

302935

9



# ÉPÍTŐANYAG

**A Szilikátipari  
Tudományos Egyesület  
folyóirata**

**4**

**XLI. ÉVFOLYAM  
BUDAPEST, 1989  
ÉPÍTŐANYAG, 41 (4), 121—160 (1989)**

## ÉPÍTŐANYAG

A mész és cement-,  
az üveg-, a finomkerámia-,  
a tégl- és cserép-,  
a kőkavics- és a betonipar,  
a szigetelőanyagok iparának  
tudományos szakirodalmi  
folyóirata

### Szerkesztőbizottság:

elnöke:  
Dr. Talabér József

felelős szerkesztő:  
Dr. Székely Ádám

tagjai:  
Dr. Balázs György  
Dr. Bálint Pál  
Dr. Csizi Béla  
Dr. Grofcsik Elemér  
Iffy László  
Dr. Jilek József  
Dr. Kacsalova Lúdia  
Dr. Kertész Pál  
Dr. Kovács Róbert  
Dr. Kunvári Árpád

Lenkei György  
Dr. Mátrai József  
Dr. Mihócs Ferenc  
Dr. Opoczky Ludmilla  
Riesz Lajos  
Sápi Lajos  
Serédi Béla  
Szentmártony Gusztáv  
Dr. Tamás Ferenc  
Trefil István  
Dr. Träger Tamás  
Wilwerger Ferenc

## TARTALOM

Kunvári Árpád: A működtetett energiaforrások kihasználásának műszaki-gazdasági reláiói . . . . .	121
Opoczky Ludmilla - Béres János: Kohósalak-cementek minősége és szemcseméret-eloszlása közötti összefüggések . . . . .	127
Sinkó Katalin: Magyarországi andezitek vizsgálata szálal szigetelőanyagok előállítására . . . . .	134
Balázs György - Tóth János: Igen nagy szilárdságú betonok előállítási technológiái . . . . .	138
Ujhelyi János: A beton nyomószilárdságának előbecslése és összetételének tervezése I. rész . . . . .	149
Pintér Judit: Új üvegezési rendszerek az építészetben . . . . .	155
Kitüntetettjeink . . . . .	156
Katona Imre: Zsolnay Vilmos eozinfestésű üvegei . . . . .	157
A világ szilikátiparából . . . . .	159
Konferencia hírek . . . . .	160
Pályázati felhívás . . . . .	160

## CONTENTS

Kunvári, Árpád: Technical and Economic Relations on the Efficiency of Energy Sources . . . . .	121
Opoczky, Ludmilla - Béres, János: Connexions Between Quality and Partice Size Distribution of Blastfurnace Slag Cements . . . . .	127
Sinkó, Katalin: The Use of Hungarian Andesites for the Production of Fibrous Thermal Insulators . . . . .	134
Balázs, György - Tóth, János: Production Technologies of Extraordinary High-strength Concrete . . . . .	138
Ujhelyi, János: Preliminary Estimation of the Compressive Strength and Mix of the Concrete. Part I. . . . .	149
Pintér, Judit: New Glazing Systems in the Architecture . . . . .	155
Katona, Imre: Eosine Decorated Colored Glasses by Vilmos Zsolnay . . . . .	157

## INHALT

Kunvári, Árpád: Technisch-wirtschaftliche Belange der Ausnützung betriebener Energiequellen . . . . .	121
Opoczky, Ludmilla - Béres, János: Zusammenhänge zwischen der Qualität und der Korngrößenverteilung von Hüttenschlackenzementen . . . . .	127
Sinkó, Katalin: Die Prüfung ungarischer Andesite zur Erzeugung von Dämmstoff-Fasern . . . . .	134
Balázs, György - Tóth, János: Herstellungsverfahren hochfester Betone . . . . .	138
Ujhelyi, János: Vorsurbeurteilung der Druckfestigkeit von Beton und Projektierung der Zusammensetzung Teil I. . . . .	149
Pintér, Judit: Neue Verglasungssysteme im Bauwesen . . . . .	155
Katona, Imre: Die eosinbemalten Gläser von Vilmos Zsolnay . . . . .	157

## СОДЕРЖАНИЕ

Кунвари, А.: Техничко-экономические соотношения использования действующих энергетических источников . . . . .	121
Опоцки, Л. - Береш, Я.: Взаимосвязь между качеством шлаковых цементов и их зерновым составом . . . . .	127
Шинко, К.: Испытания венгерских андезитов с точки зрения их использования для производства волокнистых изоляционных материалов . . . . .	134
Балаж, Д. - Тот, Я.: Технологии производства высокопрочных бетонов . . . . .	138
Уйхен, Я.: Предсказание прочности при сжатии бетона и проектирование его состава. I. . . . .	149
Пинтер, Ю.: Новые системы остекловывания в строительстве . . . . .	155
Катона, И.: Стекла эозинового окраски Жолнай Миклоша . . . . .	157



## A működtetett energiaforrások kihasználásának műszaki-gazdasági relációi

Kunvári Árpád

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

Ha a műszaki haladás élenjáró eredményeit, felcsillant újabb lehetőségeit egy távoli jövőbe kivetítjük, akkor a jövőképünkben egy majdnem ember nélkül működő termelősféra víziója jelenik meg. Ennek a jövőképnek a legfőbb mára szóló üzenete éppen az, hogy a *jólétünket* egyre kevésbé az emberi munkatömeg nagysága, hanem mindinkább a munka által, a felhalmozott tőke közreműködésével beindított *természeti hatóerők*, elsősorban az *irreverzibilis energiaátalakulások működtetésének színvonala határozza meg*. Különösen fontos ezt hangsúlyozni most, amikor ebben a működtetésben az utóbbi 15 évben minőségi változás indult be, és ennek kapcsán az eddiginél is erősebben szóródik, széthúzódik a Föld országainak fejlettségi mezőnye. Ha fel akarunk zárkózni az élenjáró országokhoz, azaz ha hazánk elmaradásának behozását napirendre tűzzük, akkor mindenekelőtt ebben, vagyis a természeti hatóerők működtetésében, a működtetés új fejleményeiben való felzárkózásról és az ezt előkészítő, az ehhez szükséges, illeszkedő társadalmi-gazdasági változások megvalósulásáról kell gondoskodnunk. Az erre vonatkozó elgondolásaimnak átfogó közlésére a Magyar Tudomány július - augusztusi számában kaptam lehetőséget. (A tanulmányom címe: A gazdasági haladás, az anyagi jólét és a természeti hatóerők ingyenes munka- szolgálata. Itt most eszmémnek egyik csomópontjával: a működtetett irreverzibilis energiaátalakítók hatás- és hasznosulási fokának kérdéskörével kívánok foglalkozni.

### 1. A termelésben működtetett irreverzibilis energiaátalakítások mint termelő munkaszolgálatok

Az ember által a termelésben működésbe hozott természeti hatóerők közös jellemzője, hogy azok a természeti törvényszerűségek célszerű kihasználásán alapulnak és végső soron fúzió, fission gravitáció alapuló természeti erőforrások hasznos igénybevételére irányulnak. Az ezekben rejlő irreverzibilis (vissza nem fordítható) energiaállapotváltozások (rövidebben: energiaátalakítások), azok a hatóerők, amelyek céltudatos működtetésük esetén képesek hatásos termelési munkaszolgálatot biztosítani. A működtetett (Funkcionált) IRreverzibilis ENergiaátalakulást, mint gyakran használt fogalmat, rövidítve FIREN-nek jelöljük.

Nem véletlen, amiért a szokásos energiafelhasználás (energiafogyasztás) helyett, ezt a látszólag bonyolultabb fogalmat használom. Általa világossá kívánom tenni, hogy az energiamegmaradás törvényének megfelelően nem az energia elfogyasztásáról, hanem az energia egyik formájából az energia másik formájába való olyan visszafordíthatatlan (vagy gazdaságosan vissza nem fordítható) átalakulásról van szó, amelynél az energia állapotváltozása ma még nagyobb részben hasznosíthatatlanul a környezetnek átadott hővé (hővesztességgé) alakulva megy végbe, miközben gyakran a környezetre káros reakciótermékek is keletkeznek.

Az irreverzibilis energiaátalakulások céltudatos működtetése (FIREN) változatos formában és módon kerül alkalmazásra a termelésben, mégis célszerű - a termelési



és anyagi szolgáltatási folyamatokban játszott szerepük szerint - a következő *három* csoportjuk kiemelése: 1. energiaforrást képező természeti dolgok (fúzió, fisszió, gravitáció) irreverzibilis energiaátalakulásának - specializált külső tápláló hatóerőként működtetett - *energetikai* hatóerők; 2. a kívánt anyagalakításokat biztosító, jórészt előbbi hatásokra (külső energia felvételére), - a belső irreverzibilis energiaátalakulásokkal kölcsönhatásban - meginduló, létrejövő mechanikai, kémiai, biológiai - *technológiai* jellegű - hatóerők, melyek kialakításukban és működtetésükben egyre komplexebb rendszert képeznek, és közvetlen emberi, fizikai munkát mind kevésbé vesznek igénybe; 3. a külső energia felvételére - a belső irreverzibilis energiaátalakulásokkal kölcsönhatásban - működő, a másik két hatóerőcsoport hatékony irányítására alkalmas - mindinkább mesterséges intelligenciaként alkalmazható - elektronikus - *irányítási jellegű* - hatóerőket.

Amíg az első két hatóerőcsoport - megfelelő eszközök, feltételek megléténél - az emberi *fizikai munkateljesítménykorlátait* oldja fel, és ebben az értelemben helyettesíti az embert, ez utóbbi hatóerőcsoport - megfelelő eszközök és technológiák felhasználásával - az ember *érzékeli, memória, koncentráció, logikai műveleti sebesség képességének, intelligenciájának korlátait* szünteti meg, mint a továbbfejlődés akadályozóját. Ezáltal kialakítható a természeti hatóerők működésének olyan komplex struktúrája is, amely kiindulási bázisul szolgálhat a majdnem ember nélküli, önfejlesztésre is képes, komplex termelési rendszerek létrehozásához.

A szóbanforgó irreverzibilis energiaátalakítások azáltal válhatnak munkába fogható természeti hatóerővé, hogy az így *felszabaduló energiák hasznosítható munkavégző képességgel rendelkeznek*. Erről a munkavégző képességről és kihasználásáról van szó, amikor a termelési folyamatokban anyagátalakulások, anyagátalakítások, anyagmozgások stb. alapvető hatóerejeként alkalmazzák.

*Egy ország* - előbbieik szerint tagolódó - *működő természeti hatóerői*, legalábbis nagyságrendileg, a FIREN (*funkcionált irreverzibilis energiaátalakulások*) energiavolumenével fejezhető ki. Egy ilyen összegzés azonban eltér a szokásosan értelmezett és számbavett energiatermelés-felhasználástól. Nem része az anyagként (pl.: műanyagok alapanyagaként) felhasznált energiahordozó, de beletartozik a termelési folyamatok exoterm reakciói kapcsán nyerhető energiaforrás. A munkát végző, természeti hatóerőként működtetett, irreverzibilis energiaátalakulások összegezéséről van szó!

Az így értelmezett FIREN-t (a működtetett irreverzibilis energiaátalakulást), mint a modern termelési folyamat alapvető meghatározó tényezőjét, lényegében a következő háromféle módon lehet a gazdasági vetületben, a termelés végső struktúrájában megjeleníteni: 1. A hagyományos, emberi munkára alapozó felállásban a FIREN-t munkaerő-helyettesítő hatásként, a helyettesített munkacsoportok számított munkavolumeneként lehetne számbavenni; 2. Abból kiindulni, hogy a földi és így az emberi lét (és a termelési is egyre inkább) az irreverzibilis energiaátalakulások eredménye. Ennek megfelelően az emberi termelő munkát is saját FIREN energiaigénye (figyelembe véve a növekvő életszínvonalal együttjáró energiaigényét is) alapján lehetne a FIREN-nel közös nevezőre hoz-

ni; 3. Eleve kétféle, azaz kétnemű munkával kellene számolni, vagyis a termelés eredményeit emberi munka- és FIREN munka-ráfordításra kellene visszavezetni. Különböző megfontolásokból a következőkben ez *utóbbi harmadik megoldást választom* a termelés végső struktúrájának kifejezéséhez.

Ennek megfelelően a FIREN főbb gazdasági relációit - makroszinten egy olyan *összefüggés* kereteiben fogom kibontani, amelyek - a munkaráfordítás és a tőkeigénybevétel mellett - karakterisztikus alkotóeleme a FIREN-munka is. E három termelési (ráfordítási) tényezőnek működésére olyan módon vezetem vissza egy adott országban, az adott időszakban létrehozott termékeket és anyagi szolgáltatásokat, hogy a ráfordításokat és eredményeket egyaránt *két primer alapegységben*: a munkaórában (mo) és kilowattórában (pontosabban a hatásfokkal korrigált értékével), ill. ezek együttes "vegyes" egységében: munkaóra+kilowattórában (mo+kwo) mérem. E szerint a végső termelési struktúra egyenlete:

$$\frac{M + E_{\eta}}{\Delta t} + \frac{K}{\frac{1}{\alpha} \Delta t} = \frac{F + E_R + \Delta K + V}{\Delta t} \quad (1)$$

ahol egy adott ország termelésének és anyagi szolgáltatásainak  $\Delta t$  időszakára vonatkozó mutatók közül:

M - az emberi munkaráfordítás munkaórában (mo-ban)

E - a FIREN munka-ráfordítás kwo-ban

$\eta$  - a FIREN hatásfoka (tizedestörtben)

$E_{\eta} = E \eta$

K - a tőkeállomány - az adott fejlettség esetén - szükséges mo+kwo tartalma

$\alpha$  - az amortizációs ráta (tizedestörtben)

F - a kibocsátott fogyasztási cikkek és anyagi szolgáltatások előállításához - adott fejlettség mellett - szükséges mo+kwo ráfordítás

$E_R$  - az  $E_{\eta}$  FIREN-munka bővített újratermeléséhez - adott fejlettség mellett - szükséges mo+kwo ráfordítás

$\Delta K$  - a tőkepótláshoz és tőkebővítéshez - adott fejlettség mellett - szükséges mo+kwo ráfordítás, az  $E_R$  tőke-ráfordítása nélkül

V - a hasznosulási foktól függő munkaóra-kilowattóra veszteség (az adott fejlettség mellett nem szükséges, vagy nem igényelt ráfordítások, továbbá a környezeti ártalmakat ellensúlyozó ráfordítások.)

Ez a makróegyenlet a termelés végső struktúráját, értékösszetevőit a szokásostól eltérően láttatja. Nem különíti el a termékek materiáját képező anyagok ráfordításait. Ugyanakkor az emberi munkaráfordítások mellett, kiemeli a munkát végző energiagénybevételeket a FIREN-t, mint a termelésben aktívan közreműködő természeti hatóerőt, mint olyant, ami nemcsak a földi és emberi életnek, hanem korunkban a termelésnek is meghatározó erőforrása. Továbbá, mivel mind az emberi munka, mind a FIREN csak meghatározott eszközökkel és készletek mellett folytatható, ezért kiemeli az időszakra vonatkozó tőke-ráfordítást is, mégpedig az előbbi két primer tényező ráfordítás-tartalmával.

A (1) egyenlet az így értelmezett aktív erőforrások, (a kétféle munka)igénybevételét az előállított termékek szükséges ráfordításaival és a felmerülő veszteségekkel



állítja szembe. Egy ilyen struktúra nemcsak elméleti-fogalmi, hanem gyakorlati célokra is használható. Új kiindulási alapot képez az entrópia értelmezésének is a gazdaságban. (Ezekre a kérdésekre még visszatérek.)

## 2. A termelés végső struktúrájának főbb relációl

A FIREN-nek aktív termelési tényezőként kiemelését mindenekelőtt az indokolja, hogy csak a munka és a tőke ráfordítás adataival mind kevésbé lehet kifejezésre juttatni azt a tendenciát, hogy a termelésben mind a munka, mind a tőke egyre inkább a FIREN igénybevételére és hatékony technológiai hatóerőként való hasznosítására irányul, azaz a termelést és az anyagi szolgáltatást mindinkább reá támaszkodva folytatják. Ennek legfőbb oka, hogy a FIREN termelési célú felhasználása, céltudatos működésbe tartása nagyságrendileg kevesebb emberi munkába kerül, mint amekkora a munkavégző képességgel az rendelkezik; azaz  $E_{\eta} : E_R$  arány az emberi munkahelyettesítő hatást illetően nagyobb mint 10:1. Ez annak ellenére fenáll, hogy a ma leginkább alkalmazott energiaforrások egyre kedvezőtlenebb feltételek mellett nyerhetők ki. Nemcsak a műszaki megoldások fejlődése révén, hanem a műszaki színvonalnöveléssel elért javuló hasznosítás eredményeként is. Ezeknek a tendenciáknak alátámasztásaként tekintünk át a főbb relációkat!

A M-ban, vagyis az összes termelési munkaráfordításon belül, a kézi (kézi-gépi) fizikai munka a fejlettséggel arányosan visszaszorul. Már ma is a termelő és fejlesztő munka túlnyomó része a természeti hatóerők igénybevételére, működtetésére irányul, vagyis a FIREN-hez kapcsolódik. Részben a hatóerők igénybevételének, technológiai hatóerőként való hasznosításának előkészítését (kutatás, kísérlet, működésbe állítás, ezzel összefüggő beruházás stb.), szolgálja. Ezen belül az automatikus folyamatirányítással, egyre csökken a működtetők, s növekszik az előkészítők részaránya. Összességében pedig - a fejlődés egy fokán - abszolúte is lecsökken a termelőszféra munkaráfordítása. (Ez be is következett az USA-ban az elmúlt években.)

Még karakterisztikusabb azonban az eddigi műszaki fejlődés útvonalán, a termelésben a teljesített munkaórák és az igénybevett FIREN kilowattórái közötti arányváltozás, ez utóbbinak gyorsabb növekedése következtében. Amíg az ipari fejlődés kezdetén az  $E_{\eta} : M$  aránya, becslésem szerint, kisebb volt mint 1:1, addig - számításaim szerint - a legfejlettebb országokban ma már nagyobb mint 100:1. Ez az arányváltozás a létrejött évszázados termelékenységnövekedés alapvető tényezője. Mindjárt hozzá kell tenni azonban, - erről még lesz szó -, hogy ezt az arányváltozást a legutóbbi másfél évtizedig az energiaigénybevételnek az alkalmazott munkaóráknál gyorsabb növekedése idézte elő, azóta (és főleg a jövőben) egyfelől a hatásfok javulása, másfelől az emberi munkaórák abszolút csökkenése tartja, illetve tarthatja fenn. Korunkban már a természeti hatóerők munkaerőmegtakarító, termelékenységnövelő hatása elsősorban a hasznosításuknak függvénye. (Sajnos erre az összefüggésre negatív példa hazánk esete, mivel az energiaigénybevételben létrejött felzárkózásunkat - az  $E_{\eta} : M$  aránya az iparban nálunk meghaladja az 50:1 arányt -

nem követett hasonló arányú termelékenységnövekedés, hiszen a fejlett országok termelékenységi szintjének negyedét sem érjük el.)

Ugyancsak karakterisztikus tendencia az is, hogy a szobanforgó arányváltozásoknak megfelelően, a termékek és anyagi szolgáltatások ráfordítás-összetevőiben is, a FIREN-munka vált dominálóvá. Ennek megint nagyon fontos relációi vannak! Egyik viszonylata pl. az, hogy a fogyasztáson, az életszínvonalnövelésen keresztül, a munkaráfordítás maga is egyre energiaigényesebbé válik. Mind nagyobb különbség mutatkozik a munkaerő óránkénti fizikai teljesítménye (0,1 kwó) és az ehhez igényelt fogyasztási energia nagysága között, mivel ez utóbbi a fejlett országok átlagában - számításaim szerint - meghaladja az 50 kwó/mó-t, s nálunk pedig a 30 kwó/mó-t. (Ebbe beleértjük nemcsak a munkavállaló, hanem az ellátott családtagjainak valamennyi fogyasztással kapcsolatos közvetlen és a felhasznált árukban és szolgáltatásokban lévő közvetett energiafelhasználását.) Ez a többnagyságrendi különbség érzékelteti a fizikai munka kiváltásának gazdasági racionalitását, elkerülhetetlenségét; de rámutat, többek között, a háztartások pazarló fogyasztásának tarthatatlanságára, jobb hatásfokú berendezésekkel való ellátásának szükségére is, és különösen az e területben jelentkező hazai feszültségekre.

Természetesen ez az arányváltozás és ennek megfelelő termelékenységnövekedés érvényesül a tőkejavak létrehozásánál is. A tőke azonban egyúttal azoknak az eszközöknek is megtestesítője, amelyekkel a természeti hatóerők, ill. a FIREN működésbe hozható, és kihasználható. Egy bizonyos határig és ideig nagysága arányos is a FIREN növekedésével és hasznosításával. Ezt látszik alátámasztani az is, hogy a hatóerők kiterjesztése kapcsán lehetővé váló munkaerőkiváltás is többnyire első lépcsőben tőkehelyettesítéssel megy végbe. Csakhogy a műszaki fejlődés alapvető irányzata a hatóerőigénybevételhez szükséges tőkeráfordítás csökkentése is. És valóban az élőmunka kiváltása többnyire tőkemegtakarításban folytatódik, vagyis a FIREN igénybevételének termelékenységnövelő hatása - folytonosan egymást követve, egymással is kölcsönhatásban állva - hol közvetlenül élőmunkában, hol tőkemegtakarításban jelentkezik. E spirál jól nyomonkövethető a termelési folyamatok egyre teljesebb gépesítésében, annak az automatizálással való összekapcsolódásában, a még maradót fizikai munkafolyamatoknak a fejlett országokban napirendre került robotizálásában, ennek egyre tökéletesedő fokozataiban.

Alapvető viszonylat, hogy a termelékenységnövekedés magának a fajlagos energiaigénybevételnek a csökkenése révén következzen be. Különösen az elmúlt 15 évben került ez a reláció előtérbe, amikor is először többnyire fajlagos tőkeigény emelkedésével is párosult. Szorosan összefüggött a széles területen beindult, államilag is támogatott energiaracionalizálással, ilyen célú beruházási programokkal, illetve azzal, hogy első lépcsőben csak bonyolultabb eszközökkel és eljárásokkal tudták a FIREN hasznosítási fokát ugrásszerűen javítani. Csak fokozatosan sikerült nagyobb hasznosítási fokú, struktúraváltozásokkal is járó egyszerűbb megoldásokat találni. Pl.: a kerámia burkolóanyagok gyártásának energiaracionalizálásánál a fajlagos tőkeigény első lépcsőben bekövetkezett növekedését követően (a meglévő technológia beruházásigényes hőhasznosítás-javítása után), a második



lépcsőben áttértek az addigi kétszerégetési technológiáról az egyszeri gyorségetésre és ezáltal egyidejűleg - több, mint 50 %-os - fajlagos energia-, munkaerő- és tőke megtakarítást értek el.

### 3. A FIREN hatás- és hasznosulási fokának növelése mint korszakos forrásképzés

Ezzel el is jutottunk a működtetett irreverzibilis energiaátalakulás (FIREN) legidőszerűbb relációjához, amely *nem egyszerűen az igénybevételt, hanem annak hasznosuló működését állítja középpontba.* Nem véletlen, hogy a műszaki-gazdasági fejlődésnek mindinkább a hasznosítási fok válik alapvető célpontjává.

A *hasznosítási fokot* első lépcsőben, statikusan értelmezve, a szokásos energiafelhasználási hatások és a nem szokásos hasznosulási fok szorzataként értelmezzük. (Mind a kettőt a 0 és 1 közötti éréktartományban vesszük fel.) A *hatásfok* azt fejezi ki, hogy mekkora hányadot képvisel az az energiaállapotváltozás, amely az adott termelési folyamat realizálódása szempontjából hasznosul, vagyis nem minősül veszteségesnek. Ennek hányada - mint ismeretes - függ a tudomány állásától, az energiaigénybevétel modozatától, a technológiai eljárás, valamint az alkalmazott eszközök korszerűségétől és fizikai állapotától, a működtetés színvonalától stb. Természetesen a hatásfok növelésének van határa: 100 %-os hatásfok legkedvezőbb esetben sem érhető el, hiszen a termodinamika II. főtétele szerint, nem lehet olyan eszköz alkotni, amely egy rendszer belső energiáját teljes egészében munkavégzéssel hasznosítja. Az energiaátadással elkerülhetetlenül energiaszóródások, veszteségek is fellépnek, illetve a folyamatos munkavégzéshez mindenképpen több energiát kell felvenni, mint amennyi a munkavégzésben kifejeződik. Csak így lehet a termelődött entrópiát semlegesíteni. (Erre még visszatérünk.) A veszteségek minimalizálásában azonban a műszaki fejlődésnek időszerűen nagy tartalékai vannak. Erre mutat az, hogy a tüzelőanyagok villamosenergiává való átalakításának hatásfoka - a feltételektől függően - ma 0,25-0,48 (azaz 25-48 %) között mozog. Az elektromos energiának világítási fénné váló átalakításának hatásfoka szintén széles sávban mozog: 0,06-0,4 (azaz 6-40 %-os) hatásfokú. A világításnál tehát a tüzelőanyagok energiatartalmának mindössze 2-15 %-a a hasznosított. Mennyire elmaradunk pl. még a szentjánosbogár energiaátalakítási hatásfokától, hiszen nála az energiának fénné váló átalakítása 99 %-os hatásfokú!

A hatásfok szempontjából hasznosnak ítélt FIREN igénybevételből is azonban csak az hasznosulhat a gazdaságban, amelyet a szükségletekhez igazodó, megfelelő minőségű, színvonalú, a műszaki fejlettség elért szintje szerinti racionális ráfordítással előállított termékekre és szolgáltatásokra fordítanak. Ezt jelezzük a másik hasznosítási mutatóval: a *hasznosulási fokkal*. Ez a mutató *statikusan* értelmezve: a már létrejött, elért műszaki-gazdasági lehetőségek - a hatásfokon túlmenően jelentkező - kihasználási fokát és a ráfordításoknak ezzel determinálódó veszteségarányát fejezi ki. Nagysága nemcsak a gyártott termékek, az alkalmazott technológia, valamint a munka és a tőke strukturájától és színvonalától függ, hanem - főleg a szervezethez, a takarékoságot,

az érdemességet, a célszerűséget illetően - szoros kölcsönhatásban van a *társadalmi - gazdasági* (egyfelől érdekeltiségi, piaci, másfelől a környezetvédelmi) feltételekkel is. Hozzá kell tenni, hogy a hasznosulási fok - statikusan értelmezve - csak más (relatív) kifejezése az (1) makroegyenletben szerepeltetett "V" veszteségeknek, vagyis a nem igényelt és/vagy az adott fejlettségénél nem szükséges ráfordításoknak arányát jeleníti meg. Ez a veszteség-arány nálunk - becslésem szerint - megközelíti az 50 %-ot, vagyis ebben van a legnagyobb műszaki-gazdasági tartalékunk.

Amíg a hatásfok az idő függvényében is mindenképpen 1-nél, vagyis 100 %-nál kisebb értéket vehet csak fel (vagyis mindenképpen 0 és 1 közötti tartományban marad), addig a hasznosulási foknak nincs felső határa, az időben meg többszörözödhet és bármilyen nagy értéket felvehet. Ennek következtében *élesen elváltaszjuk a hasznosulási fok dinamikus értelmezését a statikustól.* Dinamikusan nézve, eleve a mindenkori kiinduló állapot szintjét tekintjük egységnek, bázisnak és ehhez képest jelentkező időbeli %-os javulásokat hatásfoknövekményként vesszük fel. A dinamikus hasznosulási fok *legfőbb tényezője a gyártott termékek használati értékének relatív növekedése*, illetve új, nagyobb használati értékű termékek előállítása, vagy ilyen értelmű korszerűségi strukturális fejlődés fajlagosan kisebb, de a használati érték növekedésénél mindenképpen kisebb természetes ráfordítás-növekedés mellett. Ha például az így értelmezett 1973. évi hasznosulási fokot tekintjük 1-nek, akkor becslésem szerint, 1989-ben a dinamikus hasznosulási fok nálunk 1,2-1,3, a fejlett ipari országokban pedig 1,8-2,0 között van, vagyis a hasznosulási fok javulása nálunk évi 1 % alatt maradt, a fejlett ipari országokban pedig évi 4 % körül állandósult, függetlenül attól, hogy magával hozta-e, ill. milyen arányban hozta magával a GDP, illetve a nemzeti jövedelem növekedését.

Az idő függvényében nézve azonban szükségképpen változások jelentkeznek az (1) összefüggés többi összetevőjénél is. Ezeket a változásokat egy szorzótényező hatványával tudjuk célszerűen érvényre juttatni. Ugyanazon nagyságú  $\Delta t$  időtartamot (pl. évet) alapul véve,  $n \cdot \Delta t$  idő múlva, (vagyis az  $n$ . évre vonatkoztatva) a kiindulási bázisúhoz képest jelentkező változásokat az (1) összefüggésben végigvezetve (dinamizálva), kapjuk a következő képletet (2):

$$\left[ \frac{M(1-a)^n}{\Delta t} + \frac{E(1+b)^n \cdot (1+c)^n}{\Delta t} + \frac{K(1+d)^n}{\frac{1}{\alpha} \Delta t} \right] (1+i)^n - \\ = \frac{F(1+e)^n}{\Delta t} + \frac{E_R(1+f)^n}{\Delta t} + \frac{\Delta K(1+g)^n}{\Delta t} + \frac{V(1+h)^n}{\Delta t}$$

ahol az azonos jelölések (1) szerint értelmezendők, az  $n$  év múlva, hosszútávon érvényesülő szorzótényezők pedig *tizedestörtben* a következők:

- a = a termelőszférabeli munkaóraráfordítás csökkenésének évi átlagos üteme
- b = a termelési célú FIREN kwó munkaráfordítás éves átlagos növekedési üteme
- c = E-nél (FIREN-nél) realizált hatásfokjavulás évi átlagos üteme



- d = termelőszférabeli tőkeállománynövekedés éves átlagos üteme  
i = a dinamikus hasznosulási fok éves átlagos javulásának üteme  
e = a fogyasztási cikkek és anyagi szolgáltatások éves átlagos növekedési üteme  
f = "E" FIREN bővített újratermeléshez szükséges ráfordítások bővítésének üteme  
g = a termelőszférabeli + a nem termelőszférabeli beruházások átlagos növekedési üteme (az "ER" FIREN beruházásigénye nélkül)  
h = a veszteségek változásának átlagos üteme

A (2) alapján is egyértelműsíthető egyrészt az, hogy az "i" hasznosulási fok növekedési ütem (erőforrásokszorozó hatása) nemcsak a FIREN tagra (E-re), hanem a munkaerőre- és a tőkeárfordításokra is vonatkozik, vagyis az egész baloldal szorzótényezője. Másrészt az, hogy a hatásfoknövelése (c) és a hasznosulási fok javítási üteme (i) révén a jobboldal nemcsak a makróstruktúrának, hanem a kibocsátási teljesítménynövekedésnek is kifejezőjévé válik. Az  $(1+i)^n$  hasznosulási fok javulási tényező arányában, s kisebb súllyal, de a hatásfokjavulási tényező  $(1+h)^n$  arányában is, nagyobb lesz a jobboldali kibocsátási összetevők szorzótényezője, mint a baloldali összetevőké, (még akkor is, ha a "V" összetevő  $(61 \pm h)^n$  szorzótényezőjében a "h"-nál pozitív - romló - változási ütemmel számolunk - ami viszont hosszútávon kizárt -) azaz a kibocsátás a ráfordításokat meghaladó ütemben nő, éppen a hasznosulási fok és a hatásfok javulásának eredményeként.

