lásd a 11–13. ábrát és a 4. táblázatot.)

Látható, hogy az 1. mintánál még jelentős a szilárdságcsökkenés lehetősége, amit a karbonátosodás alig kompenzál, a 2. mintánál viszont a szilárdság kémiai okokból gyakorlatilag nem csökkenhet tovább, sőt a karbonátosodás hatására minimális szilárdságnövekedés következhet be, a 3. mintánál pedig további szilárdság változás nem várható.

#### A szilárdságváltozás alakulása az idő függvényében

A fentebb ismertetett számítási módszer egyik jellegzetessége, hogy nem a tényleges, hanem a legrosszabb esetben lehetséges minimális szilárdság kiszámítására alkalmas, ugyanis az átalakulással egyidejűleg végbenő karbonátosodás szilárdságnövelő hatását figyel-



## Példák a számításra

Minta	1.	2.	3.
<b>Normál minta</b>			
$S_{100N}$ [%]	3,0	3,0	4,0
$S_{300N}$ [%]	7,9	15,0	10,6
$S_{800N}$ [%]	15,0	22,4	21,0
<b>Autoklávolt minta</b>			
$S_{100A}$ [%]	1,8	0,5	1,0
$S_{300A}$ [%]	3,2	5,5	3,3
$S_{500A}$ [%]	6,7	8,6	5,6
$S_{800A}$ [%]	14,2	18,0	17,1
Cementtartalom [kg/m <sup>3</sup> ]	250	269	198
Aktuális porozitás [%]	15,0	14,0	15,0
Várható max. porozitás [%]	20,0	14,7	15,2
Várható végleges porozitás [%]	16,5	12,9	15,0
CaO tartalom [%]	17,5	20,4	21,9
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> tartalom [%]	24,7	26,5	18,3
Hidratáció [%]	94,7	97,1	95,4
Átalakulás [%]	63,8	97,1	88,6
Karbonátosodás [%]	60,7	50,0	87,8
C/A	0,71	0,77	1,20
$B_{CaO}$ 0872. [kg/m <sup>3</sup> ]	43,71	54,90	43,45
Akt. szilárdság [%]	100	100	100
Várható min. szilárdság [%]	67,7	95,1	98,5
Várható végleges szilárdság [%]	88,8	109,1	100
$\tau_{0,1}$ [év]	2,7	-12,8	2,7
$\tau_{0,1}$ [év]	-8,6	-24,1	-8,6

men kívül hagyja. Másik sajátossága, hogy semmilyen információt nem nyújt a szilárdság változásáról az idő függvényében, ugyanis a reális bauxitcement-betonok átalakulási és karbonátosodási sebességéről nem voltak mérési eredményeink.

Az utóbbi időben azonban lehetőségünk volt arra, hogy néhány korábban megvizsgált bauxitbeton szerkezetet ismételten megvizsgáljunk, és megállapítsuk az átalakulás (Á) és a karbonátosodás (K) változását.

Ezek átlagértékei a következők:

$$1976: \bar{A} = 88,38\%; \quad \bar{K} = 62,04\%$$

$$1979: \bar{A} = 97,10\%; \quad \bar{K} = 69,56\%$$

$$\bar{A} = 8,72\%; \quad \bar{K} = 7,52\%$$

Mivel a kémiai reakciók sebessége

$$\frac{dx}{d\tau} = k(1-x)^n \quad (15)$$

Az átalakulásra (Á) és a karbonátosodásra felírható, hogy

$$\frac{d\bar{A}}{d\tau} = k_A(H - \bar{A})^n \quad (16)$$

$$\frac{d\bar{K}}{d\tau} = k_K(H - \bar{K})^n \quad (17)$$

ahol az  $x$  – a reagáló anyag koncentrációja;  
 $n$  – a reakció rendűsége;  
 $k, k_A, k_K$  = sebességi állandók

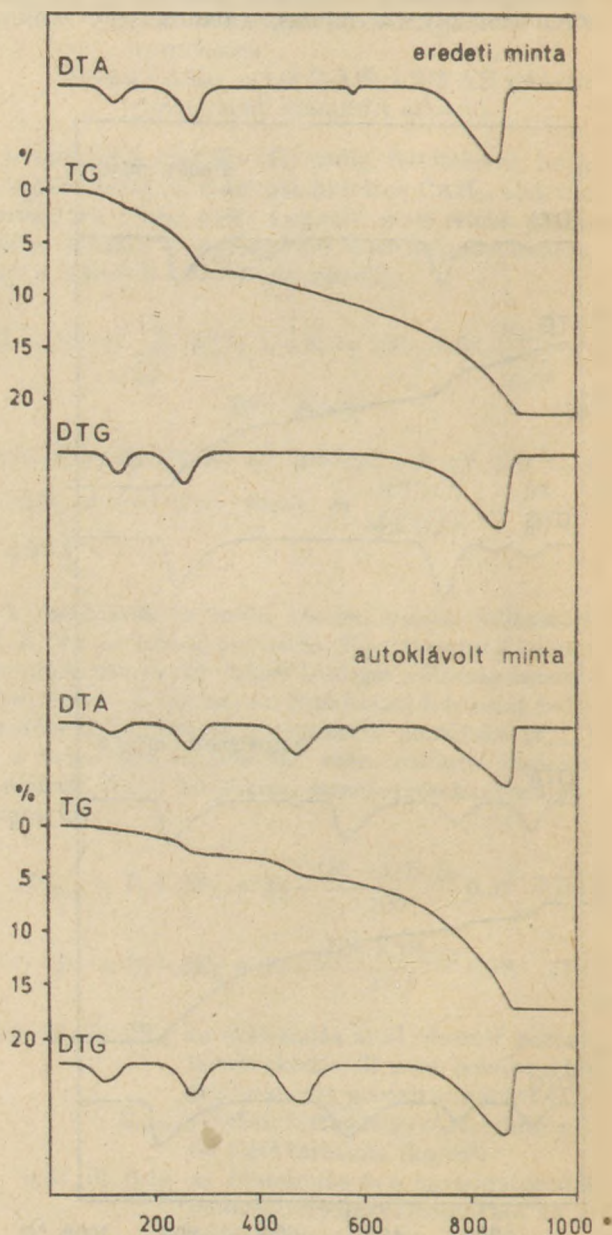
Mivel az adott reakciók kinetikus rendűségét ( $n$ ) nem ismerjük, további számításainkat  $n = 1$  (kinetikailag 1. rendű reakció) és  $n = 0$  (kinetikailag 0. rendű reakció) sebességi egyenletek feltételezésével végezzük.

A sebességi egyenletek integrált alakjai ez esetben a megfelelő  $\bar{A}$  és  $\bar{K}$  értékek behelyettesítése után:

1. rendű reakció esetén

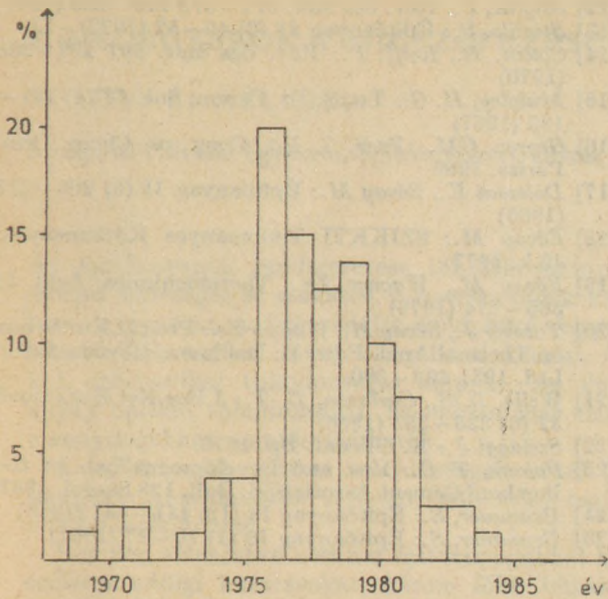
$$w_{\bar{A}(1)} = (H - \bar{A}) \exp(-0,46\tau) \quad (18)$$

$$w_{\bar{K}(1)} = (H - \bar{K}) \exp(-0,07\tau) \quad (19)$$



13. ábra. 3. sz. bauxitbeton minta derivatogramja





14. ábra. A minimális szilárdság időpontja, kinetikailag 1. rendű reakció esetén

0. rendű reakció esetén

$$w_{A(0)} = 0,98 (H - \dot{A})\tau \quad (20)$$

$$w_{K(0)} = 1,03 (M - K)\tau \quad (21)$$

Mivel egységnyi átalakulás 0,57 szerez porozitás-növekedést, egységnyi karbonátosodás pedig 0,18-szoros porozitáscsökkenést okoz (lásd a (11) és (12) egyenleteket), a porozitás idő függvényében való változására a megfelelő behelyettesítések után felírható, hogy:

1. rendű reakció esetén:

$$\Delta p_{(1)} = 0,57 (H - \dot{A}) \exp(-0,46\tau) - 0,18 (H - K) \exp(0,07\tau) \quad (22)$$

0. rendű reakció esetén:

$$\Delta p_{(0)} = 0,57 (H - \dot{A}) - 0,18 (H - K) \quad (23)$$

A (22) és (23) egyenletekből a porozitásnövekedés, ill. a szilárdságcsökkenés megszűnéséhez ( $\Delta P = 0$ ) szükséges idő a vizsgálat időpontjától:

1. rendű reakció esetén:

$$\tau_{0,1} = \frac{1,15 + \ln \frac{H - \dot{A}}{H - K}}{0,39} \text{ [év]} \quad (24)$$

0. rendű reakció esetén:

$$\tau_{0,0} = 0,57 (H - \dot{A}) - 0,18 (H - K) \text{ [év]} \quad (25)$$

( $\tau$  előjele, attól függően, hogy a bauxitcement-beton még a szilárdságcsökkenés, vagy már a szilárdságnövekedés szakaszában van, pozitív is, negatív is lehet.)

Az 1. rendű reakció esetére a (22) egyenlet  $\tau$  szerinti deriváltjából pedig meghatározhatjuk a maximális szilárdságcsökkenés időpontját, vagyis a porozitás - (vagy szilárdterefogat) - változási görbe inflexióspontjához tartozó  $\tau$  értéket. (0. rendű reakció esetén  $\Delta P'_\tau = 0$ , tehát nincs inflexióspont).

$$\Delta P'_\tau = -0,26 (H - \dot{A}) \exp(0,46\tau) + 0,01 (H - K) \exp(-0,07\tau) \quad (26)$$

ahonnan

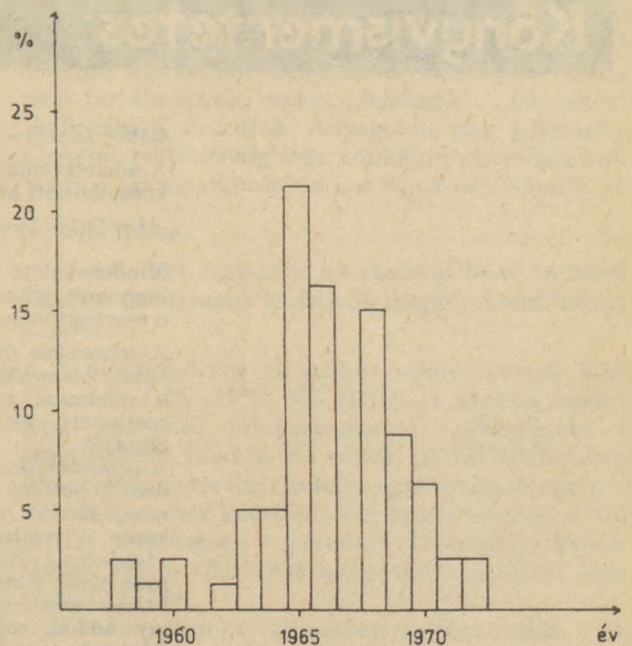
$$\tau_{0,1} = \frac{-3,26 + \ln \left( \frac{H - \dot{A}}{H - K} \right)}{0,39} \text{ [év]} \quad (27)$$

A számítások legfontosabb eredményeit az előzőleg kiválasztott három bauxitcement-betonra a 4. táblázat tartalmazza.

Látható, hogy az 1. jelű bauxitcement-beton még nem érte el a minimális szilárdságot, és még jelentős szilárdságcsökkenés várható. A 2. jelű ezzel szemben már korábban túljutott a minimumon, jelenleg mérsékelt szilárdságnövekedés szakaszában van. A 3. jelűnél pedig lényeges szilárdságváltozás nem várható.

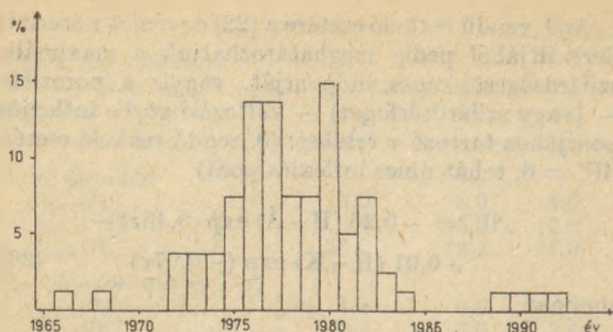
E számításokat egyébként valamennyi általunk megvizsgált mintára vonatkozóan elvégeztük, melyek eredményeit a 14-16. ábrákon bemutatott hisztogramokon szemléltetjük.

Látható, hogy az általunk vizsgált esetekben a szilárdságcsökkenési folyamat legnagyobb részt befejeződött (mintegy 95%). A legnagyobb mértékű szilárdságcsökkenés általában a 60-as évekre adódik. A számítási eredmények a gyakorlattal jó egyezést mutatnak.



15. ábra. A minimális szilárdság időpontja, kinetikailag 0. rendű reakció esetén





16. ábra. A maximális mértékű szüládságsökkenés időpontja (1. rendű reakció)

## IRODALOM

- [1] Talabér J.: Építőanyag 8 (5) 161 – 174; (6) 202 – 213; (8) 295 – 308; (9) 349 – 356 (1956)
- [2] Kravcsenko, I. V.: Glinozemisztűj cement. Moszkva. 1972.
- [3] Szepesi K.: ÉaKKI jelentés. 1962.
- [4] Lafuma, H.: Építőanyag 21 (5) 162 – 167 (1969)
- [5] Schwiete, H., Ludwig, U., Müller, P.: Építőanyag 17 (5) 157 – 170 (1965)
- [6] Fourie, M. T., Rabot, R.: Építőanyag 25 (4) 129 – 136 (1973)
- [7] Mehta, P. K., Lesnikoff, G.: J. Am. Cer. Soc. 54 (4) 210 – 213 (1971)
- [8] Lafuma, H.: Assoc. Française pour l'Essais des Mat. 14 11 (1933)
- [9] Newille, A. M., Kennington, H. W.: Proc. of the IV. Int Symp. Washington 1960 Natl. Bur. Std. (U.S) Monograph 1962 No 43.
- [10] Lehmann, H., Leers, K. J.: Tonind. Ztg. 87 (2) 29 – 41 (1963)
- [11] Kühl, H.: Zement Chemie Berlin VEB Verlag Technik 1958

- [12] Stiglitz, P.: Rev. des Mat. 671 – 672 219 – 223 (1971)
- [13] Stiglitz, P.: Építőanyag 24 (2) 45 – 52 (1972)
- [14] Cottin, B., Reiff, P.: Rev. des Mat. 661 293 – 305 (1970)
- [15] Midgley, H. G.: Trans. Br. Ceram. Soc. 66 (4) 161 – 189 (1967)
- [16] George, C.M.: Proc. 7. Int. Cong. on Chem. Cem. Párizs. 1980
- [17] Dolezai K., Révay M.: Építőanyag 18 (6) 206 – 212 (1966)
- [18] Révay M.: SZIKKTI Tudományos Közlemények. 49.k. 1977
- [19] Révay M., Wagner Zs.: Thermochemica Acta 31 365 – 374 (1979)
- [20] Talabér J., Révay M., Wagner Zs.: Proc. II. Eur. Symp. on Thermal Anal. Edit. D. Dollimore Heyden & Son Ltd. 1981 498 – 500
- [21] Wells, L. S., Carlason, E. T.: J. Res. Net. Bur. Stand. 57 (6) 335 – 353 (1956)
- [22] Szilágyi J.: X. Siliconf. Bp. 1970.
- [23] Powers, T. C.: Res. and Development Lab. of the Portland Cement Assotiation. Bull. 138. Skokil. 1962.
- [24] Brunauer, S.: Építőanyag 18 (12) 441 – 447 (1966)
- [25] Brunauer, S.: Építőanyag 19 (1) 10 – 17 (1967)

Ревау, М. – Вагнер, Ж.: Испытания ожидаемого снижения прочности сооружений из отечественного глиноземистого цемента-бетона и сделанные из них выводы

Révay, Miklós – Wágner, Zsófia: Examination and Conclusions of Strength Changes of Concrete Structures made of High Alumina Cement

Révay, Miklós – Wágner, Zsófia: Die Untersuchung der erwartenden Festigkeitsänderung heimischer Tonerdebeton-Objekte und die aus denen stammenden Schlussfolgerungen

## Könyvismertetés

Gábor László – Párkányi Mihály:

A nemtektonikus építés alapvető szerkezetelméleti kérdései

Akadémiai kiadó, Budapest 1985

Mindenekelőtt meg kell határozni, hogy mit jelent a tektonikus, illetve a nemtektonikus építés:

A tektonikus építés a teherbíró szerkezeti elemekkel való építés, amikor a rendszert az egymásra helyezett szerkezeti elemek (kő, téglá, panel) alkotják.

A nemtektonikus építés lényege, hogy nem teherbíró felületelemeket alkalmaz. Ezeket a nem teherbíró, vékony – rendszerint gipszlapokat – vízszintes és függőleges irányban egymás mellé soroljuk és azután nonolitikus szerkezetté kapcsoljuk össze oly módon, hogy betont öntünk a felületelemek között, azokon belül vagy azok tetején létrejövő üregekbe és csatornába.

A könyv a nemtektonikus építés elméleti alapjainak kifejtéseként először az építés modelljét vizsgálja fel, elemzi az építészet szempontjából oly döntő jelentőségű variabilitás problematikáját. Összefoglalóan ismerteti a nemtektonikus rendszereket, tételiesen kifejtve azok sajátosságait.

A könyv fő fejezetei a következők:

- I. Az építés modellje. Az építés, mint Gutenberg elvű technológia
- II. A variabilitás az iparosított építésben. A tervezési, gyártási és építési variációk elméleti alapkérdései
- III. A nemtektonikus rendszerek
- IV. A nemtektonikus rendszerek sajtó szerűsége. Tézisek.
- V. A nemtektonikus építési módok (a helyszíni, az emeléses, a tér-elemes, a dobozkeretes, zártcéllás építésmód).



# Építőanyagok rendszerezése színük szerint

FÖLDVÁRI MELINDA

Budapesti Műszaki Egyetem, Építőanyagok Tanszék

Az építőanyagok rendszerezése többféle szempont szerint lehetséges és szokásos, a nyersanyagok kutatása, a gyártás, a felhasználás különböző felosztásokat alkalmaz; az anyag vizsgálható kémiai, fizikai, mechanikai tulajdonságai alapján. Az építőanyag optikai tulajdonságai, hasonlóan más fizikai mennyiségekhez, szintén mérhetők.

A legfontosabb optikai tulajdonságok közül (abszorpció, transzmisszió, reflexió, szín stb.) csak a színnel foglalkozom.

Röviden áttekintve a színes építőanyagokkal kapcsolatos eddigi kutatásokat, három főbb témakört különböztetünk meg:

1. A szín vizsgálata a gyártás és a használat folyamatában.

a) színminősítés, a szintűrés mérése, a színállandóság biztosítása egy gyártási ütemben és hosszabb időn keresztül azonos színárnyalat előállításának ellenőrzése

b) valamely színjellemző érték elérésére irányuló törekvések (pl. fehérség, színtelítettség, kellően világos vagy sötét színárnyalat)

c) a szín tartóssága (az időjárásnak, napfénynek kitett felületeken és a használat közben bekövetkező szín módosulások mértéke, a változás mérése)

d) színreceptszámítás (az összekeverendő pigmentek arányának meghatározása egy kívánt színárnyalat elérése érdekében).

