

U302.935

# ÉPÍTŐANYAG

*A SZILIKÁTIPARI  
TUDOMÁNYOS EGYESÜLET  
FOLYÓIRATA*

7

2

*XXII. ÉVFOLYAM • BUDAPEST 1970. JÚLIUS*

A mész- és cementipar, az üvegeipar-, a finomkerámia, a téglá-, cserép- és kő-kavicsipar tudományos szakirodalmi folyóirata

Főszerkesztő:

Dr. Talabér József

Felelős szerkesztő:

Dr. Hinsenkamp Alfréd

Szerkesztő bizottság:

Dr. Beke Béla  
 Bretz Gyula  
 Dr. Déri Márta  
 Erdély Imre  
 Dr. Grofcsik János  
 Dr. Knapp Oszkár  
 Dr. Kovács Róbert  
 Kudelka Dénesné  
 Lenkei György  
 Magyar István  
 Dr. Soltész Gáspár  
 Szabó Elek  
 Szentmártony Gusztáv  
 Dr. Tamás Ferenc  
 Dr. Tóth Kálmán

Szerkesztőség:

Budapest V., Szabadság tér 17.  
 Telefon: 124-438

Kiadja:

Lapkiadó Vállalat,  
 Budapest VII.,  
 Lenin körút 9—11.  
 Telefon: 221-285

Felelős kiadó:

Sala Sándor

Megjelenik havonként

Terjeszti a Magyar Posta. —  
 Előfizethető a Posta Központ  
 Hírlap Irodánál (Budapest V.,  
 József nádor tér 1. Tel.: 180-850)  
 és minden postahivatalnál. A  
 folyóirat külföldre előfizethető:  
 „Kultúra” P. O. B. 149. Buda-  
 pest 62. Előfizetési díj: ¼ évre  
 22,50 Ft; félévre 45,— Ft; egyes  
 szám ára: 7,50 Ft. — Csekkszám-  
 laszám egyéni 61.252; közületi  
 61.066 vagy átutalás az MNB 8.  
 sz. folyószámlájára.  
 70.7., 12351 Révai Nyomda,  
 Budapest V., Vadász utca 16.  
 F. v.: Povárnny Jenő

Index: 25,250

TARTALOMJEGYZÉK

*Gurmai Mihály*: Ólomüvegek szerkezetének kutatása termodinamikai vizsgálatokkal naszens ólomüveg olvadákokban ..... 241  
*Balázs György—Erdélyi Attila*: Rostbetonok ..... 246  
*Nemzetközi szervezetek munkájáról* ..... 256  
*Pampuch, Roman*: A szemcsenagyság befolyása a rétegszerkezetű szilikátok és hidroxidok bomlási mechanizmusára ..... 257  
*Sztankovics László*: Alumíniumoxid őrlése zsurgrított korund előállításához ..... 262  
*Erdély Imre*: Kavicstermelés és inkurrencia ..... 270  
*Sajó István—Sipos Albertné*: Üvegek termometriás gyorsselemezése... 274  
*Egyesületi Élet* ..... 279  
*Tasnádiné, Marik Klára*: Vida Zsuzsa bemutatkozása az Üvegeipari Mintateremben ..... 280

СОДЕРЖАНИЕ

*М. Гурмаи*: Термодинамические исследования структуры свинцовых стекол в насцениевых стеклорасплавах ..... 241  
*Д. Балаж—А. Эрдеи*: Волокнистые бетоны ..... 246  
*Р. Пампух*: Влияние величины зерна на механизм разложения силикатов и гидратов слоистой структуры ..... 257  
*Л. Станкович*: Помол окиси алюминия для получения спекшегося корунда ..... 262  
*И. Эрдеи*: Производство и сбыт гравия ..... 270  
*И. Шайо*: Термометрический ускоренный анализ стекол ..... 274  
*Ташнадине Марик Клара*: Выставка Виде Жужи в показательном зале Объединения стекольной промышленности ..... 280

INHALT

*Gurmai, Mihály*: Ermittlung der Struktur von Bleigläsern vermöge thermodynamischer Prüfungen in naszierender Bleiglasschmelze 241  
*Balázs, György—Erdélyi, Attila*: Faserbetone ..... 246  
*Pampuch, Roman*: Einwirkung der Korngröße auf den Zersetzungsmechanismus von Silikaten und Hydroxyden schichtiger Struktur .. 257  
*Sztankovics, László*: Das Vermahlen des Aluminiumoxydes zwecks Herstellung von Sinterkorund ..... 262  
*Erdély, Imre*: Kiesproduktion und Inkurrenz ..... 270  
*Sajó, István*: Thermometrische Schnellanalyse von Gläsern ..... 274  
*Frau Klara Tasnádi-Marik*: Das Debüt der Glaskünstlerin Zsuzsa Vida im Modellraum der Glasindustrie ..... 280

CONTENTS

*Gurmai, Mihály*: Structure of Lead Glass in Nascent Lead Glass Melts Examined by Thermodynamical Methods ..... 241  
*Balázs, György—Erdélyi, Attila*: Fibro-concretes ..... 246  
*Pampuch, Roman*: Effect of Grain Size upon the Decomposition Mechanism of Layer-lattice Silicates and Hydroxides ..... 257  
*Sztankovics, László*: Grinding of Alumina for the Production of Sintered Corundum ..... 262  
*Erdély, Imre*: Gravel Production and Incurrency ..... 270  
*Sajó, István—Sipos, Albertné*: Rapid Analysis of Glass by Thermometry ..... 274  
*Mrs Tasnády-Marik, Klára*: The Glass Art Exhibition of Zsuzsa Vida 280

## Ólomüvegek szerkezetének kutatása termodinamikai vizsgálatokkal nascens ólomüveg olvadékokban

GURMAI MIHÁLY

### Bevezetés

Üvegolvadékokban előbb a szilikátképződés, majd az üvegeképződés folyamatának haladtával a relaxációs idők egyre növekednek. Egyes molekuláris, makroszkópikus kis részecskéken belül az egyensúly sokkal hamarabb beállhat, mint a részecskék között. A viszkozitás minden tartományában, az üvegolvadéknak ezek a makroszkópikus apró részecskéi, ha önmagukban egyensúlyban is vannak, még nem biztos, hogy az egész rendszer abban van.

A jelenség vizsgálatához alkalmazott termodinamikát komplex fogalmazásban értelmezzük s szűkebb körébe bevonjuk a reakciókinetika és a koncentrációdinamika itt alkalmazható tételeit is.

Az üvegolvadék apró részecskéinek lokális egyensúlyát meghatározott lokális hőmérséklet, ennek megfelelő termodinamikai potenciál, a koncentrációváltozás mértékének és sebességének, valamint még más tényezőknek az értéke karakterizálja és determinálja.

Mindezek alapvető feltétele, hogy az üvegolvadék makroszkópikus apró részecskéinek (amelyekből a rendszer összetevődik), még további apróbb részecskéket kell tartalmaznia. Ennek a feltételnek a nascens üvegolvadék ideális alakulata.

Az ólomüvegek nascens olvadékában olyan jelenségeket tapasztalunk, amelyek eltérnek más szil-

likátüvegek nascens olvadékának viselkedésétől. Közvetlen változások az ólomüveg olvadékokban is nemcsak egyes ionok, hanem sajátos felépítésű jól definiálható ionsoportok cseréje és vándorlása révén mennek végbe.

E közvetlen változások hajtómotorjai a termodiffúziók, s a változások mérőszáma szintén a koncentrációváltozás sebessége és mértéke. Mindezen túl az a körülmény, hogy miként az  $\text{SiO}_2$  tartalmat általában, úgy a  $\text{PbO}$  tartalmat is szinte alig köti sztöchiometriai kényszer — teljesen új helyzetet teremt, s új felfogást követel meg.

Előre bocsátva vizsgálati eredményeimből; legalapvetőbb következtetésem: az olvadék és üvegfázis közötti szerkezeti hasonlóság. A végső szerkezet struktúrájának kristálytani építőelemei, valamint a különböző poliéderek eloszlása az oxidtartalommal leírt olvadékban nemcsak közel azonos, hanem ha a kísérő szennyező és nyom ionok hatását termodinamikai számításainkból kitisztogatjuk, jól definiált kémiai vegyületű kristályformációkhoz jutunk. Ezeket kedvező feltételek megteremtése esetén, közvetlenül az ólomüveg olvadékból az olvadék teljes tömegének maradéktalan átalakításával, szintiszta kristályhalmazra vezethetjük át.

Tehát az üvegolvadék mikroszerkezete határozza meg az üveg jellemző tulajdonságait s ideális tisztaságú nyersanyagok és olvasztóedények alkal-

mazása esetén, kristályosodásának lefolyását is. Kimutatható, hogy kifogástalan technikai ólomüvegeknél is a mikrokristályok kristálymagnagyságúvá növekedését, majd ezek kristályokká tömörülését, az ilyen építőelemek útjába került idegen anyagok jelenléte akadályozza. Ezek a „szennyező” anyagok stabilizálják az üveges állapotot s akasztják meg „félúton” a kristályos állapotba rendeződést. Olyan magas energiaküszöböt állítanak a kristályépítéshez vándorló részecskék útjába, amelyet ezek meglevő energiájukkal átlépni nem képesek, rendezetlen helyzetben kötődnek s hűléskor a kristályépítéshez fel nem használt belső energiájuk (ebben az állapotukban meglevő termodinamikai potenciáljuk) megtartásával fagynak be.

Az ólomüvegek szerkezete az elektronmikroszkópiai és a röntgenvizsgálatok szerint rendkívül nagyszámú, cseppformájú mikroheterogenitásokat tartalmaz, amelyek összetételbeli ingadozás nélkül, az alapüveg összetételével egyező, jól definiált kémiai vegyületek; olyan kristályformációk, amelyek mégis módot találtak az összeépülésre. Üveges állapotban a kristályosodás „félútjában” megakadt részecskék, a megakadást okozó „szennyező” ionok, valamint az említett mikroheterogenitások az egyensúly felé törekedve; egy átlagos eredővel jellemezhető statisztikai egyensúly, statisztikai eloszlásában úgy dúsulnak fel, hogy ideális esetben a mikrofázisokba súlyszázalékosan épülnek be, az üveg összetételével egyezően. E mikrofázisokon belüli és a mikrofázisok egymásközi energiatérképét ábrázoló hálózat vonalait az iontávolságok serege alkotja. A nagyobb töltések vastagvonalai a tartóváz, a kisebb töltések vékonyabb vonalai pedig a kiegészítő, kitöltő szerelvények tartói. A főtartóvázat alkotó ionok mindenkor az olvadék súlyszázalékos tartalmának megfelelő, kristályváz féle kontúrt alakítanak ki. E kontúrok csak közel hasonlóak, sem egymáshoz, sem egymásközi helyzetükben nem szabályos ismétlődésűek; mert ilyenekké formálódásukat a már ismertett tényezők megakadályozták. Az így befagyott anyag és energia komplexum alkotja az üveget.

Az üveg olvasztása alatt, majd folyós állapotában és hűlése alatt dermedéséig, sőt bizonyos mértékben ezen túl sem beszélhetünk összefüggő hálózatról. Viszkózus állapotában kialakuló apró részecskéiből csak hálózattöredékek állanak össze. De ezek önmagukban sem stabilak, hanem úszkálnak az olvadt anyagban. Részecskéik között a hőmozgás, a reakciókinetika, a koncentrációdinamika és a termodinamika törvényei szerint, egyes kötések időnként felszakadnak, viszont ugyanakkor

újak is keletkeznek úgy, hogy a náscens olvadékban a részecskék kapcsolata helyről helyre, időről időre változik, de egészen sohasem hiányzik. Így az ólomüveg olvadékokban levő ionok és ioncsoportok között váltakozva olyan kapcsolatok létesülnek és bomlanak fel, mint amilyenek azokat a szilárd ólomüvegben is összetartják. Az egymás között ekként variálódó parányi szubmikro ioncsoportok definiált összetételű torzult kvázikristályok, amelyek üveggé alakulását az olvadék tisztulása után már csak a hőregzés akadályozza.

Az olvasztáshoz berakott nyersanyagkeverékből, ennek összetétele és a lokális hőmérsékletek függvényében végül is fokozatosan létrejön valamilyen lehetséges sztöchiometriai arány, amely aztán jellemző lesz a szilárdállapotra is.

Laboratóriumi kistégyelsorozatos, 50 kg-os fázékban félüzemi és 3000 kg-os nappali kádban üzemi kísérleteket végeztem 90—60—40—15% PbO tartalommal.

#### SZEMCSEVIZSGÁLATOK KISTÉGELYSOROZATTAL

a) Rendkívül tiszta, kb. 1 g-nyi brazil kvarekristályt 94% Pt és 6% Rh összetételű tégelyben megömlesztve, tégellyel együtt üzemi hűtőszalagon hűtve: az eredmény csillogóan tiszta kvarcüveg; ennek a híganyolyós olvadékából Pt rúddal három cseppet emeltem ki:

egyed hidegvízbe cseppentettem: azonnal opálosan fehér lett; két cseppet Pt lemezen üzemi fokozatban hűtöttem: tiszta kvarcüveg lett. E jól hűtött cseppekből egyet 72 órán át 1100 °C-on hevítettem: opálos fehérré vált; a másikat 1650 °C-on 96 órán át hevítettem: átlátszó tiszta kvareüveg lett. Az előbbi alacsonyabb hőmérsékleten opálössá dermedt cseppet oxigén-hidrogén lángban lágyulásig hevítve átlátszóan üvegtisztává vált.

b) 99,983% tisztaságú kvarehomokot (0,017%  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$ ) olvasztottam az (a) pontban írt feltételek között: minden esetben tiszta kvarcüveget kaptam. A kristályosítási kísérletek alatt 1100 °C-on 96 órán át tartó hevítés után lett opálosan fehér. Ezt víztisztává vissza alakítani nem sikerült.

A kiindulás minden esetben tiszta kristályállományból történt. A tökéletesen tiszta kristályanyagot vissza lehetett kristályállományba vinni. A szennyezett kristályanyag (kvarehomok) csak üveggé volt olvasztható, kristályosítani (az ún. üvegtelenség mértékéig) lehetett, de átlátszóan tiszta kristályállományúvá vissza alakítani nem lehetett, mint a tiszta brazil kvarekristályt.

c) A 90—60—40—15% PbO tartalmú ólomüvegekből a kistéglésorozatokbani nascens kísérletek során: platina, porcelán, cirkonmullit és samott téglékben olvasztottam.

Eredmények szemre:

1. 90% PbO tartalmú anyagösszetétel a főkísérletek szerint):

Pt-téglében: teljes tömegében kristályosodott állomány ( $K_2Pb_4SiO_7$ ).

Porcelán téglében: Üveges állományba ágyazódott főtömegében  $K_2Pb_4SiO_7$  összetételű kristályhalmaz.

Cirkonmullit téglében: Teljes tömegében tiszta üveg.

Samott téglében: teljes tömegében tiszta üveg.

2. 60% PbO tartalmú keverék:

Pt-téglében: Teljes tömegében  $K_2Pb_3Si_2O_7$  összetételű kristályhalmaz.

Porcelán téglében: Üveges állományba ágyazódott főtömegében  $K_2Pb_3Si_2O_7$  összetételű kristályhalmaz.

Cirkonmullit téglében: Teljes tömegében tiszta üveg. Samott téglében: teljes tömegében tiszta üveg.

3. 40% PbO tartalmú keverék:

Pt-téglében: Csillogóan tiszta üveg, de benne néhány 1—2 mm  $\varnothing$ -jú  $K_2PbSi_4O_{10}$  képletű kristályos csomók úsznak. Porcelán téglében: Feltisztult csillogóan szép üveg. Cirkonmullit téglében: Feltisztult csillogó üveg. Samott téglében: Feltisztult szép üveg.

4. 15% PbO tartalmú keverék:

Mind a négyfajta téglében szépen feltisztult üveg.

Kísérleteimet a  $K_2O-PbO-SiO_2$  rendszerben végeztem. Tudnunk kell, hogy amikor üveget olvasztunk, nem fémionokat olvasztunk össze (pl  $SiO_2$ -vel), hanem fémoxidokat. Ha tehát pl  $(SiO_4)^{4-}$  tetraéderhálózatba (mondjuk 15% PbO tartalmú üvegben)  $Pb^{2+}$  ion illeszkedik bele, ugyanakkor helyet és kapcsolatot kell találnia a hálózatban egy  $O^{2-}$  ionnak is. A modifikáció nyersanyagfajta és PbO tartalom, valamint a tüzelési mód szerint segenyi lehet: mégis általában kétféle módon értelmezhető: A gyakoribb az, hogy a  $(SiO_4)^{4-}$  tetraéderhálózat valamelyik oxigénkapcsolata oxigén hiányában megszakad. A hiányos tetraédert az ólomoxid  $O^{2-}$  ionja egészíti ki. Maga az ólomkation pedig a végállású, tehát szabadvegyértékű oxigén közelében, a hálózat nyílásában helyezkedik el. Ez kisebb PbO tartalomnál és oxidáló tüzelésnél végbemegy anélkül, hogy a hálózatnak másutt fel kellene nyílnia. Az említett eredetileg felbomlott helyen pedig elektroneutrális marad a rend-

szer, mert Si vegyérték nem marad szabadon. A szabad oxigén vegyértékkel szemben pedig  $Pb^{2+}$  ion áll. Mivel pedig a tapasztalat szerint  $(SiO_4)^{4-}$  valamilyen formációjú tetraéder hálózatába ugyanilyen lépésekben, molekuláról molekulára, növekvő mennyiségben lehet ólomoxidot bekapcsolni, vagy hozzá kapcsolni, — ez a kép megvilágítja, miért nincs az ólomüveg összetétele messze felső határig sztöchiometriai PbO arányokhoz kötve. Kb 40% PbO tartalomig ez a fajta beilleszkedési elképzelés a hálózaton jóformán alig változtat. Kissé módosítja a tetraéderek illeszkedési szögét és némi túrfogatnövekedést okoz.

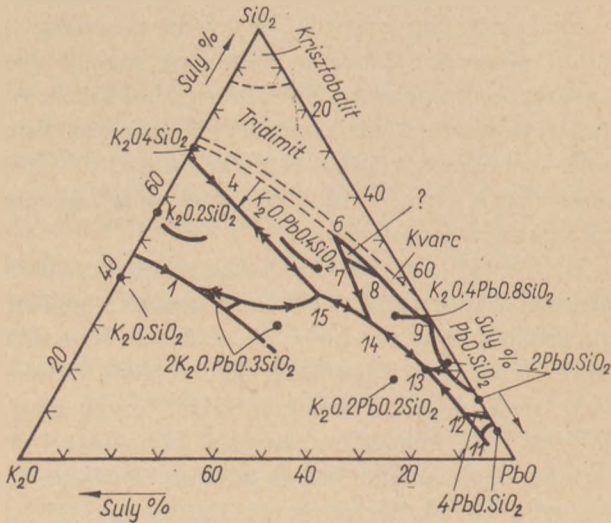
Az  $(SiO_4)^{4-}$  tetraéder hálózatba történő az előbbieken értelmezett beilleszkedés azonban csak addig folyhat, amíg van hova beilleszkedni. Ha a  $SiO_2$  adagolás egy bizonyos határ alá csökken, egyszerűen nincs elegendő szilícium-dioxid anyag annyi hálózati üreg képzéséhez, hogy a feldúsított PbO tartalom ilyen módon helyet találjon magának. Új helyzet áll tehát elő, amelyre a „beilleszkedési” elmelet már nem alkalmazható.

Amikor a PbO tartalmat szisztematikusan egyre növeljük, lépésről lépésre más helyzet áll elő. A termodinamikai potenciál lineárisan egyre negatívabb értékeket vesz fel. De közben 40% és 60% PbO tartalom táján hirtelen növekszik, nagyot ugrik. Tehát az üvegolvadék hőtani viselkedésében előbb 40% PbO körül lép fel a mérésekben és számításokban anomália, ugrás szerű változás, majd a fokozatosság ismét helyre áll egészen 60% PbO tartalomig, s ekkor ismét anomália jellegű ugrás következik. 60% PbO tartalom felett újból lineárisan fokozatos a termodinamikai potenciál negatív iránya egészen addig, amíg erre a célra kedvezően beállított körülmények között, kb. 91—92% PbO tartalommal még üveget lehet kapni.

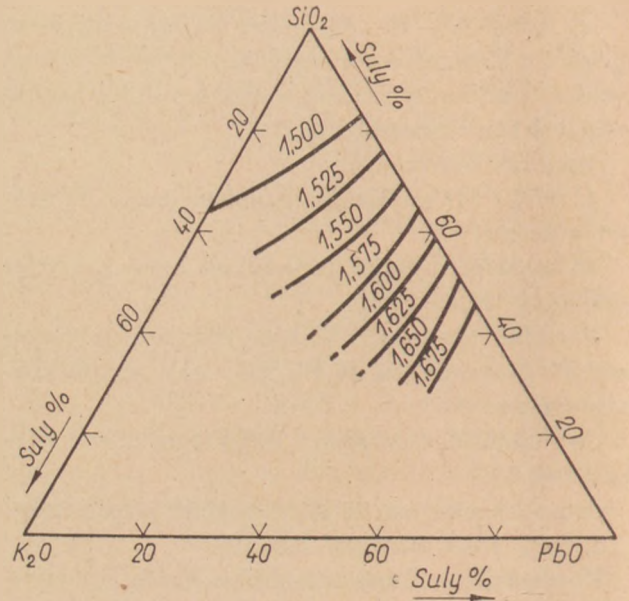
Az elmondottak arra utalnak, hogy olyan esetek is előfordulhatnak, amikor egy Si-ion 2—10 Pb ionnal is kapcsolódhat. Ez a jelenség nemcsak a kötetlen variációjú kvázikristályos állapotban, hanem a Pb ion amfoter természetében is rejlik, tehát anionként is szerepelhet. Rendkívül csekély (alig 6—8%) Si ion körül is képes oxigénnel olyan fészket rakni, amelyeket egymáshoz kötve szilárd láncolatot, tartóvázat s ezekre üveget képez. A 40% PbO tartalom körüli energiaugrás termodinamikai karaktere ilyen anionseregek hirtelen kialakulására, míg a 60% PbO tartalom körüli újbóli éles termodinamikai változás az egész olvasztmányt átható  $(PbO_4)^{4-}$  alakulatoknak valamilyen, de törvényszerű formációban való keletkezésére vall.

Az üvegekpződés kémiájában nincs sztöchiomet-

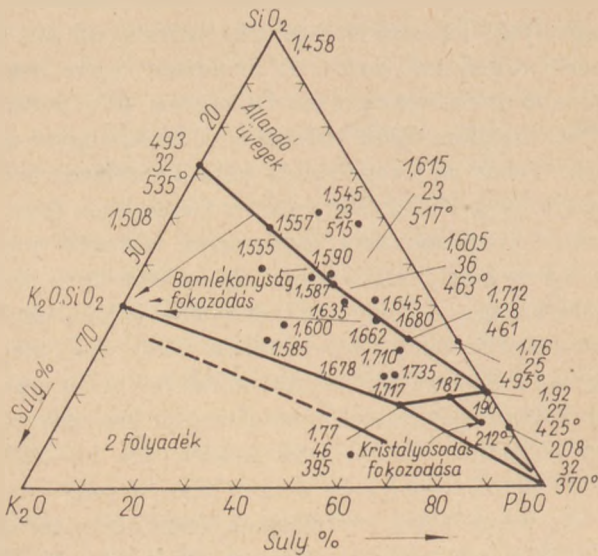
rikus ellentmondás abban, ha a  $\text{SiO}_2-(\text{SiO}_4)^{4-}$  átalakulás analógiájára a  $\text{PbO}-(\text{PbO}_4)^{4-}$  fejlődésű hálózataalkotó formáció után kutatunk. Bátorítást ad erre számos fizikai mérés és matematikai számítás megfelelő eredménye is.



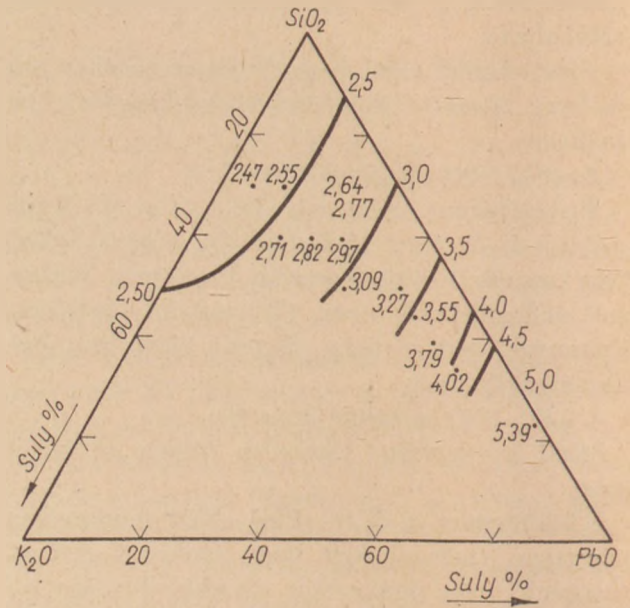
1. ábra. A  $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{PbO} \cdot \text{SiO}_2$  rendszer állapotdiagramja



3. ábra. A  $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{PbO} \cdot \text{SiO}_2$  rendszer néhány üvegének törésmutatója

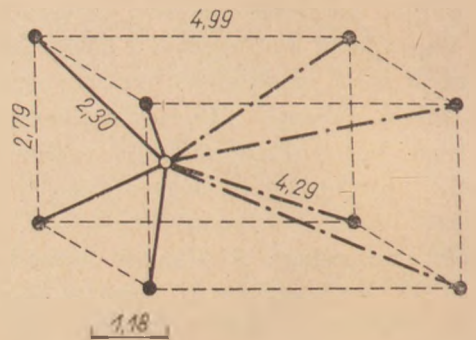


2. ábra. A  $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{PbO} \cdot \text{SiO}_2$  rendszer üvegeinek néhány sajátossága: egyelenszám valamely pontnál: az üveg törésmutatója: háromszám esetén: az első a törésmutató, a második a hőágulás mértéke  $500^\circ\text{C}$ -on  $\mu/\text{cm}$ -ben, a harmadik a lágyulási pont



4. ábra. A  $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{PbO} \cdot \text{SiO}_2$  rendszer néhány üvegének sűrűsége

A termodinamikai vizsgálatok kristálytani analógiát igazolnak. Láttuk ugyanis, hogy a szintiszta kvarckristályt, ha közvetlen normális hűtéssel nem is, de utólagos hőkezeléssel könnyen vissza tudjuk kristályos állapotba vezetni megolvastás után, ha az olvasztást, szennyeződést nem okozó edényben és körülmények között végezzük. De ha a szintiszta kvarckristály olvadékába az olvasztóedény anyagából szennyeződés olvad, vagy maga a kvarcanyag (kvarchomok) szennyezett, mindenképpen üveget kapunk.



5. ábra. A  $\text{PbO}$  kristály aszimmetrikus szerkezete: A  $\text{Pb}^{2+}$  kation deformált helyzetben, nem a cella középpontjában fekszik. A képen alul nagyobb az elektronsűrűség mint fent, mert fentről a közeli  $\text{O}^{2-}$  ionok az elektronokat tasztják. Ennek következtében dipolmomentum lép fel. Ezért jobban értelmezhetőbb: ha  $\text{Pb}^{2+}$  helyett  $\text{Pb}^{1+}$  ( $e^-$ ), és  $\text{Pb}^{2+}\text{O}^{2-}$  helyett ( $e^-$ )<sub>2</sub>  $\text{Pb}^{\text{I}}\text{O}^{2-}$ -t jelölünk

A dús PbO tartalmú üvegeknek is megvannak a maguk kristályos formációi, ha szintiszta állományúak. Az olvasztóedény anyagából származó rendkívül csekély szennyeződés is elegendő azonban ahhoz, hogy a végállapot ne kristályos anyagban, hanem stabil üvegben fejlődjen ki. Hogy az ilyen üveg mennyire stabil, bizonyítja az a jelenség is, hogy a kristályosítási kísérletekkel csak tridimit és krisztobalit kristályok hívhatók elő, azok is csupán apró enyhe foltokban a dús PbO tartalmú üvegek felületén.

Az 1–4. ábrák az  $\text{SiO}_2\text{—K}_2\text{O—PbO}$  rendszer állapotait fontosabb tulajdonságait, az 5. ábra pedig a PbO kristály könnyen alakuló és alakítható szerkezeti felépítését mutatják be.