Továbbá, ha elég nagy időtávot veszünk fel, vagyis az "n" értéke nagyon nagy lesz, akkor az "a" mint munkaigénycsökkentő tényező, végülis minimálisan, majdnem nullára szorítja vissza az emberi közreműködést, azaz bekövetkezik a majdnem ember nélkül működő termelőszféra:

$$\frac{M(1-a)^n}{\Delta t} \approx 0 \quad (3)$$

Ebben az esetben viszont megszabadulunk az (1) szerinti kettős mértékremszertől, és minden ráfordítás azután kilowattórában is mérhető. Ezen időpontban már valószínűleg a működtetett energiaátalakulások hatásfoka is megközelíti a lehetséges ideálist, vagyis  $c=0$ , és így  $(1+c)^n = 1$  és ezáltal ez a tényező is kiesik a (2) összefüggésből.

#### 4. A veszteségek csökkentése, mint az entrópiánövekedést ellensúlyozó energiateljesítménybevitel minimalizálása

Most már a termelés végső struktúráját kifejező összefüggést - nyílt rendszerű termodinamikai közelítéssel - energiavetületben is felírhatjuk. Ekkor a veszteségek, mint entrópiánövekedést ellensúlyozó energiaigénybevételek értelmezhetők. Ez teljesen nyilvánvaló a hatásfokjellegű veszteségeknél. De belátható a termelés, sőt a kapcsolódó felhasználás egyéb veszteségeire való kiterjesztésének indokoltsága is. Ahhoz, ugyanis, hogy a kibocsátási folyamat dinamikus fennmaradjon, a folyamatot megakasztó entrópiánövekedést, vagyis az azt

kifejező veszteségeket megfelelő ellentétező energiaráfordításokkal folyamatosan semlegesíteni, fedezni kell.

Ebben az összefüggésben entrópiánövekedést ellensúlyozó igénybevitelnek számít mindenekelőtt a tőkeállomány elhasználódása és elavulása, illetve ezt ellensúlyozó pótlása is. Sőt az "E" FIREN újratermeléséhez szükséges "ER" energiaráfordításoknak a kitermelési feltételek esetleges rosszabbodása miatti növekedése is entrópiánövekedést ellensúlyozó ráfordításoknak minősül. Nem kétséges továbbá, hogy a "V" gazdasági jellegű veszteség is (úgy is mint a műszaki- gazdasági lehetőségek kihasználatlansága és úgy is mint az adott szinten jelentkező környezeti ártalmak, vagyis a statikus hasznosulási foknak megfelelő veszteségarány) ellensúlyozandó entrópiánövekedést fejez ki. Ennek fedezése is éppen olyan feltétele a kibocsátási folyamat dinamikus fennmaradásának, mint pl. a hatásfokvesztés miatti többletenergia igénybevitel.

Ha a (2) összefüggést egy távoli jövőbeli évre, dinamikus mérlegegyenlet formájára hozzuk, vagyis a megújuló kibocsátási hasznos teljesítményt az energiaforrások és a veszteségek különbségeként, a hasznosulási fok javításának figyelembevételével alakítjuk ki, akkor a következő egyenlethez jutunk:

$$\begin{aligned} & \frac{F(1+e)}{\Delta t} + \frac{\Delta K(1-g) - \Delta K_1(1-d)}{\Delta t} + \frac{E_R(1+f)}{\Delta t} = \\ & - \left[ \frac{E(1+b)}{\Delta t} + \frac{K(1+d)}{\frac{1}{\alpha} \Delta t} \right] (1+i) - \left[ \frac{E(1-\eta)}{\Delta t} + \frac{K_1(1-i)}{\Delta t} + \right. \\ & \left. + \frac{ER\left(\frac{f}{i} - b\right)}{\Delta t} + \frac{V(1 \pm h)}{\Delta t} \right] \quad (4) \end{aligned}$$

ahol a megegyező jelölések azonosak az (1) és (2) jelölésével és a

$\Delta K_1$  = a K tőkeállománynak  $\alpha$  amortizációs rátájától függő pótlási igénye

$\frac{f}{i} - b$  = a FIREN fajlagos újratermelési ráfordításának

növekedési üteme, ha  $\frac{f}{i} > b$ , vagyis, ha a FIREN

fajlagos "ER" újratermelési ráfordítása növekszik rontó; ellenkező esetben javító tényező)

A baloldal első két tagját képező fogyasztási és felhalmozási kibocsátás nagysága és növekménye, valamint a harmadik tagját jelentő energiaforrás kibocsátás mint az egész dinamikus folyamat bővített újratermelésének alapja, egyfelől a folyamatos és tőkebeli forrásigénybevitel, valamint a dinamikus hasznosulás javulás, másfelől a hatásfokkal, pótlással, a FIREN újratermelésének fajlagos ráfordítási növekményével, valamint a statikus hasznosulással kapcsolatos veszteségek függvényében alakul.

Milyen általános következtetések vonhatók le a (4) egyenletről? Ezek mindenekelőtt a következők:

1.) A fejlettségi szint növekedésével mindinkább a bővített újratermelés alapja lesz a baloldal harmadik tag-



- ja: az energiaforrások újratermelését kifejező  $E_R (1+f)$ .
- 2.) A baloldal első két tagját képező fogyasztási kibocsátás valamint fogyasztási és termelési tökelfelhalmozás nagysága mindinkább meghatározó módon függ:
- = egyfelől a folyamatos FIREN és a termelőszféra-beli tökében akkumulálódó FIREN forrásigénybevételről és annak dinamikus hasznosulási fokától, vagyis a hasznosulás javulási tényezőjének alakulásától:
  - = másfelől az energiafelhasználási hatásokkal, a töképótlással, a FIREN "ER" újratermelésének fajlagos ráfordításnövekményével, továbbá a statikus hasznosulással kapcsolatos veszteségektől.
- 3.) Mindezt, a hosszútávú műszaki-fejlődés legfőbb célpontjai: egyrészt a dinamikus hasznosulás, javulás ezen belül elsősorban a termelt javak relatív használati értékének növelése, másrészt a veszteségek minimalizálása a hatások javításával, a racionális töképótlással, az "ER" bővített újratermelés kedvezőbbé tételével, végül a statikus hasznosulási fok javításával. (Ez utóbbi esetben, mint ahogy erre már utaltam, a mindenkor elért műszaki-gazdasági lehetőségek racionális kihasználásáról, a környezeti ártalmak visszaszorításáról van mindenekelőtt szó.

### Kunvári Árpád: A működtetett energiaforrások kihasználásának műszaki-gazdasági relációi

Jólétünket egyre kevésbé az emberi munkatömeg nagysága, hanem mindinkább az ember által beindított természeti hatóerők, végső soron az irreverzibilis energiaátalakulások működtetésének színvonala (elsősorban a hatásoknak és a hasznosítási fokának javítása) határozza meg. Ennek megfelelően a termelésben a munka és a tőke mellett egyre nagyobb súllyal szerepel egy harmadik tényező; a működtetett energiaforrások emberi munkánál hatékonyabb termelő munkaszolgálata. Ez a harmadik tényező, amely a tőkével egyetemben fokozatosan kiszorítja a fizikai munkát a termelésből és a távoli jövőben megteremti a majdnem ember nélkül működő termelőszféra lehetőségét. A tanulmány a kapcsolatos műszaki-gazdasági relációkat taglalja, megjelölve a kurzakos és hosszútávú műszaki-gazdasági fejlődés ezekhez igazodó tendenciáit és célpontjait.

### Kunvári, Árpád: Technical and Economic Relations on the Efficiency of Energy Sources

Human progress nowadays does not primarily depend on human labor; the level of man-operated natural resources, its efficiency and usa-

ge is much more operative. This means that in production not only labor and capital, but a third factor: the operation of energy sources gets increasing importance. This third factor is which envisages the production sphere without any human interference, eliminating physical labor in the far future. The study discusses the technical and economic reactions, showing strategic trends and targets of technical and economic progress.

### Kunvári, Árpád: Technisch-wirtschaftliche Belange der Ausnützung betriebener Energiequellen

Unser Wohlstand wird immer weniger von der Größenordnung des menschlichen Arbeitsvolumens, sondern in immer höherem Masse von der durch den Menschen beherrschten Naturkräften, schliesslich von dem Stand der irreversiblen Energieumwandlungen /von allem von der Verbesserung deren Wirkungsgrades und Nutzungsfaktors/ bestimmt. Dementsprechend spielt in dem Produktionsprozess neben der Arbeit und Kapital ein dritter Faktor, der gegenüber der menschlichen Arbeit wirksamere produzierende Arbeitvorgang der betriebenen Energiequellen eine immer grössere Rolle. Dieser dritte Faktor verdrängt zusammen mit dem Kapital die physische Arbeit aus dem Produktionsprozess, und wird in der ferneren Zukunft die Möglichkeit der beinahe ohne menschlichen Beitrag funktionierenden Produktionssphäre schaffen. Der Artikel beschreibt die betreffenden technisch-wirtschaftlichen Beziehungen, wobei auch die an diese angepassten Tendenzen und Zielsetzungen der periodischen und perspektivischen technisch-wirtschaftlichen Entwicklung dargestellt werden.

### Кунвари, А.: Техничко-экономические соотношения использования действующих энергетических источников

Наш жизненный уровень становится все менее зависимым от доли массы человеческого труда, а все больше определяется естественными действующими силами, пушенными в действие человеком, в конце концов определяется уровнем действия необратимых энергетических превращений (в первую очередь, улучшением к. п. д. и коэффициента эффективности использования).

В соответствии с этим в производстве, наряду с рабочей силой и капиталом, всё большую роль начинает приобретать третий фактор: такое трудовое обслуживание действующих энергетических источников, которое является более эффективным, чем человеческий труд. Этот третий фактор, который вместе с капиталом постепенно вытесняет физический труд из производства, в ближайшем будущем откроет возможности для создания производственной сферы, действующей без человека. В статье обсуждаются связанные с этим технико-экономические соотношения с указанием тенденций и целевых точек, определяющих современное и перспективное развитие.



# Kohósalak-cementek minősége és szecseméret-eloszlása közötti összefüggések\*

Opoczky Ludmilla\* - Béres János\*\*

\* Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

\*\* Cement- és Mészipari RT, Hejőcsaba

## Bevezetés

Magyarországon 1985-ben az előállított kohósalak-portlandcement mennyisége mintegy 44,7 %-át képezte az összes cementtermelésnek. Ennek zöme (92%) 20% kohósalak-tartalmú 350 kspc-20 minőségű cementfajta. A nagyobb kohósalaktartalmú cement gyártott mennyisége elenyésző. A 350-es minőségű kohósalak-portlandcementet a váci és hejőcsabai cementgyárakban állítják elő.

Közismert, hogy a kohósalak-cementek - mérsékelt, illetve kis hőfejlesztés, továbbá kedvező szulfátállóság miatt - mély-, ill. vízépítésnél előnyösen alkalmazhatók. Ugyanakkor a vízépítési célokra alkalmazott kohósalak-cementekkel szemben olyan szilárdsági követelményeket támasztanak, melyeket a 350-es minőségű cementek általában nem tudnak kielégíteni.

A kohósalak-cementek szilárdságát alapvetően két tényező határozza meg:

- a főkomponensek - a klinker és kohósalak-minősége és azok aránya, valamint
- a kohósalak-cementek őrlési finomsága, ill. szemcseméret-eloszlása.

Mivel egy cementgyár vonatkozásában a klinker, ill. kohósalak minősége általában adott, a kohósalak-cement szilárdságát az "optimális" őrlési finomság, ill. szemcseméret-eloszlás beállításával lehet befolyásolni. Megjegyezzük, hogy a hazai 350 kspc-20 kohósalak-cementek őrlési finomsága 280-300 m<sup>2</sup>/kg fajlagos felület körül van.

A kutatásaink célja volt a 450 kspc-20 minőségű, mérsékelt hőfejlesztésű, azaz vízépítési célokra is alkalmas cement előállítása és vizsgálata a hejőcsabai cementgyár vonatkozásában.

## Őrléstechnikai kérdések tisztázására irányuló laboratóriumi kísérletek

A kísérleteket hejőcsabai klinkerrel és diósgyőri kohósalakkal végeztük (1. táblázat).

Az 1. ábra a hejőcsabai klinker, a diósgyőri kohósalak, valamint a 20% kohósalaktartalmú keverék őrlhetőségének és fajlagos felületének alakulását mutatja. Látható, hogy a diósgyőri kohósalak nehezebben őrlődik, mint a klinker, de az őrlési finomság növekedésével a különbség csökken. A diósgyőri kohósalak 20%-os adagolása a klinkerőrlemény fajlagos felületét gyakorlatilag nem változtatja, sőt minimális mértékű fajlagos felület növeke-

1. táblázat

A vizsgálatokhoz használt hejőcsabai klinker és diósgyőri kohósalakok kémiai, ill. ásványi összetétele

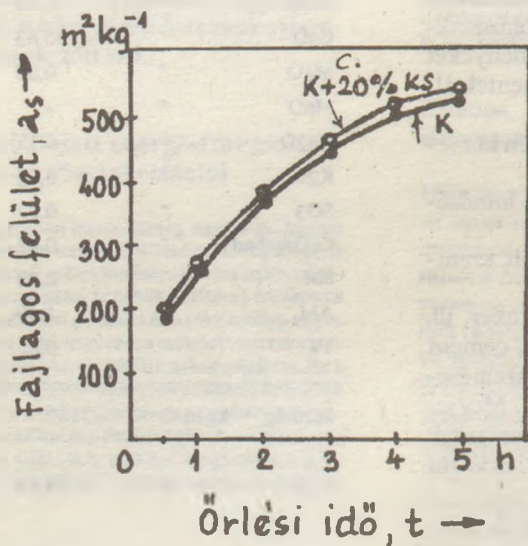
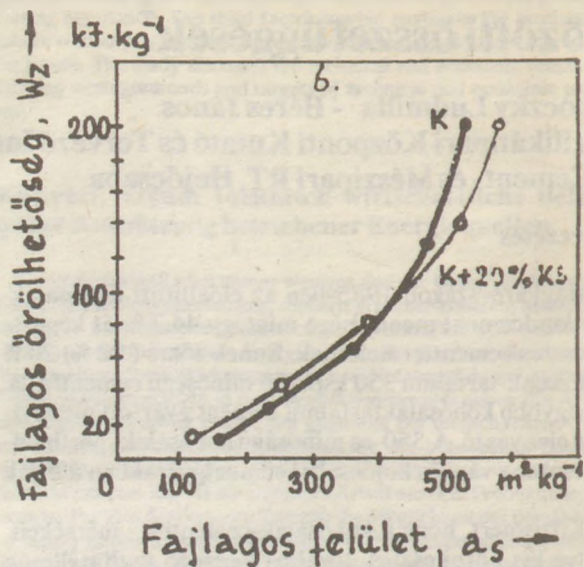
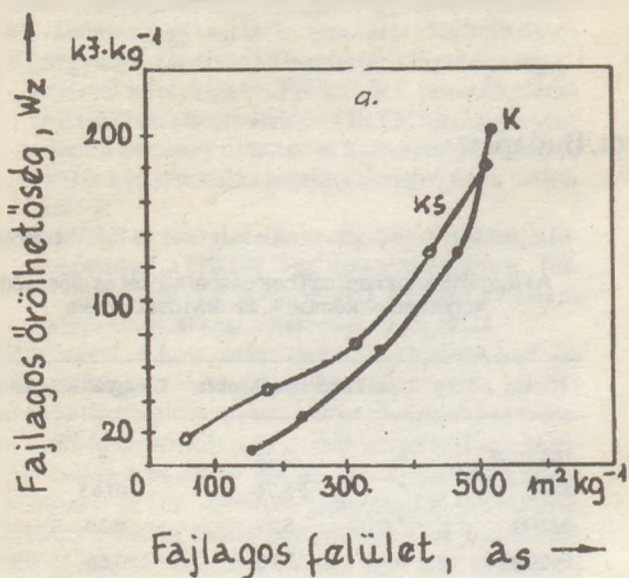
		Hejőcsabai klinker	Diósgyőri kohósalak
Izz. vesz.	%	0,72	—
SiO <sub>2</sub>	"	22,76	40,65
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	"	5,27	4,39
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	"	3,53	0,56
TiO <sub>2</sub>	"	0,32	0,18
CaO	"	65,83	48,33
MgO	"	0,80	3,32
MnO	"	—	0,21
Na <sub>2</sub> O	"	0,17	0,22
K <sub>2</sub> O	"	0,64	0,38
SO <sub>3</sub>	"	0,27	2,20
CaOszabad	"	0,42	—
SM		2,59	—
AM		1,49	—
TT		0,868	—
Sűrűség	kg.m <sup>-3</sup>	3180	2910
C <sub>3</sub> S	%	53,13	Aktivitási modulus GOSZT 3476-52 szerint (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /SiO <sub>2</sub> ) 0,10
C <sub>2</sub> S	"	25,92	Bázicitási modulus GSOZT 3476-52 szerint (CaO + MgO/SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) 1,15
C <sub>3</sub> A	"	7,99	Modulus ASTM C 205-53 szerint (CaO + MgO + 1/2 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /SiO <sub>2</sub> + 2/3 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) 1,22
C <sub>4</sub> AF	"	10,74	Modulus DIN 1164 szerint (CaO + MgO + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /SiO <sub>2</sub> ) 1,38

dés tapasztalható. A 20%-os kohósalaktartalmú keverék őrlhetősége kb. 450 m<sup>2</sup>/kg fajlagos felületig a klinkerével gyakorlatilag azonos, nagyobb finomságnál pedig kedvezőbb.

Az őrlésnél tehát a komponensek egymásra hatással vannak, és ez a hatás 20% diósgyőri kohósalak adagolása

\* VI. Tudományos Őrlési Kollokviumon elhangzott előadás (Zamárdi, 1989.)





K - klinker  
KS - kohósalak

1. ábra. Örölhetőség Ziesel-módszer szerint (a,b); fajlagos felület változása az örlési idővel (c)

esetében pozitív. Ez egyrészt a keményebb salakrészecskék ún. "koptató" hatásával és ezáltal a klinker nagyobb finomságra való őrödésével, másrészt pedig azzal magyarázható, hogy az aggregációra kevésbé hajlamos kohósalak a finomörlésnél gátolja a klinkerszemcsék egymáshoz való tapadását.

A kapott eredmények összhangban vannak a korábbi megállapításunkkal, mely szerint az örölhetőség a kisebb (< 25 tömeg %) és a nagyobb (> 75 tömeg %) kohósalakhányad esetében az együttörlésnél, a középső szakaszon (25-75 tömeg %) pedig a különörlésnél a kedvezőbb (1).

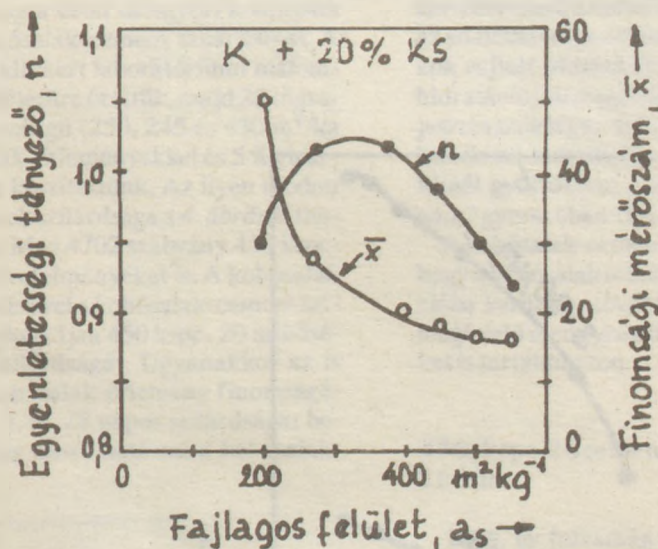
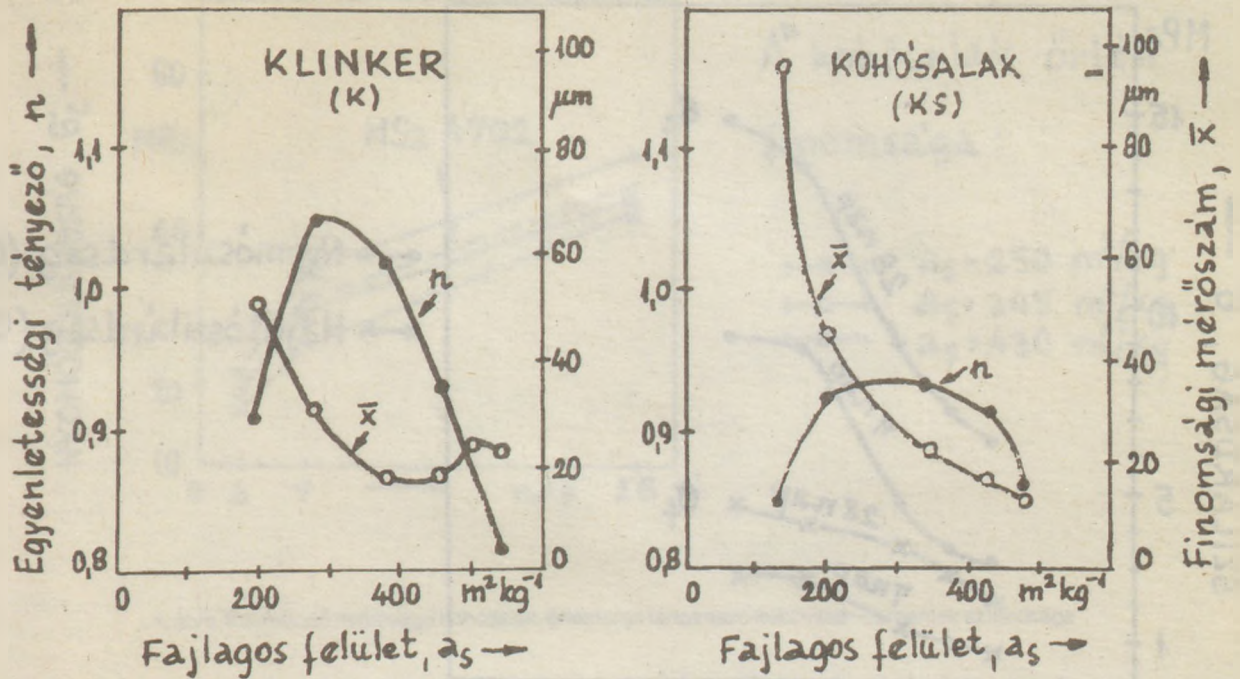
A 2. ábra a hejőcsabai klinker, a diósgyőri kohósalak, valamint a klinker + 20 % kohósalak keverékörlemény szemcseméret-eloszlás paramétereinek ( $n$  egyenletességi tényező,  $x$  finomsági mérőszám) változását mutatja az őrlési finomság, azaz a fajlagos felület függvényében. A klinkerörlemény egyenletességi tényezője kb. 280  $m^2/kg$

fajlagos felületnél éri el a maximális értéket, majd azt követően csökken. Az  $x$  finomsági mérőszám kb. 400  $m^2/kg$  fajlagos felületig csökken, ezt követően stagnál, majd növekedni kezd, ami a részecske-kölcsönhatás fellépésével hozható összefüggésbe. A kohósalak ugyanakkor 400-450  $m^2/kg$  fajlagos felületig gyakorlatilag aggregáció, ill. agglomeráció mentesen őrlődik. Kedvezően alakul a klinker + 20 % kohósalak őrlemény szemcseméret-eloszlása is.

**Örlési finomság hatása a kohósalak hidraulikus aktivitására és a kohósalak-cement szilárdságára**

Megvizsgáltuk az őrlés hatását a kohósalak hidraulikus aktivitására. A vizsgálatot MSz 523-4-75 sz. szabvány szerint végeztük. Tapasztalataink szerint e vizsgálat jó korrelációt mutat a kohósalak cementben való viselkedé-



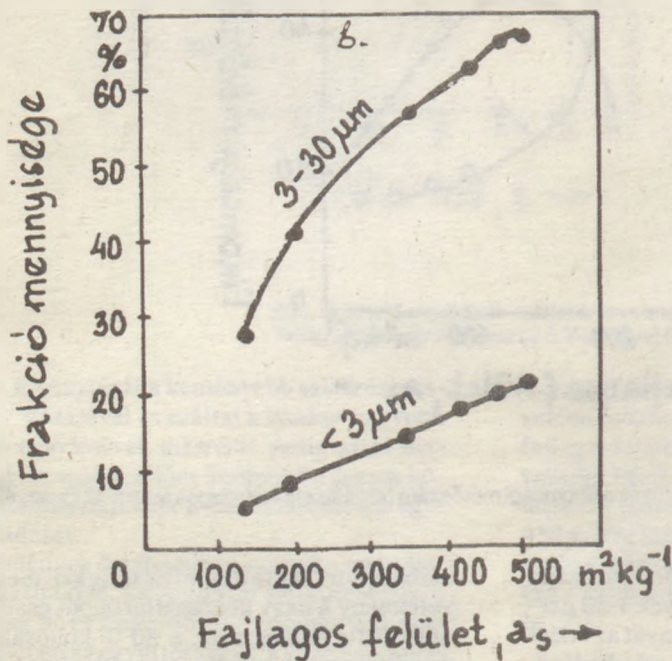
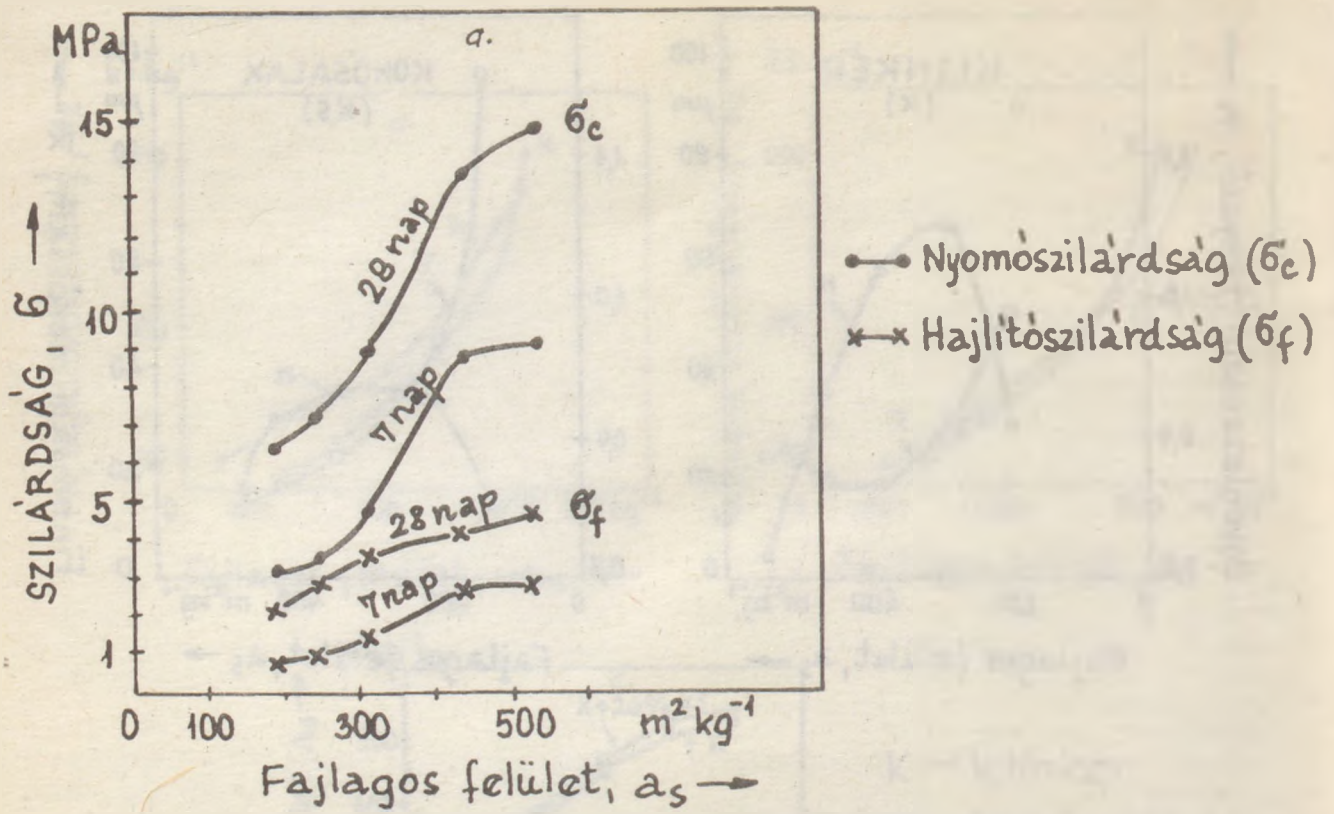


2. ábra. Az egyenletességi tényező (n) és a finomsági mérőszám (x) változása a fajlagos felület függvényében

sével. A vizsgálati eredményeket a 3. ábra mutatja. Ugyanott feltüntettük a kohósalak őrlemények 3-30 μm-es, ill. 3 μm-es-nél kisebb részecskéinek arányát az őrlési finomság függvényében. Az őrlési finomság növekedésével a kohósalak hidraulikus aktivitása növekszik, különösképpen akkor, amikor a kohósalak-örlemény fajlagos felülete 300 m<sup>2</sup>/kg-ról 450 m<sup>2</sup>/kg-ra nő. A 400-500 m<sup>2</sup>/kg fajlagos felületű kohósalak-örleményben a 3-30 μm-es részecskék aránya 55-66 % körül van. Ahhoz tehát, hogy a kohósalak hidraulikus aktivitását kellőképpen kifejlesszük, a kohósalakot minél finomabb, de leg-

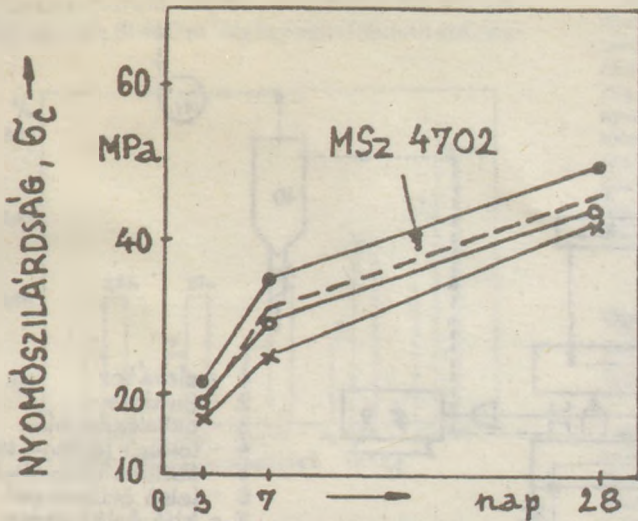
alább 400 m<sup>2</sup>/kg fajlagos felületig kell megőrölni. Ez a követelmény a nagy kohósalatartalom esetében csak különörlési technológiával, a 20 % kohósalak tartalomnál azonban az együttörlési technológiával optimális őrlési finomság beállításával teljesíthető. A hazai 350 kspc-20 cementek jelenlegi őrlési finomsága (280-300 m<sup>2</sup>/kg) a kohósalak-cement szilárdsága szempontjából nem tekinthető optimálisnak, mert az őrlemény a finom klinkerszemcsék mellett durva (50-60 μm) salakrészecskéket is tartalmaz. Közismert, hogy a kohósalak-cementekben az ilyen durva salak-részecskék még hosszú ideig





3. ábra. A kohósalak őrlémény hidraulikus aktivitása az őrlési finomság függvényében (a) (1).  
A kohósalak-őrlémény 3-30  $\mu m$ -es ill. 3  $\mu m$  frakció mennyiségének változása az őrlési finomság függvényében (b)





4. ábra. Különböző finomságú kohósalak-örleményt tartalmazó kohósalak-cementek szilárdsága

tartó szilárdulás után is vékony felületi rétegben hidratálódnak, és így a megszilárdult cementkőben töltőanyag szerepet játszanak.