2. A szín vizuális megjelenése az anyag felületi szerkezetétől függően.

a) az anyag felületének optikai és taktilis tulajdonságai (szemcsés, matt, fényes stb) szerepe a látáshatás létrejöttében

b) a színes felület egészének és részeinek színe, vizuális megjelenése (a teljes felület összefüggően azonos színű, vagy különböző színű-anyagú felülrészekből tevődik össze), az eredőszín létrejöttének körülményei.

3. Az építőanyag nyújtotta lehetőségek a színtervezési feladatok megoldásához.

a) az anyag színének megválasztása (a szín állandó, nem változtatható; a gyártás előtt egyszer választható; többször módosítható)

b) az egyes anyagfajták által nyújtott színtervezési szabadság mértéke (a szín adott, szűk vagy széles választékban áll rendelkezésre; a színválaszték kötött, korlátok között vagy szabadon módosítható)

c) az érzet szerint egyenlő közű SZINOID rendszert mennyire és milyen egyenletességgel tölti ki egy anyagfajta színválasztéka (a színkészlet és színválaszték fogalma, mérése, értékelése)

d) harmonikus színes anyag-kombinációk (színek koordinálása egy anyagfajta termékei és több anyagfajta között; optimális színválaszték összeállítása)

e) a színes anyaghoz fűződő asszociációk és preferenciák.

## Néhány szintani fogalom

Egy tárgy színe részben attól függ, hogy anyaga a fehér fény milyen hullámhosszúságú összetevőit és milyen arányban nyeli el, illetve veri vissza. Az anyag színe az általa visszavert színes fény-összetevők additív keverékeként jön létre. Az anyag azon képessége, hogy bizonyos hullámhosszúságú fénysugarakat elnyel, ill. visszaver, molekuláris szerkezetének függvénye.

A tárgy színének létrejöttét másrészt a ráeső fény mennyisége, iránya és színképi összetétele határozza meg.

Az elektromágneses sugárzás 380–750 nm közötti sávja a látható tartomány, a fény; a szín ezen belül a hullámhosszúságtól függ – ez mérhető és színíngerek nevezük.

A színérzet a színínger nyomán keletkező tudattartalom, tovább nem analizálható, maga három irányban változhat:

– Színezet.

A látási érzetnek az a jellemzője, amelynek eredménye a színek megnevezése pl. „kék”, „zöld”, „narancs” stb.

– Telítettség.

A spektrumszínek abszolút telítettek (más szóval „tüzések”, „élénkek”), amelyet az anyagok, festékek színtelítettsége nem tud elérni. Abszolút telítetlenek a semleges színek, amelyek semmilyen szint nem tartalmaznak, ezeket „fehérek”, „feketének”, „szürkének” mondjuk. Anyagokra nem jellemző az abszolút telítettség sem, többnyire elnyelnek valamennyi színes alkotórészt is a rájuk eső fényből.

– Világosság.

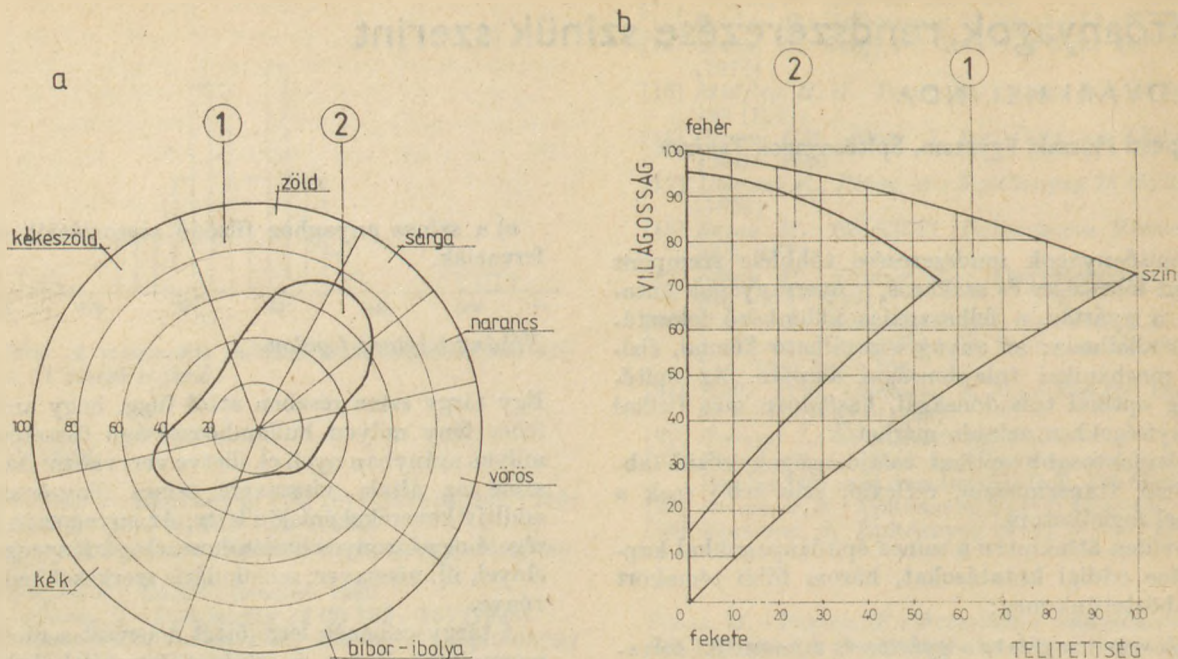
A skála két végpontja az abszolút fehér és fekete, amelyet az anyagok legfeljebb megközelíteni tudnak.

1. ábra

A nemzetközileg elfogadott színrendszerek közül (Munsell, DIN, NCS, SZINOID) ez utóbbit használom, amelynek színjelszámaival egyértelműen és szemléletesen írhatók le a színek. (A SZINOID három dimenziós színterében minden egyes színnek egy pont felel meg, ennek koordinátái a színjelszámok. A SZINOID kölcsönösen egyértelmű átszámítási kapcsolatban van a CIE 1931 nemzetközi színmérő rendszerrel.) [1] [2].

Mivel a színínger az emberi agyban válik „színéretté”, a színekkel kapcsolatos kutatásokban nem hagyhatók figyelmen kívül fiziológiai, pszichofizikai, pszichológiai és esztétikai aspektusok sem.





1. ábra A SZINOID színrendszer két jellemző metszete

- a) Színkör. A kerület mentén a színezet, sugárirányban a telítettség változik (0 – 100 között)
- b) A rendszer egy azonos színezetű felsíkja. Függőleges irányban a világosság, vízszintes irányban a telítettség változik (0 – 100 között). Az abszolút fehér és abszolút fekete között a semleges tengely.  
1 a fényszínnek tartománya  
2 az anyagszínnek tartománya

### Az építőanyagok rendszerezése színük szerint

A rendszerezés esztétikai szemléletű: az építészeti, ezen belül a színdinamikai tervezés oldaláról megközelítve kísérlem meg osztályozni azokat az anyagokat, amelyek beépítésük után, végleges helyükön láthatók maradnak.

Az anyagok színének eredete és előállítása szerint az alábbi szempontokat vehetjük figyelembe:

- az építőanyag színének eredete (természetes vagy mesterséges)
- a szín mint az anyag tulajdonsága (az anyag teljes keresztmetszetében, külső rétegében vagy csak felületén színes)
- a színezés lehetősége és módja (nem színezett, színezett, festett)
- az anyag színezés körülményei, helyszíne (a gyártási vagy az építési folyamat része)

(Az építőanyagok színezési módjuktól függően több csoportba is besorolhatók.)

#### I. Természetes színű építőanyagok

Közös jellemzőik:

- természetes úton jöttek létre, miközben színük is kialakult, a szín eredendően jellemző az anyagra;
- az anyag építőanyaggá vagy szerkezetévé válása közben nem megy át kémiai jellegű változásra, legfeljebb geometriai és fizikai változást szenved;
- beépítésük után nem fedik el eredeti felületüket át

nem látszó bevonattal (amennyiben elfedik, a színt már a bevonat adja és nem az anyag);

– az időjárásnak, napfénynek kitett felületeken az eredeti szín idővel jelentősen változhat (fakul, sötétedik, elszíneződik);

– a színt nem könnyű egyszerűen meghatározni, színjelszámokkal jellemezni, mivel a szín nem egynemű a teljes anyagban, az eredő szín különböző foltokból, érzetekből tevődik össze.

E csoportba tartozó anyagok az építési kövek, az építőfa továbbá az alárendelt jelentőségű vessző, nád és szalma.

A kőanyagok színválasztéka nem egyenletes, hiányoznak a telített színek, bizonyos színtartományok (kék, bíbor, ibolya), ritkán fordulnak elő, többségben vannak a semleges színek és a sárga-narancs-vörösnarancsok.

A faanyagok színe jól körülhatárolható: a sárga-narancs-vörös egyes szűk tartományokban helyezkednek el. 2. ábra

A természetes színű építőanyagok színválasztéka kötött, nem változtatható.

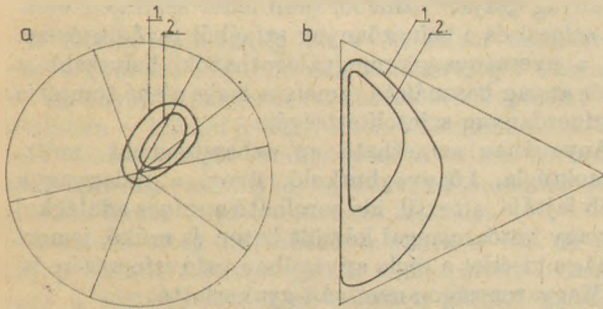
#### II. Nem színezett mesterséges építőanyagok

Az építőanyagok túlnyomó része mesterséges anyag, amelyet a természetben található anyagokból állítanak elő. Az anyag, az építőelem rendszerint üzemi körülmények között nyeri végleges tulajdonságait, így színét is.



## Építőanyagok rendszerezése színük szerint

Az építőanyag előfordulása és előállítása	Főbb csoportok a szín létrejötte szerint	A szín mint az anyag tulajdonsága		Színkészslet és színválaszték
Természetes építőanyag	I. SZÍNES	természetes, eredeti		Kötött
Mesterséges építőanyag	II. NEM SZÍNEZETT	Az anyag „saját” színe	Semleges színű anyag	
			Színes mesterséges anyag	
	III. SZÍNEZETT	Gyártás közben, színezőanyaggal, színezett	Anyagában színezett	Felületén színes anyag
IV. FESTETT	Felületi rétegben színezett			
	Felületén színezett			
Természetes vagy mesterséges anyag	IV. FESTETT	Az építési folyamatban színes réteggel bevont anyag		Szabad



2. ábra A természetes építőanyagok színeinek elhelyezkedése arendszerben (egyszerűsített ábrázolásban)

- a) Színezet és telítettség szerint  
 b) Telítettség és világosság szerint  
 1. építési kövek színe  
 2. építőkák színe

E csoportba sorolhatók azok az anyagok, amelyek:  
 – az előállítás folyamán nem kapnak semmilyen színezőanyagot;  
 – a végtermék színe a nyersanyagok összetételétől, fajtáitól, vegyi tulajdonságaitól, egy vagy több nyersanyag színétől vagy az előállítás körülményeitől függ;  
 – a szín (kismértékű) módosítása csak a nyersanyagok megválogatásával, a gyártás körülményeinek változtatásával lehetséges;  
 – beépítésük után nem fedik el eredeti felületüket át nem látszó bevonattal.

A nem színezett építőanyagok színét, amely a gyártás közben jön létre, a mesterséges anyag „saját színének” nevezhetjük, megkülönböztetve a „termé-

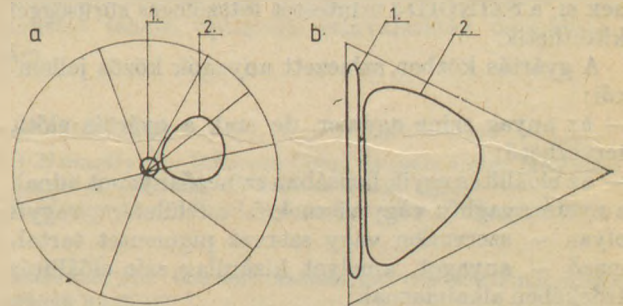
zetes szín” elnevezéstől, amit csak a természetes anyagokkal kapcsolatban használunk.

A nem színezett építőanyagok színválasztéka kötött; egyes szintartományokban a választék bő (pl. fehér, szürke, sárga, vörös), más színek viszont alig vagy egyáltalán nem fordulnak elő (kék, zöld, ibolya, bíbor és az erősen telített árnyalatok.)

Ezt figyelembe véve a nem színezett mesterséges építőanyagok további két csoportra oszthatók színjellegüktől függően: semleges színű és színes mesterséges anyagokra. 3. ábra.

## II. 1. Semleges színű mesterséges építőanyagok

Az anyag színezete nehezen határozható meg, mert a felület közel egyenletesen veri vissza a ráeső fehér fényt, vagy nagyon csekély arányban nyel el színes



3. ábra Nem színezett mesterséges építőanyagok színeinek elhelyezkedése a rendszerben (egyszerűsített ábrázolásban)

- a) Színezet és telítettség szerint  
 b) Telítettség és világosság szerint  
 1 semleges színű építőanyagok  
 2 színes mesterséges építőanyagok



alkotórészt. Ezeket az anyagokat fehérnek, szürkének, feketének látjuk; színjellemzőik a háromdimenziós színtérben mindössze egyetlen koordinátán illetve ennek közvetlen közelében helyezkednek el. Színválasztékuk rendkívül szűk, csak világossági értéküknek van jelentősége.

Ide tartoznak: az acél és ötvözetek, az alumínium és egyes ötvözetek, a gipsz, azbesztcement, mészhomoktégla, üveg, kőagyagburkoló, cementkötésű faforgácslap, semleges színű kötőanyaggal és adalékkal készült betonok és műkövek.

## II. 2. Színes mesterséges építőanyagok

A színezőanyagot nem tartalmazó építőanyagok közül azok sorolhatók e csoportba, amelyek színezete, a feldolgozást követően könnyen meghatározható és jellegzetes lesz (a felület elnyeli a fény bizonyos hullámhosszúságú részeit.)

Közös jellemvonásaik:

- a nyersanyagok színében nem látható a végtermék színe, ez csak kémiai átalakulásokat követően, a gyártási folyamat végére alakul ki;
- az építőanyag színe befolyásolható a nyersanyagok megválasztásával, összetételük valamint a gyártási körülmények meghatározásával.

Színválasztékuk kötött, a lehetséges színek száma nem nagy, de azokon belül előállítható néhány különböző színárnyalat.

E csoportba sorolhatjuk a rezet és ötvözetek és a színesre égő kerámiákat (falburkoló téglát, klinkertéglát, pyrogránitot, keramitot, kőagyagburkolót).

## III. Gyártás közben színezett mesterséges építőanyagok

Az előző (II.) csoportban tárgyalt mesterséges anyagok csaknem mindegyike színezhető, némelyik többféle módon is.

Ha a gyártási folyamatban kap színezőanyagot, „színezettnek” nevezhetjük, arra utalva, hogy az anyag és színe között erős – gyakran kémiai jellegű – kapcsolat van. Ha az építési folyamatban kapja színét, akkor „festettnek” mondjuk – a színes bevonat viszonylag gyengén, csak tapadással kapcsolódik az anyaghoz.

A természetes színű és a nem színezett mesterséges építőanyagok kötött színválasztékával szemben, a színezett és festett anyagok széles skálán helyezkednek el, a SZINOID-i szintestet tetszőleges sűrűséggel kitölthetik.

A gyártás közben színezett anyagok közös jellemzői:

- az anyag színe egyszer, de csak a gyártás előtt, tervezhető;
- az előállítás egyik fázisában színezőanyagot adnak a nyersanyaghoz vagy visznek fel a felületére, vagyis olyan – szervesetlen vagy szerves pigmentet tartalmazó – anyagot, amelyet kizárólag szín-előállítás érdekében alkalmaznak;
- a szín létrejöttét befolyásolják a nyersanyagok, a színezendő anyagok is;
- a színezőanyag fajtája, összetétele, mennyisége, „megkötésének” módja függ a színezendő anyagtól és azoktól a tulajdonságoktól, amelyekkel a végterméknek rendelkeznie kell;

– a szín a gyártás után nem vagy csak nehezen távolítható el az anyagból vagy anyagról és az eredeti technológiával már nem módosítható;

– beépítésük után felületüket már nem fedik el át nem látszó bevonattal.

A gyártás közben színezett építőanyagokat további három csoportra oszthatjuk attól függően, hogy a színezőanyagot a teljes nyersanyaghoz keverik, az anyag külső, vékony rétegébe adják vagy a félkész termék felületére hordják fel.

## III. 1. Anyagukban színezett mesterséges építőanyagok

A nyersanyagokhoz színezőanyagot kevernek, amely a végtermék teljes keresztmetszetét színessé teszi. A színezőanyag nem fed el és nem változtatja meg az anyag eredeti szövetszerkezetét.

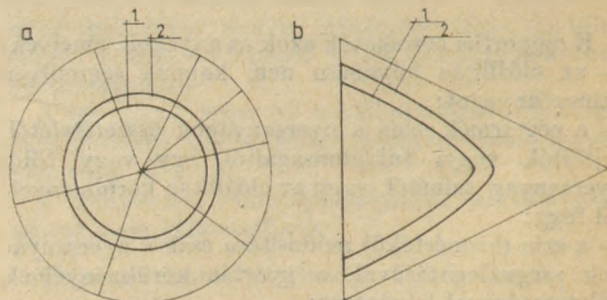
Az anyagukban színezett építőanyagok színválasztéka nem kötött, de (a műanyagok és a textil kivételével) színük telítettsége csak alacsony lehet. Az anyag színtelítettsége részben a színezőanyag színezőerejétől függ, részben a nyersanyaghoz keverhető pigment tömegszázaléktól. A színezőanyag károsan befolyásolhatja a termék egyéb (fizikai, mechanikai) tulajdonságait, ezért csak korlátozottan, kis mennyiségben használható. Viszont a színezőanyagnak a teljes nyersanyagban, egyenletesen kell elkeverednie, ami a szín alacsony koncentrációját eredményezi. 4. ábra

Az anyagában színezett termék színe keverékszín: az anyag „saját” színéből (ami lehet semleges, esetleg színes) és a színezőanyag színéből tevődik össze. Ha a nyersanyagok megválogathatók, helyesebb a fehér anyag használata, amely a legkevésbé tompítja a színezőanyag színtelítettségét.

Anyagában színezhető az azbesztcement, mészhomoktégla, kőagyagburkoló, üveg, a műanyagok több fajtája, a textil, ide sorolható a színes adalékkal és/vagy kötőanyaggal készült beton és műkő, ismert néhány kísérlet a téglá anyagában való színezésére is, de Magyarországon nem vált gyakorlattá.