A főkísérlethez szükséges olvasztási tapasztalatok szerzéséhez, a kistéglésorozatok eredményei alapján, 50 kg-os fazekakban történt, félüzemi körülmények beállítása mellett olvasztás.

Tapasztalat szerint a  $\text{Pb}_3\text{O}_4$  kevés Pb elgőzölés mellett kb. 2%-os olvasztási veszteséggel gyorsan megy át PbO-ba. A homokszemcsék között fekvő olvadt PbO szemre hamar eltűnik, s úgy látszik, mintha gőzfázisban kerülne a kvarchoz. A homokszemcsék felületén PbO-ban dús üveges állomány képződik, amely peritektikus reakció folyamánként, fokozatos aprózódás közben, lassan nyomul a homokszemcsék belsejébe. A kvarcsemcséken képződő 90% feletti PbO tartalmú üveghártya, viszonylag nagy felületi feszültsége következtében cseppforma kinézésű.

Termodinamikai számítások eredményeként az ólom  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{3+}$  és  $\text{Pb}^{4+}$  ionként egyaránt előfordulhat. Számarányuk az üveg kémiai összetételétől, ezen belül a PbO tartalom mennyiségétől és a hőmérséklettől függ. 40%-nál kevesebb PbO a legvalószínűbb reakciók eredményeként túlnyomórészt  $\text{Pb}^{2+}$  képletű, s mint ilyen, a hálózatközökbe alacsony energiaküszöbön léphet be. Ebbe a tartományba eső szerkezeti konstrukciók kialakulásában a  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{3+}$  és  $\text{Pb}^{4+}$  ionok közötti egyensúlyra törekvés nem játszik szerepet. A  $\text{Pb}^{3+}$  ion jellegzetes építőszerpe egyébként is csak  $\text{B}_2\text{O}_3$  adagolásakor szembeötlő a trigonális laponcentrált épí-

tőelemek bevezetésével. Ennek tárgyalása kívül esik témánkon, mely  $\text{K}_2\text{O—PbO—SiO}_2$  rendszerben vizsgál.

A 40 súlysúlyszázalék alatti PbO egyben stabilizátora és akcelerátora is az olvasztásnak. Mint stabilizátor gyorsan és könnyen beépül a hálózatba; mint akcelerátor pedig elősegíti az oxigénhidak felszakítását, s ezzel megnöveli az oxigénionok ugrásainak sebességét. Mozgásához ebben a PbO koncentrációtartományban, az üregek méreteinek megfelelően más és más energiamentiség szükséges, ezért a kötési szögek értékeit is megváltoztatja s ez a viszkozitás csökkenésében számszerűen is jelentkezik.

Mindezek alapján tűztem ki, a kristályosan is előállítható hármass kálióólom szilikátok reakcióképletei közül kutatásom alapjául szolgáló négy határképletet olvasztással történő nagyüzemi megvalósításra az 1. táblázat szerint.

(Első szemléletre szokatlannak, feleslegesnek és pazarlónak tűnne az előkísérletek dacára is ilyen méretű nagyüzemi kísérletsorozat lebonyolítása. Ezért meg kell jegyezni: Igen jelentős gyakorlati érdeklődéssel volt egybekötve. Egyik régi és legnagyobb ólomkristály csillárfüggelék vásárlónk, egy nagy csikágói csillárgyár kívánságára történt. Még elfogadható legkisebb és lehető legnagyobb határok közötti PbO tartalmú ólomkristályüvegből préselt és fűjt csillárfüggők, alkatrészek és díszek ezernyi feleségét alkalmazza nagy mennyiségben).

1. táblázat

Jel	A kutatáshoz kiemelt és kristályosítható üvegek képző kálióólom hármass szilikátok reakcióképlete	A reakciók vegyi összetétele		
		K <sub>2</sub> O	PbO	SiO <sub>2</sub>
		súlyszázalék		
A	$\text{K}_2\text{O} + \text{PbO} + \text{SiO}_2 = \text{K}_2\text{PbSiO}_4$	45	15	40
B	$\text{K}_2\text{O} + \text{PbO} + 4\text{SiO}_2 =$ $= \text{K}_2\text{PbSi}_4\text{O}_{10} \dots\dots\dots$	10	40	50
C	$\text{K}_2\text{O} + 2\text{PbO} + 2\text{SiO}_2 =$ $= \text{K}_2\text{Pb}_2\text{Si}_2\text{O}_7 \dots\dots\dots$	10	60	30
D	$\text{K}_2\text{O} + 4\text{PbO} + \text{SiO}_2 =$ $= \text{K}_2\text{Pb}_4\text{SiO}_7 \dots\dots\dots$	3	90	7

(Folytatása következik)

# Rostbetonok

BALÁZS GYÖRGY —  
ERDÉLYI ATTILA  
Budapesti Műszaki Egyetem,  
Építőanyagok Tanszék

## Bevezetés

Az önthető alapanyagoknak szálakkal, rostokkal való kombinációja sok területen már sikert aratott. Ilyen pl. az üvegszálbetétes poliészter műgyanta (ÜP), amelyet nemcsak a járműépítésben (hajótestek, kocsiszekrények stb.), hanem az építészetben is kiterjedten alkalmaznak hullámos vagy sík lemezek, felülvilágítótetők stb. formájában [1]. Az ÜP anyagok méretezésének, fáradásának, a szálak irányítottságának, korrózióvédelmének és egyéb tulajdonságainak kérdésével a szakirodalom kiterjedten foglalkozik, idehaza és külföldön egyaránt [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]. Teherbíró építőmérnöki szerkezetekbe, illetve helyszínen felhordott mélyépítési (alagút) szigetelésként való alkalmazása is megindult [10, 11, 12, 13].

A *fenti rosterősítésnek* (amikor is műanyag alapba szilikátanyagú szálakat építünk be) *fordítottja* ugyancsak nagy lehetőségeket rejt magában — de még kevésbé megoldott —, *szilikátos alapanyagba (cementkőbe, betonba) műanyag (esetleg szilikát anyagú) szálak bekeverése abból a célból, hogy a beton (habarcs) húzó- és ütőhajlítószilárdságát megnöveljük.* A rostanyag ilyenkor a bekeverés módjától függően *véletlen elhelyezkedésű és irányítottságú, rendezetlen* halmaz.

A Budapesti Műszaki Egyetem Építőanyagok Tanszékén már 1966-ban (a külföldi szakirodalmi adatok értékelése után) kísérleteket végeztünk az iparban akkor beszerezhető körkeresztmetszetű polietilén (PE), poliamid (PA) és polipropilén (PP) szálaknak, valamint salakgyapotnak, üvegyapotnak, acélhuzal vagdaléknak a betonba, illetve habarcsba való belekeverésével elérhető szilárdságnövekmény tisztázására [14].

A rosterősítés külön esete, amikor *rendezett (orientált) szálhalmazt* alkalmazunk az erősítendő

elem különböző síkjaiban, pl. húzott alsó övén. Fenti kísérleteink során *műgyantával felragasztott, vagy a betonba anélkül beépített üvegszöveteket* eredményesen alkalmaztunk beton próbatestek húzott oldalán a hajlítószilárdság növelésére [14]. Eme „vasalási” mód különleges esete, amikor *koncentrált* — feszített vagy feszítetlen — *betétként üvegekötelek* helyettesítik a hagyományos acélbetéteket, az elemi szálak együttdolgoztatása végett, valamint a betonozás alatti és később, az alkáliás korrózió elleni védelem érdekében *műgyantával* itatják át, vagy öntik körül, s a kész „kötelet” használják vasalásként [10, 12, 20, 21, 22, 23].

A 2. fejezetben a külföldi kutatási eredményeket értékeljük, a 3. és 4. fejezetben saját kísérleteinkről számolunk be.

## A külföldi tapasztalatok összefoglalása

### *Műszál bekeverése betonba*

Az Egyesült Államokban katonai célból kifejlesztették a *betonnak a dinamikus és zúzójellegű igénybevétellel szemben való ellenállását fokozó műszálak rosterősítését*, de műszálakon (nylon, PP, PE, „Saran”, „Rayonacetát”, „Orlon” stb.) kívül acélgyapottal és üvegszálakkal is kísérleteztek. Goldstein, S. kísérleti adataiból az *1. táblázatban* állítottuk össze a habarcs, illetve cementpép teszteken kapott hajlítószilárdsági eredmények közül *azokat, ahol a szálrosterősítés hatékony volt. Az üvegszálak mérsékelt hatásához képest feltűnően kedvezőek a nylonnal és rugóacélhuzallal (zongorahuzal) kapott szilárdságok* [15, 16].

Az alkalmazott „nylon-szál” 235, illetve 15 denier vastagságú (Plush Comp., illetve Du Pont gyártmányú) volt. (A „D” denier-szám 9000 m hosszú szál tömege grammban. A szálátmérő kö-



1. táblázat  
Rosterősítés hatása a hajlítózilárdságra

Rost	Hossz cm	Bevonat	V/C	Rosttartalom súly <sup>o</sup>	Hajlítózilárdság % az etalonhoz képest	Megjegyzés
Üveg	2,5	—	0,45	0,584	137	H
Üveg	2,5	h	0,38	0,269	107	P
Huzal (acél)	2,5	—	0,4	7,19	258	P
Nylon	2,5	—	0,4	2,22	187	P
Nylon	2,5	—	0,4	2,46	225	P
Nylon	7,5	—	0,4	2,45	260	P

Jelmagyarázat: h = a szálát műgyantába mártva homokban meghengergették, a jobb tapadás végett; H = habarcstest, P = póptest.

zelítően:  $d \text{ (mm)} = \frac{1}{84\gamma} \sqrt{D}$ , a két nylonszál tehát kb. 0,18 mm, illetve 0,05 mm átmérőjű.  $\gamma = 1,0$  faj-súly feltételezésével.) A rugóacél 0,3 mm-es, az üvegszál 60 elemi szálát tartalmazó pászma (Owens-Corning Fiberglass Corp. gyártmányú) volt.

A 2. táblázatban az IZOD ütőmunka vizsgálatok eredményét foglaljuk össze. Figyelemreméltó, hogy

2. táblázat  
Rosterősítés hatása az ütőmunkára

Rostfajta	1700 ütőmunka cmkp/cm		Rost elemi szilárdsága kp/mm <sup>2</sup>	$\gamma_{rost}$
	össze-sen	1% rostra		
Nylon 235-N	92	30	46,4–87,5	1,14
235-L	35	16	46,4–87,5	1,14
Nylon 15-N	35	12	46,4–87,5	1,14
15-Z	24	9	—	—
PP 630	108	20	42,0–68,0	0,91
PP 171	37	17	—	—
PE F 309	—	—	—	—
Ø 1 mm	46	16	7,0–67,0	0,92
„Saran” 24	88	11	17,6–42,0	1,70
Cyapot 16	18	5	29,5–87,0	1,52
Rayonacetát 75	8,6	3	20,4–62,0	1,52
60 szálás üveg	8,6	1,9	176–220	2,54
„Dacron” 6	5,3	2,0	57–85	1,38
„Orlon” 6	7,0	4,0	19,7–24,0	1,14
Etalon	3,5	—	—	—

Megjegyzések: N = 95% rel. nedvesség és 35 °C-on 24 órán át, utána párazáró filmmel bevonva tárolt. L = levegőn tárolt; Z = 10 napra nylonszákba varrt próbatestek. A szálfajta után megadott szám (kivéve PE) a denier-számot jelenti.

az ütőmunka sokkal erőteljesebben növekszik, mint a húzószilárdság: ezt a jelenséget később ismertetendő kísérleteinknél mi is tapasztaltuk. A rostot nem tartalmazó betontest ütőmunkája 3,5 cmkp/cm — ehhez képest tehát még a leggyengébb „Dacron 6” is tetemes javulást jelent —, a legjobb PP 630 rosterősítés pedig 30-szorosára növeli az ütőmunkát. (Az IZOD ütőmunkát nem az eltört felületre, hanem a szabványos test bemetszésének egy-ségnyi hosszára vonatkoztatják. Átszámítás: 1 fontláb/hüvelyk = 5,35 cmkp/cm. A különféle rendszerű ütőhajlító vizsgálatok, azaz Charpy, Dynstat stb. számértékei nem egyeznek meg és közvetlenül nem is hasonlíthatók össze.)

A „nylonszál vasalású” hajlított próbatestek repedései a teher levétele után zárultak, bár láthatók maradtak — az acélhuzal darabokkal vasalt tartó fokozatosan, a szálak kihúzódása miatt ment tönkre, míg az üvegrost hasábok hirtelen törtek el [1, 2].

Az 1. és 2. táblázatban közölt adatok meggyőzőek ugyan, de nehezen reprodukálhatók, mert e látszólag egyszerű megoldásnak — a műszálerősítésnek — sarkalatos pontja a műszálak felületi kezelése, amely a hidrofób szálakat a bázikus cementlé irányában hidrofíllé teszi, s amely általában szabadalmi titkot képez. További feladata a felületi kezelésnek, hogy a vékony szálak összetapadását, csomósodását is megakadályozza, s ezáltal a rostdarabokkal kevert beton bedolgozhatóságát is biztosítsa.

### Üvegszál bekeverése betonba

A Szovjetunióban Budnyikov és Szlobodjanik végzett kísérleteket különféle kémiai összetételű üvegszál, illetve cement kombinációiból készülő rostbetonnal [17]. A rosttartalom (a 3. táblázatban megadott szilárdsági eredmények esetén) egységesen 15% volt, v/c = 0,5. A tárolás 28 napos korig vízben történt. Az aluminátcement általában valamivel

3. táblázat  
Az üveg és cement kémiai összetételének hatása a rostbeton hajlítózilárdságára [17]

Üveg	Szál-átmérő $\mu\text{m}$	Hajlítózilárdság, kp/cm <sup>2</sup> (28 napos)	
		portland-cement	aluminát-cement
Alumínium-bórszilikát	5–7	275	300
Bazaltos	9–10	365	375
7. jelű	5–7	240	290
65. jelű	5–7	285	235
Alumínium-magnezites	9–10	330	425

kedvezőbb, mint a p. c., az alumíniummagnezites üveg pedig feltétlenül jobb a többinél (SiO<sub>2</sub> tartalma 71%). Az üvegerősítés kézenfekvő hátránya a korrózió, amely — a szerzők szerint — már a szilárdítás kezdetén megindul.

Az üvegrost vizes oldatok okozta korróziója két-féle:

a) *kilúgozódás*, amelynek során lúgos és egyéb üvegekationok H<sup>+</sup> helyesebben H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> ionra cserélődnek,

b) *oldódás*, vagyis a Si-O váz teljes szétroncsolódása, amelynek sebessége a jelenlevő OH-ionok koncentrációjával arányos.

További korróziót jelent a Ca(OH)<sub>2</sub> jelenléte, amely szilárduló portlandcementben mindig erőteljesebb, mint aluminátcementben. A szabad Ca(OH)<sub>2</sub> üvegen való leköttődése derivatográfias módszerrel is igen jól kimutatható. Alumínium-bórszilikátos üvegrost és szilikát, illetve aluminátcementkő felületén keletkező bomlástermékek 1,5—4, illetve 10 év után készített mikroszkópi fényképe alapján megállapítható, hogy a pc-kőben egészen laza, vagy folyékony bomlási termékek keletkeznek — míg aluminátos kötőanyag esetén a roncsolódás jóval kisebb —, de mégis észlelhető.

Lúgálló (korróziómentes) üveg, illetve üvegszál gyártása a rosterősítésnek ezt a kérdését megoldja, — további nehézség azonban a törékeny üvegszálaknak és durva kavicsszemeket tartalmazó friss betonnak egyenletes összekeverése és kellően tömör bedolgozása. A szakirodalmi adatok általában csak pép- (kötőanyag + víz + rost), legfeljebb habarcszestekről (finomabb inert töltőanyag) tudósítanak.

Így a fenti szerzők is a rostmennyiség hatását 6 mm vastag hullám (H) és sík (S) lemezek 28 napos hajlítoszilárdságán mutatták ki, 400-as pc. alkalmazásával (4. táblázat).

A bekevert „üvegszecska” mennyiségének csökkentése — nyilván a bedolgozhatóság, a tömörség

4. táblázat

Üvegrost erősítésű cementkő lemezek szilárdsága a száltartalom és rostforma függvényében [17]

Üvegrost		Hajlítoszilárdság kp/cm <sup>2</sup>	
fajta	súly%	H-lemez	S-lemez
Vagdálék 10—12 μm ...	9	340	305
	12	270	240
	15	190	180
VV roving 10—12 μm	4	101	110
	6	165	150
	8	200	180

és a tapadás javulása révén — növelte a szilárdságot, — míg az orientált roving (pázmaköteg) keresztmetszet növelésével növekedett a szilárdság.

A szerzők összehasonlító adatokat nem közölnek, de az elemek kis vastagsága miatt csak a hasonló méretű azbesztcement lemezek szerepelhetnek etalonként. Összehasonlításképpen az 5. táblázatban közöljük 8 és 10 mm vastag ac. lemezcsíkokon mért szilárdsági eredményeinket [18]. Eszerint a legjobb üvegrosterősítésű lemezek éppen elérik az eternitlemezek minőségét.

5. táblázat

Azbesztcement lemezek hajlítoszilárdsága [18]

Vas-tagság mm	Kezelési mód (tárolás)	Szilárdság kp/cm <sup>2</sup>	Irány
8	száraz	403	H
	gőzölt	348	K
	gőzölt	448	H
10	száraz	352	H
	vízzel telített	359	H
	3 hónapig vízben	261	H

(l = 10 v túmaszközön törve); H = készítési hosszirányban; K = keresztirányban

A szerzők közlik az elemi szál és az öntött alapanyag közti *adhézió mértékét* is g/cm-ben a bórszilikátos, illetve magnezites üveg és 8-féle kötőanyag esetére; ezek az adatok azonban a 4. táblázat szerinti minőségi sorrendet nem indokolják. A hajlítoszilárdság szempontjából sikeres erősítést az elemi szálak megfelelő tapadásán kívül nyilván még több tényező befolyásolja.

#### Fémhuzaldarabok bekeverése betonba

A huzaldarabok hajlítoszilárdságot növelő hatása már az 1. táblázatból kiderül. Elméleti kutatások tisztázták azt a kritikus távolságot is, melynél közelebb kell lennie egymáshoz a vasbetéteknek, hogy a húzás állapotában levő betonban keletkező helyi folyások tovább ne terjedhessenek (repedésgátlási elméletek). Romualdi, Batson, Mandel, Works kutatásai alapján a kívánt repesztőszilárdsághoz szükséges fémrosttartalom, illetve átlagos huzaltávolság is meghatározható [24, 25, 26]. Romualdi és Mandel (USA) Ø 10,20 cm méretű, különböző módon vasalt hengerek hasító-húzószilárdságával, illetve különböző magasság/szélesség arányú gerendák hajlítoszilárdságával igazolta a fémrostok hatékonyságát. Képlékenyítőszert nélkül 3 térf.% 2,5 cm hosszú, képlékenyítőszeres betonba 3 térf.% 3,8 cm hosszú huzaldarabokból álló halmazt tud-

Vasalás		Hom. cem.	Víz cem.	Kor nap	Húzószilárdság, kp/cm <sup>2</sup>			Átlagos viszonylagos szilárdság
térf. %	hossz cm				első repedés	repedés-terjedés	átlag	
—	—	0,45	0,42	12	28,9	28,9	28,9	1,0
—	—	2,22	0,59	7	26,0	26,0	26,0	1,0*
2,1	hagyományos	2,22	0,59	7	31,6	31,6	31,6	1,22*
3,2	2,84	0,45	0,42	12	65	77	71	2,46
2,7	1,9	0,48	0,64	21	72,5	85	79	2,74
1,9	2,54	0,45	0,42	9	62,1	66,5	64,5	2,23
2,7	2,54	0,45	0,42	21	55	91	73	2,53

\*Külön csoport

Megjegyzés: A rostvasalású habarcsokat a 0,45 homok/cement keverési arányú etalonhoz hasonlítottuk.

tak bedolgozni, — a v/c tényező sikeres kiválasztása után. (A hengeres testek adatait a 6. táblázat tartalmazza.)

A 6. táblázat szerint azonos acéltérfogatszázalék mellett a véletlen eloszlású huzaldarabok legalább kétszeres eredményt adtak a hagyományosan vasalt, illetve vasalatlan habarcséhoz képest — másrészt az első repedés megjelenése után a fémrosttal vasalt próbatest még jelentős húzóerőt vett fel a teljes hosszirányú repedezésig (ez még nem törőcrő!) —, a hagyományosan vasalt pedig azonnal teljesen összeroppedezett.

A hajlítókísérletek során húzószilárdságként értelmezték azt az állapotot, amikor az erő-lehajlási vonal a kezdeti egyenestől eltérni kezd. Különböző magasság/szélesség arányú próbatestet vizsgáltak. A viszonylagos szilárdságok a 33. és 34. számjelű huzaloknál 2,0 körül, illetve afölött voltak —, a 16. és 20. (vastagabb) huzaloknál viszont 1,3–1,7 közt.

Egyesek kétségbe vonták, hogy a véletlen irányú vasalás olyan hatásos lenne, mint Romualdi és Butson számította — esetleg csak kétirányban teherviselő szerkezetben lehet gazdaságos, de gerendában kevésbé —, mások a tartósság kérdését vetették fel, ismét mások szerint a terhelés-lehajlási függvény valóban egyenes szakasza alig növekszik meg az elszórt vasalás révén.

A fenti kísérleti adatokból megállapítható, hogy

a) a szerzők igen cementdús habarcskeveréken — tehát nem betonon — mutatták ki a fémrost hatékonyságát, azaz a duvraszemű betonba való egyenes elkeverés kérdése feltehetően itt sem megoldott;

b) a huzalátmérő csökkentésével javulnak az eredmények;

c) a 2 térfogatszázalék rost — 2,4 kg/m<sup>3</sup> kész térfogatsúllyal számolva — kb. 50 kg/m<sup>3</sup> vasmenyiséget jelentene, szemben egy  $\mu = F_v/F_b = 0,15\%$  vasszázalékú gerendának kb. 120 kg/m<sup>3</sup> vasigényével. Minthogy a vasbetonépítés általában a gerendák törési és nem repedési határállapota alapján számítja teherbírásukat, a véletlen elrendeződésű fémrost-erősítés ott lehet versenyképes az irányított vasalással, ahol a repedésgátlás az elsőrendű feladat.

#### Az Építőanyagok Tanszéken végzett kísérleteink

##### Bekevert rostokkal erősített habarcsok

##### Alapadatok

A kísérleti próbatestekhez az alábbi rostféléseket használtuk:

- salakgyapot (SG),
- üveggyapot (ÜG),
- üvegszövet (ÜS), illetve üvegfonal (ÜF),
- acélhuzal (A),
- polietilén- (PE),
- polipropilén- (PP) és
- poliamidszál (PA),

fajtánként esetleg több különböző vastagságban.

A zsinórszerű anyagot különböző hosszakra vágva, a száraz adalékanyag súlyára vonatkoztatott különböző súlysúlyszázalékban kevertük a betonba. (A szálnélküli friss betonsúlyra vonatkozó súly%-ot a megadottakból 0,72-vel való szorzással nyerjük.)

Először az adalékanyagot kevertük szárazon össze a cementtel, majd hozzáadtuk a vázanyagot

is, végül a vizet. A kézzel megkevert anyagot általában kézi tömörítéssel dolgoztuk be. Arra törekedtünk, hogy a beton bedolgozhatósága közel azonos legyen.

A habares összetétel:  $400 \text{ kg/m}^3$  tatabányai 600-as cement, v/c általában 0,5 és  $D_{\max} = 5 \text{ mm}$ -es folyami homok.  $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$ -es kísérleti hasábokat készítettünk, melyeket 7 napos korukig vízben, azután szobahővegőn tároltunk és általában 14 napos korban vizsgáltuk hajlító- és nyomószilárdságukat.

### Eredmények

Tanulmányunkban a részletes szám adatok rendelkezésre állnak [14], itt elsősorban összefoglaló értékelést adunk.

a) A *salakgyapot* 0,25–0,5 és 1,0%-ban való alkalmazása a hajlítószilárdságot egyértelműen, de kevésbé növelte (+7,7; +9,4; +11,2%), 10%-on túl az egyre lazuló habaresstruktúra miatt fokozatosan csökkent a hajlítószilárdság (–2,3; –6,7; –8,5% az 1,5–2 és 2,5 s% SG tartalomhoz). A nyomószilárdság az SG adagolás növekedtével először alig, azután 0,5 s% rosttartalom fölött rohamosan csökkent. 1% SG fölött a v/c tényezőt — az azonos konzisztencia tartása végett — növelni kellett, az SG sok vizet vett fel.

b) Az *üvegyapot* az SG-hez hasonlóan viselkedett, de a hajlítószilárdságot egyáltalán nem növelte.

c) Az *üvegszövet* (akár *feldarabolva* a habares közé kevertük, akár *száraz állapotban rétegesen* a húzott oldaltól különböző távolságra és mennyiségben helyeztük el) nem növelte sem a hajlító-, sem a nyomószilárdságot. Valószínű, hogy a rideg üveg-

szálak nagy része már bedolgozás közben eltörött. Az üvegszövetretrétegről a beton levált, a habaresba kevert üvegszálak pedig kicsúsztak a habaresből. *A cementpéppel átitatott*, a sablon fenekére fektetett, *üvegszövet* azonban még így is egyértelmű, ámbár kis javulást (5%) eredményezett, és ezért megfelelőbb technológiát keresve,  $7 \times 7 \times 25 \text{ cm}$  betontesteken további kísérleteket végeztünk (lásd később).

d) Az *acéldrót* ( $\varnothing 0,7 \text{ mm}$ ) alkalmazása adta a legjobb eredményt. A drótmennyiséget 0–2,5%-ra növelve a *hajlítószilárdság* 21%-kal nőtt meg, a *nyomószilárdság* 1,5% huzaltartalomig ugyancsak növekedett.

(Megjegyezzük, hogy ennél vékonyabb huzal sokkal hatékonyabb lett volna.)

e) A *műszálak* közül *egyesek* 20–30%-kal növelték a *hajlítószilárdságot*, de igen sok bizonytalanság is akad. (A 22 sorozatból álló kísérletünkéből példaként hat sorozatnak eredményét az 1. ábrában foglaltuk össze, az acélhuzal adatokkal kiegészítve.) A legjobbnak vélhető 0,3 mm PP-vel szemben a 0,25 mm-es szál pl. használhatatlannak bizonyult.

*Az ellentmondások okai* az alábbiak lehetnek:

— kézi keverés és bedolgozás, ezért *egyenlőtlen tömörség* (ezt a különböző mennyiségű és szálfajtától, illetve átmérőtől függően különböző rugalmasságú száltömeg még külön is befolyásolja),

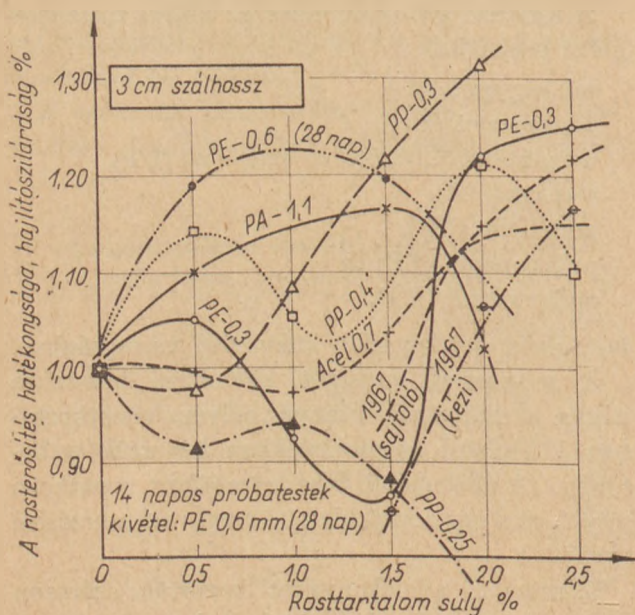
— a szálak *különböző felületi tulajdonságai* és ezért *különböző tapadása*.