A következő kísérletek során azt kívántuk tisztázni, hogy a különböző finomságra őrölt diósgyőri kohósalak miként befolyásolja a kohósalak-cement szilárdságát. A kísérletekhez hejőcsabai klinkert laboratóriumi malomban  $322 \text{ m}^2/\text{kg}$  fajlagos felületűre őröltük, majd 20 tömeg %, három különböző finomságú ( $250$ ,  $245$  és  $430 \text{ m}^2/\text{kg}$  fajlagos felületű) kohósalak-örleményekkel és 5 % gipszkövel cementkeverékeket készítettünk. Az ilyen módon készült kohósalak-cementek szilárdsága a 4. ábrán látható, melyen feltüntettük az MSz 4702 szabvány 450 kspc-20 cementtel szembeni követelményeket is. A kohósalak őrlési finomságának növelésével a kohósalak-cement szilárdsága nő, eléri, sőt meghaladja a 450 kspc-20 minőségű cement szabványos szilárdságát. Ugyanakkor az is megállapítható, hogy a kohósalak-örlemény finomságának növelése leginkább a 7, ill. 28 napos szilárdságát befolyásolja, és gyakorlatilag nincs hatással a kohósalak-

A kohósalak őrlési finomsága:

- × —  $a_s = 250 \text{ m}^2/\text{kg}$
- ○ —  $a_s = 345 \text{ m}^2/\text{kg}$
- ● —  $a_s = 430 \text{ m}^2/\text{kg}$

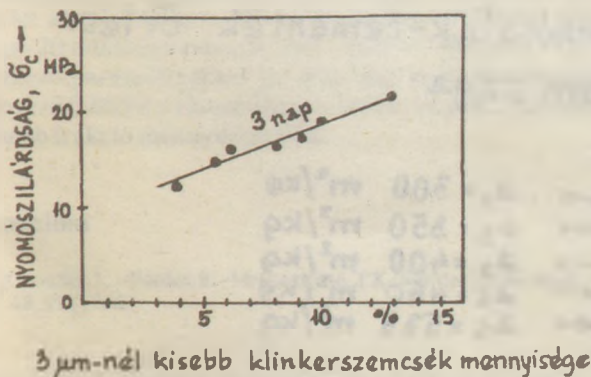
cement 3 napos szilárdságára. A kohósalak-tartalmú cementek kezdeti, azaz 3 napos szilárdságát a finom klinkerszemcsék ( $< 3 \mu\text{m}$ ) aránya nagy mértékben befolyásolja (5. ábra). A kohósalak cementeknél a finom klinkerszemcsék aránya még nagyobb szerepet játszik, mint az adalékmentes cementnél. Kétségtelen, hogy a kohósalakok rejtett hidraulikus tulajdonságokkal rendelkeznek, hidratációjuk megindításához szulfátos, ill. alkáliás gerjesztés szükséges, amelyeket a klinker hidratációja során keletkező termékek, elsősorban  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  biztosítanak. Minél gyorsabban hidratálódnak a klinker-részecskék, annál gyorsabban elindul a kohósalak hidratációja.

A kohósalak-cement őrlésnél tehát arra kell törekedni, hogy a kohósalak minél nagyobb része a  $3\text{-}30 \mu\text{m}$ -es frakcióba kerüljön, továbbá arra, hogy a kohósalak cement megfelelő mennyiségű  $3 \mu\text{m}$ -nél kisebb klinkerszemcséket is tartalmazzon.

#### 450 kspc-20 cement előállítására irányuló üzemi kísérlet

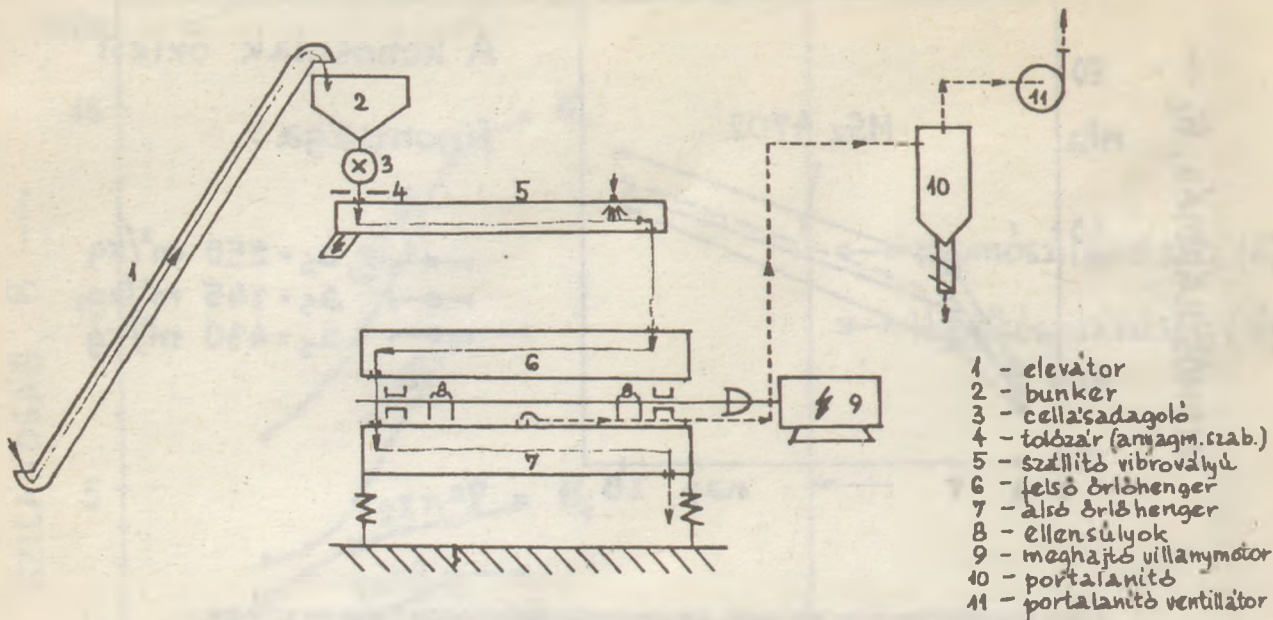
1988. év folyamán a hejőcsabai cementgyárban 450 kspc-20 cement előállítására irányuló üzemi őrlési kísérletet végeztünk a Palla 50 Humboldt típusú vibromalomban. A malom elvi kapcsolási vázlatát a kísérlet alatt - a 6. ábrán látható. A malomnál a két csőalakú őrlehgenger egymással szilárdan összekötve egymás fölött helyezkedik el. A felső henger  $1,6 \text{ t } \varnothing 16 \text{ mm}$ -es acélgolyóval, az alsó henger  $1,6 \text{ t } \varnothing 8\text{-}12 \text{ mm}$ -es acél csapágygolyóval volt feltöltve a kísérlet során. A kísérletkor a hengereket sorba kötötték. A porelszívás, ill. portalanítás vezetőke az alsó henger közepén lévő nyílásnál csatlakozott a rendszerre. Az őrleendő anyag a bunkerból forgócellás adagolón egy változtatható nyílású tolozár közbeiktatásával rezgővályúra került, mely a felső őrlehgenger elejére szállította.

A kísérlethez kiinduló anyagként kb.  $300 \text{ m}^2/\text{kg}$  fajlagos felületű 350 kspc-20 cementet használtunk. A kísér-



5. ábra. Összefüggés a  $3 \mu\text{m}$ -nél kisebb klinkerszemcsék mennyisége és a kohósalak-cement 3 napos szilárdsága között (1)





6. ábra. Palla 50U malom kapcsolási vázlatja az őrlési kísérletkor

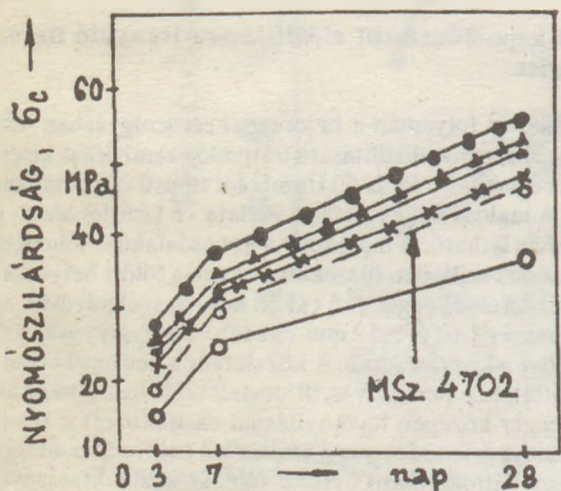
let során az adagolónyílás beállításával (10-30 mm között) változtattuk az őrlendő anyagmennyiséget, ill. őrlési finomságot.

Négy különböző fajlagos felületű (350, 400, 450 és 533  $m^2/kg$ ) cementet állítottunk elő. Megvizsgáltuk a cementek szemcseméret- eloszlását (2. táblázat), szilárdságát, lineáris méretváltozását (duzzadás-zsugorodás), valamint hidratációs hőjét. Megállapítható, hogy az őrlési finomság kb. 400  $m^2/kg$  fajlagos felületig való növelésével a hejőcsabai klinkerből és 20 % diósgyőri kohósalakból 450 kspc-20 cement biztonságosan előállítható (7. ábra). Bár az őrlési finomság 400  $m^2/kg$  fajlagos felülettől való növekedésével a kohósalak cement szilárdsága tovább növekszik, ezzel egyidejűleg az egyes jellemzők - így a

2. táblázat

Az eredeti 350 kspc-20, valamint utóőrléssel előállított kohósalak-cementek fontosabb finomsági jellemzői

Fajlagos felület RRSB - egyenlet paraméterei $m^2/kg$	n	x $\mu m$	3-30 $\mu m$		< 3 $\mu m$	
			%	%	%	%
300	0,8763	21	59,5	16,4		
350	0,8474	18	58,2	19,7		
400	0,8659	14	60,4	24,0		
450	0,8124	13	61,7	25,6		
533	0,8392	13	62,1	26,7		



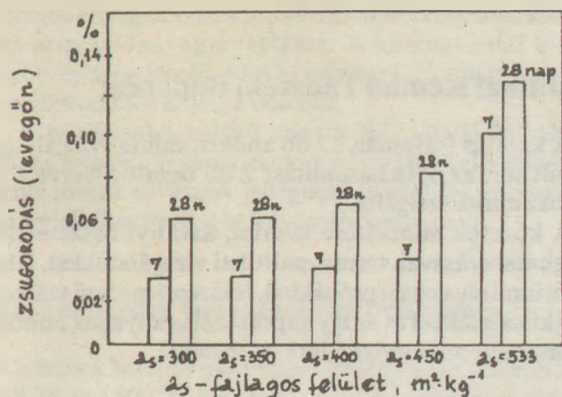
A kohósalak-cementek őrlési finomsága:

- $a_s = 300 \text{ m}^2/kg$
- ×  $a_s = 350 \text{ m}^2/kg$
- $a_s = 400 \text{ m}^2/kg$
- ⊕  $a_s = 450 \text{ m}^2/kg$
- $a_s = 533 \text{ m}^2/kg$

7. ábra. Különböző finomságú kohósalak-cementek szilárdsága



zsugorodás és a hidratációs hő - már kedvezőtlenül alakulnak. Így ha 300, ill 400 m<sup>2</sup>/kg fajlagos felületű kohósa-



8. ábra. Különböző finomságú kohósalak-cementek zsugorodása

lak-cementek zsugorodása 28 napos korban 0,0604 ill. 0,0646 %, akkor a 450, ill. 533 m<sup>2</sup>/kg-é már 0,813 ill. 0,128 % (8. ábra). Míg a 400 m<sup>2</sup>/kg fajlagos felületű kohósalak-cement hidratációs hője még kedvezően alakul, addig a 450 m<sup>2</sup>/kg fajlagos felületű-é már megközelíti a vízépítési cementtel szemben megszabott kritikus ér-

3. táblázat

Különböző finomságú kohósalak-cementek hidratációs hője

Kohósalak-cement fajlagos felülete m <sup>2</sup> /kg	Vizsgáló módszer			Oldáshő (J/g) 7 nap
	24	Diff. kaloriméter (J/g) 48	72 óra	
300	141,33	178,86	205,86	223,60
350	148,24	185,72	213,52	216,82
400	154,23	192,59	218,93	226,39
450	162,23	206,24	240,74	281,98
533	166,83	207,49	232,16	279,85

téket, amely 7 napos korban 293,0 J/g (3. táblázat). A kísérlet alatt előállított 400 m<sup>2</sup>/kg fajlagos felületű, 450 kspc-20 minőségű cement szemcseméret-eloszlása a következő paraméterekkel jellemezhető: n egyenletességi tényező 0,8659; x finomsági mérőszám 14 μm; 3 μm-nél kisebb frakció mennyisége 24 %.

## Irodalom

[1] Opoczky, L. - Verdes, S. - Mrákoviczné, T.K.: Powder Technology 48, 91 (1986)

## Opoczky Ludmilla - Béres János: Kohósalak-cementek minősége és szemcseméret-eloszlása közötti összefüggések

450 kspc-20 minőségű cement előállítására irányuló kísérletek során vizsgáltuk az őrlési finomság, ill. szemcseméret-eloszlás hatását a kohósalak-cement minőségére. Megállapítás nyert, hogy a kohósalak őrlési finomsága leginkább a cement 7 ill. 28 napos szilárdságát befolyásolja, míg a 3 napos szilárdság szempontjából a döntő szerepet a klinkerhányad finomsága játssza. A 450 kspc-20 cement előállításánál arra kell törekedni, hogy a kohósalak minél nagyobb része a 3-30 μm-es frakcióba kerüljön, továbbá arra, hogy a kohósalak-cement kb. 20 % 3 μm-nél kisebb frakciót tartalmazzon. Ez a követelmény a 20 % kohósalak tartalom esetében együttőrlési technológiával, ill. az optimális őrlési finomság beállításával teljesíthető.

## Opoczky, Ludmilla - Béres, János Connexions Between Quality and Particle Size Distribution of Blast-furnace Slag Cements

Experiments were aimed at the production of a high-strength blended cement with 20 % of blastfurnace slag addition. The grinding fineness of the slag influences primarily the 7- and 28 day strength, while the 3-day strength is affected by the fineness of the clinker. To produce said cement the slag content should be concentrated in the 3-30 μm particle size fraction, and the share of the < 3 μm fraction should be at least 20 %. This aim can be verified by a joint grinding technology or the adjustment of optimum grinding fineness.

## Opoczky, Ludmilla - Béres, János: Zusammenhänge zwischen der Qualität und der Korngrößenverteilung von Hüttenschlackenzementen

Im Laufe der Versuche zur Erzeugung der Zementqualität 450 kspc-20 wurde die Wirkung der Mahlfineinheit, beziehungsweise der Korngrößenverteilung auf die Qualität der Hüttenschlackenzemente geprüft. Es konnte festgestellt werden, dass die Mahlfineinheit der Hüttenschlacke die 7-, bzw. 28-Tagesfestigkeit des Zementes am meisten beeinträchtigt, bei der Dreitagesfestigkeit hingegen spielte die Feinheit des Klinkeranteils eine entscheidende Rolle. Bei der Erzeugung des 450 kspc-20 Zementes ist darauf zu achten, dass der womöglich überwiegende Teil der Hüttenschlacke in die 3-30 μm Fraktion falle, weiters darauf, dass der Hüttenschlackenzement etwa 20 % unter 3 μm Korngröße enthalte. Dieser Anforderung bezüglich des 20 %-igen Hüttenschlackengehaltes kann mit der gemeinsam durchgeführten Mahlung, beziehungsweise der Einstellung der optimalen Mahlfineinheit nachgekommen werden.

Опочки, Л. - Береш, Я.: Взаимосвязь между качеством шлаковых цементов и их зерновым составом

В ходе экспериментов, направленных на производство шлакового цемента марки 450 ШПЦ - 20, было исследовано влияние тонкости измельчения и распределения зернового состава на качество цемента. Было установлено, что тонкость измельчения шлаковой составляющей оказывает влияние на прочность в 7 и 28-суточном возрасте, в то время как 3-х суточная прочность определяется тонкостью измельчения клинкерной составляющей.

При производстве (измельчении) цемента марки 450 ШПЦ - 20 необходимо стремиться к тому, чтобы большая часть шлака попала во фракции 3-30 микрон, а фракция менее 3-х микрон, представленная в основном клинкерной составляющей, составляла около 20%. Это требование при содержании в смеси 20% шлака может быть удовлетворено применением технологии совместного измельчения путем достижения оптимальной тонкости измельчения.



# Magyarországi andezitek vizsgálata szálas szigetelőanyagok előállítására

Sinkó Katalin

Eötvös Lóránd Tudományegyetem, Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék, Budapest

## 1. Bevezetés:

Az andezitek kiválasztását szálasanyag-gyártásra az indokolja, hogy a Dunántúlon az "Isolyth" Tapolcai Szigetelőanyaggyár nyersanyagigényét az ottani bazaltlelőhelyek jól kielégítik; a Dunántúl kőzetgyapot ellátása megoldottnak tekinthető, így a gazdaságossági szempontok Észak-Magyarországon indokolnak egy másik szigetelőanyaggyár létrehozását. Észak-Magyarországon - eltekintve a néhány nehezen hozzáférhető, nem megkutatott bazalt - és diabáz lelőhelytől a domináns vulkáni kőzet a riolit és az andezit. A riolit túl savas vulkáni kőzet szigetelőanyag előállítására, az általában intermedier jellegű andezitek jóval kedvezőbb összetételűek.

A kutatás folyamán 17 db andezit minta vizsgálatára került sor, az összehasonlítást 2 db bazalt-, illetve 1 db diabáz minta szolgálta.

A kőzetek minősítése kémiai, ásványi összetételük meghatározásával, termoanalitikai vizsgálatokkal, laboratóriumi olvasztási próbákkal, félüzemi méretű szálképzési kísérletekkel és az így kapott szálas anyagok minőségi paramétereinek vizsgálatával történt.

## 2. Az andezitek kémiai összetétele

Az 1. táblázat alapján látható, hogy a kiválasztott andezitek SiO<sub>2</sub>- tartalma 50-70 % között változik, az Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

1. táblázat

A kutatás során felhasznált kőzetminták kémiai összetétele és lelőhelye

Kőzetminták megnevezése	oxidos összetétel (%-ban)								Ms
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	ΣFexO	Izz. veszt.	
1. Borsodszegi andezittufa	59,0	19,1	5,4	1,7	2,5	2,1	6,0	3,1	11,1
2. Dunabogdányi andezit	64,2	17,9	4,7	1,0	3,1	2,5	4,3	1,9	14,5
3. Erdőbényei andezit	65,6	16,1	3,3	0,4	3,9	3,5	5,6	1,0	21,9
4. Gyöngyösymosi andezit	56,6	19,2	8,1	3,1	2,1	1,8	6,9	1,0	6,8
5. Hollókői andezit	55,7	18,5	7,8	2,0	2,8	2,2	7,6	1,8	7,6
6. Kislánai andezit	57,6	19,2	7,2	2,3	2,3	2,0	6,8	1,6	8,0
7. Komlói andezit	61,1	17,4	5,0	2,7	3,9	2,9	4,9	1,3	10,2
8. Nógrádköves Bercel-i andezit	53,9	21,4	8,8	1,8	2,8	1,9	6,4	1,3	7,1
9. Nógrádkövesdi (Bercel + Szanda) andezit	49,6	18,7	10,3	1,5	2,4	1,7	9,6	4,8	5,8
10. Recski andezit	54,7	18,6	7,8	2,5	2,3	1,8	7,6	3,0	7,1
11. Sályi andezit	71,6	14,1	2,4	0,3	2,8	4,0	1,6	2,8	31,4
12. Sástói andezit	56,5	20,7	7,3	1,6	2,5	2,0	6,2	2,0	8,6
13. Somoskőújfalui andezit	55,9	17,6	7,3	2,3	2,5	1,4	6,9	5,1	7,6
14. Szobi andezit	61,1	16,8	5,8	1,4	3,0	2,3	6,4	2,5	10,8
15. Tarcali andezit	64,3	16,0	4,8	1,5	3,1	2,9	5,2	1,3	12,9
16. Tállyai andezit	57,7	17,2	6,4	2,4	2,9	2,3	7,0	2,4	8,5
17. Tokaj Csurgókút-i andezit	56,2	17,2	7,6	4,1	2,4	2,2	6,8	2,0	6,3
18. Egerbaktai diabáz	50,8	15,3	8,9	6,0	4,8	-	9,8	3,4	4,4
19. Eresztvényi bazalt	45,5	17,2	10,0	7,1	4,6	1,9	9,6	2,0	3,7
20. Zalahalápi bazalt	48,6	17,1	8,2	7,4	3,2	1,8	9,1	1,0	4,2



14-21,5 %, a CaO 2,5- 10,5 %, a MgO pedig 0,3-4 % között. Ezek az adatok, illetve az ezekből számított savassági modulus ( $M_s$ ) értékek azt jelzik, hogy az andezitek korrekciós anyagok hozzáadása nélkül nem alkalmasak szilias szigetelőanyag-gyártásra. A kívánatosnál kisebb CaO- és még kisebb MgO-koncentráció miatt az alkalmas korrekciós anyag a dolomit.

A bázikusabb jellegű minták ( $M_s = 6-8$ ) korrekciós anyag igénye ugyanolyan oxidos összetétel eléréséhez kisebb, mint a savasabb jellegűeké, s ez főleg az olvasztás energiafelhasználást befolyásolja kedvezően.

### 3. Az andezitek termoanalitikai vizsgálata

A mérések Mettler-gyártmányú termoanalizátoron folytak 25 és 1500 °C tartományban. A vizsgálatok során a jobb összehasonlítás érdekében - különböző korrekciós anyag tartalommal - egységes savassági modulusú ( $M_s = 2,0$ ), vagyis hasonló oxidos összetételű minták felhasználására került sor. Az andeziteknel és a diabáznál dolomit, a bazaltnál pedig mészkő és dolomit volt a korrekciós anyag a nyersanyag-keverékekben.

A különböző andezites, bazaltos, vagy diabázos összetételeknél a karbonáttartalmú kőzetek (dolomit és mészkő) dekarbonizációjához rendelhető hőmérséklet-intervallumokban nincs említésre méltó különbség, mind a tö-

megveszteséget jelző DTG-értékek, mind a dekarbonizáció hőtartalom-változását jelző DTA-értékek elég nagy hasonlóságot mutatnak (2. táblázat).

Az 1000 °C feletti DTA-csúcsok olvadékok kialakulásához vezető folyamatokból származtathatók, így jó felvilágosítást nyújthatnak a keverékek olvaszthatóságára vonatkozóan. Ebben a hőmérséklet- intervallumban már jelentősebb eltérések mutatkoznak a minták között. A DTA-csúcsmaximumok legkisebb hőfok-értékeit, vagyis a kedvezőbb olvasztási tulajdonságokat az egerbaktai diabáznál, a zalahalápi bazaltnál és a nógrádkövesdi berceli keveréknél lehet tapasztalni. A legkedvezőtlenebb eredmény a legsavasabb andezit, a sályi minta keverékéhez kötődik.

A DTA-felvételek kvantitatív kiértékelése a mérhető sebességgel lejátszódó folyamatok hőtartalom-változására nyújt felvilágosítást. A bazalt- és diabáz keverékek energiafelhasználása bizonyult a legkedvezőbbnek, az andezites keverékek értékei ehhez képest 20-50 %-kal nagyobbak. Az andezitek közül a nógrádkövesdi eredménye a legjobb, ahol csak 18-20 % az eltérés a bazaltos, vagy diabázos összetételhez képest. (Itt figyelembe kell venni a kvantitatív mérések kb. 10±15 %-os pontatlanságát is!)

A nyersanyag keverékekkel végrehajtott laboratóriumi olvasztási próbák megerősítették a termoanalitikai eredményeket. Az olvadékfázis megjelenési hőmérsékle-

2. táblázat

Az andezit keverékek termoanalitikai vizsgálata

A minták sorszáma	Dekarbonizáció DTG-csúcsa		Dekarbonizáció DTA-csúcsa			Olvasztási folyamatok DTA-csúcsa		
	kezd. (°C)	vég (°C)	kezd. (°C)	max. (°C)	vég (°C)	kezd. (°C)	max. (°C)	vég (°C)
1	617	838	550	780,815	832	950	1222	1250
2	596	857	600	778,818	845	950	1219	1275
3	607	850	600	779,821	843	950	1213	1250
4	587	812	600	780,816	833	950	1204	1248
5	600	841	600	781,816	834	950	1210	1240
6	624	842	600	775,816	840	950	1215	1253
7	577	855	600	781,819	838	950	1209	1261
8	583	849	600	776,812	835	950	1193,1215	1236
9	619	838	500	778,810	830	950	1210,1220	1240
10	612	839	500	769,814	830	950	1215	1250
11	588	845	600	784,822	837	1055	1256	1302
12	604	854	600	779,818	841	950	1210	1237
13	625	850	550	779,825	841	950	1204	1250
14	573	855	600	777,816	845	950	1211	1260
15	574	850	600	779,815	835	950	1216	1263
16	601	850	600	780,822	838	950	1210	1246
17	505	847	600	786,813	832	950	1217	1260
18	376	847	500	783,802	828	950	1154,1210	1250
20	581	838	500	817	828	950	1173,1212	1235

\* A sorszámozás megegyezik az 1. táblázatával

te jó egyezést mutatott a minták 1000-1500 °C között kialakuló DTA-csúcsmaximumával. A diabázos keveréknél 1180 °C, a bazaltosnál 1190 °C, a nógrádkövesdi andezitesnél 1200 °C körül, a többi andezit keveréknél enné magasabb hőmérsékleten (1200-1250 °C-on) jelent meg az olvadákfázis. Sok esetben a mért különbségek visszavezethetők az alapanyagok savassági modulusára; minél kisebbek ezek az értékek, vagyis minél bázikusabbak az alapanyagok, annál kedvezőbb viselkedésűek az olvasztásoknál.

#### 4. Az andezites keverékek szálképzési kísérletei

A félüzemi méretű szálképzési kísérleteket a VUSH ost-ravai intézetében végezték, Jungers-technológiájú gyártósoron. A berendezés kapacitása kb. 10 kg kőzetgyapot előállítását teszi lehetővé. A keverékek összetétele a termoanalitikai vizsgálatoknál felhasznált összetételekhez hasonló.

Kedvező eredményt hozott olvadékképzés szempontjából az egerbaktai diabáz keveréke, a nógrádkövesdi andezit keverékei és a somoskőújfalui összetétel. A nógrádkövesdi andezit kísérleteknél igen jelentős száلكihozatal figyeltek meg, a többi mintához képest. Az átlagosnál nagyobb volt ez a mutató a somoskőújfalui keveréknél is.

A kapott kőzetgyapot minták értékelése az alábbi szálműnősítő vizsgálatok segítségével történt:

— savassági modulus	$M_s$
— átlagos szálműmő	$x$
— szálműhossz index	$l$
— gyöngytartalom	gy.t.
— halmaztestsűrűség	$\rho$
— összenyomhatóság	$U$
— hőállóság	$T_a$
— hővezető képesség	$\lambda$

Az andezitgyapot minták  $SiO_2$ -tartalma átlag 43-50 % között változik, az  $Al_2O_3$ -tartalma 12-17 %, a  $CaO$  17-22 %, a  $MgO$  pedig 9-12 % között. Az átlagos savassági modulus értéke 2,0-2,1.

A szálműmőre vonatkozó magyar előírásoknak (MSZ 462013-83 sz.) csak az erdőbényei, a kispánai és a csurgóuti andezitből olvasztott szálak nem felelnek meg, a többi minta 7,0  $\mu m$ -nél kisebb átműmőjű. A vastagabb, durvább szálak általában a rosszabb olvaszthatóságú, savasabb jellegű kőzetek keverékeiből keletkeztek. A bazaltos, diabázos, illetve az andezites összetételek között - szálműmő adatok alapján - nem lehet lényegi különbséget tenni: az előbbieket átlaga 6,1  $\mu m$ , az utóbbiaké 6,2  $\mu m$ .

Ugyanez vonatkozik a szálműhossz-adatokra is, ezek az értékek 7,3, illetve 6,3 cm körül szórnak.