## III. 2. Felületi rétegében színezett anyag

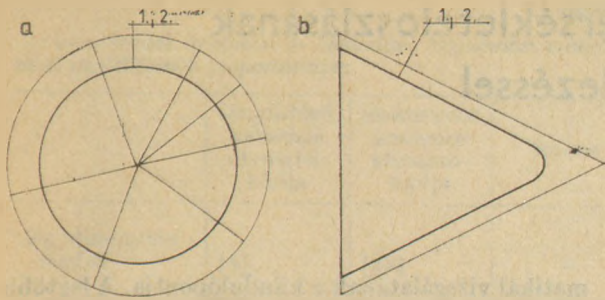
A színezőanyagot itt is a színezendő anyaghoz adják, de nem a teljes nyersanyaghoz, csak vékony külső rétegébe, – így a jellegzetes szövetszerkezet látható marad. Kedvező, hogy a külső rétegben levő pigment



4. ábra Anyagjában színezett mesterséges építőanyagok színeinek elhelyezése a rendszerben (egyszerűsített ábrázolásban)

- Színezet és telítettség szerint
  - Telítettség és világosság szerint
- 1 anyagában színezett építőanyagok  
2 felületi rétegükben színezett építőanyagok





5. ábra Felületükön színezett és festett építőanyagok színeinek elhelyezkedése a rendszerben (egyszerűsített ábrázolásban)

- a) Színezet és telítettség szerint  
 b) Telítettség és világosság szerint  
 1. gyártás közben, felületükön színezett építőanyagok  
 2. az építési folyamatban létrejövő szín, festett építőanyagok

nem rontja az anyag egyéb tulajdonságait, kevés színezőanyaggal is viszonylag élénk szín érhető el — a szín koncentrációja nagyobb mint a teljes keresztmetszetében színezett anyagok esetében. 4. ábra

Ide sorolhatók: a színes adalékszórású és/vagy a külső rétegében színezett kötőanyaggal készült beton, műkö, az alumínium oxidrétegének színezése, a két-rétegű színes téglá.

### III. 3. Felületükön színezett építőanyagok

A félkész építőanyag vagy építőelem felületére még a gyártási folyamatban, színes réteget visznek fel. Az anyag és színes bevonata közötti kapcsolat — általában — kémiai jellegű, amely különösen jó minőségű, tartós réteget eredményez. A színes bevonat nem károsítja az anyag egyéb tulajdonságait, sőt gyakran annak felületi védelmét szolgálja.

A színes réteg különböző mértékben fedi el az anyag eredeti felületét (pl. a transzparens mázak, vagy a zománcozott üveg esetében látható a színt hordozó anyag is.)

A vékony bevonati réteg kevesebb pigmenttel is dúsán színezhető, erősen telített színek is előállíthatók. A lehetséges színárnyalatok száma igen nagy, a színezett-telítettség-világosság szélső értékei is jól megközelíthetők, a színválaszték „szabad”. 5. ábra

A színes bevonat fedőképességétől, rétegvastagságától, felületi jellegétől függően az építőanyag anyag-szerű megjelenése széles határok között változhat, esztétikai tulajdonságai nagyon kedvezőek.

Ide tartoznak: a zománcozott fémek, az üvegszerűen megolvasztott felületű színes beton, azbeszt-cement, mázas kerámiák, zománcozott üveg, az általában fémbevonattal ellátott fényvisszaverő üveg, a műanyag egyes fajtái, a színes műanyagfóliával vagy papírral laminált fatermékek, papírtapéták.

### IV. Az építési folyamatban létrejövő szín: a festett anyagok

A természetes anyagok közül a fa és a gyártás közben nem színezett építőanyagok jelentős része az építési folyamatban nyeri színét, amelyet vékony bevonati réteg hordoz.

A színes bevonat — színes vakolat, falfesték, lakk

— különböző mértékben fedi el az anyag felületét és saját színét, az anyag jellegzetes szövetszerkezete rejtve marad. A natúr fa színezhető páccal is, amely beivódva, a faanyagot színezi meg és látni engedi az eredeti rajzolatot.

A színes bevonat — a festék — többkomponensű anyag, amit nedves állapotban, vékony rétegben hordanak fel az anyag felületére, ott fizikai vagy kémiai úton szárad és kemény, összefüggő filmet alkot. A festési művelet helye lehet az előregyártó üzem, s kivitelezés telephelye vagy maga az épület.

A festés helyszíni adottságai, módja és anyagai olyan bevonati filmet eredményeznek, amelynek tartóssága lényegesen rosszabb, mint a festéket hordozó építőanyagé. A tapadás nem olyan erős mint az üzemi körülmények között készült másfajta bevonatoké. A festékréteg ellenállása sokkal kisebb a külső hatásokkal szemben, a kopás, mállás, lepergés időnként újrafestést tesz szükségessé.

Szintervezési szempontból előnyös, hogy a festett anyag bármikor átfesthető, színe módosítható. A festékeket általában nagy színválasztékban gyártják, az azonosnemű festékek egymással keverhetők, átmeneti színárnyalatok is előállíthatók.

A szintervezésben az utólag felhordható festékek nyújtják a legnagyobb szabadságot, de a festett felület esztétikailag kevésbé értékes mint a természetes és mesterséges anyagok legtöbbször, amelyek felületi változatossága nem érhető el festékekkel. 5. ábra.

Összefoglalva megállapítható: a természetes színű és a nem színezett építőanyagok színkészlete kötött és viszonylag szűk; a gyártás közben vagy az építési folyamatban színezett anyagok színválasztéka szabad, néhány anyagnál szinte tetszőlegesen alakítható.

A különböző üzemekben gyártott, különböző fajtájú és színű anyagok, festékek rendeltetési helyükön, a megvalósult építészeti terekben, egymással kölcsönhatásban fejtik ki esztétikai hatásukat. E hatás optimuma érdekében már az anyag- és festékgyártás kezdetén alkalmazni kellene a szintan-szindinamika kutatási eredményeit. A cél az, hogy megfelelő elemszámú, egyenletes eloszlású, más anyagok színével koordinált színválaszték álljon a felhasználók rendelkezésére.

A jelenlegi színkészletek valamint az anyagok színezési lehetőségének és korlátainak felmérése után javaslat tehető optimális színválaszték összeállítására.

### IRODALOM

- [1] Nemcsics A.: Coloroid Color System. Color Research and Application V. 2. New York, 1980.  
 [2] Nemcsics A.: Szintan-Szindinamika Budapest, 1979.

Фöldváри, М.: Систематизирование строительных материалов по цвету

Földvári, Melinda: Klassifikation von Baumaterialien nach ihren Farbe

Földvári, Melinda.: Classification of Building Materials after their Colour



# Az üveglvadék sebesség- és hőmérsékleteloszlásának meghatározása matematikai modellezéssel

HORVÁTH ZSOLT

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

## 1. Bevezetés

Korunk fejlett technikája egyre inkább szükség-szerűvé teszi a technológiai folyamatok matematikai leírását, mivel kizárólag ez az alapja a gyártás-technológiák racionális tervezésének, illetve automatizálásának, valamint a kutatásnak és fejlesztésnek. Ennek fokozottan kell érvényesülnie az üveglparban, mint az egyik legnagyobb energiafelhasználó iparágban.

Az üveglvasztás során az üveglvadékban lejátszódó folyamatok ismerete, így ezek matematikai leírása nagy jelentőségű. Szükséges tehát ismernünk az üveglvadék sebesség- és hőmérsékleteloszlását, hogy nyomon követhessük a benne lejátszódó összetett folyamatokat. Ennek megfelelően az üveglvasztás matematikai leírását két részre bonthatjuk:

- az első rész az üveglvadék sebesség- és hőmérsékleteloszlásának meghatározása matematikai modellel, majd
- a második rész a már meglévő matematikai modellek alapján az olvadékban lejátszódó folyamatok tanulmányozása.

A matematikai modell feladata tehát az üveglvasztási technológia konstrukciós és operációs változóinak [1] függvényében az üveglvadék sebesség és hőmérsékleteloszlásának meghatározása. Az eddig megjelent számos publikáció ellenére a matematikai modellezés ezidáig még nem tudott elterjedni az üveglparban. Ennek főbb okai [2]:

- Az üveglvasztás matematikai modellezése magas szintű matematikai, fizikai, termodinamikai, technológiai, elektrotechnikai és számítástechnikai ismereteket követel meg. Tehát ehhez a modellezéshez igen képzett kutatócsoportok, szakemberek együttműködése szükséges. Általában nincs meg a megfelelő együttműködés a matematikusok, fizikusok és mérnökök között egy egyszerűsített, de a jelenségeket megfelelő pontossággal leíró modell irányában.
- Egyes ipari vezetők, mint fő felhasználók, idegenkednek a matematikai modellek eredményeinek kipróbálásától. Ennek elsősorban az az oka, hogy az eddigi matematikai modellek eredményei a gyakorlati szakemberek számára kevés új ismeretet adtak. Ez visszavezethető arra, hogy jelenleg még a matematikai modellezés maga is kísérleti stádiumban van.
- Hiányzik továbbá az a felismerés is, hogy a matematikai modellezés csupán egy segédeszköz, amelynek segítségével kiszámított sebesség- és hőmérsékleteloszlás nem a kutatás végcélja, hanem az üveglvadék technológiai folyamatai mate-

matikai vizsgálatának a kiindulópontja. A legtöbb helyen megelégedtek a sebességmező és a hőmérsékletmező meghatározásával, amivel a matematikai modellezés be is fejeződött. Hiányzott ugyanakkor az üveglvadék tisztulási, homogenizálódási folyamatainak matematikai leírása, ami már konkrétan ipari vonatkozású eredményeket adott volna.

- Az eddigi matematikai modellek többségükben kétdimenziósak, és számottevő pontatlanságuk van. Futtatásuk túl nagy számítógépidőt igényel, így túl költséges és nem adja a kívánt pontosságot.
- Hiányzik még egy adott fizikai modellen tanulmányozott jelenség matematikai modellje, ami a modellezés megbízhatóságát növelné.

## 2. Az ismert matematikai modellek csoportosítása

Számos publikáció jelent meg eddig az üveglvasztás matematikai modellezéséről. Ezek az üveglvadék sebesség- és hőmérsékleteloszlását számították ki numerikus úton. Felhasználás szempontjából csoportosíthatók az egyes modellek aszerint, hogy hagyományos lángtüzelésű, illetve elektromos olvasztókemence olvasztójában, illetve a feedercsatornában írják le az üveglvadék áramlását és hőmérsékleti viszonyait. A probléma bonyolultsága miatt az első modellek egy-, majd többségük kétdimenziós modellek voltak. Néhány három dimenziós modellt is készítettek elektromos kemence olvasztókádjának és a feedercsatornában a modellezésére. Hagyományos lángtüzelésű kemence olvasztókádjában az áramlási viszonyokat három dimenziós modellel eddig egyedül MOULT [19] írta le. GAJEWSKI és ZSCHOCER [22] is számoltak erre az esetre 3 dimenziós áramlási mezőt, de a hőmérsékleteloszlást ők előzőleg méréssel határozták meg, és ez alapján végezték el a sebességeloszlás kiszámítását. Az 1. táblázatban található az üveglvadék áramlását és hőmérsékleteloszlását leíró eddig publikált matematikai modellek többsége, a fenti szempontok alapján csoportosítva.

Néhány modell külön foglalkozott az olvasztókádban a keverékszönyeg beolvadásának leírásával. MASE és ODA [18] kétdimenziós matematikai modellje magában foglalja a tradicionális lángtüzelésű kemence olvasztókádjában az üveglvadék viselkedésén túlmenően a tüztér, valamint a keverékszönyeg beoldódásának modelljét is. Több szerző foglalkozott külön tanulmányban a keverékreteg hőmérsékleteloszlásának és beoldódásának modellezésével. Lángtüzelésű kemencék esetében FUHRMANN [45], VISKANTA és XIGI WU [46], elektromos kemencéknél HILBIG [47], OBERST [48] és SCHILL [49] végeztek ilyen irányú kutatásokat.



Az üveglvadék áramlási és hőátadási folyamatai matematikai modelljeinek csoportosítása

	lángfűtésű kemence olvasztókádja	elektromos kemence olvasztókádja	feeder
Egydimenziós modell	[4]	[23]	—
Kétdimenziós modell	[5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20], [21]	[11], [24], [25], [26], [27], [28], [29]	[35], [36], [37], [38], [39], [40], [41], [42], [43]
Háromdimenziós modell	[19], [22]	[30], [31], [32], [33], [34]	[41], [42], [43], [44]

Tanulmányunkban továbbá csak a lángtüzelésű kemencék olvasztókádjában az üveglvadék áramlási viszonyait és hőmérsékleteloszlását leíró matematikai modellekkel kapcsolatos irodalmat dolgoztuk fel.

### 3. A matematikai modell leírása

#### 3.1. A folyamatot meghatározó differenciálegyenletek

##### 3.1.1. A differenciálegyenletek felírása

Az üveglvadékok mozgásának leírása során kémiai-lag homogén folyadéknak tekintjük, vagyis elhanyagoljuk a buborékok, még oldatlan kvarcsemcsék, valamint egyéb kémiai inhomogenitások áramlásra gyakorolt hatását. Ekkor az üveglvadék áramlását a kontinuitás (1) és a Navier-Stokes differenciálegyenletek (2), a hőmérsékleteloszlását pedig az energia- (vagy más néven hőtranszport-) egyenlet (3) szabja meg:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho \cdot v_k)}{\partial x_k} = 0, \quad (1)$$

$$\underbrace{\frac{\partial(\rho \cdot v_i)}{\partial t}}_1 + \underbrace{v_k \cdot \frac{\partial(\rho \cdot v_i)}{\partial x_k}}_2 = \underbrace{-\frac{\partial p}{\partial x_i}}_3 + \underbrace{\frac{\partial}{\partial x_k} \left[ \eta \cdot \left( \frac{\partial v_i}{\partial x_k} + \frac{\partial v_k}{\partial x_i} \right) \right]}_4 + \underbrace{P_i}_5, \quad (2)$$

$$\underbrace{\frac{\partial(T \cdot \rho \cdot c)}{\partial t}}_6 + \underbrace{v_k \cdot \frac{\partial(T \cdot \rho \cdot c)}{\partial x_k}}_7 = \underbrace{\frac{\partial}{\partial x_k} \left( \lambda \cdot \frac{\partial T}{\partial x_k} \right)}_8 + \underbrace{\Phi}_9, \quad (3)$$

ahol:

— a Navier-Stokes egyenlet tagjai:

1. impulzus instacionárius változása,
  2. tehetetlenségi erő,
  3. nyomóerő,
  4. súrlódási erő,
  5. külső (gravitációs) erő,
- az energiaegyenlet tagjai:
6. a belső energia instacionárius változása,
  7. a konvekciós hőáram nagysága,
  8. a vezetési hőáram nagysága,
  9. a belső forrástág.

A fenti egyenleteket a sebesség  $v_k$  ( $k = 1, 2, 3$ ), a nyomás  $p$  és a hőmérséklet  $T$  változókra kell megoldani. Ez 5 nem lineáris parciális differenciálegyenlet 5 ismeretlenre, ami elméletileg numerikus úton megoldható. Természetesen ezt az egyenletrendszert ilyen formában ma még számítástechnikailag nem lehet megoldani, szükség van tehát különböző egyszerűsítések és elhanyagolások elvégzésére. Elhanyagolásokat csak az olvasztási technológia alapos ismeretében tehetünk. Ezeket az elhanyagolásokat a további fejezetekben részletesebben vizsgáljuk.

#### 3.1.2. A differenciálegyenletek egyszerűsítése

Az eddigi matematikai modellek többsége kétdimenziós modell volt. Ezeknél sok helyen új változóként vezették be az  $\omega$  rotáció és a  $\Psi$  áramfüggvény változókat a következő, definíció szerint:

$$v_x = \frac{\partial \Psi}{\partial y}, \quad v_y = -\frac{\partial \Psi}{\partial x}, \quad (4)$$

$$\omega = \text{div grad } \Psi. \quad (5)$$

Ekkor a Navier-Stokes egyenletre a rot operátort alkalmazva a  $p$  nyomás eliminálható, és az egyenletrendszer az  $\omega$  rotáció változóra nézve továbbra is másodfokú, parciális differenciálegyenlet marad. Ebben a differenciálegyenletben azonban már csak egy változó, a rotáció marad, amelyre a differenciálegyenlet közvetlenül megoldható. Az  $\omega$  meghatározása után az (5) egyenletből  $\Psi$ , majd a (4) egyenletből a sebességeloszlás meghatározható.

A Navier-Stokes és az energiaegyenlet egyes tagjai a következő megfontolások alapján hanyagolhatók el, illetve egyszerűsíthetők:

— A matematikai modellek során első közelítésben elégséges a kemence stacionárius állapotát vizsgálni, és ekkor az instacionárius tagok a differenciálegyenletekben elhanyagolhatók:  $\frac{\partial}{\partial t} = 0$ .

— Az üveglvadékban a hőátadás hőszállítással (konvekció), hővezetéssel (kondukción) és hő-sugárzással (radiáció) történik. A konvekciót a differenciálegyenlet 7. tagja, a hővezetést pedig a 8. tagja tartalmazza. A sugárzásos hőátadás figyelembe vétele különböző kutatóknál különböző módon történt. A hőszugárzást vagy a hő-vezetéssel együtt vették figyelembe, vagy a belső forrástág tartalmazta, vagy elhanyagolták. Mivel a hőátadási formák közül a hőszugárzásnak a hő-mérsékleti mező kialakítására nagy jelentősége van, — különösen fehér üvegek esetén, — ezért a sugárzásos hőátadás számításának módja jelentő-



Szerző	impulzusáram instacionárius változása	tehetetlenségi erő	nyomóerő	súrlódási erő	gravitációs erő
von Peschke [5]	—	—	—	$\eta \cdot \text{div grad } w$	$\rho_0 \cdot g \cdot \beta \cdot \frac{\partial T}{\partial X}$
Trier [6]	—	—	$-\text{grad } P$	$\text{div}(\eta \cdot R_{ij})$ (*)	$\rho \cdot g$
Leyens [7]	—	—	—	$\eta \cdot \text{div grad } w$	$\rho \cdot g$
Noble, Clomburg, ... [8]	$\rho_0 \cdot \frac{\partial w}{\partial t}$	$\rho_0 \cdot (v \cdot \text{grad})w$	—	$\text{div}(\eta \cdot \text{grad } w)$	$\rho_0 \cdot g \cdot \beta \cdot \frac{\partial T}{\partial X}$
Wright, Rawson [9]	$\rho_0 \cdot \frac{\partial w}{\partial t}$	$\rho_0 \cdot (v \cdot \text{grad})w$	—	$\eta \cdot \text{div grad } w$	$\rho_0 \cdot g \cdot \beta \cdot \frac{\partial T}{\partial X}$
Burley, Moulton, ... [10]	$\rho_0 \cdot \frac{\partial w}{\partial t}$	$\rho_0 \cdot (v \cdot \text{grad})w$	—	$\eta \cdot \text{div grad } w$	$\rho_0 \cdot g \cdot \beta \cdot \frac{\partial T}{\partial X}$
Skrivan, Stefan [11]	$\rho \cdot \frac{\partial v}{\partial t}$	$\rho \cdot (v \cdot \text{grad})v$	$-\text{grad } P$	$\text{div}(\eta \cdot R_{ij})$ (*)	$\rho \cdot g$
Dreyer, Hilbig [13]	—	—	—	—	—
Hayakowa, ... [14]	—	—	—	$\text{div}(\eta \cdot R_{ij})$ (*)	$\rho_0 \cdot g \cdot \beta \cdot \frac{\partial T}{\partial X}$
Oszipkov, Popov ... [15]	$\rho \cdot \frac{\partial v}{\partial t}$	$\rho \cdot (v \cdot \text{grad})v$	$-\text{grad } P$	$\text{div}(\eta \cdot R_{ij})$ (*)	$\rho \cdot g$
Schmid [16], [20]	—	—	—	$\eta \cdot \text{div grad } w$	$\rho_0 \cdot g \cdot \beta \cdot \frac{\partial T}{\partial X}$
Popov [17]	—	—	$-\text{grad } P$	$\eta \cdot \text{div grad } v$	$\rho_0 \cdot g \cdot \beta g(T - T_0)$
Mase, Oda [18]	—	—	$-\text{grad } P$	$\text{div}(\eta \cdot R_{ij})$ (*)	$\rho_0 \cdot v \cdot \beta \cdot (T - T_0)$
Moulton [19]	—	$\rho \cdot (v \cdot \text{grad})v$	$-\text{grad } P$	$\text{div}(\eta \cdot \text{grad } v) + \text{grad}(\eta \cdot \text{div } v)$	$\rho \cdot g$
Bärwoff [21]	—	$\rho \cdot (v \cdot \text{grad})v$	$-\text{grad } P$	$\text{div}(\eta \cdot R_{ij})$ (*)	$\rho \cdot g$
Gajewsky, Zschocher [22]	—	—	$-\text{grad } P$	$\text{div}(\eta \cdot \text{grad } v)$	$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3^{(**)}$

(\*) Feszültségtenzor (tenzor írásmódban):  $R_{ij} = \frac{\partial v_i}{\partial x_j} + \frac{\partial v_j}{\partial x_i}$

(\*\*) Felhajtóerő:  $\alpha_1$  — hőmérsékletgradiensből származik;  $\alpha_2$  — megnövekedett buboréktartalomtól származó, rétegek között hat;  $\alpha_3$  — Bubbling által okozott

sen befolyásolja a kapott eredmények pontosságát.