Kisebb száltartalmak esetén csökkenő, azután növekvő hatékonyság magyarázata a *szálak okozta fellazulásnak*, illetve a *repedésgátlásnak ellentétes hatása*, illetve a két hatás váltakozó mértékű érvényre jutása lehet; ez magyarázza — egyéb, véletlen jellegű kísérleti hibákon kívül — az 1. ábra hullámvonalait (PE –0,3 és PP –0,4), de ilyen jellegű az acélhuzalos rosterősítés is.

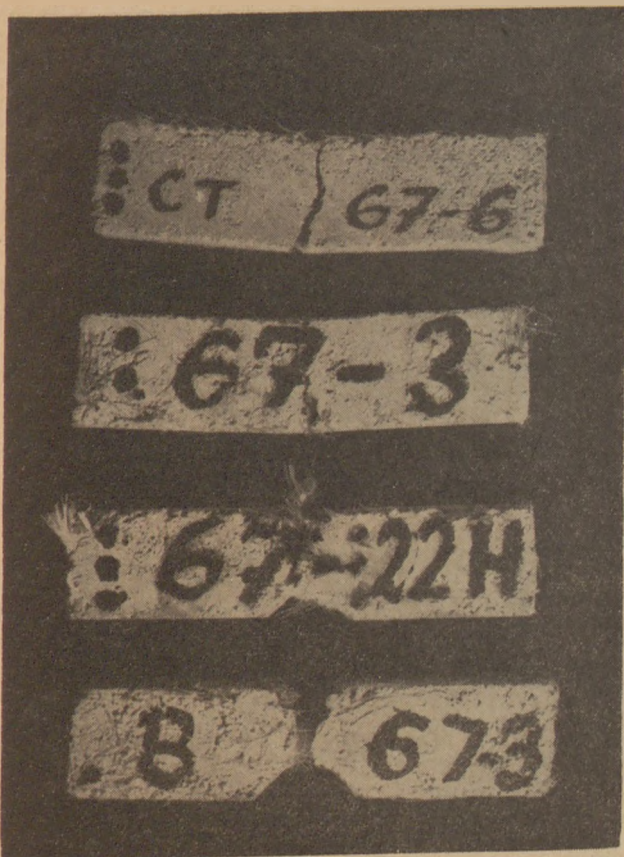
A hajlítóvizsgálat során a szálak általában kihúzódtak, tehát *nem szilárdságuk, hanem tapadásuk* elégtelen. (Néhány eltört próbatest fényképe a 2. ábrán látható). Az elégtelen tapadás *körtől eltérő keresztmetszettel, jobb nedvesíthetőséggel és általában kisebb átmérővel* javítható; kísérletünk időpontjában azonban csak az általunk is alkalmazott *hazai gyártású szálféleségek* léteztek.

Megemlítjük, hogy az *egészen vékony* — *vattaszerű* — műszálak (pl. 10 denier-es poliamid) azért voltak használhatatlanok, mert nem tudtuk őket bekeverni; a vékony szálak alkalmazhatóságának egyik feltétele, hogy *egymáshoz ne tapadjanak*, ne csomósodjanak.

Megemlítjük még, hogy 1966. évi kísérleteink egy részét *kézi*, illetve *sajtoló* tömörítés alkalmazá-



1. ábra. Rosttartalom hatékonysága



2. ábra. Eltört rostos testek fényképe

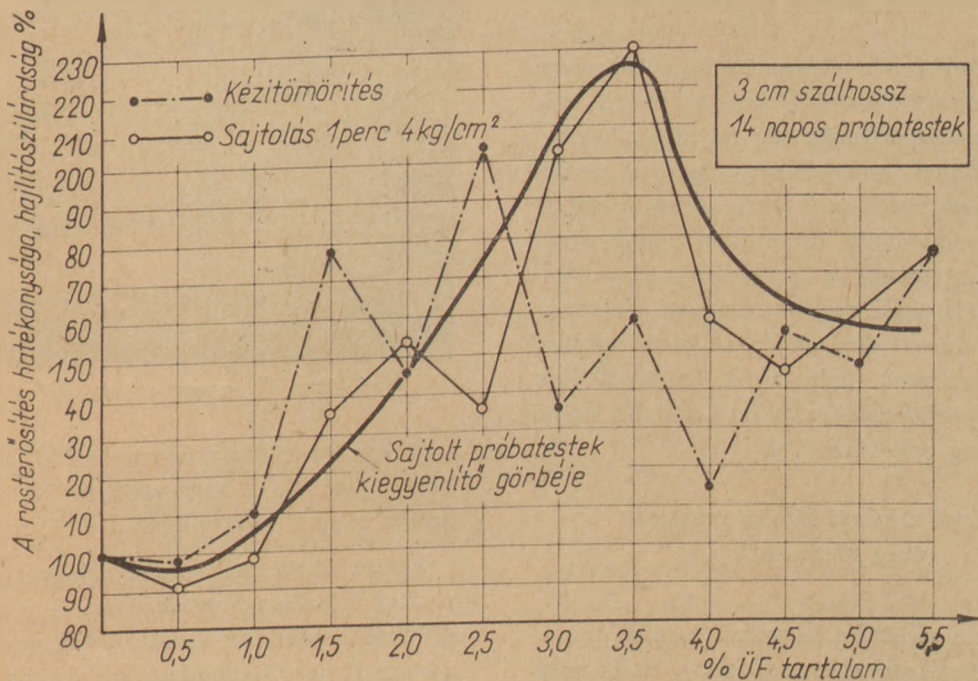
sával megismételtük (lásd 1. ábra) — nagyobb hatékonyságot ugyanazon műszalakkal így sem értünk el.

f) Üvegfonal (ÜF) vagdalék. 0,5–5,0 súly%-ban adagoltunk 3 cm hosszúságúra vágott üvegrostot (GEVETEX Roving-E-60 Alkalifrei C-23)

és az állandó konzisztencia tartása végett 1,5 s% fölött a vízmennyiséget fokozatosan növeltük. (Az üvegszecska elég sok vizet szív fel.) A kézi keverésű friss habarcsot részben kézzel, részben nyomógépben 4 kp/cm<sup>2</sup> sajtolónyomással tömörítettük. A 14 napos törési eredményekből a rost nélküli habarcs hoz képest kapott viszonylagos hajlítószilárdságokat — tehát a hatékonyságot — a 3. ábrán foglaltuk össze. 1,5 s% ÜF tartalom fölött általában 50–100%-kal javul a hajlítószilárdság, — az 1,5 s% alatti rostvasalás nem hatékony; nyilvánvalóan a bekeverésben és tömörítésben jelentkező hiányosságokat a kisebb száltartalom itt még nem pótolja. (Megemlítjük, hogy egy előkísérletünk során 0,5 s%-kal 133% hatékonyságot értünk el, feltehetően az igen gondos tömörítés miatt — ami azután a későbbi sorozatgyártáskor már csak átlagos szintű volt.) A sajtolt testeken kapott hatékonysági számokra egy határozott csúcserértékű görbe rajzolható, tehát a gépi tömörítés csökkentette a bedolgozási hiányokat — de nem szüntette meg. A kézi tömörítésű próbatestekben a rostok hatékonysága ingadozóbb és csúcserértéket kisebb rostszázaléknál találunk.

4,5 s% fölötti ÜF tartalmú keverékek kézzel és sajtolással egyformán tömöríthetők; itt a nagy rosttartalom már ellensúlyozza a különféle bedolgozási és keverési hiányosságokat és megbízható 50–70% növekedés mérhető.

A kísérletekből egyértelműen megállapítható, hogy az üvegrost erősítés hatékony: 50–100% hajlítószilárdság-többlet várható. A leggazdaságosabb



3. ábra. Az üvegszáltartalom hatékonysága

szálhossz és mennyiség, üvegfajta és keverési-be-dolgozási mód, valamint a korrózióállóság további kísérletekkel állapítható meg — de már így is meghaladtuk a Goldstein által közölt értékeket (1. táblázat). Elmaradtunk viszont Budnyikov és Szlobodjanik 15% (!) üvegrosttartalmú péptestjeinek (!) szilárdságától (3. táblázat).

Megemlítjük még, hogy a nyomószilárdság az üvegrosttal való keverés hatására valamelyest csökkent, ez azonban jelentéktelen, minthogy a beton nyomószilárdságának növelésére igen sok más eszközünk is van.

### Ütőszilárdságok

Összehasonlító vizsgálatokat végeztünk néhány 4×4×16 cm-es bemetszett próbahasáb ütőmunka bírására is. A testeket egy 30 mkp teljesítményű Charpy-kalapáccsal törtük el. (A hasábok húzott oldalán 1 cm mély, 45°-os dőlésű, lekerekített bemetszés volt, melyet a sablonba ragasztott betétdarab alakított ki.)

7. táblázat

Bemetszett rostbeton próbatestek ütőhajlító szilárdsága

Rosterősítés		Ütőmunka, cmkp		Viszonylagos ütőszilárdság %	Próbatestek kora nap
fajta	súly %	rostbeton	etalon		
Q .....	2	342	128	267	14
PA-11 ..	1	278	145	192	26
ÜF .....	3	262	145	181	14
	2	207	132	157	14
PE-0,3 ..	0,35	192	128	150	12
ÜG .....	0,5	133	138	97	19
ÜF .....	1	136	145	94	14

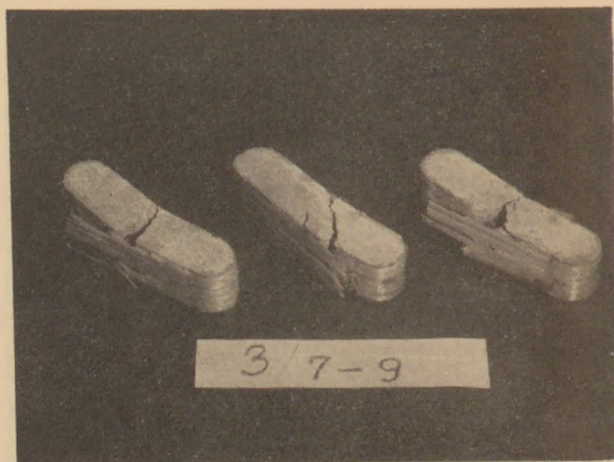
Eredményeinket a 7. táblázatban foglaltuk össze. Az ütőszilárdság olyankor is lényegesen javult, amikor a kérdéses szálerősítés alig növelte a hajlítószilárdságot. Ennek magyarázata, hogy a rosszul tapadó műszálak statikus hajlítás során lassan kihúzódnak — pillanatnyi dinamikus igénybevételkor azonban „nincs idő” a kihúzódásra és a szálak tetemes alakváltozási munkát képesek felvenni: azaz a rostbeton nem rideg. *Ütőjellegű igénybevételnek kitett betonszerkezetek* (gépalapok, ütközőbakok, partfalak stb.) tartósságát erőteljesen megnövelhetjük tehát rostanyag bekeverésével.

*Kísérletek a húzott oldalra ragasztott üveg pászmával*

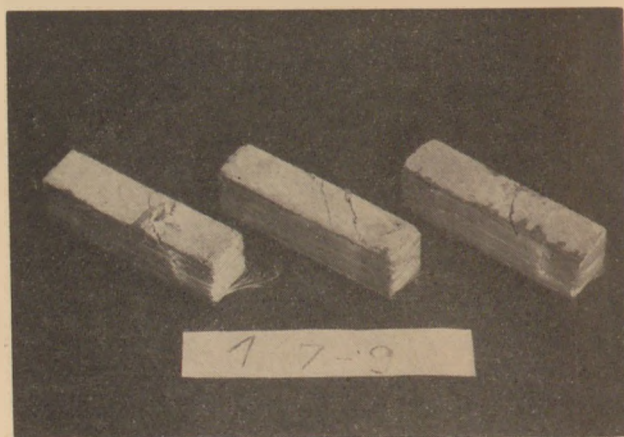
#### Alapadatok

E sorozatban vizsgálat tárgyává tettük

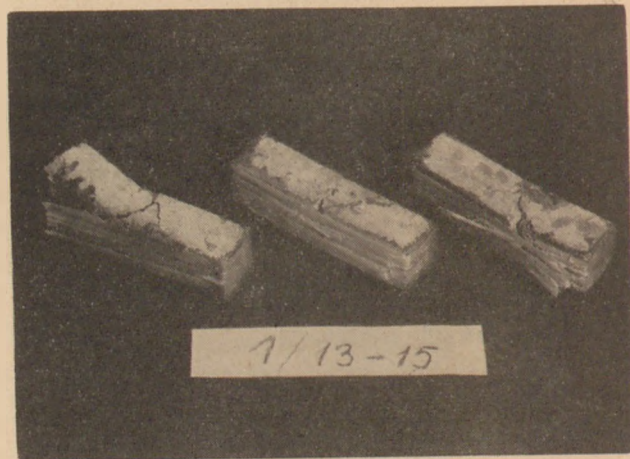
a) az üvevasalás lehorgonyzódását — ezért szögletes, illetve íves végű hasábokat készítettünk és



4. ábra. Üveg ragasztású testek törési képe



5. ábra. Üveg ragasztású testek törési képe



6. ábra. Üveg ragasztású testek törési képe

az üvegpázmákat a tartóvégre különböző mértékben hajtottuk és ragasztottuk fel, illetve szorítókötetést is alkalmaztunk (lásd 4., 5. és 6. ábra);

b) az üvevasalás hatékonyságát az üvegeresztmetszel növelése függvényében. 1 pászma (roving) 60 üvegfonalat tartalmaz, s ezek egyenként 400 db 19 μm átmérőjű elemi szálból állnak; 1 pászmában összesen 24 000 elemi szál van. A felragasztás egy-

más mellé, illetve egymásra helyezett pászmmakkal történt — egy felragasztott pászmmát a továbbiakban egy *menetnek* nevezünk. A pászma 1,89 mm<sup>2</sup> netto keresztmetszetű, szakítóereje 80 kp, a számítható végleges húzószilárdság, tehát 42,4 kp/mm<sup>2</sup>.

A 4 × 4 × 16 cm-es hasáb alsó lapján egymás mellett 5 menet fért el — 10, 15, 20 stb. menetszám esetén a pászmmák tehát egymásra kerültek.

*A gyanta összetétele:* Epikote 828 60 súly%, Veramid 125, 40 súly% (közönséges hőmérsékleten keményedik).

*Az üvegpászmmák:* „GEVETEX Roving (E) 60. alkalifrei C-23” márkájú, NSZK (Aachen) gyártmány.

A törést egy központos erővel hajtottuk végre. Az egyébként szabványos  $l=100$  mm támaszközt az első kísérletek után megnöveltük, hogy a próbatest minél inkább gerendaként és ne magasfalú tartóként dolgozzék. A törési művelet során feljegyeztük a szemmel jól látható *első repedést* okozó erőt is. A vonatkozó fényképek alapján a törés jellegére is következtetni lehet.

#### *Eredmények*

A repesztési és törési adatokat, valamint az összes próbatest fényképét értékelve az alábbi következtetések vonhatók le:

a) A *sablonvég íves vagy szögletes volta* a repesztőerőt alig, a törőerőt is csak kis mértékben befolyásolta. A gyantával körülvelt üvegszál tehát elvisel ilyen mértékű sarokra hajlítást.

b) Az a körülmény, hogy az *üvegszálakat csak a próbatest alsó lapjára ragasztottuk, vagy ragasztási hosszát növeltük*, sem a repesztő, sem a törőerőt nem befolyásolta lényegesen a szögletes hasáboknál. E szempontból döntő a gyanta betonhoz való tapadása, mely jelen esetben megfelelő volt: azaz *nem volt lehorgonyzódási hiány*. A szorítókötés (bandázs) mindkét hasábfajtánál kedvezőtlennek bizonyult, főleg azért, mert a felfekvést egyenetlenné tette és a próbatest így csavarást is kaphatott. A hosszabbított felragasztás az íves hasábok *törőerejét* némileg megnövelte a csak alul ragasztottakéhoz képest, a repesztőerő azonban nem javult.

c) Az *üvegvasalás mennyisége*, azaz a menetszám mind a repesztő, mind a törőerőt növelte. A repesztőerő 20 menetszámig folytonosan (bár nem lineárisan) növekszik, a törőerő 15—25 menetszám közt éri el a maximumát, értéke bizonytalanabb, csak 15 menetig egyértelmű a növekedés. A repesztőerő 6—7-szeresére, a törőerő pedig 7—8-szorosára nőtt legfeljebb. Itt is feltételezhető, hogy menetszámmal valamiképpen összefüggő felfekvési

egyenetlenség befolyásolta a törési eredményeket, mert a törés sokszor az üvegvasalás támasz feletti *elnyíródásakor* következett be. Az üvegvasalást tehát a támasz helyén felhordott, megszilárdult műanyaghabarccsal kell védeni, hogy a zavaró hatásokat kiküszöböljük.

*Különböző mértékű „vasaláshoz” különböző tönkremeneteli mód tartozik* és a nyíróerők és ferde repedések — legalábbis az adott hasábméret mellett — kitüntetett szerepet játszanak. (Az üvegvasalás is tekintélyes nyíróerőt képes felvenni.) További kísérletekhez *tiszta gerenda-erőjátékot* biztosító próbatest célszerű.

A *tiszta húzást* megközelítő feszültségállapotban való vizsgálat is lehetséges a tanszékünkön eme kísérlet kapcsán összeállított szivattyús törőberendezéssel, amellyel 16 cm belső átmérőjű *gyűrűk* repeszthetők, illetve törhetők.

Ha az üvegvasalás által felvett húzóerőt 50.30 minőségű betonacéllal kívánánk felvenni, akkor (értelemszerűen a folyási határ alapján számolva)

$$\sigma_a / \sigma_{acél} = 42,3/30 = 1,4$$

40%-kal több acélkeresztmetszetet kellene alkalmaznunk — feltéve hogy a beton az acél megfolyásakor összemorzsolódik, azaz a tartó tönkremegy. Ha az üveg fajsúlya 2,6, akkor az azonosan hatékony acélbetét súlya  $7,85 \cdot 1,4/2,6 = 4,2$ -szerese az üvegének. A GEVETEX pászmmák ára 30 Ft/kg (ennél olcsóbb, azonos mechanikai tulajdonságú francia üvegrost is kapható!), az 50.30 acél kb. 7 Ft/kg — tehát a nyersanyag költségek nagyjából azonosak.

#### *Megállapítások*

*Összefoglalásként megállapíthatjuk*, hogy a műgyantával felragasztott (átítatott) üvegvasalás a repedési és törési teherbírást lényegesen megnöveli, a gyanta jó tapadása miatt az üvegerősítés már kis hosszon lehorgonyzódik. Gazdaságosságát nagyobb modellkísérlettel lehetne megbízhatóbban tisztázni.

Várható alkalmazási területe (gazdasági megfontolásoktól részben függetlenül) olyan építmények vagy betonelemek, amelyeknek *nem mágneszhetőnek, örvényáram mentesnek*, vagy a közönséges vasbetonnál, illetve feszített betonnál jobb *villamos szigetelőnek* kell lenniük. Szakirodalmi adatok szerint a *feszített üvegekőteles* tartószerkezetek építésének sincs semmi elvi, illetve gyakorlati akadálya — csak az acélbetéttel feszített beton egyelőre olcsóbb a feszítettüvegesnél [23].

### Betonba beépített üvegszövetek

Az üvegszövet különleges alkalmazási esete, amikor a szövetet — megfelelő előkészítés után — a sablonban helyezük el és utána a friss betonnal „egybeöntjük”. Ilyenirányú sikeres kísérletekről *Krenchel* is beszámol — de ő csak 3 mm vastag, cementpéppel átítatott, üvegszövet betétes lemezekről tudósít [28].

Az Építőanyag Tanszéken *betongerendákba építendő* kétféle üvegerősítéssel kísérleteztünk:

I. *Egyirányú rovingszövet* (1 kötegben 60 pászma, 1 pászmaiban 240 db 10 mikronos elemi szál. Kötegsűrűség: 17 db/7 cm. A roving DUCARNE gyártmány, a szövet a külföldi alapanyagból Magyarországon készült).

II. *Üvegpaplan (matté)* 450 g/m<sup>2</sup>, kb. 2 mm vastag. Gyártó: Société du Verre Textile, Lyon.

Az üvegvasalást háromféleképpen építettük be a betonba:

a) szárazon a sablonba tettük és rábetonoztunk,

b) az üvegszövetet, illetve paplant 24 órán át 4:1 súlyarányú víz:cement szuszpenzióban áztattuk, majd itatóspapíron 1 percig szárítottuk és így helyeztük a sablonba, néhány dkg cementtel beszórtuk és ezen betonoztunk rá.

c) a sablon aljára 1 cm-es védőhabarcsréteget készítettünk — az üvegszövet a b) alatti előkészítéssel erre került, azután a beton.

Alkalmazott betonösszetétel: 400 kg/m<sup>3</sup> T-600 cement, v/c = 0,45 és 0,1/15 mm adalék 5 frakcióból összeállítva.

Minden változatból 2—2 db 7×7×25 cm méretű hasáb készült, amelyet 7 napos korban  $l=21$  cm támaszközön, harmadpontos terheléssel hajlítot-

tunk, majd a félhasábokat (üvegvasalással oldalra fordítva) nyomószilárdságra vizsgáltuk. (A tárolás vízben történt.)

A 8. táblázatban megadjuk az I. és II. vasalási módra, illetve a), b), c) előkészítési változatra, valamint az ellenőrző testekre kapott  $P_h$  hajlítóerő értékeket. Ahol külön észlelhető volt, megadtuk az első látható repedéshez tartozó  $P_r$  erőt is.

A vasalatlan és paplanvasalású hasábok ridegen törtek — a szövetvasalásúak az első repedés után még jelentékeny erőt vettek fel. A paplanvasalás a hajlítás során hirtelen széthúzódott, tönkrement: ekkor repedt, illetve tört el a gerenda. Az üvegszövet vasalású testek viszont akkor repedtek meg, amikor az üvegszövet és a felső betonrész közti tapadás megbomlott, s így az üvegszövet lassan levált. Maga az üvegszövet nem szakadt el. A cementporral való beszórás a tapadást lényegesen javította: az egyik 1/b esetben pl. hirtelen tört el a gerenda beton része nyírásra — az üvegszövet meg sem csúszott.

A hatékonyság javításának útja tehát az üvegszövet és a beton közti tapadás fokozása — de az általunk alkalmazott módszerrel is a vasalatlan gerenda hajlítószilárdságának négy-öttszörösét érték el a húzott oldalon bebetonozott egyirányú rovingszövettel. Ha a gerenda nyíróigénybevétele a szokásos (a támaszköz nagyobb a tartó magasságához képest), akkor még ugyanezzel a módszerrel is kedvezőbb eredmények várhatók.

Befejezésül Kiss Kornél okl. mérnöknek, illetve Pusztai Lajos technikusnak a probléma felvetésében és támogatásában, illetve megoldásának technikai kérdéseiben nyújtott segítségüket kívánjuk megköszönni.

8. táblázat

Repszlő- és hajlítóerők (kp)

Üvegbetét kezelés módja	Vasalás módja				
	I	I. Egyirányú rovingszövet 2 réteg		II. Üvegpaplan 2 réteg	
		$P_r = P_h$	$P_r$	$P_h$	$P_r$
a) szárazon beépítve . . . . .	450	—	1050	—	635
	390	650	1155	—	870
b) áztatva, cementporral	270	—	1940	—	750
	450	1550	1625	—	918
c) mint fent, védőhabarccsal	210	650	1650	—	610
	310	550	1260	—	370

### IRODALOM

- [1] *Alperin, V. I.*: Fényáteresztő panelek üvegszál-erősítésű poliszterből. — *Sztroityelnije Materialü*, 1965. 1. sz. p. 8—9. (D-21 262)
- [2] *Simpson, H. E.*—*Lovell, R. B.*: Üvegszálak tartósága környezeti hatásokkal szemben. — *Kunststoff Rundschau*, Hamburg, 1966. 9. sz. p. 529.
- [3] *Wegener, W.*—*Hausmann, K. H.*: A fonal és a szövet szerkezetének befolyása üvegbetétes műanyagok tulajdonságaira. — *Kunststoff Rundschau*, 1966. 9. sz. p. 521.
- [4] *Niederstadt, G.*: Üvegbetétes műanyagok védelmére szolgáló műszálborítás alkalmazásának vizsgálata. — *Kunststoff Rundschau*, 1966. 11. sz. p. 637.
- [5] *Bernert, I.*—*Hintersdorf, G.*—*Wende, A.*: Teherbíró rosterősítésű műanyagok gyakorlati méretezési módszere. — Előadás az AVK (Arbeitsgemeinschaft Verstärkte Kunststoffe) 1966. évi Freudentadt-i (NSZK) közgyűlésén, okt. 4—7. (Tartalom: *Kunststoff Rundschau*, 1966. 12. sz. p. 697.)



- [6] Lachkó E.-né: Üvegrostosítású műanyagok szabványosítása. — *Műanyag és Gumi*, 1966. 9. sz. p. 285.
- [7] Grüniger, G.: Erős igénybevételnek kitett üvegvasas műanyagalkatrészek szilárdsági problémái. — *Műanyag és Gumi*, 1966. 11. sz. p. 338.
- [8] Pohl, G.: Üvegszállal erősített műanyagok szilárdsági csökkenése víz hatására. — *Műanyag és Gumi*, 1966. 11. sz. p. 338.
- [9] Matting: Üvegszállvasas műanyagok fáradása. — *Kunststoffe*, 54. köt. 1964., 12. sz. p. 746.
- [10] Frolov, N. P.: Üvegrostból és poliészter műgyantából készült vasalás gyártástechnológiája és néhány tulajdonsága. — *Beton i Zselezobeton*, 1965. 9. sz. p. 5–8.
- [11] Üvegrostos műanyagok a betonépítésben. — *Beton und Stahlbetonbau*, 1965. 4. sz. P. XVII–XXI. (Ipari hírek)
- [12] Gvozdev, A. A.—Mihajlov, K. V.—Nikula, I.: Műgyantakötésű üvegpázsza betonszerkezetek vasalására. — *Beton i Zselezobeton*, 1960. 3. sz. p. 105.
- [13] Gorgol, V.: Alagutak szigetelése műanyag szórószal. — *Inzenyrské Stavby*, 1964., 5. sz. p. 229–230.
- [14] Palotás, L.—Balázs, Gy.—Erdélyi, A.: Rostbeton I. — Bp. ÉKME Építőanyagok Tanszék, 1966.
- [15] Portlandcement erősítése. — *Architecture and Building (USA)* 1965. jan. p. 51–53.
- [16] Cementek rostvasas erősítése. — *Modern Plastics*, 1965. 8. sz. p. 156.
- [17] Budnyikov, P. P.—Szlobodjanik, I.: Üvegrosttal erősített cementkő. — *Sztoityelnüje Materialü*, 1966. 4. sz. p. 17–19.
- [18] Palotás, L.—Erdélyi, A.—Horváth, T.: Üvegbetétes műgyantával erősített azbesztcementlemezek. — *BME Építőanyag Tanszék tanulmánya*, 1967.
- [19] Ahverdov, I. N.: Üvegrostból és poliészter műgyantából készült huzallal vasalt beton nyomócsövek. — *Beton i Zselezobeton*, 1965. 9. sz. p. 2–4.
- [20] Agbim, C. C.: Üvegrosttal vasalt beton. — *Magazine of Concrete Research*, 1964. 49. sz. p. 195.
- [21] Rubinsky, I. A.—Rubinsky, I.: Feszítőbetétként használható üvegrostok előzetes vizsgálata. — *Magazine of Concrete Research*, 1954. 17. sz. p. 71.
- [22] Kajjasz, S.: Üvegkötéssel előfeszített gerendákon végzett kísérletek. — *Magazine of Concrete Research*, 1960. 35. sz. p. 91.
- [23] Somes, N. F.: Gyantába ágyazott üvegrostos feszítőbetétek betonokhoz. — *Magazine of Concrete Research*, 1963. 45. sz. p. 151.
- [24] Romualdi, J. P.—Batson, G. B.: Sűrűn elhelyezett vasbetétű vasbetongerendák viselkedése. — *Journal of ACI*, 1963. p. 775.
- [25] Romualdi, J. P.—Mandel, J. A.: Sűrűn és egyenletesen elhelyezett, rövid huzaldarabokkal vasalt beton húzószilárdsága. — *Journal of ACI*, 1964. p. 657. és p. 1651.
- [26] Works, R. E.: Rövid huzaldarabok adagolásának hatása a beton szilárdságára és alakváltozására. — Doktori értekezés. *Iowa State University*, Ames. 1964. p. 97.
- [27] Malhotra, V. M.—Zoldners, N. G.—Woodroffe, H. M.: Gyűrűs vizsgálat a beton húzószilárdsá-  
gára. — *Materials Research and Standards*, 1966. p. 2–12.
- [28] Krenchel, H.: Rostrosítás (Fibre reinforcement). Kopenhága. *Akademisk Forlag*, 1964.

