

302935

# ÉPÍTŐANYAG 95/6

A SZILIKÁTIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA



**Dunai Cement- és Mészmű Kft.**



# Bécsi Hullám 625

## A Bécsi Hullám 625

harmonikusan illeszkedik minden tájhoz  
és minden építészeti stílushoz.

A tetővel kapcsolatos igényeit a  
**Bécsi Hullám 625**

tökéletesen kielégíti, mindezt a legnagyobb  
anyagtakarékossgal, a legjobb kivitelben,  
a legnagyobb biztonsággal és esztétikus színekben

A vörös, sötétbarna és antracit színek  
a **Bécsi Hullám 625**

hullámlemezekkel fedett tetőknek a fény- és  
árnyék játékaival egyéni atmoszférát kölcsönöznek.

Előnyei:

- egyszerű, gyors kivitelezés,
- biztonságos, viharálló, könnyű,
- tökéletes védelem az időjárással szemben,
  - esztétikus,
  - nagyon kedvező ár

Műszaki tanácsadásunk irodánkban  
és a helyszínen, számítógépes tervezésünk,  
oktatásunk, tanfolyamaink  
ingyenesek.

150m<sup>2</sup> felett ingyen házhozszállítunk  
mindent az ország legtávolabbi pontjára is!

Hát lehet nekünk ellenállni?

Ha további információkra van szüksége,  
keressen minket:

ETERNIT Osztrák-Magyar Építőanyagipari KFT.  
Gyár- és értékesítés:  
H-2536 Nyergesújfalu Pf.1  
Telefon: (33) 355613  
Telefax: (33) 355700

**Eternit**

Budapesti Képviselő  
H-1037 Budapest, Bécsi út 85.  
Telefon: (1) 2508134  
Telefax: (1) 2508135

A mész-, cement-, üveg-, finomkerámiai, téglá-, cserép-, kő-, kavics-, beton-, tűzálló- és szigetelőanyag iparágak lapja

## Szerkesztőbizottság:

Elnök:  
Prof. dr. TALABÉR JÓZSEF  
Felelős szerkesztő:  
WOJNÁROVITSNÉ  
Doz. dr. HRAPKA ILONA

## Rovatvezetők:

Szilikáttudomány  
Prof. dr. JUHÁSZ A. ZOLTÁN  
Szilikástechnika  
GARAI GYÖRGY  
Újdonságok  
Dr. HILGER MIKLÓS

## Tagok:

Dr. ÁBRAHÁM Ferenc  
Prof. dr. BALÁZS György  
FODORNÉ Dr. SZÖRÉNYI Márta  
GALLÉ Gábor  
Doz. dr. GÁLOS Miklós  
Dr. KOLOSTORI János  
Dr. KOVÁCS Károly  
Dr. LIPTAY András  
PÉTER Gyula  
SEY Pongrác  
Prof. dr. TAMÁS Ferenc  
Doz. dr. TERÉNYI Gyula

Szerkesztőség: 1027 Budapest II., Fő u. 68.  
Telefon: 201-9360  
Kiadja az Építésügyi Tájékoztatósi  
Központ Kft.  
Felelős kiadó: dr. Hamvay Péter igazgató  
Kiadói szerkesztő: Ágoston Jánosné  
Műszaki szerkesztő: Zaffiry Kálmán  
Azonossági szám: 82/95  
Megjelent: A/4 alakban  
4 A/5 iv terjedelemben  
Egy szám ára: 291,- Ft  
Külföldön terjeszti a Kultúra,  
1399 Budapest, Pf. 149 és a Magyar Média,  
1932 Budapest, Pf. 86-253  
Belföldön terjeszti az ÉTK Kft.  
1400 Budapest, Pf. 83

INDEX: 2 52 50

## TARTALOM

Arató, P.: Szilícium-nitrid kerámia mikroszerkezetének vizsgálata .....	130
Sladek, R.: Gazdaságosság, ökológia és a minőségbiztosítás kapcsolata a fehéráruk égetésekor .....	139
Égetési segédeszközök gyártása Magyarországon a Burton-Apta Kft.-nél .....	143
Kiss, R.: Poliakril-nitril alapanyagú DOLANIT-szálak alkalmazása az építőiparban .....	144
Egyesületi és szakhírek .....	150

## CONTENS

Arató, P.: Examination of the microstructure of silicon-nitride ceramics .....	130
Sladek, R.: Relationship between Economy, Ecology and Quality Assurance in the Firing of Whitewares .....	139
Production of kiln furniture in Hungary at Ltd BURTON-APTA .....	143
Kiss, R.: Application of dolanit-fibre based on polyacryl-nitril in the building industry .....	144
Association and professional news .....	150

## INHALT

Arató, P.: Untersuchung der Mikrostruktur der Silizium-Nitrid Keramiken .....	130
Sladek, R.: Die Verbindung der Ökonomie, Ökologie und Qualitätskontroll während der Verbrennung der Weisswaren .....	139
Herstellung der Brennhilfsmittel in Ungarn bei der GmbH BURTON-APTA .....	143
Kiss, R.: Die Verwendung der auf Poliakril-nitril basierten Dolanit-Faser in der Bauindustrie .....	144
Vereins- und Fachnachrichten .....	150

## СОДЕРЖАНИЕ

Arató, P.: Исследование микроструктуры кремне-нитридных керамик .....	130
Sladek, R.: Взаимосвязь экономических, экологических и качественных требований при обжиге белых товаров .....	139
Производство вспомогательных средств обжига Обществом ограниченной ответственности БУРАТОН-АПТА КФТ .....	143
Кисс, Р.: Применение допанитовых волокон на основе полиакрил-нитрила (ПАИ) в строительной промышленности .....	144
Новости .....	150

## Szilícium-nitrid kerámiák mikroszerkezetének vizsgálata

Arató Péter

MTA Műszaki Fizikai Kutató Intézete

Szilícium-nitrid kerámiákat szintereltünk 1 MPa nyomású nitrogén-gázban 1230–1730 °C-on 60–98% sűrűség elérésig. Kimértük a négy-pontos hajlítoszilárdság, a rugalmassági modulus és a keménység sűrűségfüggését. A kapott adatokat egybevetettük modellszámításunk eredményeivel, az egyezés jó volt. A szilícium-nitrid kerámiák szinterlődésének két alapvető folyamata az  $\alpha$  fázisú részecskék összenövése és az  $\alpha$ - $\beta^1$  fázisátalakulás. A két folyamat előrehaladását a képződött folyadék és az atmoszféra kölcsönhatása döntően befolyásolja.

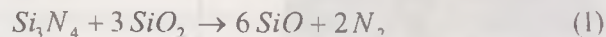
### Bevezetés

A szilícium-nitrid alapú anyagok kiváló mechanikai és hőtechnikai tulajdonságaik révén felülmúlják még a többi korszerű műszaki kerámiát is. Hajlítoszilárdságuk 500–900 MPa-t, keménységük 15–18 GPa-t is elér, mechanikai tulajdonságaik magas hőmérsékleten is megmaradnak, 1250 °C körüli hőmérsékleten is dolgoznak. Azoknál az alkalmazásoknál, ahol gyors hőmérsékletváltozások lépnek fel, a szilícium-nitrid többet kibír, mint bármilyen ismert anyag. Legfontosabb hátránya az, hogy előállításuk viszonylag drága. Részben a magas költségek, részben a lehetséges technológiák bonyolultsága okozta, hogy az első K+F programok [1] nem hozták a remélt gazdasági eredményt. A nyolcvanas évek elején kezdtek meg japán cégek egyes motoralkatrészek sorozatgyártását szilícium-nitridből [2]; több országban gyártanak ma már üzemi méretekben forgácsolólapkákat, fémalakító szerszámokat magas hőmérsékletekre, csapágyakat, szelepeket és egyéb alkatrészeket.

A szilícium-nitrid alapú kerámiák formázásánál az ismert eljárásokat (száraz sajtolás, fröccsöntés, izosztatikus hidegsajtolás) alkalmazzák, a különleges problémák az égetésnél jelentkeznek. Mivel a szilícium és a nitrogén kötése nagyjából kovalens, a kristályon belüli

Silicon nitride ceramics were sintered in 1 MPa nitrogen at 1230–1730 °C to 60–98% density. Four point bend strength, modulus of elasticity and hardness were measured as functions of density, the obtained data were compared with results of our model calculation, the agreement was good. There are two basic mechanisms of densification of silicon nitride ceramics, the coalescence of existing  $\alpha$  particles and the  $\alpha$ - $\beta^1$  phase change. The role of the interaction between the developed liquid and the atmosphere is substantial in controlling the rate of these processes.

diffúzió igen lassú. A nehézségek másik forrása az, hogy a  $\text{Si}_3\text{N}_4$  1700 °C körül bomlani kezd. A szinterelés elősegítésére adalékokat alkalmaznak, és pedig alumínium-oxidot, más fémek, így magnézium, ittrium, berillium, cerium, kalcium oxidjait, egyes típusoknál alumínium-nitridet [3, 4]. A  $\text{Si}_3\text{N}_4$  alapanyag részecskéinek felületét oxidréteg borítja [5], ami az adalékolt oxidokkal együtt viszonylag alacsony hőmérsékleten, 1400 °C alatt folyékony üveget alkot [3, 4, 6], s így a folyadékfázisú reakció lehetségessé válik. Az oxidok nem szüntetik meg a szilícium-nitrid bomlását, de más lesz a reakcióegyenlet [7]. Általában az alábbi folyamatot tételezik fel:



A  $\text{Si}_3\text{N}_4$  szilárd, a  $\text{SiO}_2$  folyadék, a  $\text{SiO}$  és az  $\text{N}_2$  gáz.

A bomlás miatt nyomásmentes szintereléssel 95–97%-nál nagyobb sűrűség csak nehezen érhető el [3], emellett a szinterelést segítő adalékok rossz hatással vannak a mechanikai tulajdonságokra [4]. Megfelelő nagyságú egytengelyű vagy izosztatikus nyomás alkalmazásával gyakorlatilag pórusmentes anyagot lehet előállítani viszonylag kevés adalékkal is. Legjobban az a technológia vált be, amelyet kétlépcsős gáznyomású szinterelésnek, vagy szinter-hipnek neveznek (hip=izosztatikus meleg-sajtolás). Az atmoszféra nagy tisztaságú nitrogén, az első lépcsőben a nyomás 0,1–1,5 MPa, a másodikban 5–20

Az 1215. sz. OTKA beszámolójának rövidített szövege

MPa. A testeket porba ágyazzák, amely bór-nitridből, szilícium-nitridből és a szinterelés segítésére adagolt oxidokból állhat. A kemencébe benyomott nitrogéngáz, a porágyból és a testekből kilépő reakciótermékek együtt határozzák meg az atmoszférát.

A Műszaki Fizikai Kutató Intézet 1986 és 1990 között jelentős OMFB támogatással létrehozott egy nitrid-kerámia alkatrészek és szerszámok laboratóriumi és kis sorozatú előállítására alkalmas bázist, technológiákat fejlesztett ki nyomásmentes szinterelésre, majd szinter-hipelésre. 1991 óta gyártjuk különleges igényeknek kitett szerszámok kis sorozatait szilícium-nitridből.

Már a fejlesztési munkánk során rá kellett döbbernünk nemcsak arra, hogy ezen anyag mikroszerkezete milyen sok tényezőtől függ, hanem arra is, hogy a mikroszerkezet fejlődését a publikált irodalom hiányosan, illetve gyakran a tapasztalattal nem egyező módon írja le. Az OTKA támogatásával 1991-ben indult kutatási programunk célja annak a kérdésnek a vizsgálata volt, hogy nitrid alapú kerámiákban hogyan alakítható ki olyan mikroszerkezet, amely gátolja a mikrorepedések vagy egyéb hibák terjedését, és ezáltal igen nagy szilárdságot biztosít. Jelen cikk ezen munka egyes eredményeit ismerteti.

A szilícium-nitrid alapú kerámiákkal foglalkozó bőscéges szakirodalom kritikai tárgyalására itt nem vállalkozhatunk; a [3, 4] összefoglaló munkákat tudjuk ajánlani. Az alábbiakban néhány olyan adatot írunk le, amelyek ismerete szükséges a továbbiak megértéséhez.

A  $\text{Si}_3\text{N}_4$  szilícium-nitridnek két kristályos módosulata ismert, ezeket  $\alpha$  és  $\beta$  betűkkel jelölik. Az általánosan használt, a HCST és az UBE által gyártott  $\text{Si}_3\text{N}_4$  alapanyagok zömmel  $\alpha$  fázisúak, 3–5%  $\beta$  tartalommal [5]. A kristályrendszer mindkét esetben hexagonális, a rácsparaméterek különbsége kicsi, abban is hasonlítanak, hogy a Si atomok egy része Al-mal, a N atomok megfelelő része O-nel helyettesíthető, ekkor az elnevezés  $\alpha^1$  szialon (vagy  $\alpha^1$  SiAlON), illetve  $\beta^1$  szialon lesz. Az  $\alpha^1$  rácst tartalmazhat kationokat rácsközi helyen, amelyek hozzájárulnak a vegyérték-kompensációhoz. Az az anyag, amelyet szilícium-nitrid alapú kerámiának, vagy gyakran röviden szilícium-nitridnek hívunk, tulajdonképpen  $\alpha^1$  szialon és  $\beta^1$  szialon kristályokból áll, amelyek közeit egyéb amorf vagy kristályos fázis (fázisok) töltik ki [3, 4, 8]. Ha az adalékmennyiség kicsi, a teljesen tömör test  $\beta^1$  fázisú lesz, megfelelő összetételnél  $\alpha^1$  vagy  $\alpha^1 + \beta^1$  szialon képződik.

Mivel a szilícium-nitrid alapú kerámiák felhasználásánál a mechanikai tulajdonságokat használják ki, igen nagy erőfeszítések történtek a világban a mikroszerkezet és a mechanikai tulajdonságok kapcsolatának tisztázására. A döntő fordulat a kilencvenes évek elején következett be. Becher kvantitatíve leírta a „repedésáthidalás” mechanizmusát [9]; ez a kifejezés azt jelenti, hogy egy síknak feltételezett repedés terjedését gátolják olyan rúd alakú kristályok, amelyek hosszanti mérete lényegesen nagyobb a repedés szélességénél. A repedés csak inter-

kristallin töréssel tud túljutni az áthidaló rúd-kristályon, amihez a szilícium-nitrid esetében nagy energiatöbblet szükséges; következésképpen ebben az anyagban igen nagy szilárdságot lehet elérni, ha az égetés során  $\beta^1$  rúd-kristályok alakulnak ki. A  $\beta^1$  kristályok mennyiségének és alakjának hatását egy sor publikációban [pl. 10–11] vizsgálták. Ugyanakkor a legtöbb friss munka csak a teljesen tömör testtel foglalkozik, lassú az előrehaladás annak a megértésében, hogy a szinterelés folyamán mikor és hogyan alakulnak ki a  $\beta^1$  kristályok, hogyan lehet képződésüket befolyásolni. Célszerűnek tűnt ezért kutatásaink elején a szinterelés kezdeti szakaszával foglalkozni, utóbb tértünk rá a „mi lett a gyerekből” problémára.

Általános vélemény, hogy a  $\beta^1$  szilícium-nitrid vagy szialon szinterelődésének alapvető folyamata az, hogy az alapanyag  $\alpha$  kristályai feloldódnak a képződött folyadékban, majd rúd alakú  $\beta$  vagy  $\beta^1$  kristályok válnak ki, s ezek közeit tölti ki a megszilárduló második fázis [4]. Néhány kísérleti eredményt [12–15] nem magyarázott ez az elképzelés, felvetődött, hogy az  $\alpha$ – $\beta^1$  átalakulás gőz fázisú anyagmozgás útján mehet végbe [12], valamint az, hogy a meglévő kristályok átrendeződésének [13] vagy növekedésének [14] van lényeges szerepe.

## Kísérletek

Vizsgálataink során a HCST gyártmányú LC12 típusú  $\text{Si}_3\text{N}_4$  porból és C típusú AlN porból indultunk ki. Az  $\text{Y}_2\text{O}_3$  alapanyagot a Ventron szállította (87829 típus), eleinte MÁFKI gyártmányú  $\text{Al}_2\text{O}_3$  port, a későbbiekben Alcoa A16-ot használtunk fel. Az elkészített adagok összetételét az 1. táblázatban tüntettük fel. Az örlést etilalkohollal, korund örlőkehelyben, korundgolyókkal Fritsch bolygómalomban többnyire három óráig végeztük. A mintatesteket polietilén glikol adalékkal együtt száraz sajtolással formáztuk, méretük teljes kiegészítés után 50 x 4,5 x 3,5 mm volt.

Szinterelési kísérleteinket ABRA gyártmányú hip berendezésben végeztük. Az atmoszféra mindig 99,999

1. táblázat

A vizsgált adagok összetétele tömeg %-ban

Adag	$\text{Si}_3\text{N}_4$	AlN	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Y}_2\text{O}_3$
V	91,8	0	2	6,2
W	91	0	2	7
X	90,9	0	3	6,1
Y	90,4	1,6	2	6
Z	90,2	0,8	3	6
AB	90	2	3	5
AC	90	0	5	5
A	90	0	4	6
B	87	4	4	5
C	84	8	4	4
D	76,8	15	4,1	4
E	69	21	6	4

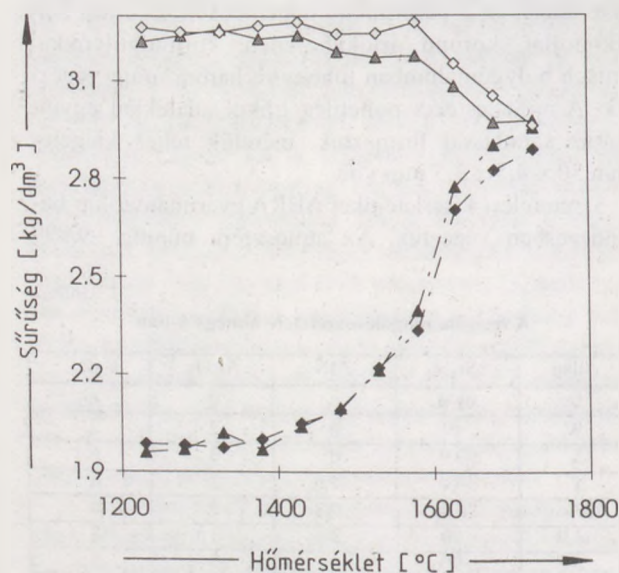
tisztaságú nitrogén volt, a mintákat bórnitrid porba ágyaztuk. Az itt ismertetett kísérletekben a nyomás 1 MPa körül volt, az égetést gáztalanításra és tisztításra szolgáló ciklusokkal kezdtük, majd 25 K/min sebességgel hevítettünk. A kályha 40 K/min sebességgel hűlt.

