

építőanyag

A Szilikátipari Tudományos Egyesület lapja

A TARTALOMBÓL:

- Szemcsés anyagok
– csővezetékben –
folyadékárammal való
szállításának méretezése
2. rész: A nyomásvesztés számítása
- Készülékfejlesztés
a hidrociklonozásban
- Bányaföldtani tapasztalatok
a komlói andezitbányában
- Szilikapor hatása
a beton tűzállóságára
- Upgrading of TGA/DTA
analyzer Derivatograph
- Neurális hálók
aszfalttechnológiai
alkalmazása



2012/1-2



SZIKKTI LABOR SZILIKÁTKÉMIAI ANYAGVIZSGÁLÓ-KUTATÓ KFT.

A NAT által akkreditált vizsgálólaboratórium

Az MSZ EN ISO/IEC 17025:2001 szabvány követelményeinek megfelelően

Cím: 1034 Budapest, Bécsi út 122–124. • Levélcím: 1301 Budapest, Pf. 81

TEVÉKENYSÉGI KÖR

- » Szilikátipari nyersanyagok, félkész és késztermékek (cement, üveg, szigetelőanyag, beton, téglák, cserép, kerámia, tűzálló anyag stb.) kémiai, fizikai, kristályszerkezeti, termoanalitikai, morfológiai vizsgálata.
- » Szervetlen szintetikus szálanyagok korróziójának, szálerősítésű termékek tulajdonságainak vizsgálata. Különleges minőségű szálanyag-összetételek kidolgozása.
- » Környezetvédelemmel kapcsolatos vizsgálatok (pl. azbeszttartalom, szabad kovasavtartalom stb. meghatározása).
- » CO₂-kibocsátás vizsgálata különböző nyersanyagok, adalékok esetén. Az anyagban levő karbonátok minőségi és mennyiségi meghatározása. Szervesanyag-tartalom, Corg vizsgálata.
- » Műemlékvédelemmel kapcsolatos kötiszttási és konzerválási eljárások hatékonyságának vizsgálata.
- » Ipari hulladékok hasznosítása, újrafeldolgozása.
- » Kutatási, fejlesztési és szakértői megbízások teljesítése, komplex vizsgálati módszerek alkalmazásával.

ANYAGVIZSGÁLATI LEHETŐSÉGEK ÉS ESZKÖZÖK

Fizikai vizsgálatok

- » Porozitás és pórusméret-eloszlás 4 nm–177 µm pórusmérő-tartományban higanypenetrációs porozitméterrel.
- » Fajlagos felület mérése „egypontos” nitrogéngáz abszorpciók módszerrel 0,1 m²/g-nál nagyobb fajlagos felületű anyagokra!
- » Sűrűség meghatározása héllium-piknométeres módszerrel, folyadékban nem vizsgálható, azaz oldódó anyagokra is!
- » Szemcseméret-eloszlás és átlagos szemcseméret mérése 0,1–80 µm és 1,2–600 µm tartományban lézergranulométerrel. A vizsgálatokhoz már 0,5 g anyag elegendő!

Termoanalitikai vizsgálatok

- » Differenciál termoanalitikai vizsgálatok, számítógépes adatfeldolgozású derivatográffal 1000 °C vagy 1500 °C-ig (tömeg és entalpiaváltozás mérése hőmérséklet, valamint idő függvényében).
- » Dilatációs vizsgálatok (hosszváltozás mérése) 20–1000 °C, 20–1500 °C és -170–400 °C tartományban.
- » Terhelés alatti lágyulás és kúszás vizsgálata max. 1700 °C-ig.

Kristályszerkezeti vizsgálatok

- » Minőségi és mennyiségi röntgenpordiffrakciós fáziselemzés számítógépes adatfeldolgozással. Fázisátalakulások in situ vizsgálata levegőn 1500 °C-ig, vákuumban 2200 °C-ig.

Morfológiai és mikroszondás vizsgálatok

- » Morfológiai vizsgálatok pásztázó elektromikroszkoppal, 20–60 000-szeres nagyítási tartományban.
- » Lokális kémiai összetétel tanulmányozása a morfológiailag is megfigyelhető különböző fázisok, hibahelyek stb. esetén energiadisziperz mikroszondával.
- » Optikai mikroszkópia számítógépes adatfeldolgozású képanalizátorral (különböző anyagok optikai jellemzőinek meghatározása).

Kémiai összetétel meghatározása

- » Röntgenfluoreszcens analízátorral sorozatminták vizsgálata 1–3 nap alatt.

További információ: Dr. Wojnárovits Lászlóné ügyvezető igazgató

Telefon: 06-1/388-8752 • Telefon/fax: 06-1/368-7626 • Fax: 06-1/430-1460

E-mail: szikktlaborkft@t-online.hu • www.szikktlaborkft.hu



TARTALOM

- 2** Szemcsés anyagok – csővezetékben –
folyadékárammal való szállításának méretezése
2. rész: A nyomásvesztés számítása
FAITLI József
- 8** Készülékfejlesztés a hidrociklonozásban
NÉMETH Jenő ■ VERDES Sándor
- 15** Papp Ferenc élete és munkássága – könyvajánló
- 16** Gömze A. László professzor kinevezése
- 18** Bányaföldtani tapasztalatok a komlói andezitbányában
KLESPITZ János
- 22** Szilikaport hatása a beton tűzállóságára
CZOBOLY Olivér ■ HARMAN Béla ■ LUBLÓY Éva
BALÁZS L. György ■ Salem G. NEHME
- 27** 10 éves „A magyar perlit története” kiállítás
- 28** Egy derivatográf (TGA/DTA elemzőberendezés)
korszerűsítése
Rudolf PODOBA ■ Anton TRNÍK ■ Ľuboš PODOBNÍK
- 30** Neurális hálók aszfalttechnológiai alkalmazása
KONCSOS Tamás ■ TÓTH Csaba
- 34** Egyesületi és szak hírek
- 38** Az SZTE XXXV. Küldöttgyűlése
- 40** Az építési termékekre vonatkozó új uniós rendelet

CONTENT

- 2** Design of transport of particulate materials
by fluid flow in pipelines
Part 2: Calculation of the pressure loss
József FAITLI
- 8** Development in hydrocyclone-construction
Jenő NÉMETH ■ Sándor VERDES
- 15** Life and work of Ferenc Papp – book commendatory
- 16** Professional appointment of Gömze A. László
- 18** Quarry-geological observations in the Komló andesite-pit
János KLESPITZ
- 22** Concrete with silica fume in fire
Olivér CZOBOLY ■ Béla HARMAN ■ Éva LUBLÓY
György BALÁZS L. ■ Salem G. NEHME
- 27** History of Hungarian perlite – the 10 years old
exhibition
- 28** Upgrading of TGA/DTA analyzer Derivatograph
Rudolf PODOBA ■ Anton TRNÍK ■ Ľuboš PODOBNÍK
- 30** Asphalt technological application of the neural network
Tamás KONCSOS ■ Csaba TÓTH
- 34** Society and professional news
- 38** XXXV. meeting of the delegates of SSSI
- 40** Construction Products Regulation

A finomkerámia-, üveg-, cement-, mész-, beton-, téglá- és cserép-, kő- és kavics-, tűzállóanyag-, szigetelőanyag-iparágak szakmai lapja

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG • EDITORIAL BOARD

Prof. Dr. GÖMZE A. László – elnök/president
TÓTH-ASZTALOS Réka – főszerkesztő/editor-in-chief
WOJNÁROVITSNÉ dr. HRAPKA Ilona – örökös
tiszteltetbéli felelős szerkesztő/senior editor-in-chief

ROVATVEZETŐK • COLUMNISTS

Anyagtudomány • Materials science –
Prof. Dr. SZÉPVÖLGYI János
Anyagtechnológia • Materials technology –
Dr. KOVÁCS Kristóf
Környezetvédelem • Environmental protection –
Prof. Dr. CSÖKE Barnabás
Energiaüzemeltetés • Energetics –
Prof. Dr. SZÜCS István
Hulladékhasznosítás • Recycling - waste recovery –
BOCSKAY Balázs
Építőanyag-ipar • Building materials industry –
Prof. Dr. TAMÁS Ferenc

TAGOK • MEMBERS

Prof. Dr. PARVIN ALIZADEH, Prof. Dr. BALÁZS György,
Dr. BOROSNYÓI Adorján, Prof. Dr. David HUI,
Prof. Dr. GÁLOS Miklós, Prof. Dr. KOZO ISHIZAKI,
Dr. JÓZSA Zsuzsanna, KÁRPÁTI László,
Prof. Dr. Sergey N. KULKOV,
MATTYASOVSKY ZSOLNAY Eszter,
Prof. Dr. OPOCZKY Ludmilla, Dr. PÁLVÖLGYI Tamás,
Dr. RÉVAY Miklós, Prof. Dr. Tomasz SADOWSKI

TANÁCSADÓ TESTÜLET • ADVISORY BOARD

FINTA Ferenc, KISS Róbert,
Dr. MIZSER János

A folyóiratot referálja: Cambridge Scientific Abstracts,
ProQuest.

A szakmai rovatokban lektorált cikkek jelennek meg.
Kiadja a Szilikátipari Tudományos Egyesület
1034 Budapest, Bécsi út 122-124.

Telefon és fax: +36-1/201-9360

E-mail: info@szte.org.hu

Felelős kiadó: Dr. SZÉPVÖLGYI János SZTE ELNÖK

Tördelő szerkesztő: NÉMETH Hajnalka

Egy szám ára: 1250 Ft

A lap az SZTE tagok számára ingyenes.

Belföldi terjesztés: SZTE

Külföldi terjesztés: BATHYANY KULTUR-PRESS KFT.

HIRDETÉSI ÁRAK 2012 / ADVERTISING RATES 2012:

B2 borító színes / cover colour	76 000 Ft	304 EUR
B3 borító színes / cover colour	70 000 Ft	280 EUR
B4 borító színes / cover colour	85 000 Ft	340 EUR
1/1 oldal színes / page colour	64 000 Ft	256 EUR
1/1 oldal fekete-fehér / page b&w	32 000 Ft	128 EUR
1/2 oldal színes / page colour	32 000 Ft	128 EUR
1/2 oldal fekete-fehér / page b&w	16 000 Ft	64 EUR
1/4 oldal színes / page colour	16 000 Ft	64 EUR
1/4 oldal fekete-fehér / page b&w	8 000 Ft	32 EUR

Az árak az áfát nem tartalmazzák. / Without VAT.

Az előfizetési és hirdetési megrendelő letölthető az SZTE honlapjáról.

Order-forms for subscription and advertisement are available on Society's website.

WWW.SZTE.ORG.HU

HU ISSN 00 13-970x INDEX: 2 52 50 • 64 (2012) 1-40

A SZILIKÁTIPIARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET

TÁMOGATÓ TAGVÁLLALATI

3B Hungária Kft. • Air Liquide Kft. • Altek Kft.
Baranya Téglá Kft. • Berényi Téglaiipari Kft.
Budai Téglá Zrt. • Cemkut Kft. • Colas-Északkelet Kft.
Deco-Mat Kft. • Fátolyüveg Kft. • G&B Elastomer Trade Kft.
Gamma-Kerámia Kft. • GE Hungary Kft. • Geoteam Kft.
Guardian Orosháza Kft. • Humán-Szerviz Kft.
Hunext Kft. • Interkerám Kft. • Keramikum Kft.
KK Kavics Beton Kft. • KÖKA Kő- és Kavicsbányászati Kft.
Kötés Kft. • KTI Nonprofit Kft. • Kvarc-Ásvány Kft.
Lambda Systeme Kft. • Libál Lajos • Licht-Tech Kft.
Messer Hungarogáz Kft. • MFL Hungária Kft.
Mineralholding Co. Ltd. • MTA KK Anyag- és Környezetkémiai
Intézet • OMYA Hungária Kft. • Pápateszéri Téglaiipari Kft.
Perlit-92 Kft. • RATH Hungária Kft.
Speciálbau Kft. • Szema-Makó Kft. • SZIKKTI Labor Kft.
WITEG Kőporc Kft. • Zalakerámia Zrt.

Szemcsés anyagok – csővezetékben – folyadékárammal való szállításának méretezése

2. rész: A nyomásveszteség számítása

FAITLI JÓZSEF ■ Miskolci Egyetem, Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet

■ ejtfaitj@uni-miskolc.hu

Érkezett: 2011. 04. 04. ■ Received: 04. 04. 2011. <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2012.1>

Design of transport of particulate materials by fluid flow in pipelines

Part 2: Calculation of the pressure loss

Bulk state construction materials, such as sand, gravel and the mixed concrete can be transported in pipes by fluid flow. The most important technical parameter of a transport system is the pressure loss at the designed mixture flow rate. The pressure loss determines the energy need, therefore determines the operational costs. In the previous part the fine suspension – coarse mixture flow model and the two basic devices: the tube viscometer and the hydraulic test loop developed by the Institute of Raw Materials Preparation and Environmental Processing of the University of Miskolc were summarized. In this 2nd part the empirical and mathematical method of specifying the type of mixture flow, the pressure loss calculation method and an example are shown.

Bevezetés

A szemcsés állapotú építőanyagok, mint pl. a homok-kavics, vagy a bekevert beton szállíthatók csővezetékben folyadékáram segítségével. A szállítás legfontosabb paramétere a megválasztott keverékáramlási sebességhez tartozó nyomásveszteség, ami a szállítás energia igényét közvetlenül meghatározza. A dolgozat első részében (Építőanyag 2011/1-2) összefoglaltuk a Miskolci Egyetem, Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézetében kidolgozott finom szuszpenzió – durva keverékáramlás modellét és a két alapvető kísérleti berendezést, a csőviszkózimétert és a hidraulikus szállítási mérőkört, amellyel vizsgálatokat kell végezni az adott anyaggal, konkrét méretezés esetén. A második részben a szilárd-folyadék csőáramlás jellegének a meghatározására szolgáló kísérleti és matematikai módszert, a nyomásveszteség számításának módját és egy mintapéldát mutatunk be.

A keverékáramlási jelleg meghatározása a nyomásveszteség görbe matematikai elemzése alapján

A korábbiakban ismertettem, hogy adott anyag esetén a finom szuszpenzió – durva keverékáramlás közötti határ szemcseméretet úgy kell meghatározni, hogy szűken osztályozott szemcsefrakciókból készített keverékek nyomásveszteség görbéit kell megmérni. A nyomásveszteség görbe alapján a következő módszer segítségével eldönthető a keverékáramlás jellege. Bevezetjük a következő mennyiséget, a ϕ járulékos veszteség számot, ami egy dimenzió nélküli szám, függ a keverékáramlási sebességtől és a vízhez képest a szemcsék okozta járulékos szállítási energia igény növekedéssel arányos:

$$\phi = \frac{\Delta p - \Delta p_v}{C_T \Delta p_v} \quad (5)$$

A tiszta víz nyomásveszteségét (Δp_v), – minden mért pont esetén – azonos sebességhez kell kiszámítani. A szállítási koncentráció (C_T) a mérésből ismert, így a $\phi = f(v)$, függvénykapcsolat ábrázolható.

A durva keverékáramlás tipikus $\phi = f(v)$ függvénye

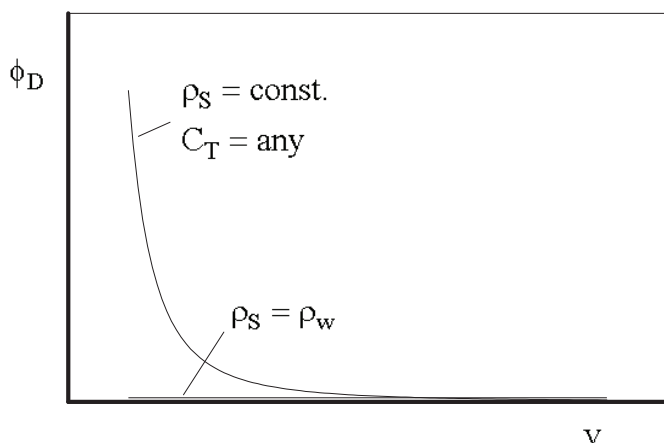
A durva keverékáramlásra vonatkozó, már hivatkozott Durand típusú összefüggések mindegyike [12] esetén a $\Delta p - \Delta p_v$ járulékos nyomásveszteség a szállítási koncentráció első hatványával arányos. Ez azt jelenti, hogy a ϕ járulékos nyomásveszteség szám nem függ a koncentrációtól, azaz adott anyag különböző koncentrációjú keverékeinek a $\phi = f(v)$ függvénye azonos görbére esik és ez a görbe hiberbolikus alakú, és ϕ a sebesség növekedésével 0-hoz tart. A függvény alakja és egy mért példa látható a 11. ábrán.

Itt egy konkrét mérés eredményeit is ábrázoltam az elméleti függvényalak mellett, ahol jellemzően 0,9 mm-es szemcseméretű erőműi salakból készített durva keverékek különböző koncentrációjú (17–42% tartományban), mért $\phi = f(v)$ értékei láthatók. A mért pontok jó közelítéssel egy görbére esnek. Habár nincs ipari jelentősége, de szélső értéként vizsgáljuk meg azt az esetet, amikor a szállított szilárd anyag sűrűsége megegyezik a vízéval ($\rho_s = \rho_v$). Ilyenkor a durva keverékáramlás ϕ értéke minden sebességhez 0. A finom szuszpenzióáramlás esetén ez nem így van és ez lényeges különbség. A módosított Durand egyenlet rendezése után adódik a következő összefüggés, amelyből jól látszik a $\phi = f(v)$ függvénykapcsolat hiperbolikus jellege. Az n és K anyagtól függő paramétereket ennek a függvénynek a mért adatokra való illesztésével határozhatjuk meg.

$$\phi = \frac{1}{C_E^{0,75}} \left(\frac{\rho_s}{\rho_v} - 1 \right)^{1,5} K \left(\frac{\sqrt{gD}}{v} \right)^n \quad (6)$$

Dr. FAITLI József

(1965) egyetemi docens, a Miskolci Egyetem Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézetének oktatója. 1989-ben a Miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemen szerzett bányagépész- és villamos mérnök diplomát, amelyet követően az Eljárástechnikai Tanszéken helyezkedett el és amelynek jelenleg is oktatója. Hosszabb külföldi tanulmányutakat (Louvain-la-neuve, Belgium, Tempus ösztöndíj, 7 hónap, 1991, Chicago, USA, Fulbright ösztöndíj, 12 hónap, 1993–94.) követően 1998-ban szerzett PhD oklevelet, mechanikai eljárastechnika tudományterületen. Fő oktatási és kutatási területe a többfázisú áramlások, szemcsemozgás, mintavételezés, porleválasztás, stb... Tudományos publikációinak száma 75.



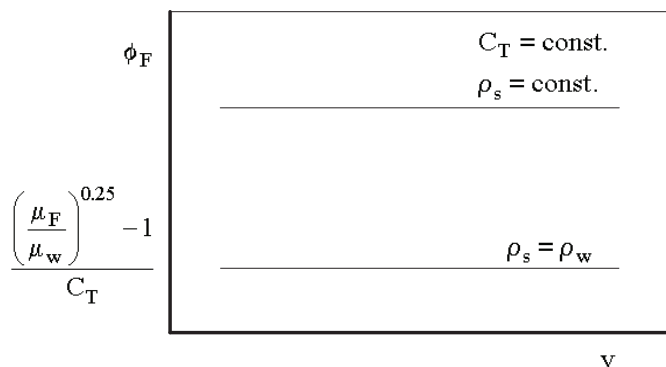
Vizsgált anyag: Mátrai Erőművi salak, 2243 kg/m^3 szemcsesűrűség, 0.9 mm 80%-os szemcseméret, 53 mm -es csőátmérő.

11. ábra A durva keverékáramlás $\phi = f(v)$ függvénye
Fig. 11. The $\phi = f(v)$ function of coarse mixture flow

A finom szuszpenzióáramlás tipikus $\phi = f(v)$ függvénye

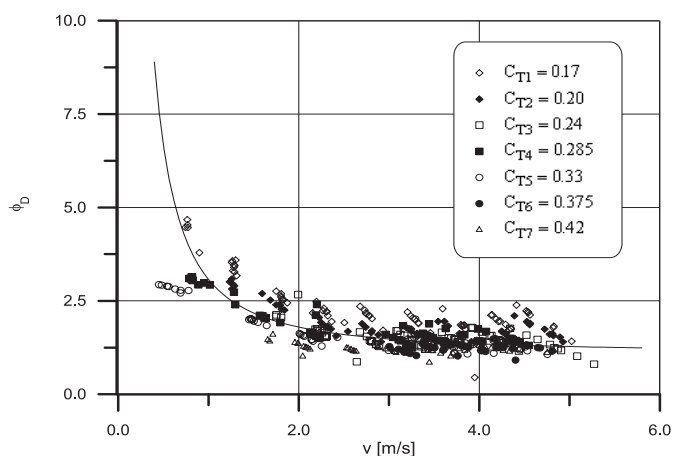
Finom szuszpenzióáramlásban a nagyon kisméretű szemcsék a lamináris határretegbe kerülve megváltoztatják az áramló közeg folyási viselkedését. Nagyszámú mérést végeztünk cső- és rotációs viszkoziméterben finom szemcsés anyagokból készített szuszpenziókkal. Általánosságban megállapítható, hogy finom szemcséket keverve a vízhez az így keletkező finom szuszpenzió viszkozitása a koncentráció növekedésével elkezdi nőni. Egészen 20 tf% koncentrációig a folyási jelleg általában nem változik meg, a szuszpenzió is Newtoni viselkedésű, az abszolút viszkozitás kismértékben, – közel lineárisan – növekszik. Jellemzően 20 tf% koncentráció felett a folyási jelleg megváltozik, pl. a pernyék minden mért esetben Bingham – plasztikussá váltak – nem-Newtoni lesz és a szuszpenzió belső súrlódása, azaz a viszkozitás (merevségi tényező, konzisztencia index a folyási modelltől függően) exponenciálisan megnő [11].

A finom szuszpenzióáramlás $\phi = f(v)$ függvényét, elméleti úton akkor tudjuk egyszerűen meghatározni, ha a finom szuszpenzió



Vizsgált anyag: Fehérvárcsúrgói üveghomok, $x_{80} = 25 \mu\text{m}$, $\rho_s = 2644 \text{ kg/m}^3$, csőátmérő $D = 16 \text{ mm}$.

12. ábra A finom szuszpenzióáramlás $\phi = f(v)$ függvénye
Fig. 12. The $\phi = f(v)$ function of fine suspension flow



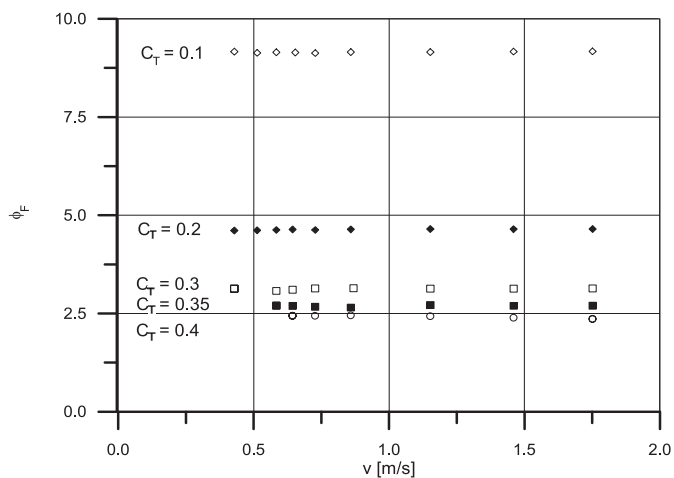
Newtoni folyási viselkedésű és a csőáramlásra jellemző Reynolds szám a $Re = 2300 \dots 100\,000$ tartományba esik. Ez a legfontosabb tartomány az ipari alkalmazás szempontjából, mivel a sűrű zagyos ($C_T \approx 35 \text{ tf} \%$) pernye – salakszállító csővezetékben a finom szemcsék arányának megfelelően a hordozó finom szuszpenzióáramlás koncentrációja kisebb 20 tf%-nál, ez a közeg még Newtoni folyadék. Ezen a Reynolds szám tartományon, Newtoni folyadékokra a Blasius egyenlet segítségével számíthatjuk az (f) Fanning féle csősúrlódási tényezőt.

$$f = \frac{0.0791}{Re^{0.25}} \quad (7)$$

A Blasius egyenlet segítségével kifejezhetjük a finom szemcsék jelenléte miatti ϕ járulékos veszteség számot:

$$\phi_F = \frac{\Delta p_F - \Delta p_v}{C_T \Delta p_v} = \frac{\left(1 + C_T \frac{\rho_s - \rho_v}{\rho_v}\right)^{0.25} \left(\frac{\mu_F}{\mu_v}\right)^{0.25} - 1}{C_T} \quad (8)$$

Az összefüggésből jól látszik, hogy a leszűkített tartományon a finom szuszpenzióáramlás $\phi = f(v)$ függvénye vízszintes



egyenes, mivel ϕ nem függ a v -től. Az egyenes függőleges pozíciója attól függ, hogy a szemcsék miatt a finom szuszpenzió viszkozitása (μ_f) mennyire nő meg. Ha a szemcsék sűrűsége megegyezik a vízzel (határeset), a viszkozitás várhatóan akkor is megnő, ϕ nem 0, szemben a durva keverékáramlással. A 12. ábrán a függvény elméleti alakja és egy mért példa látható.

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a $\phi = f(v)$ függvény alkalmas a monodiszperz szemcséket tartalmazó szilárd-folyadék keverékek csőáramlásának a minősítésére. Ha ez a függvény hiperbolikus jellegű és nagy sebességek esetén 0-hoz tart, a csőben durva keverékáramlás, ha a függvény vízszintes egyenes (elméleti úton csak a megadott tartományon vizsgál-tam), akkor finom szuszpenzióáramlás valósul meg a csőben.

A finom szuszpenzióáramlás nyomásvesztésének számítása

Tiszta folyadékok és a finom szuszpenzióáramlás esetén, az adott csőhosszra eső nyomásvesztést a közeg reológia-ja alapján lehet számítani. Az eddigi ipari munkáim során, a következő négy folyási modell valamelyikével jellemezhető anyagokkal találkoztam, szerencsére a vizsgált anyagok nem mutattak viszkoelasztikus és időben jelentősen változó tulajdonságokat.