#### Balázs György—Erdélyi Attila: Rostbetonok

Kísérleteket végeztek különböző anyagú rostokkal erősített betonok tulajdonságaira vonatkozólag. A külföldi kísérletek legtöbbjétől eltérően betonban, nem pedig cementpépben vizsgálták a rostersítés hatékonyságát. A kísérleti próbatestek rostanyaga salakgyapot, üveggyapot, üvegszövet, üvegfonal, acélhuzal, polietilén, polipropilén és poliamid volt, fajtánként általában több különböző vastagságban. A rostos anyagot különböző hosszakra vágva adagolták. A salakgyapot max. 1%-ban adagolva kissé növeli a hajlítoszilárdságot, az üveggyapot és üvegszövet e szempontból hatástalannak bizonyult. Az acélszál jelentős és egyértelmű, a műszálak ugyancsak igen jelentős, de rosszul reprodukálható hajlítoszilárdság-növekedést adtak. Valamennyi rostanyag nagy mértékben növelte az ütőszilárdságot. Kísérleteket végeztek továbbá a húzott oldalra ragasztott üvegpázmákkal; megállapították, hogy a műgyantával felragasztott üveg-„vasalás” a repedési és törési teherbírást lényegesen növeli. Az üvegpázmákkal vasalt beton jelenleg még valamivel drágább a hagyományos vasbetonnál, de gazdaságos lehet, ha nem mágnesezhető, örvényáram-mentes, szigetelő betonra van szükség. Ugyancsak nagy mértékű szilárdságnövekedést állapítottak meg betonba beépített üvegcsövek esetében, ha az üveg lúgálló és a betonhoz való jó tapadásról előkezeléssel gondoskodnak.

#### Д. Балаж—А. Ердели: Волокнистые бетоны

Были проведены испытания свойств бетонов, армированных различными волокнистыми материалами. В отличие от аналогичных испытаний, проведенных за границей, данные эксперименты проводились не с цементными пастами, а с бетонами. В качестве волокнистых материалов применялись шлаковая вата, стеклянная вата, стеклянная ткань, стеклянная пряжа, стальная проволока, полиэтилен, полипропилен, полиамид, различной толщины. Волокнистые материалы разрезались на различную длину, и затем добавлялись к бетону. Добавка шлаковой ваты макс. 1% незначительно увеличивает прочность на изгиб, стеклянная вата и стеклянная ткань не оказывают с этой точки зрения никакого влияния. Стальная проволока вызывает значительное повышение прочности при изгибе, причем полученные результаты хорошо воспроизводимы. Пластмассовые волокнистые материалы также приводят к значительному повышению прочности на изгиб, однако результаты трудно воспроизводимы. Все испробованные волокнистые материалы значительно повышают ударную прочность. Были проведены также эксперименты со стеклянными лентами, наклеенными на растягиваемую сторону. Установлено, что „армирование” с применением стекла, оклеенного искусственной смолой, значительно увеличивает стойкость против растрескивания и разрушения. Бетон, армированный стеклянными лентами, в настоящее время дороже, чем обыкновенный железобетон, однако является более экономичным, если речь идет о получении магнетизируемого, лишенного вихревых токов, изоляционного бе-

тона. Значительное увеличение прочности было получено также в случае применения в качестве армирующего материала стеклянных тканей, в том случае, когда применялось щелочностойкое стекло, обеспечивающее хорошее сцепление с бетоном.

#### Balázs, György—Erdélyi, Attila: Faserbetone

Man hat die verschiedenen Eigenschaften der mit Fasern verstärkten Betone untersucht. Abweichend von den meisten Experimenten des Auslands wurde die Wirkung der Faserverstärkung nicht im Beton, sondern im Zementteig geprüft. Die angewandten Faserstoffe waren: Schlackenwolle, Glaswolle, Glasgewebe, Glasfasern, Stahldraht, Poliäthylen, Polipropylen und Poliamid, und zwar in Fasern verschiedener Durchmesser. Die Schlackenwolle — ein Zusatz von nicht mehr als 1% — erhöht die Biegefestigkeit in geringem Maße, während Glaswolle und Glasgewebe in dieser Hinsicht wirkungslos sind. Der Stahldraht ruft beträchtliche und eindeutige, die Kunstfasern dagegen rufen gleichermaßen beträchtliche, aber nicht genau definierbare Zunahme der Biegefestigkeit herbei. Alle Faserstoffe erhöhen beträchtlich die Schlagfestigkeit. Es wurden auch Versuche unternommen, wo man auf die gezogene Seite Glassträhnen anklebte; es konnte festgestellt werden, daß die mittelst Kunststoffklebmittel angebrachte 'Glasarmatur' die Sicherheit hinsichtlich auf Bruch und Risse wesentlich steigert. Die mittelst Glassträhnen verstärkten Betone sind zur Zeit noch kostspieliger als die traditionellen Stahlbetone, doch können sie sich als wirtschaftlich erweisen, wenn es sich um unmagnetisierbaren, wirbelstromfreien Isolier-

beton handelte. Im Falle eingebauter Glasgewebe konnte gleichermaßen eine starke Erhöhung der Festigkeit beobachtet werden, wenn das Glas laugenbeständig war und um die entsprechende Haftfähigkeit Sorge getragen wurde. (S. G.)

#### Balázs, György—Erdélyi, Attila.: Fibro-concretes

Properties of fibre-reinforced concretes were examined. Contrary to the majority of foreign experiments concrete (and not cement paste) samples were tested. Fibres included slag wool, glass wool, woven fibreglass, spun fibreglass, steel wire, polyethylene, polypropylene and polyamide fibres, added in various amounts and fibre diameters and chopped in different lengths. Slag wool increases up to 1% slightly the flexural strength, while fibreglass sorts are uneffective. Steel wire gives a very marked and reproducible increase of strength, while plastic fibres increase strength as well, but with less reproducibility. All fibrous materials increase the impact strength of the concretes tested. Experiments were made with strands of glass glued to the tension side of the samples by an epoxy resin; it is stated that this sort of reinforcement increases cracking and crushing strength of concrete to a high extent. Though the glass reinforced concrete is slightly more expensive as contrasted to the ordinary steel-reinforcement, it might be still economic if a non-magnetizable, eddy-current free and insulating concrete is required. A considerable increase of strength was found with glass cloth incorporated into concrete provided an alkali-resistant glass is used and its adhesion secured by appropriate pre-treatment.

## Nemzetközi szervezetek munkájáról

Korunk számos jellemzője között nem utolsó helyet foglal el a nemzetközi szervezetek megszokása és tevékenységük kiterjedése. E szervezetek mindegyike a határokon át terjedő gazdasági, tudományos, műszaki stb. vonatkozások valamely szélesebb vagy szűkebb körére terjeszti ki érdeklődését, és ennek során nemzetközi konferenciák, értekezletek, szimpóziumok rendezésével, sőt nem ritkán kutatómunkák szervezésével mozdítja elő a vonatkozó terület nemzetközi fejlődését. Tevékenységükről kiadványok százai és ezrei

számolnak be. Magyarország is számos nemzetközi szervezet tagja, és azok munkájában érdekelt. Ezért egyre időszerűbbé válik, hogy e nagy nemzetközi szervezetek munkájáról közvéleményünk szélesebb körben tájékozottá váljék.

Ebből a megfontolásból lát legújabb napvilágot egy havonként megjelenő információs kiadvány az Országos Műszaki Könyvtár és Dokumentációs Központ kiadásában és e szervezetekkel kapcsolatot tartó kormányzati szervek együttműködő szerkesztésében:

„Nemzetközi Szervezetek Anyagából” címmel.

Az információs kiadvány minden egyes száma 4–5 bő ismertetést közöl a legfontosabb nemzetközi gazdasági és műszaki szervezetek aktuális eseményeiről, legjelentősebb közleményeiről, számonként bemutatja egy-egy szervezet organizációját és munkáját, továbbá bibliográfiát közöl e szervezetek legújabb, különösen jelentős kiadványairól.

# A szemcsenagyság befolyása a rétegszerkezetű szilikátok és hidroxidok bomlási mechanizmusára\*

PAMPUCH, ROMAN  
Bányászati és Kohászati  
Akadémia Szilikátkémiai  
Tagozata, Krakko,  
Lengyelország

## Bevezetés

Az utóbbi 5–7 évben nyilvánvalóvá vált, hogy a szilárdfázisú reakciók többségében a kiindulási anyag szerkezetének túlnyomó része megmarad a végtermékben és ezért az ilyen folyamatokat *topotaxikus* reakcióknak nevezzük. E reakciók kristálytani szempontból a kristály pseudomorf átalakulásának felelnek meg, vagy a végtermék kis kristallitokból álló sokaságának, mely a kiindulási anyaghoz képest három dimenzióban orientált. Az orientáció rendszerint olyan, hogy az oxigén illeszkedése megegyezik a kiindulási anyagéval, az oxigénrács szerkezetét az átalakulás lényegileg nem befolyásolja, hanem csak a kationok átrendeződéséből áll. Az

A (szilárd anyag) – B (szilárd anyag) + C (gáz) termikus reakciók általában ilyen jellegűek, példa erre az alumínium- és magnézium-hidroxid átalakulása alumínium- és magnézium-oxiddá (Ball, Taylor 1961; Sasvári, Zalai, 1957), az alumínium-, magnézium- és kalcium-hidroszilikát termikus bomlása (illetve a kaolinit-mullit, szerpentin-forszterit, tobermorit-xonotlit-wollasztonit reakciósorozat), és sok más reakció. Brindley, Nakahira 1959; Nakahira, Kato 1964; Brindley, Zussman 1957; Nicol 1964; Dent, Taylor, 1956; Taylor 1962).

Általánosan elfogadott tény, hogy a kationok szükséges átcsoportosulása a Ball és Taylor (1961) által megállapított módon megy végbe. A dehidroxilezéses reakciók során a Mg, Ca, Al és Si-hoz hasonló kationok a „donor” tartományokból az „akceptor” tartományokba diffundálnak; ezt a protonok ellenáramú diffúziója kíséri. Az orientált

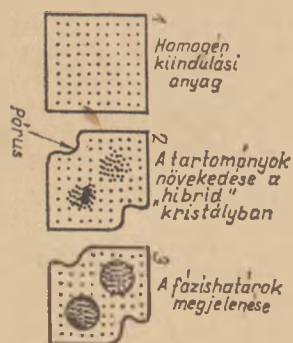
kristályos termék az akceptor tartományban keletkezik, míg a donor tartományban a bediffundált protonok az oxigénnel, illetve a hidroxillal vizet képeznek. Az utóbbi tehát így pórusok keletkezése közben (1. és 5. ábra) felbomlik. Arra lehet tehát következtetni, hogy más topotaxikus reakciókban is, mint például a magnezit bomlásában, a kationos alkatrészek hasonló ellenárama következik be.

## Kristálymagképződés és növekedés a topotaxikus reakcióban

Ezek a kristálytani fogalmak kedvező alapot szolgáltatnak a topotaxikus reakciók általános szempontjainak tárgyalásához. Nyilvánvaló, hogy mint minden más fázisátalakulásban, a reakciónak olyan tartományok kialakulásával kell megindulnia, mely szerkezetében és összetételében megfelel a reakcióterméknek. Ezek a tartományok folyamatosan növekednek a nem stabilis kiindulási anyag rovására. Mivel a termikus bomlás meghatározott menete nagymértékben befolyásolja a végtermék minőségét, ezen reakciómechanizmusok ismerete nem csak elméleti szempontból fontos. Sajnos, a topotaxikus reakciók alapvető tulajdonságait ma még nem értjük. Eddig általánosságban elfogadtuk, hogy a bomlási reakció a B-termék kristálymagjainak keletkezésével kezdődik, ezeket a most instabilis A-kiindulási anyagtól a fázishatárok választják el. Ennek az elképzelésnek megfelelően az új fázishatárok kialakításához és az alapanyag összetevőinek szétfeszítéséhez szükséges energia képezi a növekedésre képes kristálymagok energiakorlátját.

Néhány B kristálymag átjut ezen a korláton és olyan nagy (kritikus) dimenziót ér el, hogy az új fázishatárok megjelenésével járó szabad energia-növekedést kiegyenlíti az A-ból B-be való átala-

\* A IX. Szilikátipari Konferencián elhangzott előadás.



1. ábra. A topotaxikus termikus bomlás termékében a krisztallitek és tartományok keletkezése

kulással járó szabad energiacsökkenés. Csak ilyen kristályok képesek spontán növekedni.

A klasszikus felfogás ezért az átalakulás két különböző stádiumát állapítja meg: a kristálymagképződés és a növekedés stádiumát. Ennek a felfogásnak alkalmazása a topotaxikus reakciókra kétséges. Egyrészt a kiindulási anyag és a végtermék oxigénrácsa megegyező, és csak a rácsparaméterekben különbözik, másrészt a kationok újraeloszlását a véletlen irányítja, tekintettel a diffúziós folyamatokban a véletlen szerepére. Ennek következtében, ha a kiindulási A-szerkezettel és összetétellel bíró tartományból az új, B-összetételű és szerkezetű tartományba lépünk át, csak kis, folyamatos változásokra számíthatunk (1/2 ábra) és nem ugrásszerű átalakulásra a fázishatárokon (1/3 ábra).

Más szavakkal kifejezve, a topotaxikus bomlási reakció kezdeti szakaszában a homogén A kristály (1/1 ábra) alakul át a „hibridé” (1/2 ábra), melyben az új B anyag tartományai koherens módon együtt fordulnak elő az A át nem alakult tartományaival, anélkül, hogy fázishatárok jönnének létre. A koherens előfordulás következtében a „hibrid” kristályban számottevő feszültség keletkezik, ellentétben azzal az esettel, amikor a független B kristálymagokat az alapanyagtól a fázishatárok választják el.

A „hibrid” kristályok ötlete, mint a legvalószínűbb szerkezeté, hasonló anyagok egymásba való átalakulásakor, nem új feltételezés (Smits, 1938.). Nem voltak azonban eddig kísérleti adatok, melyek topotaxikus reakciókban ilyen „hibrid” kristályokat kimutattak volna. Ebből a szempontból jelentőséggel bírnak Librantnak és a jelen tanulmány szerzőjének (Librant, Pampuch, 1967.) eredményei, akik két vegyülettípus termikus bomlását vizsgálták. Két brucitmintát, melynek (0001) irányban a vastagsága 300, illetve 670 Å, és egy magnezitmintát tanulmányoztak. Ennek a két vegyületnek a hexagonális szoros illeszkedésű oxigénrácsából a bomlás után a MgO szabályos szoros illeszkedésű oxigénrácsa keletkezik, és a reakció így folytatódik topotaxikusan (Ball, Taylor, 1961; Dasgupta, 1964). Ezzel szemben, két más magnéziumvegyület (bázikus magnézium-karbonát és magnézium-oxalát) esetében az oxigén laza illeszkedése miatt nem tapasztaltak topotaxikus reakciót (lásd az 1. táblázatot is).

Az előbbieken közölt elképzelés szerint a brucit és magnezit bomlásakor „hibrid” kristályoknak kell keletkezniük, és a keletkező feszültségeknek a MgO krisztallitekben is megmaradnak. Ezzel szemben a bázikus karbonát, de különösképpen a magnézium-oxalát bomlásának a kiindulási anyagtól fázishatárokkal elválasztott, különálló MgO kristálymagok képződésével kell megindulnia, a szerkezetbeli különbségeknek megfelelően. Ebből következik, hogy az ezekből az anyagokból keletkezett MgO-ban feszültség egyáltalában nem, vagy csak kis mértékben fordulhat elő. A MgO-krisztallitekben levő feszültségeket Williamson és Hall (1964) módszerének segítségével a röntgendiffrakciónál mért vonalszélesedés technikájával határozták meg. A módszer szerint a

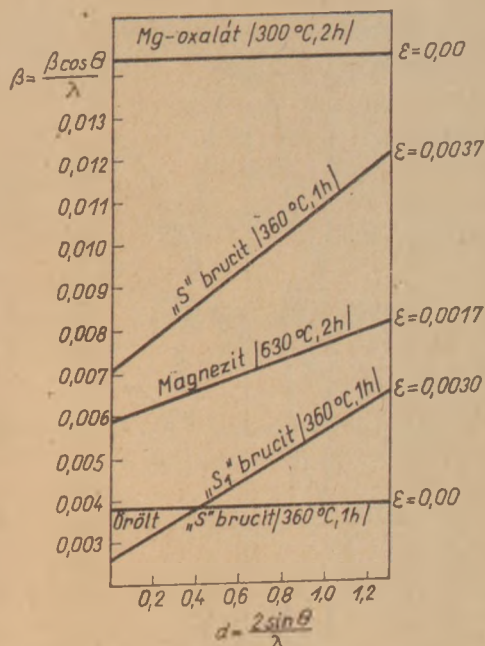
$$\beta = \frac{\beta \cos \Theta}{\lambda} \quad \text{és} \quad d^* = \frac{2 \sin \Theta}{\lambda}$$

értékek összefüggését kell ábrázolni, ahol  $\beta$  = az adott vonal teljes szélesedése,

1. táblázat

Termikus bomlással keletkező MgO kiindulási vegyületei

Képlet	Kristályrendszer	Térecsoport	Sűrűség	Az oxigén illeszkedése
MgO	Szabályos (1)	$Fm\bar{3}m (O_h^5)$	3,58	Szabályos, legszorosabb illeszkedés
Mg(OH) <sub>2</sub>	Hexagonális (IIIa)	$P\bar{3}m1 (D_{3d}^3)$	2,38	Hexagonális legszorosabb illeszkedés
MgCO <sub>3</sub>	Hexagonális (IIIa)	$R\bar{3}c (D_{3d}^5)$	3,04	
Mg <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	Monoklin (IV)		2,16	Laza illeszkedés
Mg(C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ) · 6 H <sub>2</sub> O	Monoklin (IV)		2,45	



2. ábra. Feszültség a különböző kiindulási anyagokból keletkezett kristallitokban, Librant és Pampuch (1967) szerint

$\theta$  = a Bragg-féle szög,

$\lambda$  = az alkalmazott röntgensugárzás hullámhossza.

Ez az összefüggés lehetővé teszi, hogy különválasszák a kristallit dimenzióval összefüggő effektusokat a belső feszültség következtében fellépő effektusoktól, feltéve, hogy a diffrakció-vonal Cauchy-típusú. A

$$\beta = \frac{1}{\tau} + \zeta d$$

egyenes vonal metszete a  $\beta^*$ -tengellyel adja meg a kristallit méretét, míg a vonal hajlásszöge  $\zeta$  jelzi a feszültség nagyságát. A 2. ábrában közölt adatok megfelelnek az elképzelésnek. A brucitból és magnezitből topotaxikus reakció útján keletkezett MgO mutatja a legnagyobb belső feszültséget. Nagyon kis feszültséget találtak a bázikus magnézium-karbonáthól keletkezett kristallitokban, és jóformán nem volt feszültség kimutatható a magnézium-oxaláthól keletkezett MgO-ban, amelynek a szerkezete lényegesen különbözik az MgO-étól.

További megfigyelések megerősítik azt a feltevést, hogy a belső feszültségekben levő különbség a reakciómechanizmusban levő eltéréssel függ össze. Jól ismert tény, hogy az őrlés a kristálméret csökkenésével együtt szerkezeti deformációval jár (Lewis, Pearson, 1966.). Őrölt minták bomlása ezért kevésbé rendezett lehet, mint az őrületleneké, és a feszültségek nem keletkeznek a reakció-termékben. A 2. ábra bemutatja, hogy a reak-

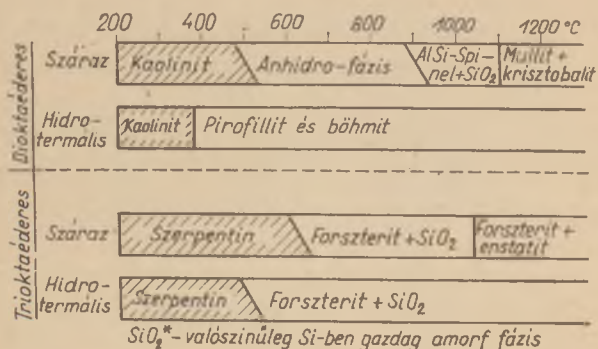
ció előtt megőrölt „S”-brucitból származó MgO kristallitok minden feszültség nélkül növekednek.

Megbízható jelek mutatnak arra, hogy a topotaxikus termikus bomlás reakciói a „hibrid” kristály állapotán keresztül mennek végbe. Ilyen szempontból nézve az ezt követő fázishatár megjelenése nem volna a reakció bizonyos fokához kötve, és nem akkor következne be, amikor a tartományok számottevő dimenziót érnek el, mert a képződésükhöz szükséges energiát a belső feszültségek szolgáltatják (lásd Bénárd 1961.). Következésképpen topotaxikus reakciók esetében a csíráképződés és a növekedés állapota közötti megkülönböztetésnek nincs fizikai jelentősége, és a jól ismert sebesség egyenleteket, mint például a Jander-féle egyenletet nem lehet alkalmazni az ilyen reakciók kinetikájának leírására. Érdekes megjegyezni, hogy ezeknek az egyenleteknek az érvényességét már néhány évvel ezelőtt kétségbe vonták, mert azt találták (Gandeeva, Zhabrova, Kushnerev, 1959), hogy a bomlásreakciók kísérleti adatai 60%-ban olyan egyenleteknek felelnek meg, melyek ellenkező mechanizmuson alapulnak.

### Protonok szerepe a dehidroxilezéssel járó folyamatokban

A csíráképződés és a növekedés állapota közötti megkülönböztetés elhagyása fontos a topotaxikus reakciók energiahatárainak megfogalmazása szempontjából is. Ebben az esetben az energiahatár, mely akadályozza a rendszer átalakulását a stabilis állapotba, nem azonosítható a fázishatárok képződési energiájával, hanem azt az átalakulásban résztvevő atomok diffúziójának aktiválási energiájával kell összefüggésbe hozni. Topotaxikus dehidroxilezési reakciók szempontjából legfontosabb a protonok mozgékonyasága. A protonoknak általában nagyobb a mozgékonyasága, mint az Al-nak, Mg-nak, vagy más kationoknak, és nagyon valószínű, hogy a protonok vándorlása a donor tartományból az akceptorhoz, megzavarja az elektromos semlegességet, és így a kationok ellendiffúzióját hozza létre. Mobil protonok hiánya ezért akadályozza a stabilis dehidroxilezett termékek keletkezését.

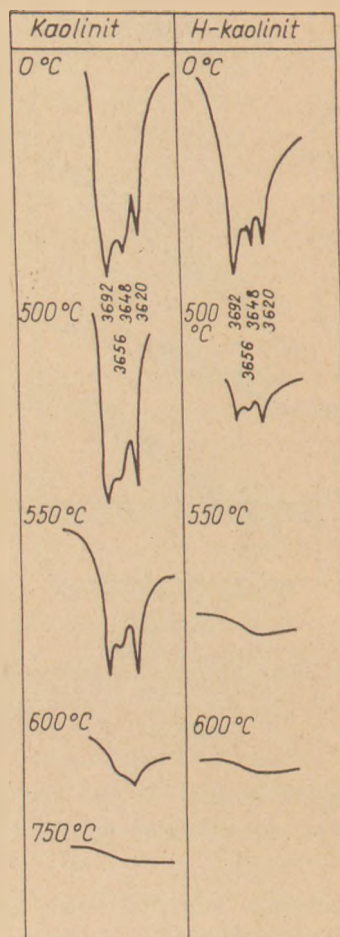
Nézzük ebben a megvilágításban a kaolin és a szerpentin termikus viselkedését. Az utóbbi közvetlenül a dehidroxilezés után átalakul a stabilis forsteritké, míg a kaolinit csak számos rosszul kristályosodó metastabilis fázison keresztül alakul mulittá (3. ábra). Ez a különbség a két vegyület viselkedésében kitűnő összhangban van a fő dehidroxilezési folyamat alatt a rendelkezésre álló mobilis protonok mennyiségével. Infravörös —



3. ábra. Kaolinit és szerpentin száraz és hidrotermális körülmények között végbemenő bomlásakor keletkező fázisok

spektrográfias adatok szerint (Pampuch, Wilkos 1963, Pampuch, Ptak 1967) a szerpentinben csak egy típusú O—H kötés van, viszont a kaolinitben két különböző O—H típus fordul elő. Az első kötés-típus a „külső” hidroxilokban fordul elő, melyek az Al atomoktól 1,89 Å távolságban fekszenek, alaprezgésük az infravörös spektrumban 3692 cm<sup>-1</sup>-nél okoz abszorpciós sávot, a második O—H kötés-típus, mely a „belső”, az Al ionoktól 1,95 Å távolságban levő hidroxilektől származik, 3620 cm<sup>-1</sup>-nél kelt abszorpciós sávot, a többi sáv a hidrogénkötésű csoportoktól származik (Pampuch, Plaszcak, 1964). Mivel az ideális Al—O távolság 1,91 Å, a „külső” hidroxilek megrövidült távolságának együtt kell járnia az O—O kötés erős polarizációjával, valamint az Al-mal szembeni megnövekedett negatív töltéssel. Ennek következtében megyengül az O—H kötés, és a protonok 3/4 része, mely a „külső” hidroxilekben fordul elő, hajlamosabb a termikus rezgés következtében az oxigéntől elszakadni, mint a visszamaradó 1/4 rész. Ezt az eltérő viselkedést bizonyítja az infravörös abszorpció, mert a 450—550 °C-nál magasabb hőmérsékletre hevített mintákban a 3620 cm<sup>-1</sup> sáv változatlan marad (Pampuch, Wilkos, 1963), míg a „külső” O—O kötésekhez tartozó 3692 cm<sup>-1</sup> sáv intenzitása csökken (a 4. ábra baloldali része).

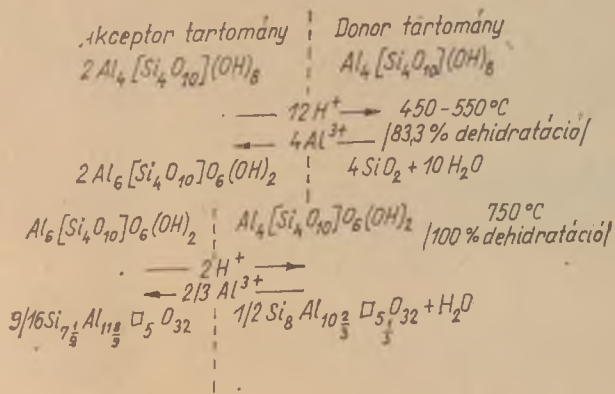
Mivel a kaolinit OH-csoportjainak 1/4 része magasabb hőmérsékleten is megmarad, a 450 °C feletti fő dehidroxilezési tartományban a protonoknak csak 3/4 része áll rendelkezésre ellendiffúzió céljára. Ez a hiány a kaolinitben igen számottevő, mert az Al<sup>3+</sup> ionok ellendiffúziója több, ellenkező irányban áramló protont kíván, mint ugyanaz a folyamat a szerpentinben, ahol Mg<sup>2+</sup> ionok diffundálnak a donortól az akceptor tartományába. A mobil protonok hiánya tehát gátolja a stabilis dehidroxilezett termék képződését a kaolinitben (ld. 1. és 5. ábrát). A mobil protonok korlátozott számának következtében a ténylegesen keletkezett metastabilis fázisok is csak gyengén kristályosod-



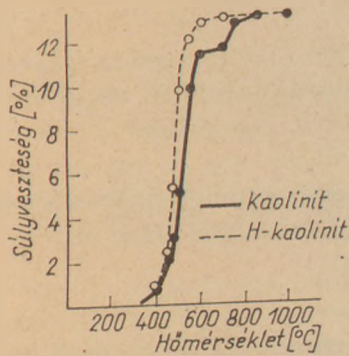
4. ábra. Különböző hőmérsékletre hevített kaolinit (balra) és H-kaolinit (jobbra) infravörös spektrumának 3550 és 3750 cm<sup>-1</sup> közötti része

nak. Ezzel összefüggésben meg kell említenünk a szemcseméret befolyását a dehidroxilezés folyamatának mechanizmusára. A kaolinit és más réteges szilikátok vízi eredetű kisebb szemcséi alacsonyabb hőmérsékleten dehidroxileződnek, mert a kis szemcsék nagyobb mobilis protonhiány esetében is hajlamosabbak a bomlásra, mint a durvábak, és így nagyobb lesz a hőmérsékletkülönbség a dehidroxilezés és a stabilis terméké váló átkristályosodás között. Ellenkezőleg proton felesleggel a kaolinit bomlása jobban kristályosodó termékek képződésére vezethet, vagy pedig közvetlenül a dehidroxilezés végtermékének stabilis módosulatára.