A sűrűségmérés előtt a porózus mintákat 72 óráig áztattuk. Mind a testsűrűséget, mind a látszólagos sűrűséget megmértük. A rugalmassági modulust négyponthoz hajlítással határoztuk meg, a támhengerek távolsága 20 mm, a terhelt hengerek távolsága 40 mm volt, a mérési pontosság pedig 3–5 GPa. A törési szilárdságot mértük ugyanebben az elrendezésben, valamint háromponthoz 20 mm hengertávolsággal. A Vickers keménységmérések előtt a felületet políroztuk, 5 N vagy 20 N terhelést alkalmaztunk. A fázisösszetételt röntgendiffrakcióval határoztuk meg, a mikroszerkezetet pásztázó elektronmikroszkóppal vizsgáltuk.

### Kísérleti eredmények a szinterelés kezdeti szakaszáról

Ebben a kísérletsorozatban az A, B, C, D, E összetételek vettek részt. Amint az 1. táblázatban látható, az  $Al_2O_3$  és  $Y_2O_3$  tartalom különbsége viszonylag kicsi, az AlN mennyisége jelentősen nő ABCDE sorrendben. Mind a publikált fázisdiagramok [3, 4], mind saját régebbi tapasztalataink szerint teljesen szinterelt állapotban az A anyag tisztán  $\beta^1$  fázisú, míg a többi emellett egyre növekvő mennyiségű  $\alpha^1$ -t tartalmaz. Az öt anyagból készített mintákat egy T hőmérsékletig hevítettük ( $T = 1230^\circ C - 1730^\circ C$ ), majd szobahőmérsékletre hűtöttük.

Valamennyi anyag sűrűségének hőmérsékletfüggése hasonló, ezért az 1. ábrán csak a C és E anyagokét tűn-

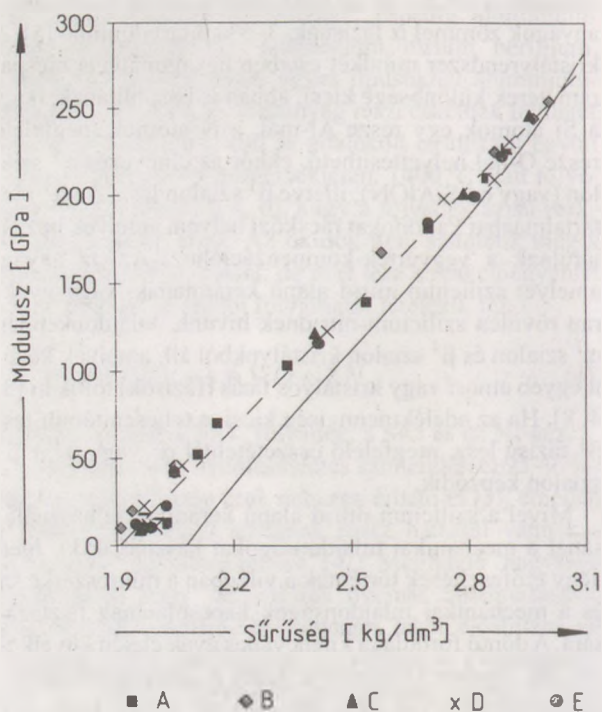


1. ábra

A C és E összetételű minták sűrűségének hőmérsékletfüggése.  
Kihúzott vonalak: testsűrűség; szaggatott vonalak:  
látszólagos sűrűség; háromszögek: C;  
négyzetek: E

tettük fel. A sajtolás után a sűrűség 1,95–199 g/cm<sup>3</sup> volt, a tömör testen mért érték 61%-a. 1400 °C felett indul a zsugorodás, itt kezd nőni a látszólagos sűrűség. A látszólagos sűrűség 2,4–2,6 g/cm<sup>3</sup> értékénél (74–80%) kezd csökkenni a testsűrűség mutató a zárt porozitás megjelenését. A C anyagnál a nyílt pórusok 2,96 g/cm<sup>3</sup>-nél zárulnak be, ahol a két görbe összesimul (1. ábra). 91%-nál valamennyi összetételnél bezárulnak a pórusok. Kühne és munkatársai [10] ugyancsak az értéket mérték itriummal adalékolt szialonon, ők azt tapasztalták, hogy ez az érték nem függött a technológiai paramétereiktől.

A 2., 3. és 4. ábrán a mért rugalmassági modulus, a keménység és a hajlítási szilárdság értékeket tüntettük fel a látszólagos sűrűség függvényében. Mindhárom tulajdonságnál a különböző összetételűknél mért pontok egy közös egyenes körül szórnak. Ez az eredmény nagyon meglepett bennünket, mert azt jelenti, hogy a vizsgált sűrűségterületben a mechanikai tulajdonságok értéke nem függ az összetételtől. Az összetétel ugyan hatott a porok aktivitására, a B és C adagok esetében alacsonyabb hőmérsékleten értük el ugyanazt a sűrűséget, mint a többi anyagnál, de adott sűrűségértékhez minden anyagnál közel azonos mechanikai jellemzők tartoznak. Mivel saját szemünknek sem hittük el, hogy a tulajdonság – sűrűség egyenesek iránytényezője ugyanaz a különböző összetételűknél, regressziós analízist végeztünk, amelynek egyes eredményei a 2. táblázatban láthatók. A rugalmassági modulusnál a legjobb az egyezés, a különböző összetételekhez tartozó meredekségek eltérése

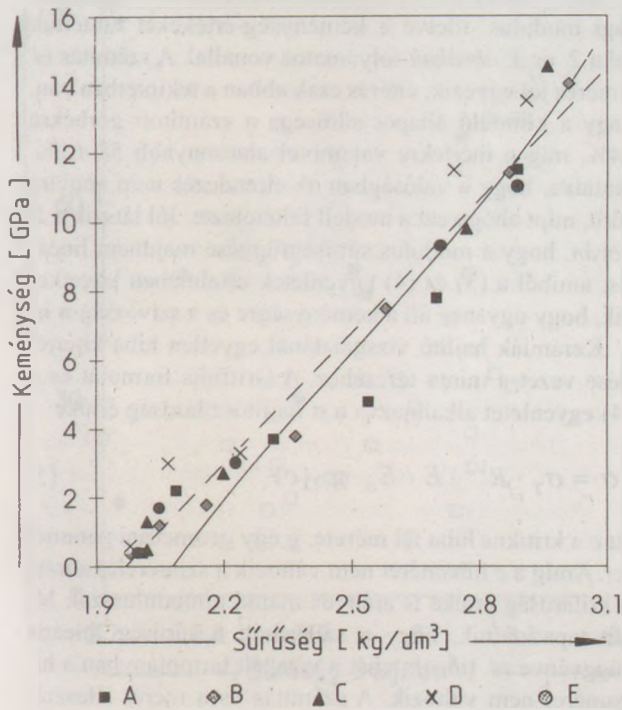


2. ábra

A rugalmassági modulus a látszólagos sűrűség függvényében.  
Szaggatott vonal: lineáris illesztés; kihúzott vonal: számítás (2)

## A mechanikai jellemzők sűrűségfüggésének regressziós elemzése

Adag	Modulus meredekség $\text{GPa} \cdot \text{cm}^3/\text{g}$	Keménység $\text{GPa} \cdot \text{cm}^3/\text{g}$	Szilárdság $\text{MPa} \cdot \text{cm}^3/\text{g}$
A	234	11,2	261
B	228	13,2	233
C	233	13,7	205
D	231	11,8	211
E	228	11,8	221
Mind	231	12,8	226



3. ábra

A Vickers keménység a látszólagos sűrűség függvényében  
Szaggatott vonal: lineáris illesztés; kihúzott vonal: számítás (3)

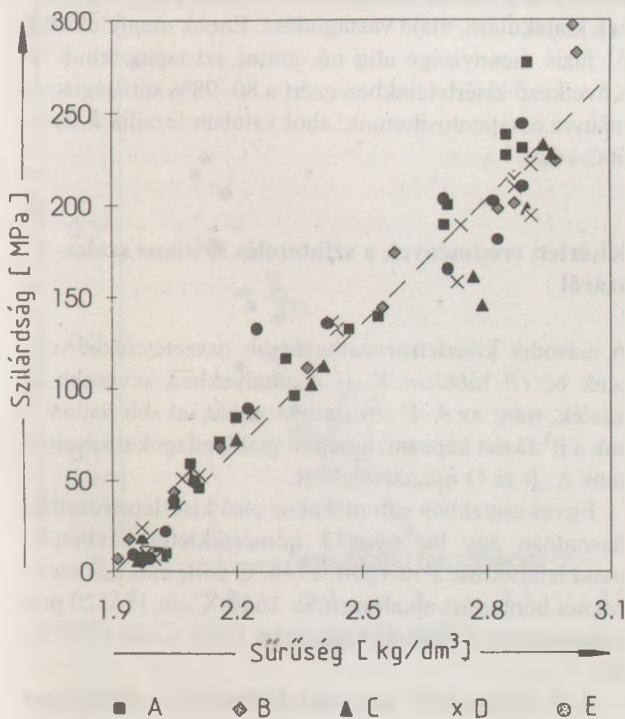
kisebb, mint a meghatározás statisztikai hibája ( $6\text{--}8 \text{ GPa} \cdot \text{cm}^3/\text{g}$ ), a közös egyenes (szaggatott vonal a 2. ábrán) és a pontok korrelációs együtthatója 0,99. A keménység értékét (3. ábra) kevesebb mintára határoztuk meg, a pontok szórása a közös egyenes körül nagyobb mint a modulusnál, a korrelációs együttható 0,97. A különböző összetételekhez tartozó meredekségek eltérése közel áll a statisztikai hibához ( $1,4\text{--}0,5 \text{ GPa} \cdot \text{cm}^3/\text{g}$ ). A szilárdság esetén (4. ábra) a korrelációs együttható 0,96 a meredekség hibája  $10\text{--}15 \text{ MPa} \cdot \text{cm}^3/\text{g}$ , tehát a meredekségek eltérése ha nem is nagymérvű, de statisztikailag szignifikáns. A regressziós analízis megadta a tengelymetszeteket is, vagyis azokat a sűrűségértékeket, amelyekre a modulus, illetve keménység, illetve szilárdság értéke nulla. A három jellemzőre és öt összetételre kapott összesen tizenöt tengelymetszet  $1,88$  és  $2,00 \text{ kg/dm}^3$  ( $58$  és  $61\%$ ) közé esik.

A  $\beta^1$  fázis mennyisége valamennyi mintában  $15 \pm 10\%$  volt, kivéve három  $1730 \text{ }^\circ\text{C}$ -ig hőkezelt adagot (ezekre  $32, 43, 44\%$ ), a három pont elhagyása a statisztikai elemzésen nem változtatott lényegesen.

## A szinterelés kezdeti szakaszának magyarázata

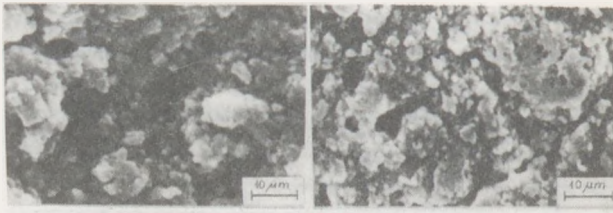
A mechanikai tulajdonságok mért sűrűségfüggéséből akkor lehet a mikroszerkezetre következtetni, ha szerkezeti modellekből számított függvénykapcsolatokkal vetjük őket egybe. A publikált számítások [16–19] erre alig voltak alkalmasak. Egyes esetekben a feltételezett geometriai elrendezés igen távol esett a valóságtól [17–19], másrészt az 1993-ban megjelent [19] munka kivételével vagy csak a rugalmassági moduluszal [17, 18], vagy csak a szilárdsággal [16] foglalkoztak. Ezért olyan összefüggéseket vezettünk le, amelyek a szerkezetre tett kevés és természetes feltevésből megadják a rugalmassági modulus, a keménység, a szívósság és a szilárdság sűrűségfüggését. Egy ilyen számítás természetesen érvényes minden olyan kerámiás anyagra, amelynek mikroszerkezete geometriailag hasonló a szilícium-nitridéhez.

Megfigyeléseink szerint a kiinduló szerkezet nagyjából azonos méretű gömbszerű szemcséket tartalmaz, melyek a szinterelés folyamán fokozatosan egybeolvadnak (5. ábra). Ezt a folyamatot leírhatjuk úgy [20], hogy először az érintkező részecskék között képződnek kör keresztmetszetű



4. ábra

A négyponos szilárdság a látszólagos sűrűség függvényében.  
Szaggatott vonal: lineáris illesztés



5. ábra  
1230 °C-ig (a), illetve 1680 °C-ig hőkezelt C minta  
mikroszerkezete

nyakak, majd a zsugorodás során ezek a nyakak vastagodnak és újak képződnek. Kézenfekvő feltevés, hogy kezdetben a gömbök elrendezése „sűrű, véletlenszerű” [16]. Fischmeister és Arzt meghatározták, hogy ekkor a zsugorodás során hogyan nő az egy részecskére jutó nyakak átlagos száma (koordinációs szám), valamint a nyakak átlagos mérete [16] a sűrűség növekedésével. Mi azt számoltuk ki, hogy erre a geometriára hogyan változnak a mechanikai jellemzők. A kapott formulák érvényesek a szinterelés kezdetétől addig, amíg a szomszédos nyakak feszültségtére közötti kölcsönhatás számottevővé nem válik.

Ezen a helyen nem bocsátkozhatunk matematikai részletekbe (ezeket [21] közleményünk tartalmazza), csak a kapott eredmények ismertetésére szorítkozhatunk. A részben szinterelt kerámia effektív rugalmassági modulusa

$$E = E_0 \cdot D \cdot Z \cdot a / 4R^2 \pi. \quad (2)$$

$E_0$  a tömör anyag rugalmassági modulusa,  $D$  a sűrűség az elméleti értékhez viszonyítva,  $Z$  az átlagos koordinációs szám,  $a$  az átlagos érintkezési terület,  $R$  a szemcsék sugara a szinterelés előtt,  $Z$  és  $a/R^2$  kifejezéseit a [16] irodalomból vettük. A formula az  $E_0$  normálótényezőtől kívül nem tartalmaz más anyagi állandót.

A keménység mérésénél a Vickers gúla feszültségtére szettőri a szemcsék közötti kötések. A gúla addig tud behatolni, míg a feszültség a nyakakban nagyobb az anyag elméleti szilárdságánál,  $\sigma_T$ -nél. Mivel a  $H$  keménység a gúla síkjában fellépő feszültség háromszorosa

$$H = 3E / E_0 \cdot \sigma_T \quad (3)$$

tehát a keménység arányos az effektív modulusszal. A (3) egyenlet általános érvényű, tehát az elméleti szilárdság értéke megkapható a tömör anyag mért keménységéből.  $\alpha$  fázisú szilícium-nitridre  $E_0 = 330$  GPa,  $H = 19$  GPa,  $\sigma_T = 6,33$  GPa.

A szívósságra jellemző  $K_{IC}$  feszültségintenzitási tényező értéke a felületi energiától függ. Egy, a szemcseméretnél keskenyebb, sík repedés akkor terjed tovább, ha a síkjában lévő kötések eltörnek. A számítás eredménye

$$K_{IC} = \sigma_T \cdot R^{1/2} \cdot E / E_0 \quad (4)$$

tehát a szívósság is arányos a modulusszal. Fontos, hogy mind a keménység, mind a szívósság esetén csak néhány, könnyen mérhető paraméter értékét kell ismerni.

A (2), illetve a (3) kifejezésekből számított rugalmassági modulus, illetve a keménység-értékeket tüntettük fel a 2. és 3. ábrákon folyamatos vonallal. A számítás és a mérés jól egyezik, eltérés csak abban a tekintetben van, hogy a kiinduló állapot sűrűsége a számított görbékre 64%, míg a mértekre valamivel alacsonyabb 58–61%. Mutatva, hogy a valóságban az elrendezés nem annyira sűrű, mint ahogy ezt a modell feltételezte. Jól látszik a 2. ábrán, hogy a modulus sűrűségfüggése majdnem lineáris, amiből a (3) és (4) egyenletek értelmében következik, hogy ugyanez áll a keménységre és a szívósságra is.

Kerámiák hajlító vizsgálatánál egyetlen hiba kiterjedése vezet a minta töréséhez. A Griffiths formulát és a (4) egyenletet alkalmazva a  $\sigma$  hajlítószilárdság értéke

$$\sigma = \sigma_T \cdot R^{1/2} \cdot E / E_0 \cdot g \cdot (c)^{-1/2} \quad (5)$$

Itt  $c$  a kritikus hiba fél mérete,  $g$  egy geometriai paraméter. Amíg a  $c$  hibaméret nem változik a szinterelés során, a szilárdság értéke is arányos marad a modulusszal. Mi azt tapasztaltuk, hogy a szilárdság a sűrűség lineáris függvénye (4. ábra), tehát a vizsgált tartományban a hibaméret nem változik. A számítás és a mérés illesztéséből az összetételtől függően 65–100  $\mu\text{m}$  kritikus hibaméret adódik.

Abból, hogy mindhárom mechanikai jellemző sűrűségfüggését jól írta le az alkalmazott modell, következik, hogy a vizsgált szilícium-nitrid kerámiák zsugorodásának alapvető mechanizmusa a 60–90% tartományban nem az  $\alpha$  kristályok feloldódása és a  $\beta^1$  kristályok kiválása, hanem az  $\alpha$  részecskék közötti nyakak kialakulása, majd vastagodása. Ennek megfelelően a  $\beta^1$  fázis mennyisége alig nő, amint ezt tapasztaltuk is. Következő kísérleteinkben ezért a 80–98% sűrűség tartományra összpontosítottunk, ahol valóban lezajlik a fázisátalakulás.

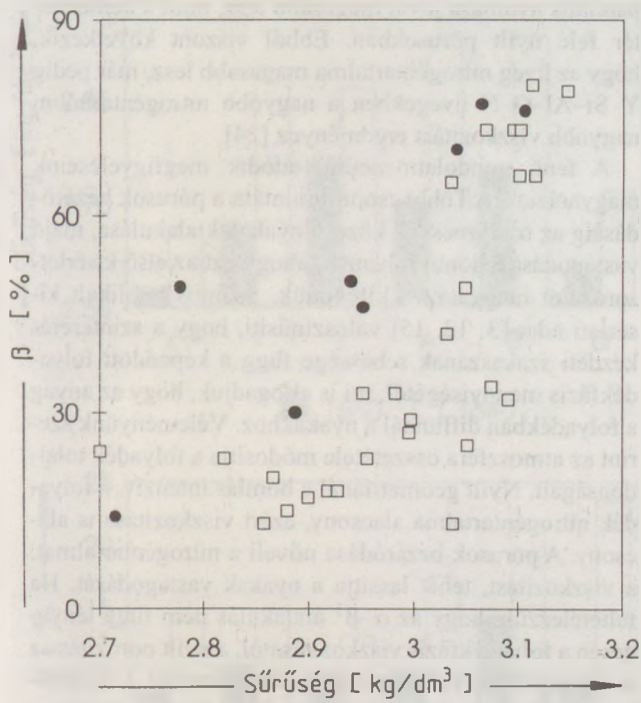
### Kísérleti eredmények a szinterelés kritikus szakaszáról

A második kísérletsorozatba újabb összetételeket vontunk be (1. táblázat V–AC), amelyekben kevesebb az adalék, mint az A–E sorozatban, tehát inkább hajlamosak a  $\beta^1$  fázist képezni, emellett újabb adagokat készítettünk A, B és D összetételekkel.