Folyási modell neve	Anyagegyenlet	Folyási paraméterek
Newtoni	$\tau = \mu \left(\frac{du}{dr} \right)$	μ - abszolút viszkozitás
Bingham - plasztikus	$\tau = \tau_o + \eta \left(\frac{du}{dr} \right)$	τ_o - nyugalmi határ-feszültség η - merevségi tényező
Hatványfüggvénnyel jellemezhető $n > 1$ - pszeudoplasztikus, $n < 1$ - dilatáló	$\tau = K \left(\frac{du}{dr} \right)^m$	K - konzisztencia index m - hatványkitevő
Reálpasztikus	$\tau = \tau_o + K \left(\frac{du}{dr} \right)^m$	τ_o - nyugalmi határ-feszültség K - konzisztencia index m - hatványkitevő

A PhD értekezésemben részletesen foglalkoztam a különféle reológiai modellek esetén a nyomásvesztés számításával, amelyeket a RHEOLOGY programba be is programoztam. A program segítségével a felírt folyási modellek esetén újra számoltam a csőáramlási diagrammokat (pl. Moody diagram). Azért, hogy a dolgozat kerek egész legyen, röviden foglaljuk össze azt, amire az ipari gyakorlatban szükség van. A legbonyolultabb folyási modell a reálpasztikus, amely három folyási paramétert tartalmaz és a felírt modellek lefelé visszaegyszerűsíthetők. Ha a reálpasztikus modellben pl. az $m = 1$, akkor a modell visszaegyszerűsödik a Bingham folyásra, természetesen ekkor a K helyett célszerű az η merevségi tényező megnevezés. Ha a Bingham folyásban eltűnik a τ_o nyugalmi határfeszültség, vissza jutottunk a Newtoni folyadékokhoz és ekkor az η helyett μ -vel jelöljük és viszkozitásnak nevezzük a jellemző folyási paramétert. A nyomásvesztés számítására két módszer alkalmazása elegendő. Newtoni folyadékok esetén célszerű a klasszikus áramlástan alapján számítani a nyomásvesztés-

get, míg nem-Newtoni folyadékok esetén a Hanks módszer [5] – általam bevezetett – iterációs megoldását alkalmazhatjuk mind a három reológiai modell esetén. A következőkben nem jelölöm az F (finom szuszpenzióáramlás) indexet, de a korábbiakból következik, hogy a tiszta folyadék, vagy a monodiszperz finom szuszpenzióáramlás vagy a széles mérettartományú polidiszperz esetben a hordozó finom szuszpenzióáramlás esetén is ugyanígy kell számítani, csak az adott anyag fizikai paramétereit kell alkalmazni. A Darcy és Weisbach [6] egyenletből számíthatjuk a nyomásvesztést.

$$\Delta p = 2f \frac{v^2 \rho}{D} \quad (9)$$

Az egyenletben az f Fanning féle csőáramlási tényező szerepel, a feladat ennek a meghatározása a reológiai paraméterek és az áramlás jellege (lamináris-turbulens) alapján. Newtoni közegek esetén az áramlás jellegének az eldöntésére először a Reynolds számot kell kiszámítani:

$$Re = \frac{v D \rho}{\mu}$$

ha a Reynolds szám kisebb, mint 2320, akkor az áramlás lamináris a csőáramlási tényező pedig:

$$f = \frac{16}{Re}$$

Ha a Reynolds szám nagyobb, mint, 2320 az áramlás turbulens, akkor a Colebrook egyenlet használható a teljes csőérdesség és Reynolds szám tartományon.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 4 \log \frac{D}{2k} + 3.48 - 4 \log \left(1 + 9.35 \frac{D}{2k Re \sqrt{f}} \right) \quad (10)$$

A nyomásvesztés számítása nem-Newtoni közegek esetén

A számítást célszerű Hanks módszerének iterációs megoldásával elvégezni. A módszer reálpasztikus folyadékokra érvényes, azonban $m = 1$ behelyettesítéssel Bingham – plasztikus és $\tau_o = 0$ behelyettesítéssel hatványfüggvényes folyásra is alkalmazhatjuk. Ha $m = 1$ és $\tau_o = 0$ egyidejű behelyettesítésével végezzük a számítást, nagy pontossággal visszakapjuk a korábban ismertetett klasszikus áramlástan – Newtoni folyadékokra – vonatkozó értékeit. A PhD értekezésben elvégzett nagyszámú számítással ezeket ellenőriztem. Első lépésben az áramlásra jellemző két dimenzió nélküli számot kell kiszámítani, amelyek a három folyási paraméter miatt lényegesen bonyolultabbak:

Reynolds szám:

$$Re_{PL} = 8 \left(\frac{m}{1+3m} \right)^m \left(\frac{D}{2} \right)^m v^{2-m} \rho \frac{1}{K} \quad (11)$$

Hedström szám:

$$He_m = \frac{D^2 \rho}{\tau_o} \left(\frac{\tau_o}{K} \right)^{\frac{2}{m}} \quad (12)$$

Hasonlóképp a Newtoni folyadékokhoz, ez esetben is a lamináris-turbulens átmenethez tartozó – határ-dimenzió nélküli számot kell kiszámítani, hogy el tudjuk dönteni a vizsgált

csőben milyen az áramlás, mivel itt is teljesen más a számítás módja a két esetben. A „hatványfüggvényes” Reynolds szám lamináris-turbulens határértéke a következő egyenletből számítható:

$$(Re_{PL})_C = \frac{6464m}{(1+3m)^m} (2+m)^{\frac{2+m}{1+m}} \left[\frac{(1-x_{0C})^2}{1+3m} + \frac{2x_{0C}(1-x_{0C})}{1+2m} + \frac{x_{0C}^2}{1+m} \right]^{\frac{2-m}{m}} \quad (13)$$

x_0 a nem nyírt dugó (a csőáramlás belső része, ahol a feszültség kisebb, mint a nyugalmi határfeszültség ezért itt nem mozdulnak el a folyadékrétegek egymáshoz képest, kialakul a dugó), dimenzió nélküli sugara és ennek az átmenetben érvényes értéke x_{0C} , amelyet a következő egyenletből kell iterációval kiszámítani, a Hedström szám és a reológiai paraméterek alapján.

$$He_m = \frac{3232}{m} (2+m)^{\frac{2+m}{1+m}} \left[\frac{x_{0C}}{(1-x_{0C})^{1+m}} \right]^{\frac{2-m}{m}} \left(\frac{1}{1-x_{0C}} \right)^m \quad (14)$$

Ha $Re_{PL} < (Re_{PL})_C$ az áramlás lamináris, ha nagyobb turbulens. Lamináris tartományon először x_0 -t kell kiszámítani a következő két egyenletből iterációval. Nem fejezhető ki egyszerűbben a két egyenlet, ráadásul egy számítási segéd mennyiséget ψ -t is használni kell. Két egyenlet, két ismeretlen:

$$Re_{PL} = 2He_m \left(\frac{m}{1+3m} \right)^2 \left(\frac{\psi}{x_0} \right)^{\frac{2-m}{m}} \quad (15)$$

$$\psi = (1+3m)^m (1-x_0)^{1+m} \left[\frac{(1-x_0)^2}{1+3m} + \frac{2x_0(1-x_0)}{1+2m} + \frac{x_0^2}{1+m} \right]^m \quad (16)$$

Ha ψ ismert, akkor a csőszűrlődási tényező már egyszerűen számítható a lamináris tartományon:

$$f = \frac{16}{\psi Re_{PL}} \quad (17)$$

Reálpasztikus folyadékok, simafalú csőben való, turbulens áramlásának az energia igényét, azaz a nyomásesésnek a számítására Hanks a Prandtl-Van Driest féle keveredési hossz turbulencia hipotézis alapján dolgozta ki a számításra alkalmas módszert. A módszer alapján nem lehet közvetlenül a nyomásvesztésgépet kiszámítani adott sebességhez, hanem az R reálpasztikus turbulencia paraméter változtatásával, azaz $R = R_C$ értékről (R_C a lamináris-turbulens átmenetben érvényes turbulencia paraméter) kiindulva R értékét fokozatosan növelve, minden egyes értékhez ki lehet számítani az f Fanning csőszűrlődási tényezőt, azaz először a csőszűrlődási tényező diagramot kell meghatározni. Abból a hagyományos módon a Reynolds és Hedström szám alapján – f -et leolvasva – lehet a nyomásvesztésgépet adott sebességhez kiszámítani. A RHEOLOGY programban a Hanks módszert a következő iterációs algoritmusba helyeztem, amellyel adott sebességhez közvetlenül ki tudjuk számítani a nyomásvesztésgépet. Iterálásra

az intervallum felezésges módszert alkalmaztam. Első iterációs lépésként az alsó iterációs határ $R = R_C$, a felső iterációs határ egy nagy szám, célszerűen $R = 10^{15}$ és a közép érték a kettő átlaga. A cél az, hogy megtaláljuk azt az értéket, amikor $Re_{PL} - R_{PL, iteráció} < \epsilon$, azaz az eltérés kisebb, mint az iterációs pontosság. Mindig annak az intervallumnak a felére kell léptetni az iterációs R paramétert, ahol a szélső és középső értékhez az eltérés ($Re_{PL} - R_{PL, iteráció}$) előjele azonos. Az iteráció előtt célszerű R_C -t és B -t kiszámítani az alábbi egyenletekből.

$$R_C = \left(\frac{1+3m}{m} \right) \left[(Re_{PL})_C \left(\frac{f_C}{16} \right)^{\frac{2-m}{m}} \right]^{\frac{1}{m}} \quad f_C = \frac{16}{\psi (Re_{PL})_C} \quad (18)$$

B kísérleti paraméter, amely a csőfalnak a keveredési úthossza-ra gyakorolt hatását veszi figyelembe. B -t a következő empirikus egyenletből számíthatjuk ki.

$$B = \frac{22}{m} \left[1 + \frac{0.00352 He_m}{(1+0.000504 He_m)^2} \right] \quad (19)$$

Az iteráció folyamán a korábbiakban leírt módszer szerint felvesszük R értékét. Az adott R értékhez a számítás menete az alábbi. A következő egyenletekből kiszámíthatjuk x_0 -t, majd Φ -t.

$$R^2 = \frac{2He_m}{x_0^{\frac{2-m}{m}}} \quad (20)$$

$$\Phi = \frac{R - R_C}{\sqrt{8B}} \quad (21)$$

A dimenzió nélküli reálpasztikus folyási egyenlet a következőképp írható fel (22. egyenlet). A folyási egyenletben jól felismerhetők az egyes részek, az első a nyugalmi határfeszültséget, a második a viszkózus folyást, míg a harmadik a turbulencia hatását írja le. $\zeta(x, x_0, R)$ a dimenzió nélküli nyírási sebesség (a sebesség gradiens osztva a fal menti sebesség gradiens értékkel). Sajnos ζ nem fejezhető ki ebből az implicit egyenletből, adott x értékhez ζ -t iterációval kell meghatározni. x a dimenzió nélküli radiális koordináta ($x = 2r/D$), értéke a cső középvonalánál 0, a belső nem nyírt dugó szélén x_0 , a cső falánál pedig 1.

$$x = x_0 + (1-x_0) \zeta^m + \frac{2L}{8D} R^2 (1-x_0)^{\frac{2}{m}} \zeta^2 \quad (22)$$

L a módosított – reálpasztikus – turbulens keveredési úthossz.

$$L = 0.36 \frac{D}{2} (1-x) \{1 - \exp[-\Phi(1-x)]\} \quad (23)$$

A térfogatáramot a sebességprofil integrálása alapján lehet meghatározni, ez Hanks modelljében is megfigyelhető, bár a dimenzió nélküli mennyiségek használata miatt nehezen. Az integrálást a dugó szélétől a csőfalig kell elvégezni ($x_0 \dots 1$). Az integrál tényleges kiszámításánál az okoz nehézséget, hogy az

integrálban szerepel a ζ , amit nem tudunk explicit kifejezni, csak iterációval kiszámítani. A megoldás a numerikus integrálás, azaz az $(x_0 \dots 1)$ tartományt felbontjuk N részre és minden x_i értékhez kiszámítjuk az $x^2\zeta$ függvényt, majd az integrál, vagyis a függvény alatti terület – nagy pontossággal – nem más, mint az így kapott téglalapok összege.

$$Re_{PLiteráció} = (1 - x_0)^{\frac{2-m}{m}} \left(\frac{m}{1+3m} \right)^m R^2 \left[\int_{x_0}^1 x^2 \zeta(x, x_0, R) dx \right]^{2-m} \quad (24)$$

Az adott iterációs lépésben felvettük R értékét, amelyhez most kiszámítottunk egy $Re_{PLiteráció}$ értéket, ami ha az iterációs pontosságon belül megegyezik az ismert Re_{PL} értékkel, akkor megvan a megoldás. A megtalált R érték alapján már ki tudjuk a csőszűrlődési tényezőt, azaz valójában a nyomásvesztéséget számítani a következő összefüggésből.

$$R = \left(\frac{1+3m}{m} \right) \left[Re_{PL} \left(\frac{f}{16} \right)^{\frac{2-m}{m}} \right]^{\frac{1}{m}} \quad (25)$$

A durva keverékáramlás nyomásvesztésének számítása

A durva keverékáramlás nyomásvesztését a módosított Durand egyenletből számíthatjuk. Ha a szemcsés anyag monodiszperz, akkor abból egy szemcse, ha polidiszperz, de a határszemcsénél kisebb szemcséket nem tartalmaz, akkor a 80%-os szemcse alapján kell a süllyedési végsebességet és az ellenállástényezőt kiszámítani, úgy, hogy ez az egy szemcse a vízben süllyed. Ha a polidiszperz szemcsehalmaz finom szemcséket is tartalmaz, akkor a határszemcseméretnél nagyobb durva frakció 80%-os szemcséje a jellemző szemcse és az ellenállástényezőt úgy kell kiszámítani, mintha ez az egy szemcse süllyedne a finom szuszpenzióban. Megjegyezzük, hogy az n és K anyagtól függő paramétereket a félüzemi mérésekből is ezekhez a jellemző szemcsékhez kell meghatározni. A módosított Durand egyenletet erre a durva keverékáramlás a finom szuszpenzióáramlásban esetre írjuk fel, azaz az F finom szuszpenzióáramlás indexet használjuk a megfelelő helyeken a v víz, vagy f folyadék helyett.

$$\Delta p = \Delta p_F \left[1 + C_{TD} \frac{K \left(\frac{\rho_S}{\rho_F} - 1 \right)^{1.5}}{C_E^{0.75}} \left(\frac{\sqrt{gD}}{v} \right)^n \right] \quad (26)$$

Mintapélda

A modell alkalmazásának a bemutatására elvégeztem egy számítást, amelyhez a szükséges adatokat egyszerűen felvesszük. A feladat legyen egy 1:1 tömegarányú homok-víz keverék, 100 mm átmérőjű és 100 m hosszú vízszintes csővezetékben megvalósuló hidraulikus szállítás nyomásvesztésének a kiszámítása. Tételizzük fel, hogy a vett mintán elvégeztük a fizikai anyagvizsgálatokat és megállapítottuk, hogy a homok szemcsesűrűsége $\rho_s = 2600 \text{ kg/m}^3$ (piknométeres méréssel), 30

tömeg%-ban tartalmaz 50 μm -nél finomabb szemcséket és az ennél nagyobb durva frakció 80%-os szemcsemérete $x_{D80} = 1,9 \text{ mm}$ (a kézi szitálással kapott empirikus eloszlás függvény alapján). Megjegyezzük, hogy a példában a finom szemcsék is 2600 kg/m^3 sűrűségű homok szemcsék. Iszapokra is alkalmazható a modell, természetesen a megfelelő tulajdonságok figyelembe vételével. A megadott tömeg koncentrációt számítsuk át térfogati koncentrációra. Az 1:1 tömegarány, 0,278:1 térfogataránynak felel meg, a szállítási térfogati koncentráció $C_T = 27,8\%$. A finom szuszpenzió-durva keverékáramlás modell szerint két részre kell a szilárd anyagot bontani, a határ szemcseméretnél – ami homokra 50 μm – kisebb és nagyobb, finom – ill. durva frakcióra. Vegyünk 1 liter mennyiséget ebből a keverékből és – a megadott adatok alapján – adódik, hogy az 1 liter keverék megoszlása a következő: 0,722 liter víz, 0,0834 liter finom szemcsefrakció és 0,1946 liter durva szemcsefrakció. Ebből a finom szuszpenzióáramlás szállítási térfogati koncentrációja $C_{TF} = 10,4\%$, ami $C_{TD} = 19,46\%$ szállítási térfogati koncentrációjú durva szilárd anyagot szállít. Ahhoz, hogy a tényleges számítást el tudjuk kezdeni, – az adott anyagokra – ismernünk kell egyrészt a finom szuszpenzióáramlás reológiáját, amit célszerű a csőviszkóziméterben, kb. 100 l mintán megmérni. Vagy esetleg rotációs viszkóziméterben 50 ml mintán, de azt inkább csak ellenőrzés céljára szoktuk elvégezni. Másrészt ismernünk kell az n és K durva keverékáramlási paramétereket, amelyeket a nagy hidraulikus mérőkörön lehet kb. 400 l mintán megmérni. Legyen a $C_{TF} = 10,4\%$ koncentrációjú finom szuszpenzió Newtoni reológiájú, és az abszolút viszkozitás $\mu_F = 26 \text{ mPas}$. K legyen 81, n pedig 3, ahogy homokokra Durand eredetileg meghatározta. A szemcsesűrűség és a koncentráció alapján a finom szuszpenzió sűrűsége $\rho_F = 1166 \text{ kg/m}^3$.

Válasszuk meg az áramlás zagysebességét. Konkrét méretezésnél ez alapvető fontosságú, mivel a durva keverékáramlás nyomásvesztés-görbe minimum pontjánál van az energetikai minimum, de egyúttal ez már veszélyesen kis sebesség a lerakódás szempontjából. A zagy sebessége legyen $v = 3 \text{ m/s}$, ami elég nagy, de például hidraulikus mederkotrásoknál még nagyobb is alkalmaznak a nagyobb kapacitás miatt. A finom szuszpenzió Newtoni folyási viselkedésű ezért a klasszikus áramlástan alapján számíthatunk, a Reynolds szám $Re = 13453$, az áramlás turbulens, a Fanning csőszűrlődési tényező $f = 0,0072$, amelyet a 10. Colebrook egyenletből számítottunk iterációval, $k = 0$, azaz sima falú cső behelyettesítéssel. Acél csövekben a homok lecsiszolja a csövet, a simafalú csőnek van a legnagyobb ipari jelentősége. A finom szuszpenzióáramlás nyomásvesztése a 9. Darcy egyenletből: $\Delta p_F = 1,5 \text{ bar} / 100 \text{ m}$. Ellenőrzés céljából elvégeztük ugyanezt a számítást a RHEOLOGY programmal a közölt Hanks módszer iterációs megoldásával is, $m = 1$ és $\tau_0 = 0$ behelyettesítésével azonos paraméterekre. A Hedström szám természetesen $He_B = 0$, mivel $\tau_0 = 0$, a lamináris-turbulens határ plasztikus Reynolds szám $(Re_{PL})_C = 2100$. Európában 2320 az elterjedt lamináris-turbulens átmeneti Reynolds szám Newtoni folyadékokra, viszont az USA-ban ugyanez 2100. Az iterációval megkeresett turbulencia paraméter $R = 1152$, a Reynolds szám $Re_{PL} = 13453$, a Fanning csőszűrlődési tényező $f = 0,0072$, azaz a Hanks módszer által kapott eredmények pontosan megegyeznek a Newtoni folyadékokra vonatkozó számítás eredményeivel.

Mielőtt a durva keverékáramlás nyomásvesztését kiszámítanánk meg kell határoznunk az x_{D80} szemcse közegellenállási tényezőjét. Az $x_{D80} = 1,9$ mm méretű és $\rho_s = 2600$ kg/m³ sűrűségű szemcse, $\mu_F = 26$ mPas viszkozitású és $\rho_F = 1166$ kg/m³ sűrűségű Newtoni folyadékban sülyyed a gravitációs erőter hatására. A sülyyedési végsebesség kiszámítása alapvető fontosságú a mechanikai eljárás technikában, Newtoni közegek esetére a számítás módja megtalálható a szakirodalomban [6]. A kiszámított szemcse körüli áramlást jellemző Reynolds szám $Re_x = 6,55$ azaz a szemcse körül a lamináris határrétegen kívül az áramlás átmeneti lamináris-turbulens, – ez az átmeneti tartomány – a sülyyedési végsebesség $v_0 = 0,076$ m/s és az ellenállástényező $C_E = 5,18$. A teljes nyomásvesztést a 26. módosított Durand egyenlettel számíthatjuk: $\Delta p = 1,84$ bar / 100 m.

Jelölések

A	- csőkeresztmetszet
B	- empirikus konstans a turbulens keveredési úthossz modellben
C_E	- szemcse körüli áramlásra jellemző ellenállástényező
C_T	- szállítási térfogati koncentráció
C_u	- helyi térfogati koncentráció
D	- a cső belső átmérője
(-du/dr)	- a nyírás sebesség gradiense
f	- Fanning csőszűrlődési tényező
g	- gravitációs gyorsulás
H	- magasság
He_m	- reálplasztikus folyadékok Hedström száma,
K	- konzisztencia index, hatványfüggvényes folyadékok reológiai paramétere
K	- a durva keverékáramlásra jellemző anyagi paraméter
k	- csőérdesség (egyenértékű a monodiszperz homok szemcseméretével, ami hasonló áramlási ellenállást fejt ki a csőben, Nikuradze kísérlet)
L	- keveredési úthossz a turbulencia modellben
m	- hatványkitevő, hatványfüggvényes folyadékok reológiai paramétere
Δp	- áramlási nyomásvesztés
r	- csőszög koordináta
R	- reálplasztikus turbulencia paraméter
Re	- Reynolds szám
Re_{PL}	- reálplasztikus Reynolds szám
v	- keresztmetszeti átlagsebesség
x	- dimenzió nélküli sugár koordináta, $2r/D$
x_0	- dimenzió nélküli nem nyírt dugó koordináta, τ_0/τ_w
η	- Bingham folyadékok merevségi tényezője
ζ	- dimenzió nélküli nyírési sebesség gradiens
μ	- Newtoni folyadékok abszolút viszkozitása
ρ	- sűrűség
τ	- nyíró feszültség
τ_0	- Bingham folyadékok nyugalmi határfeszültsége
ϕ	- a szemcsék miatti járulékos áramlási veszteség szám
Φ	- reálplasztikus turbulencia paraméter
Ψ	- reálplasztikus folyadékok lamináris áramlási függvénye

Indexek

f	- folyadék
v	- víz
s	- szemcse
-	- szuszpenzió vagy zagy (a teljes anyagrendszer)
F	- finom szuszpenzió áramlás
D	- durva keverékáramlás
C	- a lamináris – turbulens átmenetben érvényes érték
w	- a fal menti érték

Felhasznált irodalom

- [1] Böhm J. – Debreczeni Á. – Fajtli J. – Gombkötő I. – Meggyes T.: *High-concentration hydraulic transport of tailings*. In Land Contamination and Reclamation, Vol.15 Num. 2; p. 195 - 217, ISSN:0967-0513, 2007.
- [2] Gombkötő I. – Fajtli L.: *Application of paste technology for tailings handling*. In Proceedings of XXIV International Mineral Processing Congress, p. 3522 – 3529, XXIV International Mineral Processing Congress, Beijing 2008, ISBN: 978-7-900249-54-8/TD.1, 2008.
- [3] Govier, G. W. – Aziz, K.: *The flow of complex mixtures in pipes*. Van Nostrand Reinhold, 1972.
- [4] Durand R. – Condolios E.: *Deuxième Journée de l'hydraulique*. Soc. Hyd. de France, Grenoble. 1952.
- [5] Hanks R.W.: *Low Reynolds number turbulent pipeline flow of pseudohomogeneous slurries*. Hydrotransport 5, Hannover BHRA Fluid Engineering. 1978.
- [6] Tarján I.: *A mechanikai eljárás technika alapjai*. Miskolci Egyetemi Kiadó. 2006.
- [7] Tarján I. – Debreczeni E.: *A hidraulikus szállítás és hidromechanizáció vizsgálata és bányászati alkalmazása* (Examination of the hydraulic transport and hydromechanization and applications in mining) Doctoral Thesis Miskolc. 1989.
- [8] Tarján, I. – Fajtli, J.: *The Measurement of the Transport Concentration of Suspension Flows by Pressure Measurements on Vertical Pipes*. Mineral Economy Journal (Gospodarka Surowceni Mineralnymi) Tom 11 - Zeszyt 4, pp. 467-478. 1995.
- [9] Tarján I. – Fajtli J.: *The Distinction of the Fine Suspension Flow from the Coarse Mixture Flow by Measuring of the Pressure Loss on a Horizontal Pipe*. Mineral Economy Journal (Gospodarka Surowceni Mineralnymi) Volume 14 - Number 3, page 61-71. 1998.
- [10] Wasp, E. J. – Kenny, J. P. – Gandhi, R. L.: *Solid-liquid flow Slurry Pipeline Transportation*. Trans. Techn. Publications, Clausthal, 1977.
- [11] Fajtli J. – Gombkötő I.: *Flow Properties of Fine Suspensions at High Concentrations*. microCAD 2005, International Scientific Conference, Miskolc. 2005.
- [12] Fajtli J.: *Calculation Process for the Determination of Head Loss of Steady-state Solid Liquid Mixtures Flow in Horizontal Pipelines*. Ph.D. értekezés, Miskolc, pp.1-148. 1998.
- [13] Fajtli J.: *Pressure Loss Calculation Model for Well-Graded Solid-Liquid Pipe Flows on the Basis of Systematic Pilot Plant Investigations*. Intellectual Service for Oil and Gas Industry: Analysis, Solution, Perspectives Co-Proceedings of Ufa State Petroleum Technical University and University of Miskolc, Ufa. 2000.
- [14] Mátrai Erőműi salak – pernyék csővezetéki szállításának kísérleti vizsgálata. Műszaki szakértői tanulmányok. 1996. 1997. 1998.
- [15] Astech pernyeminta reológiai vizsgálata. Műszaki szakértői tanulmány. 2009.
- [16] Török pernyeminta fizikai anyagvizsgálata. Műszaki szakértői tanulmány. Miskolc. 2011.

Ref.: <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2012.1>

Fajtli József: Szemcsés anyagok – csővezetékben – folyadékárammal való szállításának méretezése. 2. rész: A nyomásvesztés számítása. Építőanyag, 64. évf. 1-2. szám (2012), 2-7. p.

Készülékfejlesztés a hidrociklonozásban

NÉMETH JENŐ • Pannon Egyetem (Veszprém), Gépészmérnöki Intézet

VERDES SÁNDOR • Pannon Egyetem (Veszprém), Gépészmérnöki Intézet • verdess@almos.vein.hu

Érkezett: 2011. 10. 26. • Received – 26. 10. 2011. <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2012.2>

Development in hydrocyclone-construction

In the paper the authors give an overview of the present situation of hydrocycloning and the tendencies in development in the field of both solid-liquid systems (suspensions) and liquid-liquid systems (emulsions). Modern constructional solutions are described. The results of international researches confirm the multiple applicability of hydrocyclones and the intensive product development. On the base of abovementioned it should be reasonable to overestimate the case of hydrocycloning recently neglected in our country.