3. táblázat

A kőzetgyapot minták minőségére vonatkozó vizsgálati adatok

Az alapanyagok sorszáma	X ( $\mu m$ )	l (cm)	gy. t. > 0,2 mm (%)	$\rho$ ( $kg/m^3$ )	U (%)	$T_a$ ( $^{\circ}C$ )	$\lambda$ ( $W/m^{\circ}K$ )
1	4,7	7,1	18,2	50,8	39,3	690	0,045
2	6,3	12,0	17,9	52,9	24,8	670	0,040
3	7,7	4,8	19,8	26,0	57,1	700	0,041
4	5,4	7,2	28,0	45,7	35,2	670	0,043
5	5,9	5,9	19,9	48,2	40,8	680	0,044
6	7,6	9,3	18,5	55,8	25,4	690	0,039
7	6,8	5,3	39,5	55,1	41,9	680	0,048
8	6,3	5,3	23,3	41,0	47,1	700	0,044
9	6,7	6,7	21,6	51,2	37,0	670	0,044
10	5,7	5,4	27,3	31,5	54,5	700	0,046
11	4,9	9,9	21,3	49,6	42,6	675	0,045
12	6,3	5,7	23,8	47,7	28,9	670	0,044
13	6,0	5,9	22,3	48,0	29,0	680	0,042
14	6,0	8,7	25,5	35,6	53,0	670	0,046
15	6,6	7,9	23,8	47,7	33,0	670	0,041
16	6,5	6,9	26,1	35,3	55,1	680	0,046
17	7,1	10,2	15,3	53,6	39,0	670	0,052
18	6,4	6,2	17,6	25,0	66,3	700	0,037
19	5,8	5,8	13,9	27,0	55,5	690	0,040
20	6,1	6,7	20,8	44,5	42,3	650	0,040

X = szálműmő

gy. t. = gyöngytartalom

U = összenyomhatóság

$\lambda$  = hővezető képesség

l = szálműhossz

$\rho$  = halmaztestsűrűség

$T_a$  = hőállóság



A kísérleti minták *0,2 mm feletti gyöngytartalma* - a keverékek minőségétől függetlenül - általában 15-25 % közötti értékeket vesz fel. Az egységesen kicsit nagyobb gyöngytartalom - a tapolcai gyári adatok 15-20 % körüliek - a kis kapacitású technológiával, a kisebb számú centrifugasorral és a jóval rövidebb gyújtókamrával magyarázható.

A *halmaztestsűrűségi* adatoknál, amelyek cseh, terhelés nélküli mérési metodikából születtek, a gyöngytartalommal, párhuzamosan már tapasztalható némi különbség az andezites összetételek hátrányára (3. táblázat). Itt az átlagos érték  $45,4 \text{ kg/m}^3$ , míg a bazaltos és diabázos keverékekénél csak  $35,3 \text{ kg/m}^3$ . Ugyanezen minták magyar szabvány szerinti (terhelés utáni) mérési adatai között viszont semmi különbség nincs, az andezit szálaknál átlag  $97,5 \text{ kg/m}^3$  értékek adódtak, a bazaltszálaknál pedig  $98 \text{ kg/m}^3$ . A nagyobb halmaztestsűrűségi értékeket vagy a jelentősebb gyöngytartalom, vagy/és a durvább, vastagabb, hosszabb szálak okozzák. (Lásd a három legrosszabb mérési eredményű kislánai, komlói és csurgókuti keveréket!)

Az *összenyomhatósági* adatok a halmaztestsűrűségi értékekkel paralell változnak, ugyanúgy eléggé szórnak. A bazaltos, diabázos összetételek mérési eredményei valamivel kedvezőbbek, mint az andeziteké. (51,6, illetve 40,2 %)

Az andezit szálak *hőállósága* 670-700 °C között változik, a bazaltos összetételeké 650 - 660 °C között, vagyis átlag 30-40 °C-kal alacsonyabb az alkalmazási hőmérséklet-határunk. A tapolcai gyári minősítés alapján az ömlesztett közetgyapot (kötőanyag mentes) 600-650 °C-ig hőálló.

Az MSZ 04.140 szabvány szerint 10 °C-on szigetelőanyagok *hővezetési tényezőjének* felső határa  $0,045 \text{ W/m}^0 \text{K}$ , a 23-25 °C-osaké  $0,048 \text{ W/m}^0 \text{K}$ . Ennek a feltételnek csak egy minta, a Tokaj Csurgókút-i nem felel meg vastagabb, durvább szálai következtében. Az andezit és a bazaltszálak hővezető képessége - az adott kísérletsorozaton belül - jó hasonlóságot mutat, bár a bazalt- és diabáz szálak értéke valamivel kedvezőbb.

## 5. Összefoglalás

A vizsgálat sorozat egyértelműen alátámasztja az andezitek felhasználhatóságát szálanyag-gyártására. A kísérleti adatok, a szálak minősége alapján nem lehet lényegi különbséget tenni a bazaltos, diabázos, illetve az andezites összetételek között. (Lásd a szálátmérő, szálhossz, halmaztestsűrűségi adatokat!) Ennek oka a szálak hasonló oxidos összetételében kereshető.

Valamivel kedvezőbb a bázikusabb kőzetekből (pl. bazaltból, diabázból) készült keverékek olvashatósága, melyet az 1000 C feletti termoanalitikai vizsgálatok, a laboratóriumi olvastási próbák, a kapott szálak gyöngytartalma, hővezető képessége és összenyomhatósága bizonyít. Az andezit szálaknak viszont a hőállósága jobb, mint a bazalté.

Az andezitekkel folytatott vizsgálat sorozaton belül szálanyag-gyártásra a nógrádkövesdi minta bizonyult a legalkalmasabbnak. A nógrádkövesdi kőzet bázikuságát átmenetet képez a bazalt és az andezit között, újabb bazaltos andezitként is emlegetik. (A röntgen diffrakciós vizsgálatok szerint főként földpátból áll, kisebb mennyiségben tartalmaz kvarcot, magnezitet, montmorillonitot és piroxént.) Kedvező felhasználhatóságát jó olvashatósága

mely laboratóriumi és félüzemi méretekben is érvenyesült -, valamint a félüzemi technológiában kiugróan magas száلكihozatala igazol. A nógrádkövesdi andezit szálak minősége megfelelő, a bazaltszálakat is figyelembe véve átlagosnak mondható.

## Sinkó Katalin: Magyarország andezitek vizsgálata szál szigetelőanyagok előállítására

A kutatás célja az andezitek felhasználhatóságának vizsgálata volt a szigetelőanyag-gyártásra. Referencia anyagként a bazalt és a diabáz szolgált. A vizsgálat sorozat egyértelműen alátámasztja az andezitek alkalmazhatóságát szál anyagok előállítására. A kapott adatok, a szigetelő szálak minősége alapján nem lehet lényegi különbséget tenni a bazaltos, diabázos, illetve az andezites összetételek között. Valamivel kedvezőbb a bázikusabb kőzetekből (pl. bazaltból) készült keverékek olvashatósága, melyet az 1000 C feletti termoanalitikai vizsgálatok, a laboratóriumi olvastási próbák és kisebb mértékben a kapott szálak gyöngytartalma, hővezető képessége és összenyomhatósága bizonyít. Az andezit szálaknak viszont a hőállósága jobb, mint a bazalté. A vizsgált andezitek közül egy bázikus jellegű andezit, a nógrádkövesdi minta bizonyult a legjobbnak.

## Sinkó, Katalin: The Use of Hungarian Andesites for the Production of Fibrous Thermal Insulators

Hungarian andesites were compared with basalt and diabase from the point of view of the problem. Experiments proved that andesites are suitable for the said purpose: the quality of basalt-, diabase- and andesite-base fibers was identical. Basic rocks, as basalt are somewhat better from the point of melt formation; andesite-based fibers, on the other hand, were better from the point of thermal resistance. According to high-temperature thermoanalysis, laboratory melting tests, bead content, heat conductivity and compression tests the andesite from Nógrádkövesd (a basic andesite) was found as the best one.

## Sinkó, Katalin: Die Prüfung ungarischer Andesite zur Erzeugung von Dämmstoff-Fasern

Zielsetzung der Forschung war die Untersuchung der Andesite bezüglich ihrer Anwendbarkeit zur Dämmstoffherstellung.

Als Referenzmaterial dienten Basalt und Diabas. Die Prüfungsreihe untermauerte eindeutig die Anwendbarkeit des Diabas zur Erzeugung von Faserstoffen. Aufgrund der erhaltenen Daten und der Qualität der erzeugten Faserstoffe konnte zwischen den Basalt-, Diabas-, beziehungsweise Andesitzusammensetzungen kein wesentlicher Unterschied festgestellt werden. Die Verschmelzbarkeit der Chargen aus eher basischen Gesteinen /z.B. aus Basalt/ ist günstiger, was durch die über Temperatur 1000 C durchgeführten thermoanalytischen Tests, durch den Schmelzperleinhalt der Fasern, sowie deren Wärmeleitfähigkeit und Verpressbarkeit bewiesen wird. Die Andesitfasern weisen hingegen eine höhere Feuerfestigkeit als die Basaltfasern auf. Von den geprüften Andesitproben erwies sich eine Probe basischen Charakters aus Nógrádkövesd als die beste.

Шинко, К.: Испытания венгерских андезитов с точки зрения их использования для производства волокнистых изоляционных материалов

Целью исследований является испытание применимости андезитов для производства изоляционных материалов. В качестве модельных материалов были использованы базальт и диабаз. Результаты испытаний однозначно подтверждают пригодность андезитов для производства волокнистых материалов. На основании полученных результатов, а также качества изоляционных волокон хельзы установить существенной разницы между базальтовым, диабазовым и андезитовым составами. Более благоприятной является расплавляемость смесей, изготовленных из более основных пород (например, базальта), что подтверждается термоаналитическими испытаниями при температуре более 1000°C, лабораторными пробами плавления, меньшим содержанием корольков в полученных волокнах, а также их теплопроводностью и сжимаемостью. В то же время андезитовые волокна имеют лучшую теплостойкость, чем базальтовые. Среди испытанных андезитов наилучшей оказалась проба ногрэдкөвешдского основного андезита.



# Igen nagy szilárdságú betonok előállítási technológiái

Balázs György-Tóth János

Budapesti Műszaki Egyetem, Építőanyagok Tanszék

## 1. Bevezetés

NASSER [1] szerint a beton szilárdságát alapvetően három féle úton tudjuk növelni:

- A. Csökkentve a porozítást (növelve a tömörséget)
- B. Megnövelve a tapadóerőt az adalékváz és a kötőanyag között
- C. A repedések terjedését meggátolva

Az egyes eljárások általában ezek közül egyet tűznek ki célul, de a másik kettőre is hatást gyakorolnak.

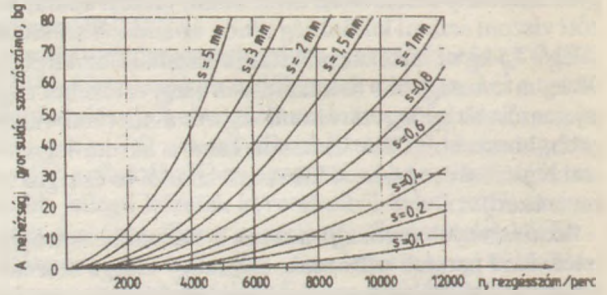
## 2. A vibrálás, mint porpztításcsökkentés eszköze

A vibrálás a beton tömörítését jelenti mechanikai rezgések segítségével. A jelentős nagyságú gyorsulások az aktív tömegerőket növelik. A vibrálás ideje alatt a szemcsék között ható surlódás értéke lecsökken, tehát a tömörödést gátló passzív erők kisebbednek. Így a vibrációs tömörítés első szakaszában a keverék szilárd váza mozog. Az adalékszemek egymáson elcsúsznak, ezáltal kitöltve a rendelkezésre álló sablont. A gyorsulással megnövelt tömegerők segítségével az adalékszemek kisajtolják maguk közül a cementhabarcsot és közelednek egymáshoz. A sajtoló hatás alatt álló habarcs kitölti a rendelkezésre álló teret. Ez a tömörítés második szakasza. Az eredetileg száraznak tűnő anyag megnedvesedik, esetleg még vizet ad le. A víz kihajtásához szükséges erő annál nagyobb, minél szárazabb az anyag. A két szakasszal egyidőben, de főként azok befejeződése után távoznak el a vibrált betonból a benne lévő légbuborékok. A tömegerők megnövelik a buborékokra ható felhajtó erő, és azok gyorsabban távoznak el a habarcsból, mint egyébként. A felhajtó erő értéke olyan nagy is lehet, hogy az adalékszemek közé beékelődött, egyébként ki nem hajtható buborékokat is eltávolítja a habarcsból. A jelenségnek ezt a harmadik szakaszát a sűrű mézből felgyöngyöző levegőhöz hasonlítjuk.

A vibrálás következtében végbemenő tömörödési szakaszok közül az első megy végbe a leggyorsabban és hozza létre a legjelentősebb térfogatváltozást. A harmadik szakasz megy végbe a leglassabban és ez jár a legkisebb térfogatváltozással. Ha a beton túl sok habarcsot tartalmaz, akkor az adalékszemek idővel leülepednek a kiszorított habarcsban, szétosztályozódik a beton tömörebb (szilárd) és hígabb (kiseb szilárdságú) részre. Ekkor beszélünk *túlvibrálásról*. Egyes keverékeknél e jelenség miatt beszélünk *maximális tömörséget adó vibrálási időtartamról*.

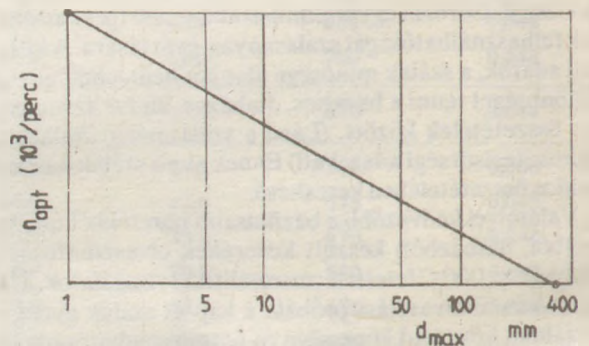
A vibrálási jellemzők illesztése adott minőségű betonhoz fontos probléma, mert a keverékek összetétele nagy mértékben befolyásolja a vibrálás jellemzőinek (frekvencia, amplitúdó, gyorsulás) optimális értékét. DAVIES [2] és PLOWMANN [3,4] kísérletei száraz betonok esetén azt mutatták, hogy a tömörítő hatás elsősorban a rázás gyorsulásától függ. A gyorsulást 1 g-ról 400 g értékre növelve, a tömörödés eleinte rohamosan, később lassabban,

de monoton növekvő jelleget mutatott. Kísérleteiket 2000/perc és 12000/perc rezgésszámok között végezték. Azt az eredményt kapták, hogy a nagyobb gyorsulás rövidebb rázásidőt ad, mint a kisebb. Adott gyorsulásértéket kis frekvenciával és nagy amplitúdóval érhetünk el. (1. ábra).



1. ábra. A vibrálás frekvenciájának, amplitúdójának és gyorsulásának az összefüggése [2,3]

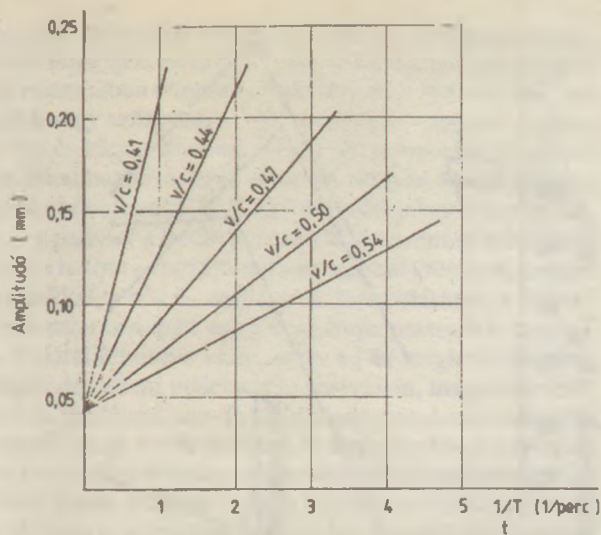
A frekvenciát a beton összetételéhez célszerű igazítani. WASHA [5] szerint növekvő víz-cement tényező esetén tanácsos a frekvenciát növelni. BRANNBERGER az adalékanyag maximális szemcse nagysága szerint választja meg a legcélszerűbb frekvenciát, szerinte a  $d_{max}$  mérethez tartozó optimális frekvencia  $d_{max} = \frac{k}{f^2}$  (2. ábra) l'HERMITE [7,8] is ugyanezt vezeteli le. FREYSINET [9]  $d_{max} = \frac{k}{f^{1.3} \cdot a^{0.5}}$  összefüggést ajánlja. A képletekben  $d_{max}$  a maximális szemcse nagyságot,  $k$   $d_{max}$ -tól függő arányossági tényezőt,  $f$  a vibrálás frekvenciáját,  $a$  a vibrálás amplitúdóját jelenti.



2. ábra.  $d_{max}$ -hoz tartozó optimális frekvencia [5]

CUSENS [10] felismerte, hogy minden betonkeveréknek van egy olyan minimális rezgésamplitúdója, amelynél kisebb érték mellett (függetlenül a gyorsulástól és a frekvenciától) a keverék nem tömörödik (3. ábra).





3. ábra. A minimális rezgésamplitúdó a víz-cement tényező és a gyorsulás függvényében [9]

Földnedves betonokhoz Tóth [6] szerint nagyobb, nedvebbhez kisebb alsó határamplitúdó tartozik. A keveréknek — ha nem terheljük le a tetejét — van egy felső határamplitúdója is, amely szétosztályozódást okoz.

Az optimumot adó amplitúdó, frekvencia és gyorsulás értékei a gyártmány alakjától, méretétől és az acélbetétek sűrűségétől is függenek.

Felületi betonoknál, amelyeknél a tömör légbuborékmentes felszín is lényeges, a nagy frekvencia célravezető. Tóth [6] szerint a víz-cement tényezőtől függő, előírt minimális gyorsulás KAUFMANN szerinti értékei és a maximális szemcseméret függvényében megadott BRANNBERGER-1'HERMITE-FREYSINNET-féle optimális frekvencia együttesen úgy is értelmezhető, hogy minden szemcsenagysághoz adott minimális amplitúdó tartozik, amely nélkül nem vagy alig jön létre tömörödés. A 10000-20000 Hz frekvencián túl a cementrészecskék is mozgásba jönnek, ezáltal a keverék tömörsége fokozható.

MAUS [11] kicsi betonpróbatesteket állított elő 10000 Hz frekvenciával tömörítve őket. Az általa elért szilárdság 193 MPa volt. BENNET és GOKHALE [12] a gyorsan kötő cementre a szilárdság szempontjából optimális frekvenciát 800 Hz-ben találta. Az így kapott szilárdság 145 MPa volt.

### 3. Vibráció nyomással kombinálva (vibrosajtolás)

Ez a technológia azért kedvezőbb a vibrálásnál, mert a nyomás hat a cementpépre és azokat a részecskéket is tömöríti, amelyekre a vibráció hatástalan kis mértékük miatt. További előnye, hogy a durva adalékot tartalmazó keveréket is lehet hosszabb ideig kitenni így a vibrálás hatásának, mert a szétosztályozódás veszélye nem áll fenn [13]. Ilyen eljárással FREYSSINET készített először ipari méretben távíróoszlopokat [14]. Az általa elért szilárdság 103-124 MPa volt. A szakaszos (pulzáló) nyomás szintén jó eredményt ad. Hatása hasonló a vibráláséhoz.

## 4. Nyomás, sajtolás

A legegyszerűbb tömörítési mód. A legnagyobb probléma, hogy a tömörítés nem arányos a nyomással. Röviddel a kezdeti tömörödés után olyan szakaszba lép az anyag, ahol a légpórusok mintegy bezárulnak és utána igen nagy nyomás szükséges ezeknek a részeckek a tömörítéséhez.

WALZ [15] MPa szilárdságot ért el 10 cm élhosszú kockákon. Az adalék bazaltzualék, a maximális szemnagyság 12 mm volt. A próbatestjeit 4 rétegben tömörített. Minden réteget 30 sec-ig nyomtak meg és a rétegek elkészítése között 30 perc szünet volt. A próbatesteket 2 MPa nyomás alatt tárolták. Párizsban is alkalmaztak hasonló technológiát [16]. Ők 5 MPa nyomáson sajtolták a betont, ez után autoklávolták. Az így elért szilárdságok 90-104 MPa közé estek.

MALINOWSKI [17,18] a SENTAB feszített vasbeton nyomócsövek gyártástechnológiájának fejlesztésére végzett kísérletei során jól záródó sablonokban 3 MPa nagyságú mechanikus nyomással egyidejűleg a betont gyorsgőzölésnek tette ki és 2 órás gőzöléssel 60 MPa, 3,5 órás gőzöléssel pedig 85 MPa nyomószilárdságot ért el. A 28 napos nyomószilárdság 110 MPa, a gőzölés hőmérséklete 100 °C volt.

Malinowski a 3 MPa nagyságú nyomást két módon alkalmazta:

- az érlelés előtt rövid időtartamra, majd 0,03 MPa-ra csökkentve
- az érlelés előtt megkezdve és fenntartva az érlelés tartamán is.

A két módszer nem adott eltérő szilárdságot. A módszer lényegét abban lehet összefoglalni, hogy az 540 kg/m<sup>3</sup> cementtartalmú, 0,38 víz-cement tényezőjű, 12 mm legnagyobb szemnagyságú betont a gőzölés előtti nyomás igen jól tömörítette. A nyomás hatására a víz-cement tényező 0,38-ról 0,31-re csökkent és testsűrűsége 2400 kg/m<sup>3</sup>-ről 2500 kg/m<sup>3</sup>-re nőtt.

Malinowski egy másik kutatása során az érlelés hőmérsékletét 179 °C-ra növelte és — egyébként gyorsérleléssel — az érlelés befejeztével 100 MPa szilárdságot ért el. Ez azonban már az autokláválás hőmérséklete és már be kell tartani a betonösszetételnek az autokláválásra vonatkozó szabályait.

Malinowski kísérletének még egy érdekessége volt. Ezt a gyors szilárdulást anyagában nagyszilárdságú cementtel érte el. A cement ásványi összetétele 66 % C<sub>3</sub>S, 8 % C<sub>2</sub>S, 8 % C<sub>3</sub>A, 8 % C<sub>4</sub>AF és 5 % gipszkő volt. A gyorsgőzölés ellenére nagy volt a cement utószilárdulása. Ez a kísérlet azokat igazolja, akik jó gőzölhetőséget a mérsékelt C<sub>3</sub>A-tartalomban, valamint a C<sub>3</sub>A és gipszkő megfelelő arányában látják.

## 5. Polimerrel impregnált beton

A polimerrel impregnálható betont úgy állítják elő, hogy a szilárd portlandcement-betonba monomert impregnálnak, majd ezt a betonban térhálósítják (polimerizálják). Az impregnáláshoz majdnem kizárólag metil-metakrilát monomert használnak. Számításba vehető még az olvasztott kén (kénbeton).

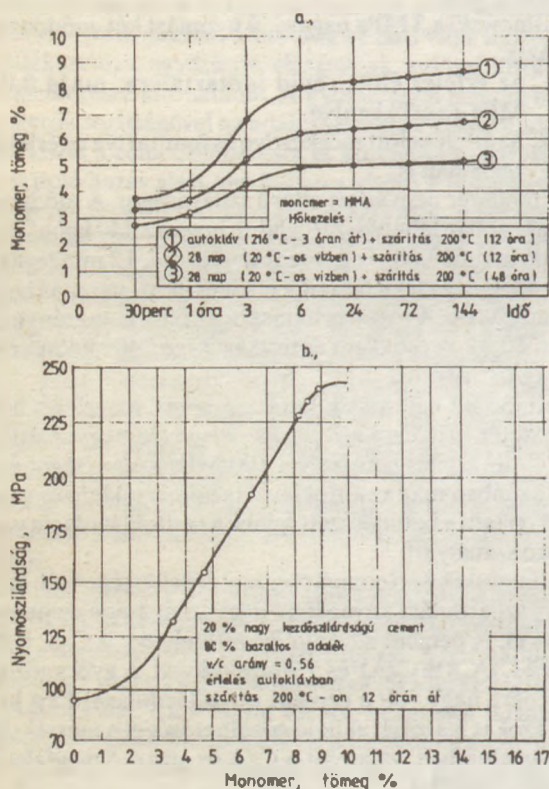


Az impregnálás 3 fő munkafolyamatból áll:

- 1, A beton víztartalmának eltávolítása szárítással, ami rendszerint 24 órán át 150 °C-os szárítást jelent.
- 2, A lehűtött beton impregnálása monomerrel. A teljes impregnálás azt jelenti, hogy az impregnálandó betont az impregnáló edénybe helyezzük, és 1,5 órán át tartó vákuumnak tesszük ki. A vákuum tartama alatt a katalizált monomert beengedjük a tartályba úgy, hogy azt ellepje, majd 2 órán át 0,17-0,35 MPa túlnyomást hozunk létre.
- 3, A monomer polimerizálása azt jelenti, hogy a monomerfelesleget leengedjük, az edényt feltöltjük meleg vízzel. A polimerizálás általában 70 °C hőmérsékleten 4 órán át tart.

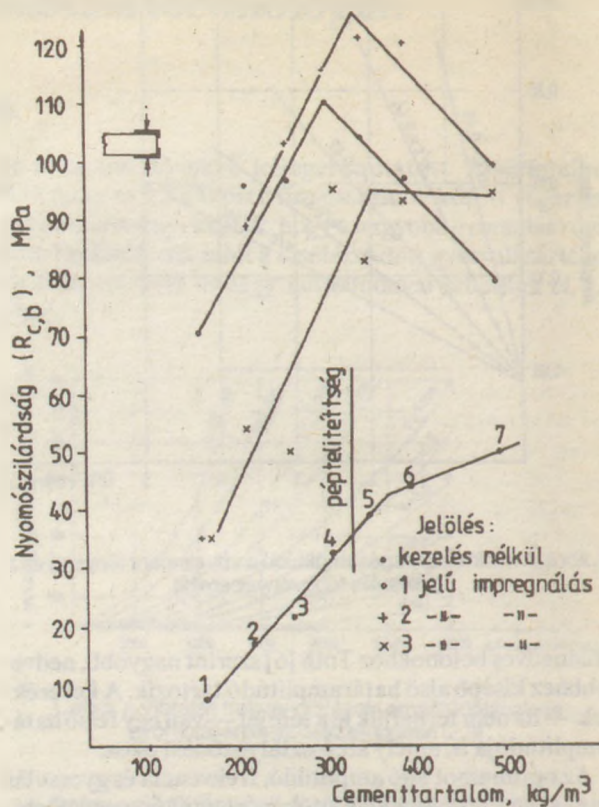
Ha a munkafolyamatból valamit (pl. vákuum, túlnyomás) elhagyunk, akkor az impregnálás kevésbé tökéletes.

A kísérletek azt mutatják, hogy a szilárdságvétel arányos a monomerfelvétellel. RIO és BIAGINI [23] kísérletei szerint a monomerfelvétel függ a beton érlelése és szárítása körülményeitől (4/a ábra), de intenzív szárítás esetén még a nagyszilárdságú beton szilárdsága is 2,5-szeresére nőtt (4/b ábra).



4. ábra. Polimer-felvétel a körülményektől függően (a. ábra) és a nyomószilárdság a polimerfelvétel függvényében (b. ábra) [23]

Az Építőanyagok Tanszéke kísérletei [19,20] szintén egyrészt alátámasztották azt a mások által elért eredményt, hogy a szilárdságnövekmény arányos a monomerfelvétellel, másrészt azt az új eredményt adták, hogy legeredményesebben a péptelített, ill. közel péptelített betont lehet impregnálni (5. ábra).



5. ábra. Az impregnálás hatása a beton nyomószilárdságára [19,20]

A kutatás során a betont — szárítás után — háromféleképpen impregnálták 28 napos korban:

1. A próbatesteket vákuumban telítették MMA-tal, majd a vákuum megszüntetése után a vizet 80-90 °C-ra melegítve polimerizálták.
2. A vákuumban telített próbatesteket eleve 85-90 °C-os vízbe helyezték és úgy polimerizálták.
3. A próbatesteket — vákuum nélkül — 1 napon át MMA-monomerben itatták át, majd 80 °C-os meleg vízben polimerizálták.

A polimerrel impregnált beton tulajdonságait az 1. táblázat [21] szemlélteti. A táblázat adataiból világosan látható, hogy a polimerrel impregnált beton lényege-

1. táblázat

Impregnált felületű betonút tulajdonságai [20]

Tulajdonság	Eredetibetonút	Impregnáltbetonút
Fagyás-olvadási dilatáció 10 ciklusra	m 1500 - 2000	10 - 40
Nyomószilárdság, MPa	21 - 29	59,5 - 84
Hasító-húzószilárdság, MPa	2 - 39	5,8 - 7,3
Kopási ellenállás javulás, %	—	55 - 90
savállóság	gyenge	kiváló



sen eltér az eredeti betontól, olyan új szerkezeti anyag, amely homogén, rendkívül rugalmas, vízzáró, ennél fogva nagymértékben ellenáll a külső és belső hatásoknak, továbbá nagy szilárdsága, viszonylagosan nagy a nyújthatósága és kicsi a kúszása. Tehát elsősorban olyan helyeken alkalmazható, ahol ezek az előnyös tulajdonságok egyben követelmények. Legfontosabb jellegzetessége az, hogy a polimer a beton pórusait lezárja, ennek következtében a betont a fagyással, az olvadással szemben, a vegyi hatásokkal, a sók és vegyszerek behatolásával, a koptatással szemben igen nagy ellenállóképességűvé alakítja át. Ezáltal lehetővé válik, hogy új és meglévő betonok rongálódás elleni védelmét hídpályákon, magasvezetési utakon, járdákon, sav- és lúgálló padozatokon, sótalánító berendezések medencéiben, betoncsövekben, oszlopokon és vízi járművekben polimerizációval oldjuk meg. Új előnyt jelent ez olyan helyen különösen, ahol a karbantartás vagy új szerkezetek letesítése a meghibásodás után a költségek miatt lehetetlen. Előnyös olyan helyen is, ahol rendkívül hosszú élettartamú betonra van szükség.