A konvekciós és a vezetéses hőátadási formák számítása mindenütt ugyanazon az elven történt.

- Az üveglvadék viszkozitása nagyon nagy, még a legmelegebb helyeken is a Reynolds-szám sokkal kisebb 1-nél. Ekkor az üveglvasztó kemencében ún. kúszóáramlás alakul ki, vagyis a Navier-Stokes egyenletben a tehetetlenségi erő, az energiaegyenletben pedig a disszipációs munka elhanyagolható. A disszipációs munka tagot az energiaegyenlet belső forrástagja tartalmazza.

- A Navier—Stokes egyenletben a rot operátort alkalmazva a nyomóerő matematikailag eliminálható.

- A Navier—Stokes egyenletben a gravitációs erő és a súrlódási erő hatása semmiképp sem hanyagolható el, hiszen ezek együttes hatása felelős döntő mértékben a kialakult sebességeloszlásért.

A matematikai modell megfogalmazása során a Navier—Stokes és az energiaegyenletben az egyes szerzők által figyelembe vett, illetve elhanyagolt tagokat a 2. és a 3. táblázat tartalmazza.



### 3.1.3 A differenciálegyenletekben az anyagi tulajdonságok figyelembe vétele

Az üveglvadék sebesség- és hőmérsékleteloszlását meghatározó (1), (2) és (3) differenciálegyenletek tartalmazzák a meghatározandó változókon kívül az üveglvadék anyagi tulajdonságait leíró mennyiségeket is. Ezek a sűrűség, dinamikai viszkozitás, fajhő és a hővezetési tényező. Az egyes tulajdonságok természetesen a kémiai összetétel, a nyomás és a hő-

mérséklet függvényei. Mivel a modellezés során az üveglvadékat kémiaiilag homogén folyadéknak tekintettük, így az egyes fizikai tulajdonságoknak az összetétel változásától való függését nem szükséges figyelembe vennünk. (Természetesen ezt az elhanyagolást nem tehetjük meg, ha figyelembe akarjuk venni az üveglvadék áramlásának leírásánál az egyes üveglvadékomponensek koncentrációeloszlását is.) Az egyes tulajdonságok nyomástól való függése elhanyagolhatóan kicsi, ezért a továbbiakban

Az energiaegyenlet

3. táblázat

Szerző	belső energia instacionárius változása	konvekciós hőáram	vezetési (*) hőáram	belső forrástag
von Peschke [5]	—	$\rho \cdot c \cdot v \cdot \text{grad } T$	$\lambda \cdot \text{div grad } T$	—
Trier [6]	—	$\rho \cdot c \cdot v \cdot \text{grad } T$	$\lambda \cdot \text{div grad } T$	—
Leyens [7]	$\rho \cdot c \cdot \frac{\partial T}{\partial t}$	$\rho \cdot c \cdot v \cdot \text{grad } T$	$\lambda_{\text{eff}} \cdot \text{div grad } T$	—
Noble, Clombrg, ... [8]	$\rho \cdot c \cdot \frac{\partial T}{\partial t}$	$\rho \cdot c \cdot v \cdot \text{grad } T$	$\text{div}(\lambda_{\text{eff}} \cdot \text{grad } T)$	—
Wright, Rawson [9]	$\rho \cdot c \cdot \frac{\partial T}{\partial t}$	$\rho \cdot c \cdot v \cdot \text{grad } T$	$\lambda \cdot \text{div grad } T$	—
Burley, Moul, ... [10]	$\rho \cdot c \cdot \frac{\partial T}{\partial t}$	$\rho \cdot c \cdot v \cdot \text{grad } T$	$\lambda \cdot \text{div grad } T$	—
Skrivan, Stefan [11]	$\rho \cdot c \cdot \frac{\partial T}{\partial t}$	$\rho \cdot c \cdot \text{div}(v \cdot T)$	$\text{div}(\lambda \cdot \text{grad } T)$	$\sum q$
Dreyer, Hilbig [13]	$\rho \cdot c \cdot \frac{\partial T}{\partial t}$	—	$\lambda \cdot \text{div grad } T$	$\frac{4}{3} \frac{\sigma n^2}{a} (\text{div grad } T^4) + W$
Hayakowa, ... [14]	—	$\rho \cdot c \cdot v \cdot \text{grad } T$	$\lambda \cdot \text{div grad } T$	—
Oszipov, Popov [15]	$\frac{\partial E_b}{\partial t}$	$\text{div}(v \cdot E_b)$	$\text{div}(\lambda_{\text{eff}} \cdot \text{grad } T)$	—
Schmid [16], [20]	—	$\rho \cdot c \cdot v \cdot \text{grad } T$	$\text{div}(\lambda_{\text{eff}} \cdot \text{grad } T)$	—
Popov [17]	—	$\rho \cdot c \cdot v \cdot \text{grad } T$	$\lambda \cdot \text{div grad } T$	—
Mase, Oda [18]	—	$\rho \cdot c \cdot v \cdot \text{grad } T$	$\text{div}(\lambda_{\text{eff}} \cdot \text{grad } T)$	—
Moul [19] (**)	—	$\text{div}(\Gamma_h \cdot v \cdot \bar{h})$	$\text{div}(v_h \cdot \text{grad } \bar{h})$	—
Bärwolff [21]	—	$\rho \cdot c \cdot v \cdot \text{grad } T$	$\text{div}(\lambda_{\text{eff}} \cdot \text{grad } T)$	f
Gajewski, Zschocher [22]	A hőmérsékleteloszlást mérésrel határozták meg.			

(\*) Sok szerző a sugárzásos hőáramot is a vezetési hőárammal analóg módon veszi figyelembe, így definiál egy effektív hővezetési tényezőt  $\lambda_{\text{eff}}$ , ahol  $\lambda_{\text{eff}} = \lambda_{\text{vez}} + \lambda_{\text{sug}}$ .

(\*\*) Moul az energiaegyenletet egy általánosabb alakban írja fel. Jelölései:

$$\bar{h} = c_p \cdot T + \frac{u^2 + v^2 + w^2}{2} \quad \text{stagnálási entalpia}$$

$\Gamma_h$  kicserélődési együttható

A szokásos módon felírt energiaegyenlet ennek az egyenletnek egy speciális egyszerűsített esete.



az anyagi jellemzőknek csak a hőmérsékletfüggését vesszük figyelembe.

Ezek után tekintsük át, hogy az egyes anyagi tulajdonságokat leíró mennyiségek hőmérsékletfüggésére milyen összefüggéseket használtak a matematikai modellezés során:

- A sűrűség meghatározására szinte kivétel nélkül a Boussinesq-approximációt használták. Ez azt jelenti, hogy a sűrűséget mindenhol konstansnak tekintik, kivéve a Navier–Stokes egyenlet gravitációs erő tagját. Itt a

$$\rho = \rho_0 \cdot (1 - \beta \cdot (T - T_0)) \quad (6)$$

összefüggés érvényes, ahol  $\beta$  a köbös hőtágulási együttható,  $\rho_0$  a sűrűség adott  $T_0$  hőmérsékleten,  $T$  pedig a hőmérsékletet jelenti. A gravitációs erő változása a létrejött felhajtóerőnek az oka, ami a kialakult konvekciós áramlásokért felelős.

- A dinamikai viszkozitás számítása többféleképpen lehetséges. Legáltalánosabb a Vogel-Fulcher-Tamman egyenlettel való számolás:

$$\log \eta = -A + \frac{B}{T - T_0}, \quad (7)$$

ahol  $A, B$  és  $T_0$  állandókat az üveg oxidos összetétele függvényében additív úton lehet meghatározni. Léteznek természetesen a dinamikai viszkozitás számítására más közelítő összefüggések is, amelyek részletes ismertetésétől most eltekintünk. [50–51]

- Az üvegolvadék fajhőjének meghatározására is több közelítő módszer ismeretes. [52–53] Általánosan elterjedt a SHARP és GINTHER módszer, de gyakran alkalmaznak más approximációs közelítő eljárást a fajhő számítására. Példaképp bemutatjuk a már említett SHARP és GINTHER által adott összefüggést:

$$C_p \Big|_0^t = \frac{a \cdot t + c_0}{b \cdot t + 1}$$

ahol  $a, b$  és  $c_0$  konstansok az összetételből additíve számíthatók [52].

- A hővezetési tényező számítása általában mért adatok alapján felvett regressziós görbe szerint, vagy az összetételből additív úton történhet. Ezek a számítások szintén mind mérési adatokra épülnek. Sok esetben a hővezetési tényező értékének hőmérsékletfüggését elhanyagolják és konstansnak veszik.

Az egyes anyagi tulajdonságok számítására többek közt VOLF [54] és MÜHLBAUER [50] adnak meg eljárásokat.

Az egyes matematikai modellekben a differenciálegyenlet felírásakor általában elhanyagolták az anyagi tulajdonságokat leíró mennyiségek hőmérsékletfüggését, konstansként kezelték őket, és így kiemelték azokat a differenciáloperátorok elé. A numerikus megoldás során pedig az egyes csomópontokban minden egyes anyagi állandó értékét az aktuális pontbeli hőmérsékletnek megfelelően számították ki.

A sugárzásos hőátadás szerepét és a matematikai modellben történő figyelembevételét külön kell meg-

vizsgálunk. Az üvegolvadék a sugárzás szempontjából egy félig áteresztő közeg, amely bizonyos hullámhosszú elektromágneses sugárzást abszorbeál és ugyanakkor önmaga is emittál. Az üvegolvadék abszorpciós hullámhossz-tartománya  $0,2 - 0,5 \mu\text{m}$  között van. [55, 56] A kemence tűzteréből érkező sugárzás az üvegolvadék legfelső rétegeiben elnyelődik, de mivel az olvadék magas hőmérsékleten maga is emittál sugárzást, így az olvadék belsejében a hőátadás döntően a sugárzás által történik. [57, 58]

Az üvegolvadékon belüli sugárzás számításával eddig sok kutató foglalkozott. Ezekről az elméletekről RAWSON [57], HUHMANN–KOTZ [58], NOVOTNY és KADLCEK [59], VISKANTA [60, 61] és HILBIG [62] adnak áttekintést. A sugárzás diffúz jellegét figyelembevéve a sugárzást sok helyen hővezetéssel analóg módon számították az energiaegyenletben. Ez azt jelenti, hogy definiálható egy ún. „sugárzási hővezetőképesség”  $\lambda_{\text{sug}}$ . Ekkor az energiaegyenletben a hővezetést kifejező tagban a hővezetőképesség  $\lambda$  helyett egy effektív hővezetőképesség  $\lambda_{\text{eff}}$  szerepel, amely a valódi (azaz vezetési) hővezetőképességből  $\lambda_{\text{vez}}$  és a sugárzásos hővezetőképességből  $\lambda_{\text{sug}}$  tevődik össze:

$$\lambda_{\text{eff}} = \lambda_{\text{vez}} + \lambda_{\text{sug}}. \quad (9)$$

A sugárzásos hővezetőképesség számítására sok közelítő formula terjedt el. A legáltalánosabban használt képlet a Rosseland-közelítés [57, 60, 61]:

$$\lambda_{\text{sug}} = \frac{16}{3} \cdot n^2 \cdot T^3 \cdot \gamma^{-1} \cdot \sigma, \quad (10)$$

ahol  $n$  az olvadék optikai törésmutatója,  $\sigma$  az abszolút feketetest sugárzási állandója,  $T$  az üveg abszolút hőmérséklete és  $\gamma$  az üvegolvadék abszorpciós együtthatója. Ez a közelítés viszont csak optikailag sűrű közegre, peremtől távol eső pontokra ad elfogadható pontosságu értékeket. A  $\lambda_{\text{sug}}$  pontosabban elméleti meghatározására STEFAN [63, 64] és HILBIG [62] vezettek el különböző matematikai összefüggéseket, valamint CZERNY, GENZEL és GEFFCKEN kutatásainak eredményeit HUHMANN–KOTZ [58] foglalta össze. COENEN [55] valamint BLAZEK és munkatársai [56] mérésrel határozták meg üvegolvadékok abszorpciós együtthatóját, és ennek alapján számolták az olvadék sugárzásos vezetőképességét.

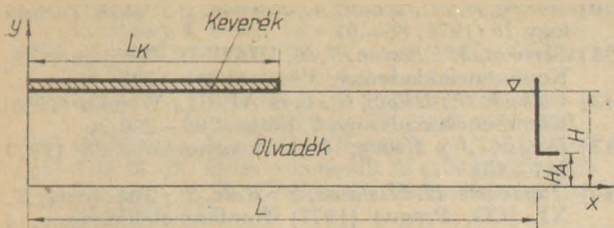
A matematikai modellek során a sugárzást több esetben elhanyagolták [5, 6, 9, 10, 14, 17], sok helyen valamilyen közelítő eljárással számított sugárzási hővezetőképesség meghatározásával vették figyelembe [7, 8, 15, 16, 18, 19, 20, 21] és néhány munkában a forrástagba foglalták [11, 13].

Az anyagi tulajdonságokat leíró fizikai mennyiségeknek az egyes matematikai modellekben történő figyelembevételéről a 2. és 3. táblázatokhoz hasonló jellegű összefoglaló táblázat sajnos nem készíthető, mert az egyes modelleket leíró publikációk ezeket az adatokat sokszor hiányosan adták meg.

### 3.2. Peremfeltételek

A matematikai modell megalkotásakor a differenciálegyenletek megoldásához szükségünk van a differenciálegyenletek peremfeltételeire. A peremfeltételeket a modell által meghatározott tér határfeületein a





1. ábra: Egy hagyományos lángtüzelésű kemence olvasztókádjának hosszmetSZete a medence szimmetriasiKijában

differenciálegyenlet változóira kell felírni. Ezek a  $v$  sebesség,  $p$  nyomás és  $T$  hőmérséklet.

A peremfeltételek meghatározásának módja modellenként más és más. Sok publikáció a felvett peremfeltételeket csak hiányosan adja meg, ezért egy összefoglaló táblázat, amely az egyes matematikai modellek peremfeltételeit tartalmazná, csak hiányosan készíthető el. Ehelyett meg adjuk az egyes peremfeltételeket leíró összefüggéseket és azok fizikai tartalmát.

Egy hagyományos lángtüzelésű üvegolvasztó kemence olvasztókádjának hosszirányú kétdimenziós metszete az 1. ábrán látható. Az olvasztókád hossza  $L$ , magassága  $H$ , a keverékszönyeg  $L_K$  hosszú és az átfolyó magassága  $H_A$ . Így a határoló felületek: keverékszönyeg alsó határoló felülete ( $0 \leq x \leq L_K$ ,  $y = H$ ), a szabad olvadékfelszín ( $L_K \leq x \leq L$ ,  $y = H$ ), kemencefenék ( $0 \leq x \leq L$ ,  $y = 0$ ), átfolyó beömlő nyílása ( $x = L$ ,  $0 \leq y \leq H_A$ ), adagoló és átfolyó felöli homlokfalak ( $x = 0$ ,  $0 \leq y \leq H$  és  $x = L$ ,  $H_A \leq y \leq H$ ) és az oldalfalak (ezekkel külön nem foglalkozunk, rájuk ugyanazok az összefüggések érvényesek, mint a homlokfalakra).

A keverékszönyeg alsó határán folyamatos a keverék beoldódása. Ennek mértéke a kemence stacionárius üzemmódjában a kidolgozási teljesítménynek felel meg. A modell szempontjából elfogadható az a közelítés, hogy a beoldódáskor a vízszintes irányú sebességkomponenseket elhanyagoljuk, és így a függőleges irányú sebességkomponens értékét a beoldódó anyagáram, vagyis a kemence kidolgozási teljesítménye szabja meg. Általában megengedhető az a feltételezés, hogy a beoldódás a keverékszönyegből egyenletes, ekkor a függőleges irányú sebességkomponens az egész felületen konstans. A nyomást a kemence tényomása és a keverékszönyeg súlya együttesen határozzák meg. A keverékszönyeg és üvegolvadék határán definiálható a keverékösszetételtől függően egy olyan olvadási hőmérséklet, amelyen már a szilikátképződési reakciók befejeződtek és egy homogen olvadékfázis alakult ki. A hőmérsékleti peremfeltétel meghatározására létezik egy másik mód is. Ez a határfelületen felületelemként az olvadék által leadott hőáramot a keverékszönyeg által felvett hőárammal teszi egyenlővé. A peremfeltételek fizikai tartalma szerinti vizsgálata szempontjából ez az utóbbi eljárás pontosabb, viszont a matematikai problémát sokkal bonyolultabbá teszi, és ez esetben szükség van a keverékszönyegen belüli hőmérsékleteloszlás vizsgálatára is.

A szabad olvadékfelszínen a függőleges irányú sebességkomponens nulla, valamint nyíróerő hiányában a vízszintes irányú sebességkomponensek függőleges

irányú deriváltjai is nullák. A nyomás megegyezik a kemencefenék nyomásával. Nehezebb viszont a hőmérsékleti peremfeltétel meghatározása. Itt szintén felületegységenként egyenlővé kell tenni az üvegolvadék által felvett és a tűztér által leadott hőáramokat. Ez azért nagyon bonyolult probléma, mert a tűztérben a hőátadási viszonyokat még durva közelítés esetében is csak egy bonyolult egyenletrendszerrel lehet leírni, és ez az egyenletrendszer együttesen határozza meg az üvegolvadéknak leadott hőáramot. Emiatt a problémák miatt szokásos a matematikai modell felvételénél ezen a határfelületen egy az üvegiipari gyakorlatnak megfelelő hőmérsékleteloszlást definiálni.

Az átfolyó beömlőnyílásán a sebességeloszlás megfelel egy zárt csatornában áramló folyadék áramlásának. Ennek megfelelően a függőleges irányú és a vízszintes keresztirányú sebességkomponensek értéke nulla. Nullától eltérő értéke a vízszintes hosszirányú sebességkomponensnek van. Az átáramlás sebességprofilját az olvadék viszkozitása és az átfolyó geometriája határozzák meg. Az átlagsebesség az üvegolvasztó kemence kidolgozási teljesítményéből és az átfolyó keresztmetszetéből számítható. A modellezési gyakorlatban általában elégséges, ha az átfolyóba való beáramláskor a teljes határfelületen az átlagsebességet vesszük csupán figyelembe. A nyomás a keverékszönyeg és üvegolvadék határfelületére és az átfolyó beömlőnyílására felírt Bernoulli egyenletből meghatározható. Az átfolyóba áramló üvegolvadék átlaghőmérséklete az olvasztókád energiamérlegéből számítható.

A kemencefenékre, a homlok- és oldalfalakra ugyanazok a peremfeltételek igazak. A fal melletti tapadási feltétel miatt a sebesség nulla, a nyomást viszont csak a sebességmező ismeretében határozhatjuk meg. A hőmérsékleteloszlás peremfeltételére ez esetben is felületegységenként az üvegolvadék által leadott és a felfelületen keresztül átadott hőáramok egyenlősége írható fel. A kemence falzatának ismeretében ez az egyenlet könnyen felírható, és ún. harmadfokú peremfeltételhez vezet. Több matematikai modellben a számítás egyszerűsítése érdekében a falzatok mentén is előre megadott hőmérsékleteloszlást használtak peremfeltételnek.