1. Bevezetés

A ciklon konstrukcióját tekintve a legegyszerűbb folyamatos üzemű, centrifugális erőterrel működő szeparációs készülék. A ciklonban a centrifugális erőter a nyomás alatt, tangenciálisan bevezetett közeg-áramlás következtében jön létre. Rendszerüket tekintve a ciklonok lehetnek *gázciklonok*, azaz G–S fázisokat tartalmazó porleválasztók és *hidrociklonok*, azaz L–S folyadék és szilárd fázisokat, vagy L–L egymásban nem oldódó folyadék-folyadék fázisokat tartalmazó rendszerek, illetve ide sorolhatók az L–L–S, vagy az L–L–G hármas fázisokat kezelő műveleti egységek is. (L–folyadék, S–szilárd, G–gáz.)

A gázciklonra /Morse, 1886/ és a kúpos kialakítású víztisztító hidrociklonra /Bretney, 1891/ vonatkozó első szabadalmak több mint száz évesek. A portalanító gázciklon alkalmazása gyorsan terjedt. Ezzel szemben a L–S rendszerű hidrociklonokra az ipari érdeklődés – néhány kivételtől eltekintve – igazából csak a II. világháború után irányult. Magyarországon is ekkor jelentek meg az első publikációk a szén és érc előkészítés áramkészülékeiről (Tarján Gusztáv), valamint az építőanyagipar (Demeter László, Bréda Gyula) és a cukoripar (Czirfusz Miklós) területéről. Tarján Gusztáv elméleti munkáira a hidrociklonban kialakuló áramlásokra és a szilárd szemcsék mozgásviszonyaira vonatkozóan még jelenleg is hivatkoznak. Következtetései közül egyedül a hidrociklonok nagyobb (40°–65°) kúpszögére tett ajánlását vitatták. A hidrociklonok fejlesztési tendenciáinak tárgyalásakor erre a kérdésre még visszatérünk.

Az egymásban nem oldódó folyadékokat szétválasztó L–L rendszerű, elsősorban olajipari hidrociklonok alkalmazása még későbbre tehető, elterjedésük csak a múlt század hetvenes-nyolcvanas éveiben vált erőteljessé. Ennek kiváltó oka az volt, hogy az olajkutakból feljövő olaj erre az időre egyre vízesebbé vált. Az Egyesült Államokban például már évi 15 billió barrel volt az olajat kísérő ún. termelt víz mennyisége. Jelenleg ez a termelt víz az olajipar legnagyobb volumenű mellékterméke. Szabadba vagy a tengerbe engedése ráadásul szigorú környezetvédelmi előírásokhoz kötött, Magyarországon például az előírt határérték mindössze 3 mg/liter! A víztelenítő hidrociklonok fejlesztésének további jelentős lökést adott a tengeri fúrótornyok egyre növekvő számú telepítése. Kiderült ugyanis, hogy a hullámozás és a szél okozta belengések miatt a hagyományos, gravitációs víztelenítők működése megbízhatatlan

Dr. NÉMETH Jenő

Gyémántdiplomás vegyipari gépészmérnök, a Pannon Egyetem címzetes egyetemi tanára, a kémiai tudomány akadémiai doktora, a Műszaki Kémiai Kutatóintézet nyugdíjas tudományos tanácsadója.

VERDES Sándor

A Pannon Egyetem Gépészmérnöki Intézet (PEGMI) Géptan Intézeti Tanszék egyetemi docense. Több mint 15 évet dolgozott a SZIKKTI kutató részlegén.

lanná vált. A nagy térfogatú, fekvő elrendezésű ülepítő tartályok elhelyezése a fúrótornyok platformjain uralkodó krónikus helyhiány miatt amúgy is problémás volt. A kis helyigényű és hatékony hidrociklonok, amelyekben a centrifugális gyorsulás a nehézségi gyorsulás értékének több százszorosa lehet, technológiailag előnyös alternatívát jelentettek a gravitációs szeparátorok kiváltására. A technológiai alkalmasság mellett az sem elhanyagolható szempont, hogy az olcsóbb hidrociklonokkal valamelyest kompenzálni lehet az olajkitermelés költségeinek növekedését.

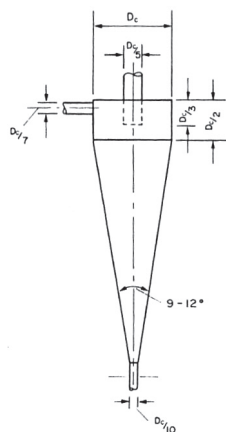
A hidrociklonok hatásosságának a növelésére, a kialakuló nyomásvesztesség csökkentésére, a megfelelő szerkezeti anyag használatára és az újabb technológiai, például biotechnológiai alkalmazhatóság kikísérletezésére vonatkozó fejlesztő munka jelenleg is folyik. E széleskörű kutató-fejlesztőmunka intenzitását a négyévente megrendezett nemzetközi konferenciák jól szemléltetik, így például az 1992-ben Southamptonban rendezett IV. Hidrociklon konferencia kiadványa vagy az 1996-os Cambridge-i konferenciáról megjelent könyv [1, 2]. A dolgozat célja a hidrociklonok konstrukciós K+F munkájának rövid áttekintése és a kutatási tendenciák bemutatása.

2. A folyadék–szilárd (L–S) rendszerű hidrociklonok

Az 1. ábrán egy tipikus hengeres-kúpos, szuszpenziót szétválasztó hidrociklon látható a fontosabb geometriai paraméterek méreteinek a feltüntetésével. A hidrociklonok esetén elterjedt gyakorlat értelmében a hengeres köpeny D_c átmérője az összes többi méret viszonyítási alapja.

Tarján szerint [3] a szuszpenziót szétválasztó L–S rendszerű hidrociklon olyan áramkészülék, amelyben a szilárd fázis szemcseosztályozását eldöntő, mértékadó közegáramlás a centrifugális erő irányával ellentétesen kialakuló radiális sebességkomponens. A nehezebb szemcsék az alsó kifolyásba, a könnyebbek a felső kifolyásba kerülnek. Itt jegyezzük meg, hogy a derítő szupercentrifugákhoz hasonlóan a hidrociklonnal sem lehet teljesen éles elválasztást biztosítani [4]. Az elválasztás élességét azzal lehet fokozni, ha sorba kötött, több testes hidrociklonokat alkalmazunk. A Pörner Engineers+Contractors Plc. megbízásából Németh ezért javasolt egy háromtestes hidrocik-

lon modult, amely egy álló és két, ehhez felül és alul vízszintesen csatlakozó hidrociklonból állt, a MOL Rt. Dunai finomító Merox üzemi lúgos előmosó rendszerének az intenzifikálására. A javaslat értelmében készült tervezői adatszolgáltatás szerint 250, 200 és 150 mm volt az egyes ciklonok átmérője.



1. ábra Tipikus hengeres-kúpos hidrociklon vázlatos rajza
Fig. 1. Draft drawing of typical cylindrical-conical hydrocyclone

A mozgó alkatrészeket nem tartalmazó, egyszerű konstrukciójú hidrociklonban igen bonyolult az áramkép. Kellsall [5] és Rietema [6] alapvető munkái óta még jelenleg is a legtöbb publikáció a hidrociklonban kialakuló összetett áramlás tisztázásával foglalkozik. A hidrodinamikai bonyolultságot fokozza, hogy a hidrociklonban kialakuló 3D-s örvénymozgás nem izotróp, nem tengelyszimmetrikus és a tengelyvonalon képződő légmag recessziós mozgása miatt az áramkép még időben is változik. Nagyobb szilárdanyag koncentrációnál már nem teljesülnek a szabad ülepedés feltételei. A szemcsék mozgásának és a folyadék áramlásának kölcsönhatása szintén a tisztázandó kérdések közé tartozik.

A numerikus áramlástan, CFD (Computational Fluid Dynamics) segítségével [7] az utóbbi években több publikáció is megjelent az előzőekben vázolt, igen bonyolult áramkép leírására [8, 9]. A 3D-s örvénymozgás numerikus kezelésekor a turbulencia modellek validálását azonban minden esetben el kell végezni, ami viszont csak gondosan kivitelezett, korszerű mérés technikával, például a kétsugaras LDV (Laser Doppler Velocimetry) vagy a Műszaki Kémiai Kutató Intézetben is használt PDPA (Phase Doppler Particle Analyzer) használatával végzett kísérletek adataival lehetséges. Ígéretes, bár költségesebb módszer az újabban alkalmazott EIT (Electrical Impedance Tomography), vagy ERT (Electrical Resistance Tomography) módszer [10]. Az egyes szimulációs modellek érvényességét ugyanakkor behatárolja az a tény, hogy az elméleti modellek csak addig használhatók, amíg az alkalmazás paraméterei kielégítik a modell peremfeltételeit. Az előzőek alapján nem meglepő, hogy a mai napig nem ismert olyan elmélet, amely a tangenciálisan belépő és a köpeny mellett lefelé csavarodó, illetve a tengelyvonalon spirálisan felfelé mozgó szuszpenzió turbulens áramlását egységesen leírja.

A már említett Rietema [6] $D_c = 75$ mm átmérőjű hidrociklonnal végzett, nagyszámú és szisztematikusan változtatott paraméterű kísérlet sorozatokkal igazolta, hogy az L–S rendszerű hidrociklonok optimális méreteire a következők érvényesek:

$D_i/D_c = 0,28$, $D_o/D_c = 0,34$, $l/D_c = 0,4$,
 $L/D_c = 5$, $h/D_c = 0,75-1,0$ és $D_o/D_u = 1,33-1,66$,
ahol

D_i a tangenciális bevezetés,
 D_o az örvénykereső cső átmérője,
 l az örvénykereső cső benyúlása a hengeres testbe,
 h a hengeres kamra hosszúsága,
 L a hidrociklon teljes hossza és
 D_u az alsó kifolyás átmérője.

A szerző azt is kimutatta, hogy 10° -os kúpszögű hidrociklonnal 15–20%-kal élesebb elválasztás érhető el, mint a 20° -os kúpszögű egységgel.

Az osztályozóként működő hidrociklon átmérője általában $D_c = 300-450$ mm, a teljes hossza $L = 1000-1500$ mm, az együttülepedés szerinti osztályozás szokásos mérettartománya 5–297 μm . 300 μm -nál nagyobb szemcsék szétválasztása más típusú osztályozókkal is előnyös lehet. A betáplálás (Q_i) lineáris sebessége 10–14 m/s között változik. A tapasztalat szerint az elválasztás hatékonysága nagyobb belépési sebességgel növelhető lenne, ennek azonban a hidrociklon megnövekedő nyomásesése és az esetlegesen bekövetkező erózió határt szab. A betáplálási túlnyomás rendszerint 0,35–4,2 bar közötti érték. A betáplálás szokásos szilárdanyag tartalma 10–60%. Nagy koncentrációnál az alsó kifolyás (Q_u) akadózhat. A szemcsék esernyőszerű szétporlasztása helyett a kifolyás dugószerűvé válhat, ami elakadást is okozhat. Ezt a körülményt célszerű elő-kísérletekkel tisztázni. Szükség esetén a kúpos szakaszba vezetett lazító, öblítő víz bevezetésével lehet a hidrociklon működőképességét fenntartani.

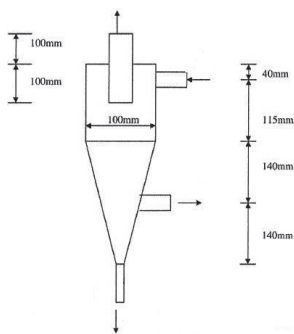
A hidrociklonok Q_i feldolgozási képességére és a szilárd szemcse x osztályozási (más publikációkban ennek a jelölése d_{50}), vagy a leválasztási határméretére a Fejes-Tarján tankönyv [3] közöl használható adatokat. Bradley a teljesítményképleteket elméleti és tapasztalati összefüggésekre bontva elemzi [11]. A könyv 85. ábrája a Dorr cég TM3 típusú multiciklonos egységét ábrázolja, ahol a három multiciklon toronyszerűen egymásra épül, és a közös házba foglalt, függőlegesen elrendezett 40 mm átmérőjű hidrociklonok 60, 180 vagy 300 darabszámban kerülnek beépítésre. E példa említésének az ad aktualitást, hogy az Ajkai Timföldgyárban az alumínálúgból a kikeverő tartályokban leválasztott timföldhidrát zagyot az oltóhidrát zagytól Dorr-féle multiciklonokkal választják szét.

Ha a feladásban a leválasztási határméretnél nincs (vagy csak kevés a) finomabb szemcse, akkor a hidrociklon zagysűrítőként működik. Ha a hidrociklont besűrítőként alkalmazzák, akkor az átmérője rendszerint kisebb, mint 100 mm. Finoman diszpergált szuszpenziók esetén a hidrociklon átmérője még kisebb, értéke 10–50 mm. A kis átmérőjű, következőképpen kisebb teljesítményű hidrociklonokat a nagyobb feldolgozás érdekében multiciklonokba építve működtetik. A multiciklonok szerkezeti kialakítása a gyakorlatban kétféle. Az első típusnál a centrálisan elhelyezett központi elosztó tartályhoz, illetve a ciklonok Q_o felső elfolyását gyűjtő edényszethez sugárasan csatlakoznak kívül a kisméretű, általában a berendezés középvonala felé kissé ferdén elrendezett hidrociklonok. A másik elrendezés a csőköteges hőcserélők felépítését követi. A köpenybe vízszintesen beépített hidrociklonok terhelése ebben az esetben kevésbé egyenletes és az eldugulás elhárítása is

munkaigényesebb, mint az előző típusnál. A különböző gyártók készülékeit Bradley a könyve 10. fejezetében részletezi [11].

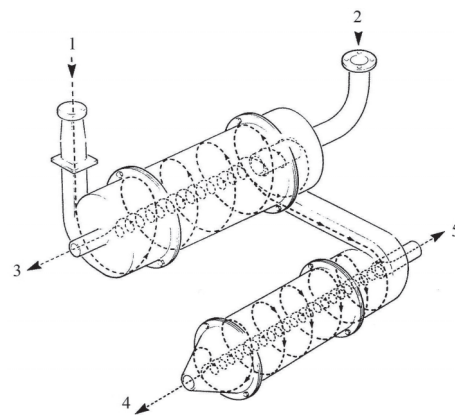
Ha a hidrociklont víz helyett megfelelő sűrűségű *nehézsuszpenziós* fluidummal működtetik, akkor a szilárd fázis szétválasztása néhány tized mm-től 10–20 mm szemcseméretig nemcsak a különböző méretű szemcsékhez tartozó különböző ülepedési sebesség alapján lehetséges, hanem a feladásban levő szilárdanyag különböző sűrűsége alapján is. Ilyen rendeltetésű hidrociklonokat alkalmaznak az ércfeldolgozásnál, ahol a fémeket a meddőtől kell elválasztani [12].

Más iparágaknál is napi feladat különböző sűrűségű szennyeződések eltávolítása. Például a papíriparban ilyen feladat a papíriszapnál könnyebb és nehezebb szennyeződések eltávolítása. Ennél a technológiánál a többtestes kapcsolás honosodott meg. Az első hidrociklon felső kifolyása a tisztított iszap (pulp). Az alsó elvezetés a második lépcső betáplálása, ennek alsó kifolyása tartalmazza a nehéz szennyeződések, míg a harmadik hidrociklon felső elvezetésébe kerülnek a papírnál könnyebb szennyeződések. A rendszer fejlesztését szolgálja a *három-termékes* hidrociklon alkalmazása, amikor is a hidrociklon köpenyén képeznek ki egy D_m átmérőjű elvezetést a felső könnyebb és az alsó elvezetés nehezebb terméke közötti köztes sűrűségű termék számára [13]. A három-termékes hidrociklon méretezett vázlatát mutatja a 2. ábra. Osztályozóként működtetve az egyes csőátmérők a következők: $D_o = 34$ mm, $D_m = 14$ mm, $D_u = 24$ mm. Sűrítőként alkalmazva ezek a méretek a következők: $D_o = 34$ mm, $D_m = 6$ mm és $D_u = 24$ mm. A három-termékes hidrociklonok fejlesztésével kapcsolatos további munkáról Bednarski ad széleskörű áttekintést [1]. Természetesen kéttestű hidrociklonnal is szét lehet három terméket választani, de két készüléknek nagyobb a beruházási költsége és a két hidrociklon nyomásesése az üzemeleti költséget is megnöveli. Ehhez járul még a két hidrociklonban kialakuló belső áramlások, ezen belül a megosztási hányad (Q_u/Q_o) szabályozási kérdése is.



2. ábra Három-termékes hidrociklon vázlatos rajza
Fig. 2. Sketch of three-product hydrocyclone

Újabban a szénmosásra is három-termékes hidrociklont ajánl a British Coal Corporation [1]. A LARCODEMS szeparátor kialakítása a 3. ábrán látható. A ferde elrendezésű hidrociklon hengeres kialakítású és 250 t/h osztályozatlan szén szeparálására alkalmas, miközben a szén szemcse-frakciója 0,5–100 mm közötti lehet. A hengeres rész átmérője eléri a 300 mm-t. A ferde elrendezéssel a hidrociklon hidrosztatikai nyomását lehet hatásosan csökkenteni. Ezzel együtt a betáplálási nyomás is csökkenthető.



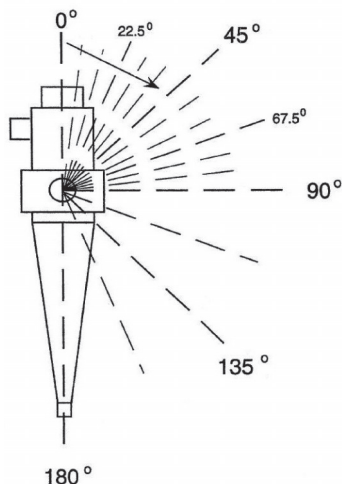
3. ábra Három-termékes szénmosó hidrociklon vázlatos rajza
1 – nyers szén betáplálás kevés folyadékkal, 2 – szeparáló folyadék bevezetés, 3 – mosott szén elvezetés, 4 – nagysűrűségű anyag elvezetés, 5 – közbelső sűrűségű anyag kilépés
Fig. 3. Sketch of three-product hydrocyclone with for coal washery
1 – raw material feeding with less liquid, 2 – input of separating liquid, 3 – outlet of washed coal, 4 – outlet of high density media, 5 – outlet of intermediate density product

A nedves őrlésű golyósmalmokhoz elterjedten használnak zárt, körfolyamatban működő osztályozó hidrociklonokat, amelyek általában nagy méretű egységek. Az átmérő 660–840 mm, a teljes magasság pedig eléri a 2,5–3 métert. Egyértelmű, hogy ferde, 45°-os elrendezés esetén számottevően csökken az alsó kifolyónyílásra ható nyomás, ami növeli az osztályozó élettartamát. A ferde elrendezés ugyanakkor 20–40 %-kal növeli a d_{50} értékét. Megjegyezzük, hogy a durvább szemcse leválasztás a nagy kapacitású osztályozóknál gyakran technológiailag előnyös.

A hazai rudabányai pátvasérc-dúsítás 1960–62 évi technológiája az 1965–67-es években kiegészült egy golyósmalomból és hidrociklonokból álló aprító-osztályozó berendezéssel. A pátvasérc magas réztartalmát (Cu 0,10–0,15%) később flotálással csökkentették [22]. A kétlépcsős technológia első részében a barit elő-flotálását végezték, amit a második lépcsőben a barit tisztító flotálása követett. Mindkét műveleti körhöz egy aprító-osztályozó körfolyamatos rendszer tartozott, amely nedves üzemű golyósmalomból és Demeter-féle osztályozó hidrociklonból állt ($D_c = 200$ mm). A hidrociklon örvénykereső csőén kilépő anyagáramban a 200 μ m-nél nagyobb szemcsék mennyisége nem haladhatta meg a 6%-ot. Az ásványelőkészítésben más területen is használt berendezés a hidrociklon [23].

A hidrociklon ferde elrendezésével kapcsolatban figyelmet érdemel Asomah és Napier-Munn dolgozata [2], amelyben a 4. ábra szerinti módon, a hagyományos függőleges és a 135° ferdeségű tartományban végzett összehasonlító kísérletekről számoltak be. A kísérletekhez két Krebs gyártmányú hidrociklont használtak 508 és 101,6 mm átmérővel. A hengeres rész hossza értelem szerint 770 mm és 247,7 mm volt. A kúpszögek pedig 20° és 12° értékűek. A rézérc koncentrációja a betáplálásban 22–72% között változott. A ferdeség változtatásakor a hidrociklonok nyomásvesztését 60 és 120 kPa nyomáson állandó értékeken tartották. Az üzemi próbák azt igazolták, hogy a ferde elrendezés befolyásolta a szétválasztás teljesítményét, a nagyobb egységnél jobban, mint a kisebbnél. A d_{50} értéke nőtt, például 30 μ m-ről 45 μ m-re. Az alsó kifolyás sűrűsége és víz-

tartalma is nőtt. Az említett hatások a 45° ferdeségig alig jelentkeztek, a nagyobb ferdeségeknél enyhe lineáris növekedés volt megfigyelhető.



4. ábra Ferdén elhelyezhető kísérleti hidrociklon vázlatos rajza
Fig. 4. Test hydrocyclone with position changing possibility

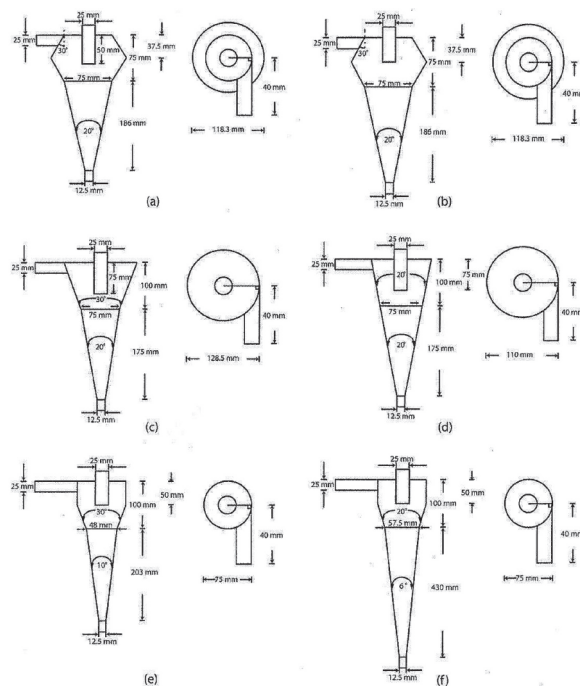
A hidrociklon konstrukciójára vonatkozó újabb vizsgálatok alapján igazoltnak tekinthető, hogy szögletes, például téglalap keresztmetszetű tangenciális bevezetés esetén nagyobb a hidrociklon hatékonysága, mint amikor a bevezetés kör keresztmetszetű, valamint az, hogy az evolvens kialakítású betáplálás költségesebb konstrukció ugyan, de kedvezőbb, mint az egyszerű tangenciális csatlakozás.

Ha az örvénykereső csőhöz, vagy az alsó kifolyáshoz könyökök és további csővezetékek csatlakoznak, akkor ellenőrizni kell a hidrociklon elfolyásai között kialakuló nyomásviszonyokat, mert ez befolyásolja a split-nek nevezett, $S = Q_u/Q_o$ megosztási hányad értékét. Jelenlegi ismereteink szerint az S optimális értékét előkísérletekkel célszerű tisztázni. A tervezés során külön elemezni kell, hogy a megosztási hányad szabályozását lehetővé tevő szerelvényekkel nem sérül-e a megbízható üzemvitel, és ezek nyomásvesztésével járó energianövekedésnek mi a gazdasági kihatása.

A legújabb konstrukciós fejlesztő munkát egyrészt a hibrid eljárások alkalmazási lehetőségének a vizsgálata jellemzi, másrészt a számítógépes modellezés és a kísérleti munka ötvözte.

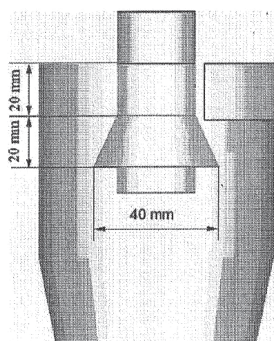
A hibrid eljárásra példa az *elektromos hidrociklon* vizsgálata. Japán kutatók [14] 2 µm medián átmérőjű igen finom szilícium szeparálására fejlesztették ki az új elektromos hidrociklont, ugyanis a hagyományos hidrociklonban kialakuló centrifugális erőterrel a 4–5 µm-nél kisebb szemcsék osztályozása gyakorlatilag nem kivitelezhető. Megjegyezzük, hogy a Brown-féle mozgás a 0,1–1 µm-es szemcséknél kezd jelentkezni. A szerzők a 20 mm átmérőjű hidrociklon kúpos részébe centrikusan egy negatív elektródot építettek be. Az egyenáramú generátor feszültségét 100 V-ig lehetett szabályozni. A betáplált szuszpenzió koncentrációja 0,1–2 m/m%- között változott. A szerzők azt tapasztalták, hogy az osztályozás hatékonyságának a növeléséhez legalább 40 V feszültségre volt szükség. Ugyanakkor a d_{50} elválasztási szemcseméret csak az 1,5 m/m%-nál kisebb betáplálási koncentrációk esetén csökkent. Nagyobb koncentrációk esetén a d_{50} értéke is nőtt.

A korszerű konstrukciós fejlesztés másik iránya a *numerikus áramlástan* modelljei segítségével történik. Az Utah-i egyetem kutatói [15] azt vizsgálták, hogy az ásványfeldolgozás zárt-körű nedves őrlésénél évtizedek óta használt hengeres-kúpos, úgynevezett standard hidrociklon [16] hatásosságát hogy lehet növelni a készüléktest módosításával. Hatféle változatot (l. az 5. ábrát) modelleztek. A hidrociklonok átmérője egységesen 75 mm volt. A 3D-s turbulencia modell egyenleteinek a megoldásához a Fluent™ 6.0 programot használták. Azt találták, hogy az (a) és (b) változat nem volt jobb, mint a standard alaptípus. A (d) és (e) változatok szétválasztási hatékonysága kb. azonos volt a standard típussal, míg a (c) és az (f) esetén a szeparáció élesebb volt. A számított javulás egyrészt azért következett be, mert csökkent az örvénykereső cső melletti ún. rövidre zárás hatása, másrészt a készülék alján kialakuló erősebb spirálmozgás miatt kevesebb finom szemcse csúszott le a köpeny mellett az alsó lefolyásba, ellenkezőleg, a felfelé irányuló szekunder spiráláramlásba kerültek. Az előzők alapján a hat változat helyett csak e két utóbbi konstrukciót kell üzemileg tesztelni. A CFD módszer és a kísérleti munka vázolt ötvözte jelentős idő- és költségcsökkentést jelent. Megjegyezzük, hogy a nem-newtoni biológiai közegek hidrociklonos kísérletei alapján ugyancsak a (c) és (f) típusú készülékekkel értek el pozitív eredményeket [2].