Összefoglalva: a polimer a cementkő, ill. cementhabarcs tulajdonságaira gyakorolt hatása elsősorban a cementpép-fázisban okozott hatások következménye és nem a pép-adalékanyag határfelületének a megváltozása. A polimer megnöveli a cementkő egységnyi térfogatában lévő szilárd anyag mennyiségét, és egyidejűleg csökkenti a pórusok és mikrorepedések feszültségkoncentráció hatását. Valószínűleg a pórusokban lévő polimer tulajdonsága a legfontosabb az egyes polimer hatékonyasága szempontjából. Ezek a tulajdonságok azonban nem minden esetben tükrözik vissza a tiszta állapotban tapasztalható tulajdonságokat, és attól is függenek, hogy a polimerizálást milyen módszerrel érjük el. A polimer szerkezetének a vizsgálatára az infravörös spektroszkópiát, a telítés teljességének és minőségének a vizsgálatára a lumineszcenciás defektroszkópot tartják a legalkalmasabbnak [22].

A tervezés során figyelembe kell vennünk, hogy egy monomerrel impregnált beton merevsége csak akkor nő valamelyest, ha a duktilitása nem nő, továbbá, hogy a legtöbb polimer 100-200 °C hőmérsékleti tartományban veszíti a szilárdságából, merevségéből, és egyúttal nagyobb a teljes alakváltozása, mint a hagyományos betoné. Ha a tervezés során a szilárdság, a merevség, a duktilitás és a tűzállóság alapvetően fontos szempontok, akkor a polimerrel való impregnálás nem előnyösebb, mint a szálerősítéssel beton alkalmazása, jóllehet a kúszása igen kedvező [23]. Jóllehet a beton hőtágulási együtthatója kb.  $10^{-5} / ^\circ\text{C}$ , a PMMA-é  $10^{-4} / ^\circ\text{C}$ , a telítés után nő meg az impregnált betoné olyan mértékben, hogy a növekmény az impregnált beton élettartamát és megbízhatóságát jelentősen befolyásolná. BAZSENOVA és GORCSAKOV [24] kísérletei szerint az 1:2 összetételű cementhabarcs hőtágulási együtthatója 7,5 % monomerfelvétellel  $15,6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ , a cementkőé 13 % monomerfelvétellel  $17,1 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$  volt.

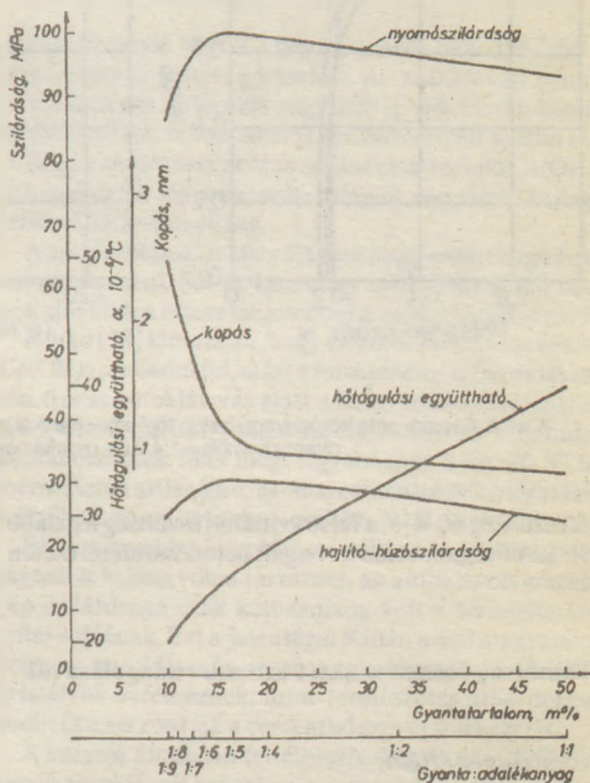
MANNING és HOPE [25] a polimerrel impregnált beton tulajdonságjavító hatásának okait vizsgálva arra a következtetésre jutott, hogy a tiszta polimer tulajdonságai csak bizonytalan mértékben mutatkoznak meg a megszilárdult cementben lévő polimer tulajdonságaiban. Így törési mechanizmusát mind húzásra mind nyomásra még tisztázni kell.

## 6. A polimerbeton

A polimerbeton kőanyaga a mügyanta. Szerkezeti betonnak leggyakrabban epoxigyantát használnak amin (esetleg amid) típusú térhálósítóval, hígítóval, valamint poliészter gyantát, rendszerint peroxid típusú iniciátorral és fém- (általában Co) naftenát gyorsítóval. Mindkét esetben adagolhatnak (rendszerint már a gyanta tartalmazza) módosítószereket.

Továbbiakban az epoxibetonnal foglalkozunk csak.

Epoxibetonok előnyös tulajdonságai: igen nagy nyomó- és hajlító-húzószilárdság, igen jó kopási ellenállás, jó vegyszerállóság, továbbá gyors szilárdulás (28 napos szilárdságukat 2 nap alatt elérik), a beton és az acélbetét közötti tapadás jobb, mint cementbetonnál. Míg amin-típusú térhálósítóval ugyanolyan rideg az epoxibeton, mint a cementbeton, amid-típusú térhálósítóval nő a beton szívóssága. Ezzel szemben hátrány a nagy hőtágulási együttható (6. ábra), igen nagy kötési hő és a cementbeton-

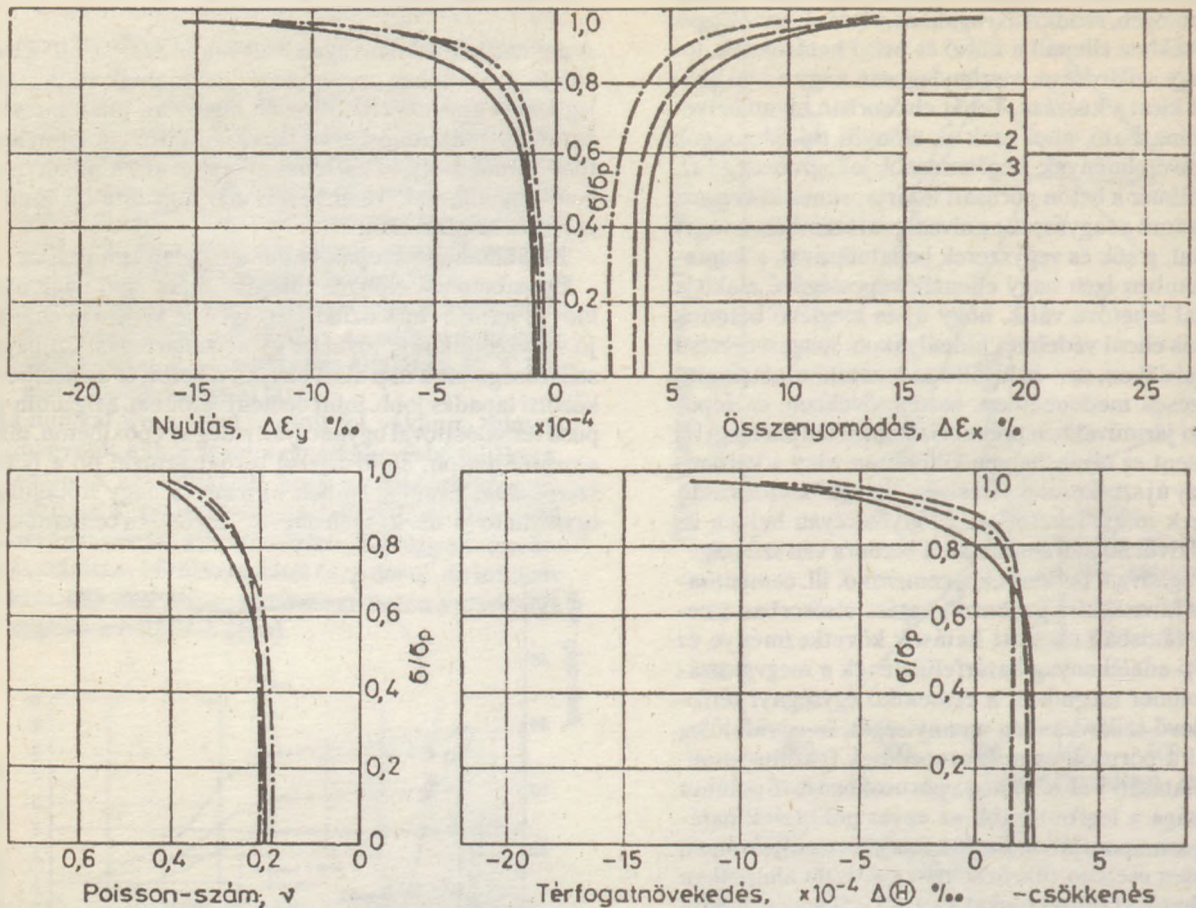


6. ábra. A polimerbeton tulajdonságai a gyantatartalom függvényében. Epoxigyanta+amid típusú térhálósító [31]

nénál sokkalta nagyobb ár, a cementbetonénál nagyobb zsugorodás. Szerkezeti betonnál hátrány a cementbetonénál lényegesen kisebb rugalmassági modulus. A kedvezőtlen tulajdonság csökkentése érdekében a beton gyantatartalmát minimálisra kell csökkenteni. Mivel a túltelített betonban a felesleges gyanta felülzúsz, ezért olyan adalék szemmegoldást érdemes kikísérletezni, amelynek minimális a hézagterfoga. Ehhez képest legyen a beton péptelített, de lehet péphiányos is.

A beton törési jellemzőire a 7. ábra szemléltet példát [26]. Az ábra szerint az alsó kritikus feszültség legalább a





7. ábra. Epoxigyanta kötőanyagú beton törésmechanikai jellemzői. 1. EB 14 jelű epoxigyanta + T2 (amin típusú) térhálósító, gyanta:homok = 1:4 2. ua. gyanta:homok = 1:6 3. ua. gyanta:homok = 1:9 [19,20]

törésfeszültség 60 %-a, a felső kritikus feszültség legalább 80 %-a. A Poisson-szám a vizsgált betonösszetétel esetén 0,2.

## 7. Tömörség fokozása aktív kovasav adagolásával

### 7.1. Szilikapor (FeSi)

A ferroszilícium és a fémszilícium gyártás füstgázaiból leválasztott, 85-98 %  $\text{SiO}_2$ -tartalmú, amorf szerkezetű gömb alakú kb.  $1 \mu\text{m}$  átlagos átmérőjű és  $12\text{-}20 \text{ m}^2/\text{g}$  fajlagos felületű port nevezük szilikapornak, az irodalomban megtalálható még a mikroszilika megnevezés is.

A szilikapor felhasználása a betontechnológiában lehetővé tette az igen nagy szilárdságú betonok előállítását a szokásos betongyártás keretében, különleges szakértelem vagy anyagok használata nélkül [27].

Az általános érdeklődést a szilikapor iránt nem csak az érdeklődés okozza, hogy igen nagy szilárdságú betonokat tudunk segítségével előállítani, hanem az agresszív környezetbe gyártott betonszerkezetek szükségessége, ahol az elsődleges követelmény a tartósság.

A szilikaport betonhoz eleinte a gazdaságosság miatt alkalmazták, mivel korlátozott mennyiségű cement szilikaporttal helyettesíthető kb. 1:0,3 arányban. Jelenleg két fő célra használják a szilikaport:

1. Kis mennyiségű (a cement súlyának 5%-nál kevesebb) szilikaport szokásos építési betonban a beton tulajdonságainak javítására, az összetétel és a gyártási eljárások nagyobb mérvű megváltoztatása nélkül.
2. Nagyobb mennyiségű szilikapor használata a nagy szilárdság és tartósság eléréséhez.

A 2. cél lehetőségeit jól mutatja, hogy már az 1970-es évtized végén sikerült elérni a 300 MPa feletti szilárdságot, párosítva azt az igen nagy kopásállósággal és kémiai hatásokkal szembeni ellenállósággal. Az ilyen termékekhez különleges adalékanyagokra van szükség és az új felhasználási területek eltérnek a hagyományos cement alapú betonokétól.

A szilikapor betontechnológiai hatása a következő [27,28].

a., Javítja a frissbeton tulajdonságait.

- Növeli a friss betonkeverék stabilitását, csökkenti a szétosztályozódási hajlamát,
- Javul a bedolgozott beton felülete,
- Csökken a kivézés veszélye,
- Javítja a beton tixotrop tulajdonságait.



b., *Javítja a megszilárdult beton tulajdonságait.*

A szilikapor a megszilárdult betonra kétféleképpen hat: kémiai úton kötőanyagként, fizikai úton töltőanyagként.

Kémiai hatását azáltal fejt ki, hogy az amorf szerkezet, magas  $\text{SiO}_2$ -tartalom és a nagy fajlagos felület igen aktívvá teszi a cementhidratációnál keletkező kalcium-hidroxiddal szemben, ezért kovasavtartalma reakcióba lép a cement szilárdulása során keletkező  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -dal és CSH-ot alkot. A keletkező CSH fázis morfológiája, összetétele és szerkezete azonban más, mint a klinkerásványokból és a durvább és kevésbé tiszta puccolánokból (pl. pernye) keletkezett CSH-é [28,29]. Ez a CSH növeli a beton szilárdságát.

A kutatások szerint [30] a cement tömegének 24 %-ával egyenlő szilikapor reakcióba lép a cement teljes szabadmész tartalmával, bizonyítva ezzel a szilikapor pucolános reakcióképességét.

*Fizikai hatását* azáltal fejt ki, hogy a kis méret a szilikaport nagyon jó töltőanyaggá teszi, és ezzel CSH egyenletesebb eloszlását szolgálja [31]. A keletkezett igen nagy felületű CSH gélfázis kitölti a beton pórusait és ezáltal mind vízzáróságát, mind korrózióállóságát növeli.

A szilikapor, amelyik még nem lépett a cementtel reakcióba, szintén növeli a tömörséget, mert a cementnél kisebb gömb alakú szemcséi kitöltik a cementpép pórusait.

Kimutatták azt is, hogy a szilikapor nem csökkenti a kötőanyag vízzel szembeni porozitását, de a pórusokat felosztja finomabb pórusokra.

Igy a pucolános reakcióképesség és hézagkitöltő hatás együttesen hozzájárul a javított tulajdonságokhoz.

Azt is kimutatták [32., 33], hogy az orientált kalcium-hidroxid kristályok sávja és a magasabb porozitás hiányzik, és a sűrű masszív cementgél lényegesen növekedni látszik a valódi adalékanyag határáig.

Az, hogy a kémiai vagy fizikai tényező-e a fontosabb, a szilikapor hatásai közül, még tisztázatlan.

A szilikapor tartalmú beton kémiailag agresszív környezetnek jól ellenáll, mert:

1. A pórusszerkezete finom és ezért az ártalmas ionok kevésbé tudnak áthatolni rajta.
2. A kalcium-hidroxid tartalom kisebb, vagy teljesen megszűnik.
3. A reakciótermékek alacsonyabb mész-szilika aránya növeli az idegen ionokkal való egyesülési képességet a szilikátrácsszerkezetben.

A korrózióállósága miatt szabadalmaztatták a szilikapor tartalmú cementet [34,35] korrózióálló cementként. A szilikapor eredeti állapotában koagulációra hajlamos. Ezért szuperplasztifikátorok szükségesek a szilika részecskék eloszlásához, elkerülve így a szilikapor gélszerű elrendeződését.

A SZIKKTI kísérletei szerint a 15 % szilikapor 30-35 %-kal növeli a beton szilárdságát, kielégíti a szulfátálló beton követelményeit, vízzárósága 20-30 %-al jobb, mint az etalon cementé.

Az 1987-ben megtartott "Igen nagy szilárdságú betonok felhasználása" című konferencián arra a következtetésre jutottak, hogy az igen nagy szilárdságú betonokat legegyszerűbben szilikapor és szuperplasztifikátor segítségével lehet előállítani.

A szilikaporral készített beton törési mechanizmusáról nincsenek adataink.

## 7.2. Pernye

A pernyetartalmú cementek (pl. 350 ppc-20) általában ismertek. Széntüzelésű kazánok olyan hamuja használható erre a célra, amelynek az aktív kovasavtartalma lehetőleg eléri a 70 %-ot. Ebben az esetben is érvényesül a kémiai és fizikai hatás, de mivel a pernye cementfinomságú, mindkét hatás, különösen a fizikai hatás jóval kisebb. A cementnek max. 35 %-a helyettesíthető porszenhamuval. A porszenpernyével az igen nagy szilárdság rendszerint nem érhető el.

Az irodalomból [36] tudjuk, hogy a cukornád pernyének szintén nagy a kovasavtartalma. Továbbá saját kísérleteinkből tudjuk, hogy a nád, a rizsszalma pernyéje hasonlóan a sok aktív  $\text{SiO}_2$ -ot tartalmaz, mint a szilikapor, fajlagos felülete is szintén igen nagy. Betonba keverve hatása is várhatóan a szilikaporéval egyezik meg.

## 8. Autoklávolt beton

Autoklávóláson értjük a beton szilárdulását 176-200 °C hőmérsékletű telített gőztérben. Az autoklávolt beton a természetesen szilárduló vagy 100 °C-nál kisebb hőmérsékleten gőzölt betonokkal szemben előnyeit azáltal nyeri, hogy a cement szilárdulása során felszabaduló  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -dal reakcióba lép a betonba adagolt megfelelő fajlagos felületű  $\text{SiO}_2$ -dús anyag.

Autoklávóval is sikerült igen nagy szilárdságú betonokat készíteni. Sőt az igen nagy szilárdságon túli betonok előállítása is lehetséges ezzel a technológiával [37].

Kilián [38] kimutatta, hogy az autokláválás során több  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  szabadul fel, mint a természetes szilárdulás esetén. 6 órás autokláválás alatt a hazai potlandcementpépből 14-16 %  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  szabadul fel, ami kb 75 %-os hidratációmértéknek felel meg. Ugyanakkor a kb. 20 °C hőmérsékleten szilárduló, azonos cementpépek hidratációmértéke 2 hónapos korban csak kb. 50 %-os volt.

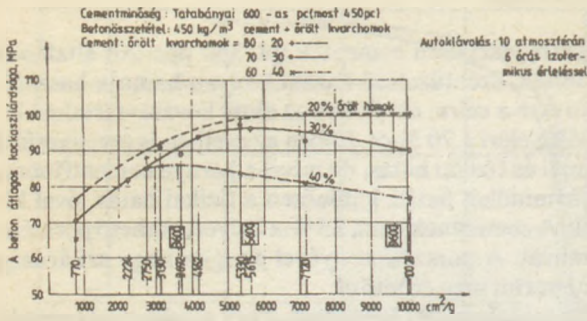
Bár a nagyobb hidratációmértékhez nagyobb szilárdságnak is kellett volna tartoznia, az autoklávolt cementpép szilárdsága csak kétharmada volt a természetesen szilárdulóénak. Ezt a jelenséget Kilián azzal magyarázta, hogy az autokláválás során nagyobb méretű  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  kristályok keletkeznek, mint természetes szilárdulásuk során és ezek rontják a cementkö szövet szerkezetét.

A kutatók általában feltételezik, hogy a nagy  $\text{SiO}_2$  tartalmú autoklávolt betonban a cement hidratációja az elsődleges folyamat, melyet a mészben gazdag CSH-gél és  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  keletkezése jellemez. Mindkét anyag tovább reagál azután a jelenlévő  $\text{SiO}_2$ -dal és Ca- $\text{SiO}_2$  aránytól függően különböző, mészben szegényebb CSH-ok keletkeznek.

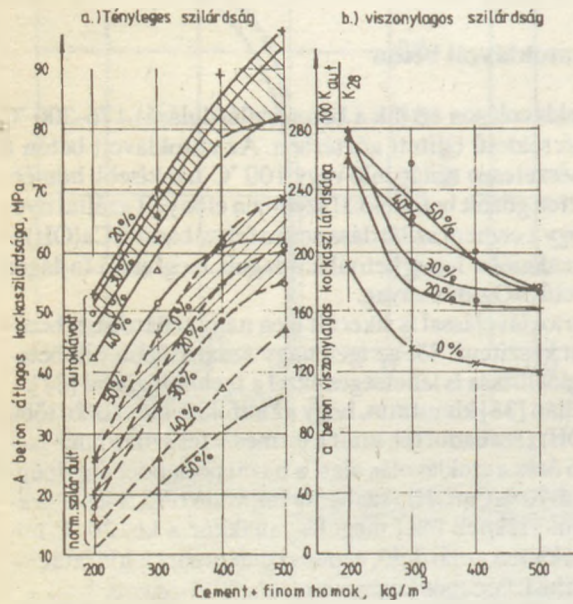
Az autoklávóláshoz legfontosabb kovadús anyagnak a kvarclisztet tekintik. Kilián [38] kísérletei (8. ábra) szerint tatabányai 600-as pc-tel készített beton szilárdsága akkor volt a legnagyobb, ha a cement: homokliszt = 80:20 arányú volt. A kvarcliszt célszerű fajlagos felülete 500-700 m<sup>2</sup>/kg.

Az autoklávolt betonban a cementet és a kvarclisztet együtt kell kötőanyagnak tekinteni. Kilián Tatabányai 600 pc-tel különböző kötőanyagtartalommal a 9. és 10. ábrán bemutatott szilárdságokat érte el. Az ábrákon mind a kötőanyagtartalom, mind az abban lévő kvarcliszt





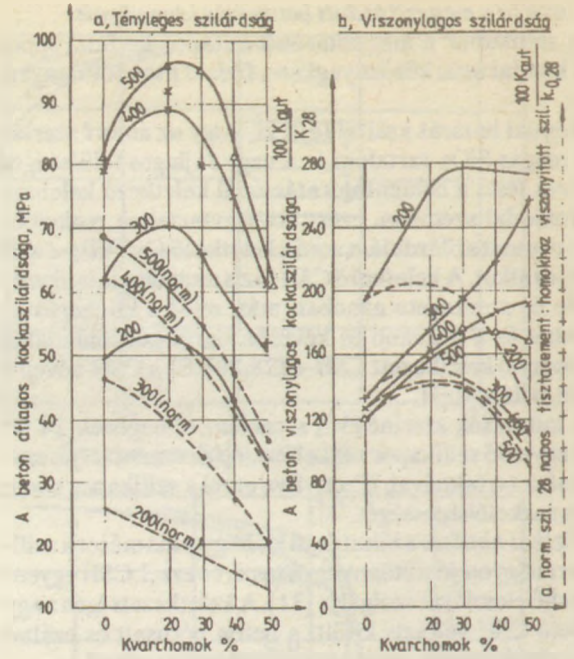
8. ábra. A kvarchomok őrlésfinomságának hatása a beton átlagos nyomószilárdságára [38]



9. ábra. Az őrlött kvarchomok mennyiségének a hatása a beton szilárdságára [38]

Adatok: Autokláválás: 12 atmoszférán 6 órás izotermikus érleléssel. Cementfinomság: Tatabányai 600-as pc (most 450 pc) Cement+őrölt kvarchomok adagolás 200-500kg/m<sup>3</sup>, ezen belül az őrlött homok 0-20-30-40-50% (lásd a diagramokra írt számok) Az őrlött kvarchomok fajlagos felülete: 5231 cm<sup>2</sup>/g. A normálisan szilárduló betont 28 napos korban vizsgálták.

mennyiségének ahatása a szilárdságra jól látható. Összehasonlítással az ugyanazon betonok szilárdulása természetes szilárdulással is megtalálható. Ebből a kvarcliszt nélkülit érdemes összehasonlítani a kvarclisztet tartalmazó autoklávolt betonéval. A beton szilárdsága lényegesen függ a cement fajtájától. A cement MgO- tartalma ne legyen 3 %-nál, szabad CaO-tartalma 1 %-nál több. Legcélszerűbb fejlagos felület 350-400 m<sup>2</sup>/kg. A víz-igényt a cement+homokliszre kell vonatkoztatni, de ez csak 1-2 %-kal nagyobb, ha a homokliszt fajlagos felülete kb. 500 m<sup>2</sup>/kg. Az adalékanyagra ugyanazok a szabályok vonatkoznak, mint a természetes szilárduló betonokra. Kvarc adalékanyag esetén az adalékanyag szerepe a mész-kovászav reakcióban elhanyagolható. Anyag-izsáp



10. ábra. A kötőanyag őrlött kvarchomok tartalmának a hatása a beton tényleges és viszonylagos szilárdságára [a szám a kötőanyag (kvarcliszt, cement) jelenti] [38]

Adatok: Autokláválás: 12 atmoszférán 6 órás izotermikus érleléssel Cementfinomság: Tatabányai 600-as pc (most 450 pc) Cement+őrölt kvarchomok adagolás 200-500 kg/m<sup>3</sup> ezen belül az őrlött homok 0-20-30-40-50% (lásd a diagramokra írt számok) Az őrlött kvarchomok fajlagos felülete: 5231 cm<sup>2</sup>/g Közvetlen autokláválás után vizsgálva.

szennyeződésre az autoklávolt beton érzéketlenebb a természetes szilárdulónál. Valószínű, hogy az agyagásványok is résztvesznek a reakcióban. Az izotermikus érlelés optimális tartama, ha a homokliszt fajlagos felülete 500-700 m<sup>2</sup>/kg, akkor 4 óra. Durvább homoklisztet alkalmazva érdemes növelni az érlelés idejét.

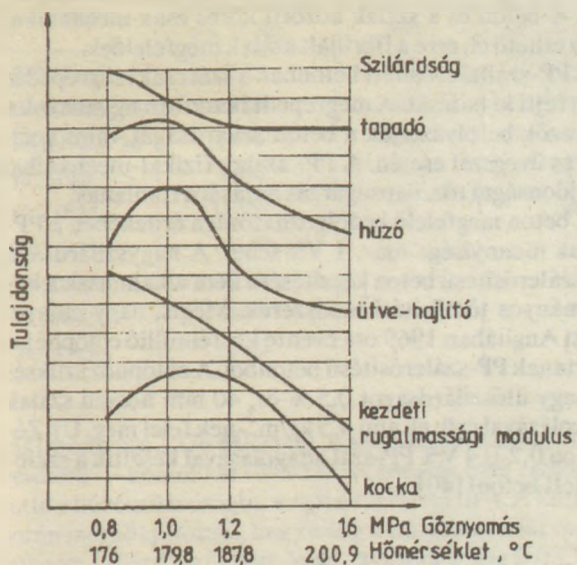
A nagyobb mértékű hidratáció nagyobb tömörséget, (E tulajdonságánál fogva nemcsak a tapadásnövelőnek, de porozitáscsökkentőnek is tekinthető.), ezáltal nagyobb szilárdságot, kisebb vízfelvételt és jobb vízzáróságot eredményez. Mivel autokláválás során hasonló fizikai folyamatok mennek végbe, mint atmoszférikus gőzölés esetén, ezért az ott megismert struktúraromlás autokláválás esetén hatványozottan jelentkezik. Ezt csak a betonösszetétel jó és szilárdulási folyamat megfelelő szabályozásával lehet megelőzni. A 10 óránál hosszabb izotermikus érlelés nem gazdaságos, a 30 óránál hosszabb pedig káros. 6 óránál hosszabb autokláválás esetén már nem volt szabad Ca(OH)<sub>2</sub>, de CSH-oknak szénszavazegényebb hidratokká való átalakulása még folytatódott. Optimális érlelési hőmérsékletnek a 176-200 °C tekinthető.

Kilián [38] vékony csiszolatokon kimutatta, hogy kvarcliszt-tartalmú autoklávolt habarcsok szövetszerkezete egyöntetűbb a természetes szilárdulónál. Az autoklávolt cementkőben a homokszemcsék kerületén sötét tónusú gyűrűket figyeltek meg, amelyeket mész-kovászav reakció által létrehozott kémiai kötással magyaráznak.

Az autokláválás legfőbb eredménye, hogy vele igen nagy szilárdságú beton állítható elő. A fagyállóság romlása — nagy szilárdság ellenére — akkor következik be, ha



szerkezetromlás is van, amit szilárdságvisszaesés is jelez, általában 200 °C-nál nagyobb hőmérsékleten (11. ábra).



11. ábra. A betontulajdonságok változásának jellege az autokláválási gőznyomás függvényében [38]

A hajlító-húzó és a kockaszilárdság viszonya hasonló a természetesen szilárduló betonokéhoz, kb. 0.10. A tapadószilárdság 40-60 %-kal kisebb, mint az azonos cementtartalmú természetesen szilárduló betonoké. Az autoklávolt betonok közelítően a törésig rugalmasan viselkednek, rugalmassági modulusuk kisebb, mint az azonos kötőanyagoké. Az izotermikus érlelés növelésével csökken az autoklávolt beton rugalmassági modulusa, legnagyobb a 20 % kvarcliszt tartalmú betonoknak volt.

Autoklávolt betonok törési mechanizmusára még nincs adatunk.

## 9. Szálerősítésű beton

WISCHERS [39] rámutatott arra, hogy valamely építőanyag teherbírása háromféleképpen fokozható:

- szilárdság fokozása,
- a töréshez szükséges energia növelése ( $\sigma$ - $\epsilon$  diagram alatti terület)
- a szívósság fokozása által.

A cementkő és beton erősítésére legalkalmasabbak nagyszilárdságú és törésig rugalmas szén-szálak (de egyelőre igen drága), aramid-, azbeszt- és üvegszálak, valamint acélszálak.

Cementkő és beton erősítésére szórtszálal erősítést használnak. Az erősítő anyag szakadó nyúlása mindig nagyobb, mint az erősítendő anyagé. Szórtszálal erősítéshez igen vékony szálakat használnak fel, ezáltal a repedések sűrűek és szélességük kicsi.

A cementkőben és betonban lévő szálakban a repedés helyén nagy feszültségcsúcsok lépnek fel, amit a szívós anyagok (acél, szívós műanyagok) képesek leépíteni. Ezért különösen az erősített anyag ütőmunkabírása nő meg [20].

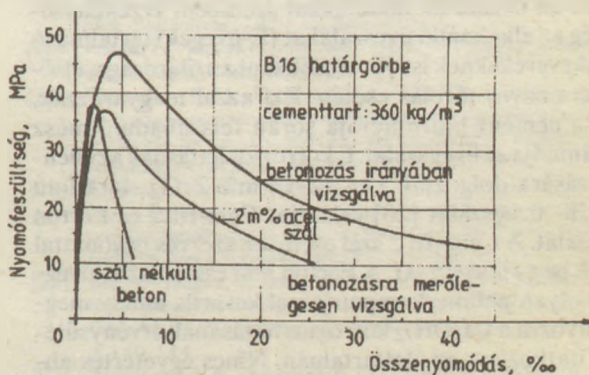
## 9.1. Acélszálerősítésű beton

Eddigi kísérletek és tapasztalatok szerint az a kritikus szálhossza, amelynél repedésképződés esetén a szál nem húzódik ki, legalább 300d ( $d$  a szálmérő). Mivel gyakorlatban 0,25 és 0,5 mm átmérőjű szálakat gyártanak, a kritikus hossza min. 75 ill. 150 mm lenne. A betonkeverék bedolgozhatóságának (hagyományos módszerekkel) az a feltétele, hogy a kritikus hossz legfeljebb 100d legyen, ehhez javítani kell a kötési viszonyokat. Próbálkoztak rovátkolt és hullámosított, meggörbített végű, megvastagított végű [40] stb. szálakkal. Mindezideig azonban nem sikerült olyan rövidszálal megoldást kidolgozni, amelyben szákihúzóadás ne következne be.