A kétdimenziós matematikai modellek többségében a  $v$  sebesség és  $p$  nyomás változók helyett az  $\mu$  rotációs és  $\varphi$  áramfüggvényt vezették be. Ekkor természetesen a peremfeltételeket is ezekre az új változókra kell megadni. A sebesség peremfeltételeinek ismeretében az áramfüggvényre a peremfeltételek az áramfüggvény (4) egyenletben megadott definíciója alapján meghatározhatók. A rotációt meghatározó egyenletből (5) viszont látható, hogy a rotáció peremfeltételei nemcsak a határfelületektől, hanem magától a mezőtől is függenek, így nem lehet őket előre megadni.

A matematikai modell pontossága nagy mértékben függ a megadott peremfeltételek pontosságától, így minden modell megalkotása során nagy súlyt kell fektetni a peremfeltételek felvétele során tett közelítések, elhanyagolások megbízhatóságára.



#### 4. Összefoglalás

Az üvegolvadék sebesség- és hőmérsékleteloszlásának matematikai modellel csupán első lépése az üvegolvasztás folyamatai matematikai leírásának. Ugyanakkor ez a matematikai modellezés önmagában olyan bonyolult és összetett probléma, hogy ezidáig csak globális egyszerűsítésekkel és kevés kivétellel csupán kétdimenziós esetre oldották meg.

Ebben a tanulmányunkban rendszereztük és csoportosítottuk az üvegolvasztás matematikai modellezését leíró publikációk többségét, majd külön elemeztük azokat, amelyek hagyományos lángtüzelésű kemencék olvasztókádjában írják le az üvegolvadék áramlási viszonyait és hőmérsékleteloszlását. Az egyes matematikai modellek megalkotói a felírt differenciálegyenletrendszer különböző numerikus úton oldották meg. Ezeket a numerikus eljárásokat nem elemezzük, mert ez nagyban a rendelkezésre álló számítástechnikai lehetőségek függvénye, továbbá ha a numerikus eljárás stabil és konvergens, akkor a modell hibáját elsősorban a matematikai modell felírása során tett elhanyagolások szabják meg. (Természetesen a numerikus eljárás által okozott hiba sem hanyagolható el, de a modell felírásakor alkalmazott közelítések sokkal durvább hibát okozhatnak.)

Az eddigi matematikai modellek eredményei éppen a modell megalkotása során tett elhanyagolások, közelítések, a numerikus módszer hibája, valamint a modell kétdimenziós volta miatt csak közelítő pontossággal igazak. Ez azt jelenti, hogy az áramlások jellegére levont következtetések, tendenciák helyesnek fogadhatók el, de a sebességek és a hőmérsékletek értékeinek abszolút értéke sokszor eltérhet a valóságtól. A kétdimenziós modellek nagy hibája, hogy nem veszi figyelembe a keresztirányú áramlásokat. Egy valós képet a kemencében kialakult áramlásokról és hőmérsékleti viszonyokról csak egy háromdimenziós matematikai modellel nyerhetünk. Egy megfelelő pontosságú háromdimenziós matematikai modell ma már elsősorban a rendelkezésre álló számítógépek sebességének és kapacitásának függvénye. A számítástechnika mai rohamos fejlődése lehetővé teszi a közeljövőben a háromdimenziós matematikai modellezés általános elterjedését, ami az üvegolvadékban lejátszódó tisztulási és homogenizálódási folyamatok matematikai vizsgálatának az alapja.

#### IRODALOM

- [1] *Hrma, P.*: Sklár a keramik 31 (1981) 36 – 40
- [2] *Hilbig, G.*: 8. IBAUSIL, Weimar (1982); Konferenciakiadvány, 4. kötet: 1 – 10. o.
- [3] *Völksch, G.*: Hilbig, G.: Sklár a keramik 27 (1977) 338 – 341
- [4] *Szokolov, A. A.*: Sztyeklo i keramika 24 (1967), Nr. 2., 1 – 4
- [5] *Von Peschke, J.*: Glastechnische Berichte 38 (1965) 276 – 281
- [6] *Trier, W.*: Glastechnische Berichte 38 (1965) 282 – 292
- [7] *Leyens, G.*: I. rész: Glastechnische Berichte 47 (1974) 251 – 259  
II. rész: Glastechnische Berichte 47 (1974) 261 – 270
- [8] *Noble, J. J.*: *Clomburg, L. A.*; *Sarofilm, A. F.*; *Hottel, A. C.*: Trans. ASME, J. Heat Transfer (1972) 149 – 154
- [9] *Wright, S.*; *Rawson, H.*: Glass Technology 14 (1973), 42 – 49
- [10] *Burley, D. M.*; *Moult, A.*; *Rawson, H.*: Glass Technology 19 (1978) 86 – 91
- [11] *Skrivan, M.*; *Stefan, J.*: 6. IBAUSIL, Weimar (1976), Konferenciakiadvány, 3. kötet: 218 – 223. o.
- [12] *Völksch, G.*; *Hilbig, G.*: 6. IBAUSIL, Weimar (1976), Konferenciakiadvány, 3. kötet: 290 – 296. o.
- [13] *Dreyer, J.*; *Kilbig, G.*: Silokattechnik 28 (1977) 247 – 251
- [14] *Hayakawa, H.*; *Mishima, M.*; *Kato, T.*; *Takahashi, K.*: XI. ICG, Prague (1977) Konferenciakiadvány, 4. kötet: 33 – 42. o.
- [15] *Oszipkov, L. P.*; *Popov, V. V.*; *Szmirnova, E. P.*: Fizika i himija sztyekla 4 (1978) 609 – 615
- [16] *Schmid F.*: 7. IBAUSIL, Weimar (1979), Konferenciakiadvány, 4. kötet: 92 – 95. o.
- [17] *Popov, V. V.*: Fizika i himija sztyekla 6 (1980) 493 – 497
- [18] *Mase, H.*; *Oda, K.*: XII. ICG, Albuquerque (1980) Konferenciakiadvány: Journal of Non-Crystalline Solids 38839 (1980) 807 – 812
- [19] *Moult, A.*: Glass Technology 23 (1982), 106 – 112. o.
- [20] *Schmid F.*: 8. IBAUSIL, Weimar (1982), Konferenciakiadvány, 4. kötet: 36 – 40. o.
- [21] *Bärwolff, G.*: Silikattechnik 35 (1984) 132 – 134
- [22] *Gajewsky H.*; *Zschocher, H.*:  
I. rész: Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule für Architektur und Bauwesen, Weimar, 19 (1972) 315 – 322  
II. rész: Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule für Architektur und Bauwesen, Weimar 19 (1972) 401 – 408
- [23] *Austin, M. J.*: Glass Technology 11 (1970) 128 – 134
- [24] *Curran, R. L.*: IEEE Transactions on Industry and General Applications, Vol. IGA-7. (1971) 116 – 129
- [25] *Curran, R. L.*: IEEE Transactions on Industry and General Applications, Vol. IGA-9, (1973) 348 – 357
- [26] *Austin, M. J.*; *Bourne, D. E.*: Glass Technology 14 (1973) 78 – 84
- [27] *Stefan, J.*; *Skrivan, M.*: Silikatny 23 (1979), 233 – 243
- [28] *Hofmann, O. R.*: 7. IBAUSIL, Weimar (1979), Konferenciakiadvány, 4. kötet: 87 – 91. o.
- [29] *Mardorf, L.*; *Woelk, G.*: Glastechnische Berichte 56 (1983) 73 – 84
- [30] *Chen T.-S.*; *Goodson, R. E.*: Glass Technology 13 (1972) 161 – 167
- [31] *Hilbig, G.*: Silikattechnik 25 (1974) 345 – 350
- [32] *Riederer, A.*: XI. ICG, Prague (1977), Konferenciakiadvány, 4. kötet: 55 – 64. o.
- [33] *Werner U.-J.*: 7. IBAUSIL, Weimar (1979), Konferenciakiadvány, 4. kötet: 103 – 108. o.
- [34] *Andrusieczko A.*; *Wincenciak, S.*: 8. IBAUSIL, Weimar (1982), Konferenciakiadvány, 4. kötet: 29 – 35. o.
- [35] *Duffin J. H.*: American Ceramic Society Bulletin 49 (1970), 180 – 187
- [36] *Braun – Angott P.*: Glastechnische Berichte 45 (1972) 261 – 270
- [37] *Hearn, G. E.*; *Booth, F.*: Glass Technology 15 (1974), 81 – 86
- [38] *Harrison, D.*; *Whitemann, J. R.*: Numerical solution of a two dimensional coupled viscous flow/heat transfer problem. A Brunel Egyetem kiadványa, (1979)
- [39] *Harrison, D.*; *Whitemann, J. R.*: Numerical techniques for flow the of molten glass in a forehearth. A Brunel Egyetem kiadványa, (1979)
- [40] *Weir, G. J.*; *White, S. P.*: Glass Technology 23 (1982) 113 – 119
- [41] *Carling, J. C.*: Glastechnische Berichte 49 (1976) 269 – 277
- [42] *Carling, J. C.*: Glass Technology 23 (1982) 201 – 222
- [43] *Wilming, H.*; *Woelk, G.*: Glastechnische Berichte 54 (1981) 120 – 130
- [44] *Mercier, P.*; *Deville, M.*: Glastechnische Berichte 52 (1979) 131 – 140
- [45] *Fuhrmann, H.*: I. rész: Glastechnische Berichte 46 (1973) 201 – 208  
II. rész: Glastechnische Berichte 46 (1973) 209 – 218
- [46] *Viskanta, R.*; *Xigi Wu*: Glastechnische Berichte 56 (1983) 138 – 147



- [47] *Hilbig, G.*: 7. IBAUIL, Weimar (1979), Konferenciakiadvány 4. kötet: 80 – 86. o.
- [48] *Oberst, G.*: 8. IBAUSIL, Weimar (1982), Konferenciakiadvány 4. kötet: 48 – 52. o.
- [49] *Schill, P.*: I. rész: *Silikaty 26* (1982) 155 – 163  
II. rész: *Silikaty 26* (1982) 209 – 222
- [50] *Mühlbauer, M.*: *Sklár a keramik 30* (1980) 216 – 225
- [51] *Volf M. B.*: *Sklár a keramik 32* (1982) 333 – 338
- [52] *Schwiete, H. E.*; *Ziegler, G.*: *Glastechnische Berichet 28* (1955) 137 – 146
- [53] *Coenen M.*: *Glastechnische Berichte 50* (1977) 115 – 120
- [54] *Volf, M. B.*: *Üvegipari táblázatok és számítások, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1956*
- [55] *Coenen, M.*: *Glastechnische Berichte 41* (1968) 1 – 10
- [56] *Blazek, A.*; *Endrysz, J.*; *Kada, J.*; *Stanek, J.*: *Glastechnische Berichte 49* (1976) 75 – 81
- [57] *Rawson, H.*: *Physics in Technology 5* (1974) 91 – 114
- [58] *Huhmann-Kotz, I.*: *Glastechnische Berichte 32* (1959) 189 – 197
- [59] *Novotny, F.*; *Kadlec, A.*: *Sklar a keramik 32* (1982) 203 – 207
- [60] *Viskanta, R.*; *Grosh, R. J.*: *Transactions of the ASME, Journal of Heat Transfer* (1962) 63 – 72
- [61] *Viskanta, R.*: *Transactions of the ASME, Journal of Heat Transfer* (1963) 318 – 328
- [62] *Hilbig, G.*: *Silikatechnik 24* (1973) 338 – 342
- [63] *Stefan, J.*: I. rész: *Sklár a keramik 24* (1974) 192 – 197  
II. rész: *Sklár a keramik 24* (1974) 221 – 226
- [64] *Stefan, J.*; *Coufalova, E.*: *Sklár a keramik 25* (1975) 135 – 140

*Horváth Zsolt*: Az üvegolvadék sebesség- és hőmérséklet-csökkenésének meghatározása matematikai modellezzel

A tanulmányban levezettük az üvegolvasztás során az üvegolvadék áramlási és hőtadási folyamatait leíró differenciálegyenlet-rendszert. Vizsgáltuk továbbá a differenciálegyenleteken elvégezhető egyszerűsítések lehetőségeit,

valamint a peremfeltételek különböző felvételi módjait, s ezek fizikai tartalmát. Ennek tükrében összefoglaltuk és rendszereztük az eddig publikált matematikai modelleket.

*Хорват, Ж.*: Определение распределения скоростей и температур стеклорасплава методом математического моделирования

Была выведена система дифференциальных уравнений, описывающих процессы течения стеклорасплавов и теплоотдачи при стекловарении. Были проведены испытания возможностей упрощения дифференциальных уравнений, различных методов снятия условий окрашивания, а также их физического содержания. Были обобщены и систематизированы опубликованные до сего времени математические модели.

*Horváth, Zsolt*: Die Bestimmung der Geschwindkeits- und Temperaturverteilung der Glasschmelze durch mathematische Modellierung

In der Arbeit wurde das die Strömungs-, und Wärmeübergangsvorgänge der Glasschmelze beschreibende Differentialgleichung-System abgeleitet. Weiterhin wurden die Vereinfachungsmöglichkeiten der Differentialgleichungen, die Aufnahmemethode verschiedener Randbedingungen bzw. deren physikalisches Inhalt untersucht. In diesem Hinsicht wurden die bisher publizierten mathematischen Modelle systematisiert und zusammengefasst.

*Horváth, Zsolt*: Determination of the Velocity and Temperature Distribution of Glass Melts by Mathematicam Modeling

The set of differential equations describing the flow and heat transfer processes was deduced and simplification possibilities and determination and physical contents of limiting factors critically discussed. These studies enabled the comparison and evaluation of mathematical models published up to now.

## A világ szilikátiparából

Néhány adat az olasz márványiparról

Az olasz márványipar jelenleg 60 ezer alkalmazottat foglalkoztat, ebből 12 ezer fő a toscanai Carvara és Massa környékén elterülő hagyományos márványkitermelő körzetekben dolgozik. A márványtömbök kitermelését hipermodern, gyémántelű fűrészekkel felszerelt berendezések végzik. Az évi termelés 6,7 Mt. Az olasz márvány legnagyobb vevői Szauz-Arábia és az NSZK 22, illetve 19%-os részesedéssel. (Die Welt, 1985. január 26.)

India és a Szovjetunió csillámszállítási szerződése

Az indiai Mica Trading Corp 3250 tonna, többféle típusú csillám szállításáról írt alá szerződést a Szovjetunióval. A 120 millió Rupias szerződést az 1985. január-október közötti idő-

szakra kötötték, a negyedik negyedévre későbbi időpontban írják alá. A Szovjetunió India legnagyobb csillám vásárlója, évente 150 millió Rupia értékben importál Indiából csillámot.

(Mining Journal, 1985. március 22.)

Francia üzem épít cementgyárat Tunéziában

A francia CLE (Technip csoport) szerződést kötött a Société Tuniso-Algérienne de Ciment Blanc (SOTA-CIB) céggel 210 kt/év kapacitású fehércementgyár létesítésére. A kulcsrakész üzemet délnyugat Tunéziában, az algériai határ közelében, Feriana mellett építhetik fel. A gyár termékét mindkét országban értékesítik. Ez az első ipari létesítmény, amelyet a két állam közösen létesít. Az indítást 1987-re tervezik.

(Zement-Kalk-Gips, 1985. 4.)

Új japán, nagyteljesítményű kerámiák

Teljesítették a hozzájuk fűzött reményeket a Japán Nagyteljesítményű Kerámiák Kutatására létesült Szekuzeti Kutatóintézet. A szilícium-nitrát és szilíciumkarbid kerámiatesetek 1200 °C-on történt 1000 órás hőntartást követően 30 kg/mm<sup>2</sup> szakítószilárdságot mutattak. Öntött fémek részekkel szemben 32,9-szeres (szilikonitrát) és 20,3-szeres (szilíciumkarbid) a tartósságuk. Ezeket a gyártmányokat meleg izosztatikus sajtólással gyártják, de folyik a kutatás a gyártástechnológia javítására a formázás közben megvalósítandó pontosabb hőmérséklet szabályozással. Ezek a kerámiák a jövőben megvalósítandó alkalmazást nyernek turbinalapátként, ahol a hőállóság és nagy méretpontoság elengedhetetlen előfeltétel.

(Industrial Minerals, 1985. április)



# Homlokzati-, burkoló-és klinkertéglák színezése és felületkezelése

BÁLINT PÁL—MATTYASOVSKY ZS. TAMÁS

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

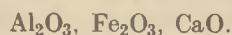
## Bevezetés

A homlokzati-, burkoló- és klinkertéglák egyik fontos jellemzője a fagyállóság és a nagy nyomószilárdság mellett az esztétikus megjelenés. Ennek érdekében az ilyen téglákat egyes országokban több színben és különféle felületi kiképzéssel gyártják. A hazai gyártás fejlesztése érdekében feldolgoztuk és közreadjuk az idevonatkozó anyagot.

A homlokzati-, burkoló- és klinkertéglák természetes „színválasztéka”, adalék nélküli nyersanyagokból kiindulva

Seger [1] [3] számos agyag vizsgálata alapján megállapította, hogy az agyagok kémiai (oxidos) összetétele és az agyagtestek égetési színe között igen szoros összefüggés áll fenn.

Később Zimmermann hasonló eredményre jutott [2]. Zimmermann Segerrel összhangban úgy találta, hogy az agyagtestek égetési színének kialakításában a legfontosabb szerepe a következő oxidos komponenseknek van:



Seger és Zimmermann megállapításai szerint az agyagtestek égetési színét lényegében az  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -nak és a  $\text{CaO}$ -nak a  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -hoz viszonyított aránya határozza meg. A természetben előforduló agyagokból égetett testek színe fehér, sárga és vörös, illetve ezek árnyalatai lehetnek. Az agyagtestek égetési színét és oxidos összetételét az 1. táblázat mutatja be.

Az 1. táblázatból egyértelműen megállapítható, hogy a természetben előforduló agyagok az égetési szín alapján három fő kategóriába sorolhatók.

- *fehérre égnék* a vasoxid ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) mentes vagy vasoxid szegény és min. 22%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tartalmú agyagok (pl. kaolinok),
- *vörösre égnék* a 4% vagy ennél nagyobb vasoxid tartalmú, mézszentes vagy mézszegény agyagok, továbbá azok, amelyeknek  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tartalma alacsony, ill.  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$  aránya 3,0-nál kisebb,
- *sárgára égnék* a 2–3%-nál nagyobb vasoxid tartalmú, meszes agyagok, továbbá azok, amelyeknek  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tartalma magas ill.  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$  aránya 5,0-nél nagyobb.

A téglagyagok többnyire a vörösre vagy a sárgára égő kategóriába tartoznak. A valóságban az agyagból égetett testek színe a vörös, a rózsaszín és a sárga különféle árnyalatait mutatja.

Piltz [3] és Stefanov [4] szerint az égetési szín kialakításában a  $\text{TiO}_2$ -nek is lényeges szerepe van.

## A homlokzati- burkoló- és klinkertéglák színezése a nyersanyagba kevert adalékokkal

Amint azt az előző fejezetben láttuk, a természetben előforduló agyagok égetési színe elég csekély színválasztékot mutat. Különféle adalékanyagok használatával azonban ez a színválaszték bővíthető.

Színező adalékanyagként más színűre égő agyagot,  $\text{CaCO}_3$ -ot, különféle oxidokat, nevezetesen  $\text{TiO}_2$ -t,  $\text{MnO}_2$ -t,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -t,  $\text{CoO}$ -t,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ -t, stb. használnak. Az egyes oxidokkal a következő színválaszték érhető el az agyagösszetételtől és az égetési paramétereiktől függően:

- $\text{TiO}_2$  – adalékkal sárga szín
- $\text{MnO}_2$  – adalékkal barna szín
- $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – adalékkal vörös szín

1. táblázat

Agyagtestek égetési színe a nyersanyag oxidos összetétele függvényében

A nyersanyag komponensek							Égetési szín
% -os mennyisége					egymáshoz viszonyított aránya		
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{CaO}$	$\text{CaCO}_3$	$\text{TiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{CaO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$	
4	11,2				< 3,0 ~ 2,8		vörös [1] [3] vörös [1] [3]
2–3	18–20				~ 7,6	< 1,25 > 1,60 > 1,66	vörös [2] sárga [4] sárga [2]
5		11	20			> 2,00 ~ 2,20	sárga [1] [3] sárga [1] [3]
				min. 1,2 min. 2,0	> 5,0		sárga [1] [3] sárga [4]
1,3	22,7			1,2	~ 17,5		sárga [4] fehér [1] [3]



Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — adalékkal zöld szín  
CoO — adalékkal kék szín.