Vizsgáljuk először mobilis protonok kismennyiségű többletének hatását (0,5% nagyságrendben), amelyet például a kaolinitbe úgy lehet bevinni, hogy a kálium ionokat protonokkal cseréljük ki. Az így nyert H-kaolinitből valóban előbb képződik AlSi spinell, ami abban nyilvánul meg, hogy a normális kaolinit dehidroxilezésében 600—700 °C között jelentkező reakciólassúbbodás itt nem észlelhető (5. ábra). Ez a reakció együtt jár a metastabilis, szemihidrofázisú metakaolin képződésé-



5. ábra. Kaolinit bomlási mechanizmusa Pampuch és Plak (1967) szerint



6. ábra. Természetes kaolinit és H-kaolinit súlyvesztése dehidroxilezés következtében

vel (6. ábra). Ugyanakkor a röntgenvizsgálat az ilyen módon keletkezett spinell jobb kristályosodását mutatta ki. Ezt a hatást a protontöbblet katalitikus hatásával lehet magyarázni, amit alátámaszt az a körülmény, hogy ha a K-ot H-re cseréljük ki, a H-kaolinitben az  $Al^{3+}$  ionok már  $80^\circ C$  körüli hőmérsékleten mobilisakká válnak (Coleman, 1962). Még mélyebb változások tapasztalhatók, ha a kaolinitet hidrotermális körülmények között hevítjük (l. a 3. ábra). Ebben az esetben a dehidroxilezés hatása alacsonyabb hőmérsékletre tolódik el, és annak terméke kristályos. Ezt a jelenséget is az elegendő mennyiségben rendelkezésre álló mobilis protonok hatásának tulajdoníthatjuk, mert a víznyomás egyszerű növelése a dehidroxilezés hőmérsékletének emelkedését vonná maga után.

Az elmondottakból arra következtethetünk, hogy ilyen és hasonló ötletek más szilárdfázisú reakciókra is alkalmazhatók, amelyek topotaxikusak a kationok ellenáramú diffúziójával, de reakció-mechanizmusukat nehezebb követni, mint a topotaxikus termikus bomlásokét.

Pampuch, R.: A szemcsenagyság befolyása a rétegszerkezetű szilikátok és hidroxidok bomlási mechanizmusára

Régóta ismert tény, hogy számos anyag, így pl. a rétegszerkezetű szilikátok hőokozta bomlása másképpen folyik le durva és finom kiindulási szemcseméret esetében. Vizsgálataink szerint nemcsak a reakció sebessége függ a szemcsemérettől, hanem a reakció mechanizmusa is és így a kapott termék szerkezete és tulajdonságai is eltérők lehetnek.

Mikro-röntgenográfiai és infravörös spektroszkópiai vizsgálatok segítségével bebizonyosodott, hogy a hőokozta bomlási reakciókra vonatkozó eddigi klasszikus alapelveket, a kristálymag-képződési és kristálymag-növekedési, szakaszokra módosítani kell.

P. Пампуч: Влияние величины зерна на механизм разложения силикатов и гидратов слоистой структуры

Давно известно, что термическое разложение большого числа материалов, в том числе и силикатов слоистой структуры, протекает неодинаково в случае тонкого и грубого зернового состава исходного материала.

Согласно проведенным исследованиям от размера зерна зависит не только скорость реакции, но также структура и свойства образующегося материала.

С помощью микро-рентгенографических и инфракрасных спектрографических исследований удалось подтвердить, что основные принципы классической теории термического разложения необходимо заменить на два периода: период образования кристаллического ядра и период его роста.

Pampuch, R.: Einwirkung der Korngröße auf den Zersetzungsmechanismus von Silikaten und Hydroxyden schichtiger Struktur

Es ist eine altbekannte Tatsache, daß die Wärmezersetzung von zahlreichen Stoffen, beispielsweise von Silikaten schichtiger Struktur, anders verläuft, wie die von roh- oder feingekörnten Ausgangsmaterialien. Laut Ergebnisse der eingeleiteten Versuche hängt die Reaktionsgeschwindigkeit nicht nur von der Korngröße ab, es kann auch der Reaktionsmechanismus, wie auch die Struktur und Eigenschaften der erhaltenen Produkte verschiedenartig sein.

Man konnte vermöge mikroröntgenographischer und infrarot-spektroskopischer Versuche beweisen, daß man die klassischen Prinzipien bezüglich der Wärmezersetzung entsprechend zu modifizieren hat. (S. G.)

Pampuch, Roman: Effect of Grain Size upon the Decomposition Mechanism of Layer-lattice Silicates and Hydroxides

The difference between the decomposition of coarse and fine-grained materials is a well-known fact. Our experiments proved that in case of layer-lattice silicates and oxides not only the rate but also the mechanism, and consequently the product structure may be different. The „classic” principles of thermal decomposition (nucleation and growth) should be modified, as proved by X-ray and infrared tests.

# Alumíniumoxid őrlése zsugorított korund előállításához

SZTANKOVICS  
I. ÁSZLÓ  
Híradástechnikai  
Ipai Kutató Intézet

A polikristályos korund fizikai-kémiai sajátosságairól ismeretes, hogy a legtöbb célra a tömör szerkezetű, finom krisztallitokból álló idomok a kedvezőbbek. A zsugorított idom kristályszemcséi mindig nagyobb méretűek (vagy legfeljebb azonosak), de kisebbek sosem lehetnek, mint a formázott alfa- $\text{Al}_2\text{O}_3$  „induló” szemcséi. Ebből következik, hogy a zsugorított termék átlagos szemcseméretét — az előállítási technológia sajátosságai mellett — elsősorban az alapanyag átlagos szemcsemérete fogja megszabni.

Az alfa- $\text{Al}_2\text{O}_3$  módosulat kialakításának szokásos módszere az adott nyersanyag kiizzítása 1300–1700 °C hőmérsékleten. Az így előégetett por térfogatában összeesik, szemcséi összesülnek, s e durva kristály-rendszerből a szokásos technológiákkal csak úgy készíthető tömör szerkezetű korund-idom, ha előbb az alapanyagot megőrlik.

Közleményünkben e témakörhöz kapcsolódva a szemcsefinomítás néhány technológiai problémájával foglalkozunk irodalmi adatok és saját, vibrációs malomban végzett őrlési kísérleteink alapján.

## 1. Szemcsefinomítás

Alumíniumoxid szemcsefinomítására (fajlagos felület növelésre) két változat terjedt el: a *száraz* közegű és a *nedves* közegű őrlés. Mindkét változat alkalmas (a Mohs: 9-es keménységű) alumíniumoxidnak a szinterelés megkövetelte (0,5–2  $\mu\text{m}$ ) szemcsefinomságúvá őrlésére. A legelterjedtebb őrlőmalom-típusok a golyós, a vibrációs, a rúd-malmok, valamint újabban a mozgó alkatrészt nem tartalmazó, fluid-energiával működő (pl. Jet Mill) malmok (1–3). E malmok bélése korund vagy műanyag (pl. teflon, poliurethán stb.), de ismeretesek nyersgumival béelt golyós-malmok is. Az őrlőtestek korundidomok, többnyire 20–30 mm átmérőjű golyók, ill. rudak.

Az őrlési idő több tényező (a malom hatásfoka, az őrlendő anyag induló és végső szemcsemérete stb.) függvénye. Így például golyósmalmoknál lineáris összefüggés van az egyenértékű tulajdonságok (pl. égetés utáni sűrűség) és a malomátmérő között. Ez az összefüggés *Hart* és *Hudson* [5] nyomán felírva:

$$K = R \cdot N \cdot D \cdot t$$

ahol  $K$  egy energia állandó az őrlött termék egyenértékű paramétereire;

$R$  az őrlőtest:  $\text{Al}_2\text{O}_3$  viszonzyszám;

$N$  malom fordulatszám;

$D$  malomátmérő és

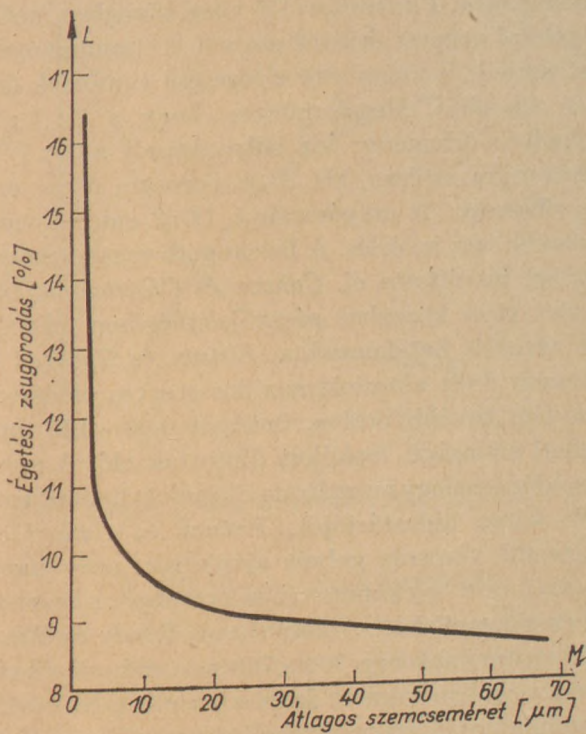
$t$  az őrlés idő.

Az őrlési idő általában 4–100 óra időtartamú.

Ismeretes, hogy a finomabb szemcsezettségű alapanyag könnyebben szinterelhető, tömörebb szerkezetet eredményez és ennek következtében jobb mechanikai, elektromos és (több szempontból) kedvezőbb hőtechnikai tulajdonságokkal rendelkezik. Viszont minél finomabb az induló szemcseméret, annál nagyobb méretzsugorodással lehet számolni. Szemléletesen látható ez *Floyd* [6] mérési alapján az 1. ábrán. A nagyobb zsugorodás pedig nem kedvező az idomok könnyebb elrepedezése, vagy a mérettűrések nehezebb tartása miatt. A túlzott szemcsefinomítás nem is gazdaságos, mert — tapasztalati tény — az aprítás hatásfoka nincs arányban a befektetett energiával, idővel. *Ryshkewitch* [7] matematikai modelljén kimutatta, hogy az őrlés előrehaladtával egy adott méretnél nagyobb részecskék száma exponenciálisan csökken az idővel.

Az igen finom méretekre történő őrléssel kapcsolatos problémák alapján véve kolloidkémiai jellegűek, s így az aprítás (felületnövelés) elméleti vonatkozásával összefüggésben utalunk a szakirodalomra, pl. *Beke* [8], *Perry* [9] és *Wolfram* [10]





1. ábra A zsugorítás alatti lineáris zsugorodás függése az alumíniumoxid por átlagos szemcseméretétől [6].

munkáira. Viszont célszerűnek tartjuk néhány olyan megfontolással foglalkozni, melyek az alumíniumoxid őrlésével kapcsolatos áttekintést megkönnyítik.

Az őrlés során a mechanikai munka hatására lényegében két folyamat játszódik le:

a) az anyagban jelenlevő repedések továbbhaladása, míg a szilárd test szét nem esik;

b) új repedések létrehozása, melyek aztán az előbbieket szerint az anyag szétesését eredményezik.

Időközben két ellentétes, de egymással mindig együtt járó folyamat játszódik le. Egyrészt a primer részecskék létrehozása aprítással (diszpergálás), másrészt a létrejött nagy fajlagos felületű rendszer stabilitásra irányuló törekvése következtében a részecskék összetapadása (koagulálás, aggregálás). Az őrlés előrehaladtával a szemcsék méretének csökkenése mellett azok alakja is megváltozik. A legkülönbözőbb kezdeti alakból előbb elipiszoid, majd közel gömbalakú részecskék lesznek. A szemcsealak megváltozására irányuló törekvés könnyen érthető, ha megfontoljuk, hogy a gömbalakú szemcsék fajlagos felülete a legkisebb, s így az egész rendszer felületi energiája a gömbszimmetrikus alak kialakulásakor lesz a legkisebb.

Száraz közegű őrléskor fellépő legnagyobb probléma az, hogy a kis (10 μm alatti) részecskékből álló rendszer felületi energiájának további csökkentésére a részecskék spontán összetapadnak.

Emellett az alumíniumoxid őrlésekor a részecskék elektromos töltést is nyernek, ami ugyancsak szekunder részecske-halmazok képződéséhez vezet. Tapasztalataink szerint ilyen szekunder halmazok általában 4–6 óra száraz közegű őrlés után jelennek meg, túlnyomóan a malom falára, sarkos helyekre és az őrlőgolyókra tapadva.

Az aggregációs jelenség az utóbbi időkig erősen gátolta a tiszta alumíniumoxid szárazon történő (pl. golyós-malmos) őrlésének elterjedését. E téren az őrlési segédanyagok alkalmazása hozott jelentős eredményt. Ismeretes, hogy az anyagban már jelenlevő repedések továbbhaladásához (adott feszültség esetén) a felületi energia csökkenése szükséges. Ez könnyebben bekövetkezik, ha a szemcsék felülete folyadékkal (nedvesítő szerrel) érintkezik, azaz, felületaktív (diszpergáló) anyagok jelenlétében könnyebb az őrlés. Ez a hatás és a kisebb mérvű aggregálódás magyarázza a nedves (vizes) közegű őrlés elterjedését. Hasonló céllal adagolnak száraz közegű őrlésnél segédanyagokat, melyek hatásának eredményeként az alumíniumoxid száraz közegű őrlése egyre inkább terjed. E tapadást gátló, többnyire szerves anyagok véleményünk szerint az alábbi mechanizmus szerint fejtik ki hatásukat:

a) a kis részecskék felületén adszorbeált makromolekulák *mechanikai gátat* jelentenek a részecskék összetapadásával szemben (stabilizátorok, pl. apoláros jellegű makro-molekulák);

b) a töltéssel rendelkező adszorbeált segédanyagok *elektrosztatikus taszítás* folytán akadályozzák a kis részecskék tapadását (deflokulláló, pl. sószerű vegyületek);

c) lehetséges az is, hogy *mindkét hatás együttesen* lép fel amfipatikus (poláros és apoláros részről álló) molekulák hatására.

A kellően megválasztott őrlési stabilizátorok, deflokulláló 0,1–1%-nyi bevitele esetén egyrészt finomabb őrlött termék érhető el adott termelési mennyiségre, másrészt termelési többletet eredményeznek adott szemcsefinomság mellett. A legtöbb ilyen segédanyag szabadalom tárgyát képezi. Néhány, az irodalomból [5, 11] ismert segédanyag: nafténsav, ammónium-lignoszulfát, hidrogénezett ricinusolaj, diglikol-monolaurát, polietilén-glikol monolaurát, diglikol dilaurát, alumínium-sztearát, triethanolamin stb.

## 2. Száraz és nedves közegű őrlés összehasonlítása

A száraz közegű és — többnyire — vizes közegű őrlés területével számos kutató foglalkozott, s foglalkozik ma is. Az e témakörben megjelent pub-

likációk közül néhányat kiragadva áttekintést kívánunk adni e fontos technológiai műveletéről.

A szakirodalomban kisebb őrlőtest: őrlemény arányt írnak le alumíniumoxid nedves közegű (4—5 : 1), mint száraz közegű (8—20 : 1) őrléshez. Ebből következik, hogy a nedves közegű őrlésnél jobb a malom térfogatának kihasználása. Az is egyértelműen megállapítható, hogy nedves közegű őrlésnél nagyobb malombélés és őrlőtest kopással kell számolni, mint száraz őrlésnél. Ezzel kapcsolatban *Pearson* és *munkatársai* [12] száraz és nedves őrlésű alumíniumoxidokból izosztatikusan sajtolt, egyaránt  $4,93 \text{ g/cm}^3$  sűrűségű őrlőgolyók nedves kopásállóságát hasonlították össze. Úgy találták, hogy a száraz őrlésű korund golyók kopása csak  $0,0023\%$ /óra, míg a nedvesen őrlött alapanyagból kapott golyóké  $0,13\%$ /óra. *Hart* és *Hudson* [5] kimutatták, hogy  $0,5\%$  nafténsav jelenlétében rúd- vagy golyósmalomban őrlött,  $99,8\%$ -os alumíniumoxid lineáris zsugorodása csak  $13,4\%$ ; míg a segédanyag nélkül őrlött anyagnál  $16\%$ -ot, a nedves közegben végzett őrlésű korundnál pedig  $20\%$  lineáris zsugorodást mértek. Nafténsavas őrléssel kapott szemcseméreteloszlás:  $89\%$  kisebb  $4 \mu\text{m}$ -nél,  $60\%$  kisebb  $2 \mu\text{m}$ -nél és  $27\%$   $0,4—1 \mu\text{m}$  közötti. Különböző segédanyagok alkalmazásával kapcsolatban *Hovorka* és *Prochazka* [13] úgy találták, hogy  $1\%$  olajsavas közegben,  $10 : 1$  arányban végzett száraz közegű őrlésnél a korund  $13\%$  lineáris zsugorodást mutatott, szemben a nedves őrlésű korund  $18\%$ -os zsugorodásával. *Sterne* és *Stratton* [14] közlése szerint segédanyag nélkül sem lépett fel részecske aggregálás golyós malmos őrlésnél, azonban  $0,6\%$ -ban bevitt triethanolamin jelenlétében végzett száraz őrléssel (24 órás ciklus alatt)  $35\%$ -os őrlési idő takarítható meg. Ugyanakkor az őrlemény  $80\%$ -a  $1 \mu\text{m}$ -es szemcseméret alatti. *Amos* [1] összehasonlításokat tesz száraz és nedves őrlés között, s megállapítja, hogy száraz őrléssel százalékosan több finomabb szemcse érhető el, mint nedves közegű őrléssel. Ezenkívül elmarad az őrlemény víztelepítése is, viszont számolni kell a porzással. *Perry* [9] szerint a nedves közegű őrlés előnyösebb, ha a nedves őrléskor nagyobb mértékben fellépő malombélés és őrlőtest kopás nem jelent károsodást. A száraz közegű őrléssel szemben felhossa a szemcsék tapadását, mely a termék finomságának hátráltat. Nedves őrléskor viszont a szemcsék diszpergálódnak, s így további méretcsökkenés érhető el. Ez azonban sok esetben korlátozott, mert a  $10 \mu\text{m}$  alatti szemcsék csomósodásra hajlamosak. Felhívja a figyelmet továbbá a szárítás költségére, valamint a nedves és száraz őrléssel kapcsolatos egyéb járulékos (pl. anyagszállítás, szűrés stb.)

problémákra. *Pawluskin* [15] vizes közegben, acél-golyókkal végzett őrlésről számol be tanulmányában, amikor is különböző előégetésű timföldek őrlését vizsgálta. Megállapította, hogy a  $2 : 1 : 1$  acél-golyó: őrlemény: víz súlyarányról a  $8 : 1 : 1$  súlyarányra áttérve, kb. 5—6-szorosára nő az őrlés sebessége. A golyóarányt 12-re emelve még gyorsabb lesz az őrlés. A belekopott vasat sósavas főzéssel távolította el. *Cahoon* és *Christensen* [16] szerint vizes közegben sósav jelenlétében fokozódik az őrlés hatékonysága, *Stetson* és *Gyurk* [17] szárazon őrlött alumíniumoxidot szerves oldószer-elegyben tovább őrlve, öntéssel  $0,06—0,17 \mu\text{m}$  felületi simaságú lapkákat állítottak elő. A szerves oldószer-elegy meggátolta a létrejött finomszemcsék káros hidratációját. *Patrick* és *Cutler* [18] őrlőtestül vörösréz golyót ajánlanak, mely nagy fajsúlyú és a belekopott réz salétromsavas kezeléssel és elektrolízissel eltávolítható. *Beasly* és *Slinn* [2] beszámolnak egy  $760 \times 760 \text{ mm}$  méretű vibrációs malomban végzett őrlési kísérletről. Kalcinált alumíniumoxid száraz közegű őrlésével kapcsolatban megállapították, hogy  $10 \mu\text{m}$  szemcsefinomság esetén e vibrációs malom óránkénti teljesítőképessége kb. 12-szerese egy  $1500 \times 1350 \text{ mm}$ -es méretű, korund golyókkal dolgozó golyósmalomnak. A vibrációs őrlőmalomban is  $25 \text{ mm}$  átmérőjű korundgolyókat használtak. *Rockwel* és *Gitter* [3] szerint fluid (folyadék vagy gáz, azaz nedves vagy száraz közegű őrlésű) malomban  $1 \mu\text{m}$  körüli átlagos szemcseméret minden nehézség nélkül elérhető, sőt,  $0,2 \mu\text{m}$ -es szemcsefrakció is elkülöníthető.

A két őrlési módszer összevetése *Amos* [1] cikke alapján az alábbiakban foglalható össze:

#### A) A nedves őrlés előnyei

a) Kisebber energiafogyasztás a termék súlyegységére számítva.

b) Nagyobb őrlőkapacitás a malomtérfogatra egységére számítva.

c) Lehetővé teszi a klasszikus osztályozók alkalmazását a termék minőségének szoros ellenőrzésére.

d) Nem lép fel a porzás problémája.

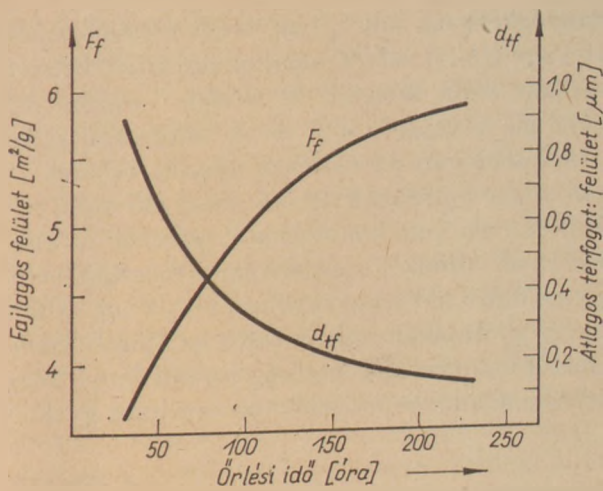
e) Egyszerű kezelési módszerek használatát teszi lehetővé (pl. csövek, szivattyúk stb.).

#### B) A száraz őrlés előnyei

a) Kevésbé kopik a malombélés és az őrlőtest.

b) Nincs szükség a termék szárítására.

c) Százalékosan több finomabb szemcse jelenik meg a termékben.



2. ábra. Fajlagos felület és térfogat: felület függése az őrlési időtől

### 3. HIKI-ben végzett kísérletek

Intézetünk Kerámia osztályán a fém-alumínium kiindulási alapanyagra és a különböző hazai timföldre épülő kísérleti gyártási korund-technológia [19, 20] kidolgozása során jelentős helyet kapott az őrlési körülmények tanulmányozása is. Az ezzel kapcsolatos, eddig lefolytatott kísérleteink fontosabb eredményét az alábbiakban foglaljuk össze.

Az őrlési kísérleteket desztillált vizes és száraz közegben végeztük 5 vagy 15 kg őrleményt befogadó, PVC bélésű vibrációs malmokban. Az őröltetek 10–15 mm átmérőjű acélgolyók, vagy 30–35 mm átmérőjű, min. 99,5%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tartalmú (saját készítésű) korundgolyók. E kísérletekhez használt őrleendő anyag 1680 °C hőmérsékleten előégett almásfüzitői „nátronmentesített” timföld [18]. Ennek tisztítás utáni  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tartalma >99,5%, max. 0,05% össz. alkálitartalommal, mely alapanyaghoz még 0,1% MgO-ot mint szinterelés alatti szemcsenövedekésgátló adalékot is bevittünk.

(A magyaróvári és az ajkai előállítású, „TO” jelű kalcinált timfölekkel — relatíve magas, 0,5, illetve 0,2% össz. alkálitartalmuk miatt — csak előkísérleteket végeztünk.)

Az optimális őrlési idő meghatározása céljából figyelembe vettük a  $d_{vf} = \text{térfogat} : \text{felület}$  viszonyszámot, mely a fajsúly és a fajlagos felület ismert értékeiből (a szemcséket gömbalakúnak véve) számítható. Ez az adat a valódi értéknél mindig kisebb eredményt szolgáltat, mely eltérés nagysága arányos a valódi szemcsék gömbfelülettől adódó morfológiai eltéréseinek mértékével. A 2. ábrán bemutatott — s az előkísérletek során felvett — átlag-görbékből látható, hogy az őrlési idő függvényében a számítással kapott átlagos  $d_{vf}$  viszonyszám telítési érték felé közeledik ugyanúgy, mint a fajlagos felület ( $F_f$ ) görbéje. Ebből következik, hogy az őrlési időt — esetünkben — nem érdemes egy adott (200 órás) határon túl növelni.

Az őrlési módokról és az őröltetek kopásáról az 1. táblázat adatai nyújtanak felvilágosítást. (Az őröltetek kopásának tanulmányozását kiterjesztettük a most előkísérleteknél tartó golyós-malmos száraz-közegű őrlésekre is). Látható, hogy az acélgolyós őrléseknél adódott a legnagyobb mértékű őröltet-kopás, szemben a korundgolyós őrlésekkel. A korund-golyók kopása nem káros, mert a belekopott anyag azonos minőségű az őrleménnyel és így nem szennyező hatású.

Az őrleménybe kopott vasport később sósavas főzéssel és 24-szeres, desztillált vizes dekantálással (rodanid reakció) távolítottuk el. E tisztítási műveletnél jelentős finomőrlemény veszteség lép fel, s így az alumíniumoxid legértékesebb frakciójának egy része kárba vész. A tisztított alumíniumoxid két jellegzetes szemcseméret-megoszlásának értékeit a 2. táblázatba foglaltuk össze.

Őröltetek kopása különböző módon őrölt alumíniumoxidok esetében

1. táblázat

Őrlés módja	Őröltet kopás %/óra	Őröltet: őrlemény arány	Őrlemény súlynövekedés 120 óra alatt
Golyós malom, korund golyó, száraz őrlés	0,005–0,006	4: 1	~2% $\text{Al}_2\text{O}_3$
Mint előző	0,006–0,007	10: 1	~8% $\text{Al}_2\text{O}_3$
Vibrációs malom, korund golyó, száraz őrlés	0,008–0,010	4: 1	~4% $\text{Al}_2\text{O}_3$
Vibrációs malom, korund golyó, vizes őrlés	0,009–0,010	4: 1: 1	~5% $\text{Al}_2\text{O}_3$
Vibrációs malom, acél golyó, száraz őrlés	0,005–0,015	13: 1	~10% Fe
Vibrációs malom, acél golyó, vizes őrlés	0,010–0,020	13: 1: 1	≥ 20% Fe

2. táblázat

Vibrációs malmos, nedves-közegű őrlés acélgolyókkal.  
Őrlési idő 150 óra. Frekvencia; 35 herz; amplitúdó: 3 mm

Acélgolyó : őrlemény : víz arány	Szemcseméret-megoszlás (%)					M átlag ( $\mu\text{m}$ )
	0-1	1-3	3-5	5-10	10-25 ( $\mu\text{m}$ )	
13 : 1 : 2	10,0	9,5	16,5	29,0	35,0	6,5
	36%					
13 : 1 : 1	46,0	17,0	18,0	19,0	—	1,5
	81%					

3. táblázat

Vibrációs malomban végzett alumíniumoxid őrlés. Bemért súlyarányok acélgolyó : őrlemény : víz = 13 : 1 : 1 (A szemcseméret-megoszlás vizsgálatokat az EIVRT — azelőtt HIKI — Alapanyagvizsgáló Osztályán végezték.)