Egyes esetekben a mintákat az első kísérletsorozathoz hasonlóan egy bizonyos  $T$  hőmérsékletig hevítettük, majd lehűtöttük.  $T$  itt 1530–1730 °C volt, más hőkezeléseknél hőtartást alkalmaztunk 1640 °C-on 15–120 percig, vagy lassú (180 °C/h) hevítést 1640 °C-tól 1730 °C-ig.

A 6. ábrán a  $\beta^1$  tartalmat ábrázoltuk a látszólagos sűrűség függvényében. Jól látszik az a tendencia, hogy a  $\beta^1$  fázis mennyisége nő a szinterelés előrehaladásával, ez a növekedés 3,0 g/cm<sup>3</sup> sűrűségnél felgyorsul. Ugyanak-

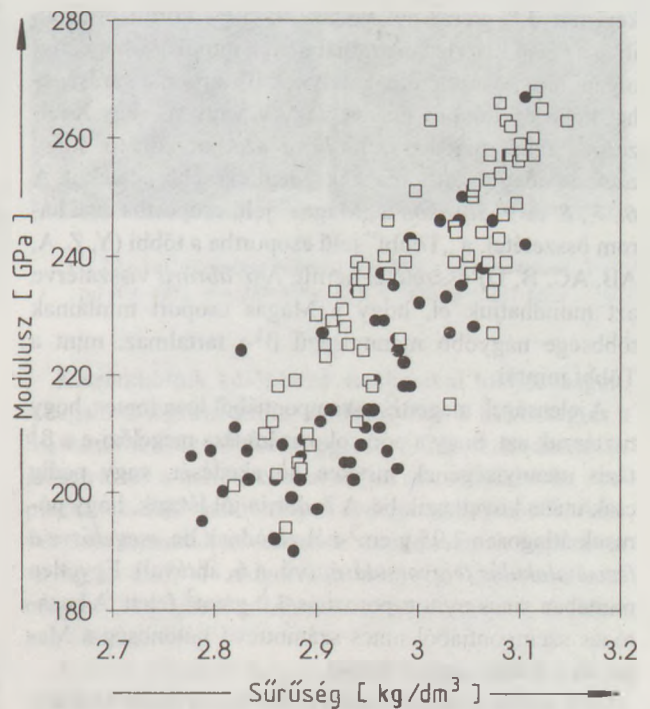




● Magas □ Többi

6. ábra

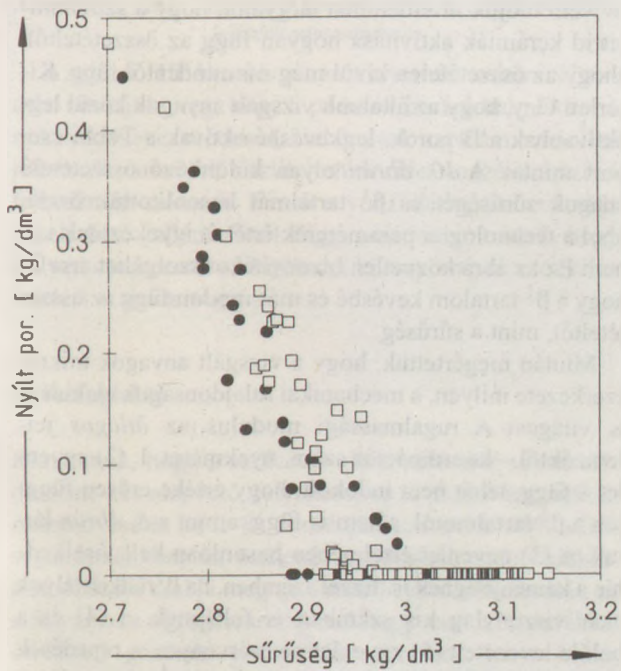
A  $\beta^1$  tartalom a látszólagos sűrűség függvényében. „Magas” csoport: V, W, X összetételek, „Többi” csoport: Y, Z, A, AB, AC, B, D összetételek



● Magas □ Többi

8. ábra

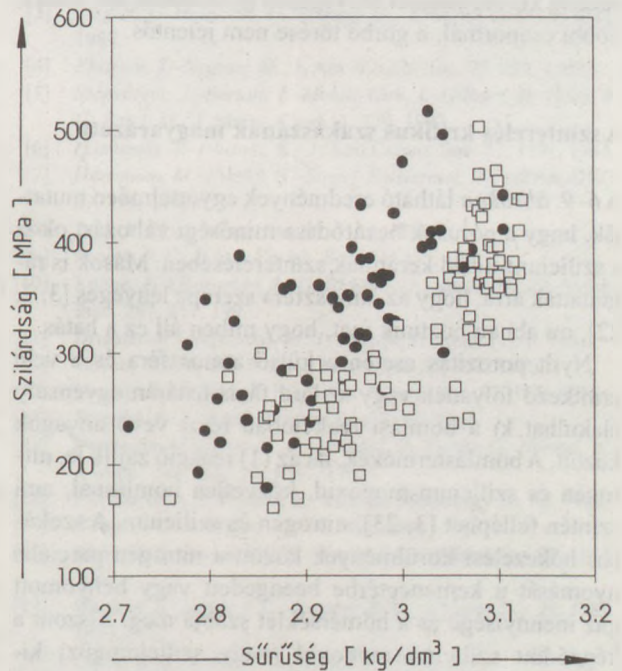
A rugalmassági modulus a látszólagos sűrűség függvényében



● Magas □ Többi

7. ábra

A nyílt porozitás, azaz a testsűrűség és a látszólagos sűrűség különbsége a látszólagos sűrűség függvényében



● Magas □ Többi

9. ábra

A négypontos szilárdság a látszólagos sűrűség függvényében

kor már  $2,8 \text{ g/cm}^3$ -nél voltak 40–50% körüli értékek, illet az első kísérletsorozatnál nem kaptunk. Valamennyi olyan minta összetétele, amelynek  $\beta^1$  tartalma sűrűségéhez képest feltűnően magas, vagy V, vagy W, vagy X jelzésnek felel meg az 1. táblázat szerint, látható, hogy ezek az adagok tartalmazzák a legkevesebb adalékot. A 6., 7., 8. és 9. ábrákon a „Magas” jelű csoportba ez a három összetétel, a „Többi” jelű csoportba a többi (Y, Z, A, AB, AC, B, D) összetétel került. A 6. ábrára visszatérve azt mondhatjuk el, hogy a Magas csoport mintáinak többsége nagyobb mennyiségű  $\beta^1$ -t tartalmaz, mint a Többi mintái.

A jelenségek megértése szempontjából igen fontos, hogy tisztázzuk azt, hogy a pórusok bezáródása megelőzi-e a  $\beta^1$  fázis mennyiségének hirtelen növekedését, vagy pedig csak utána következik be. A 7. ábrán jól látszik, hogy pórusok átlagosan  $2,95 \text{ g/cm}^3$ -nél záródnak be, megelőzve a fázisátalakulás felgyorsulását (vö. a 6. ábrával). Egyetlen mintában sincs nyitott porozitás  $3,0 \text{ g/cm}^3$  felett. A bezáródás szempontjából nincs számottevő különbség a Magas és a Többi csoport között.

A 8. ábrán a rugalmassági modulust, a 9. ábrán a szilárdságot ábrázoltuk. A modulus egyenletesen nő a sűrűséggel, a két csoport viselkedése hasonló. Más a helyzet a szilárdságnál, amelynek értéke a Többi csoportnál lassan nő  $2,95 \text{ g/cm}^3$ -ig, itt a szilárdság–sűrűség görbe meredeksége  $280 \text{ MPa} \cdot \text{cm}^3/\text{g}$ -ról  $960 \text{ MPa} \cdot \text{cm}^3/\text{g}$ -ra nő. A Magas csoport mintáira a meredekség  $2,95 \text{ g/cm}^3$  alatt  $415 \text{ MPa} \cdot \text{cm}^3/\text{g}$ , felette  $542 \text{ MPa} \cdot \text{cm}^3/\text{g}$ , tehát a szilárdság kis sűrűségnél lényegesen gyorsabban nő, mint a Többi csoportnál, a görbe törése nem jelentős.

### A szinterelés kritikus szakaszának magyarázata

A 6–9. ábrákon látható eredmények egyértelműen mutatják, hogy a pórusok bezáródása minőségi változást okoz a szilícium-nitrid kerámiák szinterelésében. Mások is rámutattak arra, hogy az atmoszféra szerepe lényeges [3, 7, 22], mi abban hoztunk újat, hogy miben áll ez a hatás.

Nyílt porozitás esetén a külső atmoszféra és a vele érintkező folyadék vagy szilárd fázis határán egyensúly alakulhat ki a bomlási reakcióban részt vevő anyagok között. A bomlástermékek, ha az (1) reakció zajlik le, nitrogén és szilícium-monoxid, közvetlen bomlásnál, ami szintén felléphet [3, 23], nitrogén és szilícium. A szokásos hőkezelési körülmények között a nitrogén parciális nyomását a kemencetérbe beengedett vagy benyomott gáz mennyisége és a hőmérséklet szabja meg. Viszont a képződött szilícium-monoxid (vagy szilíciumgőz) kiszökhet a rendszerből, mely esetben nem lesz egyensúly. A kiszökés mértéke függ az alkalmazott szinterelési módszertől, a felhasznált beagyazópor tulajdonságaitól, sőt a kemence felépítésétől is. Zárt pórusokban az egyensúly ki tud alakulni, mivel a SiO nem tud elszökni, de

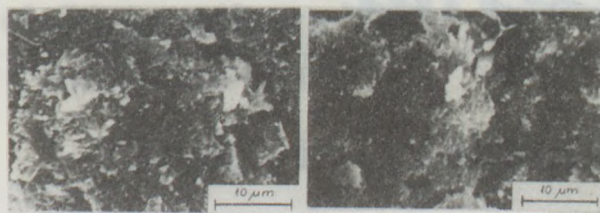
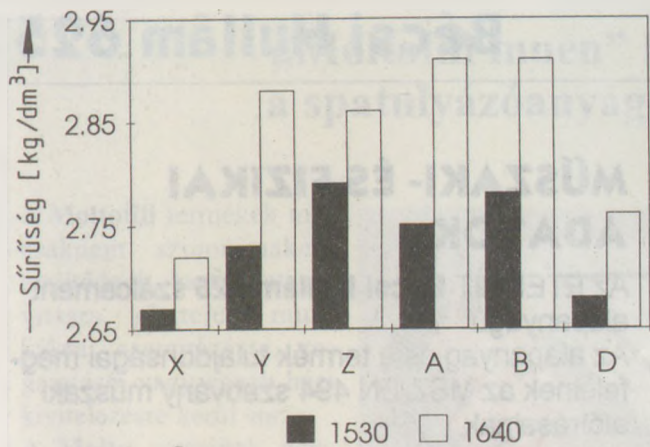
parciális nyomása jóval magasabb lesz, mint a kemencetér felé nyílt pórusokban. Ebből viszont következik, hogy az üveg nitrogéntartalma magasabb lesz, már pedig Y–Si–Al–O–N üvegekben a nagyobb nitrogéntartalom nagyobb viszkozitást eredményez [24].

A fenti gondolatmenetből adódik megfigyelésünk magyarázata. A Többi csoport mintáin a pórusok bezáródásáig az  $\alpha$  részecskék közötti nyakak kialakulása, majd vastagodása a döntő folyamat, ahogy ezt az első kísérletsorozatot magyarázva kifejtettük. Számos publikált kísérleti adat [3, 12, 15] valószínűsíti, hogy a szinterelés kezdeti szakaszának sebessége függ a képződött folyadékfázis mennyiségétől, mi is elfogadjuk, hogy az anyag a folyadékban diffundál a nyakakhoz. Véleményünk szerint az atmoszféra összetétele módosítja a folyadék tulajdonságait. Nyílt geometriánál a bomlás intenzív, a folyadék nitrogéntartalma alacsony, ezért viszkozitása is alacsony. A pórusok bezáródása növeli a nitrogéntartalmat, a viszkozitást, tehát lassítja a nyakak vastagodását. Ha feltételezzük, hogy az  $\alpha$ – $\beta^1$  átalakulás nem függ lényegesen a folyadékfázis viszkozitásától, a nyílt porozitás az  $\alpha$  részecskék növekedésének, a zárt porozitás a fázisátalakulásnak kedvez, s éppen ez az, amit tapasztaltunk.

A Magas csoporthoz tartozó adagokban kevesebb folyadék tud képződni, mint a Többi csoportnál, a nyaknövekedés lassúbb, ezért a fázisátalakulásnak jobban kell érvényesülnie már nyílt porozitásnál is. Ebből viszont az következik, hogy ebben a csoportban viszonylag sok  $\beta^1$  képződik a pórusok bezáródása előtt is, ez a második megmagyarázandó észlelés.

Nem tudjuk itt érdemben tárgyalni, hogy a szilícium-nitrid kerámiák aktivitása hogyan függ az összetételtől, ahogy az összetételen kívül még mi mindentől függ. Kísérleti tény, hogy az általunk vizsgált anyagok közül legaktívabbak a B porok, legkevésbé aktívak a Többi csoport mintái. A 10. ábrán olyan különböző összetételű adagok sűrűségét és  $\beta^1$  tartalmát hasonlítottuk össze, ahol a technológiai paraméterek értékét igyekeztünk tartani. Ez az ábra közvetlen bizonyítékot szolgáltat arra is, hogy a  $\beta^1$  tartalom kevésbé és más módon függ az összetételtől, mint a sűrűség.

Miután megértettük, hogy a vizsgált anyagok mikro szerkezete milyen, a mechanikai tulajdonságok alakulása is világos. A rugalmassági modulus az átlagos jellemzőktől – koordinációs szám, nyakméret, l. (2) egyenlet – függ, tehát nem indokolt, hogy értéke erősen függjön a  $\beta^1$  tartalomtól, s nem is függ, amint a 8. ábrán láttuk. A (3) egyenlet értelmében hasonlóan kell viselkednie a keménységnek is. Ezzel szemben, ha  $\beta^1$  rúd kristályok akár viszonylag kis számban is fellépnek, a (4) és a belőle levezetett (5) egyenlet nem érvényes, a repedések továbbterjedésében az áthidaló kristályoknak lesz döntő szerepük [9],  $K_{IC}$  és a szilárdság megnő. A 11. ábrán bemutatjuk két, 96% sűrűségig szinterelt minta mikro szerkezetét, látható, hogy több  $\beta^1$  rúd kristály nagyobb szilárdságot ad.



11. ábra

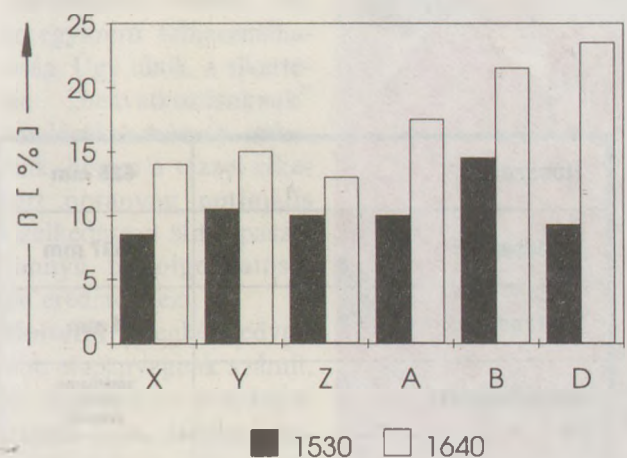
3,12 g/cm<sup>3</sup> sűrűségig hőkezelt B minták mikroszerkezete.  
a)  $\beta^1 = 89\%$ ,  $\sigma = 389$  MPa; b)  $\beta^1 = 76\%$ ,  $\sigma = 267$  MPa

Kiszámítottuk különböző mechanikai tulajdonságok, a rugalmassági modulus, a keménység, a szívósság és a hajlítószilárdság sűrűségfüggését. A kapott eredmények jól egyeztek a mérésekkel azokban az esetekben, ha a repedést áthidaló rúd-kristályok szerepe nem jelentős. A levezetett formulák érvényesek minden olyan kerámikus anyagra, ahol a zsugorodás alapvető mechanizmusa meglévő, nagyjából gömb alakú, hasonló méretű részecskék összenövése.

A jelen cikkben összefoglaltak csoportmunka eredményei. Elsősorban dr. Besenyei Gábornénak, Kele Andrásnak és Wéber Ferencnek tartozom köszönettel.

#### Irodalom

- [1] Jack, K. H.: in Silicon Nitride 93. Trans. Tech. Publ., Aedermannsdorf, 1994, p. 345.
- [2] Kawamura, H.: mint [1], p. 713.
- [3] Ziegler, G.-Heinrich, J.-Wötting, G.: J. Mater. Sci. 22, 3041, 1987.
- [4] Ekström, T.-Nygren, M.: J. Am. Ceram. Soc. 75, 259, 1992.
- [5] Szépvölgyi, J. Bertóti, I. Mohai-Tóth, I. Gilbert, E.-Riley, F. L.-Patel, M.: J. Mater. Chem. 3, 279, 1993.
- [6] Hamasaki, T.-Ishizaki, K.: J. Am. Ceram. Soc. 77, 1101, 1994.
- [7] Herrmann, M.-Putzky, G.-Siegel, S.-Hermel, W.: cfü/Ber. DKG 69, 376, 1992.
- [8] Jack, K. H.: J. Mater. Sci. 11, 1135, 1976.
- [9] Becher, P. F.: J. Am. Ceram. Soc. 74, 255, 1991.
- [10] Kühne, A.-Oberacker, R.-Grathwohl, G.: Mat. Res. Soc. Symp. Proc. 287, 417, 1993.
- [11] Dressler, W.-Hoffmann, M. J.-Petzow, G.: mint [1], p. 165.
- [12] Havari, M.-Hansen P. L.: J. Mater. Sci. 25, 992, 1990.
- [13] Hwang, S. L.-Chen, I. W.: J. Am. Ceram. Soc. 77, 165, 1994.
- [14] Sajgalik, P.: J. Europ. Ceram. Soc. 8, 21, 1991.
- [15] Herrmann, M.-Boharski, C.-Michael, O.-Putzky, G.-Hermel, W.: J. Mater. Sci. Lett. 12, 1641, 1993.
- [16] Fischmeister, H. F.-Arzt, E.: Powder Metallurgy 26, 82, 1983.
- [17] Wang, J. C.: J. Mater. Sci. 19, 801, 1984.
- [18] Wagh, A. S.-Poeppel, R. B.-Singh, J. P.: J. Mater. Sci. 26, 3862, 1991.
- [19] Wagh, A. S.-Singh, J. P.-Poeppel, R. B.: J. Mater. Sci. 28, 3589, 1993.
- [20] Coble, R. L.: J. Appl. Phys. 32, 787, 1961.
- [21] Arató P.-Besenyei E.-Kele A.-Wéber F.: J. Mater. Sci. 30, 1863, 1995.
- [22] Walls, P. A.-Ueki, M.: J. Mater. Sci. 28, 2967, 1993.
- [23] Oberacker, R.-Kühne, A.-Komac, M.-Thümmeler, F.: Interceram 40, 400, 1991.
- [24] Leng-Ward, G.-Lewis, M. H.: Mater. Sci. Eng. 71, 101, 1985.