5. ábra Lehetséges hidrociklon kialakítások
Fig. 5. Possible hydrocyclone forms

Az előzővel hasonló jellegű Wang szimulációs munkája [17] is, aki az örvénykereső csőre vonatkozó számos egyéb variáció mellett a 6. ábra szerinti terelő-kúpos örvénykereső cső konstrukcióját találta kedvezőnek a nyomásesés csökkentésére, az áramlás S megosztási hányadára, a szemcsemozgás trajektóriáira és az elválasztás élességére. Az elvégzett kísérletek igazolták, hogy az ábra szerinti örvénykereső csőnél az elválasztást rontó, ún. rövidre-zárási hatás, amely a betáplálás és az örvénykereső cső között jelentkezhet, a terelő kúp miatt ténylegesen csökkent, és ezzel javult az elválasztás élessége.



6. ábra Az örvénykereső cső módosított kiviteli vázlata
Fig. 6. Drawing of the modified vortex finder tube

3. A folyadék–folyadék (L–L) rendszerű hidrociklonok

Az egymásban nem oldódó folyadékok, azaz az L–L rendszerű hidrociklonokra a folyadék–szilárd fázisú hidrociklonokra tett előző megállapítások, így pl. a készüléktest optimális geometriai méreteire, közvetlenül nem alkalmazhatóak. Ennek egyrészt az az oka, hogy a szétválasztás hajtóerejéül szolgáló sűrűségkülönbség a folyadékok között egy nagyságrenddel kisebb, mint az L–S fázisú rendszereknél. Másrészt, a folyamatos fázisban diszpergált folyadék cseppek, ellentétben a szilárd fázis szemcséivel, a 3D-s turbulens áramlásban fellépő nagy, 10–15 m/s nagyságú tangenciális sebességek miatt töredeznak, méretük nem marad állandó. Előfordul, hogy a cseppek nemcsak aprózódnak, hanem esetenként nagyobbakká koagulálnak. Következésképpen a diszpergált folyadék cseppeloszlása nem állandó a hidrociklonozás során, ellentétben a szilárd fázis szemcseeloszlásával.

Fontos következtetéseket vontak le a Braunschweigi Egyetem kutatói az orsóolaj-víz emulzióval végzett vizsgálatokból is, amelyhez egy 50 mm átmérőjű és 14° kúpszögű hidrociklont használtak. A méréseket 60 °C-on végezték. Változó belépési sebességnél mérték a Q_0 és Q_u kilépő térfogatáramokat és az ezekhez tartozó ε_0 és ε_u szétválasztási tényezőket. Megállapították, hogy egyidejűleg csak az egyik folyadék komponens nyerhető ki tisztán. Függetlenül attól, hogy a könnyű vagy a nehéz folyadék volt a diszperz fázis, például olaj a 83% vízben, vagy víz a 90% olajban, a szétválasztás jellege hasonló volt. Kimutatták, hogy a megosztási hányad erősen függ a hidrociklon nyomásvesztésétől, és ezen keresztül a készülék konstrukciós kialakításától. Megállapították, hogy a belépési sebesség növelésével nem nőttek folytonosan az elválasztási tényezők, hanem egy kritikus érték után csökkentek. Víztelenítés esetén ez az érték max. 6 m/s volt 10% víztartalom esetén (nagyobb víztartalomhoz kisebb optimális érték tartozott). Olajtalanítás esetén a kritikus érték 4,5 m/s volt, függetlenül a koncentrációtól. Nagyobb sebességeknél elválasztás helyett, meglepetésre, emulgeálás következett be. A hidrociklon optimális olajtalanítási térfogat teljesítménye ezzel az értékkel 1,4 m³/h volt.

A különböző kritikus sebességek miatt különböző geometriai méretekkel rendelkeznek a hidrociklonok aszerint, hogy olajtalanítás vagy víztelenítés a szeparálás műveleti célja. Megjegyezzük, hogy ez a jelenség, miszerint az L–L rendszerű

hidrociklonoknál a betáplálási sebességnek optimuma van, új megállapítás, mert az L–S rendszerűeknél ez nem tapasztalható. A kétféle rendszer összevetéséből az is kitűnik, hogy az L–L rendszerű hidrociklonok betáplálási sebessége lényegesen kisebb, mint az L–S rendszerű hidrociklonoknál alkalmazott értékek. Következésképpen egységteljesítményük is kisebb. Azért, hogy a kisebb sebesség miatt a centrifugális erőter ne csökkenjen, a folyadék–folyadék szeparációs hidrociklonok kis átmérővel készülnek. Ezért koncentrálódik az L–L rendszerű hidrociklonok méreteire vonatkozó fejlesztés jelenleg az ún. *mini-hidrociklonokra*. A $D_c = 10\text{--}25$ mm átmérőjű egységek, esetenként százas nagyságrendben, multiciklonokba kerülnek beépítésre, hogy a párhuzamos kapcsolással biztosítsák a telep nagyobb teljesítményét. A multiciklonok kialakítása a csököteges hőcserélők mintájára rendszerint fekvő kivitelű, egy beömlésű és az igényeknek megfelelően nyomásálló kivitelű berendezés.

A mini-hidrociklonoknál a szűk rádiusz-tartomány miatt elégtelen lehet a tangenciális bevezetés realizálódása a centrifugális erőter kialakítására. Ilyen esetekben jelenthet megoldást az örvénykereső cső és a ciklon hengeres fala közé épített gyűrű alakú, ferde, vagy ívelt lapatozású, álló keréktárcsa. A *centriklonnak* is nevezett hidrociklonban a tárcsa hat, vagy nyolc lapátja nemcsak a bevezetett közeg perdületét fokozza, hanem intenzifikálja az axiális irányú sebességet is.

Az L–L rendszerű hidrociklonok leválasztási hatásossága függ a hőmérséklettől is. Az arányosság fordított. A hatékonyság nő, ha a hőmérséklet csökken. A hőmérséklet csökkenésekor nő a diszperz és a folyamatos fázis viszkozitása, a vízé jobban, mint az olajé. Ha nagyobb a viszkozitás, akkor csökken a cseppek aprózódási hajlama, ami előnyös az elválasztás szempontjából.

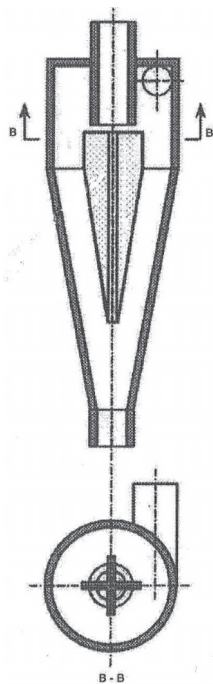
A hidrociklonok tengelyvonalaiban kialakuló ún. *légmagot* sokan vizsgálták, de a jelenség precíz magyarázata még jelenleg is hiányzik. Tisztázatlan például, hogy miért hullámos a légmag folyadékkal érintkező felülete, vagy mi befolyásolja a légmag recessziós mozgását. A légmag kialakulásáról és jellegéről a következők ismertek:

A légmag minden esetben kialakul, ha akár a felső, akár az alsó kifolyás érintkezik a légkörrel. Az áramlástan vizsgálatok szerint, lásd pl. az [5, 6, 10] irodalmakat, a hidrociklon tengelyének a közelében akkorára nőhet az áramlás tangenciális sebessége, amihez a Bernoulli egyenlet értelmében fellépő nyomáscsökkenés már vákuumot eredményez. Ennek mértéke néhány száz vízoszlop mm-től 1000–2000 vomm-ig terjedhet. A szabadból ez a vákuum szívja be a légmagba a levegőt. Ha a kifolyások zárt tartályokba történnek, az általános vélemény szerint akkor is kialakul légmag a hidrociklonban, mert ekkor a folyadékból felszabaduló gőz vagy gáz tölti ki a légmagot, amelynek az átmérője 0,06 D_c -től 0,33 D_c -ig változhat. A nagyobb érték a nagyobb tangenciális sebességekhez tartozik. A légmag összeeshet, ha a tangenciális sebesség erősen lecsökken. A légmag kialakulásához egy minimális belépési sebesség és minimális kezdeti nyomás szükséges. Hagyományos kialakítású hidrociklonokban ez utóbbi értéke kb. 0,15 bar. Ha a légmag nagy átmérővel alakul ki, akkor előfordulhat, hogy az átmérője nagyobb lesz, mint az alsó kifolyónyílás átmérője. Ilyenkor megszűnhet az alsó kivezetés. Tiszta víz esetén ez az állapot ténylegesen megfigyelhető.

A légmag lengése és recessziós mozgása nyomásingadozásokat generál, ami kihat az áramlás radiális sebességére. Ez viszont hátrányosan befolyásolja a hidrociklon hatásosságát. A konstrukciós fejlesztések egy része ezért az áramlást *stabilizáló* szerkezeti megoldásokra irányul.

A Southampton-i egyetem kutatói [20] az alsó kifolyónyíláshoz a nyílás átmérőjével azonos átmérőjű, de $(9-13,5)D_c$ mm hosszú, ún. *stabilizáló* csövet csatlakoztattak, amivel sikeresen csillapították az áramlás instabilitását.

További megoldásokat tüntet fel a következő két ábra. A 7. ábrán egy keresztzárnyas betétdarab csillapítja a hidrociklonban a nyomásfluktuációt [10]. A 8. ábrán viszont egy perforált hengeres-kúpos betéttel lehetett a hidrociklon elválasztási hatásosságát növelni [10]. A perforált betét részben módosította a belső örvény kialakulását, részben torlasztó hatást fejtett ki a tengelyvonal felé irányuló radiális sebességre azzal, hogy erősítette a hidrociklon kúpos része felé az axiális áramlást.



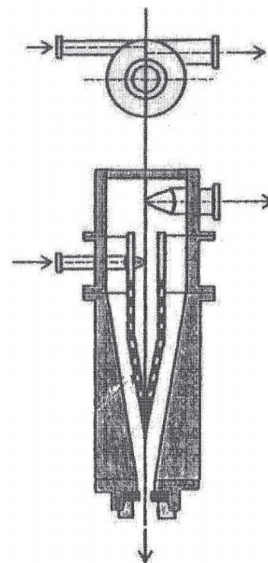
7. ábra Keresztzárnyas csillapító betétmag
Fig. 7. Winged central core to lower pressure fluctuation

Az L-L rendszerű hidrociklonok internetes irodalomfigyelése alapján a készüléktest méreteire vonatkozóan a következő megállapítások tehetők:

A D_i/D_c arány itt is 0,28 érték, azaz ugyanaz, mint az L-S rendszerű hidrociklonoknál. Az örvénykereső cső benyúlására az $l/D_c = 0,33-0,4$ értékek az ajánlottak, míg a kisebb nyomásvesztés elérése miatt kissé rövidebb a hengeres szakasz, azaz $h/D_c < 1$. A víztelenítő hidrociklonoknál $D_o/D_c = 0,13$, míg az olajtalanítóknál ez az érték 0,04. Az alsó ürítő nyílásra $D_u/D_c = 0,18-0,26$ arány az ajánlott. A kereskedelemben kapható olajtalanító hidrociklonok átmérője rendszerint 75–100 mm. A készülékleírás szerint ezek az egységek üzemszerűen a 30 μm méretű olajcseppek 98%-át képesek leválasztani.

A víztelenítő hidrociklonok kúpszöge 10–20° között változik. Az olajtalanító hidrociklonok karcsúbbak, ezeknél a típusoknál a kúpszög intervalluma 2° és 10° közötti érték.

A tapasztalat szerint a nem elegyedő folyadékok bevezetésére nem egy, hanem két, átellenesen kiképzett tangenciális csövet célszerű alkalmazni.



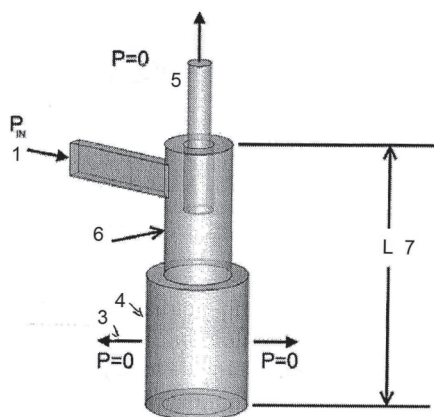
8. ábra Perforált kosár alakú betétmag
Fig. 8. Perforated basket-shape core

Bradley [11] a hidrociklon tervezési változói között a geometriai méretek mellett a *szerkezeti anyagokat* is felsorolta. A megfelelő szerkezeti anyag kiválasztása az L-S rendszerű hidrociklonoknál fellépő eróziós hatás miatt igényel kiemelt figyelmet. A gumi (főleg lágy gumi 12 vagy 25 mm vastagsággal), esetleg szilikon-karbid bélelésű hidrociklonok mellett a foszforbronzból, a titánból, vagy porcelánból készült típusok is megjelentek a különböző gyártmánylistákon, sőt újabban műanyagból, üvegszálas műanyagból, fém-kerámia, illetve polimer kompozitból készült hidrociklonok közül lehet választani. Ha a Mohs skálán 5°-nál keményebb anyag a szuszpenzió szilárd fázisa, akkor a porcelán hidrociklon élettartama kb. 1400 óra, míg a többi 400 óra körüli érték. Esetenként érdemes az erózióknak erősen kitett alsó kifolyónyílást cserélhető csomópontként kialakítani. Az L-L rendszerű hidrociklonoknál a készülék fala és a nehezebb folyadék közötti nedvesítési szög lehet a kiválasztást segítő paraméter. Ismert, hogy az illeszkedési, vagy kontakt szög vízre saválló acélnál 46°, víz/teflon kapcsolatnál 91°, míg dízelolaj/saválló acélnál 2°, dízelolaj/teflon esetén pedig átlagban 39°. Perspexnél ezek az értékek 72° és 5° értelemszerűen. A szerkezeti anyag és a hidrociklon hatásossága közötti kapcsolatot Listewnik vizsgálta [2]. A szerző megállapította, hogy víz/olaj rendszerű, egyébként azonos feltételek mellett, 6 m³/h kapacitás esetén a saválló acélból készült hidrociklonnak a legkisebb (kb. 65%) a hatékonysága, míg ha teflon a szerkezeti anyag, akkor a hatékonyság a legnagyobb, közel 80%. 13–14 m³/h kapacitásoknál azonban mind a három előbb említett szerkezeti anyag esetén egységesen 90–95% volt a maximális szétválasztási hatékonyság. A kísérleteknek az adott aktualitást, hogy Lengyelországban a múlt század nyolcvanas éveitől kezdve a hajókon keletkező ún. olajos hajóvíz olajtalanítását végző tisztítási rendszerhez az olajtalanító hidrociklonok már szervesen hozzátartoznak.

Az L-L rendszerű hidrociklonok különleges konstrukciós fejlesztései közül a szűrővel kombinált hidrociklont és a hengeres kialakítású hidrociklonokat lehet kiemelni.

A szűrési lehetőséggel kombinált ciklon tulajdonképpen az L-L-S rendszerek kezelésére alkalmas speciális, három-termékélvételes kialakítás. A hidrociklon kúpos alsó része dupla falú, a belső fal a perforált szűrőfelület és az ezen átfolyó szűrlet a közbenső termék. A hidrociklon szétválasztó képessége a szűrlet miatt természetesen megnőtt, ugyanakkor nem várt módon a hidrociklon nyomáscsökkenése lecsökkent.

A 9. ábrán látható hidrociklon mikroszűrővel kombinált hengeres konstrukció. A ciklon hagyományos hengeres szakaszához a kúpos alsó rész helyett egy további hengeres rész csatlakozik, amelynek fala a keramikus TiO_2 mikroszűrő membrán, $1,4 \mu\text{m}$ -es pórus átmérővel.

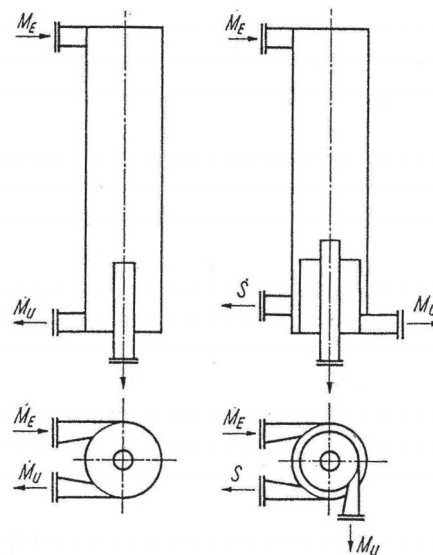


9. ábra Mikroszűrővel kombinált hidrociklon vázlatos rajza
1 – bevezetés, 2 – felső kifolyás, 3 – permeát, 4 – porózus mikroszűrő,
5 – örvénykereső cső, 6 – hidrociklon átmérő
Fig. 9. Hydrocyclone combined with micro-filter
1 – feeding, 2 – upper outflow, 3 – permeat,
4 – porous micro-filter, 5 – vortex finder, 6 – hydrocyclone diameter

A permeát fluxusát 20 kPa nyomás biztosította. A 0,024 m/m%-os olaj/vízzel végzett kísérletek szerint a mikroszűrőn keresztirányban átáramló víz, mint alsó átfolyás, volt a tisztított termék. A víz térfogatárama a szűrő időben növekvő ellenállása miatt némileg csökkent, de a víz olaj koncentrációja a teljes szűrési idő alatt végig kisebb volt, mint 20 mg/liter. A hidrociklon felső részének geometriai méretei a Rietema szerinti optimális méretarányokat követték [21].

A hagyományos hengeres-kúpos hidrociklonokban a külső fal mellett lefelé csavarodó, majd a tengelyvonalban spirálisan felfelé áramló rendszer által generált 3D-s turbulencia az emulzió szempontjából sem kedvező. Ezért már a múlt század hatvanas éveiben felvetődött az egyirányú áramlást és ezáltal a kiszámíthatóbb ülepedési feltételeket lehetővé tevő hengeres hidrociklonok alkalmazásának a gondolata [18]. A 10. ábra két megoldási elvet szemléltet. A baloldali vázlat szerint a szétválasztandó emulzió felül lép be tangenciálisan a hengeres testbe. A könnyű fázis az alul axiálisan beépített örvénykereső csővön keresztül távozik, míg a vízben dús vegyes fázis az alul levő tangenciális csővön keresztül lép ki a hengeres testből. A lefelé csavarodó áramlásban a két fázis határfelülete sokkal egyértelműbben kialakult, mint a hagyományos hidrociklonban, ezért az elválasztás is élesebb lehet. A jobboldali vázlat

szerint a működési elv hasonló, de a konstrukció egy készüléken belül is lehetővé teszi a két fázis szétválasztását. Látható, hogy a vegyes fázis az örvénykereső cső és a vele koncentrikus második cső közötti térből távozik tangenciálisan. A könnyű fázis ez esetben is alul, középen távozik. Mindkét kialakításnál előnyt jelent a hengeres-kúpos hidrociklonok felső tangenciális bevezetése és a centrikus felső elvezetés között kialakuló, ún. rövidre zárási veszteség elmaradása, valamint az, hogy a hengeres rész hosszának a növelésével egyszerűen növelhető a tartózkodási idő és ezzel az elválasztás hatékonysága.



10. ábra Hengeres hidrociklon vázlatos rajza
Fig. 10. Draft drawing of cylindrical hydrocyclone

Az ismertetett hengeres hidrociklon végső soron a centrífugális erőterű hagyományos ciklon és a gravitációs ülepitő kombinációja.

Svéd kutatók a közelmúltban már a hengeres hidrociklon numerikus modellezéséről számoltak be [9]. Az általuk vizsgált hidrociklon – a 10. ábrával ellentétben – megfordítva működött, azaz a szétválasztandó közeg alul lépett be tangenciálisan kialakított furatokon keresztül a hengeres testbe, míg az elvezetések, mind a tangenciális kifolyás, mind az örvénykereső cső, felül helyezkedtek el. A 120° -ban kialakított három darab 10 mm átmérőjű furattal a bevezetett közegnek nagy perdületet lehetett biztosítani a 80 mm átmérőjű és 485 mm magas hengeres testben. Hasonlóan nagy perdületet a hagyományos hidrociklonokban csak külön perdületet fokozó betételekkel lehetett elérni.

4. Összefoglalás

A gáztisztító ciklonokkal szemben a hidrociklonok hazai elterjedése indokolatlanul kismérvű. A mellőzést nem indokolja sem a technológiai alkalmazhatóság sokrétűsége, legyen a műveleti cél akár a szuszpenziók szétválasztása, a szuszpendált szemcsék osztályozása, vagy akár az egymásban nem oldódó folyadékok, például az olaj-víz rendszerek szeparálása. Gyártástechnológiaiailag sem indokolt a mellőzés, mert a hidrociklon konstrukciója egyszerű, szinte bármilyen szerkezeti anyagból elkészíthető, ráadásul mozgó alkatrészeket sem tartalmaz.

A dolgozatban a hidrociklonok áramlási viszonyainak a rövid bemutatása mellett a szerzők figyelem felkeltési céllal felvázolták a fejlesztési tendenciákat, mind a folyadék-szilárd, mind a folyadék-folyadék rendszerű hidrociklonok területén, illetve ismertették a korszerű konstrukciók kialakításokat. Érdemes megjegyezni, hogy a korábban előre jelzett tendenciáknak szinte az ellenkezője is megvalósult az utóbbi időkben. Például a kúpszög növelés helyett az egyre kisebb szög dominál, illetve megjelenik a két hengeres kialakítás.

A hidrociklonok egyre több területen való gazdaságos alkalmazhatóságát a legújabb publikációk igazolják, ezért indokolt lenne a hazai hidrociklonozás K+F munkájának a jelentős szélesítése.

Felhasznált irodalom

- [1] Svarovsky, L. – Thew, M. T.: *Hydrocyclones*, Dordrecht, Kluwer Acad. Publ. 1992.
- [2] Clayton, D. – Svarovsky, L. – Thew, M. T.: *Hydrocyclones'96*, London, Mech.Eng.Publ.Ltd.1996.
- [3] Fejes G. – Tarján G.: *Vegyipari gépek és műveletek*, Budapest, Tankönyvkiadó, 1979.
- [4] Horányi R. – Németh J.: *Investigation of the performance of a clarifier tube centrifuge*, Acta Chimica Sci. Hung., Tomus 71 (4), 1972, pp.427-444.
- [5] Kelsall, D. F.: *A study of the motion of solid particles in a hydraulic cyclone*, Trans. Inst. Chem Engrs. Vol. 30, 1952, pp. 87-108.
- [6] Rietema, K.: *Performance and design of hydrocyclones, I-IV*. Chem. Eng. Sci. Vol. 15, 1961, pp. 298-325.
- [7] Lajos T.: *Az áramlástan alapjai*, Budapest, Műgyetem Kiadó, 2004, pp. 363-377.
- [8] Chen, W. – Zydek, N. – Parma, F.: *Evaluation of hydrocyclone models*, Chem. Eng. J. Vol. 80, 2000, pp.295-303.
- [9] Ko, J. – Zahrai, S. – Machion, O.: *Numerical modeling of highly swirling flows in a hydrocyclone*, AIChE Journal, Vol. 52, 2006, pp. 3334-3344.
- [10] Bergstöm, J. – Vomhoff, H.: *Experimental hydrocyclone flow field studies*, Separation and Purification Technology, Vol.53, 2007, pp. 8-20.
- [11] Bradely, D.: *The Hydrocyclone*, Oxford, Pergamon Press, 1965.
- [12] Mainza, A. – Powell, M. S. – Knopjes, B.: *Differential classification of dense material in a three-product cyclone*, Mineral Engineering, Vol.17, 2004, pp. 573-579.
- [13] Ahmed, M. M. – Ibrahim, G. A. – Farghaly, M. G.: *Performance of a three-product hydrocyclone*, Int. J. of Mineral Process. Vol. 91, 2009, pp. 34-40.
- [14] Nenu, R. K. T. – Yoshida, H. – Fukui, K. – Yamamoto, T.: *Separation performance of submicron silica particles by electrical hydrocyclone*, Powder Techn. Vol. 196, 2009, pp. 147-156.
- [15] Delgadillo, J. A. – Rajamani, R. K.: *Exploration of hydrocyclone designs using CFD*, Int. J. of Mineral Process. Vol. 84, 2007, pp. 252-261.
- [16] Nageswararao, K. – Wieseman, D. M. – Napier-Munn, T. J.: *Two empirical hydrocyclone models revisited*, Minerals Engineering, Vol. 17. 2004, pp. 671-687.
- [17] Wang, B. – Yu, A. B.: *Numerical study of the gas-liquid-solid flow in hydrocyclones*, Chem. Eng. Journal, Vol. 135, 2008, pp. 33-42.
- [18] Bohnet, M.: *Trennen nicht mischbarer Flüssigkeiten*, Chem. Ing. Tech. Vol. 48, 1967, pp. 177-189.
- [19] Harms, G. – Bohnet, M.: *Trennen nicht mischbarer Flüssigkeiten in Hydrocyclon*, Chem. Ing. Tech. Vol. 8, 1996, pp. 558-562.
- [20] Wesson, G. D. – Petty, C. A.: *Process Engineering of Produced Water Treatment*, Proceedings of the Intern. Petroleum Environmental Conf. Houston, Texas, 1994, pp. 1-10.
- [21] www.aiche.confer.com/aiche/2009/pater159581.html (2010. szeptember)
- [22] Sóvágó Gy.: *Részlet az Értékelés Rudabányán az 1970-es években*, Bányászattörténeti közlemények, 1. évf. 1. (1.) sz., 2006, pp. 37-54. (epa.oszk.hu/01400/01466/00001/pdf/)
- [23] Fern, K. A.: *The cyclone as a separating tool in mineral dressing*, Chemical Engineering Research and Design, Vol. 30a, (1952), pp. 82-86.

Ref.: <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2012.2>

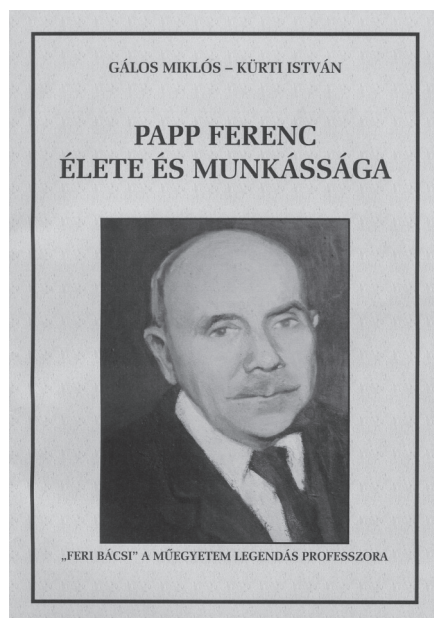
Németh Jenő – Verdes Sándor: *Készülékfejlesztés a hidrociklonozásban*.

Építőanyag, 64. évf. 1-2. szám (2012), 8-15. p.

KÖNYVAJÁNLÓ

Gálos Miklós – Kürti István

PAPP FERENC ÉLETE ÉS MUNKÁSSÁGA



Papp Ferenc születésének 110. évfordulójára **Gálos Miklós** és **Kürti István**, volt tanítványai, az SZTE Kő és Kavics Szakosztályának tagjai, emlékkötetet állítottak össze **Papp Ferenc élete és munkássága** – „Feri bácsi” a műgyetem legendás professzora címmel.