A kereskedelemben kapható acélszálak és megfelelő betonösszetétel esetén 2 V% szál megfelelőnek látszik a bedolgozhatóság és a szálösszetapadás minimális kockázatával. Leggyakoribb az 1 V%-os adagolás, ami kb. 80 kg/m<sup>3</sup> szálnak felel meg. A cementtartalom elég nagy (350-550 kg/m<sup>3</sup>), az adalékanyag legnagyobb szemnagysága 10 mm. A szálak adagolására külön berendezés kell, míg a beton a hagyományos keverőkben megkeverhető.

Legfontosabb a beton hajlító-, húzó-, nyíró-, ütve-hajlító szilárdsága. A várható összefüggések már eléggé tisztázottak.

BONZEL és SCHMIDT minden részletre kiterjedő kísérletei szerint kedvező szálorientáció esetén a nyomószilárdság 15 %-kal, a hajlító-húzószilárdság max. 90 %-kal nőhet. Kedvezőtlen szálorientáció hatását szemlélteti a 12. ábra.



12. ábra. A szálorientáció hatása a - diagramra [41]

Legnagyobb mértékben az ütve-hajlító szilárdság nő.

Hibájául róják fel az acélszálak korrózióveszélyét. A gyakorlat szerint előfordulnak ugyan felületi foltosodások hiányos felületképzés esetén, de tömör betonban a nagy cementtartalom annyira késlelteti a korróziót, hogy a rozsdásodás nem jelent komoly veszélyt. Rozsdamentes acél használata csak különleges esetben (pl. tűzálló beton) gazdaságos.

Felhasználási területei:

- nehéz és könnyű teherbíró födécek ipari és kereskedelmi épületekhez [42]
  - változó sikerrel vízepítési létesítményekhez:
  - gátak, árapasztó csatornák, zsilipfolyosók
- Bebizonyosodott kavítációval és hordalék mozgással szembeni nagy ellenállóképességük. Ujjélandban görge-



tegmogásnak kitett betoncsatornát jevitottak acélszál-erősítésű betonnal [40].

- Ferrocementtel kombinálva (legnagyobb szem-nagyság 4 mm) hajóépítéshez és más vékonyfalú szerkezetekhez használják
- Vasbetonnal kombinálva (csökkentve a hagyományos vasszerelés mennyiségét) előnyös földrengés-biztos csomópontok készítésére [40].
- Nagy tömörségű betoncsövek repedésbiztonságának fokozására (SENTAB-cső Szentendrén)
- Különösen alkalmas lövellt betonhoz (vágatbiztosítás bányában, meghibásodott-, vasbetonszerkezetek javítása, vízepítési szerkezetek javítása [43,44], kupolaalakú építmények készítésére [40]).

### 9.2 Acélszál-erősítésű cementkő

Az USA-ban kifejlesztettek cementpéppel telített acélszál-erősítésű betont (SIFCON). Ezt úgy készítik, hogy az acélszálakat előre elhelyezik a zsaluzatban, majd hézagait cementhabarccsal töltik ki. Az acélszál elérheti a 18 %-ot is, és a szálak többnyire irányítottak lehetnek. Nagy lesz a beton repedésállósága, hajlító-húzószilárdság elérheti a 20, a nyomószilárdság a 200 MPa-t [45]. Utóbbit a keresztirányú alakváltozás korlátozása révén.

### 9.3 Üvegszál-erősítésű beton

Az üvegszál-erősítésű beton elterjedését hosszú időn át gátolta az üveszálak alkáliakkal szembeni érzékenysége. Még az alkáliaálló üveszálakat (E-üvegek) tartalmazó betonkeverékeknek is idővel csökkent a szilárdsága, elsősorban nedves tárolás esetén. Ezt azzal magyarázzák, hogy a cement hidratációja során felszabaduló mészmegtámadja az üvegszálakat. E korróziós hatásnak az ellensúlyozására dolgozták ki a 12-14 m% ZrO<sub>2</sub>-tartalmú Cem-fil- üvegszálakat [20] valamint Cem-fil 2 és Forton üvegszálakat. A Cem-fil 2 szál esetében szerves bevonattal vonják be az üvegszálakat. A Forton szál esetében az E-üvegszálakat olyan polimerkomponenssel keverik, amely megakadályozza a Ca(OH)<sub>2</sub> korróziós hatásának érvényesülését. Vitatkoznak az élettartamán. Nincs egyetértés abban, hogy elsődleges teherhordó szerkezetek anyagaként alkalmas lesz-e, de másodrendű teherviselő szerkezetekhez mindenképpen.

Uj-Zélandon a szokásos keverési arány:

*kézi bedolgozással:* cement:homok:víz = 10,4:3,5 valamint 3,5% üvegszál

*lövellő eljárás:* cement:homok:víz = 3:1:1 valamint 5V% üvegszál

Lövellő eljárással előállított szerkezetek:

- bennmaradó zsaluzatok
- egy-, két-, vagy többretegű térelhatároló vagy burkoló panelok
- tartályok
- csővezetékek
- homlokzatképzések stb.
- szabadtéri burkolatok

### 9.4. Polipropilénszállal (PP) erősített beton

A PP-szál gyártható körkeresztmetszetű monofil vagy fibrillált formában. A betonnal szemben teljesen közömbös. A beton és a szálak közötti kötés csak mechanikai úton érhető el, erre a fibrillált szálak megfelelőek.

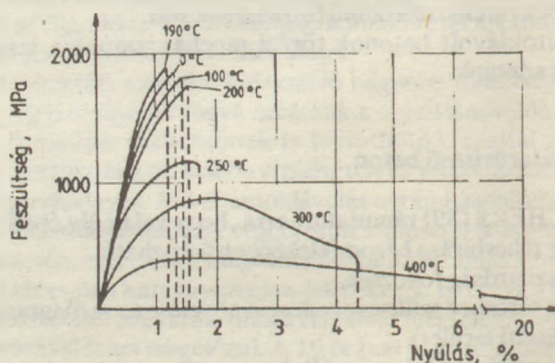
A PP-szállal erősített betonban a szál csak megrepedés után fejti ki hatását. A megrepedt betonban ugyanazok a tényezők befolyásolják a beton szilárdságát, mint acélszál és üvegszál esetén. A PP-szálak fizikai-mechanikai tulajdonságai tűz, napugárzás hatására romlanak.

A beton megfelelő bedolgozhatósága érdekében a PP-szálak mennyisége max. 1 V% lehet. A nagyszilárdságú PP-szál-erősítésű beton készítésére nem alkalmasak a hagyományos tömörítési módszerek. Mégis, nagy előnyei miatt Angliában 1969 óta évente kb. félmillió cölöphéjat gyártanak PP-szál-erősítésű betonból. A cölöphöz szükséges nagy ütőszilárdságot 0,5 %-os, 40 mm hosszú szálak adagolásával érik el, ami 4,5 kg/m<sup>3</sup>-nek felel meg. Uj-Zélandon 0,2-0,4 V% PP-szál adagolásával készítik a szálerősített betont [40].

### 9.5. Fémüvegszál erősítésű beton

Az irodalomban az olvadékból többnyire a gyorsítással előállított amorf szerkezetű ötvözeteket nevezik fémüvegnek vagy üvegfémnek. Ezeknek a szerkezete és tulajdonságai lényegesen különböznek a szokásos poli- vagy egykristályos fémektől.

Az építőipari felhasználás szempontjából előnyös, hogy csak vékony (30-100 μm) szalag vagy huzal formájában állíthatók elő. Hátrányuk, hogy termikusan instabilak, azaz néhány száz °C hőmérsékleten kristályosodnak és elvesztik amorf állapotban meglévő előnyös tulajdonságaikat (13. ábra).



13. ábra. Pd80Si20 fémüveg - diagramok hőmérsékletfüggvénye [48]

Szálerősítésű anyagként igen fontos nagy szilárdsága, amely keresztirányban és hosszirányban közel azonos és nagy szilárdság nagy szívóssággal párosul. Néhány fémüveg jellemző tulajdonságát a 2. táblázat szemlélteti. [46]

Argon, Hawkins, és Kuo, [47] Fe<sub>20</sub> Ni<sub>40</sub> P<sub>14</sub> B<sub>6</sub> Si<sub>2</sub> szállal kísérletezett. A szálak korrózióállóak, részben a habarcs összetétele miatt is. A szálak keresztmetszete = 0,53-0,078 mm<sup>2</sup>, húzószilárdsága 2300 MPa, rugalmas-



Fémüvegek szilárdsági jellemzői

Összetétel	Vickers keménység, N/mm <sup>2</sup>	Húzószilárdság MPa	Rugalmassági modulus, GPa
Pd77Cu6Si17	4550	1570	93
Pd64Ni16P20	4520	1600	94
Pd16Ni64P20	5410	1800	106
Pt75P25	3440	—	93
Co75P25	11550	—	180
Fe75B25	13140	—	179
Nb50Ni50	8930	—	132
Zr50Cu50	5800	—	85
Ti50Cu50	6100	—	100

sági modulusa 1276 MPa volt. A szálakat — a tapadás növelésére — homokkal fúvatták. A fúvás nem csökkentette a húzószilárdságot, a szál nem ridegedett. A kutatás során megállapították, hogy amíg a szálgeometriát vagy a habarcs szilárdságát nem lehet javítani, addig 0,03 V%-nál többet nem célszerű keverni a habarcsba. A 0,01 V% fémüvegszállal erősített habarcs fajlagos törési mutatója is kb. 2000-szerese volt az erősítetlen habarcsének.

A DUTÉP-nél [48] Fe<sub>74</sub>Cr<sub>6</sub>B<sub>14</sub>Si<sub>6</sub> fémüvegszállal kísérleteztek, amelyet (0,5-2) V%-ban adagoltak a habarcsba. Az előkísérletek alapján a vágott szálakat biztonságosan tartják a cementkő tulajdonságainak várt kedvező javítására, ha a fémüvegszál minőségegyenletessége jó lesz, és egyes szálak törékenységét megszüntetik. A szálakat a KFKI-ben állították elő.

Lehetőség van természetes szálakkal erősített beton előállítására is, de mivel az így elérhető szilárdság nem esik az igen nagy szilárdságú betonok szilárdsági tartományába ezek tárgyalásától eltekintünk.

## 10. Összefoglalás

A tanulmány - az irodalom alapján - összefoglalja azokat a módszereket, amelyekkel igen nagy szilárdságú (minősítési értéke 60 MPa-nál nagyobb) betonokat elő lehet állítani.

Ezek közül a tömörség fokozásának módszerei: intenzív vibrálás, vibrosajtolás, impregnálás, aktív kovásvartartalmú anyagok adagolása. A tapadás növelésének eszközei: autokláválás, cement helyett műgyanta kötőanyag. Az autokláválás egyben a tömörséget is fokozza. A repedések meggátlásával a szilárdság növelésének lehetősége, a rostbeton.

## Irodalom

- [1] Nasser, George D., "Are We Headed Towards Very High Strength Concretes?" Concrete Products, V. 70, No. 10, Oct 1967, pp. 53/54.
- [2] Davies R. D.: Some experiments on the compaction of concrete by vibration. Magazine of Concrete Research, 1951. 12. p. 71.
- [3] Plowmann, N.: Vibrated concrete. Journal of the American Concrete Institute, 1954. march p. 597.
- [4] Plowmann, N.: The influence of variables in the vibration concrete. Concrete Products V. 27. No. 9. Sept 1953.
- [5] Washa G. W.: Vibration practices in pipe, precast and block manufacture. Journal of the American Concrete Institute, 1953 jun p. 945.
- [6] Tóth F.: Építőelemek sorozatgyártása, Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1962. 224. old.
- [7] l'Hermite A.: Essai de theorie sur le vibration du beton. Travaux 1944.8.
- [8] l'Hermite A.: Idées actuelles sur la technologie du beton. Bulletin, Paris 1954
- [9] Freysinnet E.: Cinquante ans du beton arme. Travaux, 1943. 5.
- [10] Cusens S.: The influence of amplitude and frequency in the compaction of concrete by table vibration. Magazine of Concrete Research, 10. (1958) 29, p. 79/86.
- [11] Maus S.: Highly Compacted Layers of Cement Paste, Zement Kalk Gips, oktober 1958.
- [12] Bennet, E. W. - Gokhale, V. G.: Some experiments on the compaction of cement paste mortar and concrete by vibration of different frequencies. Indian Concrete Journal, Vol. 41, November 1967 pp. 421-428.
- [13] Carrasquillo R. L.: Production of High Strength Pastes, Mortars and Concretes. Very High Strength Cement-Based Materials, Symposium Boston, 1984. Materials Research Society Symposia Proceedings Vol. 42.
- [14] Harris A. J.: High-Strength Concrete: Manufacture and properties. The Structural Engineer, Vol. 47, No. 11. November 1969, pp 441-446.
- [15] Walz K.: The Production of High Strength Concrete The Cement Marketing Limited, London, June 1966, pp. 7. Translation Tec. 2037/R39.
- [16] l'Hermite A.: Idées actuelles sur la technologie du béton. Bulletin, Paris 1954
- [17] Malinowsky R.: Beschleunigung der Wärmebehandlung des gepressten Betons in dichtgeschlossenen Formen. Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg 1963
- [18] Malinowskij, R.E.: Uszkorenznaja tyeplovaja obrabotka vüszokoprocnoego betona b zaknütih formah. Konferencija RILEM, Moszkva, 1964.
- [19] Balázs Gy. - Kovács K.: Az impregnálás hatása a beton szilárdságára. Építőanyag: 1979, 12, 466-476.
- [20] Palotás L. - Balázs Gy.: Mérnöki szerkezetek anyagtan 3. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1980.
- [21] Bazsenkov, Ju.M. - Ugingusz, D.A. - Ulityina, G.A.: Betonpolimer matyeriali i nyekatorije prszpektivi iszpolzovanyija ih v vodakazjajsztvennom sztroityelszive. Trusi Insztyituta "Vodglo" Hidrotehnika, Vipuszk 55. Moszkva, 1975, 5-16.
- [22] Bazsenkov, Ju.M. - Kurcsaja, V.V. - Olgonszkij, A.G. - Szpirin, Ju.A. - Ugingusz, D.A.: Isszledovanyije sztkutnih oszobennosztyej betonpolimernih matyerialov. Trudi Insztyituta "Vodgeo" Hidrotehnika, Vipuszk 55. Moszkva, 1975, p. 61-73.
- [23] Rio, A. - Biagini, S.: Recent proress in the field of polimer impagnated paste and mortar. First International Congress on Polymer Concrete, 1975. Megjelent: Építési Kutatási Fejlesztés, 1976, 3-4. p. 140-144.
- [24] Bazsenova, V.N. - Gorcsakov, G.J.: Ytemperaturnie gyeformacii betonpolimernih matyerialov. Trudi Insztyituta "Vodgeo" Girotyehnika, Vipuszk 55. Moszkva, 1975, pp. 58-61.
- [25] Manning, D.G. - Hope, B.B.: The role of the polymer in polymer impregnated paste and mortar. First International Congress on Polymer Concretes, London, 1975. Megjelent: Építési és Kutatás-fejlesztés, 1976, 3-4. p. 140-144.
- [26] Balázs Gy. - Csillag L. - Szegő J.: Szerkezeti epoxibeton Építőanyag, 1980.
- [27] Sellevolk, Erik J.: The Funktion of Condensed Silica Fume in High Strength Concrete, Utilization of High Strength Concrete, Symposium in Stavanger, Narway 1987.
- [28] Utijelentés a norvég Elkonals cég Kristiand-i Fiskaa Vörk nevű vállalatnál tett látogatásról. Ötvözetgyár. Salgótarján, 1984. X. 15.
- [29] Mehta, P.K.: "Condensed Silika Fume" in Concrete. Technology and Design: Vol 3. Cement Replacement Materials, ed. R. N. Swamy, Surrey University Press.
- [30] Sellevold, E. J. - Bager, O.H. - Klitgaard Jensen, K. and Knudsen, T., 1982: "Silica Fume-Cement Pastes: Hydration and Pore Structure". Report BML 82.610. The Norwegian Institute of Technology, Trondheim, Norway.
- [31] Balázs Gy.: Építőanyagok és kémia. Tankönyvkiadó, Budapest, 1984.



- [32] Diamond, S., 1984, "Scientific Basis for the Use of Microsilika in Concrete". Sao Paolo, Brazil lecture. Available Elkem Chemicals, Kristiansand, Norway.
- [33] Dingsoyr, E. - Mosberg, T. and Young, J.F.: "Influence of Aggregates on the Strength and Elastic Modulus of High Strength Mortars Containing Microsilika". Materials Research Symposium Proceedings, Vol. 42. 1985.
- [34] Opotczyk L.: SZIKKI-ben kifejlesztett különleges cementek. BME Építőanyagok Tanszéke Tudományos Közlemények 36. KÖZDOK, Budapest, 1988.
- [35] Magyar Szabadalom 2840-85.
- [36] Blomed, J.P.: Différents moyens d'activation des matériaux potentiellement-puzzolaniques Application aux liants chaux-puzzolane. 8th International Congress on the Chemistry of Cement Communications Theme 3, Vol. IV. pp. 66-73.
- [37] Tognon, G. - Ursella, P. - Coppetti, G.: Design and Prosperitas of Concretes With Strength Over 1500 kg/cm<sup>2</sup>. Journal of the American Concrete Institute 1980 May-June 1980 pp. 171-178.
- [38] Kilián J.: Nagyszilárdságú autoklávbetonok, Kandidátusi értekezés, Budapest 1963.
- [39] Wischers, G.: Faserbewerter Beton. Betontechnische Berichte, 1974. pp. 45-70.
- [40] Steel fibre reinforced concrete (SFRC) Glassfibre reinforced cement (GRC) New Zealand Concrete Construction, Wellington 1985, 5 pp 9-12 1985, 5 pp 7-8
- [41] Bausch, D.: Stahlfaserbeton für den Stollen- und Strassenbetonbau. Beton, 35, 1985, 1, pp 17-19.
- [42] Acélszál erősítésű beton. Fibresteel Factsource, 1986, 1. (ÉTK 86/23)
- [43] Hahlhege, R. - Kräling, H.: Stahlfaserspritzbeton für die Instandsetzung von Wasserbauten. Beton, 35, 1986, 9, pp 338-340.
- [44] Schröder, M.: Faser Mörtel für Instandsetzungsarbeiten. Beton, 35, 1986, 9. pp 338-340.
- [45] David R.: Slurry Infiltrated Fiber Concrete (SIFCON): Prosperitas and Applications. Very High Strength Cement-Based Materials, Symposium, Boston 1984.
- [46] Konczos G., Tompa K., Varga L.: A fémtüveg gyakorlati felhasználása KFKI 1982-22.
- [47] Argon, A.S. - Hawkins GW. - Kuo, H.Y.: Reinforcement of mortar with Metglas Fibres. Journal of Material Science 1979, 14 pp. 1707-1716.
- [48] Magyarai B.: Fémtüveg szál építőipari kutatás összefoglaló részjelentése, 1986.

### **Balázs, György - Tóth, János: Production Technologies of Extraordinary High-strength Concretes**

### **Balázs, György - Tóth, János: Herstellungsverfahren hochfester Betone**

Балаж, Дь. - Тот, Я.: Технологии производства бысокпрочных бетонов



# A beton nyomószilárdságának előbecslése és összetételének tervezése I. rész

Ujhelyi János

Építéstudományi Intézet, Budapest

Ez a tanulmány az Építőanyag 1988.2. (pp 54-62) és 3. (pp 81-90) számaiban megjelent, a betonkeverék vízszükségletét, ill. az adalékanyag tömörségét és pépigényét tárgyaló dolgozatokhoz kapcsolódva ismerteti az Építéstudományi Intézetben mintegy 10 éven át végzett vizsgálatok eredményeit, az eredmények értékelését és az ennek alapján kidolgozott betonösszetétel-tervezési eljárást. Összehasonlítja a különböző szilárdságbecslő képletekkel kapott eredményeket, vizsgálja a beton tömörségének a hatását a nyomószilárdságra, megadja a cementkötésű keverékek teljes tartományára (a minimális cementtartalmú keverékektől a cementpépig bezárólag) illeszkedő függvények állandói meghatározásának a módját. Megállapítja, hogy a péptelítettségtől függően a cementkötésű keverékek három tartományát kell megkülönböztetni: a telítetlen betonkeverékeket, a telített és túltelített betonkeverékeket és végül a cementpép-jelle-gű keverékeket; e három tartományban a szilárdság becs-lésére eltérő függvények érvényesek.

A dolgozatot, terjedelme miatt, folytatásokban adjuk közre.

## 1. BEVEZETÉS

A beton és vasbeton szerkezetek méretezéséhez kezdetől fogva alapjellemezőként a beton nyomószilárdsága szolgált. Így volt ez már a XIX. században, amikor a statikai számítás még a megengedett feszültségen és az egységes biztonsági tényezón alapult s bár azóta egymás után vezették be az osztott biztonsági tényezőt, majd a törési biztonság, később a határállapotok módszerét, a legutóbbi időtől kezdve pedig már az elegendő biztonságot a valószínűségi elméletet felhasználva a komplex költségek minimumával definiálják [1], mégis változatlanul a nyomószilárdságot tekintjük a beton legfontosabb jellemzőjének. A változás legfeljebb annyi, hogy az átlagos nyomószilárdság helyett valamely valószínűségi szinthez tartozó küszöbértéket kísérünk meg figyelembe venni s ennek meglétét matematikai-statisztikai módszerekkel ellenőrizni.

A nyomószilárdság elsődleges szerepének főleg vizsgálat-technikai magyarázata van: viszonylag egyszerű módszerekkel, viszonylag kis költséggel lehet nagy számban próbatesteket készíteni s ezeket aránylag egyszerű módon lehet megvizsgálni. A módszer egyszerűsége miatt várható pontatlanságokat, hibákat sok próbatesttel és megismételt vizsgálatokkal lehet ellensúlyozni annak érdekében, hogy kielégítő becslésre alkalmas stochasztikus összefüggéseket állapíthassunk meg.

A század második harmadától kezdve azonban a nyomószilárdság mellé számos egyéb követelmény, mint pl. a fagyállóság, a vízzáróság, a kopásállóság, korrózióállóság, a korlátozott repedés, a csekély kúszás és zsugorodás, stb. társult, amelyek mindegyike befolyásolja a te-

herbíróképességet és a tartósságot. Valamennyi különleges tulajdonságot megkíséreltük a nyomószilárdságból becsülni, közismertek a nyomószilárdság-húzószilárdság, nyomószilárdság-rugalmasági modulus, stb. össze-függésére kidolgozott képletek, amelyek azonban csak nagyvonalú becslésre alkalmasak. Pedig ezekről a tulajdonságokról egyre inkább kiderül, hogy legalább olyan ha nem nagyobb jelentőségűek, mint a nyomószilárdság.

A különböző tulajdonságok számításának a nyomószilárdságból levezetett függvényei azért nem kellően megbízhatók, mert a betonösszetétel (amelybe beleértendő az alapanyagok fajtája, minősége, mennyisége, a keverék bedolgozhatósága és a készítés módja) a különböző tulajdonságokat eltérő módon befolyásolja, továbbá a szakirodalom adatai és a gyakorlati tapasztalatok azt igazolják, hogy ma még a nyomószilárdságot befolyásoló tényezők hatása sem teljesen ismert. Ennek a dolgozatnak az a célja, hogy a bizonytalanságok feltárása, az ellentmondások feloldása érdekében összefoglalja az Építéstudományi Intézetben az elmúlt évtizedben végzett vizsgálatok eredményeit.

A dolgozat első részében a nyomószilárdság meghatározására általánosan alkalmazott szilárdságbecslő képleteket elemezzük.

## 2. ALKALMAZOTT JELÖLÉSEK

Tömeg adatok:

$m_c, m_w, m_a$  = a betömörített friss beton tényleges cement-, víz- és adalékanyag-tartalma,  $kg/m^3$

$m_{cp}, m_{wp}$  = a cementpép tényleges cement- és víztartalma  $kg/m^3$

$m'_c, m'_w, m'_a, m'_{cp}, m'_{wp}$  = a tökéletesen tömörített betonra átszámított tömeg adatok (az előző sorrendben),  $kg/m^3$

Térfogat-adatok:

$V_c, V_w, V_a$  = a cement, a víz és az adalékanyag tömörített térfogata a betömörített friss betonban,  $liter/m^3$ . Számításuk a hazai átlagos cementekre az (1), a hazai homokos kavicsokra (2) és a vízre a (3) függvény szerint

$V_p$  = a betömörített friss betonban a cementpép tényleges térfogata a (4) szerint,  $liter/m^3$

$V_{po}$  = adott konzisztencia mellett a felhasznált adalékanyag pépigénye,  $liter/m^3$  (bővebben [2])

$V_{ao}$  = adott konzisztencia mellett bedolgozható adalékanyag-térfogat,  $liter/m^3$  az (5) szerint

$V_l$  = a betömörített friss beton tényleges összes levegőtartalma,  $liter/m^3$ , a (6) szerint

$V'_c, V'_w, V'_a, V'_p$  = a tökéletesen tömörített betonban a cement, a víz, az adalékanyag és a cementpép térfogata,  $liter/m^3$

$\Delta V'_p$  = a tökéletesen tömör beton péptartalmának és a felhasznált adalékanyag pépigényének a kü-



lönbsége, liter/m<sup>3</sup>, a (7) szerint  
 ha  $\Delta V'_p < 0$ , akkor a beton telítetlen, mert  $V'_p < V_{po}$   
 ha  $\Delta V'_p = 0$ , akkor a beton telített, mert  $V'_p = V_{po}$   
 ha  $\Delta V'_p > 0$ , akkor a beton túltelített, mert  $V'_p > V_{po}$

$V_{1b}$  = a hiányos tömörítés okozta levegőtartalom a bedolgozott friss betonban, liter/m<sup>3</sup>  
 ha  $\Delta V'_p \leq 0$ , akkor számítása a (8) szerint  
 ha  $\Delta V'_p \geq 0$ , akkor számítása a (9) szerint

Cement-jellemzők:

$R_c$  = a cement MSZ 523 szerint vizsgált szabványos kötőereje, N/mm<sup>2</sup>

$w_c$  = adott konzisztenciájú cementpép vízigénye, tömegrész (bővebben [3], ill. (34) szerint)

$R_p$  = a cementpépből készített próbatestek nyomószilárdsága, N/mm<sup>2</sup>

$x_p$  = a cementpép víz-cement tényezője

$\rho_c$  = a cement sűrűsége, g/cm<sup>3</sup> (a hazai átlagos cementekre  $\rho_c = 3,1$  g/cm<sup>3</sup> vehető fel)

$S$  = a cement Blaine-féle fajlagos felülete, m<sup>2</sup>/kg

Adalékanyag-jellemzők:

$m$  = finomsági modulus (ISO-A szitasorozaton vizsgálva)

$U$  = egyenlőtlenégi együttható, (bővebben [2])

$D$  = legnagyobb szemnagyság, mm

$w_a$  = adott konzisztenciához az adalékanyag vízigénye, tömegrész, homokos kavicsra a (33) szerint (bővebben [3])

$\rho_a$  = az adalékanyag sűrűsége, g/cm<sup>3</sup> (homokos kavicsra átlagosan:  $\rho_a = 2,65$  g/cm<sup>3</sup>)

Beton jellemzők:

$x$  = víz-cement tényező a (10) szerint

AFN, FN, KK, K, F, Ö = alig földnedves, kissé képlékeny, folyós és önthető konzisztenciák betűjelei

$k_s$  = vibrálási időigény, s (bővebben [3])

$k_{CF}$  = tömörítési tényező

$\gamma_r$  = a bedolgozott friss beton testsűrűsége, kg/m<sup>3</sup>

$\gamma_t$  = a beton testsűrűsége a vizsgálat időpontjában, kg/m<sup>3</sup>

$R$  = a beton tényleges (mért) nyomószilárdsága, N/mm<sup>2</sup>

$R_o$  = a beton nyomószilárdsága  $V_{1b} = 0$  mellett, N/mm<sup>2</sup>

$R'_o$  = a beton nyomószilárdsága  $V_1 = 0$  mellett, N/mm<sup>2</sup>

### 3. AZ x-R FÜGGVÉNYEK

A nyomószilárdság becslésére — alapelveit tekintve — két módszer alakult ki. Az egyik a beton szilárdsághordozó vázának, a cementkőnek, ill. a cementgélnek a váz rendelkezésére álló térhez viszonyított arányát tekinti mérvadónak. A másik módszer azt állapította meg, hogy a nyomószilárdságot a szilárdsághordozó vázat létrehozó cementpép hígításának mértéke — vagy az ezzel arányos cementkő-kapillaritás — határozza meg. Az általában alkalmazott szilárdságbecslő összefüggések az első csoportba tartozó FERET és POWERS, ill. a második csoportba tartozó ABRAMS és BOLOMEY képletek.

FERET [4] közel száz éve igazolta, hogy a beton nyomószilárdsága összefügg a cement tömör térfogatának és a cementpép rendelkezésére álló, tehát az adalékanyag által ki nem töltött térnek az arányával a (11) szerint. Ha a (11)-be a következő összefüggéseket helyettesítjük:

$$1000 - V_a = V_c + V_w + V_1; \quad V_c = m_c : 3,2;$$

$$V_w = m_w \text{ és } m_w = x \cdot m_c$$

akkor  $V_1 = 0$  mellett a (11) egyenlet a (12) alakban írható fel.

POWERS [7] kísérletei azt bizonyították, hogy a nyomószilárdságot a cementgél térfogatának és a gél által kitölthető teljes térnek az aránya határozza meg. Ezt a viszonyt gél-tér arálynak nevezte és  $X_F$ -fel jelölte, amely a (15)-ből számítható ahol  $h$  = a cement hidratációs foka. A szilárdság becslésére a (16) függvényt javasolta. A közönséges portlandcement hidratációs foka 28 napos korra, szabványos utókezelés mellett átlagos betonösszetételekre  $h = 0,7$  értékűre vehető. Ha  $V_1 = 0$ , akkor a (16)-ban csak  $x$  változó s így a 28 napos nyomószilárdság számítása a (17) egyenletet kapjuk.