10. ábra

A látszólagos sűrűség (a) és a  $\beta^1$  tartalom (b) 1530, illetve 1640 °C-ig hőkezelt mintasorozatra

A szinter HIP kezelés során a nyomást valamivel azután növeljük meg, hogy a pórusok bezáródtak. Ekkor a mikroszerkezet módosul, kialakulnak azok a mechanikai jellemzők, amelyek a szilícium-nitridet vonzóvá teszik a felhasználó számára. Ennek a vonzódásnak az erőssége az elérhető jellemzőktől függ, ami viszont attól, hogy milyen szerkezetet alakítottunk ki a nyomásmentes szinterelési szakasz végére.

#### Összefoglalás

Kimutattuk, hogy a szilícium-nitrid kerámiák szinterelődésének két alapvető folyamata az  $\alpha$  fázisú részecskék összenövése és az  $\alpha$ - $\beta^1$  fázisátalakulás. A 60–90% sűrűség tartományban az összenövés dominál. A folyadékfázisú diffúzió szabja meg az összenövés előrehaladását, ez a folyamat a nitrogéntartalomtól függ, amit a folyadékkal érintkező gázfázis összetételén keresztül lehet szabályozni. A  $\beta^1$  fázis mennyisége akkor nő számottevően, ha az összenövés akadályozott, azaz a pórusok bezáródása után, egyes összetételeknél kisebb mértékben már előtte is. A rúd alakú  $\beta^1$  részecskék már a 80–95% sűrűség tartományban lényegesen növelik a szilárdságot.

## ALKALMAZÁSI TERÜLET

A Bécsi Hullám 625 hullámlemez alkalmas kisebb- és nagyobb dőlésű tetők fedésére. Alkalmazása elsősorban lakóépületeknél, sorházaknál, lakótelepeknél, középületeknél és a mezőgazdaságban szokásos.

## MŰSZAKI- ÉS FIZIKAI ADATOK

Az ETERNIT Bécsi Hullám 625 szálcement alapanyagú. Az alapanyag és a termék tulajdonságai megfelelnek az MSZ-EN 494 szabvány műszaki előírásainak.

## A TERMÉK TULAJDONSÁGAI

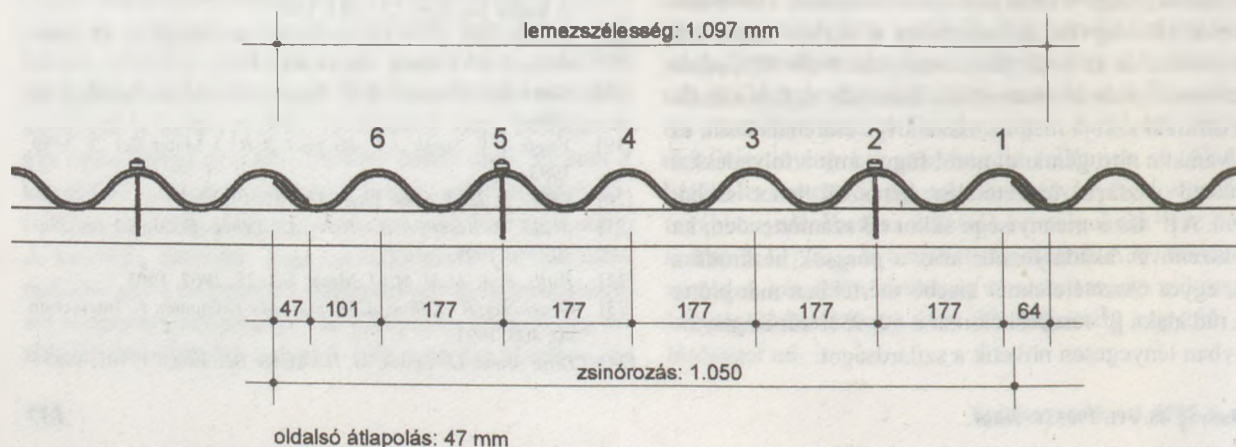
- gazdaságos, takarékos tetőfedés
- egyszerű és gyors kivitelezés
- viharálló rögzítés
- alacsonyabb dőlésszög mellett is alkalmazható
- a lemezfelület profiljának kialakítása miatt jó vízlevezetés
- harmonikus, életteli teli tetőstruktúra
- kis felületekből álló fedés
- kedvező optikai megjelenés
- profilos tetőfedőanyag

Hossza:	625 mm
Szélessége:	1.097 mm
Vastagsága:	5 mm
Színválaszték:	sötétbarna, vörös, antracit
Súlya/db:	9 kg
Hajlítónyomaték:	≥ 30 Nm/m
Vízhatlansága:	legalább 24 óra (csappképződés nincs)
Fagyállósága	fagyálló
Éghetősége:	nem éghető

## MŰSZAKI ADATOK

Zsinórozás és rögzítés (balfedéshez)

Bécsi Hullám 625 (6 hullámhegy, hullámhossz 177 mm, hullámmagasság 51 mm)



Rögzítés harangfejű szögekkel a 2. és 5. hullámhegyen.

## „Moltofill innen” belső használatra a spatulyázóanyagok között az első!

A **Moltofill** termékek már csaknem szinonimaként említődnek, ha felületi javításra, glettelési munkákra, csempézésre, ragasztásra vagy egyéb házi kivitelezésre kerül sor.

A **Molto** termékek népszerűségének valódi oka az egyszerű felhasználhatóság. Úgy tűnik, a sikertelen „beavatkozásoknak” mindörökké búcsút inthetünk, hiszen a vízzel elkevert poranyag optimális viselkedése a sima paszta könnyű feldolgozhatóságát eredményezi.

**Moltofill** a legközkedveltebb alapanyagok számát, és úgyszólván alapfogalommal vált. Ismert népszerűségében igen nagy szerepet játszott megbízhatósága is. Nagy lyukak és széles hasadások a falfelületen, burkolatokon vagy padlón a **Moltofill** segítségével könnyen helyrehozhatók.

Egy óras keményedés után a munka tovább folytatható, a felületi csiszolás, fúrás, festés nem okoz nehézséget.

**Moltofill** csaknem minden felületre jól tapad, és egy felvitelnél akár 10 cm vastagságban is felhordható. Ily módon például ideális alapot teremthetünk a tapéták és fedőanyagok részére.

A Molto termékek széles termékskálát ajánlanak a szakembereknek. Legismertebb készítményei a „festőprogram” elnevezés alatt találhatók.

Az egész terméksorozat gazdaságos kiszerelésben kerül forgalomba. Kültéri homlokzati felületsimító anyagok, faglettelők, felületkitöltő anyagok, ragasztók, tapétaleválasztók, alapozók tapétacseré-



hez, lemaratószerek és ecsettisztítók a felújítási és javítási munkálatok széles palettáját bővítik.

Ismerje meg a Molto kiváló termékeit!

**A MOLTO termékek  
megvásárolhatók  
a Commenda Hungária Kft.-nél**

Tel./fax: 1-212-0942,  
tel.: 1-250-0260

# RIEDHAMMER ÉS KNOW-HOW-JA



A csúcstechnika nem ismer nyugalmat. RIEDHAMMER hét évtized alatt újra és újra meglepte a szakvilágot az égéstechnika jelentős újításaival. Know-how az erősségünk. Az innovációk az Önök előnye. Biztosítja az Önök gyártásának precízióját, teljesítőképességét és gazdaságosságát. RIEDHAMMER partnerként ma sikert és holnap jól felszereltséget jelent.

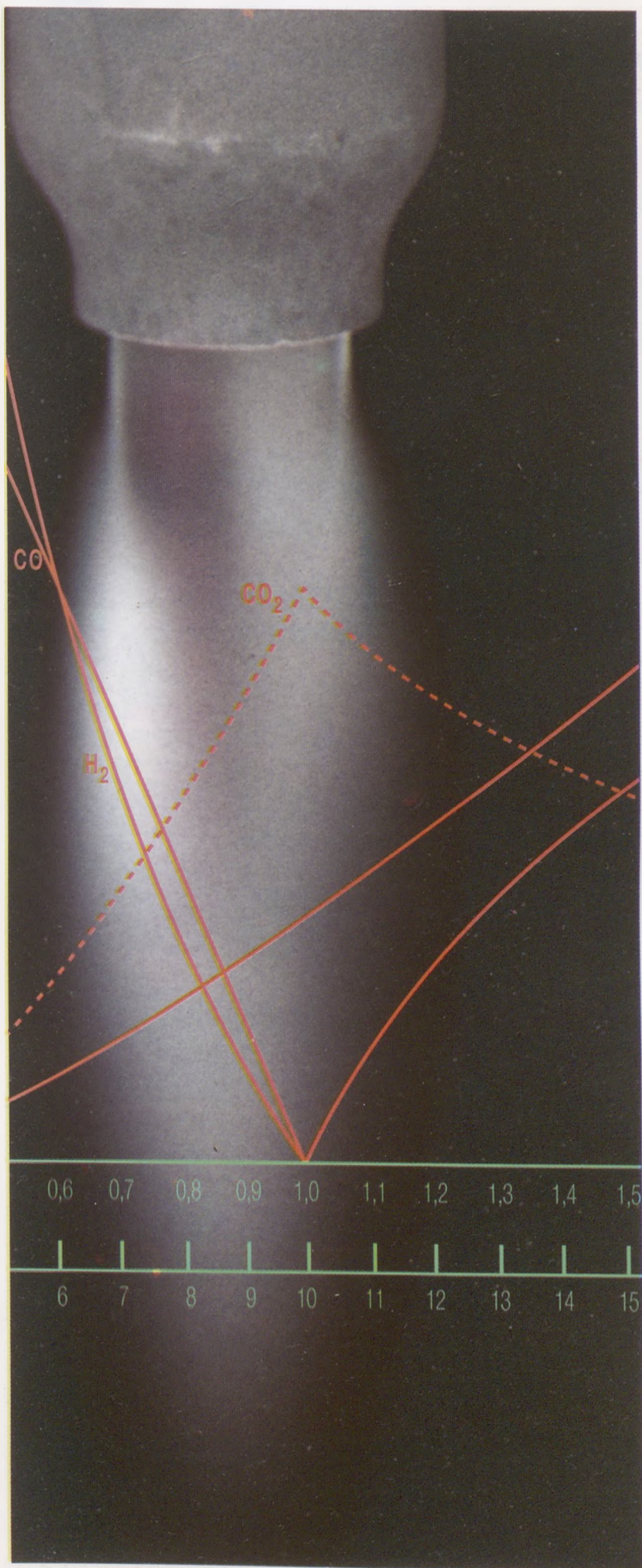


Többet akar tudni RIEDHAMMER-RŐL? Akkor írjon nekünk vagy hívjon fel. Elküldjük Önnek a legújabb információs anyagunkat.

RIEDHAMMER, D - 90332 Nürnberg,  
Klingenhofstraße 72, Tel.: \_49/911/5218-0,  
Fax: \_49/911/5218-231.



**RIEDHAMMER**  
Ipari kemencék kerámiához



# SZILIKÁTTECHNIKA

## Relationship between Economy, Ecology and Quality Assurance in the Firing of Whitewares

Rudolf Sladek\*

A gazdaságosság, ökológia és a minőségbiztosítás kapcsolata a fehéráruk égetésekor. Mind a kerámiák gyártóinak, mind beszállítóinak meg kell felelniük az ökológiai, gazdaságossági és minőségbiztosítási követelményeknek. Általánosan ismert, hogy a foszilis energia intenzív használata előre nem látható környezeti károsodáshoz vezet. Ezért minden ipari vállalkozás feladata, hogy a minimálisra csökkentse a káros gázok emisszióját (CO, NO stb.). Jelenleg a gyors égetési technológia a leghatékonyabb, amely a kerámiatermékek optimális égetését minimális ballaszt képződése mellett teszi lehetővé, így rövid égetési ciklust, kis energiafelhasználást, nagy kihatalt tesz lehetővé és azt, hogy ezek a technológiák összhangba kerüljenek a hulladékelhelyezési eljárásokkal (fluor szorpció rendszer, termikus utóégetés stb.).

### Introduction

We are confronted with environmental issues by the media every day; to what extent this flow of information can be considered objective is not the topic of discussion here. However, the following definitive questions pose themselves for the ceramist:

- To what extent do the ceramics technologies influence the environment today?
- How can the manufacturers of ceramics and their suppliers contribute now and in the future to keeping the pollution of our vital environment as low as possible in an effort to preserve it?

Affluence, growth and consumption are still in the foreground for the majority of the population as worthwhile aspirations. But the industrial development and thus the affluence were basically possible only because human labour could gradually be replaced by technical energy. However, it was the extreme consumption of fossil energy that led to the environmental issues we face today. Since 1973 the worldwide energy consumption has increased by approximately 1/3, and steadily increasing environmental pollution must be reckoned with. During the past 100 years, the CO<sub>2</sub> content of the atmosphere has increased by 25%, but 80% of the CO<sub>2</sub> emissions is produced by only 25% of the world population. It is imperative that we change our way of thinking, i.e. the economic development should and must be constantly based around environmental factors in order to preserve the basics of life and use the existing resources as sparingly as possible.

This does not necessarily mean drastic restrictions on our prosperity but requires a certain amount of self-moderation to benefit the environment and future generations.

Hence, what is needed is the integration of ecological aspects into the overall economic planning as long as there is still time and the damage is not yet irreparable. The contribution by the ceramic industry should be to take full advantage of all possibilities offered by the kiln construction technology in order to meet these requirements.

Both the manufacturers of ceramics and their suppliers must comply with the requirements of ecology, economy and quality assurance. It is generally known that the intensive use of fossil energy leads to environmental issues with unforeseeable consequences. Therefore, it is the task of every industrial enterprise to conserve energy in order to minimize the emission of noxious gases (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, etc.). The presently most efficient firing technology is fast firing which permits an optimum firing of ceramic products with a minimum of ballast -- e. g. short firing cycles, low energy consumption, high output, as well as the possibility of harmonising these technologies with the waste disposal technology (fluorine sorption systems, thermal postcombustion, etc.).

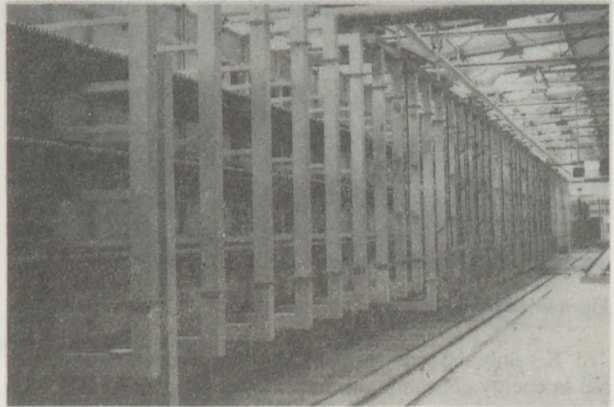


Fig. 1. Multi-floor roller kiln for biscuit firing porcelain

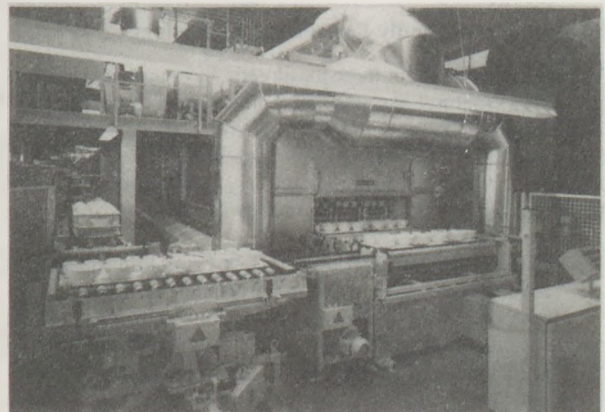


Fig. 2. Roller kiln for glost firing porcelain

Fast-firing technology provides the ceramic industry with possibilities which can be considered extremely positive. The advantage of fast-firing technology from the economic point of view (reduced labour costs, etc.) is now well known, but the ecological benefit might not yet have been fully comprehended.

\* Paper held at the 3rd ECerS, Madrid, September 13-17, 1993  
Riedhammer GmbH & Co. KG, P.O. Box 120169, D-90332  
Nuremberg Germany

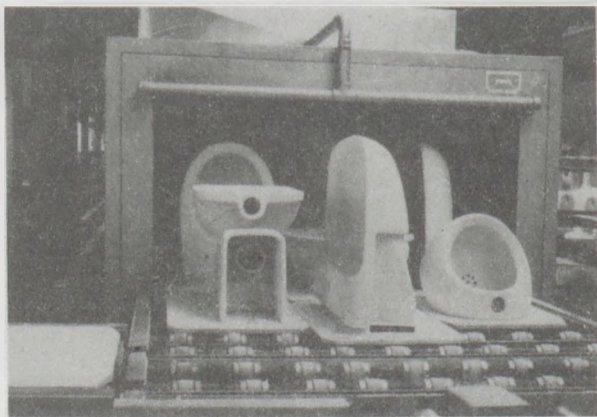


Fig. 3 Roller-kiln for sanitaryware

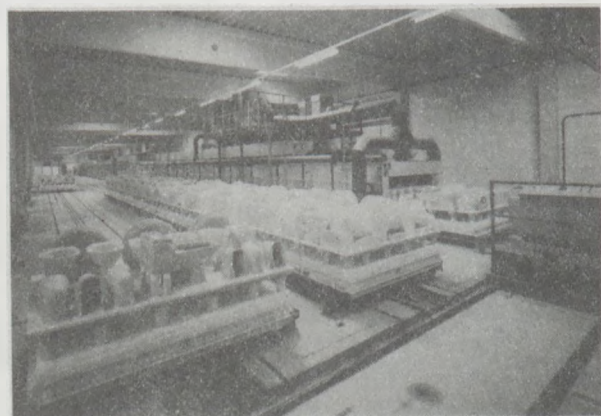


Fig. 4 Fibre-lined tunnel kiln for sanitaryware

ded. Not only the reduction of CO<sub>2</sub> through the marked decrease in energy consumption, but also the necessary absorption of noxious gases (e.g. fluorine) can be realized much better with the fast-firing technology than with conventional technologies. The same applies to organic pollutants which can be detoxicated by postcombustion systems.