Őrlési idő (óra)	Szemcseméret-megoszlás (%)					M átlag ( $\mu\text{m}$ )
	0-1	1-3	3-5	5-10	10-25 ( $\mu\text{m}$ )	
50	23,5	25,5	16,0	27,0	8,0	3,1
	65,0%					
100	24,0	19,5	16,0	24,5	16,0	3,5
	59,5%					
150	46,0	17,0	18,0	19,0	—	1,5
	81,0%					
200	38,0	15,0	13,5	33,5	—	2,55
	66,5%					
250	28,0	18,0	17,0	37,0	—	3,45
	63,0%					

A táblázat adataiból látható, hogy az őrlőközegül használt víz csökkentésével finomabb szemcseméretet nyerhetők. (A szemcseméret-megoszlás értékek Leitz-féle fotoextinkciós szedimentométerrel lettek felvéve.) Az optimálisnak talált súlyarányval végzett őrlésről a 3. táblázat adatai tájékoztatnak. Látható, hogy a legfinomabb szemcseméret-átlag 150 órás őrléssel érhető el, ezen túl növelt őrlési idő alatt nem volt kimutatható további javulás, sőt szemcsenövekedés mutatkozott, ami — mint arra már korábban utaltunk — aggregációnak tudható be.

Száraz közegű őrléseinkhez max. 0,1% nedveséget tartalmazó alumíniumoxid-porot használtunk, melyet előzőleg 1680 °C-on előégettük. Őrlési se-

gédanyagként 0,6 súly%-ban bevitt triethanolamin [14], vagy 0,5—1 súly% közti mennyiségű, kétszer desztillált elain szolgált. E kétféle segédanyag hatása jól követhető a 4. és 5. táblázat alapján. A triethanolamin jelenlétében végzett őrlésnél az 1  $\mu\text{m}$  alatti frakciónak 50 óra őrlési idő utáni növekedése nem volt kimutatható, szemben az elainos őrléssel. Mindkét segédanyagnál megfigyelhető, hogy az őrlési idő függvényében a 0—5  $\mu\text{m}$ -es tartomány gyarapodik, ugyanakkor az átlagos szemcseméret csökken. A különbség csupán annyi, hogy a triethanolaminos őrlésnél 150 óra után gyakor-

4. táblázat

Vibrációs malomban végzett száraz-közegű őrlés.  
Korundgolyó: őrlemény arány 4 : 1. Őrlési segédanyag triethanolamin.

Őrlési idő (óra)	Szemcseméret-megoszlás (%)						M átlag ( $\mu\text{m}$ )
	0-1	1-3	3-5	5-10	10-15 ( $\mu\text{m}$ )	>15 ( $\mu\text{m}$ )	
50	4,0	13,5	31,5	38,5	12,5	—	5,0
	49%						
120	4,0	10,0	44,0	33,0	9,0	—	4,7
	58%						
150	4,5	26,0	35,5	17,5	10,5	6,0	4,0
	66%						
200	4,0	28,0	36,0	27,0	5,0	—	3,7
	68%						

5. táblázat

Vibrációs malmos száraz-közegű őrlés.  
Korundgolyó: őrlemény arány 4 : 1. Őrlési segédanyag elain.

Őrlési idő (óra)	Szemcseméret-megoszlás (%)					M átlag ( $\mu\text{m}$ )
	0-1	1-3	3-5	5-10	10-15 ( $\mu\text{m}$ )	
50	4,5	21,5	27,0	41,0	6,0	4,8
	53%					
120	4,0	11,5	42,5	37,5	4,5	4,65
	58,0%					
150	8,5	3,0	54,0	29,0	5,5	4,2
	65,5%					
200	8,0	32,5	34,5	20,5	4,5	3,6
	75%					

latilag nem észlelhető számottevő gyarapodás a 0–5  $\mu\text{m}$ -es tartományban, ellenben az elainos kísérletnél igen. E megfigyelésből arra következtethetünk, hogy az elain jelenlétében kisebb mérvű aggregáció lép fel, mint triethanolamin esetében. Erre utal az is, hogy a triethanolaminos kísérlet 150 órás őrlése után 6% a 15  $\mu\text{m}$ -es — egyébként máshol sehol sem szereplő — durva tartomány mennyisége. Mindezek alapján az elaint előnyben kell részesítenünk a triethanolaminnal szemben.

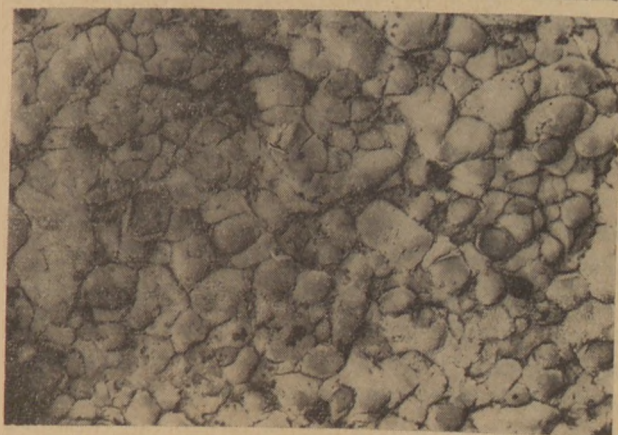
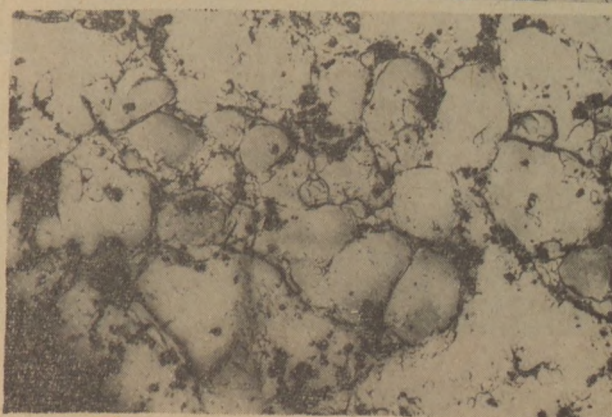
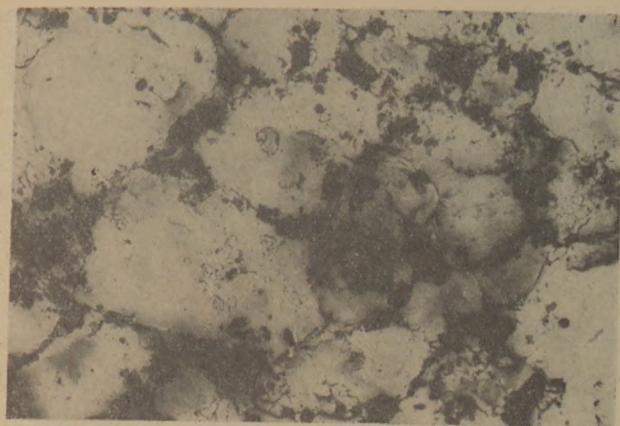
A közölt táblázatok kiegészítését szolgálná az őrlés előtti anyag szemcseméret-megoszlása. Ezek az értékek azonban nem voltak felvehetőek, mert az 1680 °C hőmérsékleten előégetett tinföld 0,1 mm körüli szemcséit nem lehetett kellően diszpergálni.

Az alumíniumoxid poroknak az őrlőgolyókhöz és malom falára való tapadása az elainos kísérleteknél volt a kisebb mérvű. Mindkét segédanyag-nak 1% fölé emelése fokozta a tapadás mértékét. Az őrlőtest: őrlemény súlyarány növelésével (pl. 4:1 helyett 8:1-et véve) javult az azonos idő alatt elérhető szemcsefinomság és csökkent a tapadás. (A különböző módon, száraz közegben őrlött alumíniumoxidok vizsgálata jelenleg is folyamatban van. E vizsgálatok eredményéről egy külön közleményben fogunk beszámolni.)

Mind a vizes, mind a száraz-közegű őrléssel kapott anyagokból — öntés, fröccsöntés és sajtolás útján — idomokat formáztunk és 1750 °C hőmérsékleten, levegő atmoszférás kemencében tömörre égettük. A kész idomok lineáris zsugorodását mérve azt tapasztaltuk, hogy a zsugorodás nagysága e három formázási módszernél az alábbi sor szerint írható le: *Öntés* > *fröccsöntés* > *sajtolás*. (Ennek oka feltehetően a formázás alatt a kristályszemcsékre ható erő — szabad mozgás vagy kényszerítő tömörödés — jellegére és a szemcsék (aggregátumok) hidratációjára vezethető vissza.)

A vizes és száraz közegű őrléssel kapott alfa-alumíniumoxidok (fröccsöntéses formázás) lineáris zsugorodása lényeges eltérést mutatott. A nedves őrlésűeknél 16–17%-ot, a száraz közegű őrlésűeknél pedig csak 12–13%-ot mértünk. (A zsugorodás mértékét a formázott „nyers” idomok méreteire vonatkoztattuk.) Ez utóbbi, viszonylag kis zsugorodás megkönnyítette a bonyolult alakú, mélyen tagolt és nagyobb méretű idomok [20] készítését, valamint elősegítette a vastag falú (8–16 mm-es) korund-idomok szinterelhetőségét, mérettartását.

Az V. táblázatban ismertetett alumíniumoxidokból, azonos módon (sajtolással) készített korund-idomok mikro-struktúráját mutatjuk be a 3. ábrán. Látható, hogy az őrlemény szemcsefinomságának



3. ábra. Különböző szemcsefinomságú alumíniumoxidból előállított korund mikro-struktúrája. Zsugorítás: 1750 °C-on. Őrlési idők: a) 50 óra; b) 120 óra; c) 150 óra; d) 200 óra. Elektronmikroszkópos felvételek;  $N = 2500\times$ . (TKI)



4. ábra. HIKI-ben előállított „TIMALOX” korund.  
A jobboldali látható „keret” alakú idom külső méretei:  $90 \times 80 \times 40$  mm, súlya 330 g

függvényében egyre tömörebb és finomabb kristályszerkezet alakult ki. (A felvételeken látható fekete foltok pórusok.) A finomabb kristályszerkezet kedvezőbb [21] a híradástechnikai vagy mechanikai rendeltetésű korundok esetében is, mint amilyenek közül néhány jellegzetes típust a 4. ábrán bemutatunk.

Összefoglaló értékelésként megállapítható, hogy mind nedves, mind száraz közegű módszerrel őrölhető magas hőmérsékleten előőgetett alumíniumoxid olyan szemcsefinomságúra, mely alkalmas vákuumzáróan tömör, híradástechnikai rendeltetésű korund idomok készítésére.

Acélgolyós, vizes közegű őrléssel kapott alumíniumoxidnál finomabb átlagos szemcseméretet tudunk kimutatni, mint száraz-közegű őrlés esetében. Azonban mindkét eljárással kapott termék értékelésénél figyelembe kell venni az őrlés alatt bekövetkező részecske aggregációt is. Acélgolyós őrlésnél igen hátrányos a sósavas főzés, mosás és szárítás hosszantartó művelete, mely műveletek a száraz közegű, korund-golyós őrlésnél elmaradnak. Azt tapasztaltuk, hogy a szárazon őrölt alumíniumoxidból készített idomok kisebb lineáris zsugorodást mutattak, mint a nedves őrlésű alapanyagból szintereltek. Száraz közegű őrlésnél célszerű alkalmazni őrlési segédanyagokat (pl. elaint), melyek kedvezőbbé teszik az őrlési körülményeket és javítják a szemcsefinomságot.

Őrlési segédanyag jelenlétében, szárazon őrölt alumíniumoxidból könnyebben készíthetők bonyolult alakú, relatíve nagy méretű és (közel 1000 g) súlyú vagy vastag falu korund idomok, mint nedves őrlésű alumíniumoxidból.

Az eddig lefolytatott kísérleteink eredményét úgy ítéljük meg, hogy a száraz közegű őrlést előnyben kell részesítenünk a vizes közegű őrlési módszerrel, és a korund-anyagú őrlőtesteket az acélgolyó őrítőtestekkel szemben.

További fejlesztési feladatként célszerűnek látszik a száraz közegű, korund-golyós őrlés további tanulmányozása, különös tekintettel az eddiginél nagyobb őrlőtest: őrlemény súlyarány kialakítása mellett, mind vibrációs, mind golyós-malmos őrlés esetén.

#### IRODALOM

- [1] K. L. Amos : Ball and Pebble Mills. I. II. Ceramics. 18 (220), p. 16 és (221), p. 21. (1967)
- [2] E. S. G. Beasley, G. G. Slinn : Vibration Grinding. Ceramics. 18 (226), p. 12. (1967).
- [3] P. M. Rockwell, A. J. Gitter : Fluid Energy Grinding. Ceram. Soc. Bull. 44 (6), p. 497, (1965).
- [4] F. Singer, S. S. Singer : Industrial Ceramics. Chapman and Hall Ltd. London, (1963).
- [5] L. D. Hart, L. K. Hudson : Grinding Low-Soda Alumina. Amer. Ceram. Soc. 43 (1), p. 13. (1964).
- [6] J. R. Floyd : Alumina Additive Makes a Difference. Ceram. Age. p. 61, April (1966).
- [7] E. Ryshkewitch : Oxide Ceramics. Acad. Press, New-York, London, (1960).

- [8] *Beke Béla*: Apretásméret. Akadémiai Kiadó, Budapest, (1963).
- [9] *J. H. Perry*: Vegyész-mérnökök kézikönyve. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, (1968).
- [10] *Wolfram Ervin*: Kolloidika III. Tankönyvkiadó, Budapest (1965).
- [11] *General Motors Corp*: Ceramic Materials. British Pat. No. 1, 081, 730 (1967).
- [12] *A. Pearson, J. E. Marhanka, G. MacZura, L. D. Hart*: Dense, Abrasion-Resistant, 99,8% Alumina Ceramic. Aluminium Co. of America. Chem. Div. Extra Copy, (1967).
- [13] *O. Horvoka, S. Procházka*: Hochtongerdehaltige, keramische Materialien mit kleiner Schwindung. IX. Szilikátipari Konferencia, Budapest, p. 190, (1967).
- [14] *J. H. Sterne, C. L. Stratton*: Dry Ball Mill Grinding of Ceramic aluminas. Extra Copy. Presented at The 20th Pacific Coast Regional Meeting of the Amer. Ceram. Soc. in San Francisco. Nov. (1967).
- [15] *N. M. Pavluskin*: Der Einfluss der Dispersität und der Form der Ausgangssubstanz auf die Eigenschaften von Sinterkorund. Freiberges Forschungshefte. B. 78, p. 23. (1963).
- [16] *H. P. Cahoon, C. J. Christensen*: Sintering and Grain Growth of Alfa-Alumina. J. Amer. Ceram. Soc. 39(10), p. 337 (1956).
- [17] *H. W. Stetson, W. J. Gyurk*: Development of Two Micro Inch (CLA) As-Fired Alumina Substrates. Extra Copy. Presented at the 69th Annual Meeting of the Amer. Ceram. Soc., New York City, April-May (1967).
- [18] *W. S. Patrick, I. B. Cutler*: Grain Growth in Sintered Alumina. J. Amer. Ceram. Soc. 48(10), p. 541, (1965).
- [19] *Sztankovics L.*: Alumíniumoxid kerámiák timföldből történő előállításának néhány technológiai problémája. Híradástechnikai Ipari Kutató Int. Közl. VIII. évf. No. 1. p. 37 (1968).
- [20] *Sztankovics L.*: Timalox korund-kerámiák. Finommechanika, IX. évf. No. 1. (1970). *Sztankovics L.*: Bonyolult alakú alumíniumoxid kerámiák. Finommechanika, VII. évf. No. 10, p. 299, (1968).
- [21] *Sztankovics L.*: Szemcseméret és porozitás hatása a korundok sajátságaira. Finommechanika (sajtó alatt).

**Sztankovics L.: Alumíniumoxid őrlése zsugorított korund előállításához**

A szerző saját őrlési kísérleteiről számol be a „TIMALOX” korund termék alapanyagának előállításával kapcsolatban.

E kísérletek során 1680 °C hőmérsékleten előégetett >99,5%-os alumíniumoxidot őrlött száraz és vizes közegben, ill. acélgolyókkal. Megállapította, hogy száraz közegű őrlésnél kisebb mérvű az őrlőtestek kopása, mint vizes közegű őrlés esetében. A száraz közegben végzett őrlésnél 0,5-L %<sub>0</sub>-ban őrlési segédanyagként bevitt elain csökkentette a fellépő szemcse-aggregációt.

A különböző módon, vibrációs malomban őrlött alumíniumoxidok szemcseméret-megoszlásának mért értékeit táblázatosan adja meg.

A száraz közegű őrléssel kapott alumíniumoxidból (parafinos fröccsöntéses formázás után) 1750 °C hő-

mérsékleten szinterelt próbatestek lineáris zsugorodása 12—13%-nak adódott, szemben a vizes közegű őrlés 16—17%-os lineáris zsugorodásával.

**Л. Стаккович: Помол окиси алюминия для получения спекшегося корунда**

Автор описывает проведенные им эксперименты помола основных материалов для получения корундового материала „ТИМАЛОКС”.

Были проведены помолы окиси алюминия (99,5%-ой чистоты, предварительно обожженной при температуре 1680 °C) в сухой и влажной среде, корундовыми и стальными мелющими телами. Было установлено, что изнашиваемость мелющих тел в сухой среде больше, чем во влажной. Добавка 0,5—1,0% элаина, вводимого в качестве интенсификатора помола, снижает агрегацию частиц в сухой среде.

Данные гранулометрического состава порошков окиси алюминия, размолотых в различных вибрационных мельницах различными методами, приводятся в таблицах. Линейная усадка образцов, полученных спеканием при температуре 1750 °C из окиси алюминия сухого помола, (формование методом сухого вспрыскивания), имела усадку 12—13%, по сравнению с усадкой образцов влажного помола, равной 16—17%.

**Sztankovics, L.: Das Vermahlen des Aluminiumoxyds zwecks Herstellung von Sinterkorund**

Es werden Versuche beschrieben im Zusammenhang mit der Herstellung vom Grundstoff des Korundproduktes 'Timalox'.

Im Laufe der Versuche wurde bei 1680° vorgebranntes Aluminiumoxyd (Reinheit über 99,5%) feucht und trocken mittelst Korund- und Stahlkugeln vermahlen. Im Falle des Vermahlens in trockenem Medium werden die Mahlkörper weniger abgewetzt. Auch hat beim trockenen Verfahren der Zusatz von 0,5—1,0% Elains die Aggregation der Körner verringert.

Die Werte der Kornverteilung der auf verschiedene Weise gemahlene Aluminiumoxyde sind tabellarisch zusammengestellt.

Die lineare Schrumpfung von Probekörpern ergab (nach Spritzguß, paraffiniert, bei 1750° sinterisiert) 12—13% wenn man aus trockenem, 16—17% wenn man aus in feuchtem Mittel vermahlene Aluminiumoxyd ausging. (S. 4.)

**Sztankovics, L.: Grinding of Alumina for the Production of Sintered Corundum**

High-purity (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 99,5%) alumina, pre-fired at 1680 °C was wet — or dry-ground, with corundum or steel balls. Abrasion of grinding media is lower in case of dry grinding. The agglomeration of particles in case of dry grinding can be effectively reduced by adding approx. 0,5—1% elaine. Grain size distribution of aluminas ground in a vibratory mill under various circumstances are tabulated.

Sintered corundum bodies were die-cast (using paraffin wax as a matrix) from the aluminas, sintered at 1750 °C and their linear shrinkage measured. Shrinkage bodies prepared from dry- and wet-ground aluminas was 12—13 and 16—17%, respectively.

# Kavicstermelés és inkurrencia\*

ERDÉLY IMRE

## Bevezetés

Az utóbbi évek jelentős gépesítésének eredményeként nagy kavicsbányáink technológiája megközelítette a világszínvonalat. Ami még hiányzik a teljességhez — elsősorban a fejlődő minőségi kívánalmak tekintetében —, a méreten felüli nyerskavics maradéktalan felaprítása, a legkisebb szemcsefrakció szétosztályozása, a szűkebb és pontosabb frakcióhatárok, a szennyezettség csökkentése és a receptúra szerinti automatikus adalékkeverés, külföldön bevált gépek és technológiák adaptálásával elérhető, és az igények kiforrása után bizonyára meg is valósul.

A frakcióigények kialakulásával kapcsolatban azonban mindinkább felvetődik egy tisztán gazdasági kérdés: az inkurrencia-arány alakulása. Minél szűkebb határok közé szorul a kavicsigény frakciósorozata, annál több határfeletti anyagot kell felaprítani, és annál inkább nő a méretalatti termék mennyisége. Minél inkább koncentrálódik egyes frakciókra a kavicsigény, annál inkább nő egyes közbenső frakciók értékesíthetlenségének veszélye. Újabb, a termelésbe szükségszerűen bekapcsolódó, nem elsőrendű, homokdús kavics-területeink még fokozzák annak a kitermelésre és kiosztályozásra kerülő nyerskavics-többletnek mennyiségét, amely az értékesíthető hányad eléréséhez szükséges.

Az 1968. évben megtartott weimári 3. Nemzetközi Építőanyag- és Szilikát Napok (Ibausil), amely az adalékanyag termelési és minőségi kérdéseinek a nemzetközi szakirodalomban tárgyalt egész spektrumát felölelte, egyetlen előadással emlékezett meg erről a kérdéstről, amely pedig legújabb kavicsbányáink tervezésénél és önköltség-alakulásánál mindinkább sorsdöntő szerephez jut. *Dipl. Ing. D. Richter* (Dresden): Erlös und Inve-

staufwand in Abhängigkeit vom Kiesgehalt des Kiesvorkommens c. előadása indult ki tanulmányunk alap gondolatából, lényegében azonban a nagy és részben értékesíthetetlen homokhozamú kavicsbányák gazdasági problémáinak megoldási lehetőségeivel foglalkozik.

## A probléma

Egy kavicssterülettel szemben fellépő kavicsigény  $M$  m<sup>3</sup> évi mennyiséggel és meghatározott százalékos frakció-megoszlással jelentkezik:

$$\begin{aligned} 0/a \text{ mm} &= \alpha \% \\ a/b \text{ mm} &= \beta \% \\ 1. \quad M \text{ m}^3/\text{év} \quad b/c \text{ mm} &= \gamma \% \\ &\dots\dots\dots \\ m/n \text{ mm} &= \nu \% \\ &\hline &100\% \end{aligned}$$

A kavicsstermelőnek evvel kapcsolatos problémája: mennyi  $N$  m<sup>3</sup> kavicsot kell kitermelnie a fenti igény kielégítésére, ha  $a$  kotort kavics átlagos százalékos szemösszetétele:

$$\begin{aligned} 0/a \text{ mm} &= \alpha' \% \\ a/b \text{ mm} &= \beta' \% \\ 2. \quad N \text{ m}^3/\text{év} \quad b/c \text{ mm} &= \gamma' \% \\ &\dots\dots\dots \\ m/n \text{ mm} &= \nu' \% \\ >n \text{ mm} &= \omega' \% \\ &\hline &100\%. \end{aligned}$$

Számításainkat a termelőknél szokásos m<sup>3</sup> dimenzióban végezzük. Ez azért is indokolt, mert a kotrástól kiindulva egészen a tárolásig jóformán minden gépi- és szállítóeszközzel kapcsolatos kérdés m<sup>3</sup>-ben jelentkezik. A tárgyalásmód hiányossága, hogy minden kavicsfrakció térfogatsúlyát egyenlőnek veszi a nyerskavics térfogatsúlyával.

## A méreten felüli anyag aprítása

$M$  m<sup>3</sup>/év kotort kavicsmennyiségnek méreten felüli része:

$$\frac{M}{100} \omega' \text{ m}^3/\text{év},$$

\* Az 1969. évi „Petrik Lajos” pályázaton díjazott pályamű.



amely teljes egészében inkurrens, de kiosztályozva és megfelelően választott aprítógéppel és technológiával  $n$  mm szemnagyság alá törhető, és a kotort anyag  $\leq n$  részéhez keverve ennek szemszerkezetét általában meg is javítja. Kísérleti aprításal megállapítható, hogy a választott aprítógép a ráadagolt  $>n$  anyagot milyen frakciómegoszlásra töri fel:

$$3. \frac{M}{100} \omega' m^3/\text{év} \begin{array}{l} 0/a \text{ mm} = \alpha^* \% \\ a/b \text{ mm} = \beta^* \% \\ b/c \text{ mm} = \gamma^* \% \\ \dots\dots\dots \\ m/n \text{ mm} = \nu^* \% \\ >n \text{ mm} = \omega^* \% \\ \hline 100\% \end{array}$$

A töretben található méreten felüli rész még mindig

$$\frac{M}{100} \omega' \cdot \frac{\omega^*}{100} m^3/\text{év},$$

de lényegesen kisebb mennyiség, mint a törésre előbb feladott anyag. Ha a töretet visszavezetjük az osztályozóra, ismét kivonjuk belőle a  $>n$  frakciót és újból az aprítógépre adjuk, a második töretből most már csak

$$\frac{M}{100} \omega' \left( \frac{\omega^*}{100} \right)^2 m^3/\text{év}$$

méreten felüli mennyiség osztályozható ki. Az eljárást — a körfolyamatos aprítást — elméletileg a végtelenig folytatva a méreten felüli kavicsmennyiség felszámolódik. A gyakorlatban ez a helyzet rendszeren már néhány fordulat után bekövetkezik.

A körfolyamatos aprítás folyamán az  $M$  kotort kavics valamely, pl.  $b/c$  frakciójának eredeti

$$\frac{M}{100} \gamma' m^3/\text{év}$$

mennyisége az első, második ... stb fordulóban

$$\frac{M}{100} \omega' \frac{\gamma^*}{100}; \quad \frac{M}{100} \omega' \frac{\gamma^*}{100} \cdot \frac{\omega^*}{100}; \\ \frac{M}{100} \omega' \frac{\gamma^*}{100} \left( \frac{\omega^*}{100} \right)^2 \dots \text{stb.}$$

mennyiséggel szaporodik a maradék méreten felüli részek töretéből. Végül is a frakció

$$\frac{M}{100} \gamma' + \\ + \frac{M}{100} \omega' \frac{\gamma^*}{100} \left[ 1 + \frac{\omega^*}{100} + \left( \frac{\omega^*}{100} \right)^2 + \left( \frac{\omega^*}{100} \right)^3 \dots \right]$$

mennyiségre növekedik. A zárjeles kifejezés egy  $q = \frac{\omega^*}{100}$  hányadosú geometriai haladvány tagjainak összege:

$$S = \frac{1}{1-q} = \frac{100}{100-\omega^*}.$$

Evvel a frakció évi mennyisége

$$4. \quad \frac{M}{100} \gamma' + \frac{M}{100} \omega' \frac{\gamma^*}{100} \cdot \frac{100}{100-\omega^*} = \\ = \frac{M}{100} \left( \gamma' + \frac{\omega' \gamma^*}{1-\omega^*} \right) = \frac{M}{100} \gamma^{(n)}$$

ahol  $\gamma^{(n)}$  a kotort anyagnak méreten felüli szemcsék aprításával módosított szemszerkezetében a  $b/c$  frakció százaléka. A zárjeles felső indexszel azt jelezzük, hogy a százalékszám  $n$ -nél kisebb szemű halmazhoz tartozik.

Megállapításunkat az összes frakciókra érvényesítve felírhatjuk az  $M$   $m^3/\text{év}$  kotort anyag szemszerkezeti megoszlását a méreten felüli szemcsék körfolyamatos felaprítása után:

$$5. \quad \frac{M}{100} m^3/\text{év} \begin{array}{l} 0/a \text{ mm} = \alpha^{(n)} \% \\ a/b \text{ mm} = \beta^{(n)} \% \\ b/c \text{ mm} = \gamma^{(n)} \% \\ \dots\dots\dots \\ m/n \text{ mm} = \nu^{(n)} \% \\ \hline 100\% \end{array}$$

Ez a százaléksorozat az aprítógépből kikerült anyag szemszerkezetétől is függ (lásd 4. alatt  $\gamma^*$  szerepét), tehát az aprítógép megválasztásával befolyásolható.

#### Frakciófelesleg, frakcióhiány

Ha az 5. sorozat frakciószázalékaiból levonjuk az 1. sorozat megfelelő frakciószázalékait + előjelű eredmény esetében a vizsgált frakció feleslegét — előjel esetén hiányt mutat. Pl a  $b/c$  frakcióknál

$$\gamma^{(n)} - \gamma = + \bar{\gamma}^{(n)}$$

eredmény azt mondja, hogy a méreten felüli anyag aprítása után  $M$  szemszerkezetében több a  $b/c$  frakció az értékesíthető  $\gamma$  %-nál.