Az agyagtestek égetési színét a nyersanyagba kevert adalékanyag minősége és mennyisége függvényében a 2. táblázatban foglaltuk össze [5].

2. táblázat

Agyagtestek égetési színe az adalékanyag minősége és mennyisége függvényében [5]

Nyersanyag típusa és jellemzői	Adalékanyag		Égetési	
	neve	mennyisége %	hőmérsékl. °C	szín
Homokos agyag (6% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 8,7% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 2,1% CaCO <sub>3</sub> )	CaCO <sub>3</sub>	0	1080	vörös bar. vör. sárga
	CaCO <sub>3</sub>	12	1080	
	CaCO <sub>3</sub>	20	1080	
Agyagpala: 80% CaCO <sub>3</sub> 20%	TiO <sub>2</sub>	0	1080	hússzín nyers sárga
	TiO <sub>2</sub>	1	1080	
	TiO <sub>2</sub>	2	1080	
Téglaagyag	MnO <sub>2</sub>	3		barna
Fehérre-égő agyag (36% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	1160	fehér rózsaszín vil. pir.
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6	1160	
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10	1160	
Vörösre-égő agyag	fehérre-égő agyag + TiO <sub>2</sub>	55–75 2	1080	sárga
Homokos agyag + CaCO <sub>3</sub> (76:24)	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	1180	sárga zöld sötét szürke
	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,5	1180	
	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,0	1180	

### A homlokzati- burkoló- és klinkertéglák színének módosítása az égetési paraméterek változtatásával

Gyakorlati tapasztalatok mutatják, hogy az agyagból formázott idomok égetési színe az égetési paraméterekkel változik. Albert [6] szerint a mészszegény agyagokból formázott testek 900 °C-on rózsaszínre vagy élénk pirosra égnek és színük az égetési hőmérséklet emelésével sötétedik, vörösbe és vörösbarnába megy át. A meszes v. márgás agyagok 900 °C-on ugyancsak rózsaszínűre égnek, színük további hőmérséklet emeléssel sárga, majd zöldessárga lesz.

Az agyagtestek égetési színének kialakításában igen lényeges szerepe van az égetési atmoszférának is. E tekintetben az ún. oxidáló és redukáló égetés különböztethető meg.

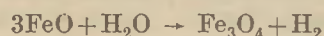
Általában megállapítható, hogy a levegőhiányos, tehát az ún. redukáló égetéssel sötétebb, élénkebb színek képződnek, mint az oxidáló égetéssel. A téglagyagok két fő típusa esetén ez a következőképpen alakul:

Agyag típus	Égetési szín	
	oxidáló	redukáló
	atmoszféra esetén	
1. Mészmentes v. mészszegény agyag	vil. vörös	sötétvörös
2. Meszes agyag	vil. sárga	sötétsárga vagy zöld. sárga

M. G. Bland—G. Bebbington [7] szerint az < 5% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0–8% CaO és kevés Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tartalmú agyag oxidáló atmoszférában vörösre, redukáló atmoszférában szürkére ég ki. Szerintük a Staffordshire-i agyag égetési színe oxidáló atm.-ban vörös, redukáló atm.-ban viszont kék.

Dániában kékszínű téglát hasonlóan készítenek, ugyancsak mézsmentes, vörösre égő agyagból redukáló égetéssel. A csúcshőmérséklet elérésekor könnyű olajat adnak az átcsapólagú kamrás kemencébe és hűtéskor kb. 300–400 °C eléréséig zárják a huzatot, különben a kék színből ismét vörös lesz.

P. W. Berg [8] szerint a kék szín kialakulása során az agyagtestben a következő kémiai reakciók játszódhatnak le:



A kémiai reakció során a vörösszínű hematit (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) a sötét ill. csaknem fekete magnetit (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>)-é alakul át, amely megfelelő eloszlásban sötétkék színt ad.

A meszes téglagyagok égetésekor keletkező sárga szín a kalcium-vas-szilikátok képződésére vezethető vissza.

Dániában ún. redukáló égetést (flashinget) igen gyakran alkalmaznak az alagútkemencékben is [9]. A redukáló égetést itt az alagútkemence égetőzónájában a csúcshőmérséklet elérését követően speciális égőkkel, automatikus működtetéssel és szakaszosan végzik. A speciális redukáló égők (kemencénként 4 db) óránként egyszer 2–4 percig üzemelnek. Ez idő alatt égőnként 1,3 kg könnyű olajat juttatnak az égőtérbe, az égetést tápláló levegő minimumra csökkentése mellett. A levegőhiány tökéletlen égetést eredményez, amelynek során szénmonoxid (CO) képződik, s ez a téglára ill. annak egyes oxidos alkotóira redukáló hatást fejt ki.

Brownhillben kékszínű burkolótéglát Briesco típusú földgáz tüzelésű szakaszos üzemű kemencében, szintén redukáló égetéssel gyártanak. A redukáló atm. CO tartalma 3–5% [10].

Edward E. Bates [11] egy amerikai téglagyárban végzett alagútkemencés redukáló égetésről számol be. A más országokban tapasztaltakkal összhangban megállapítja, hogy redukáló égetéssel élénk mély-sötét színű téglát gyártanak. Bates szerint a vasoxid redukációjában szerepe van az agyag széntartalmának is.



## A homlokzati- burkoló- és klinkertéglák felületkezelése és felületi színezése

Gazdaságossági okokból számos esetben indokolt és kívánatos, hogy a burkoló- és klinkertéglák esztétikai megjelenését, továbbá időállóságát egyszerű felületkezeléssel vagy felületi színezéssel javítsuk. E célból a következő lehetőségek kínálkoznak.

### Felületkezelés

- érdesítés hengerléssel
- érdesítés keféléssel
- érdesítés homok- vagy egyéb szemcsésanyag rászórásával
- felületbevonás szilikonozással.

### Felületi színezés

- borítómassza felhordásával,
- angobozással,
- mázazással,
- vízdoldható fémsókkal,
- színes szemcsés anyag rászórásával és behengerléssel,
- szerves alapú festékekkel (égetés után).

A burkolótéglák esztétikai hatása legegyszerűbb módon *felületkezeléssel* javítható, mely hengerléssel, keféléssel vagy homokszórással valósítható meg, s ezek segítségével érdes, rusztikus felület képezhető.

A kerámiaiparban az utóbbi években kezd elterjedni a felületi *szilikonozás* [12]. Ennek fő hatóanyagai a szilikon-gyanták, melyek Si és O atomokból felépülő láncokat és ezekre ráépülő szerves gyököket (methyl, ethyl vagy phenyl gyököket) tartalmazó polimerek. A szilikon gyantákat szerves- vagy vizes oldatokban alkalmazzák. (Szerves oldószerként xylol, petróleum származék vagy alkohol használható). A gyanta felvitel szórással vagy bemártással végezhető el.

G. Bebbington [12] szerint a szilikonozás a téglát víztaszítóvá teszi, s növeli a cserép víztartókéességét és fagyállóságát is. — Szilikon bevonatot már a hazai tetőcserép-gyártás során is alkalmaznak a Bátaszéki, Békéscsaba III. és a Tata III. Üzemekben az égetett cserépre.

Az angol Western Counties Brick Company [13] szabadalmaztatott eljárása szerint az égetett téglafelületi színezésére *poliszter típusú műgyantákat* használnak. Az eljárás előnyeként a nagy színválasztékot és az egyszerű technológiát említik.

A *felületszínezési eljárások* közül már 20–25 év óta ismeretes az ún. *borítómassza felhordás*. Ebben az esetben a csigasajtolás során a téglafelület oldalára egy 4–8 mm vastag borítóréteget sajtolnak. A borítóréteg kialakításához egy olyan csigaprést használnak, amelynek tengelye merőleges az alapprés tengelyére. A borítómassza tulajdonságainak (formázási víztartalmának, száradási és égetési zsugorodásának) közel azonosnak, vagy kevéssel nagyobbak kell lennie, mint az alapmasszáénak. Borítóréteggént világosra égő agyagot és színező oxidokat alkalmazva, a burkolótéglák színválasztéka kedvezően növelhető [4].

A felületszínezési eljárások közül az *angobozás* az egyik legrégebben ismert módszer. Az angobozás

lényege, hogy a kerámiai test felületét égetés előtt egy vékony, finom agyagiszappal vonják be, mely sima felületet ad a terméknek és elfedi annak eredeti színét. Általában matt és fényes angobokat különböztetnek meg. A matt angobok porózusak, a fényes angobok viszont csaknem tömörök, mázszerűek.

Az angobokat általában fehérre égő agyag vagy kaolin és olvasztóanyag (ólom és bórtartalmú frittek, vagy alacsony olvadáspontú őrlött üvegtörmelék), valamint színezőanyagok keverékéből készítik.

Az angobok készítése során az agyagot a nem képlékeny alkotókkal golyósmalomban együtt őrlik és öntéssel, szórással, ecsettel vagy hengerrel hordják fel a téglafelületére.

Angobozással végzett felületszínezéskor a következő feltételeket kell biztosítani:

- víz-, szilárdanyag arány betartása,
- optimális viszkozitás betartása,
- kellő nyers- és égetett szilárdság,
- az alaptestnek megfelelő száradási és égetési zsugorodás, valamint égetési hőmérséklet.

D. Thomas [14] az angobozás gazdaságosságára hívja fel a figyelmet. Szerinte az angobozással — a színválaszték kedvező növelése mellett — jelentős haszon is elérhető.

Míg az angobozás csupán 10–15%-os költség-növekedést jelent, addig az angobozott téglafelület ára kb. 30%-kal nő meg.

W. Lehnhauser [15] a kerámiák felületi színezésére használatos *mázak* igen nagy változatosságára hívja fel a figyelmet. A mázakat ill. a mázazási technológiát már igen régóta használják. Megkülönböztetnek fedő és nem fedő, nyers- és frittel-, bór-, titán, ónoxid stb. tartalmú mázakat. Az utóbbi időben kifejlesztették az ún. nyersmázazást, amelynek során a mázat a nyers- ill. száraz idom felületére viszik fel és ily módon a máz kialakítás egyszerű égetéssel valósítható meg.

A *vízdoldható fémsókkal* végzett felületszínezési módszer igen nagy előnye az egyszerűség. A szárított téglát néhány másodpercre megfelelő sóoldatba mártják, amely 3–6 mm mélységbe beivódik a téglafelületébe. Bemártás helyett szórás is alkalmaznak. Színező oldatként a következő fémsókat használják:

vörös színhez	30–40%-os $\text{FeCl}_3$
zöld színhez	20–30%-os $\text{CrCl}_3$
barna színhez	10–12%-os $\text{MnCl}_3$

A fémsó szükséglet 6 mm-es színes réteg vastagság esetén 1 kg fémsó/1000 db téglafelület. A módszer hátránya, hogy csak világosra égő agyagokhoz alkalmazható kielégítően. Egyéb agyagok esetén a kemencében színeltérések alakulnak ki.

Felületi színezésre a *színes szemcsés szóróanyag* is használható. Az eljárás során a szemcsés anyag vagy a szemcsés anyag és színezék keverékét közvetlenül a prés után hordják fel, szórják rá, az agyagszalagra, majd ráhengerlik.

Színtelenre vagy világosra égő szemcsés anyag esetén színezőanyagként különböző fénoxidok vagy festékek szolgálnak.

A szemcsés szóróanyag kiválasztásának fő szempontjai — a szín mellett — a következők:

- szemcseméret és méret-tartomány,
- szemcsék alakja, élessége.



Szemcseméret szerint megkülönböztetünk:

- durvaszemcsés (3–5 mm-es)
- közpszemcsés (1–3 mm-es)
- finomszemcsés (< 1 mm-es), szóróanyagot.

A legjobban fedő, sima és egyszerű réteget bolgár kutatók szerint [16] a 0,4–1,0 mm-es finomfrakcióval lehet elérni. A legváltozatosabb színeket (világoskék, zöld, sötétzöld, stb.) a mesterségesen színezett homokkal érték el.

Kutassy [17] a SZIKKTI-ben felületszínezésre alkalmas olyan hazai szemcsés szóróanyagokkal végzett kísérleteket, amelyek a 16–18% nedvességtartalmú agyagszalagba behengerelhetők. Laboratóriumi körülmények között összesen 20 különféle szemcsés szóróanyagot próbált ki, s ezekkel a következő színhatást érte el:

szobi andezit	barnásszürke
dácit	barnásszürke
piroxén andezit	barnás-fekete
gabbró	sötétbarna
diabáz	barnásszürke
bazalt	szürke
perlit	barna
pumiceit	élénk sárgásbarna
mordenites riolittufa	világos drapp
zeolitos riolittufa	világos drapp
permi vörös homokkő	halvány vörös
kavicsos f. homok	vil. okker
kavicsos f. homok (őrölt)	vöröses-fehér
pécsváradati homok	világos barna
leukofillit	ezüstös fehér, fényes
nagyolvasztósalak	vil. szürke
vörös salak	vörös
burk. téglatörmelék	vörös
vörös mettlap törmelék	barnásvörös
üvegtörmelék	égetéskor megolvadt.

Kutassy laborkísérleteihez 1,0–1,6 mm-es közpszemcsés anyagot használt fel.

H. P. Cahoon [18] szerves folyadékokban szuszpendált kerámiai porok és színező oxidok keverékét használta fel a téglafelületi színezésére. Szerves folyadéként diesel olajat, kerámiai anyagként világosra égő tűzálló agyagot, színező oxidként  $TiO_2$ -t,  $Fe_2O_3$ -t,  $MnO_2$ -t alkalmazott. A kapott színek; sárga, narancs, vörös és szürke.

## Összefoglalás

A homlokzati-, a burkoló és a klinkertéglák esztétikus megjelenése színezéssel és felületkezeléssel is javítható.

A téglák teljes anyagában színezése a nyersanyagkeverék illetve a massa oxidos összetételének változtatásával, továbbá megfelelő adalékanyagokkal, valamint az égetési paraméterek módosításával valósítható meg.

A téglák felületkezelése és felületi színezése számos esetben egyszerű és gazdaságos megoldást nyújt az esztétikus megjelenés javítására. Erre a célra az érdesítés, a színes szemcsés anyag rászórás és behengerlés, a borítómassza felhordás, az angobozás, a mázazás, a vízzeloldható fémsókkal kezelés, a szilikonozás és a szerves alapú festékekkel bevonás a legismertebb eljárások.

A téglák esztétikus megjelenésének javítására alkalmazandó legmegfelelőbb módszert minden esetben a követelmények és a gazdaságossági szempontok figyelembevételével kell megválasztani.

## IRODALOM

- [1] *Sege, H. A.*: Einige Untersuchungen über die Färbung von Ziegeln, Segers gesammelte Schriften 1908 Verlag Tonindustriezeitung Berlin
- [2] *Zimmermann*: Sprechsaal 92, 529 (1950)
- [3] *Piltz, G.*: Möglichkeiten der Brennfärbeneinflussung bei Ziegeltonen Die Ziegelindustrie, 1960, 13. 474.
- [4] *Stefanov, St.*: Herstellung von Dekor-, Fassadziegel Die Ziegelindustrie, 1977. 9. 418.
- [5] *Rügge, F.*: Ziegeltechnisches Jahrbuch 1973. 198.
- [6] *Albert, J.*: Téglanyagok és felhasználásuk a durva-kerámiaiparban. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1967.
- [7] *Bland, M. G. – Bebbington, G.*: Euroclay, 1978. 6. 18.
- [8] *Berg, P. W.*: The use of Controlled atmospheres, Science of Ceramics, 1964. 2. 203.
- [9] *Bálint, P.*: Építőanyag, 1979. 10. 385.
- [10] *Anon*: The British Clayworker, 1972. 3. 30.
- [11] *Bates, E. E.*: Flashing in tunnel kilns. Brick and Clay Record, 1964. 10. 40.
- [12] *Bebbington, G.*: Silicones in the Clay Industry Claycraft, 1962. 6. 309.
- [13] *Anon*: Resin bonded facing bricks Claycraft, 1961. 7. 355.
- [14] *Thomas, D.*: The Economics of engobe on brick, Brick and Clay Record, 1964. 4. 75.
- [15] *Lehnhauser, W.*: Oberflächenveredlung der Ziegel- und Baukeramik, Ziegeltechnisches Jahrbuch, 1974. 360. Berlin – Wiesbaden.
- [16] *Gerdzikov, D.*: Sztroit. Materiali Szil. Prom. 14. 1973. 2. 14.
- [17] *Kutassy, L.*: Színes- és színezett felületű homlokzati téglák gyártása Építőanyag, 1978. 6. 228.
- [18] *Cahoon, H. P.*: Coloring Structural Clay Products by Means of Ceramic Powders Suspended in Organic Liquids Amer. Cer. Soc. Bul. 1962. 3. 165.

*Bálint, Pál – Mattyasovszky Zsolnay Tamás: Homlokzati-, burkoló- és klinkertéglák színezése és felületkezelése*

A homlokzati-, burkoló- és klinkertéglák esztétikus megjelenésének javítására használatos színezési és felületkezelési módszerek összefoglalása és elemzése.

Az alkalmazandó legmegfelelőbb módszert mindig a követelmények és a gazdaságossági szempontok alapján kell kiválasztani.

*Балинт, П. – Моттоцовский, Ж. Т.: Окраска и обработка поверхности фасадных, облицовочных и клинкерных кирпичей*

Обобщение и анализ методов окрашивания и обработки поверхности фасадных, облицовочных и клинкерных кирпичей. Наиболее пригодный метод нужно выбирать на основании требований и эстетических предпосылок.

*Bálint, Pál – Mattyasovszky Zsolnay, Tamás: Farbgebung- und Oberflachebehandlung von Fassaden-, Verblend-, und Klinkerziegeln*

Die die ästhetische Erscheinung verbessernde Farbgebung und Oberflachebehandlungsmethode werden analysiert, sowie zusammengefasst.

Das angewandte entscheidende Method ist immer auf Grund der Forderungen und der ökonomischen Berechnungen auszuwählen.

*Bálint, Pál – Mattyasovszky Zsolnay, Tamás: Colouring and Surface Treatment of Walling-, Cladding and Clinker Bricks*

A summary is given, with emphasis to aesthetic demands and economy



# Porcelánfestékek $Pb^{2+}$ oldódásának vizsgálati módszerei, az égetési atmoszféra, az égetési hőmérséklet és a hőntartási idő szerepe a porcelánfestékek ecetsavas oldhatóságában\*

KOTSIS LEVENTÉNÉ – BÓDOGH MARGIT

Veszprémi Vegyipari Egyetem, Szilikátkémiai és -Technológiai Intézet

## Bevezetés

A porcelán díszítésére használt máz feletti festékek pigmenteken kívül kis olvadáspontú üveges komponensek is tartalmaznak. Dekorégetéskor a pigmentek nem oldódnak az olvadékban, hanem egyenletes eloszlásuk révén biztosítják a színhatást. A festékek és a máz kapcsolatát a festék üveges komponense és a máz közötti egymással elegyedő olvadék kialakulása hozza létre.

A különböző savas és lúgos élelmiszerek oldják a porcelán máz feletti festékeit, azok használatukor elszíntelenednek, s egyben egészségre ártalmas vegyületek kerülnek az emberi szervezetbe. Tehát a szín-estből és üveges fázisból álló szilárd szuszpenzióknak megfelelő kémiai ellenállóképességgel kell rendelkeznie.

A máz feletti festékek tartósságát a dekorálandó máz minősége, az olvadékképző anyag: színtest tömegarány, a színtest kémiai összetétele az, olvadékképző anyag kémiai összetétele, a festék felviteléhez használt adalékanyagok mennyisége és minősége, valamint a dekorégetés technológiai paraméterei befolyásolják. [Singer (1969)].