#### Environment-Friendly Fast-Firing Technology

Although the porcelain industry already has quasi "clean energy sources" (natural gas, propane/butane) at its disposal or will in the near future (new German Federal States), it must also contribute its share to the environmental relief. The introduction of the modern fast firing technology is an extremely useful method of achieving this for the following reasons:

- In the presently most modern fast-firing kiln (multilayer roller kiln for biscuit-firing porcelain, Fig. 1) the conveying cars and the transport batts (for the firing of plates) are no longer necessary. In the roller kiln for glost-firing porcelain (Fig. 2) the kiln cars are replaced by light-weight transport batts thus resulting in a very favourable energy consumption and a high degree of mechanization with correspondingly lower energy and labour costs. In the roller kiln for sanitaryware (Fig. 3) there are only transport-batts.
- Essential reduction of the kiln furniture thereby reducing the ballast in the firing process (and also increasing the space left in the kiln hall)



Fig. 5 Fast firing kiln table conveyance (length on average: 70m, output: approx. 10 t/24 h)

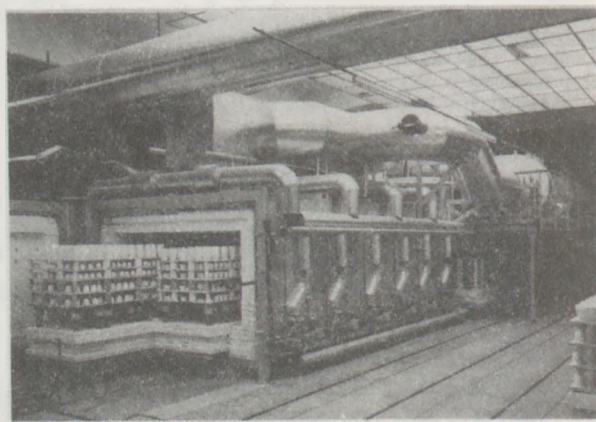


Fig. 6 Shuttle kiln for glost firing/biscuit firing porcelain/bone china

- Half the CO<sub>2</sub> emission compared to the conventional tunnel kiln
- More uniform quality of the finished products due to microprocessor-controlled kilns resulting in lower reject rates
- Reduction of dust in the manufacturing halls due to the omission of SiC saggars (abrasion effect) which contributes to an improvement of the glaze appearance (reduction of pinholes)
- Reduction of fluorine emission due to the time factor in fast-firing processes (4 to 6 h compared to 24 to 30 h!) and a more systematic disposal by lime chip sorption units.
- Personnel reduction and less physical exertion as the loads to be moved are lighter.
- Due to the developments achieved by Riedhammer, the fast biscuit-firing process followed by the fast glost-firing process is already the state-of-the-art and represents the introduction of production line technology to the ceramic industry

Due to the lightweight construction and the prefabrication of the modern firing units – tunnel kilns of lightweight construction (Fig. 4), fast firing kilns with table conveyance (Fig. 5) – it is now possible for the first time to operate the passage kiln periodically, too, i.e. to cool or shut it down on weekends which not only results in a higher flexibility but also important reductions in labour costs since the weekend work can be eliminated.



The lightweight construction of the kilns also ensures quick intervention in case of possible necessary repairs as well as short standstill times for maintenance work. The wider cross-section of the kilns (up to 2.4 m of useful width) as well as the considerably shorter firing cycles make higher outputs in less production space possible. The product reject rate is noticeably reduced by shorter firing processes and less storage capacity since deteriorations in quality can be perceived and corrected quickly. Due to the lightweight construction and the prefabrication of intermittent kilns (chamber and shuttle kilns, Fig. 6) high energy savings are possible by a quicker heating-up and cooling-down during the firing process.

### Quality Assurance

In order to stay competitive with low-wage countries, the use of modern firing units headed toward production line technology is imperative since a high quality must be obtained with considerably less personnel. Shorter production steps and less personnel, however, require a more complex sequence of all technological steps. This results in a demand on the one hand for high-quality kiln construction material and a custommade kiln design and on the other hand for the careful handling of the complete technology (preparation, shaping, drying, firing adequate glaze quality) before the first-class quality expected can be produced.

With heat transfer media such as light or heavy oil this is possible only to a certain degree. Although there will always be exceptions requiring the use of oil, extreme solutions should be avoided as far as possible because the use of light or heavy oil in the whiteware industry means in addition to the environmental pollution (e.g. fluorine) resulting from the fired product itself pollutants escaping from the fuel (mainly sulphur) will have to be disposed of.

Table 1 Different possibilities for the firing of sanitaryware

	Temperature [°C]	Kiln time/ firing cycle [h]	Specific energy consumption [kJ/kg] (kcal/kg)	Output [t/24 h]
Classical tunnel kiln, open flame*	1200...1280	16...24	6,700...2,200 (1,600...2,200)	10...50
Modern tunnel kiln, fibre-lined	1230...1260	10...18	4,200...6,700 (1,000...1,600)	10...50
Roller kiln	1230...1260	8...10 (12**)	3,100...4,200 (750...1,000)	10...30
Modern shuttle kiln/ first firing***	1240...1250	12...23	9,200...10,500 (2,200...2,500)	1...10 per cycle
Modern shuttle kiln/ repair firing or refiring	1180...1220	12...23	7,500...9,200 (1,800...2,200)	1...10 per cycle

\* Muffle tunnel kiln with indirect heating/Dressler system: spec. energy consumption 2500...4000 kcal/kg

\*\*\* Precondition: lightweight kiln furniture superstructure as well as a minimum of 15 kg/sanitaryware part

Table 2 Output values of modern kilns for glost-firing porcelain

	Temperature [°C]	Kiln time/ firing cycle [21]	Specific energy consumption [kJ/kg] (kcal/kg)	Output [t/24 h]
Conventional tunnel kiln	1400	24...30	23,000...31,000 (5,500 7,500)	2.5...10
Roller kiln	1400	3...4	7,500...10,500 (1,800...2,500)	2.5...10
Fast firing kiln with top burners (sled kiln)	1400	2,5...4	12,500...16,500 (3,000...4,000)	1...6
Fast firing kiln with table conveyance and top and bottom burners	1400	4...6	14,700...21,500 (3,500 5,000)	2,5...10
Shuttle kiln	1400	16...24	25,000...33,500 (6,000...8,000)	0.3...4

The modern firing technology for sanitary ware and glost-firing porcelain is shown in the Tables 1 and 2 as output comparison between modern firing units and conventional firing technology.

### Conclusion

The current scientific and technical progress does not need to be slowed down under the motto "back to nature". A contribution to the long-range preservation of natural resources is only possible through permanent energy saving in connection with process improvements for new plants or optimization of existing plants. This will provide additional financial reserves that can be invested in active protection of the environment.

It can be said that the demands of the economy, ecology and quality assurance are inseparably interlinked and may be considered "the magic triangle" of modern technology of the 1990s.

### References

1. W. P. Weiler: Paper given at the 16th TBE Conference on May 30, 1991 in London
2. W. Kozłowski: Gas-Wärme International 40 (1991) [3] 119
3. R. Sladek: Is the Classical Tunnel Kiln for Porcelain Still "In"? Paper given at the Annual DKG Convention, October 1989, Koblenz, Germany
4. R. Sladek: Firing Technology of the Nineties. *cfi* 67 (1990) [12] 598-600
5. R. Sladek: Zusammenhänge zwischen Ökonomie, Ökologie und Qualitätssicherung in der Brenntechnologie für die Feinkeramik. *Keramische Zeitschrift* 44 (1992) [6] 371-373

# IBETONOZÁS FAGYIBAN



## A KEMIKÁL BETONADALÉKSZEREK HASZNÁLATÁVAL

Hidegben lelassulnak, melegben felgyorsulnak a kémiai folyamatok, melyek során köt a beton. +5 és +10°C között szinte megállnak a beton kötését létrehozó folyamatok. Ez önmagában nem jelent túl nagy gondot akkor, ha nem fagy meg, mert a betonnak jó tulajdonsága, hogy ha újra felmelegszik, megint beindul kötése, szilárdulása.

A lassú szilárdulásból adódhatnak gondok, elhúzódhat az építkezés. Az is lehet, hogy eleve hidegben, esetleg fagyban kell kezdeni a betonozást. A beton szempontjából az a legkedvezőtlenebb, ha a kötés megkezdődése után a még sok fölösleges vizet tartalmazó szerkezet átfagy. Ilyen esetben a már kialakult, de még gyenge kötések a jegesedés, duzzadás, miatt roncsolódnak és már többé nem regenerálódnak. Ez a kész, későbbiekben megkötött beton szilárdságának jelentős csökkenését okozhatja. Ha eleve fagyottan készítjük a betonkeveréket, a kötés be se indul, nem roncsolódnak a kezdeti kapcsolatok. Ilyen esetben végül is jó lehet a beton szilárdsága, csak gőzözzük kívánni!

A szabványos besorolás alapján beszélhetünk szilárdulás-gyorsító és fagyásgátló adalékszerről. A szilárdulás-gyorsítók a beton kezdeti állékonyságát, korai szilárdságát javítják. Ezek a szerek különböző kémiai és fizikai úton fejtik ki a hatásukat. Egyesek valóban a cementpép gyorsabb kötését idézik elő, míg mások csak különböző módon merevítik a betont, de a kémiai kötést nem befolyásolják. Így ezek egy része csak a zsaluzatra jutó tartós terhet csökkenti, míg másik részük alkalmazásával valóban hamarabb kiszaluzható, esetleg terhelhető vagy a szilárdsága révén fagyálló betont kaphatunk.

A fagyásgátló adalékszerek a kötési folyamatok felgyorsításával, a kötéskor keletkező intenzívebb hőfejlődéssel gátolják a beton kihűlését és lerövidítik azt az időintervallumot, amíg veszélyes lehet a fagy a betonra. Egy részük a betonban lévő víz fagyáspontját is leszállítja és így megakadályozza a káros átfagyást.

A hidegben, fagyban történő betonozást mindazonáltal célszerű elkerülni. Ezek az adalékszerek sem csodaszerek. Ahhoz, hogy valóban megszilárduljon belátható időn belül a beton, fagyban, de hűvös időben is biztosítani kell a friss keverék +5°C fölötti kezdeti hőmérsékletét.

A szilárdulás-gyorsítók és fagyásgátlók alkalmazásával elérhető kedvező tulajdonságok összefoglalva a következők:

- a betonkeverék gyorsabban éri el a kiszaluzhatósági szilárdságot
- rövidebb ideig terheli hidrosztatikai nyomással a zsaluzatot
- fagyban, hűvös időben is egyenletes szilárdulás érhető el
- elkerülhető, megelőzhető gyorsabb szilárdulással az átfagyás károsító hatása

A KEMIKÁL RT. által gyártott kötés-gyorsítók, fagyásgátlók a következők:

**BARRA FROST** adalékszer: alacsony hőmérsékleten végzett betonozásnál a friss betonba keverve fagyásgátló, kissé képlékenyítő hatású. A kezdeti szilárdulást is gyorsítja. Kloridmentes, vasbetonhoz, feszített betonhoz is alkalmazható. Adagolása a cement tömegére számított 1-3%.

**KALCIDUR** szilárdulás-gyorsító, fagyásgátló: alkalmazható természetes szilárdulású, valamint hőkezeléssel mesterségesen érlelt beton és vasbeton szerkezetek szilárdulásának gyorsítására, illetve a szilárduló beton fagyvédelmére. Korróziógátló inhibitorot tartalmaz. A cement tömegére számítva 2-6%-ban kell adagolni.

**TRICOSAL S-III** szilárdulás-gyorsító, fagyásgátló adalékszer: elsősorban vasalás nélküli betonok téli készítésénél alkalmazható. Gyorskötő habarcsok helyszíni készítéséhez is használható. Kloridtartalmú, ezért vasalt ill. gőzölt betonhoz alkalmazása tilos. Adagolása a cement tömegére számítva 6-12%.

A fenti termékekkel és más kivitelezési, szakipari kérdéssel kapcsolatban forduljon bizalommal a



vevőszolgálatához, szaktanácsadáshoz:  
1072 Budapest, Nagy Diófa u. 10-12. Telefon: 342-8969, 322-1066

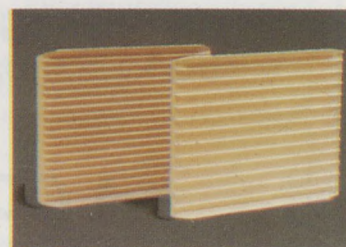
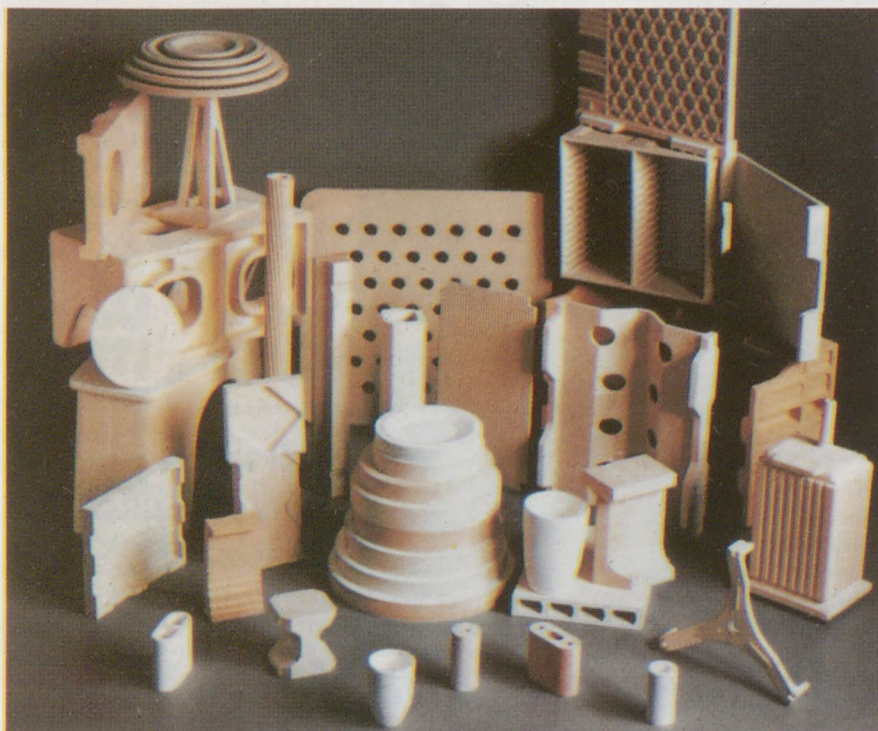
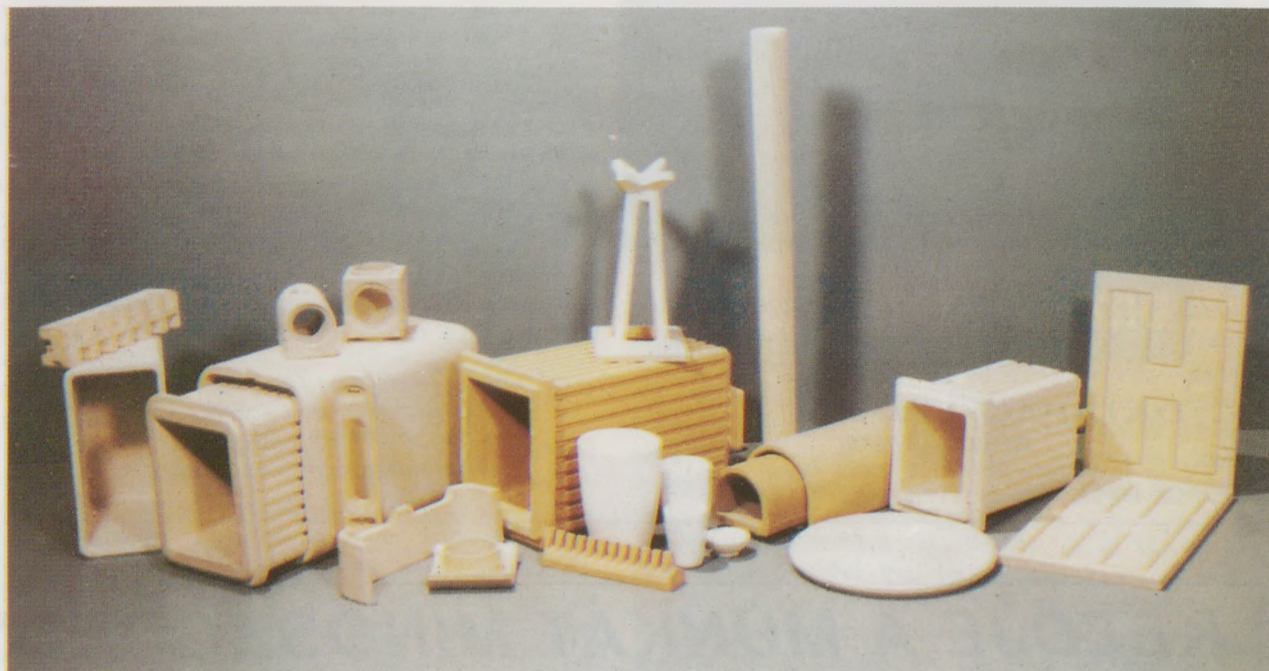
# BURTON-APTA

TŰZÁLLÓANYAG GYÁRTÓ KFT.



## BURTON

## APTA



H-6800 HÓDMEZŐVÁSÁRHELY, Erzsébeti út 7., Pf.: 179.

Telefon: (36-62) 342-598, 342-827, 342-914 Telex: 082-460 Fax: (36-62) 345-634

# HŐMÉRSÉKLETMÉRÉS GYÁRTÁS KÖZBEN



*Tudja Ön, hogy mi történik a kemencében?*

*A TRACKER-rendszer tudja!*

Speciálisan alagútkemencéhez tervezték, megadja és analízálja a hőmérsékletprofilot (anyag- és a levegő-hőmérsékletet 1800 °C-ig) többek között a következő alkalmazási területeken:

- téglá-, szaniter-, porcelán- és tüzelőanyagok égetési folyamatainál,
- az anyagok hőkezelési folyamatainál,
- egyéb hőmérséklettől függő folyamatoknál.

A TRACKER-rendszer alkalmazása és kezelése egyszerű és kényelmes. A mérési adatok felvételét és tárolását egy kábel nélküli, mikroprocesszor vezérlésű mérőmodul végzi. A folyamat lefutása után a mért értékek egy menüvezérlésű analízálóprogram segítségével számítógéppel értékelhetők.