Abban az esetben, ha az 1. és 5. százaléksorozatok egyenlők lennének, akkor minden  $\bar{\gamma}^{(n)} = 0$  értéket adna, ami azt jelenti, hogy  $M$   $m^3$  kotort nyerskavics hiányos szemszerkezetét a méreten felüli hányad törete éppen a megfelelő százalékarányra javította. Ebben az esetben a kotort  $M$   $m^3/\text{év}$  nyerskavics mennyiség egyenlő az értékesíthető  $M$  kavicsmennyiséggel. Általában azonban az

$$6. \quad \bar{\alpha}^{(n)}, \bar{\beta}^{(n)}, \bar{\gamma}^{(n)} \dots \bar{\nu}^{(n)}$$

differenciasorozat vegyesen pozitív, zérus és negatív értékeket mutat, tehát lépéseket kell tennünk az 1. alatti szemszerkezet megvalósítására.

A korrekció munkáját a legnagyobb szemű frakciónál kezdjük és lépésről lépésre haladva, az  $a/b$  frakciónál fejezzük be.

#### Frakciófelesleg felszámolása

Legyen az 5. sorozat legnagyobb szemű frakciójában — amint legtöbb esetben előfordul —  $m/n$ -ben  $\bar{\nu}^{(n)}$  százalékos felesleg:

$$\nu^{(n)} - \nu = + \bar{\nu}^{(n)}.$$

Az  $\frac{M}{100} \nu^{(m)} m^3/\text{év}$  frakciófelesleget megfelelő után-törőre adjuk, amely azt körfolyamatos aprítással  $\leq m$  mm nagyságú szemekre zúzza. A töretet a többi kisebb frakciók közé osztályozva, ezek mennyiségét megnöveljük, illetve  $M$  százalékos megoszlása az 5. alakról

$$7. \quad M m^3/\text{év} \quad \alpha^{(m)}, \beta^{(m)}, \gamma^{(m)} \dots \mu^{(m)}, \nu$$

százalékmegoszlásra módosul, mert az  $m/n$  frakció százaléka  $\nu^{(m)} > \nu$ -ről éppen  $\nu$ -re csökkent. Ismerve az utántörő produktumának a 3. sorozathoz hasonló töretmegoszlását, ez a számítás elvégezhető. A 7. és 1. százalékkülönözeteiből nyerjük a 6. sorozathoz hasonló új differenciasorozatot:

$$8. \quad \bar{\alpha}^{(m)}, \bar{\beta}^{(m)}, \bar{\gamma}^{(m)} \dots \bar{\mu}^{(m)} \cdot (\bar{\nu}^{(m)} = 0).$$

Evvél az  $m/n$  frakcióban talált felesleget felszámoltuk. A 8. sorozat  $\bar{\mu}^{(m)}$  előjelével megmutatja a következő lépés teendőjét.

Ha a kisebb szemcsék felé haladva valamely frakciónál újból felesleget találunk, azt a fent ismertetett eljárással számolhatjuk fel.

### A frakcióhiányok pótlása

Amint láttuk, az  $M$  kotort mennyiséget nem változtatta meg sem a méreten felüli szemcséknek, sem az  $m/n$  frakció feleslegének felaprítása. Mindkét esetben a töretek beolvadtak a kisebb frakciókba. Más a helyzet, ha egy mennyiséghiányos frakcióhoz érünk.

Tegyük fel, hogy a 8. alatti differenciasorozat zérustól különböző legnagyobb tagja, pl  $\bar{\mu}^{(m)}$  negatív értékű:

$$\mu^{(m)} - \mu = -\bar{\mu}^{(m)},$$

vagyis az  $l/m$  frakcióban

$$9. \quad \frac{M}{100} \bar{\mu}^{(m)} m^3/\text{év}$$

hiány mutatkozik. A hiányt  $M_m m^3/\text{év}$  nyerskavics-többletnek kotrása és feldolgozása útján pótoljuk.

Képzeljük el, hogy ebből az  $M_m m^3$  2. alatti százalékos összetételű kavicsból kiosztályozzuk a  $> m$  szemeket, körfolyamatosan felaprítjuk  $\leq m$  szemmagyságra és visszakeverjük. A most már  $\leq m$  szemmagyságú  $M_m m^3$  kavics szétosztályozva

$$10. \quad M_m m^3/\text{év} \quad \begin{array}{l} 0/a \text{ mm} = \alpha^{*(m)} \% \\ a/b \text{ mm} = \beta^{*(m)} \% \\ b/c \text{ mm} = \gamma^{*(m)} \% \\ \dots \dots \dots \\ l/m \text{ mm} = \mu^{*(m)} \% \\ \hline 100\% \end{array}$$

százalékos összetételt mutat, amely aprítási kísérlettel megállapítható. Az  $M_m m^3$  kavicsban az  $l/m$  frakció mennyisége 10. szerint

$$\frac{M_m}{100} \mu^{*(m)} m^3/\text{év}.$$

Ez a mennyiség akkor pótolja a 9. alatti hiányt, ha

$$\frac{M}{100} \bar{\mu}^{(m)} = \frac{M_m}{100} \mu^{*(m)},$$

vagyis ha

$$11. \quad M_m = M \frac{\bar{\mu}^{(m)}}{\mu^{*(m)}} m^3/\text{év}.$$

Az  $M_m$  kotrasi pótlás ilyen megválasztásával az  $l/m$  frakcióban mutatkozó hiányt felszámoltuk.

Az  $M_m$  frakcióinak 10.-ből számított mennyiségeit sorra összegezve az  $M$ -nek 7. alatti százalékos megoszlásából számított frakciómennyiségeivel, nyerjük a frakcióknak  $M_m$  pótlás folytán módosult mennyiségeit:

$$\frac{M\alpha^{(m)} + M_m\bar{\alpha}^{(m)}}{100}; \frac{M\beta^{(m)} + M_m\bar{\beta}^{(m)}}{100}; \dots \frac{M\mu^{(m)} + M_m\bar{\mu}^{(m)}}{100}.$$

Ezeket  $M/100$ -al elosztva megkapjuk a következő lépéshez szükséges százalékos frakciósorozatot:

$$12. \quad \begin{array}{l} 0/a \text{ mm} = \alpha^{(m)} + \frac{M_m}{M} \alpha^{*(m)} = \alpha^{(l)} \% \\ a/b \text{ mm} = \beta^{(m)} + \frac{M_m}{M} \beta^{*(m)} = \beta^{(l)} \% \\ b/c \text{ mm} = \gamma^{(m)} + \frac{M_m}{M} \gamma^{*(m)} = \gamma^{(l)} \% \\ \dots \dots \dots \\ k/l \text{ mm} = \lambda^{(m)} + \frac{M_m}{M} \lambda^{*(m)} = \lambda^{(l)} \% \\ l/m \text{ mm} = \mu^{(m)} + \frac{M_m}{M} \mu^{*(m)} = \mu^{(l)} \% \\ m/n \text{ mm} = \dots \dots \dots = \nu \% \\ \hline 100 \left( 1 + \frac{M_m}{M} \right) \% \end{array}$$

A 12. alatti sorozat utolsó előtti sorában látható eredményt a 9. és 11. képletek igazolják, a kiegészítésképpen felírt utolsó sort pedig a 7. sorozathoz vettük át. A szélső jobb oldali oszlop frakciószázalék-sorozatának összege nagyobb 100-nál, mert most már  $M$  helyett  $(M + M_m) m^3/\text{év}$  kotort kavicsmennyiséggel számolunk. A százaléksorozat összege így:

$$100 \frac{M + M_m}{M} = 100 \left( 1 + \frac{M_m}{M} \right).$$

Ha a kisebb szemcsék felé haladva valamely frakciónál újból hiányt találunk, azt a fent leírt módon egy újabb  $M_i$  kotort kavics-többlettel pótoljuk.

## A kotort anyag minimális mennyisége

Az előbbieket szerint, ha a legnagyobb szemű frakciótól kiindulva sorra felszámoljuk a frakció feleslegeket és hiányokat, egy

$$13. \quad \alpha^{(a)}, \beta, \gamma, \dots, \mu, ;$$

százalék-sorozatra jutunk, amelyben  $\alpha^{(a)} > \alpha$ , illetve

$$14. \quad \alpha^{(a)} = \alpha_i + \alpha.$$

A 13. sorozat segítségével képezve a frakciómennyiségeket:

$$\frac{M}{100} \alpha_i - \frac{M}{100} (\alpha + \beta + \gamma + \dots + \mu + \nu),$$

látjuk, hogy a már összevontan felírt második kifejezés — figyelemmel az 1. alatti frakciósorozatára — egyenlő  $M$ -el, az első kifejezés pedig nem lehet más, mint a frakcióhiányok felszámolására pótoltt  $M_i$  nyerskavics mennyiségek összege:

15.  $\frac{M}{100} \alpha_i = \Sigma M_i =$  az inkurrens 0/a frakció mennyisége  $m^3/\text{év}$ -ben. Az  $M$   $m^3/\text{év}$  osztályozott, értékesíthető kavicsmennyiség előállításához, tehát

$$16. \quad N = M + \Sigma M_i = M + \frac{M}{100} \alpha_i$$

nyerskavicsot kell kotorni. A viszonyszám:

$$17. \quad \frac{N}{M} = \left(1 + \frac{\alpha_i}{100}\right)$$

lévén, az  $\alpha_i$ -t *inkurrencia-százaléknak* nevezhetjük.

$N$  az az elméleti minimális nyerskavics mennyiség, amelyből az  $M$  igény kielégíthető.

Abban az esetben, ha  $M$  helyett az  $Nm^3/\text{év}$  mennyiség birtokában kívánnánk a fenti számításokat végigvezetni, az első megállapításunk az lenne, hogy egyetlen frakciónál sem fordulhatna elő hiány, mert a fölösszámú nagyobb szemű aprítása folytán megnövelt kisebb szemű frakciók mennyisége vagy éppen fedezi az 1.-ből számítható szükségletet, vagy pedig ugyancsak aprításra váró felesleget mutat. Az  $N-M$  fölös kotort kavicsmennyiség végül is a 0/a frakció többletmennyiségében jelentkezik.

## Gyakorlati megjegyzések

Az előzőekben számításmodot adtunk annak a minimális  $N$   $m^3/\text{év}$  adott szemszerkezetű nyerskavics-mennyiségnek meghatározására, amely  $M$   $m^3/\text{év}$  adott százalékos frakció-eloszlású, értékesíthető kavicsanyag előállításához szükséges. A számítás egyszerű, a négy alapművelet igénybevételével elvégezhető, de hosszadalmas és sok alapadat kell hozzá. A méréssel megszerezhető alapadatok nagy része labilis, változó. Így a 2. alatti egyvesszős

százaléksorozat a kitermelt nyerskavics éves átlagának frakciómegoszlására jellemző, de az egy meghatározott időpontban termelt nyerskavics százaléksorozata jelentékenyen eltérhet ettől. A különböző szemnagyságú anyaggal etetett utántörők töretének 3. alatti és további helyeken adott, csillogos megjelölésű százaléksorozatát számos körülmény, főleg azonban az etetés mértéke és az aprítóelemek kopása befolyásolja. Az üzem műszaki ellenőrei csak nehezen, vagy sehogysem tarthatnak lépést az alapadatok változásaival, és mai tudásunkkal aligha képzelhetünk el olyan automatikát, amely folyamatosan alkalmazkodik az alapadatok módosulásához.

A kavicstermelő üzem mindezek következtében csak azt teheti, hogy a késztermék-silók terhelését figyelve, a frakciókkal túlterhelt silók anyagát küldi utántörésre, hogy a gyengén ellátott silókat feltöltse. A silók tartalmát azonban az elszállítás is befolyásolja, tehát az effajta utántörés nem követi az elméleti számítások pontosságát sem. Így a 16. képletben az inkurrencia csak nagyobb lehet a számított  $\Sigma M_i$   $m^3$ -nél, és a 17. képlet elméleti inkurrencia-százalékát a gyakorlat túllépi.

Egy kedvező kavicssterületre települt üzem számított inkurrenciája általában 20–30%. Egy 1968-ban megvizsgált, újonnan kitermelendő kavicssterület, a fentiekhez közelálló, de még kevésbé fejlett, és számos becsült alapadatot tartalmazó számítás szerint közel 40% inkurrenciát mutatott, főleg a 1/3 mm-es frakció hiányossága következtében. Egy másik, 1969-ben tanulmányozott kavicssterületnél, amelynél az igény főleg a 0/20 mm-es frakciókra korlátozódott, és a szemeseszerkezet csak a 3/5 mm-es frakció kiselejtezésével volt az I minőségi osztályba szorítható, az inkurrencia százalék 80 fölé emelkedett. Ettől a termelő már visszariadt, és a kotrókapacitást rögzítve, a  $\Sigma M_i$  inkurrenciát úgy kívánta csökkenteni, hogy a felhasználóknak a frakcióhiányok pótlására kőzuzalék beszerzését javasolta.

A felvázolt gondolatmenet kőbányák zúzottkő termelésére is alkalmazható. Kőbányáknál azonban a 2. alatti frakciósorozat nem adott, és a terméskő aprítására alkalmazott géptípusokkal már kedvező irányban befolyásolható. Azonban kétségtelen, hogy a zúzottkő előállításánál is fokozódik az inkurrens 0/a hányad, ha az igények a kisméretű frakciók felé tolódnak.

*И. Эрдеу: Производство и сбыт гравия.*

*Erdély, Imre: Kiesproduktion und Inkurrenz*

*Erdély, Imre: Gravel Production and Incurrency*

# Üvegek termometriás gyorselemzése

SAJÓ ISTVÁN —  
SIPOS ALBERT NÉ  
Vasipari Kutató Intézet,  
Budapest

Az elmúlt években új elemzési módszert vezetünk be a szilikát elemzésbe: a közvetlen termometriás elemzést. A módszer lényege abban áll, hogy a próbaoldat előkészítése után olyan reagenst adunk hozzá, mely a meghatározandó komponenssel nagy moláris reakcióhő felszabadulása közben szelektíven reagál. Alkalmos kísérleti körülmények között a próbaoldatnak ezen reakció során előálló hőmérsékletváltozása arányos a keresett komponens koncentrációjával, és így azt egyetlen mérési adathból, a próbaoldat hőmérsékletváltozásából meghatározhatjuk. A fent leírt elemzési módszert kiterjesztettük a szilikátféleségek újabb nagy csoportjára, az üvegek elemzésére is. A módszer segítségével — mint arról az alábbiakban beszámolunk — a különböző üvegek fontosabb komponensei kevés manuális munkával és a szokásos klaszikus elemzési módszerek meghatározási idejének töredéke alatt kielégítő pontossággal elemezhetők.

A meghatározások elvégzéséhez ugyanaz a készülék használható, melyet az előző években részletesen leírtunk [1, 2, 3, 4].

A különböző komponensek meghatározása a próbaoldat előkészítésének kivételével gyakorlatilag mindenben megegyezik, ezért az alábbiakban megadjuk az általános munkamódszert.

Általános munkamódszer: a bemért üvegmintát a különböző komponensek meghatározásánál előírt módon oldatba visszük, majd a próbaoldat térfogatát a megfelelő reagensek hozzáadása után deszt. vízzel 200 ml-re egészítjük ki, az oldat kiindulási hőmérsékletét a mérőcella hőmérsékletére állítjuk, műanyag pohárba töltjük át és a mérőcellába helyezzük. Ezután az oldatba merítjük a termisztort és a reagenseket tartalmazó merülőpipettákat. 3—5 percig várunk, míg a próba- és reagensoldat között a hőmérsékletkülönbségek

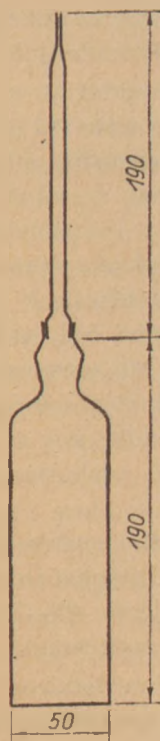
kiegyenlítődnek. Ekkor bekapcsolva a galvanométert, kompenzáljuk a mérőhidat úgy, hogy a galvanométer mutatója nulla állásba kerüljön, és a próbaoldatba nyomjuk a reagenst. A galvanométer mutatójának megállása után leolvassuk a próbaoldat hőmérsékletváltozását. Közvetlen leolvására hitelesített shuntök bekapcsolása esetén az érzékelő műszerről közvetlenül százalékban is leolvashatjuk a keresett komponens koncentrációját.

## Kovasav meghatározása

A meghatározás elve: finoman porított üveg-mintát műanyag lombikban hidrogénfluoriddal oldjuk, miközben a minta kovasav tartalma  $H_2SiF_6$ -á alakul. Az így kapott próbaoldathoz *reagensként káliumkloridot adva*, az oldódás során képződött  $H_2SiF_6$  lecsapódik,  $K_2SiF_6$  csapadék formájában, és ezen reakcióhoz tartozó lecsapási hő alapján a kovasav termometriásan meghatározható. [5]

*Reagensok*: sósav, 1 : 1 hidrogénfluorid, 40%-os kénsav, 1,4 fs. káliumklorid-oldat. Készítése: 250 g káliumkloridot 800 ml-deszt. vízben oldunk.

A meghatározás gyakorlati módja: bemérünk 1 g finoman porított üvegmintát 300 ml-es műanyag (polipropilén vagy polietilén — (lásd az I. ábrát) — lombikba, ügyelve arra, hogy a bemért mintát úgy szórjuk a lombikba, portölcséren keresztül, hogy a minta egész mennyisége a lombik aljára kerüljön, és ne tapadjon a falra. Ezután 10 ml sósavat adva hozzá, szuszpendáljuk, majd 14 ml hidrogénfluorid hozzáadása után, a lombik száját polietilénből készült szállócsővel lezárjuk. A lombikot vízfürdőre helyezve, üvegtípustól függően 10—20 percen keresztül melegítjük, majd lehűtjük, és ekkor további 20 ml sósavat adva hozzá, a lombik száját a műanyag szállócsővel ismét le-



1. ábra

zárva, további 5 percig vízfürdőre helyezzük. Ezután lehűtjük, a lehűlt próbaoldatot műanyag mérőlombikba vagy mérőhengerbe mossuk át, az oldat térfogatát deszt. vízzel 200 ml-re egészítjük ki, az oldat kiindulási hőmérsékletét a mérőcella hőmérsékleténél 0,5 °C-szal alacsonyabbra állítjuk, a mérőcellába helyezzük, és reagensként 15 ml káliumklorid-oldatot adva hozzá, az elemzést az általános munkamódszer elvei szerint befejezzük.

14%-nál több  $B_2O_3$ -ot tartalmazó üvegtípusok elemzése esetén a meghatározást olyan bemérésből végezzük, hogy a 200 ml próbaoldatban jelenlevő  $B_2O_3$  mennyisége 140 mg-nál ne legyen nagyobb. Ennél nagyobb koncentrációk esetén ugyanis a szilikofluoriddal együtt a bórtetrafluorid egy része is, csapadék formájában, kiválhat az oldatból, a reagensként alkalmazott káliumsók hatására.

15%-nál több  $K_2O$ -ot tartalmazó üvegtípusok elemzése esetén a meghatározást szintén olyan bemérésből végezzük, hogy a 200 ml próbaoldat 150 mg-nál több  $K_2O$ -ot ne tartalmazzon; 150 mg  $K_2O$  jelenléte azért engedhető meg, mert a káliumszilikohexafluorid csapadék nem teljesen oldhatatlan, és a csapadék oldódását tulajdonképpen csak a reagensként nagy feleslegben adagolt káliumsókkal szorítjuk vissza.

Báriumoxid tartalmú üvegek elemzése esetén a másodszori sósav adagolása előtt 2 ml kénsavat is adunk a próbaoldathoz, hogy ezáltal a bárium-

ionokat szulfát formájában leválasszuk, és így az esetleges bárium-szilikofluorid csapadék leválását elkerüljük. Az eredményeket minden esetben hasonló körülmények között, és lehetőleg azonos üvegtípusokból felvett hitelesítő egyenes segítségével értékeljük ki.

Ha a meghatározásokat hígításhő nélküli rendszerben végezzük, vagy a hígításhőket mérés-technikailag kompenzáljuk, akkor megfelelően hitelesített shunt bekapcsolása esetén, az eredményeket az érzékelő műszerről közvetlenül százalékban is leolvashatjuk.

A hígításhő nélküli mérést a következők szerint alakíthatjuk ki és ellenőrizhetjük:

összetöltünk 30 ml sósavat és 14 ml hidrogénfluoridot (báriumoxid tartalmú üvegek elemzése esetén még 2 ml kénsavat is adunk hozzá), majd az oldat térfogatát deszt. vízzel 200 ml-re egészítjük ki. Az így előkészített vakpróbát a mérőcellába helyezve, 15 ml káliumklorid-oldatot adunk hozzá, miközben mérjük az oldat hőmérsékletváltozását. Ha a vakpróba melegszik, megismételjük kevesebb hidrogénfluoriddal; ha hűl, több hidrogénfluorid hozzáadásával, mindaddig változtatva a hidrogénfluorid mennyiségét, míg a hígításhő gyakorlatilag nullává nem válik.

A meghatározás ideje: 30–40 perc.

A meghatározás pontossága: 1 g bemérés esetén  $\pm 0,5\%$   $SiO_2$ ; 0,5 g bemérés esetén  $\pm 1\%$   $SiO_2$ .

### Bórtioxid tartalom meghatározása

A meghatározás elve: a minta lúgos feltárása után a próbaoldatban a borátionokat mannittal reagáltatjuk, közben mérjük a próbaoldatnak a komplex képződése során létrejövő hőmérsékletváltozását. [9]

*Reagensok:* granulált káliumhidroxid, 20%-os ammóniumklorid oldat, mannit oldat. Készítése: 600 ml 10%-os ammóniumklorid oldathoz 30 ml 0,91 fs. ammóniumhidroxidot adunk, és az így nyert oldatot mannittal telítjük.

A meghatározás gyakorlati módja: bemérünk 1 g finoman porított üvegmintát 90 mm  $\varnothing$ -jú ezüsttálba, majd 15 g káliumhidroxiddal lassú melegítés közben feltárjuk. Az ömledéket lehűtjük, kb. 20 ml deszt. vízzel kilúgozzuk, ekkor 140 ml ammóniumklorid-oldatot mérőhengerbe töltve, az ammóniumklorid-oldat 10–20 ml-es részleteivel az ezüsttálat utánaöblítjük, majd az oldat maradékát a próbaoldathoz töltjük. Ezután az oldat térfogatát mérőlombikban, vagy mérőhengerben deszt. vízzel 200 ml-re egészítjük ki. Kiindulási hőmérsékletet a mérőcella hőmérsékle-

ténél 2 °C-kal alacsonyabbra állítjuk, a mérőcellába helyezzük, és reagensként 15 ml mannitol-datot adva hozzá, az elemzést az általános munkamódszer előírásai szerint befejezzük.

Az eredményeket ismert bórtrioxid tartalmú mintákkal felvett hitelesítő egyenes segítségével értékelhetjük ki.

Ha a meghatározáshoz hígításhő nélküli reagens használunk, vagy a hígításhőket méréstechnikailag kompenzáljuk, megfelelően hitelesített shunt bekapcsolása esetén az eredményeket közvetlenül százalékban is leolvashatjuk az érzékelő műszerről.

A módszer a fenti bemérés esetén 1–20% közötti  $B_2O_3$  tartalom meghatározására alkalmas. Ennél nagyobb  $B_2O_3$  tartalmú próbák elemzéséhez a bemérést csökkentjük.

A meghatározás ideje: 25–30 perc.

A meghatározás pontossága:  $\pm 0,35\%$   $B_2O_3$ .

### Báriumoxid tartalom meghatározása

A meghatározás elve: a báriumionokat savas közegből kénsavval csapjuk le, és a bárium tartalmát a próbaoldatnak ezen reakció során létrejövő hőmérsékletváltozása alapján határozzuk meg. [9]

*Reagensok:* granulált nátriumhidroxid, 1,19 fs. sósavoldat, bárium-szulfát szuszpenzió. Készítése: 100 g bárium-szulfátot, 500 ml deszt. vízben szuszpendálunk.

Lecsapószer készítése: 680 ml 1,6 fs. kénsavhoz 1440 ml. deszt. vizet adunk, majd 400 g ammónium-szulfátot oldunk benne.

A meghatározás gyakorlati módja: bemérünk 4 g finoman porított üvegmintát ezüsttálba, majd 15 g nátriumhidroxidot adva hozzá, feltárjuk az ömledéket, kilúgozzuk és 60 ml sósavval átsavanyítva, 5 ml bárium-szulfát szuszpenziót adunk hozzá, és az oldat térfogatát deszt. vízzel 200 ml-re egészítjük ki. Az így előkészített próbaoldat kiindulási hőmérsékletét a mérőcella hőmérsékleténél 0,5 °C-al alacsonyabbra állítva, a mérőcellába helyezzük, majd reagensként 15 ml lecsapószer adunk hozzá, és a meghatározást az általános munkamódszer előírásai szerint befejezzük.

Az eredményeket ismert összetételű mintákkal felvett hitelesítő egyenes segítségével értékelhetjük ki.

Ha a meghatározásokhoz hígításhő nélküli reagens használunk, vagy a hígításhőként méréstechnikailag kompenzáljuk, megfelelően hitelesített shunt bekapcsolása esetén, az eredményeket az érzékelő műszerről közvetlenül százalékban is leolvashatjuk.

A reagens hígításhőjét a következőképpen ellenőrizhetjük, és kompenzálhatjuk:

15 g nátriumhidroxidot 50 ml deszt. vízben feloldunk, majd 60 ml sósavval átsavanyítjuk, 5 ml bárium-szulfát szuszpenziót adunk hozzá, és az oldat térfogatát deszt. vízzel 200 ml-re egészítjük ki. Az így előkészített vakpróba-hoz a mérőcellában 15 ml lecsapószer adunk, miközben mérjük a próbaoldat hőmérsékletváltozását. Ha a reagens hozzáadására a vakpróba hűl, akkor a lecsapószerhez további néhány ml. kénsavat adunk; ha melegszik, további néhány g ammónium-szulfátot oldunk benne, mindaddig, míg az ellenőrzést megismételve a hígításhő gyakorlatilag meg nem szűnik.

A módszer a fenti bemérés esetén 1–20% közötti BaO-tartalom meghatározására alkalmas.

A meghatározás ideje: 25–30 perc.

A meghatározás pontossága:  $\pm 0,4\%$  BaO.

Megjegyzés: a meghatározást 3%-nál több PbO-t tartalmazó üvegek ólomtartalma zavarja.

### Alumíniumoxid tartalom meghatározása

A meghatározás elve: az üveg kóvasav tartalmát hidrogénfluoriddal elfüstöljük, a hidrogénfluorid maradékot kénsavval elűzzük, majd az alumíniumot pH = 7 körüli értéknél hidroxid csapadék formájában leválasztjuk. Ezután káliumfluoridot adagolva reagensként, mérjük a próbaoldatban az alumíniumfluorkomplex képződése során létrejövő hőmérsékletváltozását.

*Reagensok:* 40%-os hidrogénfluorid, 1,84 fs. kénsav, káliumhidroxid-oldat 30%-os, nátriumhidrogénkarbonát, szilárd; káliumfluorid-oldat, 30%-os.

A meghatározás gyakorlati módja: bemérünk 2 g finoman porított üvegmintát, platina tálba, és 10 ml hidrogénfluoridot adva hozzá, szárazra pároljuk. Ezután további 5 ml hidrogénfluoriddal a bepárlást megismételjük. Ekkor lehűtjük, 10 ml kénsavat adunk hozzá, melegítjük, és a kénsavfüstök megjelenésétől kezdve, 300–400 °C-os főzőlapon, 15 percen keresztül melegítjük. Lehűtjük, kb. 30–40 ml. deszt. vízzel óvatosan felhígítjuk, 600 ml-es főzőpohárba mossuk át, az oldat térfogatát deszt. vízzel mintegy 100 ml-re egészítjük ki, 5 percen keresztül intenzíven forraljuk, és az esetlegesen visszamaradó csapadékot leszűrjük. A szűrlethez fenolftalein indikátort adva, káliumhidroxiddal semlegesítjük, az első rózsaszínbe való színátcsapás megjelenéséig, majd 12 g nátriumhidrogénkarbonátot adunk hozzá, és az oldat térfogatát deszt. vízzel 200 ml-re egészítjük ki. Az oldat kiindulási hőmérsékletét a mérőcella hőmér-

sékleténél 0,5 °C-al alacsonyabbra állítjuk, a mérőcellába helyezzük, és reagensként 15 ml káliumfluorid oldatot adagolva, az elemzést az általános munkamódszer előírásai szerint befejezzük.