Adott máz olomoldódását a máz komplex összetétele határozza meg. A  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $ZrO_2$ ,  $TiO_2$  és  $SnO_2$  jelenlétekor a mázban az olomoldódás csökken, míg az alkáli- és alkáli-földfémoxid, a  $ZnO$ ,  $CdO$ ,  $B_2O_3$ , F és  $P_2O_5$ -tartalom az olomoldhatóságot növeli [Éppler (1977)].

A technológiai paraméterek közül kiemelt szerepet tulajdonítanak az olomoldódás vonatkozásában a mázégetéskor alkalmazott atmoszféra áramlási jellemzőinek [Éppler (1977)].

A fenti megállapítások feltételezésünk szerint a máz feletti festékek üveges komponensére vonatkoztatva is érvényesek.

Míg a mázak olomoldódása becsülhető az értéktaktor alapján, addig ezen jellemző nem használható a kristályos fázist is tartalmazó porcelán festékek esetében [Salmang (1958)].

Ólomtartalmú mázak- és porcelán festékekből adott hőmérsékleten savas kezelés hatására kioldott ólomion tömege a savas közeggel való érintkezés idejének logaritmusával arányosan változik [Éppler (1977), Beyersdorfer és szerzőtársai (1974)]. Frey és Scholze (1979) szerint viszont adott időtartam alatt kioldódó ólomion tömege az oldat pH értékétől függ.

\* A XIV. Szilikátipari és Szilikáttudományi Konferencia anyagából

Tehát a kerámiai festékekből kioldódó ólomion tömegét az oldat pH-ja, az oldás ideje és hőmérséklete egyaránt befolyásolja. Ezen változók értékeit rögzíti a DIN 51031 szabvány, amely  $22 \pm 2$  °C-on  $24 \pm 0,5$  óras 4% [V/V]-os ecetsavas kezelést ír elő.

## A probléma felvetése

A) A DIN szabvány egy porcelántárgyon lévő különböző színű dekorációk együttes ólomoldódását 7 ppm maximális értékben korlátozza. A gyakorlatban lényeges annak ismerete, hogy az egyes festékek olomoldódása milyen mértékű.

B) Az oldódási folyamat egészségre ártalmas hatása mellett esztétikai szempontból kedvezőtlen, ha az a színkoordináták megváltozását vonja maga után, ezért ecetsavas oldás előtt és után a színkoordináták értékeit is meghatároztuk.

C) Mivel adott porcelánfesték olomoldódását a technológiai paraméterek: a hőkezelési program (ezen belül a hőkezelés csúcshőmérséklete, a csúcshőmérsékleten tartás időtartama, a fűtési és hűtési sebesség), az égetési atmoszféra jellege (oxidáló, semleges, redukáló), valamint az atmoszféra áramlási jellemzői befolyásolják a legjelentékenyebben, ezért ezen változók függvényében vizsgáltuk a porcelánfestékek olomoldódását. Célunk az olomoldódás szempontjából legkedvezőbb dekorégetési paraméterek meghatározása volt, továbbá az égetési atmoszféra színre gyakorolt hatásának tisztázása.

D) A porcelánfestékek közül egyet kiválasztottunk és megvizsgáltuk, hogy a Magyarországon alkalmazott különböző összetételű porcelánmázak milyen hatást gyakorolnak az adott porcelánfesték olomoldódására.

## A vizsgált anyagok, kísérleti eszközök és módszerek

Az A) és C) kísérletsorozathoz klasszikus keményporcelánt használtunk, amelynek máza (M1) az alábbi Seger képlettel jellemezhető:

$Na_2O$	0,058	$Al_2O_3$	0,507	$SiO_2$	5,018
$K_2O$	0,031	$Fe_2O_3$	0,004		
$MgO$	0,327				
$CaO$	0,538				

A máz átlagos rétegvastagsága  $135 \mu m$  volt, a rétegvastagság korrigált tapasztalati szórása 120 mérésből származva:  $28 \mu m$ .

Az A) és B) kísérletsorozathoz két különböző fes-



tékgyártó cég termékeit használtuk. Az egyes festékeket arab számokkal különböztetjük meg egymástól, a római számok a gyártó cégekre vonatkoznak. Az *I. táblázatban* a vizsgált festékeket foglaltuk össze, feltüntetve azok kristályos alkotóit, Degussa színkoordinátáit (a, b, L) és Degussa színindexét.

*I. táblázat*

*A festékek kristályos alkotói, Degussa színkoordinátái és Degussa színindexei*

Festék jele	Kristályos alkotó	a	b	L	Degussa szín-index
1/I.	Co(Fe, Cr) <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	-8,0	-2,8	22,6	245
2/I.	(Co, Zn) Al <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	20,1	-55,3	24,9	370
3/I.	Pr <sub>2</sub> Sn <sub>2</sub> O <sub>7</sub> , SnO <sub>2</sub> , ZrSiO <sub>4</sub>	-6,6	42,0	74,2	749
4/I.	α(Cd, Zn)S	3,2	44,3	66,3	759
5/I.	(Co, Ni)(Fe, Cr) <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	2,0	1,4	13,2	155
6/I.	MnAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> , Zn(Fe, Cr) <sub>2</sub> O <sub>4</sub> , SnO <sub>2</sub>	22,2	24,3	43,0	477
7/I.	(Zn, Sn)(Fe, Cr) <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	17,8	9,5	23,7	276
8/I.	α(Cd, Zn, Ti)S	53,8	19,8	33,1	387/497
9/I.	(Sn, Fe)O <sub>2</sub>	25,8	6,4	20,1	276/286
10/I.	(Co, Zn)(Fe, Al) <sub>2</sub> O <sub>4</sub> , SnO <sub>2</sub>	11,6	-18,2	19,8	163/273
11/I.	SnO <sub>2</sub>	-0,7	1,6	86,1	955
12/II.	Au, SnO <sub>2</sub>	39,2	3,3	26,9	395
13/II.	Co(Fe, Cr) <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	2,8	0,6	9,5	155/165
14/II.	Pr <sub>2</sub> Sn <sub>2</sub> O <sub>7</sub> , SnO <sub>2</sub>	18,7	32,2	55,0	578
15/II.	α(Cd, Ti) (S, Se)	32,2	37,4	57,5	689
16/II.	Pr <sub>2</sub> Sn <sub>2</sub> O <sub>7</sub> , SnO <sub>2</sub> , (Zr, Co)Cr <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	-13,7	0,5	32,8	335
17/II.	(Co, Zn) <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	42,5	-86,2	16,8	290
18/II.	(Zn, Co)Al <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	5,7	-47,0	31,8	250/461
19/II.	CoO <sub>2</sub>	-1,0	3,4	87,7	955

A festékek kristályos alkotóit röntgendiffraktométeres és röntgenmikroanalitikai módszer kombinálásával határoztuk meg. A röntgendiffraktométeres felvételek szovjet gyártmányú DRON 3 típusú röntgendiffraktométerrel készültek. A felvételeknél alkalmazott sugárforrás CuK<sub>α</sub>, a szűrő Ni volt. A röntgenmikroanalitikai vizsgálatokat JSM 50A JEOL pásztázó elektronmikroszkóphoz csatolt EDAX 707B rendszer és NOVA számítógép felhasználásával végeztük.

A festékek színkoordinátáit MOMCOLOR-D digitális tristimulusos színmérővel mértük. A műszerről közvetlenül leolvasható  $X = (X_1 + X_2)$ , Y és Z – színösszetevőkből kiszámíthatók a festékek Degussa színkoordinátái (L, a, b) a következő összefüggések alapján:

$$L = 10,0 \sqrt{Y}$$

$$a = \frac{17,5 (1,02 X - Y)}{\sqrt{Y}}$$

$$b = \frac{7,0 (Y - 0,847 Z)}{\sqrt{Y}}$$

Ahol L – a világozási tényező

pozitív „a” – a piros hányad  
negatív „a” – a zöld hányad  
pozitív „b” – a sárga hányad  
negatív „b” – a kék hányad.

A Degussa színkoordináták alapján a színek közötti eltérés ( $\Delta E$ ) a következő összefüggéssel adható meg:

$$\Delta E = \sqrt{(L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2}$$

Ha  $\Delta E > 10$ , akkor a két szín szemmel érzékelhető különbséget mutat. A Degussa színindexek a Degussa színkoordinátákból vezethetők le. A háromjegyű számnál a százaskénti értékű szám  $\frac{L}{10}$ , a tízes helyi-

értékű szám  $\frac{a}{10} + 5$ , míg az egyes helyiértékű szám  $\frac{b}{10} + 5$ .

Az A), B), C) és D) kísérletsorozatnál a festékek felviteli módja a mázas porcelán felületére azonos volt. A festéket nem közvetlenül vittük a porcelán felületére, hanem kromatográfiás réteghúzási eljárással – a festék és a polivinilformal dioxános oldatának szuszpenziójából – egyenletes vastag műgyantába ágyazott festékréteget állítottunk elő. A festék és az oldat térfogatszázalékos aránya minden esetben azonos volt. A homogén szuszpenziót NDK gyártmányú SSG1 kromatográfiás réteghúzó berendezés kádjába öntöttük, majd 20 × 20 cm-es üveglemezeket vontunk be 0,5 mm vastagon a kérdéses szuszpenzióval. A kiszáradt festékfilmből 3 × 3 cm<sup>2</sup>-es négyzeteket vágunk ki, amelyeket 10%-os polivinilformal oldattal ragasztottunk a mázas porcelánra. Ragasztás után 60 °C-os szárítószekrénybe helyeztük a mintákat abból a célból, hogy a dioxán elpárologhasson a festékfilm alól. A felragasztott festékfilmet meghatározott hőkezelési programnak vetettük alá.

Az A), B), C) és D) kísérletsorozatnál a festékrétegek ólomoldódását a DIN 51031 szabvány szerint végeztük, minden esetben 15 cm<sup>3</sup> 4% (V/V)-os ecetsav és azonos méretű főzőpohár alkalmazásával. A kioldódott ólomion mennyiségét Perkin-Elmer 303, HG A-70 típusú grafitküvetttel kiegészített atomabszorpciós spektrofotométerrel határoztuk meg.

*II. táblázat*

*Az A), B) és C) kísérletsorozat technológiai paraméterei*

Égetési csúcs-hőmérséklet	Hőntartási idő	Kemence atmoszféra	
810 °C X <sub>1</sub>	1/2 óra Y <sub>1</sub> 1 óra Y <sub>2</sub> 2 óra Y <sub>3</sub>	Kémény- áram	
840 °C X <sub>2</sub>			semleges (spontán áramlás) Z <sub>1</sub> semleges Z <sub>2</sub> oxidáló Z <sub>3</sub> vízgőzzel telített levegő Z <sub>4</sub> redukáló Z <sub>5</sub>
850 °C X <sub>3</sub>			
870 °C X <sub>4</sub>			

Az A), B) és C) kísérletsorozatnál a technológiai paraméterek – *II. táblázatban* bemutatott – 3 független vektora elemeinek faktoriális kísérlettervezési módszerrel kiválasztott kombinációját való-



sítottuk meg:  $X_1Y_1Z_1$ ,  $X_2Y_1Z_1$ ,  $X_3Y_1Z_1$ ,  $X_4Y_1Z_1$ ,  $X_3Y_2Z_1$ ,  $X_3Y_3Z_1$ ,  $X_3Y_1Z_2$ ,  $X_3Y_1Z_3$ ,  $X_3Y_1Z_4$ ,  $X_3Y_1Z_5$ .  
 A II. táblázatban  $Z_1$ : KOI. NDK gyártmányú tokos kemencében történő égetést jelent.  $Z_2$ : 600 dm<sup>3</sup> levegő/h,  $Z_3$ : 600 dm<sup>3</sup> levegő + 20 dm<sup>3</sup> oxigén/h,  $Z_4$ : 600 dm<sup>3</sup> 20 °C-on vízgőzzel telített levegő/h,  $Z_5$ : 100 dm<sup>3</sup> argon + 8 dm<sup>3</sup> metán/h áramlási sebesség alkalmazása mellett saját gyártmányú 8 cm átmérőjű 1 m hosszú csökemencében való hőkezelést jelöl.  
 A D) kísérletsorozathoz a III. táblázatban bemutatott (M2, M3, M4) és az M1 összetételű porcelánmázakra vittük fel a korábban leírt módszer szerint a 18/II. jelű festéket. A porcelán mázas égetésének hőmérséklete 1400 °C volt.

### A vizsgálati eredmények

Az A) és C) kísérletsorozat eredményeit a 2. és 3. ábrán foglaltuk össze. Ezeket a diagramokon a kiol-

III. táblázat

Porcelánmázak összetétele

Máz jele: M2

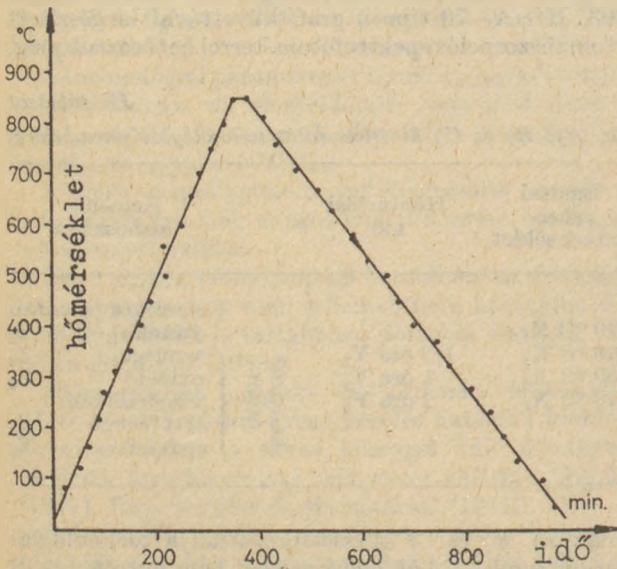
Na <sub>2</sub> O	0,150	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,612	SiO <sub>2</sub>	3,829
K <sub>2</sub> O	0,101	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,004		
MgO	0,315				
CaO	0,434				

Máz jele: M3

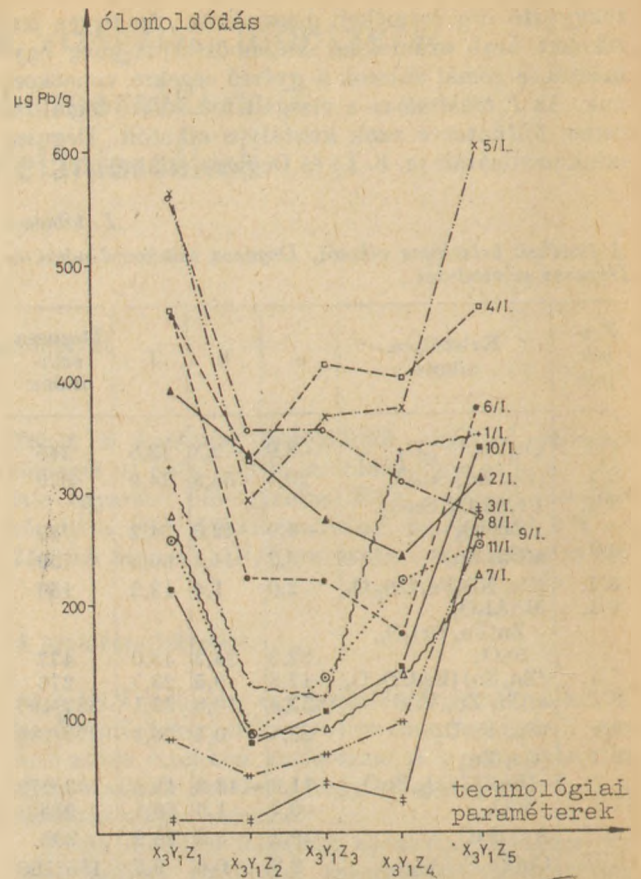
Na <sub>2</sub> O	0,053	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,613	SiO <sub>2</sub>	4,822
K <sub>2</sub> O	0,089	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,009		
MgO	0,284				
CaO	0,520				
ZnO	0,053				

Máz jele: M4

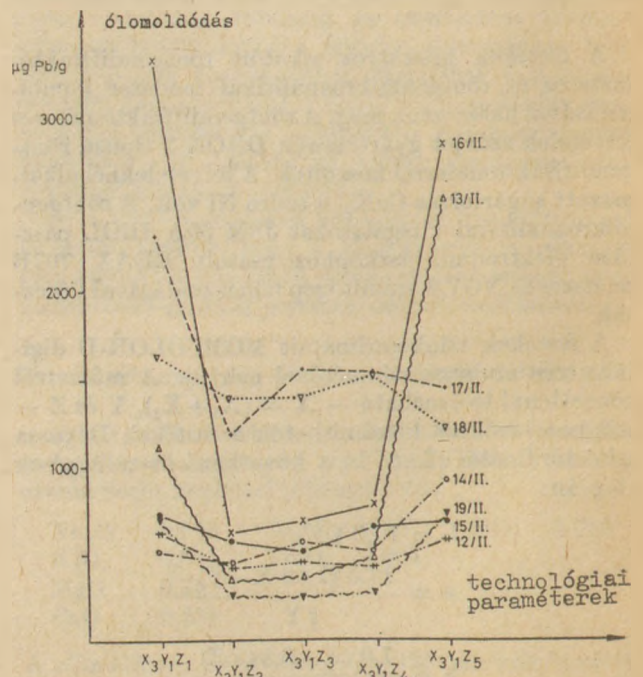
Na <sub>2</sub> O	0,053	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,526	SiO <sub>2</sub>	4,842
K <sub>2</sub> O	0,136	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,004		
MgO	0,320				
CaO	0,439				
ZnO	0,053				



1. ábra. Porcelánfestékek hőkezelési programja  $X_3Y_1Z_1 \dots$  kísérleteknél



2. ábra. Porcelánfestékek ólomoldódása a technológiai paraméterek függvényében



3. ábra. Porcelánfestékek ólomoldódása a technológiai paraméterek függvényében

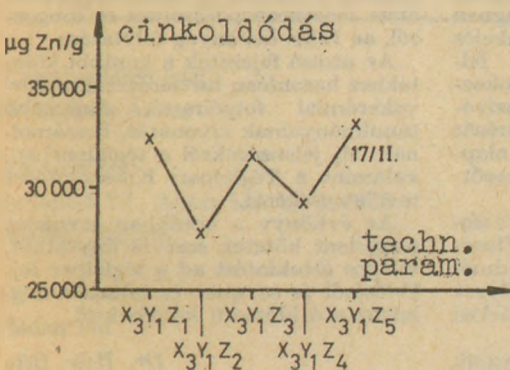


dött ólomion tömegét a festék tömegegységére vonatkoztattuk. A gyakorlati adatokkal való összehasonlítás céljából megemlítjük, hogy a ppm-ben meghatározott ólomoldódás kiugró értékeit a 13/II. mintánál  $X_3Y_1Z_5$  égetési feltételek mellett (6,57 mmp), a 16/II. mintánál  $X_3Y_1Z_1$  égetési körülmények között (8,74 ppm), valamint a 17/II. mintánál  $X_3Y_1Z_1$  paramétereket alkalmazva (7,54 ppm) mértük. Az égetési atmoszféra ólomoldódásra gyakorolt hatása tendenciájában úgy összegezhető, hogy zárt kemencében, illetve redukáló atmoszférában történő égetéskor a legnagyobb az ólomoldódás, míg levegőáramban történő égetéskor a legnagyobb az ólomoldódás, míg levegőáramban történő égetéskor a legkisebb. Oxigénnel, illetve vízgőzzel telített levegőáramban történő égetéskor általában e két határérték közötti eredményt kapunk.