A TRACKER-rendszer lehetővé teszi a kemencében előforduló égetési hibák korai felismerését. Alkalmazásával elérhető:

- a kemence hőkapacitásának a növelése,
- a termék minőségének a javítása,
- az energiaköltségek csökkentése.

Kérjen további információs anyagot!



**Alagútkemence  
TRACKER-rendszer**

**DATAPAQ - LIMITED**

GERMAN DIVISION

Valdorfer Straße 100 - 32602 Vlotho

Tel. +49-5733-1 84 33/34 - Fax +49-5733-1 84 32

# KEZDJE A MUNKÁT MINŐSÉGGEL!

## CIMSEC



komplett  
rendszer  
a hideg-  
burkoláshoz



## MURA 50 BEL

komplett  
lakásfelújító  
rendszer

## A COMMENDA Hungária Kft-vel

1037 Budapest, Zay u. 1-3. Telefon/fax: 212-0942, 250-6896

# Égetési segédeszkögyártás Magyarországon a Burton-Aptánál

Magyarország déli részén a nagy kerámiai hagyományokkal rendelkező Hódmezővásárhelyen működik gyárunk, ahol 1968-ban készült el az első termék. 1991-ben német többségi tulajdonnal vegyes vállalattá alakult, BURTON-APTA Kft. néven. Azóta a BURTON-csoporthoz tartozunk. Kapacitásunk jelenleg évi cca. 5000 tonna égetési segédeszköz. Sajtolással, öntéssel és extrudálással előállított kordierit, mullit és szilicium-karbid tartalmú termékeink 90%-át exportáljuk a világ számos országába. Munkánk eredményeként 1993-ban megkaptuk a TÜV-RHEINLAND tanúsítványát arról, hogy gyárunk minőségbiztosítási rendszere megfelelt a DIN ISO 9001/EN 29001 szabvány előírásainak.

A BURTON-APTA fennállása óta gyárt tányértokokat a porcelán- és kőedényipar számára, olyan kordierit-mullit alapú anyagösszetételből, amely 1350–1380 °C csúshőmérsékletig, 16–20 órás ciklusidő mellett alkalmazható. Az APTAKORIT MH anyagból készülő tányértokok nagy szilárdságúak, hőtágulási együtthatójuk alacsony, és jó a hőlékcsállóságuk. Vékony falú, kis tömegű tokjainkat kívánság szerint ráégetett vagy nyersen rögzített magas alumínium-oxidos védőbevonattal látjuk el. Tájéoló gyűrűvel és lábkikönyvitéssel is gyártunk tokot.

Különböző alkalmazási területekre készítünk támaszokat kordierit, mullit vagy samott bázisú anyagokból extrudálással, préseléssel és öntéssel. A támaszok segítségével stabil, nagy méretpontosságú kocsi felépítmények építhetők fel. Biztosítható a kedvező helykihasználás, az alacsony égetési segédeszköztömeg, és könnyen hozzá lehet férni az égetendő áruhoz. A méreteket – széles határok közt – nagy pontossággal lehet változtatni.

Régóta gyártunk égetőlapokat a kerámiaipar számára. Az alkalmazott kordierit-mullit anyagösszetételek lehetővé teszik, hogy 1250 °C-ig a leggazdaságosabb megoldást biztosítsuk partnereink számára. Kívánságra a lapokat csatlakozó kiképzéssel látjuk el, amelyek révén alkalmas támaszainkkal stabil, az igényeknek megfelelő távközi regálrendszer építhető fel. Hagományos kerámia kötésű SiC lapjainkat 1400 °C-ig lehet használni.

A szanitertermékek égetéséhez WC-zsámolyokat, -tartókat különböző kivitelben gyártunk öntéssel. Mosdók különböző

szögben történő megtartását biztosítja a préseléssel előállított támasz- és lapkombináció. A beépíthető mosdókhoz profil-tartókat gyártunk, a felfekvő felületek síkba vannak csiszolva.

A tetőcserépgyártás során felmerülő égetési segédeszközigényeket teljes körűen ki tudjuk elégíteni. Így készítünk ún. „U” tokokat, illetve „H” tokokat. A tokok választéka rendkívül változatos, a hódfarkú, a préselt tető-, kúp- és szélcserepek stb. égetése által támasztott követelményeknek megfelelően. Termékeinket öntéssel vagy préseléssel állítjuk elő, a vevői igény, illetve a gyártási célszerűség figyelembevételével. A fejlesztés folyamán a legmodernebb technikákat használjuk. CAD-rendszer alkalmazása segíti az új termékek optimális funkcionális-formai kialakítását és azt, hogy a vevői igények módosulása esetén ezekre azonnal reagálni tudjunk.

Végelem-analízis rendszerrel modellezzük termékeinkben az égetés során egyidejűleg fellépő termikus és mechanikus terheléseket a peremfeltételeknek – testek közötti hőátadás, kontaktproblémák, statikus-dinamikus erők, hógörbe stb. – megfelelően. Az alacsony biztonsági faktorú termékpon- tok konstruktív átalakítása, illetve újradimenzionálása garan- tálja, hogy termékeink a felhasználói követelményeknek megfelelnek. A termékek műszaki minősége, magas élettarta- ma vevőink megelégedését szolgálja.

Elsősorban kémények felújításához, de új kémények építéséhez is használható legújabb fejlesztésünk a vékony, nem több mint 10 mm falvastagságú, legfeljebb 1300 mm hosz- szúságú csöveket tartalmazó, kívül-belül mázazott kémény- clem-rendszer. Anyaguknál, kialakításuknál fogva ezek az ele- mek kielégítik a DIN 18 160-szabvány követelményeit, azaz savállóak és megfelelő tűzállósággal rendelkeznek. A kémény- elemek tulajdonságai – viszonylagosan kis súly és tűzállóság – lehetővé teszik, hogy az építő gyorsan és könnyen tudja el- végezni a kéményfelújítási munkát, a felhasználó pedig egy „örök” kéményt kap, amit egyaránt használhat olaj-, gáz- szén- vagy fatüzeléshez.

Tevékenységünket az állandó fejlesztés, vevőink megelégedettségét biztosító a jól, pontosan végzett munka jellemzi.

## Commenda szimpózium Balatonbogláron

1995. október 6–7–8-án rendezte 3. szimpóziumát a Commenda Hungária Kft., amelyen a hazai építés-kivitelező – építésztervezői szak- ma képviselői vettek részt. A 85 fő résztvevő számára a CIMSEC, MOLTO, MURABEL és SCHLÜTER termékesaladok bemutatása mellett lehetőség adódott konkrét építéstechnológiai kérdések megvitatására is.

Lényeges eleme volt a szakbemutatóknak a korszerű hidegburkolási, valamint üzemi víz elleni szigetelések CIMSEC termékekkel való konkrét bemutatása, a legkülönbözőbb CIMSEC előkészítő-, ragasztó- és fugázóanyagokkal együtt.

Sikerült olyan újszerű alkalmazástechnikai kérdéseket is megbeszélni, amelyek segítségével minden építési szituációban korrekt módon lehet a CIMSEC termékesaladot a SCHLÜTER élvédő, dilatációs és speciális elemekkel együtt felhasználni.

A Magyarországon már jól ismert CIMSEC és SCHLÜTER termékek mellett először került a szakma elé a MOLTO lakásfelújító program és a MURABEL fal- és homlokzati festékrendszer.

A jól sikerült szakmai napok legfontosabb mondanivalója egy mondatban:

„Kezdje a munkát minőséggel!”

# A poliakril-nitril alapanyagú DOLANIT-szálak alkalmazása az építőiparban

Kiss Rita

BME Vasbetonszerkezetek Tanszék\*

## Bevezetés

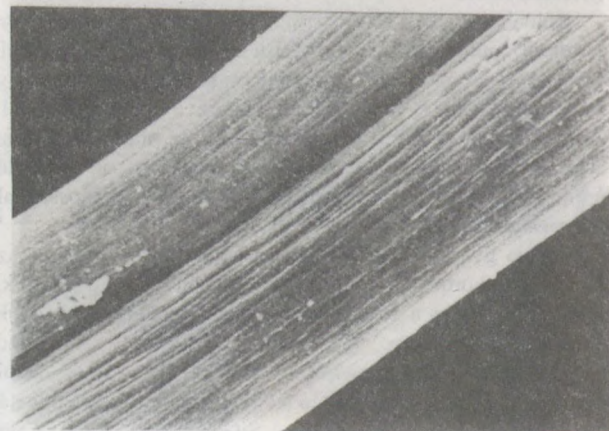
Körülbelül tíz éve ismert, hogy az azbesztszál angströmmnyi [ $10^{-10}$  m] mérete miatt káros az egészségre. Belégzése „azbesztózist” okozhat, ezért az azbeszt gyártását, feldolgozását és forgalomba hozatalát Nyugat-Európában és az Amerikai Egyesült Államokban betiltották. Az azbeszt pótlására fejlesztette ki a németországi HOECHST cég a poliakril-nitril alapanyagú DOLANIT szálcsaládot, s az erre vonatkozó kutatási eredményeket kívánjuk ismertetni.

## Poliakril-nitril és a DOLANIT-szálak

A poliakril-nitril (továbbiakban bevezetjük a PAN jelölést) – ellentétben a hasonló morfológiai felépítésű poli-amiddal és poliészterrel – a legtöbb oldószerben oldhatatlan. Számos technológiai probléma megoldása után, először az 1950-es években sikerült PAN rostokat, ill. szálakat gyártani az Amerikai Egyesült Államokban és Németországban.

1960 óta dolgozzák fel a PAN nyersanyagot ipari körülmények között dolanszálakká a Süddeutsche Zellwolle (Kelheim) cég üzemében. Ezeket a szintetikus, tapintásra a gyapjúhoz hasonló szálakat a textilipar különböző területein alkalmazzák, pl. kötöttáruhoz, szőnyegekhez és egyéb textiliákhoz.

Miután az 1970-es években tudományosan is igazolták az azbeszt egészségre káros hatását, 1979-ben az ETERNIT cég a HOECHST céggel megállapodott, hogy közösen kifejlesztenek egy olyan szálcsaládot, mely alkalmas



1. ábra  
A poliakril-nitril alapanyagú DOLANIT-szálak elektronmikroszkópos felvétele

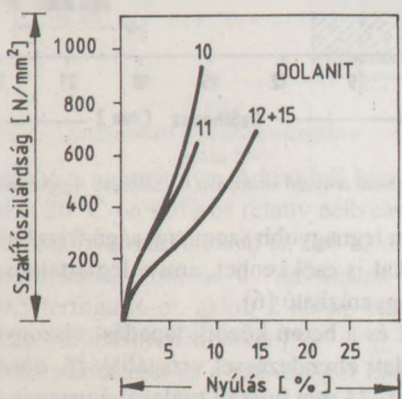
1. táblázat

Típus	DOLANIT 10	DOLANIT 11	DOLANIT 12	DOLANIT 15
Finomsági szám [dtex]	1,5 3,0	25 50 100	2,2 2,8	8,2
Szálátmérő [μm]	13 18	52 73 104	15 17	30
Szálhossz [mm]	6; 12	6; 12; 18; 24	60; 80; 100	60; 80; 100
Sűrűség [g/cm <sup>3</sup> ]	1,18	1,18	1,18	1,18
Szakítószilárdság [N/mm <sup>2</sup> ]	900-1000	550-650	640-690	510-560
Szakadó nyúlás [%]	8-11	6-9	13-16	14-17
Rugalmassági modulus [N/mm <sup>2</sup> ]	17000-19500	15340-17700		

\*Okl mérnök, tudományos ösztöndíjas

az azbeszt helyettesítésére. A textilszálakhoz alkalmazott technológiából kiindulva kopolimer nyersanyagból kémiai és technológiai módosításokkal kifejlesztettek olyan PAN alapanyagú szálcsaládot, melynek mérete olyan, hogy egészségre nem káros, szakítószilárdsága elegendően nagy ahhoz, hogy a betonban, a cementben és a műanyagokban a repedéseknél fellépő húzóigénybevételt fel tudja venni, és megfelelő mértékben lúgálló is. A DOLANIT 10 és 11 típusú szál hőkezeléssel nem zsugorított, rövid, vágott szál, amit cement-, habarcs-, beton- és gipszmátrixokba való beágyazásra, míg a DOLANIT 12 és 15 típusú hőkezeléssel zsugorított szálat dörzsbetétekhez, hőszigetelő anyagokhoz fejlesztették ki.

Minden szállítottnak – az előállítási eljárás következtében – vese alakú a keresztmetszete, felülete finoman rovátkolt, mint az az elektronmikroszkópos felvételen (1. ábra) látható. A szállítottnak fizikai és mechanikai tulajdonságait az 1. táblázatban foglaltuk össze, az elemi szálak jellemző  $\sigma$ - $\epsilon$  diagramja a 2. ábrán látható. A szálak alakjához minősítésére a textiliparban elfogadott mutató a finomsági szám (lineáris sűrűség), ami definíció szerint a hosszegységre eső tömeg. 1 tex-es az a szál, amelynek 1000 m hosszú darabjának a tömege 1 gramm. A textilipari gyakorlat a tex tizedét, a dtex-et használja.



2. ábra  
A DOLANIT-szálak jellemző  $\sigma$ - $\epsilon$  diagramja

Adott szállfinomságú elemi szál helyettesítő keresztmetszete a következő képlet segítségével határozható meg:

$$d = \sqrt{\frac{40 \cdot T}{\rho \cdot \pi}}, \quad \text{ahol} \quad (1)$$

$d$ : helyettesítő átmérő [ $\mu\text{m}$ ]

$T$ : szállfinomság [dtex]

$\rho$ : sűrűség [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ]

A legkisebb szállfinomságú DOLANIT elemi szál szállfinomsága 1,5 dtex, sűrűsége  $18 \text{ g}/\text{cm}^3$ , a helyettesítő átmérője pedig  $12,7 \mu\text{m}$ .

POTT kísérletekkel igazolta [1], hogy az egyedi szálak átmérő-hossz arányukkal jellemezhetőek olyan szem-

pontból, hogy belélegzésük káros-e az egészségre. A legkisebb hosszúságú (200  $\mu\text{m}$ ), legfinomabb DOLANIT-szál esetén ez az arány  $12,7/200=0,0635$ , mely jóval a POTT által szintén kísérletekkel meghatározott egészségügyi határérték (0,03) felett van, tehát egészségkárosító hatása nincs [1].

## Az építőipar számára kifejlesztett DOLANIT 10 és 11 szállítottnak

A cementkőnek és a betonnak viszonylag alacsony a húzószilárdsága, ezért a cement, ill. beton kötések felépítő zsugorodás következtében a felülethez közeli területeken zsugorodási repedések lépnek fel. A betonba, ill. cementbe bekevert szálak feladata az, hogy növelje a mátrix hajlítóhúzószilárdságát, szakadási nyúlását, energiaelnyelő képességét ( $\sigma$ - $\epsilon$  diagram alatti területtel arányos mennyiség), megakadályozza a zsugorodási hajszálrepedések kialakulását és a keletkezett repedések továbbterjedését.

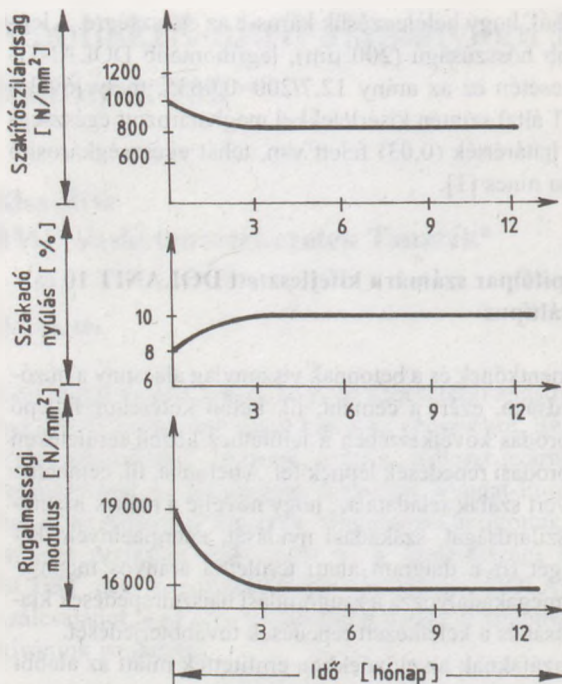
A szálaknak az előzőekben említettek miatt az alábbi követelményeknek kell megfelelniük:

- az elemi szál szakítószilárdságának az építőiparban használatos betonacél szakítószilárdságával közel azonosnak vagy annál nagyobbak kell lenni, hogy a repedéseknél fellépő húzó igénybevételt fel tudja venni;
- a szálak lúgállóságát nemcsak szobahőmérsékleten, hanem magas hőmérsékleten is biztosítani kell, mivel a cement szilárdulása igen lúgos közegben (12 pH) és magas hőmérsékleten megy végbe;
- az elemi szálak hosszúságát úgy kell megválasztani, hogy a szál és a beton közötti tapadás és a megfelelő bedolgozhatóság is biztosítva legyen.

A DOLANIT 10 és 11 típusú szálak lúgállósága vizsgálatának eredményei a következők:

- az egyedi szálak szilárdsága 12 pH-értékű  $80 \text{ }^\circ\text{C}$ -os környezetben 24 óra múlva sem csökken, 14 pH-értékű környezetben a szilárdságvesztés 24 óra alatt 24%-os [2];
- az elemi szál viselkedését  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ – $98 \text{ }^\circ\text{C}$  hőmérséklet közötti, telített cementlében vizsgálva jelentősebb, 16%-os szilárdságcsökkenés  $92 \text{ }^\circ\text{C}$ -nál mutatkozik [3];
- a 12 hónapig, 12 pH-értékű, szobahőmérsékletű cementlében tárolt DOLANIT 10 típusú szálak szakítószilárdságának, szakadó nyúlásának és rugalmassági modulusának változását a 3. ábra mutatja. 3 hónap után a szakítószilárdság  $800 \text{ N}/\text{mm}^2$ -nél, a szakadó nyúlás 10%-nál, a rugalmassági modulus  $16\,000 \text{ N}/\text{mm}^2$ -es értéknél állandósult [9].

A fenti lúgállósági kísérletek eredményei alapján a poliakril-nitril alapanyagú DOLANIT típusú szálak lúgállósága megfelelő, jelentős szakítószilárdság-vesztés a cement szilárduláskor fellépő körülmények között nem figyelhető meg.