Az eredményeket ismert alumíniumoxid tartalmú üvegmintákkal felvett hitelesítő egyenes segítségével értékelhetjük ki.

Ha a meghatározásokhoz hígításhő nélküli káliumfluorid-oldatot használunk, vagy a hígításhőket mérés technikailag kompenzáljuk, akkor megfelelő hitelesített shunt bekapcsolása esetén az eredményeket az érzékelő műszerről közvetlenül százalékban is leolvashatjuk.

A reagens hígításhőjét a reagens koncentrációjának változtatásával szabályozhatjuk.

A módszer a fenti bemérés esetén 0,5–20% közötti  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tartalom meghatározására alkalmas.

A meghatározás ideje: 60 perc.

A meghatározás pontossága:  $\pm 0,35\%$   $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

### Kalciumoxid tartalom meghatározása

A meghatározás elve: a mintát lúgos feltárással, majd az ömledék átsavanyításával oldatba viszük, és a kalciumot ammóniumhidroxiddal gyengén lúgosított közegben, káliumoxalát csapadék formájában lecsapjuk, miközben mérjük a próbaoldatnak a reakció során létrejövő hőmérsékletváltozását. [6, 7]

*Reagens*: granulált káliumhidroxid, 1,19 fs; sósav, ammóniumklorid, kristályos; káliumoxalát-oldat 30%-os.

A meghatározás gyakorlati módja: bemérünk 2 g finoman porított üvegmintát ezüsttálba, majd 15 g káliumhidroxiddal feltárjuk. Az ömledéket vízzel kilúgozzuk, 600 ml-es főzőpohárba mossuk át, és intenzív kevergetés közben 50 ml sósavat töltve hozzá, megsavanyítjuk. Ezután 10 g ammóniumkloridot adunk az oldathoz, és a térfogatát kb. 150 ml-re egészítjük ki desztillált vízzel, majd ammóniumhidroxiddal az  $\text{R}_2\text{O}_3$  csapadék leválásáig (gyenge ammóniaszag) közömbösítjük. Ezután 5 percen keresztül intenzíven forraljuk, lehűtjük, a már hideg oldathoz további 10 ml ammóniumhidroxidot adunk, majd az oldat térfogatát mérőlombikban, vagy mérőhengerben deszt. vízzel 200 ml-re egészítjük ki. Kiindulási hőmérsékleténél 1,2 °C-al alacsonyabbra állítjuk, és reagensként 10 ml káliumoxalát-oldatot alkalmazva, az elemzést az általános munkamódszer előírásai szerint befejezzük.

Az eredményeket ismert kalciumoxid tartalmú muntákkal felvett hitelesítő egyenes segítségével értékelhetjük ki.

Ha a meghatározást hígításhő nélküli rendszerben végezzük, vagy a hígításhőket mérés technikailag kompenzáljuk, az eredményeket az érzékelő műszerről közvetlenül százalékban is leolvashatjuk, megfelelően hitelesített shunt bekapcsolása esetén.

A módszer a fenti bemérés esetén 2–30% közötti CaO tartalom meghatározására alkalmas. Ettől eltérő CaO-tartalom esetén a bemérést módosítani kell.

A meghatározás ideje: 25–30 perc.

A meghatározás pontossága:  $\pm 0,3\%$  CaO.

Megjegyzés: báriumoxid tartalmú üvegek elemzése esetén — miután az ömledéket sósavval átsavanyítottuk — a próbaoldathoz 2 ml 1 : 1 kénsavat is adunk, a báriumionok blokkolására.

### Magnéziumoxid meghatározása

A meghatározás elve: a kalciumoxid meghatározása után, ha a kalciumoxalát csapadék leválása befejeződött, ugyanahhoz a próbaoldathoz dinátriumhidrogénfoszfát oldatot adva reagensként, a magnéziumionok magnéziumammóniumfoszfát csapadék formájában leválnak az oldatból. Ennek a leválását kísérő lecsapási hő alapján a magnézium termometriásan meghatározható.

*Reagens*: dinátriumhidrogénfoszfát-oldat, hidegen telített.

A meghatározás gyakorlati módja: ha a kalciumot az előző pont szerint meghatároztuk, a próbaoldathoz 15 ml dinátriumhidrogénfoszfát-oldatot adva reagensként, meghatározzuk a magnéziumot az általános munkamódszer előírásai szerint.

A módszer 1–10% közötti MgO tartalom meghatározására alkalmas, ha a meghatározást a kalcium meghatározáshoz előírt 2 g bemérésből végezzük. Ennél kisebb, vagy nagyobb MgO tartalom esetén a bemérést módosítani kell.

A meghatározás ideje: a kalcium meghatározása után 5–6 perc.

A meghatározás pontossága:  $\pm 0,4\%$  MgO.

### Ólomoxid tartalom meghatározása

A meghatározás elve: az üvegmintát nátriumhidroxidban feltárva, a minta ólomtartalmát nátriumplumbit formájában oldatba viszük, majd nátriumszulfidot használva reagensként, az ólomot ólomszulfid csapadék formájában leválasztjuk, miközben mérjük a próbaoldat hőmérsékletváltozását.

*Reagens*: granulált nátriumhidroxid, 20%-os; káliumcianid-oldat, 20%-os nátriumszulfid-oldat.

A meghatározás gyakorlati módja: bemérünk 1 g finoman porított üvegmintát ezüsttálba, majd 15 g nátriumhidroxiddal feltárjuk. Az ömledéket lehűtjük, vízzel kilúgozzuk, 10 ml káliumcianidot adunk hozzá (a feltárás során esetleg oldatba került ezüst vagy az üvegben levő cink maszkírozására), majd az oldat térfogatát deszt. vízzel 200 ml-re egészítjük ki. Az oldat kiindulási hőmérsékletét a mérőcella hőmérsékleténél 0,5 °C-kal alacsonyabba állítjuk, a próbaoldatot a mérőcellába helyezzük, reagensként 15 ml nátriumsulfid-oldatot adunk hozzá, majd az elemzést az általános munkamódszer előírásai szerint befejezzük.

Az eredményeket ismert ólomoxid tartalmú üvegmintákkal felvett hitelesítő egyenes segítségével értékelhetjük ki.

Ha a mérésekhez hígításhő nélküli reagenst használunk, vagy a hígításhőt méréstechnikailag kompenzáljuk, az eredményeket közvetlenül százalékban is leolvashatjuk az érzékelő műszerről, megfelelően kalibrált shunt bekapcsolása esetén.

A módszer a fenti bemérés esetén 2–30% PbO tartalmú üvegek elemzésére alkalmas.

A meghatározás ideje: 25–30 perc.

A meghatározás pontossága:  $\pm 0,4\%$  PbO.

#### Cinkoxid tartalom meghatározása

A meghatározás elve: a cinket, nátriumtartarát tartalmú lúgos közegben, káliumcianidot használva reagensként, komplexbe visszük, miközben mérjük a próbaoldatnak a komplex képződése során létrejövő hőmérsékletváltozását.

*Reagensok:* 40%-os hidrogénfluorid; 1,19 fs sósav; 1,2 fs salétromsav; borkósav oldat, 40%-os káliumnátriumkarbonát, kristályos; nátriumhidroxid, 30%-os; káliumcianid oldat, 30%-os.

A meghatározás gyakorlati módja: bemérünk 2 g finoman porított üvegmintát, platina tálba, majd a kovasavat elfüstöljük, először 10 ml, aztán 5 ml hidrogénfluoriddal szárazra párolva. Ezután 5 g káliumnátriumkarbonátot adunk a szilárd maradékhoz, és lassú melegítés közben feltárjuk. Az ömledéket lehűtjük, vízzel kilúgozzuk, 30 ml sósavval megsavanyítjuk, felforraljuk, forrás közben 5 ml salétromsavat adva hozzá, 2–3 percen keresztül intenzíven forraljuk, az esetleges vas-II-vegyületek oxidálása végett. Ezután lehűtjük, 15 ml borkósavoldatot adunk hozzá, majd nátriumhidroxiddal semlegesítjük, és a már semleges oldathoz további 20 ml nátriumhidroxidot adunk feleslegben. Az oldat térfogatát ezután mérőlombikban deszt. vízzel 200 ml-re egészítjük ki, kiindulási hőmérsékletét a mérőcella hőmérsékle-

ténél 0,5 °C-al alacsonyabba állítjuk, a mérőcellába helyezzük, és 10 ml káliumcianid-oldatot használva reagensként, az elemzést az általános munkamódszer előírásai szerint befejezzük.

Az eredményeket ismert cinkoxid tartalmú üvegmintákkal felvett hitelesítő egyenes segítségével értékelhetjük ki.

Ha a meghatározásokhoz hígításhő nélküli káliumcianid-oldatot használunk, vagy a hígításhőket méréstechnikailag kompenzáljuk, megfelelően kalibrált shunt bekapcsolásával az eredményeket az érzékelő műszeren közvetlenül százalékban is leolvashatjuk. A káliumcianid-oldat hígításhője pl. glicerin hozzáadásával kompenzálható. A reagenst azonban ebben az esetben 1–2 héten belül fel kell használni, mert a káliumcianid állás közben lassan a glicerinrel is reakcióba lép.

A módszer a fenti bemérés mellett 2–20% közötti ZnO tartalom meghatározására alkalmas.

A meghatározás ideje: 35–40 perc.

A meghatározás pontossága:  $\pm 0,4\%$  ZnO.

#### Nátriumoxid tartalom meghatározása

A meghatározás elve: az üvegmintát platina-tálban hidrogénfluorid és kénsav elegyében oldva; majd az oldatot kénsavfüstig bepárolva, a minta kovasav és bórtioxid tartalmát elfüstöljük, ugyanakkor az alkáli fémek szulfátokká alakulnak. Az így nyert oldatból a kalciumot oxalát formájában eltávolítjuk, majd a nátriumot a galvánfürdők nátriumtartalmának meghatározására leírt módszer szerint meghatározzuk..

*Reagensok:* 40%-os hidrogénfluorid; 1,84 fs kénsav; 0,91 fs ammóniumhidroxid-oldat; 3%-os ammóniumoxalátoldat; sósav; 1 : 1 alumíniumklorid-oldat. Készítése: 25 g 99,5–99,7 tisztaságú alumínium forgácsot 2500 ml 1 : 1 sósavban oldunk. Káliumklorid-oldat, 30%-os.

A meghatározás gyakorlati módja: bemérünk 2 g finoman porított üvegmintát platina tálba, majd 2 ml konc. kénsavat és 10 ml. hidrogénfluoridot adva hozzá, kénsavfüstig bepároljuk. Lehűtjük, és a hideg oldathoz óvatosan további 5 ml hidrogénfluoridot adunk, majd szárazra pároljuk, egészen a kénsavfüst fejlődésének megszűnéséig. A platina tálat lehűtve, a száraz maradékot 3–5 ml ammóniumhidroxiddal megnedvesítjük, ismét szárazra pároljuk, és végül az ammóniumsókat gyenge izzítással elűzzük. A platinatálat lehűtjük, a platinatálba 30 ml ammóniumoxalát-oldatot, továbbá 4–5 csepp ammóniumhidroxidot töltünk, felforraljuk, az oldatot üvegpohárba mossuk át, további 20–30 ml. deszt. vizet adunk hozzá, is-



mét forrásig melegítjük, a forró oldatot 1–2 percig állni hagyjuk, majd a levált csapadékot közepes pórusfinomságú szűrőpapíron leszűrjük, deszt. vízzel kimossuk, a szűrlethez 30 ml sósavat, 50 ml alumíniumklorid oldatot adunk, és az oldat térfogatát mérőlombikban deszt. vízzel 200 ml-re egészítjük ki. Ezután az oldat kiindulási hőmérsékletét a mérőcella hőmérsékleténél 1,5 °C-al alacsonyabbra állítjuk, műanyag pohárba töltjük át, majd intenzív keverés közben 10 ml hidrogén-fluoridot adunk hozzá, a mérőcellába helyezük, és két 15 ml-es merülőpipetta egymás utáni ürítésével 30 ml káliumklorid oldatot adagolva reagensként, az elemzést az általános munkamódszer előírásai szerint befejezzük.

Az eredményeket ismert nátriumoxid tartalmú mintákkal felvett hitelesítő egyenes segítségével értékeljük ki.

A módszer 1–20%-os nátriumoxidot tartalmazó üvegek elemzésére használható, ha a minta

$Al_2O_3$  tartalma 5%-nál és a CaO tartalma 6%-nál nem nagyobb.

A meghatározás ideje: 60 perc.

A meghatározás pontossága:  $\pm 0,3\%$   $Na_2O$ .

#### IRODALOM

- [1] Sajó I.: *Újváry J. Z. Anal. Chem.* 202, 177 (1964)
- [2] Sajó I.: *Magy. Tud. Akad. Oszt. Közleményei*, 26, 119 (1966)
- [3] Sajó I., Sipos A.-né: *Z. Anal. Chem.* 222, 23 (1966)
- [4] Sajó I.: *Hung. Sci. Instr.* 14, 21 (1968)
- [5] Sajó I., Sipos A.-né: *Tonind. Ztg.* 92, (1968) 88.
- [6] Sajó I., Sipos A.-né: *Zement-Kalk-Gips* 32 (1968)
- [7] J. Jordan és E. Billingham: *Jr. Analyt. Chem.* 33, 120 (1961)
- [8] Sajó I., Sipos A.-né: *Bulletin de la Société Française de Céramique* 3, 22 (1970)

*И. Шапо: Термометрический ускоренный анализ стекла*

*Sajó, István: Thermometrische Schnellanalyse von Gläsern*

*Sajó, István—Sipos, Albertné: Rapid Analysis of Glass by Thermometric Methods*

## Egyesületi élet

A Szilikátipari Tudományos Egyesület Üvegosztálya 1970. V. 15-én nagyszabású ankétot rendezett a csomagolóüveg fejlesztéséről. Az ankéton résztvettek a legnagyobb üvegfelhasználók, köztük a söripar, boripar és a konzervipar szakemberei is.

Az ankéton tárgyalásra került, hogy a különböző élelmiszerek, illetve italok, kulturált kiszéreléséhez milyen formájú, színű, zárású és űrtartalmú üvegeket igényel a felhasználó ipar.

Hazai viszonylatban az üveg továbbra is tartja vezető helyét az élelmiszercsomagolásban, elsősorban a vevő szempontjából előnyös volta miatt (látható az áru színe, a töltés mennyisége stb.)

Azonban újabb követelmények merülnek fel az üvegcsomagoló anyaggal szemben, melyek részben esztétikai, részben pedig a nagy tömegű felhasználással kapcsolatos műszaki problémák.

A felhasználók hangsúlyozták, hogy elsősorban a csomagolóüveg mérettűrési, súlya, zárása és szilárdsága az, amelyet a jövőben az igények szerint kell kialakítani.

Az üvegipar részéről az igényekkel szemben teljes egyetértő állásfoglalás történt. Az üveggyárak a mennyiségi fejlesztéssel párhuzamosan nagy-

mértékű minőségre irányuló fejlesztést is előirányoztak. Ezzel elfogadták a hazai korszerűbb csomagolásra vonatkozó törekvéseket. Impozáns volt az Orosházi Üveggyár palack és konzervüveg gyártmányuskálájának a bemutatója.

(D. M.)

A *Kő-kavics szakosztály* április 21-én tartott ülésén *Dr. Kertész Pál* (BME Ásvány- és Földtani Tanszék) összefoglalta azokat az okokat, amelyek az 1951-ben megjelent kővizsgálati szabvány módosítását szükségessé tették és az 1992. szabványtervezet összeállításához vezettek. Ismertette a modern kővizsgálati módszerek tudományos alapjait, majd rátért azoknak a lehetőségeknek leírására, amelyek egész lefolyások és bányarészek anyagának minőségi kategóriákba sorozását célozzák. Javasolta, hogy a szakosztály foglalkozzék az idevágó kutatási módszerek irányelveinek kidolgozásával. *Dr. Kausay Tibor* (SZIKKTI) előadásában folytatta és kiegészítette a kő-kavicsipari minőségvizsgálatokra vonatkozó témát, majd javaslatot tett a bányák anyagának közetcsoportokba, a késztermékeknek minőségi osztályokba sorolásának kutatási intézeti elvégzésére. Az ülés

harmadik előadója, *Nemeskéry Gézá*né (Építésügyi Minőségvizsgáló Intézet) ismertette az ÉMI tapasztalatait a zúzottkövek termékminőségének és minőségellenőrzésének helyzetéről. Az Intézet szűrőpróbaszerű közvetlen minőségellenőrzései a késztermékek számos előállítási és raktározási hibáját tárták fel, de legfeljebb az a kép volt, amelyet a vállalatok minőségellenőrző szervezetének felkészültségéről festett. Részletes javaslatot állított össze a vállalati minőségellenőrzés színvonalának emelésére.

Az előadásokat követő vita folyamán *Vajda László* (ES), *Bálint Tibor* (SZIKKTI), *Dr. Jugovics Lajos*, *Kovács László* (ES) tettek észrevételeket. *Erdély Imre* elnöki zárószavában az előadók javaslataival foglalkozott. Kérte azok írásbeli benyújtását. *Dr. Kertész Pál* javaslatát illetően az ülés úgy határozott, hogy a szakosztály avval csak az új szabvány életbelépése után foglalkozik. *Dr. Kausay Tibor* közölte, hogy javaslatát már benyújtotta az illetékes helyeken. *Nemeskéry Gézá*nó javaslatainak továbbviteléről — azok írásbeli beérkezése után — a szakosztályvezetőség fog gondoskodni.

E. I.

# Vida Zsuzsa bemutakozása az Üvegipari Mintateremben

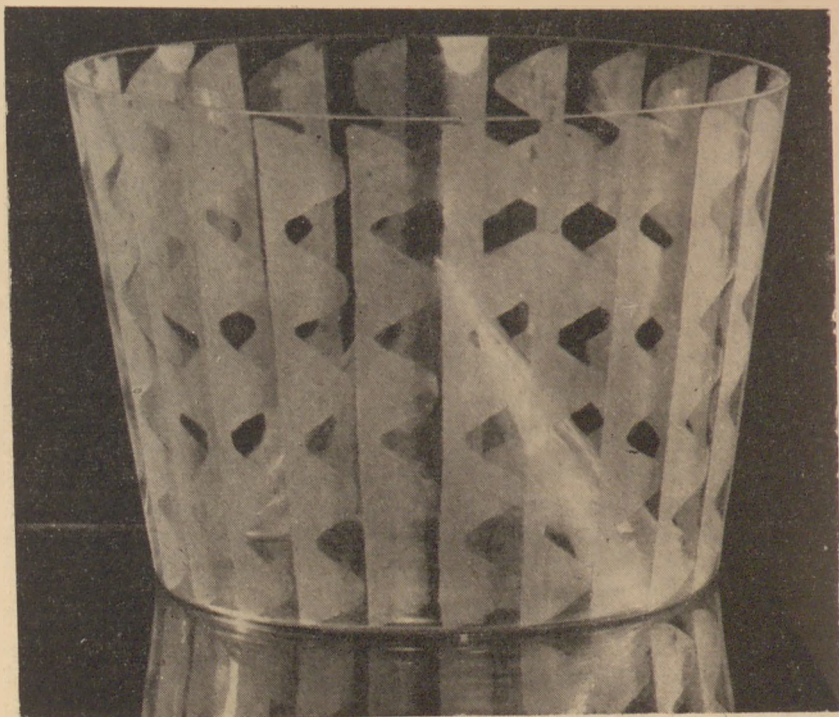
TASNÁDINÉ  
MARIK KLÁRA

Vida Zsuzsa, a Képző- és Iparművészeti Szakközépiskola üveg-tanszakának sikeres elvégzése után, a magyar üvegipar ösztöndíjával került a prágai Iparművészeti Főiskola üvegművészeti fakultására. Üvegiparunknak e dicséretes gesztusára annakidején azért volt szükség, mert az Iparművészeti Főiskolán még nem volt üveg-fakultás. Hét esztendei szorgalmas tanulás sikeres befejezése után most az üvegipari Mintateremben kamarakiállítás keretében mutatta be munkáit Vida Zsuzsa.

A kiállított üvegek nagy része különböző csehországi hutákban készült. Ezekben talán sikerült Vida Zsuzsának, a testet öltő elgondolás nagyszerű élményén túl, a magasfejlettségű és nagymultú cseh üvegipar feszes rutinjába is bepillantani.

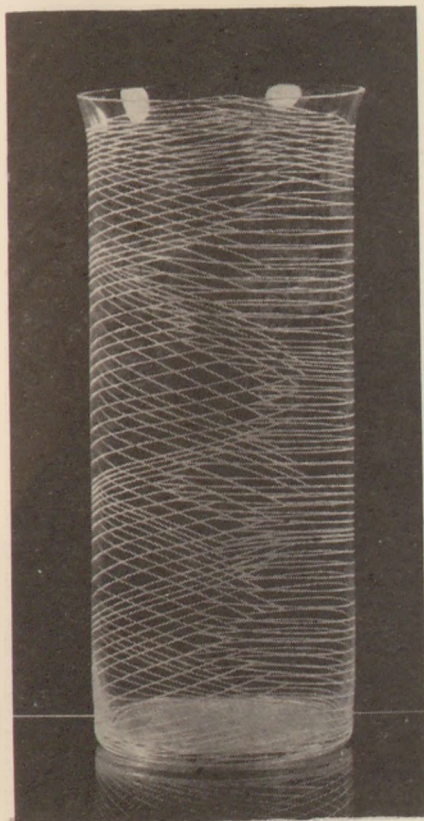
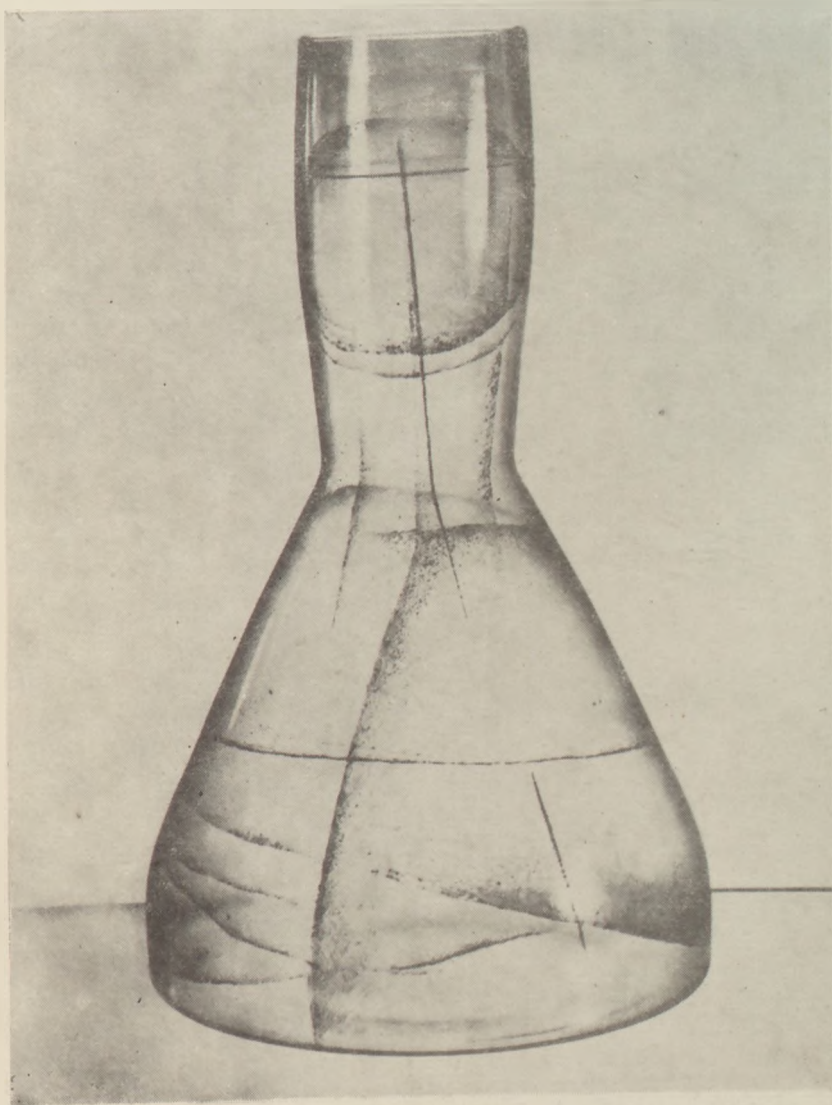
A bemutató kellemes meglepetése volt, hogy formákban, de főleg díszítőtechnikákban, a nálunk megszokottaktól eltérő változatokat láttunk. A formafelfogás és a díszítőtechnikák láttán úgy véljük: Vida Zsuzsa üvegei túllépnek egy tanulmányi beszámoló keretén. Inkább programadásnak fogható fel a kiállítási anyag. „Alap-témája” a vékonyfalú edény. Formái a prágai iskola jelenlegi szigorú stílusában fogantak. A s élesalapú, behajlószerű hengeralakú vázák, sima gömbszelet formájú tálak funkciója, a használati tárgy jellegében, színes borítással vagy többretegű színes opak zománccfestéssel kizárólag dekoratív. A nálunk sajnálatosan elhanyagolt másik üveg-nemesítési ág, amelyet Vida Zsuzsa üvegein örömmel láttunk, a maratás. Mind a zománccfestésnek, mind a maratásnak jó hagyományai vannak a magyar üvegművészetben, kár, hogy művészi színvonalon évtizedek óta nincs művelője. Vida Zsuzsa színes zománccfestésű üvegei meglepően jól érvényesültek átcseső fényben. Ez a műfaj talán új szint hozhatna kevésbé változatos lámpa- és világítóttest tervezésünkben.

A modern maratás stílusa a néhai Kaplicky professzor híres iskolájából indult ki, és tanítványai, Kopecky és Teiml, hogy csak a leg-



1. kép. Díszedény maratott díszítéssel

3. kép. Halvány füstszínű váza színes zománcfestéssel díszítve



2. kép. Színtelen üveg váza maratott díszítéssel

jobbkat említsük, munkájukban megmutatták, hogy ezen a téren milyen korszerű művészi kifejezőmód lehetőségei vannak. Vida Zsuzsa maratott üvegei a forma és díszítmény harmonikus egységben jelentkeznek. Reméljük, hogy módja és lehetősége lesz ezen a téren tovább dolgozni.

Néhány részlet láttunk pohárkészletekből is, amelyek nyugodt formaérzésekre és ügyes variációkészségekre mutatnak. Igen tetszetek a parádi hutában kivitelezett, érdekes nyélmegoldású, régi magyar pohárformára emlékeztető poharak.

Vida Zsuzsa pályája nem lesz könnyű. Mint a Képző- és Iparművészeti Szakközépiskola üvegtanszakának új vezetője, minden energiájának, szorgalmának és tehetségének megfeszítésével kell helytállnia. Minderre azért van és lesz szüksége, mert a magyar üveg nem kisebb jelentőségű képviselőjének lép örökébe, mint Báthory Júlia Munkácsy-díjas művész és kiváló tanár. A pedagógia és az üveg művészete külön-külön sem könnyű életpálya; kívánjuk Vida Zsuzsának sikerülni a kettő egyesítését úgy megoldania, hogy a művész segítse a pedagógust és a pedagógus ne akadályozza a művészt munkájában.



Montecatini Edison S.p.A.  
Milano (Italia)

Vezérképviselőt:  
HUNGAGENT RT. - Budapest  
V. Március 15. tér I. - P.O.B. 542  
Tel: 189-880 Távirat: Hungagent  
Telex: 263

\*bejegyzett aruvédjegy

kopolimer  
vizes diszperziók

\*  
**Edilac**

hopolimer  
vizes diszperziók

\*  
**Edivil**

homo- és kopolimer  
vizes diszperziók

szilárd homopolimer  
gyöngy és  
lemezke alakban

\*  
**Vinavil**

Különböző  
viszkozitású és hidrolízisfoku  
típusok

\*  
**Vinavilol**