Papp Ferenc, Feri bácsi (1901–1969) szakmája odaadó, alkotó művelője, példás pedagógus szakmai közéleti vezető, nagy mecénás és mindenek felett nagyon jó ember volt. E könyv a Műgyetem neves professzorának – tanítványai, munkatársai, tisztelői, munkásságát folytató hidrogeológusok, mérnökgeológusok, barlangkutatók – már életében megbecsült Feri bácsijának állít emléket.

Budapesten született, a budapesti Pázmány Péter Tudományegyetemen szerzett tanári képesítést és bölcsészdoktori tudományos fokozatot. 1924-től haláláig a Műgyetemen oktatott és kutatott. 1956-ban védte meg a Magyar Tudományos Akadémián kandidátusi értekezését. 1960-tól az egyetem Ásvány- és Földtani Tanszék tanszékvezetője, 1960-61 években a Mérnöki Kar dékánja volt.

Oktatói munkájában első helyen a természet szeretetére való nevelés állt. Rendszeresen vezetett geológiai kirándulásokat. Műszaki szemlélettel ismertette meg hallgatóival hazánk földtani érdekességeit. Szakirodalmi munkásságának legfontosabb részét a hidrológiával és mérnökgeológiával foglalkozó tanulmányok képezik. *Műszaki földtan* című könyve, melyet társszerzővel írt, máig az egyetlen mérnökgeológiával foglalkozó szakkönyvünk.

Kiterjedt szakmai-közéleti tevékenységet folytatott. Több tudományos szakegyesületben viselt magas tisztségeket: a Magyarhoni Földtani Társulat titkára, majd főtítkára, a Mérnökgeológiai Szakcsoport alapító elnöke, a Magyar Hidrológiai Társaság alapító tagja, majd elnöke; a Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat elnöke, tiszteleti tagja, az SZTE Kő és Kavics Szakosztályának megalapítója volt.

Az emlékkötet terjedelme több mint 150 oldal, részben színes képmellékletekkel.

Ára: 3000 Ft. Megvásárolható a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék titkárságán (1111 Bp., Műgyetem rkp. 3., K. ép., I. em. 85.).

Gömze A. László professzori kinevezése

Az Építőanyag folyóirat Szerkesztőbizottságának elnöke, a Miskolci Egyetem Kerámia- és Szilikátmérnöki Tanszékének vezetője, Dr. Gömze A. László professzori címet kapott. A kinevezésre ünnepélyes keretek között került sor a Sándor Palotában, 2012. március 5-én.

Milyen út vezetett a professzori kinevezéshez?

A professzori kinevezéshez meglehetősen hosszú út vezetett sok-sok „vargabetűvel”. A gépészmérnöki oklevelemet 1973-ban kaptam meg a Moszkvai Építőmérnöki Egyetemen kiváló minősítéssel. Ezt követően a BME két tanszékéről is kaptam állásajánlatot, de a fizetés különbség miatt az Épületkerámia Ipari Vállalatot választottam. Szerkesztőként, majd szerkesztő-tervezőként, illetve tervezőként olyan nagyszerű mesterektől tanulhattam, mint Péter Gyula vagy Hardtman Tibor. Nekik is köszönhetem, hogy 2 évvel később a KEVITERV Miskolci Irodájában irányítótervező, majd 1977-től az Egyedi Berendezések Tervezési Osztályának vezetője lehettem. Itt az Épületkerámiahoz hasonlóan számos újításnak, illetve szolgálati szabadalomnak lehettem megalkotója vagy társszerzője. Ezt 1977-ben Kiváló Ifjú Mérnök kitüntetés adományozásával jutalmazta az akkori gazdasági és politikai vezetés. Ekkor szerettem meg a valós vállalati problémákat és kihívásokat, amelyeket 1986–1990 között a Hollóházi Porcelángyár igazgatójaként is gyakorolhattam. Az ott végzett munkámat az Egyesült Államokban is elismerték, amit 1989-ben World Selection Trophy kitüntetéssel jutalmaztak.

1977–1986 között a Miskolci Egyetem Szállítóberendezések Tanszékén dr. Szaladnya Sándor professzor irányításával a szilikátgépész mérnökök képzésében vettem részt tanársegédként, illetve adjunktusként. Ez egy nagyon szép, érdekes és izgalmas időszak volt életemben. Ekkor történt, hogy dr. Vissy László professzor úr nyugállományba vonulása miatt nekem kellett átvenni a szilikátkémia és technológia témakörébe tartozó tantárgyak oktatását. Ahhoz, hogy kellően felkészülhessek, az akkor még Nehézipari Műszaki Egyetem beiskolázott a moszkvai székhelyű Mengyelejev Kémiai Technológiai Egyetem Szilikátvegyész Karára, ahol 1989-ben Szilikátvegyész Oklevelet szereztem. Ott olyan kiváló kémikusoktól és vegyészmérnököktől tanulhattam, mint Vlasov, Balkievich, Pavluskin vagy Sarkisov professzorok. A véletlen

szerencse úgy hozta, hogy szilikátvegyész diplomamunkám témavezetője később a 2000-es évek elején egyike volt a Kémiai Nobel Díjjal kitüntetett tudósoknak. A Miskolci Egyetemen ebben az időszakban a gépészmérnöki tudományterületen szereztem meg a „dr. univ.” címet, illetve 1985-ben a Műszaki Tudományok Kandidátusa fokozatot.

Még a Hollóházi Porcelángyár igazgatója voltam, amikor 1989-ben a szilikátipari gépek méretezése területén elért tudományos eredményeim elismeréseként a Szovjetunióban – Moszkvában – lehetőséget kaptam a műszaki tudományok doktora disszertáció elkészítésére, beadására és megvédésére. 1993-ban Szaladnya Professor nyugállományba vonulásakor a ME Gépészmérnöki Karának vezetése felkért a Szilikátgépész szakirány vezetésére egyetemi docensi státuszban. Ekkor felajánlottam, hogy honosítom a Szovjetunióban szerzett „műszaki tudományok doktora” fokozatomat, amit Cselényi professzor, az Egyetem akkori tudományos rektor helyettese nem tartott szükségesnek. Ugyanakkor ígértet kaptam, hogy néhány éven belül a szilikátgépész képzés vezetésére a Miskolci Egyetem professzori pályázatot ír ki, melyre azonban nem került sor. Többek között ennek is köszönhető, hogy 1999-ben átmentem a Műszaki Anyagtudományi Karra, ahol a Kerámia és Szilikátmérnöki Tanszéknek és szakiránynak alapító tagja és első tanszékvezetője voltam és vagyok.

Mely területeken dolgozik az Egyetemen?

A Miskolci Egyetemen a BSc képzésben Szilikáttechnológiai szakirányt, az MSc képzésben a Kerámia és Szilikátmérnöki szakirányt vezetem. Tagja vagyok a Kerpely Antal Doktori Iskola Tanácsának, ahol a kerámiák, illetve szilikáttechnológiák szakterület tartozik hozzám. Tanszékünkön a téglá és cserépipar, a finomkerámia-ipar, az üvegyipar, a cement- és betonipar, valamint a high-tech műszaki kerámiákat gyártó vállalatok számára végzünk alkalmazott kutatásokat, amelyek gyakran nem nélkülözhetik az alapkutatási részt sem.

Nagyon büszke vagyok arra, hogy az irányításommal egy nagyszerű, fiatalokból álló oktató és kutató csapat jött létre, akik munkájukkal jelentős mértékben hozzájárulnak a magyarországi építőanyag-ipar és szilikátipar szakember utánpótlásának biztosításához. Az külön öröm számomra, hogy a BSc és MSc szakirányunkon végzett fiatal mérnökök ma már nélkülözhetetlen szakemberei a hazai szilikátipari vállalatoknak, gyáraknak. Ugyanakkor közülük egyre többen választják a tudományos kutatói vagy oktatói pályát. Irányításommal a PhD képzésben eddig 7 fiatal kolléga szerezte meg abszolutóriumát, akik közül többen már sikeresen megvédték PhD értekezésüket is.

Mit jelent Önnek professzori kinevezése?

Remélem, hogy professzorként hatékonyabban tudok hozzájárulni ahhoz, hogy a hazai tudományos közéletben a kerámiák, szilikátok és építőanyagok területén a Miskolci Egyetem meghatározó szerepet vállaljon és játsszon a PhD fokozattal rendelkező szakemberek képzésében és kibocsátásában. – Hasonlóan, mint ahogyan ez ma megfigyelhető a fémek területén.



A Miskolci Egyetem történetében milyen jelentőséggel bír az Ön professzori címe?

A Miskolci Egyetem történetében ez egy kissé megkésett professzori cím, hiszen szilikátmérnök képzés már 1968 óta folyik itt – meglehetősen sikeresen. Igaz ugyan, hogy a szilikátgépész képzést 1973–1993 között dr. Szaladnya Sándor professzor irányította, de a professzori címet Ő a Gépelemek Tanszékén, mint a hidraulikus gépek szakértője kapta meg. Később a szilikátipari gépészmérnök képzés irányítójaként kutatásait a pneumatikus vezérlés irányában fejlesztette és fejtette ki.

A professzori cím részemre történő odaítélése ugyanakkor azt is jelenti, hogy a kerámiák és szilikáttechnológiák területén több mint 40 év vajúdás után végre „megszületett” az első professzor a Miskolci Egyetemen. Remélem, hogy tanszékem fiatal munkatársainak nem kell még egyszer ugyanennyi időt várniuk. Szakmai felkészültségét tekintve különösen figyelemre méltó dr. Kocserha István, aki ma 37 éves, és akiből 5-10 éven belül egy nagyszerű professzor is lehet; de hasonlóan jók a képességei dr. Simon Andrea és Erdélyi János kollégáimnak is.

2012. október 8-12. között rendezik meg az ic-cmtp2 konferenciát Lillafüreden. Kitekintésként mondja el röviden, mit érdekes tudni erről?

Az ic-cmtp2 konferencia megrendezésének ötlete 2010. októberében Osakában, a III. Kerámia Világkongresszuson vetődött fel egy baráti beszélgetés keretében. Gyakorlatilag a

17 szekcióból 8 szekcióra és azok elnökére a javaslat már ott megszületett. Úgy gondolom, hogy az alkalmazott anyagtudományok és technológiák területén 2012-ben ez az egyik legérdekesebb és legprogresszívebb konferencia, ami megrendezésre kerül Európában. Talán ennek is köszönhető, hogy több mint 180 előadás absztraktja érkezett be időre, amelyek közül 12 magyar, a többi külföldi. Tanszékünk munkatársai ezen a konferencián – az Igrax Kft. felajánlásának köszönhetően – ingyen vehetnek részt, ezért a magyarországi szerzők előadásainak száma elérheti, vagy megközelítheti a 10%-ot. A konferencián 36 országból Ausztrália kivételével valamennyi kontinens képviselteti magát, így Dél-Amerika is. A legtöbb szóbeli előadás az Advanced Materials for Extreme Applications szekcióban fog elhangzani, míg a poszter előadásokkal együtt az Advanced Materials for Bio- and Medical Applications szekció a legnépszerűbb. Meglepetésre az előadások számát tekintve a 3. helyen a Processing and Properties of Silicate Ceramics szekció áll, ahol a szóbeli előadások száma megegyezik a fent már ismertetett Bio- és Medical Anyagok szekciójával. Meglehetősen magas Oroszország, valamint az Ázsiai országok (Japán, Korea, Kína, Tajvan) tudósainak részvétele. De lesznek előadások az Egyesült Államokból és Brazíliából is. Európából a németeken, franciákon, angolokon kívül nagyon jelentős a finnek és a lettek részvételi aránya – különösen, ha a lakosság számához hasonlítjuk. Várjuk továbbra is a magyar résztvevők jelentkezését akár előadásokkal is.

Tóth-Asztalos Réka



THE 2ND INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPETITIVE MATERIALS AND TECHNOLOGY PROCESSES

ic-cmtp2

in Miskolc-Lillafüred, Hungary, October 8–12, 2012.

SESSIONS

- Advanced Materials for Bio- and Medical Applications (AMBMA)
- Advanced Materials for Extreme Applications (AMEA)
- Glasses and Related Materials (GRM)
- Hetero-Modulus and Hybrid Materials (HMHM)
- Lightweight Materials with Predesigned and Controlled Nanostructures (LMPCN)
- Materials with Extreme Dynamic Strength (MEDS)
- Membranes - Science, Technology and Applications (MSTA)
- Minerals for Environmental and Medical Applications (MEMA)
- Novel Synthesis and Processing Technology (NSPT)
- Organo-Clay Complexes (OCC)
- Phase Diagram as a Tool of Materials Science (PDTMS)
- Polymer-Clay Nanocomposites (PCN)
- Polymer Derived Ceramics (PDC)
- Processing and Properties of Silicate Ceramics (PPSC)
- Nanomaterials for Environment and Health

Further information can be obtained by e-mail femgomze@uni-miskolc.hu from Prof. dr. László A. Gömze

<http://ic-cmtp2.eu>

Bányaföldtani tapasztalatok a komlói andezitbányában

KLESPIITZ JÁNOS • okl. geológus

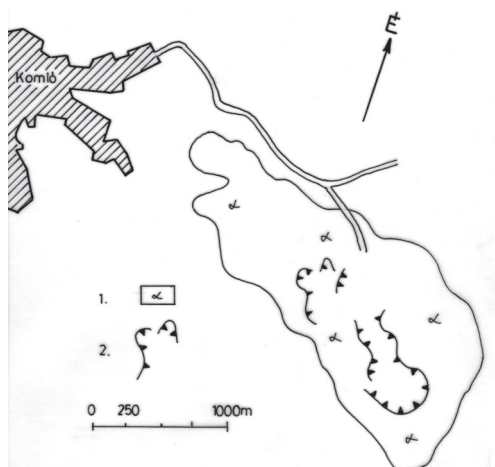
Érkezett: 2012.01.10. • Received: 10.01.2012. <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2012.3>

Quarry-geological observations in the Komló andesite-pit

This paper describes the mining geological conditions of andesite-pit southeast of Komló in the central part of Mecsek Mountain on the basis of observations of the material, settlement mechanism, quality and the sterile mass of andesite in exploitation.

The author interprets the rock weathering and degradation processes of different extent due to subsurface erosion, and post-vulcanic exhalation and solution migration in the deeper zones, respectively. From factors affecting the mining the varying degrees of tectonic fragmentation (faults, joints), the rise caused by surface depression of coal undermining and the hydrogeological status of andesite-pit are discussed.

A komlói andezitbánya a Mecsek hegység centrális részén, Komló város délkeleti előterében található (1. ábra).



1. ábra Vázlatos helyszínrajz és az andezit elterjedése a bányáüzem térségében.
1 – spread of Mecsek Andesite Formation in the area of Komló andesite-pit
2 – andesite-pit of Komló

Fig. 1. Site plan and spread of andesite in the area of the pit.
1 – spread of Mecsek Andesite Formation in the area of Komló andesite-pit
2 – andesite-pit of Komló

A bányáüzem a Mecsek hegység centrális részét alkotó Hármashegy, Kövestető, Hármashegy 500-600 mBf. magasságú vonulatának északnyugat felé lejtő, immár alacsonyabb magasságú területén a Somoskő–Macskalik térségben helyezkedik el.

A bányaterület felszínének tengerszintfeletti magassága 250–381 mBf. északról dél, délkelet felé – a Mecsek hegység gerincvonulata irányába – mutat emelkedő tendenciát. A bányatelek legmagasabb pontja a nyugati területén emelkedő Somos-tető: 381,6 mBf.

A komlói bányatelek felszíni morfológiájára az ÉNy–DK-i lefutású fő, és az azokból kiágazó mellékvölgyek jellemzőek, melyek irányai megegyeznek a bányaművelés által feltárt tektonikai fő és melléktörésekkel.

A zúzottkővet előállító bányáüzem haszonkőve a kainozoi-kum, miocén kori helvétii emeletében képződött amfibolandezit, a jelenlegi földtani nomenklatura alapján a Mecsek Andezit Formáció.

A kitermelés alatt álló andezitet a Magyar Állami Földtani Intézet térképfelvételei, a korábbi köszénkutató fúrások, a több fázisban kivitelezett kőipari földtani kutatások és a kőbányászati tevékenység alapján ismerjük.

A köszénkutató fúrások a köszén fedőjében levő andezitet csak teljes szelvényű fúrási technológiával harántolták át. A kőipari ásványi nyersanyagkutatások esetében végig – a tervezett vertikális szintig – magfúrásokkal történt az andezit feltárása.

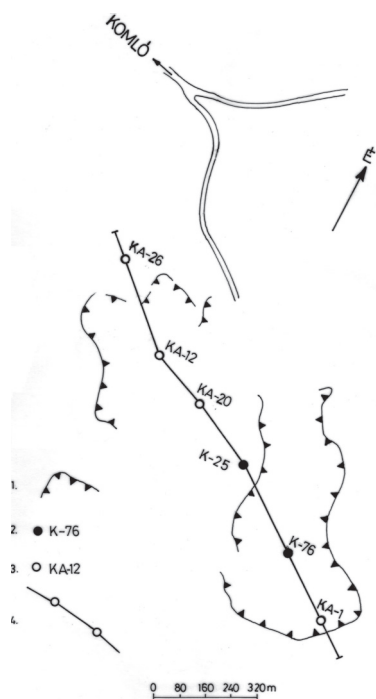
Az andezitről a leg részletesebb kőbányászati és bányaföldtani ismereteket a kőtermelés nyitott bányafalai (2009. I. 1-jén mintegy 5500 m volt a bányafal összes hossza) szolgáltatják, illetve szolgáltatják. A művelés alatt álló bányafalak előrehaladásuk eredményeként szeletenként teszik tanulmányozhatóvá az amfibolandezit anyagát, minőségét, megjelenési módját és meddőviszonyait.



2. ábra Az új bánya dél felől
Fig. 2. The new pit from the south

KLESPIITZ János

(1934) okleveles geológus (1956).
Munkahelyei: Jókai bánya, Alföldi Kőolajfúrás
Üzem, AGROTERV, kutató ill. üzemi geológus
(1956–1970). 1970-től a Kő és Kavicsipari
Egyesülésben földtani szolgálat vezető. Kiváló
ifjú mérnök (1969), „A földtani kutatás kiváló
dolgozója” (1976), a Magyar Népköztársaság
által „Kiváló Munkáért” kitüntetésben részesült
(1985), az Eötvös Loránd Tudományegyetem
Tanácsa által aranyoklevél adományozásában
részesült (2007), a Szilikátipari Tudományos
Egyesület örökös tagja. Publikációinak száma
mintegy 50.



3. ábra A komlói andezitbánya helyszínrajza a földtani szelvény nyomvonalával.

- 1 – a legfelső szint bányafalának kontúrja
- 2 – kőszénkutató fúrás
- 3 – andezitkutató fúrás
- 4 – a földtani szelvény nyomvonala

Fig. 3. Scheme of Komló andesite-pit with geological section track.

- 1 – top level outline of the mine wall
- 2 – coal prospect boring
- 3 – andesite prospect boring
- 4 – geological section track

A komlói andezit előfordulás ÉNy–DK irányú hosszanti és keresztirányú kiterjedése 3000, illetve 750–1100 m. Az andezit vastagsága a DK-i részen (a régi bánya térsége) eléri a 270 métert, északnyugat felé (az új bánya területe) kivékonyodik. Az új bánya területén a KA-12, KA-13 és a K-115 fúrás térségében

a vulkanit vastagsága 160 m, a bányatelek É-i határánál már csak 40 m.

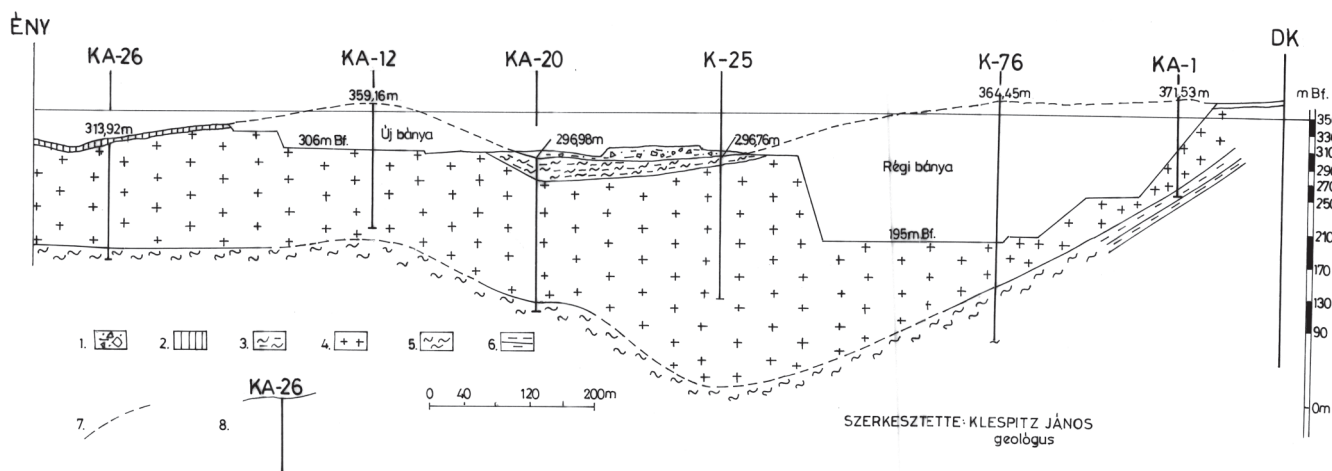
Az andezit feltörési helye (a kürtő) a régi bánya területe alatt található. A többszintes andezitkitermelés eredményeként a régi bánya legmélyebb pontja 194 m, az új bánya mélyszintjének udvarszintje 284 mBf. Az andezit kitermelése immár dominálón az új bányában folytatódik, melynek eredményeként az üzemterület vertikális kiterjedése fokozatosan bővül (2. ábra).

A bányaművelési terület földtani felépítésében a kiozoi-kum, miocén kor helvét emeletében képződött haszonkő, a Mecsek Andezit Formáció fekéjként dominálón jura, liász színemuri mészmárga, a déli részen agyagkő mutatkozik (3. és 4. ábra). Az andezit fölött előfordul közép-miocén agyagmárga, de a bányaterület nagyobb részén a nem jelentős vastagságú pleisztocén-holocén agyag, lejtőtörmelék és humuszos lejtőtörmelék agyag képezi a letakarítandó fedő meddőt. A bányatelek jelentős részén feltöltés és a korábbi bányaművelésből származó meddő anyag (meddőhányók) is található a haszonkő felett.

A komlói amfibolandezit eredeti állapotában (a későbbi elváltozásoktól még mentesen) sötétszürke, üde, tömött szövetű, kemény, kagylós törésű, kiváló minőségű kőzet. Fő ásványos alkotói a plagioklász földpátok (albit, anortit), amfibol, piroxén. A vulkáni kőzetek rendszere alapján az andezit SiO_2 tartalma 57%, ami nem szabad kvarcként, hanem a szilikátásványok alkotórészeiként van jelen a kőzetben.

Mikroszkóp alatt az andezit folyásos szövete is tapasztalható.

A Budapesti Műszaki Egyetem, Mérnökgeológiai Tanszék Mikro-Deval aprózódás vizes eljárás vizsgálati eredmények alapján a komlói andezit AA általános csoportú. Az elvégzett laboratóriumi közetfizikai vizsgálatok alapján az amfibolandezit AA minőségű. A vulkanit térfogatsúlya $2,62 \text{ g/cm}^3$, fajsúlya: $2,69 \text{ g/cm}^3$, nyomószilárdsága a földtani kutatás vizsgálati alapján: $1286\text{--}2514 \text{ kp/cm}^2$.



4. ábra A komlói andezitbánya ÉNy–DK irányú földtani szelvénye

- 1 – feltöltés
- 2 – agyag, lejtőtörmelék, humusz. Pleisztocén, holocén
- 3 – agyagmárga. Miocén, kárpátien
- 4 – amfibolandezit (Mecsek Andezit Formáció). Miocén
- 5 – mészmárga. Liász, színemuri
- 6 – agyagkő. Liász, színemuri
- 7 – a terület bányaművelés előtti felszíne
- 8 – kutatófúrás

Fig. 4. NW-SE geological section of Komló andesite-pit

- 1 – filling
- 2 – clay, slope detritus, humus. Pleistocene, Holocene
- 3 – clay marl. Miocene, kárpátien
- 4 – amfibolandesite (Mecsek Andesite Formation). Miocene
- 5 – lime marl. Lias, színemuri
- 6 – clay rock. Lias, színemuri
- 7 – surface of the area before mining
- 8 – prospect boring

A komlói andezit réteges, pados, cserepes elválású. Az andezit ezen megjelenési módjai, elválásai a láva lehűlésével járó térfogatcsökkenés eredménye. A kihülési elválások merőlegesek a kihülés irányára, melynek következtében az elválási síkok párhuzamosak a fekü vagy a korábbi lávaömlés már megszilárdult felületeivel.

A bányauzemban a réteges, cserepes elválású andezit a felső bányaművelési szinteken gyakoribb (5. ábra). Mélyebben, az andezittömeg alsó zónájában inkább a vastagpados kihülési elválás dominál (6. ábra).



5. ábra Réteges, cserepes elválású andezit az új bánya 327 mBf. szint, Ny-i bányafalán
Fig. 5. Layered andesite at 327 meters above Baltic Sea level on the western mine wall of new mine



6. ábra Pados elválású andezit az új bánya 306 mBf. szint, É-i bányafalán
Fig. 6. Benching andesite at 306 meters above Baltic Sea level on the northern mine wall of new mine

A bányaföldtani megfigyelések alapján esetenként a réteges, cserepes és pados elválás egy bányaművelési szint kőztfalán egymás mellett is előfordul.

Kőzetminőség tekintetében a vastagpados megjelenésű andezit a legkedvezőbb.

Az andezit megjelenési módjának tekintetében alapvető tényezők a tektonikai mozgások hatására létrejött törések, kőzetrések.

A bányaműveléssel feltárt fő törésirány az ÉNy-DK-i és az erre közel merőleges az ÉK-DNy-i irányú haránttörések.

A komlói andezitben a tektonikai mozgások okozta töréseket kísérő kőzetrések változó mértékű töredezettséget idéztek elő. A bányafalakon a törésekkel megegyező irányú, közel függőleges kőzetrések gyakorisága területenként változó. Helyenként 10, máshol 100 cm-ként mutatkoznak. A törésvonalak és nagyobb vetők közelében a kőzetreses töredezettség fokozottabb mértékű.

Az andezitben lokálisan előforduló fokozott mértékű töredezettséget már a fúrásos ipari földtani kutatás folyamán is tapasztaltuk. A KA-12-es kutató magfúrás, a vulkanit erős töredezettsége miatt beomlott, „elszerencsétlenedett” és a további

mélyítése nem volt lehetséges. Helyette a KA-12/a fúrással folytattuk az andezit kutatását.

A kihülési elválások és a kőzetrések gyakorisága együttesen határozzák meg a letermelt kőzet tömbös vagy töredezett megjelenését. A tapasztalatok alapján a tömbösebb termék a mélyebb szinteken, a markáns törésektől távolabb fordul elő.