3. ábra

Az elemi szálak szakítószilárdságának, szakadó nyúlásának és rugalmassági modulusának változása az idő függvényében

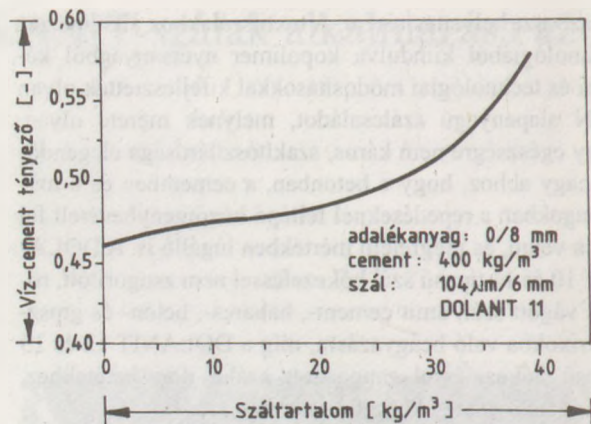
Az 1. táblázat első két oszlopában összefoglalt mechanikai, fizikai tulajdonságok azt mutatják, hogy a kisebb szálfínomságú, kisebb átmérőjű és rövidebb DOLANIT 10 típusú szálakat a finom adalékanyag ( $d_{max} \leq 4$  mm) felhasználásával készített mátrixok (pl. cement, habarcs, gipsz), míg a nagyobb szálfínomsággal és szálátmérővel rendelkező, hosszabb DOLANIT 11 típusú a beton mechanikai tulajdonságainak javítására célszerű használni.

### A poliakril-nitril alapanyagú szállal „erősített” beton tulajdonságainak vizsgálata

A szálal beton keveréskor feladat a szálak homogén eloszlása, mert a szálak labdácskává állhatnak össze. A bedolgozhatóság nagymértékben a szál mennyiségétől, hosszától és átmérőjétől függ. Ugyanahhoz a konzisztenciához tartozó víz-cement tényező nemesak a növekvő száltartalom (4. ábra), hanem a növekvő szálhossz (5. ábra) következtében is nő. A nagy víz-cement tényező következtében a szilárdság csökken, ezért a kívánt konzisztenciát képlékenyítőszerek alkalmazásával célszerű biztosítani [4].

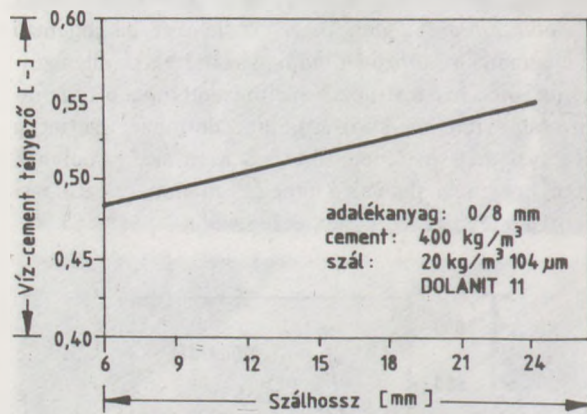
A friss beton légtartalmát elsősorban a legnagyobb szemnyagúság és a száltartalom befolyásolja. A legkisebb (22%-os) légtartalom-növekedés 16 mm, míg a legnagyobb 34%-os légtartalom-növekedés a 8 mm maximális szemnyagúságú betonnál állapíthat meg [6].

A száltartalom növekedésével a 16 mm legnagyobb szemnyagúságú friss beton sűrűsége 23–25%-kal csök-



4. ábra

A víz-cement tényező változása a száltartalom függvényében

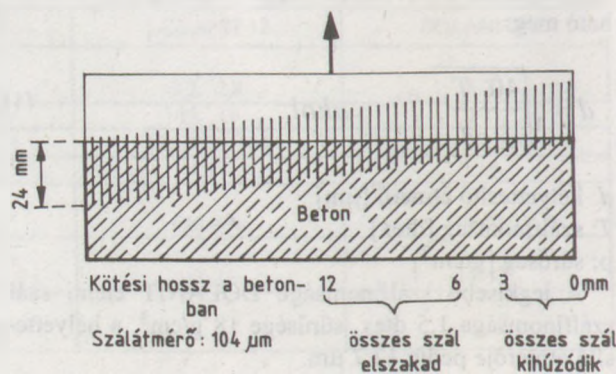


5. ábra

A víz-cement tényező változása a szálhossz függvényében

ken, a 8 mm legnagyobb szemnyagúságú friss beton sűrűsége 50%-kal is csökkenhet, ami a légtartalom növekedésével magyarázható [6].

A szálak és a beton közötti tapadást viszonylag egyszerű kísérleti elrendezéssel vizsgálják (6. ábra). A betontömbbe 1–24 mm hosszú szálakat ágyaznak, és a betontömböt húzó igénybevételnek vetik alá. Így megállapítható az a legkisebb szálhossz, melynél a szál a szakí-



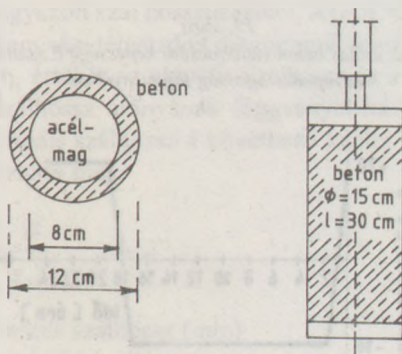
6. ábra

A szálak és a beton közötti tapadás nagyságának meghatározása



tőerejével azonos húzó igénybevétel esetén a beton felületénél elszakad, vagyis a beton és a szál közötti tapadás megfelelő. Ennél kisebb beágyazódási szálhossz esetén a szakítóerőnél kisebb húzó igénybevételre a szál a betonból kihúzódik a nem megfelelő tapadás miatt. A 4 mm legnagyobb szemcenyagú beton esetén a minimális szálhossz 6 mm, ahol a szál már nem húzódik ki a betonból, az optimális szálhossz 8–12 mm, vagyis 2–3-szorosa a maximális szemcseátmérőnek. A hajlító-húzó szilárdsági kísérletek is azt bizonyították, hogy a szál hosszának mindig nagyobbak kell lennie, mint a legnagyobb szemcseátmérőnek, mert csak így lehet számottevő a hajlító-húzó szilárdság növekedése [5].

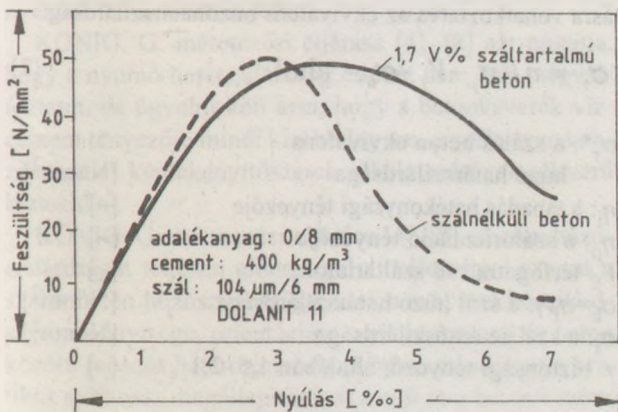
A zsugorodási repedések keletkezését Hähne szerint [5] célszerű gyűrű alakú próbatesteken vizsgálni (7. ábra), amelyeknek a zsugorodás okozta deformációja



7. ábra  
Zsugorodási repedések vizsgálata

acélmaggal van meggátolva. A kívülről kizsugázott betongyűrűket 20 °C-on 60%-os relatív nedvességtartalom mellett tárolták. Normálbetonnál az első 72 óra alatt számos repedés keletkezett, ha a PAN-szálak részaránya elérte a 0,5 térfogat%-ot, akkor 2 hónap elteltével sem észleltek zsugorodási repedéseket [5].

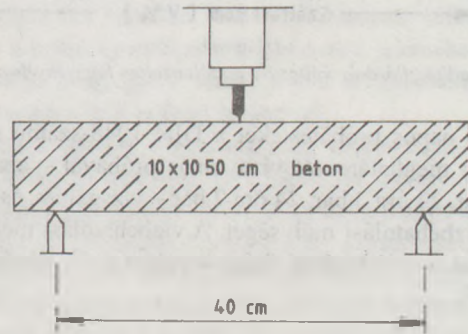
A nyomószilárdságot és a szívósságot hengeres próbatesteken vizsgálták. A 7 napos szálas és szál nélküli beton próbatestek  $\sigma$ - $\epsilon$  diagramját nyomásra a 8. ábra mutatja [6]. Ez alapján a következő állapítható meg:



8. ábra  
7 napos beton próbatestek  $\sigma$ - $\epsilon$  diagramja nyomásra

- 1 térfogat% DOLANIT 11 hozzáadása a nyomószilárdságot nem módosítja. A bedolgozáshoz szükséges konzisztencia eléréséhez a víz-cement tényezőt növelni kell, ami a nyomószilárdság értékét kedvezőtlenül befolyásolja, és a szálak okozta nyomószilárdság-növekedést hatástalantja;
- az energiafelvevő képesség (a  $\sigma$ - $\epsilon$  diagram alatti területtel arányos mennyiség) a szálak hatására lényegesen megnő, vagyis a szálas beton szívóssabb, mint a szál nélküli.

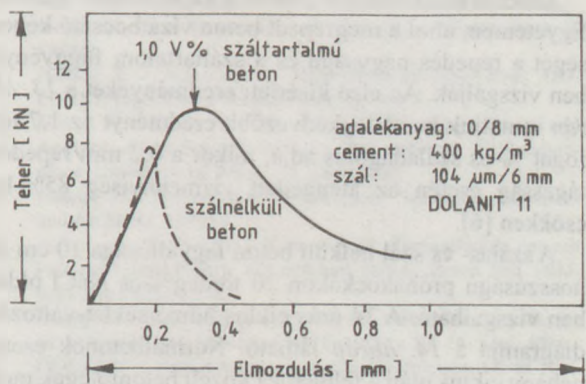
A hajlító-húzó szilárdságot 40 cm támaszközi központosan terheléssel terhelte gerendán vizsgálták (9. ábra) [6], [7].



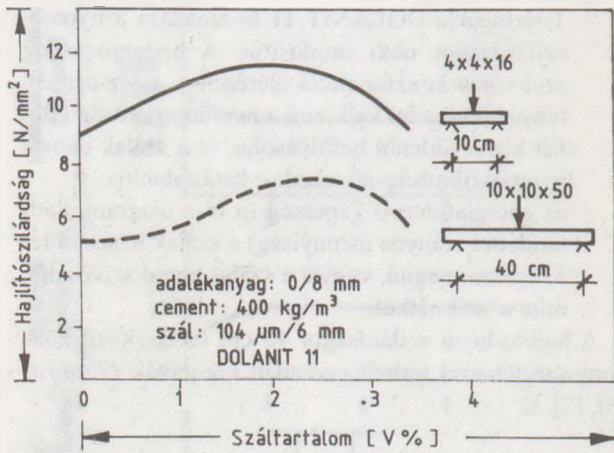
9. ábra  
A hajlító-húzó szilárdság vizsgálata

Az erő-elmozdulás diagram (10. ábra) alapján következő megállapítások tehetők:

- a szálak hatására a hajlító-húzó szilárdság kb. 15–20%-kal növekszik;
- a normálbetonok esetén a maximális teher elérése után a próbatest tönkremegy, míg szálas betonok esetén a próbatest energiafelvevő képessége hajlító-húzó igénybevétel esetén hozzávetőlegesen megőrződik;
- a száltartalom növekedésével a hajlító-húzó szilárdság növekszik, és a legnagyobb szilárdsági értéket 2–2,5 térfogat%-nál éri el, majd a szilárdság újra csökken (11. ábra), ami a növekvő légtartalommal magyarázható [6].



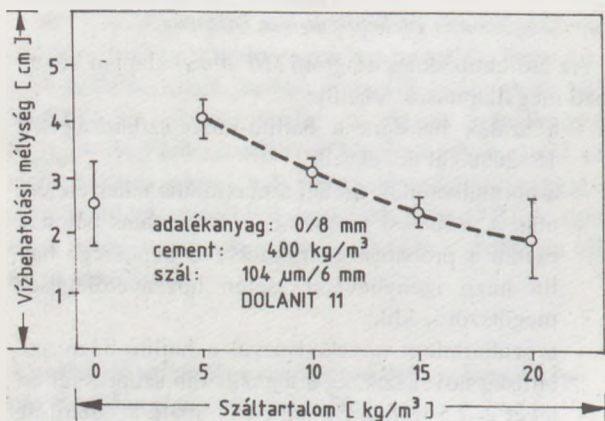
10. ábra  
Erő-elmozdulás diagram hajlító-húzó vizsgálat esetén



11. ábra

A hajlítószilárdság változása a száltartalom függvényében

A 28 napos próbatesteket a DIN 1048-számú szabványban meghatározott víznyomás próbával – azaz 48 óra 1 bar, 24 óra 3 bar, 24 óra 7 bar – vizsgálták, és mérték a vízbehatolási mélységet. A vízbehatolási mélység változása a száltartalom függvényében a 12. ábrán látható [6].

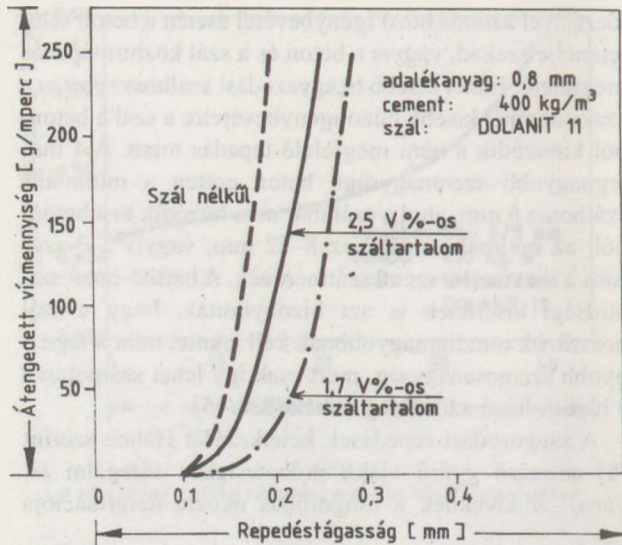


12. ábra

A vízbehatolási mélység változása a száltartalom függvényében

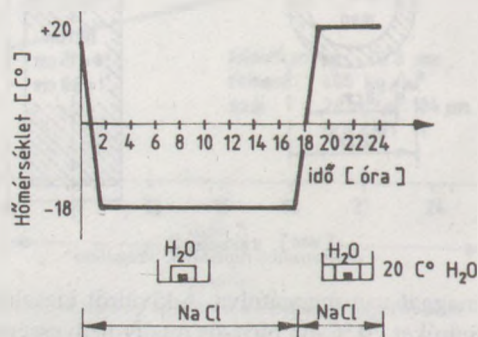
Érdekes kísérlet folyik jelenleg a Darmstadti Műszaki Egyetemen, ahol a megrepedt beton vízátcsoátó képességét a repedés nagysága és a száltartalom függvényében vizsgálják. Az első kísérleti eredményeket a 13. ábrán mutatjuk be. A legkedvezőbb eredményt az 1,7 ténfogat %-os száladagolás adja, mikor a 0,2 mm repedéstágasság esetén az átengedett vízmennyiség 85%-kal csökken [6].

A szálas- és szál nélküli beton fagyállósága 10 cm élhosszúságú próbakockákon 20 tömeg%-os NaCl oldatban vizsgálható. A 24 órás ciklus hőmérséklet-változási diagramja a 14. ábrán látható. Normálbetonok esetén néhány ciklus után a felülethez közeli betonrétegek megrepedeztek, szálas betonok esetén fagyási repedéseket 100 ciklus után sem figyeltek meg [5,6].



13. ábra

A megrepedt szálas beton vízátcsoátó képessége a száltartalom és repedéstágasság függvényében



14. ábra

A fagyállósági vizsgálat 24 órás ciklusa

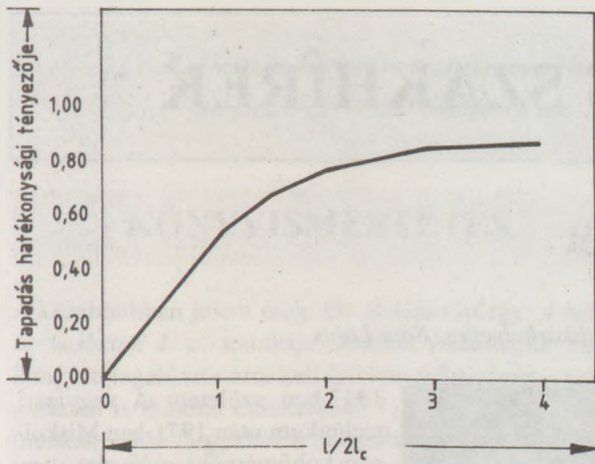
### DOLANIT-szállal erősített beton méretezése

A Darmstadti Műszaki Egyetemen KÖNIG, G. vezetésével dolgozták ki a következő méretezési eljárást [4], [8]. A szálaknak a cementközegre gyakorolt hatását csak a húzószilárdság esetében kell figyelembe venni. Tiszta nyúlásra vonatkoztatva az ekvivalens húzóhatárszilárdság:

$$\sigma_s^* = \eta_l \cdot \eta_p \cdot V_f \cdot \sigma_h, \quad \text{ahol} \quad (2)$$

$\sigma_s^*$ : a szálas beton ekvivalens húzó határszilárdsága	[N/mm <sup>2</sup> ]
$\eta_l$ : a tapadás hatékonysági tényezője	[-]
$\eta_p$ : a szálorientáció tényezője	[-]
$V_f$ : ténfogatra eső száltartalom	[-]
$\sigma_h = \sigma_f / \gamma$ : a szál húzó határszilárdsága	[N/mm <sup>2</sup> ]
$\sigma_f$ : a szál szakítószilárdsága	[N/mm <sup>2</sup> ]
$\gamma$ : biztonsági tényező, általában 1,5–2,1	[-]

A képlet feltételezi, hogy a beton és a szál rugalmas állapotban van. A tapadás hatékonysági tényezője ( $\eta_l$ )



15. ábra  
A tapadás hatékonysági tényezője

függ a beágyazott szál hosszúságától. A DOLANIT tapadási hatékonysági tényezőjét diagrammal fejezték ki (15. ábra). A  $\eta_1$  értékét az aktuális szálhossz és a kétszeres kritikus szálhossz arányának függvényeként kaphatjuk meg. A kritikus szálhossz a következő képlet segítségével határozható meg:

$$l_c = \frac{\sigma_f \cdot d}{4 \cdot \tau_b}, \text{ ahol} \quad (3)$$

$l_c$ : a kritikus szálhossz (mm)

$\sigma_f$ : a szál szakítószilárdsága

$d$ : a szál helyettesítő átmérője, melyet az (1) képlet alapján számolhatunk

$\tau_b$ : a szál és a beton közötti tapadási szilárdság

A tapadás hatékonysági tényezőjének diagramját kísérletek adataiból kapták, és figyelembe vették, hogy az erősítés szórt szál. Például a 104  $\mu\text{m}$  átmérőjű és 6 mm hosszú DOLANIT 11 esetén  $\eta_1$  értéke 0,5. A szálorientáció tényezője ( $\eta_p$ ) függ a keverés módjától, a szál átmérőjétől, rugalmassági modulusától, ill. a terhelés irányától. Különböző típusú szálaknál  $\eta_p$  0,33–0,70 között változik. A DOLANIT-szál esetén kísérleti eredményekből 0,5 értéket kaptak.