ABRAMS [5] igen nagyszámú próbatesttel végzett vizsgálatai alapján a cementpép hígításának a mértéke, azaz a víz-cement tényező és a nyomószilárdság közvetlen korrelációját határozta meg és a nyomószilárdság becslésére a (13) alakú hatványfüggvényt javasolta.

BOLOMEY [6] az  $y = 1 : x$  cement-víz tényezőt alkalmazta és a nyomószilárdsággal való összefüggését a hatványfüggvény helyett hiperbolikus függvénnyel közelítette a (14) szerint.

A bemutatott számítások alapján tehát valamennyi szilárdságbecslő függvényben  $V_1 = 0$  mellett csak a víz-cement tényező a független változó s ezért a kifogástalanul tömörített beton  $R'_o$  nyomószilárdsága határozható meg függő változóként.

A függvények állandóit akkor lehet számítani, ha két szélsőséges  $x-R'_o$  értékpár ismeretes. A szokványos betonkeverékek két határesetre pl. az adott adalékanyaggal és cementfajtával készített nagy cementtartalmú ( $m_c \approx 500-600$  kg/m<sup>3</sup>) és kis cementtartalmú ( $m_c \approx 100-120$  kg/m<sup>3</sup>), változatlan konzisztenciájú beton. Ha ilyen szélsőséges keverékek  $x_1-R'_{o1}$  és  $x_2-R'_{o2}$  értékpárjait kísérletekkel meghatározzuk, akkor a szilárdságbecslő függvények állandói számíthatók az alábbi módon.

A FERET-féle (12) függvényhez általában nem lehet egyetlen állandót kapni, mert a (18) egyenletből kapott  $A_1$  és  $A_2$  — a konstans hatványkitevő miatt — rendszerint nem egyenlő egymással. A becsléshez célszerű  $A_1$  és  $A_2$  átlagát venni állandóként a (19)-nek megfelelően.

POWERS (17) függvényének állandóit a (23)-ból és a (24)-ből lehet meghatározni.

Az ABRAMS-féle (13) hatványfüggvényt exponenciális alakban felírva a (20) egyenletet kapjuk, ennek állandói a (21)-ből számíthatók. A BOLOMEY-féle (14) függvény állandói a (22)-nek megfelelőek.

Az állandók számításához szükséges  $x_1-R'_{o1}$  és  $x_2-R'_{o2}$  értékpárokat csak gondosan végrehajtott laboratóriumi vizsgálatokkal lehet megállapítani. E vizsgálatok sikerének sarkalatos kérdése: hogyan lehet a betonkeveréket úgy tömöríteni, hogy  $V_1 = 0$  levegőtartalmú friss beton legyen előállítható, ha pedig a tömörítés nem kifogástalan (azaz  $V_1 > 0$ ), akkor a mért  $R$  nyomószilárdságot hogyan lehet átszámítani a  $V_1 = 0$  mellett várható  $R'_o$  nyomószilárdságra.

A következő fejezetben a fenti kérdésre keresünk választ.



#### 4. A BETON TÖMÖRSÉGÉNEK FIGYELEMBEVÉTELE

A különböző konzisztenciájú betonkeverékek bedolgozását a próbatestekbe az MSZ 4715 szabályozza (FN: kézi döngölés, KK-K: vibrálás, F: csömöszölés). Ezek a tömörítési módszerek azonban nem mindig elegendők a  $V_{1b} = 0$  levegőtartalmú betontestek készítésére, mert hatékonyságuk nem éri el a kivitelezésben használt tömörítőeszközökét.

A kézi döngölés csak az eredetileg kis hézagtartalmú adalékanyagból készített, legfeljebb  $250\text{--}300\text{ kg/m}^3$  cementtartalmú FN betonkeverékek pórusmentes bedolgozására alkalmas, de nem megfelelő az eredetileg nagy hézagtartalmú adalékanyagokból nagyobb péptartalommal készített betonokhoz.

Vibrálni a betonkeveréket addig kellene, amíg teljesen tömörre nem válnak, de csak addig szabad, ameddig a víztartókéességük megengedi (pépfolyás meg nem kezdődik). A kis víztartókéességű képlékeny betonkeverékekhez (homogénsegény adalékanyag, kis cementtartalom) alkalmazható vibrálási idő nem elegendő a levegő maradtalan eltávolítására.

Ezen túlmenően a próbatestek térfogata csekély (20 cm-es kocka: 8 liter,  $15 \times 30$  cm-es henger: 5,3 liter,  $\varnothing 15$  cm-es kocka: 3,375 liter), ezért saját tömegük nem tömörít, következésképpen a kismennyiségű keverékeket általában nagyobb gondossággal kell bedolgozni, mint a nagyobb tömegűeket, hogy azonos tömörséget lehessen elérni.

A betonkészítési gyakorlatban az AFN-FN betonokat vibropréssel, vibrodöngölővel vagy -hengerrel dolgozzák be, a KK-K betonokat vibrabakon vagy -asztalon, merülő (újabbban nagyfrekvenciájú) vibrátorokkal, esetleg vibrogerendával, talpvibrátorral, szivattyúval és sokszor vibrálják az F betonokat is.

Ilyen tömörítőeszköz-választék a próbatestek elkészítésére általában nincs: a FN betonok kézi döngöléssel, a KK-K betonok laboratóriumi asztalvibrátoron nem tömöríthetők olyan hatékonyan, mint az iparban használatos eszközökkel.

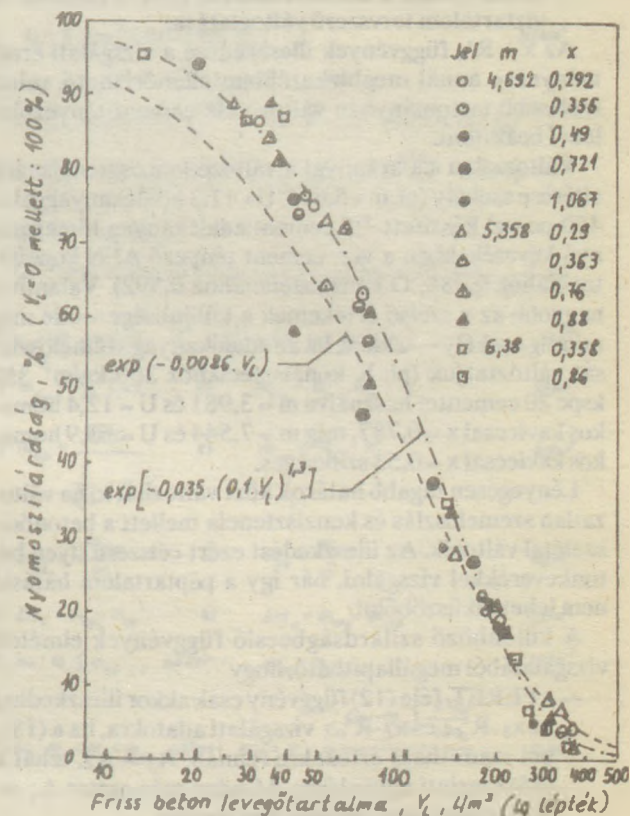
Javítani lehet a kisméretű próbatestek betonjának a tömörségét, ha az AFN-FN konzisztenciájúakat vibrodöngöléssel (pl. HILTI- kalapácsra szerelt döngölőfejjel, a Mélyépítő Vállalat északpesti betongyári laboratóriumának az újítása), a KK-K betonokat először csömöszöléssel, majd vibrálással dolgozzák be. A gondos tömörítés ellenére is előfordulhat, hogy  $V_1 > 0$ , ezért egyrészt pontosan meg kellene tudni állapítani a bedolgozott friss beton levegőtartalmát a próbatestekben, másrészt a  $V_1 > 0$  levegőtartalmú beton mért R nyomószilárdságát át kell tudni számítani a  $V_1 = 0$  mellett elérhető nyomószilárdságra.

A próbatest sablonjának névleges méretéből számított térfogat nem szabatos, a tényleges térfogat ehhez képest  $\pm 4\%$ -kal is eltérhet, ezért a névleges térfogat alapján meghatározott levegőtartalom  $\pm 40\text{--}50\text{ liter/m}^3$ -rel térhet el a valóságostól. A szabatos vizsgálat ezért nem nélkülözheti a próbatest térfogatának pontos mérését, amelynek legegyszerűbb módja az 1 napos, kiszaluzott kocka tömegének és víz alatt mért tömegének az ellenőrzése.

A pórustartalomnak a nyomószilárdságra gyakorolt hatását — főleg kerámiatermékeken — számosan vizsgálták, valamennyi szerző az  $R = f R'_0$  függvényt kereste. Néhány ezek közül a következő: BALSIN [8] a (25), RYSHKEWITZ [9] a (26), SCHILLER [10] és BAILEY [11] a (27) egyenletet használta fel (utóbbiban  $V_{1kr}$  az a kritikus — legnagyobb — pórustartalom, amely mellett az anyagnak még éppen mérhető, minimális szilárdsága van).

A bedolgozott friss beton levegőtartalmának a hatását általában a (26) alakban veszik figyelembe. LYDON [12] szerint betonokra a (28) ad jó közelítést.

A bedolgozott friss beton levegőtartalmának nyomószilárdságra gyakorolt hatását 1979 évben ellenőriztem [13] 20 cm élhosszúságú betonkockákkal, amelyek tömegét tömörítés után azonnal, térfogatát kiszaluzás után 1 napos korban a lapméretek 0,1 mm pontosságú mérésével



1. ábra: A levegőtartalom hatása a beton nyomószilárdságára

ellenőriztem (a hat lap mindegyikén 6-6 méretfelvétellel). A vizsgálatok eredményei az 1. ábrán láthatók.

Néhány kiugró értéktől eltekintve, a vizsgálati eredményekre jól illeszkednek a (29)-(30) összefüggések. Meg kell azonban jegyezni, hogy telítetlen betonok [2] esetében  $R'_0$  csak elméleti értékű, mert a jól tömörített ( $V_{1b} = 0$ ) telítetlen friss betonban mindig marad a (7)-ből számítható  $V_1 = \Delta V_p$  liter/ $m^3$  levegőtartalom. Ezért a telítetlen betonok ténylegesen elérhető nyomószilárdságát célszerű meghatározni a (31)-(32) egyenletekből.

A következőkben az R,  $R_0$  és  $R'_0$  nyomószilárdságok alakulását vizsgáljuk, következtetéseinket az  $R_0$  és az  $R'_0$  értékeiből vonjuk le.



## 5. VIZSGÁLATOK AZ $x - R'_0$ FÜGGVÉNYEK ILLESZKEDÉSÉRE

A szilárdságbecslő függvények illeszkedését célszerű úgy vizsgálni, hogy az  $x$  változtatása mellett a többi készíteményi paraméter legnagyobb része változatlan maradjon. Különböző víz-cement tényezőjű keverékeket a következő módon lehet készíteni:

- változatlan cement: adalékanyag arány és változatlan adalékanyag-szemeloszlás mellett a víz tömegarányának fokozatos növelése, ezzel együtt a konzisztencia fokozatos lágyítása;
- változatlan konzisztencia és cementtartalom mellett az adalékanyag szemeloszlásának (vízigenyének) a változtatása, amelynek következtében a vízadagolást kell tervszerűen változtatni;
- változatlan adalékanyag-szemeloszlás és konzisztencia mellett a betonösszetétel, tehát a cement- és víztartalom tervszerű változtatása.

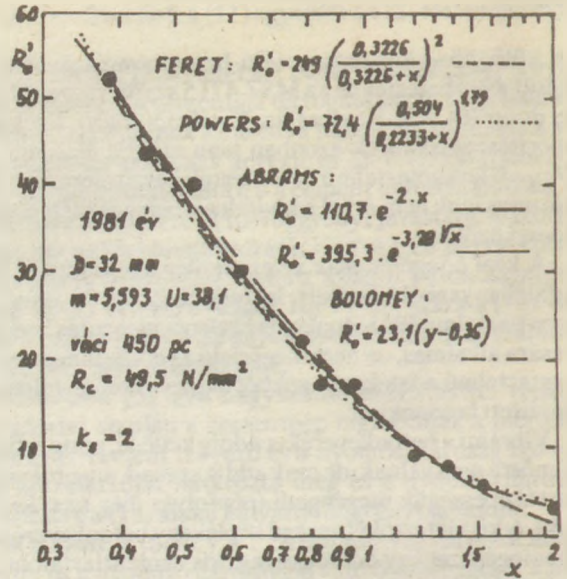
Az  $x - R'_0$  függvények illeszkedése a vizsgálati eredményekre annál megbízhatóbban ellenőrizhető, minél szélesebb tartományban változó víz-cement tényezőket lehet beállítani.

Változatlan  $c/a$  aránnyal a változó konzisztenciával  $x$  eltérése csekély (pl.  $m = 5,676$ ;  $U = 11,3$  adalékanyaggal és 450 pc-vel készített 1:5 cement:adalékanyag tömegarányú keverékekben a víz-cement tényező AFN konzisztenciához 0,385, Ö konzisztenciához 0,592). Valamivel nagyobb az  $x$  szélső értékeinek a különbsége — de még mindig csekély — akkor, ha az adalékanyag szemeloszlását változtatjuk (pl. K konzisztenciához  $300 \text{ kg/m}^3$  350 kspc 20 cementet használva  $m = 3,981$  és  $U = 12,4$  homokos kavicsal  $x = 0,787$ , míg  $m = 7,544$  és  $U = 55,9$  homokos kavicsal  $x = 0,53$  szükséges).

Lényegesen tágabb határok közt változhat  $x$ , ha változatlan szemeloszlás és konzisztencia mellett a betonösszetétel változik. Az illeszkedést ezért célszerű ilyen betonkeverékekkel vizsgálni, bár így a pértartalom hatását nem lehet kiküszöbölni.

A különböző szilárdságbecslő függvények elméleti vizsgálatából megállapítható, hogy

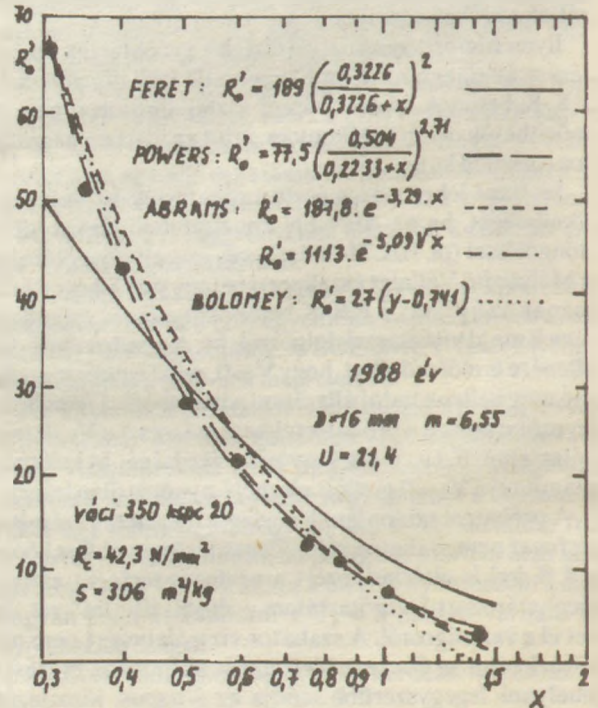
- a FERET-féle (12) függvény csak akkor illeszkedhet az  $x_1 - R'_{01}$  és  $x_2 - R'_{02}$  vizsgálati adatokra, ha a (18)-ből számítható értékekre fennáll:  $A_1 = A_2$ , tehát a (45) szerinti egyenlőség. Minden más esetre  $A_1 \neq A_2$  s emiatt nincs pontos illeszkedés;
- minél nagyobb  $R'_{01}$  és  $R'_{02}$  különbsége, annál nagyobb a POWERS-féle (17) függvény hatványkitevője, ezért kis víz-cement tényezők mellett a függvény meredekebben emelkedik, mint kis hatványkitevővel;
- a BOLOMEY-féle (14) függvény  $x > 1$  mellett rohamosan csökken és  $y = B$  mellett  $R'_0 = 0$ , ezért nagy  $x$ -re irreális értéket adhat;
- az  $x_1 - x_2$  tartományban az ABRAMS-féle (20) függvénnyel nagyobb nyomószilárdságok számíthatók, mint a másik három függvénnyel, míg  $x < x_1$  és  $x < x_2$  mellett a (20)-ból kisebb szilárdságok adódnak, mint a (12) és (17)-ből. Az ABRAMS-függvény azonban a többi függvényhez közelít, ha  $x$  alapértéke helyett  $\sqrt{x}$  felvételével számítjuk az állandókat és a nyomószilárdságot.



2. ábra:  $x - R'_0$  összefüggés 1981 évi vizsgálatokból (képlékeny konzisztencia)

Az illeszkedés vizsgálatára három kísérletsorozat adatait mutatja be a 2.-4. ábra. Az ábrákból eltérő következtetéseket lehet levonni.

A 2. ábra adataira illesztett különböző szilárdságbecslő egyenletek  $x - R'_0$  függvénygörbéi között gyakorlatilag nincs eltérés, legfeljebb az  $x$  alapértékére számított ABRAMS-függvény emelkedik kissé magasabbra a többinél.



3. ábra:  $x - R'_0$  összefüggés 1988 évi vizsgálatokból (kissé képlékeny konzisztencia)



A szövegben hivatkozott képletek

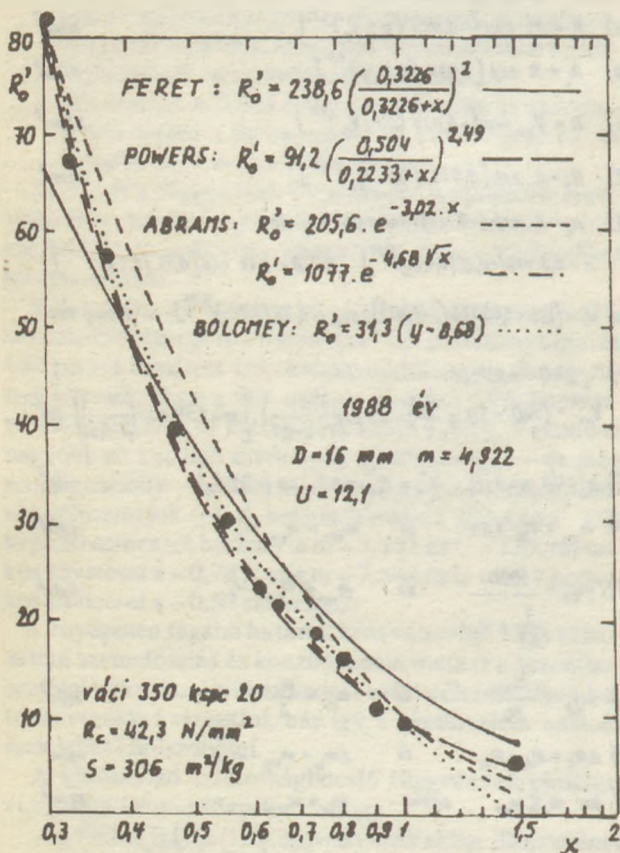
- (1)  $V_c = \frac{m_c}{3,1}$  liter/m<sup>3</sup>
- (2)  $V_a = \frac{m_a}{2,64}$  liter/m<sup>3</sup>
- (3)  $V_w = m_w$  liter/m<sup>3</sup>
- (4)  $V_p = V_c + V_w$  liter/m<sup>3</sup>
- (5)  $V_{m0} = 1000 - V_p$  liter/m<sup>3</sup>
- (6)  $V_1 = 1000 - (V_p + V_a)$  liter/m<sup>3</sup>
- (7)  $\Delta V_p = V_p' - V_p$  liter/m<sup>3</sup>
- (8)  $V_{1b} = \frac{V_m}{V_a} (V_p + V_a) - (V_p' + V_a) - (V_p' + V_{m0}) - (V_p + V_a)$  liter/m<sup>3</sup>
- (9)  $V_{1b} = 1000 - (V_p + V_a) = V_1$  liter/m<sup>3</sup>
- (10)  $x = \frac{m_w}{m_c}$
- (11)  $R = A \left( \frac{V_p}{1 - V_a} \right)^2$  N/mm<sup>2</sup>
- (12)  $R_0' = A \left( \frac{0,3226}{0,3226 + x} \right)^2$  N/mm<sup>2</sup>
- (13)  $R_0' = \frac{A}{B^2}$  N/mm<sup>2</sup>
- (14)  $R_0' = A (y - B)$  N/mm<sup>2</sup>
- (15)  $X_F = \frac{0,72 \cdot h}{0,319 \cdot h + x + \frac{0,1w}{m_c}}$
- (16)  $R = A \cdot X_F^3$  N/mm<sup>2</sup>
- (17)  $R_0' = A \left( \frac{0,504}{0,2233 + x} \right)^3$  N/mm<sup>2</sup>
- (18)  $R_1 = \frac{R_{01}'}{\left( \frac{0,3226}{0,3226 + x_1} \right)^2}$  és  $A_2 = \frac{R_{02}'}{\left( \frac{0,3226}{0,3226 + x_2} \right)^2}$
- (19)  $A = \frac{A_1 + A_2}{2}$
- (20)  $R_0' = A \cdot \exp(\ln B \cdot x)$  N/mm<sup>2</sup>
- (21)  $A = \exp \frac{x_2 \ln R_{01}' - x_1 \ln R_{02}'}{x_2 - x_1}$  és  $\ln B = \frac{\ln \frac{R_{01}'}{A}}{x_1} = \frac{\ln \frac{R_{02}'}{A}}{x_2}$
- (22)  $B = \frac{R_{01}' \frac{1}{x_2} - R_{02}' \frac{1}{x_1}}{R_{01}' - R_{02}'}$  és  $A = \frac{R_{01}'}{\frac{1}{x_1} - B} = \frac{R_{02}'}{\frac{1}{x_2} - B}$
- (23)  $\lg A = \frac{\lg \left( \frac{0,504}{0,2233 + x_1} \right) \lg R_{02}' - \lg \left( \frac{0,504}{0,2233 + x_2} \right) \lg R_{01}'}{\lg \left( \frac{0,504}{0,2233 + x_1} \right) - \lg \left( \frac{0,504}{0,2233 + x_2} \right)}$  és  $A = 10^{\lg A}$

- (24)  $B = \frac{\lg R_{01}' - \lg A}{\lg \left( \frac{0,504}{0,2233 + x_1} \right)} = \frac{\lg R_{02}' - \lg A}{\lg \left( \frac{0,504}{0,2233 + x_2} \right)}$
- (25)  $R = R_0' (1 - V_1)^A$  N/mm<sup>2</sup>
- (26)  $R = R_0' \cdot \exp(-B \cdot V_1)$  N/mm<sup>2</sup>
- (27)  $R = R_0' \left( 1 - \frac{V_1}{V_{1m}} \right)^{\frac{1}{2}}$  N/mm<sup>2</sup>
- (28)  $R = R_0' \cdot \exp(-0,0086 \cdot V_1)$  N/mm<sup>2</sup>
- (29)  $R = R_0' \exp[-0,035 (0,1 \cdot V_1)^{1,3}]$  N/mm<sup>2</sup>
- (30)  $R_0' = R \exp[0,035 (0,1 \cdot V_1)^{1,3}]$  N/mm<sup>2</sup>
- (31)  $R = R_0' \cdot \exp[-0,035 (0,1 \cdot V_{1b})^{1,3}]$  N/mm<sup>2</sup>
- (32)  $R_0 = R \cdot \exp[0,035 (0,1 \cdot V_{1b})^{1,3}]$  N/mm<sup>2</sup>
- (33)  $w_a = A \cdot \exp(-B \cdot m)$  tömegrész, ahol:  
 $A = 0,3 \cdot \exp[-0,22 (0,1 k_2)^{0,25}]$  és  $B = 0,17 \cdot \exp[0,13 (0,1 k_2)^{0,22}]$
- (34)  $w_s = [0,3 + 0,00028 (s - 100)] \cdot \exp[-0,35 (0,1 s)^{0,35}]$  tömegrész
- (35)  $k_2 \geq 40$  mellett:  
 $V_{pw} = (340 + 50 \lg \frac{m}{4}) - 38 \exp\left(\frac{2}{1 - 0,5}\right) \cdot \left[ m - 1,54 \cdot \exp\left(\frac{1}{1 - 0,5}\right) \right] \text{ l/m}^3$
- (36)  $k_2 < 40$  mellett:  $V_{pw} = V_{pw}^{00} + 45 \cdot \exp(-0,1 k_2)$  l/m<sup>3</sup>
- (37)  $m_{a0} = V_{a0} \cdot 2,64$  és  $m_{w0} = m_{a0} \cdot w_a$  kg/m<sup>3</sup>
- (38)  $m_{cp} = \frac{1000}{\frac{1}{3,1} + w_c}$  és  $m_{wp} = m_{cp} \cdot w_c$  kg/m<sup>3</sup>
- (39)  $m_{cz} = \frac{m_{wp}}{w_c}$  és  $m_{cv} = \frac{m_{cs}}{3}$  kg/m<sup>3</sup>
- (40)  $\Delta m_c = m_{cp} - m_{cv}$  és  $\Delta m_w = m_{wp} - m_{w0}$  kg/m<sup>3</sup>
- (41) ha  $m_c \leq m_{cv}$ , akkor:  $m_w = m_{w0}$  kg/m<sup>3</sup>
- (42) ha  $m_{cv} < m_c < m_{cz}$ , akkor:  $m_w = m_{w0} + \frac{(m_c - m_{cv}) \cdot \Delta m_w}{\Delta m_c}$  kg/m<sup>3</sup>
- (43) ha  $m_c > m_{cz}$ , akkor:  $m_w = m_{w0} + \frac{(m_c w_c - m_{w0}) + (m_c - m_{cv}) \cdot \Delta m_w}{\Delta m_c}$  kg/m<sup>3</sup>
- (44)  $v_k = 1,13 (\sqrt{x} - 0,83)$  tömegrész
- (45)  $R_{01}' = R_{02}' \frac{\left( \frac{0,3226}{0,3226 + x_1} \right)^2}{\left( \frac{0,3226}{0,3226 + x_2} \right)^2}$  N/mm<sup>2</sup>



A (45) szerinti feltétel teljesült, ezért a FERET-függvény is jól illeszkedik a vizsgálati eredményekre. A BOLOMEY-függvény B állandója kicsi (0,36), ezért a nyomószilárdság csak  $x = 2,78$  mellett válik zérussá.

A FERET-függvény alkalmatlanságát a 3. ábra mutatja, mert erre a kísérletsorozatra a (45) szerinti egyenlőség nem áll fenn. Az ábrán az ABRAMS ( $x$ ) és a BOLOMEY-függvény illeszkedése nem kielégítő (a számított értékek  $x_1$  és  $x_2$  között 5-10 N/mm<sup>2</sup>-rel nagyobbak a mért nyomószilárdságoknál, a BOLOMEY-függvény szerint  $x = 1,35$  mellett  $R'_o = 0$  s ez irreális érték). Jól illeszkednek a POWERS és az ABRAMS ( $\sqrt{x}$ ) függvények.



4. ábra:  $x$ - $R'_o$  összefüggés 1988 évi vizsgálatokból (földnedves konzisztencia)

A 4. ábrán elfogadható illeszkedést ad az ABRAMS ( $\sqrt{x}$ ) függvény, valamint a BOLOMEY-függvény  $x \leq 1$  mellett, továbbá kielégítő a POWERS-függvény illeszkedése is (BOLOMEY-függvényből 0 nyomószilárdság  $x = 1,47$  mellett nyerhető és az irreális érték).

Általában megállapítható, hogy az  $x$ - $R'_o$  szilárdságbecslő függvények illeszkedésének a vizsgálatához gondosan betartott szigorú laboratóriumi feltételek szükségesek: a bedolgozott friss beton sűrűségének szabatos mérése, az alapanyagok minőségének változatlansága (homogenizált cement és változatlan szemeloszlású, száraz adalékanyag), a betonkonzisztencia pontos beállítása, vízzáró sablonok, azonos keverés, utókezelés és nyomószilárdság-vizsgálat. Így is tudomásul kell venni azonban, hogy a víz-cement tényező csak a beton tulajdonságait befolyásoló egyéb tényezőkkel együtt változtatható,

mint pl a cementtartalom, az adalékanyag-szemeloszlás, a péptartalom, a konzisztencia. Ennek eredményeképpen az  $x$  befolyása a szilárdságra csak más paraméterekkel kölcsönhatásban vizsgálható.

A szabatosan elvégzett vizsgálatok alapján megállapítható, hogy az általánosan alkalmazott szilárdságbecslő függvények egyike sem alkalmas eredeti alakjában valamennyi beton-változat  $x$ - $R'_o$  összefüggések egységese, egyértelmű leírására. A gyakorlatban alkalmazott beton-tartományokban ( $m_c = 100$ -600 kg/m<sup>3</sup>;  $x = 0,3$ -1,5) általában kielégítően illeszkedik a POWERS és az ABRAMS ( $\sqrt{x}$ ) függvénygörbe, azonban változtalan függvényállandókkal még az azonos cementminőséggel, de eltérő konzisztenciával vagy adalékanyag-szemeloszlással készített betonok nyomószilárdságát sem lehet kielégítő pontossággal becsülni.

Szükséges ezért megvizsgálni és pontosítani, hogy a víz-cement tényező milyen paraméterekkel kölcsönhatásban és hogyan alakítja ki a beton nyomószilárdságát. Az erre vonatkozó kísérleteket tartalmazzák a következő fejezetek.

## Irodalom

- [1] Bölskei, E. - Dulácska, E. (1974) Statikusok könyve. Műszaki Könyvkiadó. Bp. pp 53-58
- [2] Ujhelyi, J. (1988) Építőanyag. Bp. 3. szám
- [3] Ujhelyi, J. (1988) Építőanyag. Bp. 2. szám
- [4] Feret, R. (1896) Annales des Ponts et Chaussées. Paris. Serie 7. Vol.12.
- [5] Abrams, D.A. (1925) Design of Concrete Mixtures. Chicago. Struct. Res. Lab. Bull. 1.
- [6] Bolomey, J. (1934) Schweizerische Bauztg. 162. Bd. 88.
- [7] Powers, T. C. - Brownard, T.L. (1947) ACI Journal. Detroit. No.1.-2.
- [8] Balsin, M.Y. (1969) Dokl. Akad. Nauk. Moszkva. Vol.67.No.5.
- [9] Ryshkewitz, E. (1953) Journal Am. Cer. Soc. 36.
- [10] Schiller, K.K. (1971) Cem. and Concr. Res. London. No.1.
- [11] Bailey, J.E. - Hill, N.A. (1970) Proc. of British Cer Soc. London. No.15.
- [12] Lydon, F.D. (1982) Concrete Mix Design. Appl. Sc. Publ. London-New York
- [13] Ujhelyi, J. (1980) Magyar Építőipar. Bp. 8. szám
- [14] Ujhelyi, J. (1981) A cementpép és levegőtartalom hatása a beton tulajdonságaira. Szentendre. ÉTI Kutatási Jelentés. Kézirat.