A nagyobb törések és a kísérő vetők, kőzetrések együttes hatásaként a fő törések mentén meggyengül az andezit kohéziója, ezért ezen falszakaszokon az omlásveszély miatt a bányaművelésekor fokozott óvatossággal kell eljárni. Növeli a veszélyt, ha a törési síkok párhuzamosak a bányafallal, vagy ha a vetőlap dőlése a bányaudvar felé mutat (7. ábra).



7. ábra A bányaudvar irányába lejtő törési sík az új bánya 306 mBf. szint, É-i bányafalán

Fig. 7. Fracture plane sloping towards the mine yard at 306 meters above Baltic Sea level on the northern mine wall

A markánsabb törések és kisebb vetők lehetőséget adtak az utóvulkáni gőzök, gázok feláramlásának és ennek következtében az andezit változó mértékű átalakulásának végső esetben elagyagosodásának. A lokálisan mutatózkodó endogén elváltozások következményeként az andezit elbontódása változó mértékű, az enyhén vörös még hasznosítható típustól a barnásszürke elmállott, földes megjelenésű, meddőnek minősülő agyagos előfordulásig. A régi bánya 255 m-es bányaművelési szintjén a nyugati bányafalon függőleges törések kőzetreses mentén 1–2 m szélességben vörös oxianandezit mutatkozott. Ugyanitt a 300 és 252 m-es szint D-Ny-i részén a vörös és barna változóan bontott andezit tömszós megjelenésű, ami a D-i irányba előrehaladó bányafal síkjában, hosszú ideig több 10 m horizontális és vertikális kiterjedésben képezett belső meddőt az andezitben.

Az új bánya U5-ös szintjén (285 mBf.) kisebb törések és kőzetreses mentén áramló utóvulkáni oldatok az andezitben sárgásbarna elszíneződésű, változó mértékű elbontódást okoztak (8. ábra). Mivel a különböző mértékben elbontott kőzet a bányafal össztömegéhez viszonyítva jelentéktelen mértékű, a belső meddő a kitermelt bányatermék minősége vonatkozásában itt nem meghatározó tényező.

Az andezit felső szintjére – a felszín közelében 10–15 m-ig – a külső erők (erózió) változó hatást gyakoroltak.

Korábban a régi bánya legfelső szintjéről (337 mBf.), az erős felszíni eredetű elbontódás miatt a kitermelt andezit jelentős részét a meddőhányóra kellett szállítani.



8. ábra Törések, közetrések mentén áramló oldatok hatására átalakult, elbomlott andezit az új bánya 285 mBf. szint, Ny-i bányafalán

Fig. 8. Andesite transformed, decomposed under solutions flowing along faults and rock gaps at 285 meters above Baltic Sea level on the western mine wall

A bányaföldtani megfigyelések alapján a töréses zónákban a fokozottabb mértékű beszívargás következtében erősebb az erózió kőzetmállasztó hatása.

Az új bánya legfelső szintjének (345 mBf.) délnyugati, hosszú ideig művelésileg szüneteltetett falánál feltárult törési zónában a töredezettség és a kőzetbontódás következtében erős kőpergés és kisebb-nagyobb mállott, agyagos andezittömbök leomlása is előfordult (9. ábra).



9. ábra Törési zónában mutatkozó erős kőpergés és omlás az új bánya 345 mBf. szint, Ny-i bányafalán

Fig. 9. Strong rock whirling and sliding shown in fault zone at 345 meters above Baltic Sea level on the western mine wall

Helyenként a felszínig húzódó andezithasadékokban a felszínről lemosódó agyag, és andezittörmelék agyag is növeli a felső szintű bányatermék meddő tartalmát.

Az új bánya nyugati részén a felső szintű fal (348 mBf.) felszín közeli szakasza bontott vörös andezitet tárt fel. A szürke andezitben a vörös bontott kőzet zóna egyenetlen, hullámos felület mentén, helyenként 7–8 m-ig is lehúzódik a bányafalon.

A kőbányászati tapasztalatok és a bányaföldtani megfigyelések alapján megállapítható, hogy a felső szint jelentős bontottsága ellenére az új bánya legfelsőbb szintjének kevésbé töredezett, az erózió által kisebb mértékben elbontott falszakaszain az andezit, zúzottkő előállítás tekintetében nem minősül mindenhol alkalmatlannak.

A komlói andezitbányában a belső meddő okozta, termelés közben előálló veszteség legnagyobb az andezit felső, az erózió által erősen igénybevett részén, vagyis a legfelső szint művelésekor. A mélység irányába haladva – ahol a kőzetminőség romlása az endogén erők következtében csak kisebb mértékű – a veszteség javuló tendenciát mutat.

Egyéb bányaművelést befolyásoló tényezőknek tekinthetők a régi bányánál szénbányászati aláfejtés következtében fellépő felszakadások. A bánya déli fala előtt, a kőbányával még nem művelt területen 1972-ben az egyik felszíni felszakadás hossza 30–40 m, a nyílás szélessége 1–2 m, mélysége elérte a 20–30 m-t.

Az andezit fedőjét képező pleisztocén, holocén agyag, lejtőtörmelék és humuszos agyag vastagsága az új bányaterületen a kutatófúrások feltárásai és a bányászati tapasztalatok alapján 1–5 m. A morfológiai mélyebb területrészekben – a völgyekben – az összemosódás miatt vastagabb fedő üledékekkel és alatta az andezitban – a fokozott mértékű csapadékbeszívargás miatt – mélyebbre ható mállott zónával kell számolni. Vastagabb lefedendő üledék a régi és új bánya közötti területen mutatkozik, ahol a fedő kőzetanyagát a bányaaeredetű feltöltés és miocén agyagmárga képezi. Itt a miocén agyagmárga vastagsága a földtani szelvényben levő K-20-as fúrásban közel 25 m (4. ábra).

Az andezit töréshálózatában a jelentős vízgyűjtőterületből is adódóan tetemes tömegű beszívargó csapadékvíz tud tárolni. Tekintettel a régi bánya jelentős felszín alatti mélységére (4. ábra) a legalsó szinten a kő kitermelése csak víztelenítő szivattyú kapacitás üzemeltetése mellett lehetséges.

Az 1981-es évben a kőipari földtani szolgálat által kivitelezett üzemi porfúrásos andezit-kutatás folyamán a régi bánya 255 mBf. udvarszintjéről mélyített fúrásokkal nyomás alatti vízszintet tártunk fel. A vízszint elérésekor a fúrásokból a víz rövid ideig szökőkútként tört a bányaudvar szintjére.

Az andezit hasadékaiban a csapadék függvényében változó szintig feltöltődő, tározódó víz a külszíni bányaműveléssel, annak mélyülése folyamán, fokozódó mértékben folyamatosan csapolódik.

A komlói bányüzem több évtizedes művelése eredményeként a miocén kori vulkanit maximálisan mintegy 165 m vastagságban nyert feltárást.

Az andezitterületen rendelkezésre álló, zúzottkő előállítására alkalmas hasznok még hosszú ideig biztosítani tudja a bányüzem működését, ami lehetővé teszi a Mecsek Andezit Formáció földtani, illetve bányaföldtani felépítésének további, a kőbányászat számára is hasznosuló, folyamatos vizsgálatát és még részletesebb megismerését.

Felhasznált irodalom

- [1] Badinszky P.: Az építő- és építőanyagipari ásványi nyersanyag kutatásainak iparági célkitűzései. Szilikátechnika, 1981. 4-5. 92.
- [2] Klespitz J.: Bányageológiai megfigyelések az állami kőbányaipar andezitbányáiban. Építőanyag KLI. évf. 1989. 1. sz. 9-11. o.
- [3] Klespitz J.: A kőbányászati Egyesülés bányáinak fekvő és belsőmeddő viszonyai. Szilikátechnika, 1976. 2. szám. 39-44. o.
- [4] Klespitz J.: Bányaföldtani tapasztalatok a kőbányaiparban. Földtani Kutatás XXV. évf. 1982. 3-4. sz. 42-45. o.
- [5] MÁFI: Magyarország földtani atlasza M=1:200 000. Magyar Állami Földtani Intézet 2009.
- [6] Némédi Varga Z.: A Mecsek hegységi andezit vulkánosság. Földtani Közlemény, 1967. 4. 396-413. o.
- [7] Vadász E.: Magyarország földtana. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1960.
- [8] Vitális Gy.: Szilikátipari nyersanyagok. Szilikátipari-építőanyagipar. 3. ÉTK, Budapest, 1984. 1-207. o.

Ref.: <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2012.3>

Klespitz János: Bányaföldtani tapasztalatok a komlói andezitbányában. Építőanyag, 64. évf. 1-2. szám (2012), 18-21. p.

Szilikapor hatása a beton tűzállóságára

CZOBOLY OLIVÉR • BME • czobolyoli@gmail.com

HARMAN BÉLA • BME • hbela3@gmail.com

LUBLÓY ÉVA • BME • lubeva@web.de

BALÁZS L. GYÖRGY • BME • balazs@vbt.bme.hu

NEHME SALEM GEORGES • BME • sgnahme@yahoo.com

Érkezett: 2011. 12. 19. • Received: 19. 12. 2011. <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2012.4>

Concrete with silica fume in fire

In case of HPC the application of silica fume is often necessary. Behaviour of concrete with silica fume at high temperatures is different from that of conventional concrete.

As a part of our study, experiments were carried out in order to observe the behaviour of concrete specimens exposed to fire. During the experiments both the residual compressive strength and residual flexural strength of the specimens were determined after being exposed to high temperature. Parameters of the experiment were the following: silica fume content (0 m%, 3 m%, 9 m%), cement content (400 kg/m³; 436 kg/m³), water-cement ratio (w/c = 0,35; 0,36; 0,38), water-binder ratio (w/b = 0,35; 0,33; 0,30), maximum temperature (20 °C; 50 °C; 150 °C; 300 °C; 500 °C; 1000 °C). Results in case of constant w/c ratio and constant cement content: increasing the amount of silica fume is unfavourable for the relative residual compressive strength. The relative residual flexural strength also changes disadvantageously in case of lower temperature exposure (20–150 °C) and increased silica fume content. In case of higher temperature exposure (more than 150 °C) addition of 3 m% silica fume to the mixture proved to be advantageous. Results in case of constant water-binder ratio: if silica fume is added, while water-binder ratio is kept constant (mixtures M6 and M4) the relative residual compressive strength does not change considerably but the relative residual flexural strength increases. In case of 9 m% silica fume content lower w/c ratio increases the initial compressive strength, on the other hand decreases the relative residual compressive strength after elevated temperature exposure. If the silica fume content is 9 m%, the relative residual flexural strength is not affected by the different w/c ratios. The experiments also proved that the addition of silica fume to a concrete mixture decreases the risk of spalling, consequently increases the fire resistance.

Keywords: fire safety, silica fume, residual strength, HPC

Kulcsszavak: tűzállóság, szilikapor, maradó szilárdság, nagy szilárdságú beton

1. Bevezetés

A fokozódó mérnöki kihívásokkal a beton tulajdonságai is folyamatosan változnak. Az egyik fejlődési irányt a szilárdságnövelés jelenti. Ezt jól szemlélteti az is, hogy a nemrég hazánkban visszavont MSZ 4719:1982 szabványban szereplő legnagyobb nyomószilárdsági osztály a C55 (C55/67) volt, tehát a mai szokásos terminológia szerint az MSZ 4719:1982 szabványban nem esett szó nagyszilárdságú betonról. Az ezt felváltó MSZ EN 206-1:2002 szabvány szerint nagyszilárdságú betonnak nevezzük, a C55/67 – C100/115 nyomószilárdsági osztályú közönséges betonokat, a HC55/67 – HC100/115 nehézbetonokat, illetve az LC55/60 – LC80/88 könnyűbetonokat.

Egyes szakirodalmak szerint „nagyszilárdságú betont C70/85 nyomószilárdsági osztály felett szilikapor nélkül készíteni általában nem lehet” [1]. Az előző állítást igazolja Held 1991-ben megjelent publikációja [2] is, melyben ismertet 3 beton receptúrát, melyekről azt írja, hogy „a nagyszilárdságú beton tipikus receptjei”. Az általa közölt három receptúra mindegyike tartalmaz szilikaport (kovasavlisztet).

Szerte a világban lehet találni olyan megépült szerkezeteket, ahol szilikaport alkalmaztak a betonhoz. Szilikaport használtak a Toronto városban (Kanadában) épült Scotia Plazánál (1. ábra), a chicagói „South Wacker Drive 311” magasháznál, a „Taipei 101” felhőkarcolónál (Tajvanban) (2. ábra) [4]. További

CZOBOLY Olivér Attila

(1988) építőmérnök hallgató (BME Építőmérnöki kar). TDK Építőanyagok és magasépítés szekció I. helyezett, OTDK különdíj. Fő érdeklődési terület: Beton és fa tűzállóság, nagyszilárdságú betonok. A fib Magyar Tagozat és az ÉTE tagja. ÉTE-BME Hallgatói Szakosztály Építőmérnök Tagozat vezetője.

HARMAN Béla András

(1988) építőmérnök hallgató (BME Építőmérnöki kar). TDK Építőanyagok és magasépítés szekció I. helyezett, OTDK különdíj. Fő érdeklődési terület: Beton és fa tűzállóság, nagyszilárdságú betonok.

Dr. LUBLÓY Éva

(1976) okl. építőmérnök (BME Építőmérnöki kar 2002), adjunktus a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszéken (2002). Fő érdeklődési területei: vasbetonszerkezetek viselkedése tűz hatására, tűzkárok mérnöki tanulságai. A fib Magyar Tagozat tagja.

Dr. BALÁZS L. György

Okl. építőmérnök, okl. matematikai szakmérnök, PhD, Dr. habil., egyetemi tanár, a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék vezetője. Fő érdeklődési területei: beton, vasbeton és feszített szerkezetek (anyagai, laboratóriumi vizsgálata és modellezése), szálerősítésű betonok, nem acél anyagú betétek megerősítések anyagai és módjai, erőátadódás a betonban, vasbeton tartó repedezettségi állapota, vasbeton szerkezetek tartóssága. A fib Magyar Tagozat elnöke, A fib nemzetközi szervezetének elnöke 2011-2012-ben.

Dr. NEHME G. Salem

(1963) okl. építőmérnök (1992) vasbetonépítési szakmérnök (1996) egyetemi docens a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszéken. Fő érdeklődési területei: betontechnológia, beton porozítása, tömegbetonok vizsgálatai és problémáinak szakértése, öntömörödő beton, szálerősítésű betonok, építőanyagok minőségellenőrzése, beton roncsolásmentes vizsgálata és minősítése, vasbeton szerkezetek szakértése, újrahasznosított adalékanyagokból készült beton. A fib Magyar Tagozat tagja.

példaként említhető a szilikapor alkalmazására a 2004-ben átadott W-Comfort torony Tokióban, vagy a 2010-ben átadott Burj Dubaj (Dubaj torony). Kedvező tulajdonságai miatt a lőttbeton technológiánál is adagolnak szilikaport a betonhoz [6].

2. Szilikaporról röviden

A szilikapor fogalmát az Amerikai Beton Intézet (ACI) a következőképpen definiálja [7]: „nagyon finom, amorf szilika, ami elemi szilícium, vagy szilícium tartalmú ötvözetek gyártásának melléktermékeként keletkezik, elektromos ívű kohóban. Tulajdonképpen a kvarc (SiO₂) és a szén (C) elektromos ívben történő reakciójakor jön létre a szilikapor. A betonba kevert szilikapor a többi alkotóval reakcióba lép”. Egy másik tanulmány alapján [8]: „A szilikapor szemcsék átgélesednek és könnyen behatolnak a pórusokba, és ott a cement hidratációja következtében keletkező kalcium-hidroxid oldattal [Ca(OH)₂], amely nem járul hozzá a beton szilárdságfejlődéséhez kalcium-szilikát-hidrátot (CSH) képeznek, amely a beton tömörségét és szilárdságát jelentősen megnöveli” [8].



1. ábra Scotia Pláza [3]
Fig. 1. Scotia Plaza [3]



2. ábra Taipei 101 [5]
Fig. 2. Taipei 101 [5]

A szilikapor betonhoz adagolt mind a friss beton, mind a megszilárdult beton tulajdonságait javítja. A friss betonban növeli a kohéziót a szilikapor, így kevésbé osztályozódik szét a beton, csökken a visszahullás veszélye a lőttbetonok esetén [7]. A szilikapor alkalmazása növeli a megszilárdult beton nyomószilárdságát, rugalmassági modulusát és a hajlító-húzószilárdságát. Így főként nagy terhelésű oszlopoknál (felhőkarcolók esetén), illetve hídgerendáknál érdemes szilikaport alkalmazni. Emellett a szilikapor tartalom növeli a beton tömörségét, melynek köszönhetően az ionok behatolásával szemben nagyobb lesz az ellenálló képessége a betonnak (szulfátállóságot és kloridállóságot javítja).

A szilikapor reakciós folyamata miatt a keverékben a cement tömegére vonatkoztatva 0,11 m³% szilikaport lehet használni. A szilikaport be kell számítani kötőanyagként a receptúrába. A kötőanyagba való beszámítását egy k tényezővel kell kifejezni. Az MSZ 4798-1:2004 szabvány szerint a k értéke CEM I cementfajtát tartalmazó betonoknál általános esetben a szilikaporra 2,0 [9].

3. Tűzállóság jelentősége

Az elmúlt évtizedekben számos épület- és alagúttűz történt. Ezek közül csak néhány nagyobb került be a köztudatba.

Magyarországon 2000 és 2005 között évi átlagban 24 000-nél is több tüzesetet regisztráltak. Ebből 6300-nál több a lakóingatlanokban bekövetkezett tűz [10].

Nem csak épületeket veszélyeztethet a tűz. A Gotthard alagútban 2001. október 24-én következett be tűz [11]. Az alagút tüzek mindig speciálisak, hisz ott viszonylag gyorsan, magas hőmérséklet alakul ki. Ezekben az esetekben gyakori tönkremeneteli mód a beton felület réteges leválása (3. ábra).

Sok példát lehet említeni olajfűtőtornyokon bekövetkezett kisebb-nagyobb tüzesetekre is. 2010 áprilisában volt tüzeset a Mexikói-öbölben az egyik olajfűtőtornyon (4. ábra). A tűz következtében elsüllyedt a fűtőtorony, mely jelentős környezeti károkat okozott.



3. ábra Gotthard alagút betonfelületének réteges leválása [10]
Fig. 3. Gotthard tunnel was spalling in the fire [10]

A szakirodalmi adatok szerint a nagyszilárdságú betonoknak rosszabb lehet a tűzállósága, mint a szokványos betonoknak [13]. Ezért fontosnak tartottuk, hogy foglalkozunk a betonhoz adagolt szilikapor tartalom hatásával a tűzállóságára.



4. ábra Tüzeset a fűtőtornyon [12]
Fig. 4. Fire on an oil rig [12]

4. Kísérleti paraméterek

Vizsgálataink célja a szilikapor tartalom tűzállóságra gyakorolt hatásának kísérleti meghatározása volt a nagyszilárdságú betonok hőterhelés utáni maradó szilárdságára (maradó nyomószilárdság és maradó hajlító-húzószilárdság). A maradó nyomószilárdságot 50 mm átmérőjű és 100 mm magasságú hengereken, míg a maradó hajlító-húzószilárdságot 70×70×250 mm nagyságú hasábokon vizsgáltuk.

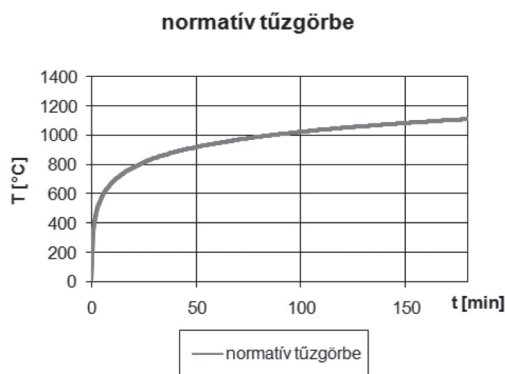
Hat féle beton keverék felhasználásával kapott kísérleti eredményeinket három csoportosítás szerint hasonlítottuk össze:

- Első esetben a szilikapor tartalom változásának hatását vizsgáltuk azonos víz-cement tényező esetén. (M1, M2 és M3 keverékek eredményeinek összevetése.)
- Második esetben a felhasznált szilikapor tartalmat és a felhasznált víz mennyiségét változtattuk azonos kötőanyag tartalom esetén. (M3, M4 és M6 keverékek eredményeinek összevetése.)
- Harmadik esetben azonos mennyiségű szilikaport, illetve cement tartalmat használtunk fel az összehasonlított keverékekben, miközben a víz mennyiségét változtattuk. (M2 és M5 keverékek eredményeinek összevetése.)

A maximális hőterhelési értékek megválasztásakor figyelembe vettük a Baranya Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság

tájékoztatót, miszerint a tűzoltóknak a bejelentést követően 120 másodpercen belül el kell indulniuk a tűzesethez. Ha nehezen megközelíthető a tűzfészek, akkor előfordulhat, hogy mire szakszerűen el tudják kezdeni a tűz oltását, akár 30–40 perc is eltelhet a tűzeset bejelentésétől.

A tervezés és méretezés során a hőmérsékleti hatásokat normatív hőmérséklet-idő görbékkel lehet megadni. A magasépítési szerkezeteknél a normatív tűzgörbét kell alkalmazni (5. ábra).



5. ábra Normatív tűzgörbe
Fig. 5. Normative curve of fire

A témában talált kutatások nagy többsége 600 °C-ig vizsgálta a nagyszilárdságú betont, melyet a normatív tűzgörbe alapján kevesebb, mint 6 perc alatt elér a szerkezet. Így fontosnak tartottuk, hogy vizsgálatainkat 1000 °C-os maximális hőterhelési értékig végezzük, melyet 40 perc után ér el a szerkezet.

A vizsgálatainkat minden keveréknél 6 maximális hőterhelési értéken (20 °C, 50 °C, 150 °C, 300 °C, 500 °C és 1000 °C) végeztük.

5. Kísérleti eredményeink

A szilikaport tartalomtól függően egyes elemeknél a beton felület réteges leválását, illetve robbanásszerű tönkremenetelét figyeztük meg az 1000 °C-os hőterhelést követően. A henger alakú próbatestek épek maradtak, míg a hasáb alakú próbatestek közül közel a fele felrobbant (6. ábra). Ez a jelenség egyszerűen az ún. alakhatással magyarázható.

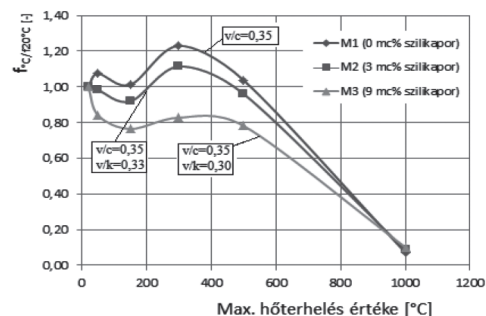


6. ábra A próbatestek az 1000 °C-os hőterhelés után
Fig. 6. Specimens after 1000 °C temperature loading

A hasáb alakú próbatestek közül a szilikaport nem tartalmazó (etalon) keverékekből készült próbatestek mind felrobbantak, majd a szilikaport tartalom növelésével az épen maradt próbatestek száma nőtt.

5.1. Beton próbatestek maradó nyomószilárdsága

Az első szempont alapján az azonos, 0,35-ös víz-cement tényezőjű (M1; M2 és M3) keverékek vizsgálata során a szilikaport tartalmat változtattuk. Minden keverékből, minden maximális hőterhelési értéken 3–3 próbateszt vizsgáltunk és azok maradó nyomószilárdság értékeit átlagoltuk (1. táblázat). Ezt követően grafikonon ábrázoltuk a relatív maradó nyomószilárdság értékeit. Megállapítottuk, hogy a szilikaport tartalom növelésével a relatív maradó nyomószilárdság értéke az 50 °C, 150 °C, 300 °C és az 500 °C hőterhelést követően csökkent (7. ábra). 1000 °C-os hőterhelés után a mért relatív maradó nyomószilárdsági értékek jelentősen nem tértek el egymástól – az azonos v/c tényezővel készült, henger alakú próbatestek esetén.



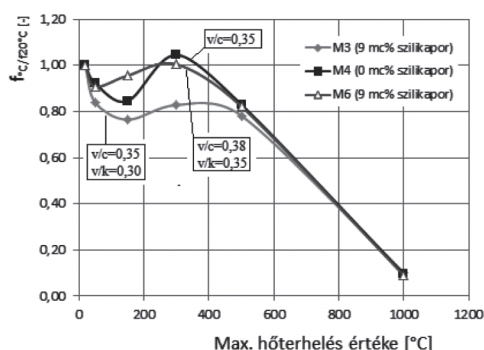
7. ábra Azonos v/c tényezőjű keverékek maradó relatív nyomószilárdság átlagértékei
Fig. 7. Relative residual compressive strength with constant w/c ratio

A mért nyomószilárdságok átlaga (N/mm ²)						
T (°C)	M1 (0 mc%)	M2 (3 mc%)	M3 (9 mc%)	M4 (0 mc%)	M5 (3 mc%)	M6 (9 mc%)
20	57,4	68,0	72,9	55,8	72,8	61,0
50	61,6	66,8	61,2	51,5	59,5	55,3
150	58,1	62,5	55,7	47,1	57,9	58,2
300	70,6	75,7	60,3	58,3	63,0	61,3
500	59,5	65,3	57,0	46,3	64,0	50,2
1000	4,2	5,9	7,4	5,4	8,7	5,5

1. táblázat Beton próbatestek maradó nyomószilárdság átlagértékei
Table 1. The residual compressive strength of the concrete specimens

A második szempont alapján az azonos kötőanyag tartalmú három (M3-as, M4-es és M6-os) keveréket hasonlítottuk össze (8. ábra). Az M4-es keveréknél a teljes kötőanyag mennyiséget cement formájában adtuk a betonhoz. Az M3-as és M6-os keverékeknél 36 kg/m³ (9 mc%) szilikaport és 400 kg/m³ cementet adagoltunk a keverékhez. Az M4-es és az M6-os keverékek víztartalma azonos volt. Megállapítottuk, hogy a cement egy részének szilikaporral való kicserélése a maradó nyomószilárdság szempontjából jelentősen nem változtatta a relatív maradó nyomószilárdsági értékeket (M6, M4) a 300 °C-nál magasabb maximális hőterhelés esetén. Az M3-as és az M6-os keverékek esetén a v/c és a v/k is változott, de azonos volt a szilikaport tartalom. Megállapítottuk, hogy 9 mc% szilikaport adagolás mellett a nagyobb v/c és v/k értékű (M6-os) keverék bizonyult kedvezőnek a hőterhelés utáni relatív maradó nyomószilárdság szempontjából.