KÖNIG, G. méretezési eljárása [4], [8] azt mutatja, hogy a nyomó határszilárdság értékét nem kell megváltoztatni, de ügyelni kell arra, hogy a betonkeverék vízcement tényezője minél kisebb legyen, a szükséges konzisztenciát képlékenyítőszerek alkalmazásával célszerű biztosítani.

KÖNIG, G. méretezési eljárása [4], [8] a beton húzószilárdságát teljesen elhanyagolja, véleménye szerint a szálal beton húzószilárdságát csak a szál szakítószilárdsága, mennyisége, orientációja, valamint a szál és beton közötti tapadás határozza meg. A beton minőségét a kritikus szálhossz megállapításánál a szál és a beton közötti tapadási szilárdsággal veszi azonosnak. A  $\eta_p$  szálorientációs tényezőt kísérlettel kell meghatározni.

## Összefoglalás

A PAN alapanyagú DOLANIT szálcshalad szakítószilárdsága (410–1000 N/mm<sup>2</sup>) elegendően nagy, hogy a repedéseknél fellépő húzó igénybevételt felvegye, és szilárdsági értékei jelentős mértékben a cement hidratációja során létrejövő lúgos közegben sem romlanak [2], [3]. A szál hosszát (6–24 mm) úgy kell megválasztani, hogy a beton keverését és bedolgozhatóságát nagymértékben ne rontsa, de a beton és a szál tapadását, melynek a közös teherhordásban igen fontos szerepe van, biztosítsa.

A szálal betonok méretezésére KÖNIG, G. [4], [8] dolgozott ki méretezési eljárást. A szálal beton húzószilárdságát a (2) képlettel kell meghatározni; véleménye szerint a beton nyomószilárdságát a szál jelentősen nem változtatja meg, így a szálal beton nyomószilárdsága megegyezik a szál nélküli betonéval.

A szálak növelik a friss beton légtartalmát (22–34%), hajlító-húzó szilárdságát (15–20%), és energiefelvevő képességét, szívósságát. Kedvezően befolyásolja a fagyállóságot, és csökkenti a zsugorodási repedéseket, megakadályozza a már kialakult repedések továbbterjedését. A PAN szálal betonokat az előbbieken ismertetett tulajdonságaik alapján a következő szerkezeteknél célszerű használni:

- a zsugorodási repedések csökkentése céljából vízépítési létesítmények, gátolt alakváltozású műtárgyak, hídszegélyek, járólapok, ipari padlózatok építésénél, ill. készítésénél;
- az energiefelvevő képesség növelése céljából terelőpalánkok, tartószerkezeti elemek földrengés veszélyeztetett területeken, dinamikus igénybevételnek kitett szerkezetek (vasúti aljak, nagyecemes villamos pályaelemek, autópályaelemek) építésénél;
- a hajlítási, ill. húzási határteherbírási növelése esetén homlokzati- és mellvédelemek, tartós zsaluzások alkalmazásánál.

## Irodalom

- [1] Studinka, J.: Fibrated cement without asbestos. HOECHST, High Chem Magazin 1986/1 62–65.
- [2] Hähne, H. – Schinkel, H. – Huussen, P.: DOLANIT – Faser-mörtel ein neues Baumaterial. Betonwerk und Fertigteiltechnik 1988/8.
- [3] Hähne, H. – Schuster, U.: High-tenacity acryl fiber. HOECHST, High Chem Magazin 1986/3. 34–37.
- [4] Hähne, H. – König, G. – Wörner, J. D.: Behaviour, Design and Applications of Polyacrylonitrile fibre concrete. FRC Conference, University of Wales, 18. Sept. 1989.
- [5] Hähne, H.: Polyacrylonitril-Faserbeton. Schweizer Ingenieur und Architekt 26/1989.
- [6] Hähne, H. – Techen, H. – Wörner, J. D.: Eigenschaften von mit Polyacryl-nitril-Fasern verstärktem Beton. Beton und stahlbetonbau 1993/1. 5–9.
- [7] Hähne, H.: Hochfeste Acrylfasern für Verbundwerkstoffe. Internationale Chemiefasertagung, Dornbirn, 24–26. Sept. 1986.
- [8] DOLANIT – Anwendungstechnische Information. HOECHST Juni 1992.
- [9] Kiss, R.: A szálal erősítésű betonokhoz használt szálak. TDK dolgozat. Budapest, 1990.

# EGYESÜLETI ÉS SZAKHÍREK

## Bemutatjuk az SZTE új vezetőségét

Az 1995. június 14-én megtartott tisztújító küldött-közügyűlésen új vezetőséget választottak küldötteink. Lapunk előző számában bemutattuk Víg Jenő elnököt és dr. Fodor Márta főtítkárt, e számunkban folytatjuk a bemutatkozásokat.

*Társelnök: Riesz Lajos*



Alsógallán, 1935. október 7-én született. A középiskolát a Veszprémi Vegyipari Technikumban fejezte be, majd 1954–59-ben a Veszprémi Vegyipari Egyetemre járt. Vegyész-mérnöki oklevelet szilikátkémiai szakon kapott, a hidraulikus kötőanyagok ipari ágazatán, dr. Bereczky Endre professzor diákja volt.

Szakmai útja innen egyenesen a cementiparba, akkori nevén a Tatabányai Cement- és Mészművekbe vezetett. A jól szervezett és nagy szakmai tradíciókkal rendelkező, megbízhatóan működő üzemből lehetőség volt a cementgyártás alapos megismerésére, az üzemeltetési feyelem és a termelési kultúra elsajátítására.

A Cement- és Mészművekhez 1972-ben áthelyezéssel került műszaki vezérigazgató-helyettesi beosztásban, a vállalat fejlesztéseinek irányítása tartozott a feladatai közé. A 70-es évtized a magyar cementipar történetében a legdinamikusabb fejlesztési időszak volt. A Beremendi Cementgyár (1972), az Eternit lemezgyártási rekonstrukció (1974/75), a Hejőcsabai Cementgyár (1975), a Belpátfalvi Cementgyár (1979), a Beremendi Mészvertikum (1981) jelzi a fejlődés főbb állomásait. A technológiai váltás, az ugrásszerű technikai fejlődés a módszeres kutató-fejlesztő munka megvalósítását igényelte.

A Cement- és Mészműveknél eltöltött 22 esztendő utolsó nagy beruházása a DCM-rekonstrukció (1986–90) volt. A DCM Kft. ügyvezetőjévé 1994-ben választották meg, jelenleg is a társaság vezérigazgatója.

A Szilikátipari Tudományos Egyesület munkájában 1959 óta vesz részt. A cementszakosztályban vezetőségi tagként, majd a szakosztály elnökeként, intéző bizottsági tagként elősegíti az egyesület tevékenységét. Az „Építőanyag” szerkesztőbizottságának sok éven át tagja volt.

*Riesz Lajos 60. születésnapja alkalmából szívből gratulál és további sok sikert és jó egészséget kíván az SZTE és az „Építőanyag” folyóirat szerkesztőbizottsága.*

*Főtítkárhelyettes: Sági Lajos*



1947-ben született. A vegyipari technikum után 1971-ben Miskolcon kohómérnöki oklevelet szerzett. Ezt követően végig az üvegiparban dolgozik különböző beosztásokban és gyárakban (tervező mérnök, művezető, üzemvezető, gyáregységvezető).

1982-től az Üvegipari Művek műszaki vezérigazgató-helyettese.

Fő feladatköre, a termelés koordinálása mellett, az üvegipar kutatási, beruházási tevékenységének és a vállalat nemzetközi kapcsolatainak irányítása. A külföldi tőke bevonása során részt vett az első termelő vegyes vállalatok alapításában. Ilyen a Salgótarjáni Üvegyapot Rt., melynek 1989-ig igazgatósági elnöke, majd a HUNGUARD Float-Üveg Kft. (Guardian leányvállalata), melynek jelenleg is ügyvezető igazgatója. Az amerikai cég 1995 augusztusában a németországi Wolfenben épülő új gyárának igazgatójává is kinevezte. Az OROGLAS (Oroszázi Öblösüvegyár) társtulajdonosa.

Az Egyesületnek 1972-től tagja és a MTESZ Nógrád Megyei Elnökségében 1982-ig dolgozott. Az üvegszakosztály titkára 1983 és 1990 között, majd az SZTE főtítkárhelyettese 1990-től. Az Egyesület, ill. a magyar üvegipar képviselője a nemzetközi és az európai üvegszövetségben. Több magyar szakmai szövetség elnökségi tagja (Joint Venture Szövetség, Magyar Építőanyagipari Szövetség).

Az „Építőanyag” folyóirat 1995. évi megjelenését szponzorálta

- Pro Cultura „Műszaki és Természettudományi Kultúráért” Alapítvány,
- Ipar a Műszaki Fejlesztésért Alapítvány,
- Építés Fejlődéséért Alapítvány,
- Ipar a Környezetért Alapítvány.

A lap anyagi támogatásáért ezúton is köszönetet mond az SZTE Vezetősége és a folyóirat Szerkesztőbizottsága.

*Kellemes karácsonyi ünnepeket és sikerekben gazdag új évet kíván  
az SZTE Vezetősége és az „Építőanyag” Szerkesztőbizottsága*

## KÖNYVISMERTETÉS

A közelmúltban jelent meg: Dr. Balázs György: *A beton és vasbeton I.* c. munkája. Amikor bemutatjuk ezt a könyvet, legelőször arra kell felhívni a figyelmet – amire a szerző is rámutat előszavában –, hogy míg az eddigi munkák külön tárgyalták a cementtel, a betonnal, a vasbetonnal kapcsolatos ismereteket, addig ez a könyv a beton és vasbeton fejlődésének történetét az anyag és a technológia fejlődésének kölcsönhatásaként mutatja be. Ilyen szempontból a cementet csak félkész terméknek tekintik. A végtermék ebben a felfogásban a beton.

A szerző kítűzött célját hihetetlen széles körű anyaggyűjtéssel, a ma élő szakemberek legilletékesebbjeinek bevonásával és segítségével érte el.

A *Portlandcement* c. fejezetben a cementgyártás történetét foglalja össze, a rómaiak hidraulikus tulajdonságú kötőanyagától kezdve napjaink korszerű nagy szilárdságú portlandcementjéig. Külön érdeme a könyvnek, hogy bemutatja azokat a különleges cementeket, amelyeket ma már nem gyártanak, vagy egyáltalán nem is gyártottak (szigmacement, alitcement, pc. alapú duzzadó cement), vagy az újabb időkben kutattak (pl. mészke adalékos cement, liofil cement, gipszkömentes nagy szilárdságú cement).

A *Bauxitcement* c. fejezet a bauxitcement gyártásának történetét mutatja be, különös tekintettel a hazai Citodur cement gyártása és a felhasználás során szerzett kedvezőtlen tapasztalatokra.

A *Betonismeret* c. fejezet visszavezet a hazai betonkészítés hőskorába, és az elméleti kérdések fejlődésén keresztül bemutatja a betonszilárdság-becslés fejlődését. Az adalékanyagok jellemzésével ismerteti a beton struktúráját (mikro- és makrostruktúra), majd a beton törési mechanizmusát és a különféle betontervezési módszereket.

A *Betontechnológia* c. fejezet egész történelem. A Magyar Mérnök és Építészegylet által 1909-ben kiadott első vasbeton szakágazattól kezdve az 1931. évi vasbeton szabályzatig, az 1950., az 1956. és az 1968. évi közúti hídszabályzat, az 1988. évi MSZ-07-3709-87 „Beton, vasbeton és feszített vasbeton közúti hidak tervezése” c. szabványokon keresztül bemutatja a szerkezetek szilárdságával kapcsolatos igények változását, a betonok minőségi osztályozását, illetve azok változását, a cementtel és az adalékkal szemben támasztott követelményeket. Részletesen tárgyalja a beton alkotóit, az adalékanyagokkal, azok minőségének javításával foglalkozó kérdéseket. Foglalkozik az adalékszerekkel, a keverési arányokkal a betonkészítéssel, a transzportbetonnal.

Fontos helyet foglal el ebben a fejezetben a betonszilárdsági rész, és a különleges technológiák (vákuumcement, pörgetett, szálerősítésű, lövellt betonok).

Az *Építéstechnológia* c. fejezet is végigvezet bennünket az építéstechnológia egész területén, a monolitikus építéstől az előregyártásig. Ismerteti a feszített betont, az acéllal szemben támasztott követelményeket, a gőzölést, az előre gyártott termékeket, a különböző korszerű zsaluzati rendszereket.

A *Vasbetonismeret* c. fejezet is egy történelem attól kezdve, hogy a francia J. Monier 1949-ben feltalálta a vasalt betont. Ettől kezdve a vasbeton gyorsan utat tört magának, és megindult diadalútján. A különböző rendszerű szerkezetek után a méretezési eljárásokat, azok történeti fejlődésében tárgyalja a könyv, egészen Mohr történelméletéig.

Különös érdeme ennek a könyvnek, hogy a történeti áttekintés során valamennyi fejezetben mintegy emléket állít annak a sok kiváló mérnöknek és szakembernek, akik a tárgyalt kérdéseket diadalra vitték. A könyvet figyelmébe ajánljuk a cementgyártó és adalékanyagokat előállító szakembereknek, az építő- és építészmérnököknek és technikusoknak, bármely területen végzik munkájukat.

*Dr. Talabér József*

## SZAKHÍREK

1995. október 24-én Veszprémben tartotta közös ülését az **MTA Műszaki Anyagtudományi Munkabizottsága** és az **MTA Szilikátkémiai Munkabizottsága**, melynek témaköre „Anyagmérnökképzés a Veszprémi Egyetemen”. Az elhangzott előadások rövid anyagát következő számainkban kívánjuk megjelentetni.

\* \* \*

1995. október 11–12. között Kecskeméten rendezték meg a **II. HIRŐS-BAU** Építőanyagipari és Építészeti Szakkiállítását a Kecskeméti Piac Marketing Üzletközpont szervezésében. A szakkiállítással párhuzamosan az SZTE és a MTESZ Bács-Kiskun Megyei Szervezete által közösen rendezett konferencián elhangzott előadások témája: az építőipar hazai helyzete; a fogyasztóvédelem; a termékek szabványosításának, tanúsításának, minőségbiztosításának helyzete; valamint a hazai forgalmazás jogi szabályozása volt. Az előadások rövidített anyagát következő számainkban közöljük.

\* \* \*

1995. október 25–26-án az SZTE Cement Szakosztálya és a Magyar Cementipari Szövetség a Zamárdi Hotel Kéreményében az idén is megrendezte a hagyományossá vált **Cementipari Napokat**. A konferencia hetvennél több résztvevője a betonnal, betontechnológiával összefüggő kérdéseket vitatta meg, illetve a cement- és mészipari társaságok bányüzemei megnyitásával, környezetbarát művelésével kapcsolatos problémákat, eredményeket ismertette.

Koltai Imrénék, a MCSZ elnökének megnyitójában külön hangsúlyt kapott a szemléletváltás szükségessége. Rámutatott, hogy a cement iránti keresletet piaci viszonyok között csak a betonépítmények és betontermékek jó minőségével és gazdaságosságával lehet biztosítani. Ez csak a kapcsolódó iparágakkal (építőipar, betonútépítés, betoncsem-, transzportbetongyártás stb.), kutatóhelyekkel szorosan együttműködve, a felmerülő problémák át-

fogó, integrált kezelésével érhető el. A jó szervezésnek köszönhetően a véleménycserére, a szakmai kapcsolatok erősítésére az előadásokat követő vitákon kívül, fehérasztal mellett is lehetőség nyílt.

\* \* \*

A MCSZ ez év október 1-jén a cementipari társaságok tulajdonában lévő épületbe költözött.

Új címe: Magyar Cementipari Szövetség 1034 Budapest, Bécsi út 120. II. em. Levélcím: 1300 Budapest, Pf. 230  
Telefon: 250-1629, fax: 168-7628

\* \* \*

Egyesületünk MHB Rt-nél lévő pénzforgalmi azonosítója 1995. december 4-től a következő:  
**MHB 10200830-32310092-00000000**

### Trautmann Rezső 1907–1995

Nyolcvannyolc éves korában elhunyt Dr. Trautmann Rezső, volt építésügyi és városfejlesztési miniszter, az Építéstudományi Egyesület évtizedeken át mindnyájunk által tisztelt és szeretett elnöke.

A Műegyetemen szerzett építészmérnöki oklevelet. 1949-ig tartószerkezet-tervezőként dolgozott. 1949-ben minisztériumi főosztályvezető, 1951-ben miniszterhelyettes, 1953-ban az Országos Építésügyi Hivatal elnöke lett.

Miniszterhelyettesként, majd OÉH elnökként különösen vallotta, hogy az építés nemcsak a városok és a községek fejlesztését befolyásolja, de érinti az élet minden területét, meghatározza az egész ország kultúráját és az élet minőségét.

Az OÉH megszűnése után (1957) ezeket a feladatokat az Építésügyi Minisztérium vette át, most már Trautmann Rezső miniszter irányítása mellett. Szakmai elismertsége és megbecsülése, mindenekelőtt álló erkölcsi tisztessége és magatartása határozta meg az Építésügyi Minisztérium egész tevékenységét és a társadalomban elfoglalt helyét.

1968-ban nyugalomba vonult, de nem pihent meg. Fontos közéleti funkciókat töltött be. Országgyűlési képviselő, a Hazafias Népfront Budapesti Bizottságának elnöke, majd az Elnöki Tanács elnökhelyettese volt. Sokirányú elfoglaltsága mellett is mindig szoros kapcsolatban maradt az építő- és építőanyag-iparral.

Mi, akiknek az a megtiszteltetés jutott, hogy az Ő vezetése alatt dolgozhattunk, tisztelettel és szeretettel veszünk búcsút tőle. A fiatalabb generációknak pedig élete és munkássága szolgáljon példaképül.

*Dr. Talabér József  
ASZIKKI ny. igazgatója*

**BRIGITTA** fürdőszoba  
Bathroom  
Badezimmer  
Ванная



▲  
**EMÍLIA** fürdőszoba  
Bathroom  
Badezimmer  
Ванная



**ADRIENN** fürdőszoba  
Bathroom  
Badezimmer  
Ванная

SVEDALA



# SVEDALA KFT.



**CEMENTIPARI ŐRLŐGÉPEK  
ÉS EGYÉB ÁSVÁNYI  
NYERSANYAG-ELŐKÉSZÍTŐ  
BERENDEZÉSEK, TECHNOLÓGIÁK.**

**SVEDALA Kft.**

**1146 Budapest, Hungária krt. 162.**

**Telefon: 343-2269 • Fax: 267-1464 • Tel./fax: 343-3820**