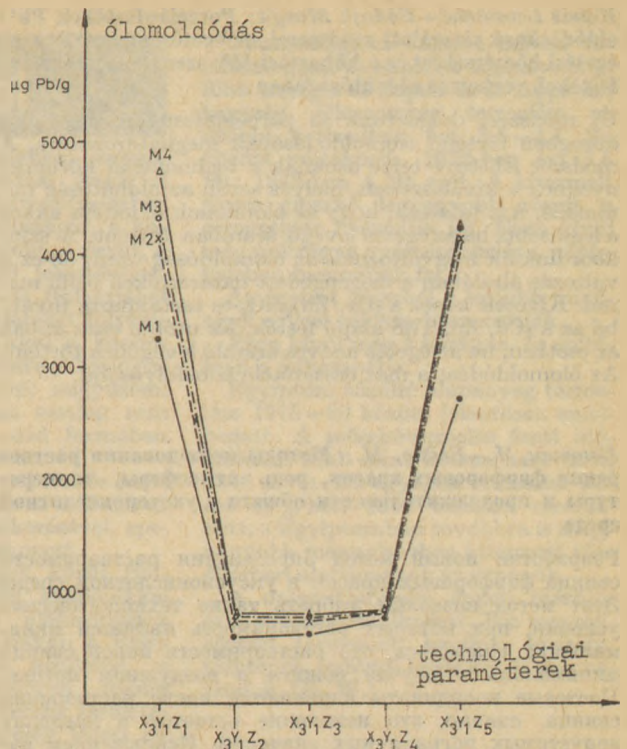
Áramló atmoszférában az ólom párolgásának hajtóereje nagyobb, mivel a festék felületén az ólom parciális nyomása gyakorlatilag elhanyagolható. A zárt kemencében történő hőkezelés a szerves anyagok tökéletlen égése következtében szintén redukáló atmoszférájú égetésként kezelendő. Redukációs atmoszférában a felület közelében lévő ólomionok fém ólomá alakulnak, amely jelenség az ólomoldódás növekedését eredményezi. A vízgőzzel telített levegőáramban történő hőkezelés után az üvegfázis korroziója következtében növekszik a kioldható ólom mennyisége. Az oxidációs atmoszférában megnövekedett ólomoldódást a semleges atmoszférával szemben a felületi rétegben az Pb–PbO eutektikum képződésének tulajdonítjuk, amely eutektikum hőmérséklete lényegesen nagyobb az olvadásfázis liquidus hőmérsékleténél, így az üvegfázis felületi rétegében az ólom koncentrációja megnövekedik.

A B) kísérlet sorozatban megállapítottuk, hogy a szinkordináták ecetsavas kezelése hatására bekövetkező  $\Delta E > 10$  változása csupán a 17/II. számú festékre jellemző, amely kristályos komponensként  $(Co, Zn)_2SiO_4$ -et tartalmaz. A 4. ábra bizonyítja, hogy e festéknél nem csupán az üveges fázis, hanem a kristályos fázis oldódása is bekövetkezik, amely folyamat a szinkordináták megváltozását eredményezi.

A B) és C) kísérlet sorozat eredményeinek összevetéséből az a következtetés vonható le, hogy a festékégetés optimális paraméterei:  $X_3Y_1Z_2$  az 1. ábrán közölt hőkezelési program alkalmazásával.



4. ábra. A 17/II. porcelánfesték cinkoldósása a technológiai paraméterek függvényében



5. ábra. A 13/II. porcelánfesték ólomoldódása M1...M4 mázalapokon a technológiai paraméterek függvényében

Az égetési atmoszférának színre gyakorolt értékelhető hatása csak a 8/I. és 17/II. festéknél van. Mindkét festék esetében a vízgőzdús levegőben égetett minta a legvilágosabb és  $\Delta E$  értéke 9,88, illetve 12,36. Az  $a(Cd, Zn, Ti)S$  szublimációját elősegíti a vízgőz hatására korrodáló üveges komponens, míg a  $(Co, Zn)SiO_4$  esetében a vízgőz oldó hatása érvényesül.

Az 5. ábrán a D) kísérlet sorozat eredményeit foglaltuk össze. A 16/II. festék M1...M4 mázalapokra történő felvitelek az ólomoldódásban lényeges eltérés  $X_3Y_1Z_1$  és  $X_3Y_1Z_5$  technológiai paraméterek alkalmazásánál tapasztalható. Az égetési atmoszféra ólomoldódást befolyásoló szerepe azonos a korábban megállapítottal.

Az  $X_3Y_1Z_1$  kísérletben tapasztalt tendencia áll a legközelebb az irodalomban található megállapításokhoz. A 16/II. festék M3 és M4 mázalapon mért nagyobb ólomoldódását ezen mázak ZnO tartalmával magyarázzuk, amelynek ólomoldódást növelő hatása ismeretes. Míg az M1 máznál tapasztalt legkisebb mértékű ólomoldódás ezen mázban legnagyobb mól-százalékban jelenlévő  $Al_2O_3 + SiO_2$  ólomoldódást csökkentő szerepével hozzuk kapcsolatba.

## IRODALOM

- [1] Beyersdorfer, K., Hammer J., Soldavini, H. (1974): Ber. Deutsch. Keram. Ges., 51, 164.
- [2] Eppler, R. A. (1977): L'Industrie Céramique, 706, 362.
- [3] Frey, E., Scholze, H. (1979): Ber. Deutsch. Keram. Ges., 56, 293.
- [4] Salmang, H. (1958): Die Keramik. 161., Springer-Verlag, Berlin (Göttingen) Heidelberg.
- [5] Singer, F., Singer, S. S. (1969): Industrielle Keramik, 200, Springer-Verlag, Berlin, (Heidelberg) New-York.



*Kotsis Leventéné – Bódogh Margit: Porcelánfestékek Pb<sup>2+</sup> oldódásának vizsgálati módszerei, az égetési atmoszféra, az égetési hőmérséklet és a hőhártsági idő szerepe a porcelánfestékek ecetsavas oldhatóságában*

Új módszert dolgoztunk ki porcelánfestékek ecetsavas közegben történő oldomoldódásának meghatározására. A módszer lehetővé tette azoknak a technológiai körülményeknek a kiválasztását, melyek során az oldhatóság minimális. Azt találtuk, hogy az ólomionok oldódása akkor a legkisebb, ha az égetés levegő áramban történt. A színkoordináták megváltoznak az ólomoldóság után, de ez a változás általában a megengedett határértéken belül marad. Kivételt képez a (Co, Zn)<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>-te tartalmazó, továbbá az a (Cd, Zn, Ti)S alapú festék. Ez utóbbi csak abban az esetben, ha az égetés nedves áramló levegőben történt. Az ólomoldódást a máz összetétele is befolyásolja.

*Котчиц, И. – Бодор, М.: Методы исследования растворения фарфоровых красок, роль атмосферы, температуры и продолжительности обжига в уксуснокислотной среде*

Razработан новый метод определения растворимости свинца фарфоровых красок в уксуснокислотной среде. Этот метод позволил выбрать такие технологические условия, при которых растворимость является минимальной. Оказалось, что растворимость ионов свинца минимальна в случае обжига в воздушном потоке. Цветовые координаты изменяются после растворения свинца, однако, это изменение остается в пределах допустимых пограничных значений. Исключением являются краски, содержащие (CoZn)<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>, а также краски на базе а (Cd, Zn, Ti)S. Для последней краски только в том случае, если обжиг проводится во влажном потоке воздуха. На растворение свинца влияет также состав глазури.

*Frau Kotsis, Ildikó – Bódogh, Margit: Prüfmethode der Lösung der Pb<sup>2+</sup>-Ionen aus Porzellanfarben, die Bedeutung der Brennathmosphäre, der Brenntemperatur und der Brenndauer hinsichtlich der Pb-Löslichkeit der Porzellanfarben bei der Essigsäurebehandlung*

Es wurde ein neues Method für die Bleilöslichkeit der Porzellanglasurfarben in Essigsäure ausgearbeitet.

Dieses Method ermöglichte die Auswahl der technologischen Parameter, dadurch die Löslichkeit minimal geworden ist. Nach dem Lösungsprozess ändernten sich die Farbkoordinate, aber diese Änderung blieb unter erlaubtem Grenzwert. Es gaben Ausnahmen: z. B. die Farbstoffe, die kristalline Komponente (Co, Zn)<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> und (Cd, Zn, Ti)S enthalten. Es ist für den (Cd, Zn, Ti)S Farbstoff gültig, wenn das Brennprozess im bei Raumtemperatur wasserdampfgesättigten Luftstrom staattifnedt. In der Bleilöslichkeit spielt die Zusammensetzung der Porzellanglasur eine wichtige Rolle azch.

*Kotsis, Ildikó – Bódogh, Margit Methode for the Determination of Pb<sup>2+</sup> Solubility of Porcelain Colours – Effect of Firing Atmosphere and Soaking Time on the Acetic Acid Solubility.*

A new method was elaborated for the determination of lead dissolution of ceramic colours in acetic acid. The method enabled the selection of technological parameters under which solubility is minimum. It was found that Pb<sup>2+</sup> dissolution is the lowest after firing in air flow. Colour coordinates are changed after lead dissolution, but this change is usually within permitted variations. Exceptions: colours containing (Co, Zn)<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>, and also colours on a (Cd, Zn, Ti)S base after firing in moist air flow. Lead dissolution is affected by the composition of the glaze as well.

## Könyvismertetés

### Ziegeltechnisches Jahrbuch 1985.

Szerk.: G. Schellbach. 341 szövegoldal és függelékként 117 hirdetési oldal, DIN A6 formátum, műanyagkötés, ISBN 3 7625-2318-5. Bauverlag GmbH Wiesbaden és (Ny)-Berlin. Ára DM 45.–

A közkeletű és évenként megjelenő évkönyv ezévi kötetének tanulmányai két vezértéma köré csoportosíthatók:

1. Energetika és környezetvédelem
2. Tapasztalatok épületek energiatakarékosságot célzó intézkedésekkel.

Az első témakört a következő tanulmányok képviselik:

*K. Junge: Téglagyártás és energiafogyasztás az európai (nyugateurópai) államok téglaiiparának táblázatos adatai, 13–20 oldal.*

*K. Junge: A hűtőlevegőszívás jelentősége az égetési folyamatra (21–45 old.).* E tanulmány a hűtőlevegőnek szárításra való hasznosítását elemzi és rámutat, hogy a valódi gazdaságosság az égetési folyamat optimalizálásában és nem a szárításra való minél nagyobb hőelvételben kell keresni. Kedvező eredmény adódik, ha a felfűtési és hűtési zónában az égetendő anyag és a levegő ill. füstgáz tömegárama megegyező, ehhez pedig legalább egy hűtőlevegőszívás szükséges.

*D. Hauck – E. Hilker: Redukciós magvak elkerülése a tégláégetésnél (46–95 old.).* Szerves alkotók a nyersanyagban és bekevert tüzelőanyagban tökéletlen kiegészítő által redukciós magvakat („fekete magvak”), felfűvódásokat, elszíneződéseket okoznak, ez pedig a késztermék vízfelszívóromlását, szilárdságának szórását okozzák. Részletes vizsgálatok alapján tesznek javaslatokat a kedvezőtlen jelenségek elhárítására.

*H. Kalkmeier: Füstgázlisztítés a téglaiiparban (96–113 old.).* A fluor-szennyezés tekintetében jó eredményekről számolnak be, a helyzet kritikusabb a kéndioxid és párlási gázok esetében.

A második témakörre vonatkoznak a következő tanulmányok:

*H. Zumbroch: Kétreteges falszerkezetek befolyása a fagyási igénybevételre*

*E. Stern: A tavaszi instacioner hőmérsékleti viszonyok hatása a kényelmi lakásklimára (146–213. old.).* A hőtárolás, az ablak felületek, a rövidhullámú napsugárzás, a külső fal hőtehetetlenségének alapos vizsgálata matematikai modellek segítségével.

*P. Fischer: A kerámiai anyagok-pórusösszevete (214–226. old.).* Vizsgálatok a szárítás és égetés folyamata alatt keletkező pórusokról és üregekről, az 1984. évi anyag folytatása.

Az utolsó fejezetek a korábbi kötetekhez hasonlóan tartalmazzák a durvakéramiai folyóiratok fontosabb tanulmányainak kivonatát, beszámolnak új jelenségekről a téglaiiparban, valamint a Téglaiipari Kutatóintézet tevékenységéről.

Az évkönyv a korábban évenként megjelent kötetek szerves folytatása, világos áttekintést ad a téglaiipar fejlődéséről és az ipart és kutatást foglalkoztatató időszakokról.

Dr. Beke Béla



# A világ szilikátiparából

## Adatok a világ vermiculit termeléséről

A brazil Ipari és Kereskedelmi Minisztérium adatai szerint a világ vermiculit termelése 1983-ban 510 kt volt, az 1984. évi (Becslés szerint) 600 kt. Brazília a világ vermiculit készletének 8%-át mondhatja magáénak, a készlet nagyságát 181 Mt-ra teszik. Az USA részesedése 50%, a Dél-Afrikai Köztesaságé 40%.

A brazil termelés 1983-ban kb. 12 kt volt, ebből 9 kt került exportra (Guinea, Ausztrália).

(Mining Journal 1985. április 26.)

## Nem fémes ásványok világkongresszusa Belgrádban

Az I. nem-fényes ásványok világkongresszuson több előadás foglalkozott a természetes zeolitokkal. Így a hazai előadáson kívül (OEA – dr. Mátyás Ernő) a Tokaj hegység vulkanikus ásványi anyagainak bemutatása során ugyancsak a természetes zeolitok felhasználásával foglalkozott a kassai főiskola bányászati fakultásának képviselőitében Bugel és Kenet elvtársak előadása is. A természetes zeolitot 1976-ban fedezték fel Szlovákiában Grabovecban (30–80%-os, kloropillit formájában átlagos tartalma 50–60%).

Az ásványtani- és vegyi összetétel és jellemzők meghatározására folytatott kutatásokat követően a természetes zeolit  $\text{CO}_2$ -gáz megkötő képességének vizsgálatára fordították figyelmüket. Tapasztalatuk szerint a  $\text{CO}_2$  gáz teljes megkötését 300–400 °C-on érték el. A kísérletekben használt zeolit összetétele a következő volt:  $\text{SiO}_2$  68,82%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  10,99%;  $\text{TiO}_2$  0,07%;  $\text{FeO}$  0,53%;  $\text{MnO}$  0,04%;  $\text{MgO}$  0,57%;  $\text{CaO}$  3,08%;  $\text{Na}_2\text{O}$  0,29%;  $\text{K}_2\text{O}$  2,53%;  $\text{H}_2\text{O}$  13,08%.

A csehszlovák előadó kiemelte a nem-fémes ásványokkal folytatott kísérletek eredményeit a talajjavításban, a növénytermesztésben, az állattartásban, műtrágya és növényvédőszer hordozó anyagként való felhasználásában. A talajjavításban első-

sorban bentonittal, tufákkal, expandált perlittel és zeolittal érték el eredményeket. Az állattenyésztésben kiemelte a zeolit hasznosságát, a növénytermesztésben a zeolit, a perlit, a bentonit és a kovaföld jelentőségét. Érdekes előadást tartott Bulgáriából Groudev elvtárs. Kísérleteket folytattak mikroorganizmusokkal a kaolinból a vas eltávolítására; biológiai megoldás lehetővé teszi nagyüzemi szinten is a kaolinban esetleg más nyersanyagokban az oxid formában jelenlevő vas eltávolítását.

A jugoszláv előadás két fontos barit lelőhely a Gorski Kotor és a Petnova gora földtörténeti keletkezésével, specifikus leírásával foglalkozott.

A szocialista országok közül Bulgária jelentékeny perlit készletekkel rendelkezik. Jelentős előfordulások vannak Nyugat-Bulgáriában a Ruen és Mesta vulkánikus területen, a Rhodope heység középső részén Bratsigovo-Dospal és Perclik területeken és a Rhodope hegység keleti részén. Az előadás nem tért ki a készletek és a termelés nagyságára. Az előforduló perlit geológiai keletkezésének körülményeivel, jellemzőivel foglalkozott. Bulgária jó minőségű expandált perlitet állít elő.

Kínában jelentős bentonit lelőhelyek vannak. A készletek nagyságát tekintve az USA után a második. Jelentős a hazai bentonit felhasználás és Dél-kelet-Ázsiába irányuló exportja.

Kínában mintegy 300 bentonit lelőhelyet tartanak nyilván. Ezek legjava kalcium bentonit. Utóbb fedeztek fel nagy szóda bentonit készleteket Liaoming, Zhejiang és Pfenan tartományokban. A bentonit lelőhelyek kitermelés külszíni és mélyműveléssel történik. A kitermelt bentonitot a különböző felhasználási területekre aktiválják.

A legnagyobb külszíni kitermelésű bánya a Liaoming tartományban levő Heishen bánya. Kapacitása évi 200 kt/év és 50 kt bentonitliszt. A legnagyobb mélyművelésű bánya Zhejiang tartományban a Liuan bánya, évi kapacitása 59 kt.

Olaszországban számos helyen található gipsz és anhidrit lelőhely. Legfőbb térségei az Alpok és az Appennin hegység. Olaszország termelése az utóbbi évtizedben évi 3,5–4,1 Mt között váltakozik. 1972-ben évi 3,6 Mt; 1982-ben 4 Mt volt. A kitermelt nyers gipszkő legnagyobb részét a cementipar használja fel. Ezen kívül még műtrágya gyártásához és a papír- iparban használják fel.

Az égetett gipszből a legjobb minőségű orvosi célokra hasznosítják.

Ezen kívül még a kerámia- és építőipar is felhasználja.

Egyiptom tűzálló alapanyag termelése 1975–80 között jelentősen emelkedett. A mészkőtermelés fenti időszakban több mint kétszeresére nőtt, 9276 m<sup>3</sup>-re. Az agyagok termelése közel 40%-kal, 1300 tonnára emelkedett, s Egyiptomban továbbra is a legnagyobb mennyiségben kitermelt tűzállóipari alapanyagok az agyagok.

A dolomittermelés éppen ötszörösére 500 t-ra emelkedett. Kis mennyiségben termelnek kaolint, kvarcot, talkumot, öntőddi homokot és magnetit is. (H. W.)

## Új úsztatottüveg gyártósor ÉNy-Amerikában

A PPG Industries bejelentette, hogy Washington államban Seattle-től délre, Centralia és Chehalis városok közelében úsztatottüveg üzemét épít. Ez lesz az Északnyugat-Amerika első ilyen gyára. A PPG eddig a kaliforniai Fresnoban és a texasi Wichita Fallsban és az ontarioi Owen Soundban látta el úsztatott üveggel a piacot. Az új gyártósor az összes síküvegféleségeket gyártja a lakóház építkezéshez és üzemi felhasználásra. Minőségben mind színtelen, mind pedig óozott és bevonatos üvegeket szállít az új üzem. A termelés megindítását 1986-ra tervezik, de nincs közlés a tervezett beruházási költségekről és kapacitásról, sem pedig a nyersanyagforrásról. Mivel a térség kvarchomok termelése nem elegendő ilyen újabb nagyfogyasztó ellátására. Feltehetően Idaho vagy Észak Kalifornia lesz az új gyár nyersanyag szállítója. PPG reméli, hogy új gyárával a térség jelentős tényezőjévé válik.

(Industrial Minerals, 1985. április)

A szerkesztésért felel:

Dr. Székely Ádám

Szerkesztőség:

Budapest VI., Anker köz 1–3. 1368

Telefon: 226-497

Felelős kiadó:

Faklen Pál

Kiadja:

Delta Szaklapkiadó és Műszaki Szolgáltató Leányvállalat

Budapest VII., Garay u. 5. 1442 Telefon: 215-440

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely hírlapkézbesítő postahivatalnál, és a hírlapüzletben Hírlapelőfizetési és Lapellátási Irodánál (HELIR) (Budapest, V., József nádor tér 1. 1900) közvetlenül, vagy postai utalványon, valamint átutalással a HEIR 215–96 162 pénzforgalmi jelzőszámlára. Előfizetési díj: negyedévre 78,—Ft, félévre 156,—Ft, egyes szám ára 26,—Ft.

Megjelenik havonként



86/2287 Franklin Nyomda, Budapest  
Felelős vezető: Mátyás Miklós igazgató

INDEX: 25250

HU ISSN 0013–970 X