## Ujhelyi, János: Preliminary Estimation of the Compressive Strength and Mix Design of Concrete. Part I.

## Ujhelyi, János: Vorausbewertung der Druckfestigkeit von Beton und Projektierung der Zusammensetzung.

Уйхей, Я.: Предсказание прочности при сжатии бетона и проектирование его состава. I.



# Új üvegezési rendszerek az építészetben

Pintér Judit

Üvegipari Művek, Orosházi Üveggyár

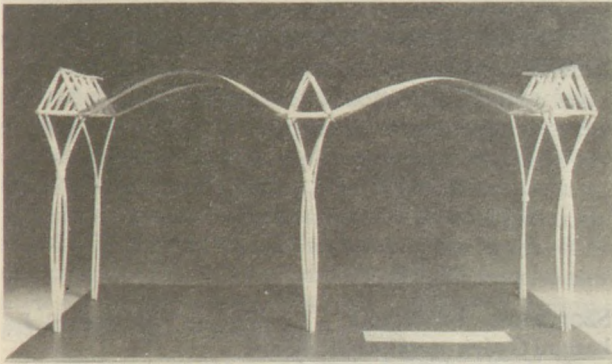
## Bevezetés

Napjainkban az építészet igényli a speciális üveg elemeket a tetőszerkezeti rendszerek, külső és belső falak kialakításánál. Ennek az elvárásnak felel meg az Üvegipari Művek Orosházi Üveggyárának a terméke: a hajlított üveg.

## Esztétikai követelmények

A hajlított üveg elem, dekoratív megoldása a kiállítócsarnokok, uszodák, sportpályák, kávéházak, éttermek, iskolák, óvodák közösségi tereinek lefedésére és további célokra is alkalmazható.

A szerkezet legfőbb előnye, hogy az üvegszerkezet egy folyamatos hullámként vonul végig a szigorú előregyártott acél tartószerkezetek között. Így egy igen könnyed megjelenést kölcsönöz az egész épületnek. /1. ábra/



1. ábra. A hajlított üveg tető modellje

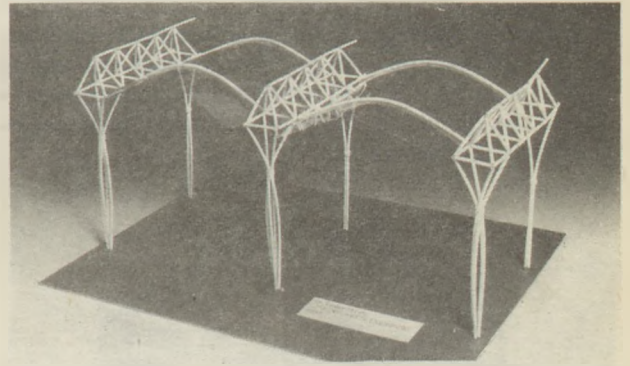
## Szerkezet

Az elemek speciális rögzítő rendszerrel csatlakoznak a fő teherhordó vázhoz. Az üveghullám legalacsonyabb pontja egy kisebb méretű, lejtésben elhelyezett hajlított üveg-

ből áll, amely az épületről elvezeti a vizet, így a beázás lehetőségét kizárja.

Ezesetben az esőcsatorna vonala sem árnyékol, hiszen az is üvegből készül. Követelmény a vízárammal való gyakori tisztítás a fenti tulajdonság megőrzéséért. /2. ábra/

A rendszer egyszeres üvegezésen alapul, ezért az abban az esetben alkalmazható, amikor a hőszigetelés nem elsődleges követelmény, hanem az esztétikai szempontok a döntőek. Ennek érdekében az üveg anyaga különböző színárnyalatban áll rendelkezésre. Az üvegfal a teherhordó acél szerkezet alatt és mögött csatlakoztatható a rendszerhez. Ily módon az acél szerkezet az üveg-doboz külső oldalán jelenik meg és belülről csak az üvegezésen keresztül látható. /3. ábra/

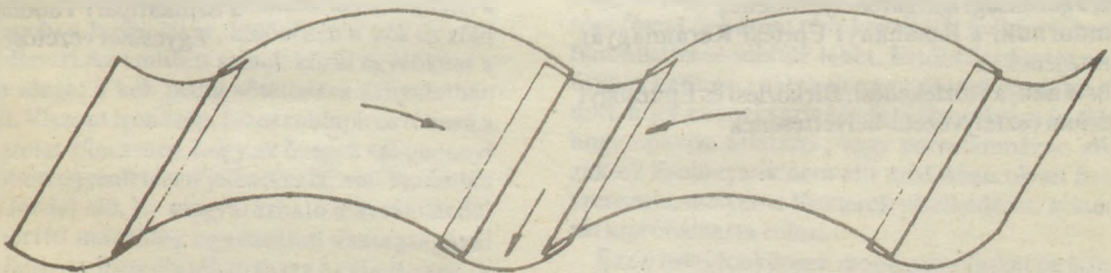


3. ábra. A hajlított üveg tető belső felülete

Ennél az üvegezési típusnál különösen fontos az acél gondos korrózió elleni kezelése, hiszen a korrózió az üvegelemeket is károsítja.

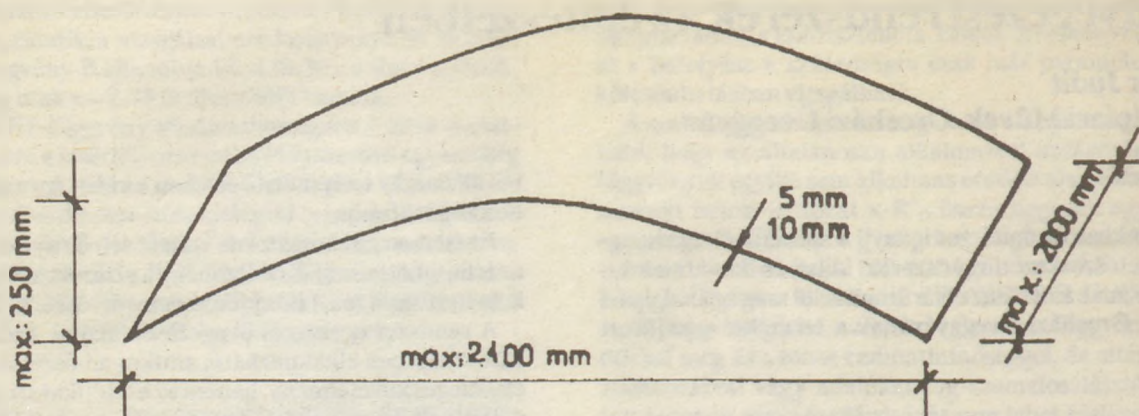
Minden egyes csatlakozásnak biztosítani kell a szerkezet kis méretű elmozdulásait, ezért lényeges a megfelelő tömörítőanyagok alkalmazása az üveg és az acél elemek között.

Az Orosházi Üveggyár gyártósora különböző méretű hajlított üvegeket készít. A maximális méret: 2100 mm x 2000 mm; és a maximális húrmagassága: 250 mm. Az üvegvastagság 5 ill. 10 mm, de a tetőszerkezeti rendszerhez a 10 mm-es vastagság ajánlott. /4. ábra/



2. ábra. A hajlított üveg tető vízelvezetése





4. ábra. A hajlított üveg méretei

### Következtetések

A hajlított üvegszerkezetű tető az említett előnyeivel kellemes többfunkciójú belső és félnyitott terek kialakítását biztosítja. A rendszer — a fényhatásokat kihasználva — a belső térképzésének, valamint a könnyű tömeg-megjelentésnek az attraktív eszköze.

**Pintér, Judit: New Glazing Systems in the Architecture**

**Pintér, Judit: Neue Verglaussysteme im Bauwesen**

**Пинтер, Ю.: Новые системы остекливания в строительстве**

## KITÜNTETETTJEINK

**A Magyar Népköztársaság Elnöki Tanácsa**  
hazánk felszabadulásának 44. évfordulója alkalmából

**Simon Jenőnek a Szilvitáipari Központi Kutató és Tervező Intézet igazgatójának**  
**ÁPRILIS NEGYEDIKE ÉRDEMREND**

**dr. Csizi Bélának, a Tégla és Cserpéipari Tröszt osztályvezetőjének**

**MUNKA ÉRDEMREND**  
arany fokozata

**Czövek Lászlónak, az Üvegipari Művek Orosházi Üveggyára gazdasági igazgatóhelyettesének**  
**Kliss Sándornak, a Romhányi Építési Kerámiagyár üzemvezetőjének**

**Serédi Bélának, a Közlekedési, Hírközlési és Építésügyi Minisztérium osztályvezető-helyettesének**

**Szorgalmas Istvánnak, a Cement- és Mészművek Látatlan Gyára osztályvezetőjének**

**MUNKA ÉRDEMREND**  
ezüst fokozata

**Boros Lászlónéknak, a KÖPORC Elektronikai Alkatrész és Műszaki Kerámiagyártó Vállalat pártbizottsága titkárának**

**MUNKA ÉRDEMREND**  
bronz fokozata  
kitüntetést adományozta.

A kitüntetteknek gratulál és jó egészséget kíván  
a Szilikátipari Tudományos  
Egyesület vezetősége



# Zsolnay Vilmos eozinfestésű üvegei

Katona Imre

Iparművészeti Múzeum, Budapest

Sárosy Bella szerint Zsolnay a Tiffany-stilus hatására próbálkozik lüszterezéssel. Bár már az 1870-es években foglalkoztak - és éppen Magyarországon - üvegek irizálásával, Zsolnayt nem ezt ragadta meg, hanem az az eljárást, melyet az 1880-as, 90-es években Tiffany alkalmazott. Ezzel a technikával ugyanolyan felületet lehetett kialakítani az üvegen, mint a francia kerámikusok - közöttük mindenekelőtt Th. Deck és C. Massier a kerámiákon. Ha igaz, hogy a mázaknak ugyanolyanoknak kell lenniük, mint az üvegeknek, akkor a lüsztereknek ugyanúgy vagy hasonlóan kell viselkedniük a vastag üvegfalon, mint a kerámiaedények mázas felületein. Ez a gondolat Zsolnay Vilmosban is felmerült: "Még az eozin feltalálását /! követő egészen korai időben történt - olvashatjuk Zsolnay Margitnál -, hogy Zsolnay Vilmos ebédlőasztaláról felkapott egy poharat - amelyből talán éppen előzőleg itta meg uzsonnakávéját - magával vitte laboratóriumába, különféle színű, kígyóvonalú eozincsíkkal sajátkezüleg megfestette, kiégette s aztán kísérleti mintagyűjteményében őrizte. Élénken emlékezetemben maradt ez a színeket tisztán és élénken tükröző pohár /az égetés alatt kissé elcsempült/, amely később múzeumunk egyik vitrinjében kapott helyet az első eozinok között. -írja Zsolnay Margit, majd így folytatja: Nagyatyánk kutató vágya ezzel a kísérlettel ki volt elégítve. Az üvegdíszítési lehetőség úgy látszik tovább nem érdekelte. Mint vérbeli kerámikus, saját gyártmányainak tökéletesítésére, technikájának ily irányú fejlesztésére összpontosította egész figyelmét és munkabírását. Ez annyival is inkább érthető, mivel ezen a téren sokkal nagyobb változatosság, csillogóbb, pompásabb színhatások elérése kecsegtetett."

Zsolnay Margitnak ez az idézete nemcsak azt bizonyítja, hogy Zsolnay Vilmos már a Warthával való ismeretsége előtt is ismerte a lüsztertechnikát, hanem azt is, hogy már ekkor, korán megpróbálkozott annak üvegen való előállításával. Zsolnay Margit szerint a nem egészen sikerült kísérlet szeghette kedvét Zsolnay Vilmosnak, valószínűleg azonban az ekkor ismert és használt lüszterpép még alkalmatlan volt üvegedények lüszterezésére. Csúpan az érdekesség kedvéért jegyezzük meg, hogy később, - az 1890-es években - ezzel a lüszterrel készítette Zsolnay kerámiából üvegedény-imitációit.

A színek a poháron egészen másként érvényesültek, mint a kerámiákon. Javarással nélkülözik azt a fémfényű csillogást, amely a kerámiákat, különösen a kék és zöld színűeket jellemzi. Az említett színek közül egyébként a zöld inkább sárga, a kék pedig sötétbarna árnyalatban mutatkozott. Viszont igen szép, tüzes rubinpiros tónusú a vörös. Jellegetes tünet még, hogy az üvegen valamennyi szín tökéletesen egyenetlenül jelentkezik, ami kerámián csak ritkán fordul elő. Ez magyarázható a kerámiaedényeket beborító mázréteg egyenetlen vastagságával egyebek mellett. Az üveg esetében maga az alapanyag - a mázat helyettesítő üveg - teljesen homogén testet képez, s így a színeződés állandósulhat. Érdekes az is, hogy ezeknél a lüszterrel festett üvegeknél a megfelelő háttér is nagyon szembevető hatással van a színek érvényesülésére.



Igy például egy világos terítőre állított tálon egészen más a színhatás, mint amikor egyszerűen keresztülrátunk a minden oldalról megvilágított üvegtárgyon. Kitűnően hatnak továbbá homályos üvegből készült és használatuk során belső oldalukról erős fényhatásnak kitett üvegek. A színek alakulásába nyilván a pohár közönséges nátron-üveg anyaga is beleszól. Tudjuk, hogy az üvegnek egy rész fémét és három rész kavasavat kell tartalmaznia. A fém-alkatrész sokféle lehet. Ettől függően nevezzük az üveget kálium-, nátrium vagy ólomüvegeknek. Köztudott, hogy az eozin színére és sajátosságára hatással van, hogy opakos, átlátszó-, vagy porcelánmázon alkalmazzuk-e? Zsolnaynak nem állt módjában olyan üveget beszereznie, melyen a lüszterek viselkedését, színezőhatását kipróbálhatta volna.

Ezzel tulajdonképpen mondanivalónkat be is fejeztük, hiszen mint Mattyasovszky Zsolnay Margit állítja és részletesen kifejti, Zsolnay Vilmos egyetlen kísérleti darab előállításán túlmenően, nem foglalkozott üvegek eozinálásával.





Zsolnaynak nem sikerült az üveget olyan intenzív lüszterréggel beborítania, mint Tiffany-nak. Ekkor még a kerámia lüszterezése is sok gonddal járt, hát még az üvegé! Ne feledjük, ekkor még a Deck-féle lüszterezést csupán ismeri, mely csak alacsony olvadó köedénymázon valósítható meg. A magasabb hőfokon redukálható lüszterek alkalmazását csak később, Petrik Lajostól ismeri meg 1889 és 1891 között. Az üveg ismert tulajdonsága, hogy olvadásához magas, lágyulásához viszont alacsony hőfokra van szükség. Ez azt jelenti, hogy a lüszterek kialakulásához olyan hőfok szükséges, melyen a közönséges/nárton-/üveg deformálódik. Tiffany-nak úgy sikerült az eozinos hatást elérnie, hogy olyan réteges üveget állított elő, amelynél az üvegmáz magas, a külső üvegfal pedig alacsony hőfokon lágyul meg. Különben a réteges üvegek mindig erre a tulajdonságra épülnek. Zsolnay azonban ezt nem tudhatta, és talán nem is akarta Tiffanyt utánozni. Hatása alól azonban, mely egész Európát átjárta Madridtól Szentpétervárig és viszont, ő sem szabadulhatott. Ezért Tiffany technikáját kerámiába próbálta átültetni. Ekkor már a lüsztereknek legalább két változatát ismerte, de a harmadiktól sem állhatott távol. Közben Tiffany üvegei és lüszterei végigjárják Európát sajátos formájukkal és színükkel. Tiffany hadat üzent a könnyed, kecses formájú üvegeknek, melyek korátriai alkotásait jellemezték, s a "rusztikusabb" formák előállítására törekedett. Edényeit vastag lüszterréteg borítja, ezért üvegfalukat a hagyományosnál vastagabban kellett méretezni, nehogy a rákerült eozin-réteg következtében túl vékonyak, törékenyek bizonyuljanak. Nem csoda, ha ezeket Zsolnay alkalmasnak találta arra, hogy kerámiában kivitelezze. Természetesen ami üvegben "üvegsze-

rületlenek" tünt, kerámiában igencsak az üvegszerűség kritériumait viselte magán. Érdekes, hogy Zsolnay Tiffany üvegstílusát - noha az már helyenként az érett szecessziót idézte - nem érte historizmusától idegennek, sőt annyira vonzónak találta, hogy kerámiáit az üvegszerűség irányába fejlesztette. Míg tehát Tiffany üvegei tulajdonképpen anti-üvegek, a Zsolnay kerámia üvegszerűségének rovására is igyekezett az üvegszerűséget elérni. 1899-ben - egy évvel halála előtt - ilyen ajándék kerámiával kedveskedik Warthának, aki válaszában hálás köszönetet, elismerő szavakat mond Zsolnaynak: "Fogadja köszönetünket a szép darabokért - írja 1899 decemberben kelt válaszlevelében Wartha Vince - melyekkel nagy örömet szerzett, ez már valóban kerámiába átültetett Tiffany." Nemcsak kerámiai üvegszerű hatására ügyel, hanem azok formáit is üvegszerűen alakítja ki. Az 1899-es évszám figyelmeztet bennünket arra, hogy üvegstílusú edény nemcsak sárgás-zöldes színben készülhetett, hanem kékben is. Az úgynevezett üvegekorszak pontos idejét nem ismerjük, bizonyos azonban, hogy az úgynevezett üvegmáz kerámiák formaszáma 4500-tól 6000 körülig terjed, vagyis alig valamivel a nagyjából ugyancsak 5000 formaszámú, fémmázzal kombinált rouge flambé-k után készülhettek. Ez arra mutat, hogy amikor Zsolnay a rouge flambékat aranyos-fémes hatású lüszterrel kombinálta, egy rövid ideig megtorpant, és ezzel egyidőben, vagy alig ezután fogott a Tiffany stílusú edények készítéséhez. Ez egyúttal azt is mutatja, hogy e stílussal és technikával együtt már 1896 előtt megjelenik a szecessziós-stílus Pécsen, Zsolnay Vilmos kerámiagyárában. A harmónikus formákat nyugtalanok váltják fel, a formák asszimetri-kussá alakulnak. Az un. üvegstílus nemcsak a formák üvegszerűségében, instabilitásában jelentkezik, hanem a máz üveges, mély áttetszőségében is. A máz üvegszerűsége még a formák üvegszerűségét is feledteti. Sokszor az üvegszerű, áttetsző fémreflexes máz jellegzetes kerámiái formán mutatkozik, megjelenése nem üvegszerű. Vázák, kerek fedeles dobozok egyaránt találhatóak az un. üvegstílus darabjai között. Az üvegstílus legfontosabb ismertetőjele a vastagon felvitt átlátszó máz, az erre helyezett mázbafolyó szín és a mázban levő finom fémreflex. A vastagon felvitt máz miatt a felület aprólékos díszítése lehetetlen, mert az átlátszó máz magába szívja az alap mázát tartalmazó színező-festéket. Ezért csak egymásba mosódó, szivárványszerű színek borítják itt az edények felületét.

Zsolnay Vilmos ezzel végleg szakított üveg-imitációjával. Azok az eozinos üvegek, melyek a Pécsi Janus Pannoniusz Múzeum gyűjteményében találhatóak, Csihalek későbbi próbálkozásai és csak olyan összefüggésben vannak a Zsolnayakkal, hogy Zsolnay Miklós is ezzel a technikával kísérletezett élete utolsó éveiben, sikertelenül. E kudarc után alakította ki üvegszerű fémreflexes kerámiáit.

**Katona, Imre: Eosine Decorated Colored Glasses by Vilmos Zsolnay**

**Katona, Imre: Die eosinbemalten Gläser von Vilmos Zsolnay**

Катона, И.: Стекла еозинового окраски Жолнаи Милоша



## A világ szilikátiparából

### Tízéves az UNIDO és Csehszlovák együttműködési programja

A világszervezet és a cseh kormány tízéves együttműködése során a fejlődő országokból 500 szakértő érkezett tapasztalatcserére, betanításra, hogy az összegyűjtött tapasztalatokat felhasználja hazája kerámiiparának, építőanyag termelésének és nemfém alapú alapanyag kitermelésének fejlesztésében.

A pilseni *Kerámia-, Tűzállóanyag- és Nyersanyagkutató Intézet* 1978-ban írt alá egyetértési emlékiratot. Az együttműködés egyik fő résztvevője a *Ceskoslovenska Keramika* vállalat, amely 20.000 munkavállalóval több mint 14000 féle nemfém terméket gyárt. Az együttműködés keretében 450 közlemény, tanulmány készült, a különféle egyéni és csoportos tréningprogram lebonyolításán és anyagvizsgálati munkákon kívül. Ujabban az együttműködést kiterjesztették a korszerű fejlett kerámiák kutatására, az energia megtakarításra, az iparszervezésre, nem fémes ásványi szorbensek alkalmazása a mezőgazdaságban és környezetvédelemben beleértve a szennyvízkezelést.

A munka megkönnyítését szolgálja az Ipari és Technológiai Információ Bank /Industrial and Technological Information Bank - INTIB/ és az Ipari Energiamegtakarítási Összefoglalás /Energy Conservation Abstract - INECA/. Az együttműködés keretében 102 ország kapott műszaki, technológiai segítséget.

(UNIDO Newsletter, 1989. 250. sz. /február/, p. 1-2.)

### Rövidesen elkészül Mongólia ásványianyag feldolgozó kísérleti üzeme

1990-ben az UNIDO közreműködésével elkészül az az ásványi pigmenteket gyártó kísérleti üzem, amelynek la-

boratóriumi berendezéseit az UNIDO és UNDP /United Nations Development Programmel/ megállapodása alapján a 80-as évek elején állították fel UlanBatorban. Az üzem célja ásványokból, homokszzerű kőzetekből történő festőpigments gyártása.

A geológiai kutatás ilyen anyagok után 1970-ben kezdődött Mongóliában, és ennek eredményeképpen a geológusok 70-nél több feldolgozható kőzetet és ásványt találtak. Mongólia technikai közreműködőt keresett 1100 t száraz pigment és 2200 t olajfesték igényét kielégítő ipar megteremtésére 1980-ban. 1985-86-ban felállították a laboratóriumot, egy geológus és egy technológus utazott az országba az ásványok kiválasztására és feldolgozási technológia kidolgozására. Kitűzött cél egy 1500 t száraz pigment gyártására alkalmas kísérleti üzem létesítése volt. A terv második részéhez megvalósíthatóság tanulmány készült a nyersanyagok dúsítási technológiájára, a négy legalkalmasabbnak látszó előfordulás feltárására és az infrastruktúra kialakítására. Megtörtént a kísérleti üzem személyzetének betanítása. Az üzemet a Nemfém Ásványok Második Világkongresszusán 1989 októberében ismertetik az érdeklődő szakemberekkel Pekingben.

(UNIDO Newsletter, 1989. 250. sz. /február/, p.2.)

### Cirkon-dioxid üzemét Indónak Braziliában

A brazilian Paranapanema Csoport 1990-1991-ben 12-14 M USD költséggel 5 kt/év kapacitású cirkon-dioxid üzemét szándékozik építeni. Ez a világ ZrO<sub>2</sub> termelésének 20 %-át jelenti. A főfogyasztók, az USA, Japán és a Szovjetunió.

A Paranapanema csoport a beruházás ügyében a kormány atomenergia bizottságával tárgyal. A társaság a cirkon ásványkészleten kívül jelentős önkészletekkel rendelkezik. Zirkonitból a Paranapanema cég évi 170 kt-át kíván exportálni és ebből 51 M USD bevételt ér el.

(American Metal Market, 1989. február 8. p. 4.)



## Konferencia hírek

### KERÁMIAI VILÁGKONGRESSZUS

Montecatini Terme, 1990 június 24-30 (Olaszország)

Montecatini Terme, ez a festői toszkán kisváros, Firenze mellett az európai reneszánsz egyik központja volt. 1990-ben számunkra is fontos esemény zajlik a városkában: otthont ad az első Kerámiai Világkongresszusnak! A Világkongresszust a faenzai székhelyű kerámiai intézet és kiadó szervezi, de a védnökök közt a világ legnevezetesebb intézményei, vállalatai és szervezetei szerepelnek, többek közt a Magyar Tudományos Akadémia és a Szilikátipari Tudományos Egyesület is.

A Világkongresszuson kb. 4000-5000 szakember részvételére számítanak az alábbi témakörben: hagyományos kerámia (5 szekció: anyagtudomány; finomkerámia; durvakerámia; tűzállóanyagok; a kerámiai piac) és kerámiai csúcstechnológia (7 szekció: anyagtudományi alapok; elektro-, magneto- és optokerámia; kémiai kerámia, mint pl. szenzorok, katalizátorhordozók, elektrodák stb.; mechanikai kerámia, mint pl. csiszolóanyagok, hőálló és tűzálló anyagok, kopásálló anyagok, stb.: nukleáris kerámia; a kerámiai piac; szabványosítás).

A Világkongresszus után speciális szimpóziumokon vehetnek részt az érdeklődők. Ezek az alábbiak: kerámiai rétegek és bevonatok (Montecatini Terme, 1990 június 27-30); szerkezeti szeretlen kompozitanyagok (Montecatini Terme, 1990 június 27-30); kerámiai protézisek és

biokerámiai anyagok (Montecatini Terme, 1990 június 27-30); magas hőmérsékletű szupravezetők (Trieszt, 1990 július 2-5).

A Világkongresszust kiállítás és tanulmányi kirándulások egészítik ki, részben a találkozói ideje alatt, részben utána.

A Világkongresszusra előadással vagy poszterrel 1989 október 31-ig lehet jelentkezni. Ehhez be kell küldeni a közlemény rövid (100 szavas) összefoglalóját. Az előadás elfogadásáról a Rendezőbizottság 1990 január végéig értesíti az érdekelteket. A végleges kézirat beküldési határideje 1990. április 15. Előadás nélkül bármikor lehet jelentkezni, de célszerű a mielőbbi regisztráció. Részletes felvilágosítást a Kongresszus titkársága ad, címe:

World Ceramics Congress

P.O.B. 174

I-49018 FAENZA (Olaszország)

Telefon: 00-39-546-664143    Telefax: 00-39-546-664138

Reméljük, hogy folyóiratunk olvasói, Egyesületünk tagjai közül minél többen résztvesznek ezen a fontos kongresszuson!

dr. T.F.

## Pályázati felhívás

(kivonat)

Az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság  
a Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetsége,

a Magyar Gazdasági Kamara,

az Ipari Minisztérium,

az Ipari Szövetkezetek Országos Tanácsa,

a Közlekedési, Hírközlési és Építésügyi Minisztérium valamint

a Mezőgazdasági és Élelmezésügyi Minisztérium

a gazdaságos anyagfelhasználásra irányuló technológiai korszerűsítés programja végrehajtásának elősegítésére, a gazdaságos anyagfelhasználást eredményező technikai megoldások kidolgozásának, bevezetésének és elterjesztésének ösztönzésére ismételt pályázati rendszert hirdet

**"KORSZERŰ ANYAGOK, KONSTRUKCIÓK, TECHNOLOGIÁK '89"**

címmel.

A pályázati rendszer keretében három pályázat kerül kiírásra:

I. "Új, korszerű szerkezeti- és segédanyagok gyártása és alkalmazása",

II. "Korszerű konstrukciók, termékek", valamint

III. "Korszerű technológiák"

címmel.

A pályázatok mindegyikében három kategóriában:

a/ fejlesztési, szervezési javaslattal

b/ megvalósított fejlesztéssel,

c/ megvalósult fejlesztések átvételével, ill. elterjesztésével

A pályaművek díjazására együttesen 8 MFT áll rendelkezésre.

A b. kategóriában mindegyik pályázatnál nagydíj (300eFt, 400eFt, 500eFt) kiadására is sor kerül

A pályázati felhívás 1989. április 15-től átvehető a

— MTESZ Szakértői Irodáján

(Budapest, II. Fő u. 68. IV. em. 407.)

(Innen postai úton is igényelhető. Postacíme: 1371 Bp. Pf. 433.)

— a MTESZ területi és megyei szervezeteinél

Felvilágosítás kérhető: a 358-512, vagy a 154-090/530 és 570 melléksz. telefonon, valamint a MTESZ területi, megyei szervezeteinél.

**KIÍRÓ SZERVEK**



*A szerkesztésért felel:* Dr. Székely Ádám

*Szerkesztőség:* Budapest VI., Anker köz 1–3. 1368  
Telefon: 226-497

*Felelős kiadó:* Budai Ferenc főigazgató

*Kiadja:*  
Delta Szaklapkiadó és Műszaki Szolgáltató Leányvállalat  
Budapest IX., Közraktár u. 4. 1093  
Telefon: 175-200

Terjeszti a Magyar Post. Előfizethető bármely hírlapkézbesítő postahivatalnál, a hírlapkézbesítőknél, a Posta hírlapüzleteiben és a Hírlapelőfizetési és Lapellátási Irodánál (HELIR) Budapest XIII., Lehel u. 10/a. -1900- közvetlenül vagy postautalványon, valamint átutalással a HELIR 215-96 162 pénzforgalmi jelzőszámra.

Egy szám ára 26, – Ft.

Külföldön terjeszti a Kultúra, 1389 Budapest, Pf. 149 és a Magyar Média 1392 Budapest, Pf. 86-253

Hirdetések felvétele: Delta Szaklapkiadó és Műszaki Szolgáltató Leányvállalat Hirdetésszervezési osztályánál, 1139 Budapest, Népfürdő u. 21/B. II. 10. Telefon: 732-427

Média 1392 Budapest, Pf. 279. 86 – 253

A szedés a 3T GMK-nál készült.

A nyomás a Közművelődési Információs Intézet nyomdájában készült

**INDEX 25250**

**HU ISSN 0013-970 X**



## **„MD” Kft megnyitotta bemutatótermét!**

**Megrendelés alapján gyártunk igény szerinti színben,  
méretben, furnérozással belsőtérl ajtókat.**

**Helyszíni tanácsadással, konzultációval állunk  
kedves vevőink rendelkezésére.**



**Címünk: MD Kft Budapest  
X. Gergely u. 79-81.  
Telefon: 470 - 731, 475 - 532.**