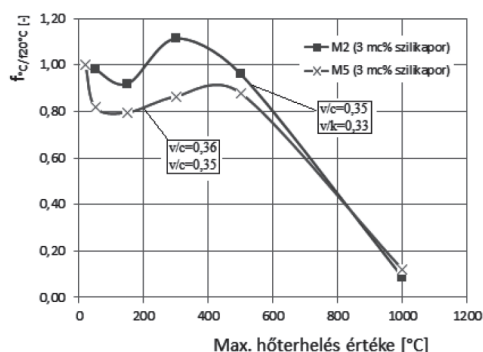
A vizsgálati eredmények tükrében elmondhatjuk, hogy 9 mc% szilikaport tartalom alkalmazása esetén az alacsonyabb víztartalom növeli a kezdeti nyomószilárdságot, viszont csökkenti a beton hőterhelés utáni relatív maradó nyomószilárdságát.



8. ábra Azonos kötőanyag tartalmú keverékek maradó relatív nyomószilárdság átlagértékei

Fig. 8. Relative residual compressive strength with constant binder content

Az M2-es és M5-ös keverékek szilikaport tartalma azonos (3 mc%) volt, de a v/c és a v/k is változott. Megállapítottuk, hogy 3 mc% szilikaport adagolás mellett kisebb v/c és v/k keverék bizonyult kedvezőnek a hőterhelés utáni maradó nyomószilárdság szempontjából (9. ábra).



9. ábra Azonos szilikaport tartalmú keverékek maradó relatív nyomószilárdság átlagértékei

Fig. 9. Relative residual compressive strength with constant silica fume content

5.2. Beton próbatestek maradó hajlító-húzó szilárdsága

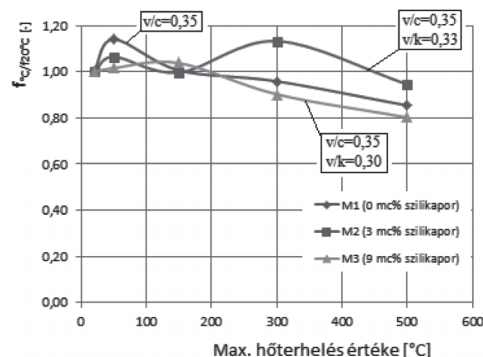
A maradó hajlító-húzó szilárdság megállapításához minden keverékből, minden maximális hőterhelési értéken 3–3 próbatestet vizsgáltunk és azok maradó hajlító-húzó szilárdság értékeit átlagoltuk (2. táblázat). Ezt követően grafikonon ábrázoltuk a relatív maradó hajlító-húzó szilárdság értékeit.

A mért hajlító-húzószilárdságok átlagértéke (N/mm ²)						
T (°C)	M1 (0 mc%)	M2 (3 mc%)	M3 (9 mc%)	M4 (0 mc%)	M5 (3 mc%)	M6 (9 mc%)
20	9,24	9,20	10,03	9,74	8,28	8,98
50	10,54	9,80	10,19	9,14	9,05	8,79
150	9,30	9,17	10,41	7,68	9,90	9,10
300	8,86	10,42	9,05	7,68	8,56	8,26
500	7,89	8,70	8,05	7,19	6,71	6,65

2. táblázat Beton maradó hajlító-húzószilárdság átlagértéke
Table 2. The residual flexural strength of the concrete specimens

Azonos, 0,35-ös víz-cement tényezőjű (M1; M2 és M3) keverékek összehasonlítása során megállapíthatjuk, hogy (10. ábra) a 3 mc% szilikaport tartalmazó (M2-es) keverék viselkedett 300°C feletti hőterhelés esetén a legkedvezőbben. 9 mc% szilikaport adagolás esetén (M3-as keverék) már a relatív maradó hajlító-húzószilárdság kismértékű csökkenését figyel-

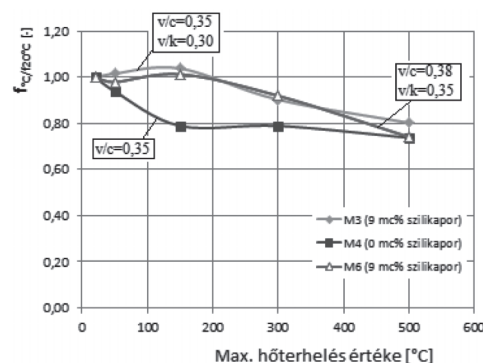
hettük meg – a szilikaport nem tartalmazó etalon (M1-es) keverék próbatesteinél mért értékekhez képest.



10. ábra Azonos v/c tényezőjű keverékek maradó relatív hajlító-húzószilárdság átlagértékei

Fig. 10. Relative residual flexural strength with constant w/c ratio

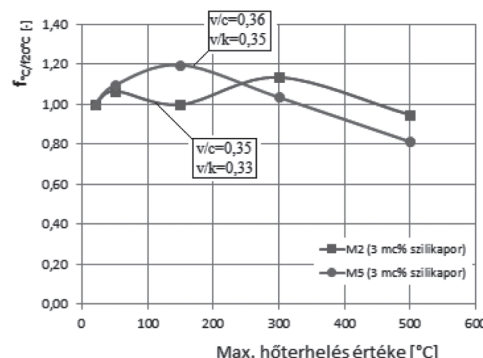
Azonos kötőanyag tartalmú (M3, M4, M6) keverékek összehasonlítása során megállapíthatjuk, hogy 9 mc% szilikaport adagolás hatására a relatív maradó hajlító-húzószilárdság nőtt. Az azonos (9 mc%) szilikaport tartalmú (M3-as és M6-os) keverékeknél számottevő eltérés nem volt megfigyelhető a hajlító-húzószilárdság tekintetében (11. ábra).



11. ábra Azonos kötőanyag tartalmú keverékek maradó relatív hajlító-húzószilárdság átlagértékei

Fig. 11. Relative residual flexural strength with constant binder content

Azonos szilikaport tartalmú (M2, M5) keverékek esetén a 300 °C, illetve az 500 °C hőterhelés utáni maradó hajlító-húzószilárdság szempontjából a kisebb v/c illetve v/k keverék (M2) bizonyult kedvezőbbnek (12. ábra).

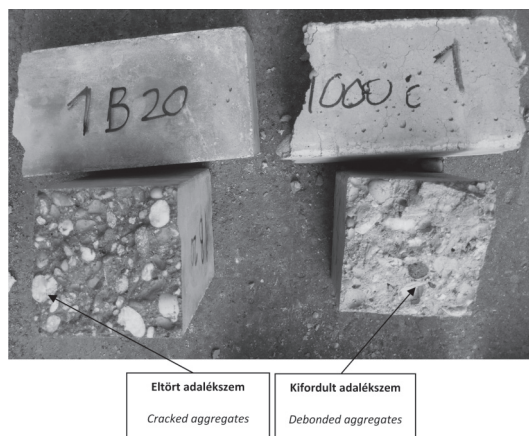


12. ábra Azonos szilikaport tartalmú keverékek maradó relatív hajlító-húzószilárdság átlagértékei

Fig. 12. Relative residual flexural strength with constant silica fume content

5.3. Szemrevételezés terhelés után

A törési felületeket vizsgálva látható, hogy 300 °C-os és annál kisebb hőterhelés esetén ridegtörés következik be. A nagyszilárdságú betonokra jellemzően az adalékszemek átrepedtek. 500 °C-os hőterhelésnél már vegyes törésképet kaptunk. Részben az adalékszemcsék törtek el, de többségében a kötőanyagból fordultak ki a szemcsék. 1000 °C-os hőterhelést követően már a cementpép szilárdsága nagymértékben lecsökkent. Így ekkor már a cementpépben következett be a tönkremenetel, és nem az adalékszemekben (13. ábra).



13. ábra Hőterhelés nélküli és 1000 °C-on hőterhelt próbatestek törési felülete a hajlító vizsgálat után

Fig. 13. Cracked surface of flexural strength specimens after failure without temperature loading and after temperature loading of 1000 °C

6. Megállapítások

Kísérleteink során a szilikaporról készített beton próbatestek tűzzel szembeni viselkedését vizsgáltuk.

A laboratóriumi vizsgálatok során a beton hőterhelés utáni maradó nyomószilárdsági, illetve maradó hajlító-húzószilárdsági értékeit határoztuk meg. Kísérleteink során a vizsgálati paraméterek a következők voltak: szilikapor tartalom (0 m%; 3 m%; 9 m%); cement tartalom (400 kg/m³; 436 kg/m³); víz-cement tényező (v/c = 0,35; 0,36; 0,38); víz-kötőanyag tényező (v/k = 0,35; 0,33; 0,30); hőterhelés maximális értéke (20 °C; 50 °C; 150 °C; 300 °C; 500 °C; 1000 °C).

A vizsgálataink alapján kijelenthetjük, hogy nem kedvező a relatív maradó nyomószilárdság szempontjából, ha a keverékhez – állandó cementtartalom mellett – a szilikapor tartalmat növeljük, miközben a v/c tényezőt változtatlanul hagyjuk. A relatív maradó hajlító-húzószilárdság szempontjából alacsony (20–150 °C-os) maximális hőterhelési értéknél még kedvezőtlennek bizonyult – az állandó cementtartalom és v/c tényező mellett – a szilikapor tartalom növelése. 150 °C-t meghaladó maximális hőterhelési érték esetén kedvező volt a keverékhez való 3 m% szilikapor adagolása.

A relatív maradó nyomószilárdság az azonos kötőanyag tartalmú, de különböző szilikapor tartalmú (M6 és M4) keverékek esetén közelítőleg azonosak voltak, míg a relatív maradó hajlító-húzószilárdságot kedvezően befolyásolta, ha a cement egy részét szilikaporról helyettesítettük. A vizsgálati eredmények tükrében elmondhatjuk, hogy 9 m% szilikapor tartalom alkalmazása esetén az alacsonyabb víztartalom növeli a kezdeti nyomószilárdságot, viszont csökkenti a beton hőterhelés utáni relatív maradó nyomószilárdságát. A 9 m% szilikapor tartalom mellett a víztartalom nem befolyásolja a relatív maradó hajlító-húzószilárdságot.

A beton próbatesteken végzett vizsgálatok alapján kijelenthetjük, hogy tűzállóság szempontjából kedvezőnek bizonyult a szilikapor adagolása a keverékhez, mivel a szilikapor tartalom növelése csökkentette a betonfelület réteges leválásának veszélyét.

7. Köszönetnyilvánítás

A munka szakmai tartalma kapcsolódik a „Új tehetség-gondozó programok és kutatások a Műegyetem tudományos műhelyeiben” c. projekt szakmai célkitűzéseinek megvalósításához. A projekt megvalósítását a TÁMOP-4.2.2.B-10/1--2010-0009 program támogatja.

Felhasznált irodalom

- [1] Kausay, T.: Nagyszilárdságú beton. Beton 2009/9 (2009), pp. 14-17
- [2] Held, M.: Technologie und mechanische Eigenschaften des hochfesten Betons bis 125. – Darmstädter Massivbau-Seminar. Hochfester Beton. Darmstadt, 1991
- [3] http://www.ask.com/wiki/WZMH_Architects (letöltve: 2011. 03. 05)
- [4] Structural design of composite super-columns for the Taipei 101 tower: www.ncree.org (letöltve: 2011. 03. 05.)
- [5] http://hu.wikipedia.org/wiki/Taipei_101 (letöltve: 2011. 03. 05)
- [6] http://www.ita-hun.hu/palyazatok/pontokert/2.eloadas_20100603.pdf (letöltve: 2011. 03. 04.)
- [7] <http://silicafume.org/general-concrete.html> (letöltve 2011. 03.05.)
- [8] Kausay, T. - Balázs, L. Gy. - Csányi, E. - Kocsányiné Kopecskó, K. - Balázs, Gy. - Józsa, Zs. - Borosnyói, A. - Nehme, S. G.: A betonkorrozio legújabb kutatási eredményei. (30876-003-ÉA/2005) tanulmány, Budapest, (2005. november 30.)
- [9] MSZ 4798-1 Beton: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfeleltetés, valamint az MSZ EN 206-1 alkalmazási feltételei Magyarországon
- [10] <http://www.langlovagok.hu> (2010 aug.21-én letöltött statisztikát feldolgozva)
- [11] Majorosné Lublóy, É.: Tűz hatása betonszerkezetek anyagaina (PhD értekezés), Budapest, (2008)
- [12] <http://www.katasztrofak.abbcenter.com/?id=101876&cim=1> (letöltve: 2011. 08. 24.)
- [13] Scheider, U.: Lebeda C. „Baulicher Brandschutz”, Kohlhammer GmbH, Stuttgart, ISBN 3-17-015266-1 W. (2000)

Ref.: <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2012.4>

Czoboly Olivér – Harman Béla – Lublóy Éva – Balázs L. György – Nehme Salem Georges: Szilikapor hatása A Beton tűzállóságára. Építőanyag, 64. évf. 1–2. szám (2012), 22–26. p.

INTERNATIONAL CONFERENCES

- **7th International Conference on “Microwave Materials and their Applications” – MMA 2012**
June 3–6, 2012, Taipei, Taiwan, Republic of China
<http://www2.phy.ntnu.edu.tw/MMA2012>

- **4th EuCheMS Chemistry Congress**
August 26–30, 2012, Prague, Czech Republic
<http://www.euchems-prague2012.cz>
- **23rd International Congress on Glass – ICG Prague 2013**
July 1–5, 2013, Prague, Czech Republic
<http://www.icg2013prague.cz>

10 éves a „A magyar perlit története” kiállítás

A magyar perlit múltját ismertető kiállítást 2002. június 13-án adták át a Szilikátipari Tudományos Egyesület helyiségében. A kiállítás – fennállásának 10. évfordulójára – méltó helyet kapott a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen az Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék segítségével, valamint Pálháza Önkormányzatán, a Perlit 92 Kft.-nél, a Cemkut Kft.-nél és a Mineralholding Kft.-nél. A kiállításról – melynek gondozásában mindvégig kiemelkedő szerepet játszott az SZTE és az ÉTE – dr. Rudnyánszky Pál, SZTE társelnököt kérdeztük.

Hogyan született meg a gondolat, miért készítette el a kiállítást?

Miután 1949-ben végeztem a Műszaki Egyetemen, Diósgyőrben kezdtem el dolgozni. Ott jöttem rá, hogy az információhoz való hozzájutás sokszor igen nehézkes, ezért, mint építésvezető önkéntesen megrendeztem az első kiállításomat az Építéstudományi Egyesület segítségével.

A perlit anyag megismertetése és elterjesztése érdekében az idők során összesen hat nemzetközi perlit konferenciát rendeztünk meg néhány évente (1971–2008 között), a Szigetelő Szakosztály konferenciáit pedig 2 évente, de ezeknek nem volt, nem lehetett olyan eredménye, mint egy állandó kiállításnak, hiszen innen bárki, bármikor információhoz juthatott. Emellett a Miskolcon 2001. október 1-jén megrendezett „Perlit, a környezetbarát magyar ásványi anyag” tudományos konferencia résztvevői arra a megállapításra jutottak, hogy a perlitel kapcsolatos információhiány, valamint a hazai duzzasztott és feldolgozott perlit termékek hiánya összefügg a perlit belföldi alkalmazásának csökkenésével. A kiállítás létrehozásával az volt a célom, hogy hozzájáruljunk ezen folyamat megállításához, és a hazai, valamint nemzetközi sokéves tapasztalatok felhasználásával bemutassuk a perlit hazai hasznosításának komplex lehetőségeit.

Hogyan állt össze a kiállítás széleskörű anyaga?

Kezdetben a magyarországi perlit fejlesztésében a Bányászati Építő Vállalat (BÉV) és a Könnyűbeton és Szigetelőanyagipari Vállalat (KÖSZIG) járt az élen. A hazai hő-, hang-, és vízszigetelő anyagokkal a KÖSZIG vállalat foglalkozott. 1973-ban a magyarországi energia program megvalósításához ez a vállalat fejlesztette ki a hőszigetelő anyagokat, amiben a perlit is szerepet kapott.

1971-ben, mikor az I. Nemzetközi Perlit konferenciát rendeztük, Magyarország Európában első helyen állt a perlit felhasználásában. A nemzetközi ismertség az exportot is előmozdította.

A Perlit Intézet ezután Magyarországot (a KÖSZIG-et) felvette tagjai közé (a szocialista országok közül egyedülként). Az Intézet révén Magyarország a világ perlitese vállalatai részére tudott információt szolgáltatni, cserébe pedig mi is értesültünk a világ fejlesztéseiről, eredményeiről. Az első anyagokhoz innen jutottam hozzá.

A kiállítás ötletének megszületését követően pedig felkértem a perlitel foglalkozó szakembereket, hogy támogassák az eredményeket megőrző kiállítást fényképekkel, rajzokkal, különböző tájékoztatásokkal. A kiállítás tablóiinak összeállításában segítségemre voltak: dr. Baksa Csaba, Benke István, Mező Barna, dr. Oberitter Miklós, dr. Papp Klára, Somogyi László és dr. Talabér József.

Milyen tapasztalatai vannak a kiállításról?

Elsődleges célom a hazai felhasználás minőségi és gazdasági lehetőségeinek kutatása volt. Elsőként a hazai duzzasztási kapacitást kellett létrehozni, ebben az Országos Műszaki

Fejlesztési Bizottság nyújtott erkölcsi és anyagi segítséget Kardos Andor professzor irányításával. Az új alkalmazási lehetőségekben a komplex hasznosításra törekedtünk.

A 10 év alatt a nemzetközi BNV vásárokon is bemutattuk a perlit anyagot, mely elsősorban a kedvet hozta meg hozzá, de az érdeklődők a kiállításból további információkhoz jutottak. A kiállítás tehát a hazai alkalmazás elterjesztésében és az export lehetőségek kihasználásában egyaránt hasznosnak bizonyult.

2010-ben megjelent A magyar perlit 50 éve c. könyve. Ez hogyan kapcsolódik a kiállításhoz?

A könyv célja, csakúgy, mint a kiállításé, hogy felhívja a figyelmet erre a méltatlanul elhanyagolt, természetes és sokoldalúan, környezetbarát módon hasznosítható anyagra. A könyv ismerteti a perlit közet tulajdonságait, felhasználási, hasznosítási területeit, a hazai felhasználó üzemeket és termékeiket, a Magyarországon megrendezett nemzetközi perlit konferenciákat, valamint ismerteti mindazon szakembereknek és intézményeknek a nevét, akik és amelyek valaha bármit is tettek a magyar perlit hasznosítása érdekében.

Hogyan tovább?

Az ÉTE és az SZTE közösen foglalkozott már a kivitelező építőipar és a kutató intézmények bevonásának gondolatával, a kiállítás így MTESZ Fő utcai székházából több helyre került. A BME-en elhelyezett kiállítás a hallgatóknak nyújt információt a perlit széleskörű felhasználásának érdekében. A kiállítás többi része Pálháza Önkormányzatán, a Perlit 92 Kft.-nél, a Cemkut Kft.-nél és a Mineralholding Kft.-nél kapott helyet.

A kiállítás bontásán részt vett Vésztői Zoltán, dr. Vojuczki Péter, Benke István, dr. Baksa Csaba, dr. Rudnyánszky Pál, dr. Gerda Sándor, dr. Kovács Károly, Pozsonyi László (lásd a fotót), levélben búcsúzott Somogyi László, Mező Barna, Gál László és Molnár Miklós.



A perlit elterjesztését elősegítő önzetlen emberek támogatását ezúton is köszönöm és kérem, hogy a jövőben is segítsék a hazai felhasználás előmozdítását.

Tóth-Asztalos Réka

Upgrading of TGA/DTA analyzer Derivatograph

RUDOLF PODOBA • Department of Physics, Constantine the Philosopher University and Department of Physics, Faculty of Civil Engineering, Slovak University of Technology
 ■ rudolf.podoba@ukf.sk ■ rudolf.podoba@stuba.sk

ANTON TRNÍK • Department of Physics, Constantine the Philosopher University and Department of Materials Engineering and Chemistry, Czech Technical University ■ atrnik@ukf.sk

ĽUBOŠ PODOBNÍK • Department of Physics, Constantine the Philosopher University
 ■ lubos.podobnik@ukf.sk

Received: 23. 11. 2011. ■ Érkezett: 2011. 11. 23. <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2012.5>

An upgraded version of the TGA/DTA analyzer Derivatograph 1100° is described. A linear variable differential transformer (LVDT) is used as a sensor of the balance movement to register changes in the sample mass. The furnace temperature measured by a Pt-PtRh10 thermocouple located in its original position is controlled using the temperature programmer TLK 38. Thermocouples for DTA and their connections are left in the original state. Electrical signals from LVDT and thermocouples are sent to multimeter AGILENT 34972A which is connected to a PC. The program records the time of the measurement, furnace temperature, difference between the temperatures of the measured and the reference samples, and mass of the sample. The program's output is a graph with continuous TGA and DTA curves.

Keywords: differential thermal analysis (DTA), thermogravimetric analysis (TGA)

Mgr. Rudolf PODOBA

(1984) Education: Constantine the Philosopher University in Nitra, physics of materials (degree - Mgr., 2009). Constantine the Philosopher University in Nitra, physics of materials (PhD. Student, 2009). Field of research: thermal analyses of the green clay ceramic materials.

RNDr. Mgr. Anton TRNÍK, PhD

(1978) Education: Constantine the Philosopher University in Nitra, Physics and Computer science (degree Mgr. 2003); PhD study of Physics of materials at Constantine the Philosopher University in Nitra (degree PhD. 2006). Field of research: mechanical properties and thermophysical properties of building ceramics, measurement science.

Mgr. Ľuboš PODOBNÍK

(1986) Education: Constantine the Philosopher University in Nitra, mathematics and physics (degree - Bc., 2008). Charles University in Prague, mathematics and physics (degree - Mgr., 2011). Constantine the Philosopher University in Nitra, physics of materials (PhD. Student, 2011). Field of research: the phase changes in silicate ceramics.

1. Introduction

The thermal analyses DTA and TGA are widely used in research of building materials, particularly in the development of building ceramics. Results are easier to interpret if both DTA and TGA are conducted during the same experiment using a combined analyzer. That is possible in the DTA/TGA analyzer Derivatograph 1100°, system F. Paulik, J. Paulik and L. Erdey [1]. Although the present-day DTA/TGA analyzers work well for small powder samples with mass less than 50 mg, in some cases it is preferable to measure compact samples of sizes and masses comparable to samples used in thermodilatometry or thermomechanical analyses. A derivatograph can measure compact samples up to 5 g and register a mass change up to ± 1 g. This ability makes its modernization an important topic to study.

The original Derivatograph measured thermo-emf from thermocouples by mirror galvanometers which transform the electrical voltage into a motion of a light beam. The movement of laboratory balance was also monitored by a light beam. Four light beams (temperature, DTA, TGA and DTG) drew lines on a photographic paper. The temperature programmer was electromechanical.

The objective of this study is to describe an upgrade the original Derivatograph.

2. Short description of the modernized Derivatograph

A linear variable differential transformer (LVDT) was used as a sensor of balance movement to register change of the sample mass, see Fig. 1. The LVDT INPOS (ZPA Jinonice, Czech Republic), is very suitable for this purpose because its core can be easily detached from the body of the LVDT, and the core can be moved in the LVDT opening without a mechanical contact if the opening is in the vertical position. The LVDT was calibrated directly in the analyzer by known weights which were put on an empty crucible. The relationship between the

output voltage from the LVDT and the mass of the sample is linear; its sensitivity is reported in Table 1.

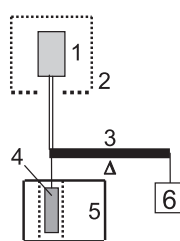


Fig. 1. Measurement of the mass change. 1 – sample, 2 – furnace, 3 – laboratory balance, 4 – ferromagnetic core, 5 – body of LVDT, 6 – counterweight
 1. ábra A tömegváltozás mérése. 1 – minta, 2 – kemence, 3 – laboratóriumi mérleg, 4 – ferromágneses mag, 5 – LVDT test, 6 – ellensúly

sensitivity of balance	20 mg	50 mg	100 mg	200 mg	500 mg	1000 mg
sensitivity of LVDT	15.825	8.486	4.692	2.443	1.059	0.534

Table 1. Sensitivity of LVDT [mV/mg] for different sensitivities of balance
 1. táblázat Az LVDT érzékenysége [mV/mg] a mérleg különböző érzékenységei mellett

The furnace temperature measured by a Pt-PtRh10 thermocouple located in its original position is controlled using a temperature programmer TLK 38 connected to the power block. We used a solid state relay in the power block instead of the original electromechanical relay. The rest of the power block is left without changes.

The thermocouples for DTA and their connections are left in their original positions.

The derivative thermogravimetry (DTG) can be also performed by the Derivatograph 1100°. The induced electrical voltage which comes from a very slow movement of the coil in a gap of the permanent magnet is very low and, in our conditions, it contains a significant amount of noise. The noise is probably caused by the vibrations of the laboratory balance. The noise is also recorded by the LVDT, so the TGA line is not ideally smooth. The numerical derivative of the data gives the DTG line with a big noise. Those are the reasons why we did not use the DTG.

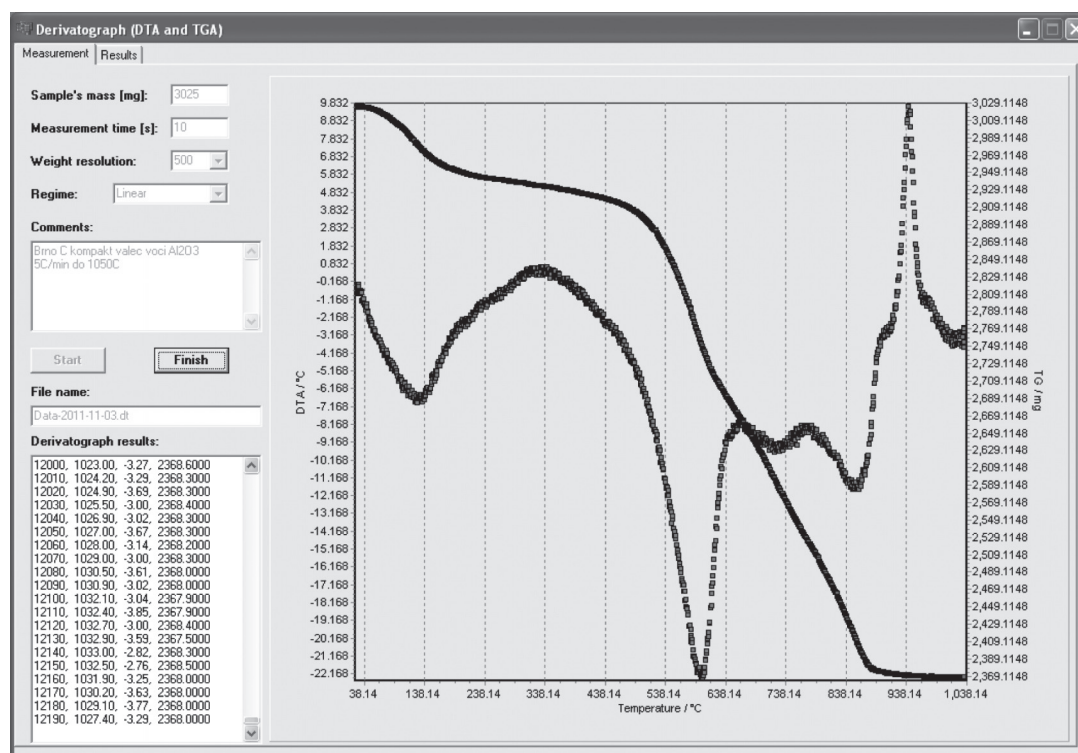


Fig. 2. Results of DTA (dotted line) and TGA (black line)
2. ábra DTA (szaggatott vonal) és TGA (folytonos vonal) eredmények

Electrical signals from the LVDT and thermocouples are lead by shielded cables to the inputs of the digital multimeter AGILENT 34972A which is connected to a PC. The program transforms the input thermoelectrical voltage U_{ic} into the temperature T with the help of the formula for conversion $U_{ic} [\mu V] \rightarrow T [^{\circ}C]$ given in [2]. The furnace temperature and the temperature difference for the DTA are obtained this way. The output voltage from the LVDT is converted into the change of the sample mass using a formula derived from the results of the LVDT calibration. The program records four types of data: the time of the measurement t , the furnace temperature T , the difference between the temperatures of the measured and the reference samples ΔT , and the mass of the sample m (see window "Derivatograph results" in Fig. 2.) which can be used for processing in a different format, e.g., in Excel (Microsoft). The TGA and DTA curves which are visible on a screen are drawn continuously.

The initial input data are the sample mass, repeating frequency of the measurement (one measurement in 10 s in Fig. 2.), sensitivity of the balance, and the type of the temperature regime (linear or isothermal heating).

To illustrate this, we show a screen capture (Fig. 2.) with TGA and DTA curves for the compact sample (60 wt.% kaolinitic clay, 20 wt.% filler and 20 wt.% $CaCO_3$). Both the measured and the reference samples are approximately of the same size and mass. They have a cylindrical shape with an opening of $\varnothing 3 \times 8$ mm in the axis of rotation used to insert them on thermocouples. The reference sample is made from pressed Al_2O_3 powder.

Some examples of the use of the modernized Derivatograph are in our previous works [3, 4, 5].

Acknowledgement

This work was supported by the grant VEGA 1/0646/12, financed by the Ministry of Education of Slovakia. Author A.T.

gratefully acknowledges a financial support from the Czech Science Foundation, Project No. P105/12/G059.

References

- [1] Derivatograf system F. Paulik, J. Paulik a L. Erdey, manual, MOM Budapest
- [2] ITS-90 Thermocouple Direct & Inverse Polynomials. <http://www.omega.com/pdf/temperature/Z/pdf/z198-201.pdf>, online, 7.11.2011
- [3] Trník, A. – Štubňa, I. – Varga, G. – Podoba, R. – Bačík, P.: *Young's modulus of heatproof tile ceramics Letovice during firing*. Journal of the Ceramic Society of Japan, **119**, 2011, 645–649
- [4] Štubňa, I. – Trník, A. – Vozár, L.: *Thermomechanical and thermodynamic analysis of green alumina porcelain*. Ceramics International, **35**, 2009, 1181–1185
- [5] Štubňa, I. – Trník, A. – Vozár, L.: *Determination of Young's Modulus of Ceramics from Flexural Vibration at Elevated Temperatures*. Acta Acustica united with Acustica, **97**, 2011, 1–7

Ref.: <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2012.5>

Rudolf Podoba – Ľuboš Podobník: *Upgrading of TGA/DTA analyzer derivatograph*. Építőanyag, 64. évf. 1–2. szám (2012), 28–29. p.

Egy derivatográf (TGA/DTA elemzőberendezés) korszerűsítése

A közleményben egy Derivatograph 1100° típusú TGA/DTA elemzőberendezés korszerűsítéséről számolunk be. A minta tömeg változását a mérleg elmozdulását követő változtatható differenciális átalakítóval (LVDT) követjük. A kemence hőmérsékletét az eredeti helyzetben rögzített Pt-PtRh10 hőelemmel mérjük és az TLK 38 hőmérsékletprogramozóval szabályozzuk. A DTA hőelemeket és csatlakozóikat az eredeti helyükön rögzítettük. Az LVDT-ből és a hőelemekből érkező elektromos jeleket egy számítógéphez csatlakozó AGILENT 3497A típusú multiméterhez továbbítjuk. A program a következő jellemzőket rögzíti: mérés időpontját, a kemence hőmérsékletét, és mért és a referenciáminiók közötti hőmérsékletkülönbséget és a minta tömegét. A program grafikusán szolgáltatja a TGA és DTA görbéket.

Kulcsszavak: differenciális termikus elemzés (DTA), termogravimetriás elemzés (TGA)

Neurális hálók aszfalttechnológiai alkalmazása

KONCSOS TAMÁS ■ BME Víz Közmű és Környezetmérnöki Tanszék ■ bonsalty@gmail.com

TÓTH CSABA ■ BME Út és Vasútépítési Tanszék ■ toth@uvt.bme.hu

Érkezett: 2012.03.25. ■ Received: 25.03.2012. <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyagjsbcm.2012.6>

Asphalt technological application of the neural network

The article depicts a possible asphalt technological application of the neural network using the data of the numerous stiffness tests of three domestic asphalt mixtures. The results reinforce the preliminary expectations by which the MLP (Mutilayer Perceptron) network built upon the tests results specified by indirect tensional tests is capable of prognosticating the stiffness very precisely in the trained range. Although the possible drawback of the method may be observed in its inexact extrapolating ability, it can be improved by the continuous development of the database furthermore managed having produced a combined map using the Kohonen map just as in this present work. The article verifies that the estimation of the stiffness of the mixtures made with the help of the neural network is a lot better than those applied at the traditional models, furthermore draws the attention to the fact that the superbness of the neural network lies exactly with their universality and the optional feature of the mixtures can be tested and prognosticated in the future with their help.

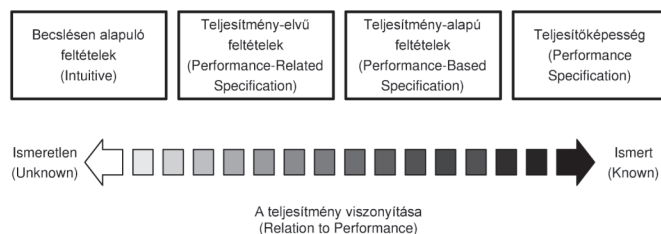
1. Az aszfaltkeverékek merevségének jelentősége

Sajnos ma sem állíthatjuk, hogy a hazai aszfaltreológiai kutatások a világ élvonalba tartoznának, azonban ennek fényében különösen öröndetes, hogy egy korábbi szakmai döntés nyomán az aszfaltkeverékek tervezési követelményeinek meghatározása vonatkozásában az empirikus előírásokkal szemben a fundamentális előírások kerültek rögzítésre. Ezen döntésnek köszönhetően azonban a teljesítményalapú követelmények és az ezekhez rendelt, elsősorban a keverékek fáradásával, illetve merevségével kapcsolatos vizsgálatok jelentősége is megnőtt.

Az EN 13108-20:2006 európai szabvány – ez elv szerint – az aszfaltkeverékek tulajdonságainak esetében megkülönbözteti vizsgálati módszereit, például:

- performance-related (leistungsbezogen): vízerzékenység, üzemanyag-állóság, maradó alakváltozással szembeni ellenállás kis, illetve nagy kerek nyomvályúvizsgáló vizsgálórendszer esetén,
- performance-based (leistungsbasierend): merevség, fáradás, maradó alakváltozással szembeni ellenállás triaxiális vizsgálat esetén.

Az 1. ábra a teljesítményelvű és teljesítményalapú vizsgálatok közötti finom különbség demonstrálására tesz kísérletet.



1. ábra A teljesítmény szintek illusztrációja (Tóth, 2006)

Fig. 1. Illustration of various levels of performance specifications (Tóth, 2006)

A teljesítményalapú aszfaltvizsgálatok kiemelt jelentőségével egyetértve a BME Út és Vasútépítési tanszékén – a rendelkezésre álló forrásokhoz mérten – jelentős kutatások folynak

Dr. TÓTH Csaba

Okl. építőmérnök, MBA, PhD. A Magyar Mérnöki Kamara és a Magyar Útgyi Társaság Útpályaszerkezetek Szakbizottság tagja, jelenleg az BME Út és Vasútépítési Tanszék adjunktusa. Korábban a Csongrád Megyei Állami Közútközelítő Kht., illetve az Állami Közúti Műszaki és Információs Kht. osztályvezetőjeként a magyar útgyi adminisztrációban dolgozott. Később a Strabag Konzern mérnökeként részt vett az épülő hazai országos közúthálózat minőségellenőrzésében, valamint a Konzern nemzetközi és hazai kutatásaiban. Közlekedési építőmérnöki szakértőként, tervezőként, illetve műszaki ellenőrként közreműködött számos burkolat-megerősítési projektben. Kutatási területe: hajlékony útpályaszerkezetek igénybevétele, méretezése, teherbíró-képessége, megerősítése. Publikációinak száma: több mint 30.

KONCSOS Tamás

Okl. építőmérnök, jelenleg a BME Víz Közmű és Környezetmérnöki Tanszék PhD hallgatója. Korábban a GeneralCom-nál dolgozott programozói munkakörben, illetve a BME VKKT-val közösen folytatott WaterRisk vízgazdálkodási döntéstámogató rendszer kiépítésében tevékenykedett. Az FVM megbízásában a LeoEpa hálózat szimulációs program tervezője, jelenleg számos hazai kutatási tevékenységben vesz részt. Kutatási tevékenységek: mesterséges intelligencia, lágy számítási módszerek alkalmazása a környezetmérnöki gyakorlatban, neurális hálózatok applikációja optimalizációs feladatok megoldására, szakértői rendszerek fejlesztése. Publikációinak száma: 6.

e területen, amelyek nyomán az elmúlt időszakban született értekezések már elsősorban az aszfaltkeverékek merevségével, illetve fáradási tulajdonságaival kapcsolatos kérdésekre is fókuszáltak. A téma aktualitását mutatja továbbá, hogy az aszfaltkeverékek merevsége kapcsán az elmúlt időszakban számos cikk is született. Többek között egy, az aszfaltkeverékek merevségének prognosztizálási lehetőségével kapcsolatos cikkben (Fi-Tóth, 2010) említésre került már a mesterséges neuron-hálózatok (ANN, artificial neural network) alkalmazhatósága az aszfaltkeverékek merevségét becselő modellek megalkotása során.

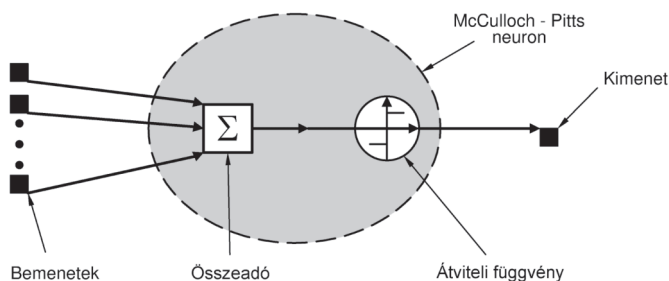
Az ANN elvét az emberi idegrendszer, az agy idegsejtjeinek működése ihlette, és noha az 1940-es évek végén kezdődő kutatások eredeti célja az emberi agyfunkciók szimulálására irányult, az ANN modelleket ma már például a statisztikai elemzések vagy az adatfeldolgozás területén is alkalmazzák, többnyire nem-lineáris folyamatok elemzésére. Ezek a modellek azonban elsősorban a mérési eredmények technikai feldolgozása során jelentenek segítséget, erre alapozva azonban különböző becslések kidolgozására is képesek.

Jelen cikkben korábbi kutatások (Fi et al, 2009) nyomán született adatbázis segítségével az ANN technika aszfalttechnológiai alkalmazhatóságát demonstráljuk. Felhívjuk azonban a figyelmet arra, hogy ezen elv alkalmazhatósága lényegesen sokoldalúbb, elég, ha csak azon modelleket említjük, amelyek az útpályaszerkezetek Falling Weight Deflectometerrel (FWD) mért behajlási teknőinek kiértékelésére készültek (Saltan et al, 2011), de akár egyszerű laboratóriumi vizsgálatok elemzésére, például Marshall stabilitás előrejelzésére alkalmas modellek is készíthetők (Ozgan, 2011).

2. Neurális hálók

A mesterséges neurális hálózatok alapjait Cajal teremtette meg 1909-ben, amikor a gerincesek tanulmányozása során észrevette, hogy az állatok agya nagyszámú összekötött sejtből áll, amiket neuronoknak nevezett. Azóta igazolódott, hogy ezek képezik az információfeldolgozás alapvető részegységeit. Felfedezték, hogy egy neuronnak vannak olyan ágai, amelyek begyűjtik az érkező ingereket, majd egy másik ágon, továbbítják az erre adott választ.

A neuronok egyszerűsített matematikai modelljét W. S. McCulloch és W. Pitts készítette el 1943-ban. A modellben minden egyes bemenethez rendelhető egy súly, majd a súlyozott bemenetek összege a neuron átviteli függvényén keresztül adja a kimenetet (2. ábra).



2. ábra A McCulloch-Pitts neuron (Abonyi, 2006)
Fig. 2. The McCulloch-Pitts neuron (Abonyi, 2006)

Ez az összefüggés könnyen algoritmizálható, a kapcsolat az (1) egyenlettel írható le.

$$y = f\left(\sum_{i=1}^n w_i \cdot x_i\right) \quad (1)$$

ahol:

y: a neuron kimenete

f(): átviteli függvény

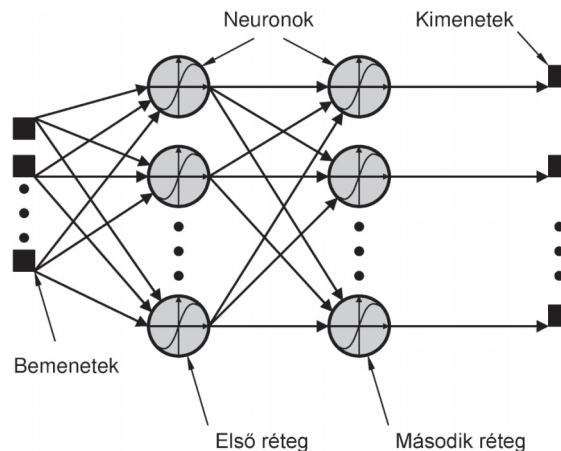
w_i : súlytényező

x_i : a neuron bemenetei (független változók)

A neuron jel-transzformációs képessége speciális, többértékű logikai kapuként is értelmezhető. A súlytényezők megválasztásával a rendszer szűk korlátok között taníthatóvá válik, azaz adott kimeneti jelek állíthatók elő a bemeneti minták alapján. A neuronok összekapcsolásával olyan hálózatokhoz jutunk, melyek már összetett matematikai feladatok megoldására is alkalmasak (adattömörítés, asszociatív memória, rendezés, univerzális függvényközelítés).

Függvényapproximációs célokra a nem rekurrens mesterséges neuron hálózatok leggyakrabban alkalmazott változata az előrecsatolt, többrétegű háló: MLP (Multilayer Perceptron). Az MLP rétegelt, a réteg fogalma alatt esetünkben egy neuron halmazt értünk, melyekre érvényesek az alábbi megkötések: az összes réteg valamennyi neuronja az előtte és utána álló réteg minden neuronjával kapcsolatban áll, azonban a sejtek nem kapcsolódnak egymáshoz a saját rétegen belül. A bemeneti réteg annyi neuronból áll, ahány bemenő változónk van. Ezek tulajdonképpen jeltovábbítást végeznek a többi csomópont felé. A első rétegben található a rejtett neuronok, amelyek száma tetszőleges lehet. Ezeknek mind a bemenete, mind a kimenete másik csomóponthoz kapcsolódik. Itt folyik a tulajdonképpeni

adattfeldolgozás. Matematikailag bizonyított, hogy a kétrétegű MLP elvben bármely folytonos függvény közelítésére alkalmas. Azonban figyelembe véve azt a tényt, hogy a rendelkezésre álló információ mennyisége korlátos és a megoldandó feladat a komplexitás függvényében akár egyszerűbb, de összetett módszerekkel is megoldható, a kétrétegű háló, illetve az MLP topológia sok esetben helyettesítendő. A kimeneti rétegben annyi neuron van, ahány kimeneti változónk van. Ezek továbbítják az információt a külvilág felé. A 3. ábra egy többrétegű háló kialakítást szemléltet.



3. ábra A többrétegű neurális háló szerkezete (Abonyi, 2006)
Fig. 3. The structure of the multilayered neural network (Abonyi, 2006)

A teljes MLP hálózat a (2) egyenlettel írható le:

$$\hat{y} = w_0 + \sum_{i=1}^m w_i \left(w_{i0} + f\left(\sum_{j=1}^n w_{ij} \cdot x_j\right) \right) \quad (2)$$

ahol

y: a hálózat kimenete (becsült függő változó)

f(): átviteli függvény

w_i : súlytényező

x_j : a hálózat bemenetei (független változók)

n: független változók száma

m: neuronok száma a rejtett rétegben

A neurális hálózatot meg kell tanítani a probléma megoldására. Ez jellemzően azt jelenti, hogy valamilyen nemlineáris optimalizációs eljárással keressük azokat a súlytényezőket, amelyeknél a hálózat az adott regressziós feladatot jól meg tudja oldani.

Az MLP hálózatok legfontosabb tulajdonságai (Abonyi, 2006):

- univerzálisak, a legtöbb regressziós probléma esetén használhatók,
- az extrapolációs tulajdonsága megjósolhatatlan, ezért nagyon fontos hogy a tanítási minta lefedje mind a függő, mind a független változók teljes tartományát,
- megfelelő számú neuron esetén a regressziós modell pontossága jó,
- a neurális háló tanítása lassú, nagy körülménytést igényel, de a modell kiértékelése gyors,
- a kész hálózat nem interpretálható.

2. Az adatbázis

Egy korábbi kutatás keretében (Fi et al, 2009) a kőváz összetételének merevségre gyakorolt hatását vizsgáltuk három keverék esetén. A vizsgált keverékek típusa SMA 11 (F), AC 22 (F) és AC 22 (mF) volt, három-három különböző kővázal tervezve. A tervezett szemeloszlások úgy lettek meghatározva, hogy egy-egy, a korábbi hazai szabályozás szerinti alsó, illetve felső határgörbe szemeloszlásának, további egy pedig ezen két szemeloszlás átlagának feleljen meg. Emellett a különböző kővázú keverékek 3-3-féle kötőanyag-tartalommal lettek előállítva.

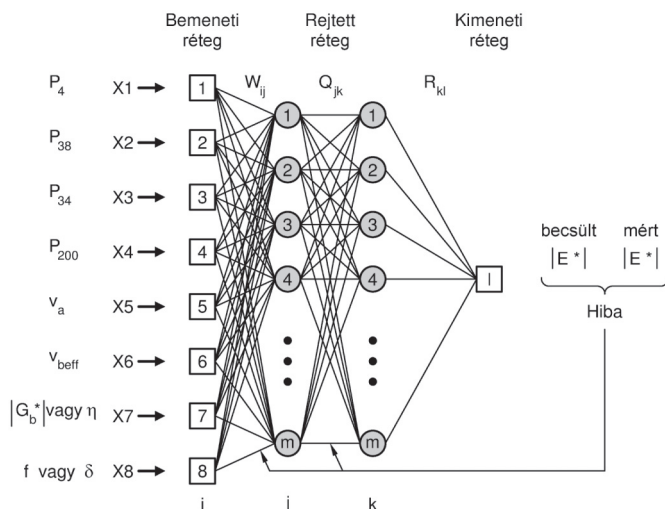
A merevségvizsgálatokat – négy különböző hőmérsékleten – indirekt húzóvizsgálattal (IT-CY) végeztük. Ez a vizsgálat ugyan alapvetően nem képes különböző terhelési szintek megvalósítására, korábbi kutatásaink alapján azonban azt tételeztük fel, hogy a felfutási idő változtatásával a frekvenciatérhelés jól szimulálható. Ennek érdekében a vizsgálatokat – a szabvány által előírt 124 msec felfutási idő helyett – négy terhelési szinten: 60, 90, 120, 150 msec felfutási idővel végeztük.

Figyelembe véve az eltérő szemeloszlás, a különböző kötőanyag-tartalom, illetve terhelési idő és vizsgálati hőmérséklet miatt létrejött változatokat, a merevségvizsgálatok száma keverékenként 144 darab volt, azaz mindösszesen 432 darab merevségvizsgálati eredmény állt rendelkezésre. Az így előállított adatbázis megteremtette annak lehetőségét, hogy a neurális háló segítségével építsük egy merevség előrejelző modellt és vizsgáljuk annak pontosságát.

3. Aszfaltkeverék merevség becslő modell MLP hálóval

Az aszfaltkeverék-merevség előrejelző modell kiépítéséhez először be kell táplálni az input adatokat és az észlelt eredményeket. Minél több keverék-összetételt és a hozzátartozó mért merevségi adatokat táplálunk be egy ilyen rendszerbe, annál pontosabban súlyozódnak az egyes lehetséges összefüggések és annál pontosabb lesz a prognózis.

Az input adatok lehatárolásánál – hasonlóan a nemzetközi gyakorlathoz – a Witczak-féle modell struktúráját (NCHRP, 2004) használtuk a 4. ábrán láthatóak szerint.

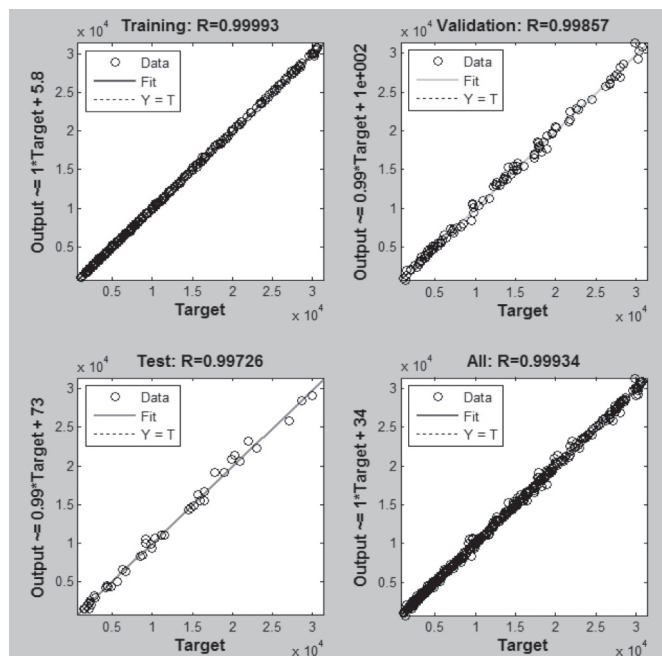


4. ábra Az alkalmazott MLP háló szerkezete
Fig. 4. The structure of the MLP network applied

A nemzetközi gyakorlathoz hasonlóan mi is azt tételeztük fel, hogy a vizsgálati eredményeket 8 paraméter elegendően pontosan határozza meg. A háló készítés során azonban az angolszász szitaméretet a hazai gyakorlatnak megfelelően aktuálizáltuk, illetve a terhelési időt nem frekvenciában, hanem az IT-CY vizsgálat felfutási idejében adtuk meg. Továbbá a 20 °C-on nehézkesen meghatározható bitumen viszkozitás értékeket nem mértük, hanem penetráció mérés alapján becsültük. Mint az a 4. ábrán látható, a háló input adatai az alábbiak voltak:

- szemeloszlási görbe négy paramétere (p_i),
- V_a : szabadhézag-tartalom,
- V_{beff} : kötőanyag-tartalom,
- t : terhelési idő,
- η : kötőanyag viszkozitás (penetrációs érték alapján becsült).

Az így felépített MLP hálót a rendelkezésre álló mérési adatbázist kettéosztva, annak 300 mérési eredményének segítségével „tanítottuk be”. Az adatbázisunk második részével, azaz 132 darab mérési eredményével a háló pontosságát vizsgáltuk, validáltuk. A betanító és a validáló futtatások eredményeit összevetve a mérési adatokkal az 5. ábrán látható eredményeket kaptunk.



5. ábra Az előzetesen kapott eredmények statisztikai mutatói
Fig. 5. The statistical indexes of the preliminary results

A validált adatok alapján a korrelációs együttható magas értéke – megegyezően a nemzetközi eredményekkel – egyhez közelít, ami korábbi, hagyományos merevség-előrejelző modellekhez képest lényegesen pontosabb.

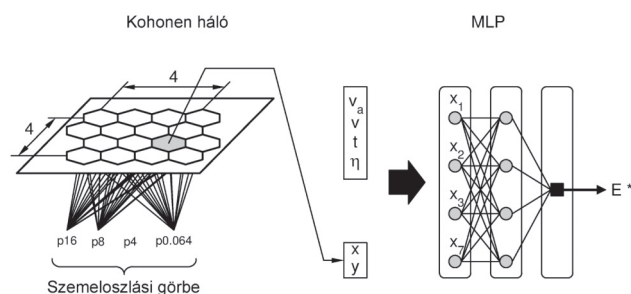
4. Az eredmények finomítása: a Kohonen háló

A háló tesztelése és az eredmények részletesebb tanulmányozása során azonban azt a következményt tapasztaltuk, hogy a háló merevség-előrejelző pontossága, ha eltérünk a tanításkor használt összetéti paraméterektől, romlik. A validációra kapott jó eredmény azzal magyarázható, hogy az ellenőrzés nem terjedt ki a szemeloszlási görbék kapcsolatának feltárására, a validált

minták ugyanis ugyanarra a 6 szemeloszlási görbére estek, mint a tanítási minták, azaz a neurális háló csak interpolációs feladatot oldott meg. Ez egy várt következmény, lévén a fentiekben a hálók legfontosabb tulajdonságai között megemlítettük az extrapolációs hibát. Ez a hiba természetesen a jövőben az adatbázis fejlesztésével folyamatosan javítható, arra kell törekednünk, hogy a tanítási minta minél teljesebb körben lefedje mind a függő, mind a független változók teljes tartományát.

Jelen esetben azonban szemeloszlási görbe kisebb változtatása is a neurális háló pontatlan előrejelzéséhez vezethet. Az extrapolációs hibák kiküszöbölése osztályozási módszerrel valószínűsíthető meg. Az alapötletünk, hogy a különböző adalékok a szemeloszlási görbéjük karakterisztikáját tekintve besorolhatók az általunk definiált szemeloszlási görbék egyikéhez. A feladat vektor-klaszterezéssel végezhető el, mely egy speciális, második neurális hálózat alkalmazásának szükségességét veti fel. A célunk tehát az n -dimenziós ($n > 2$) input minták egy kisebb dimenziós kimeneti réteg egy-egy elemére leképezni úgy, hogy a kívánt leképezés a bemeneti tér topológiai tulajdonságát megőrizze. Ugyanezt a logikai elvet követi az agy, „térbeli fogalmak” pl. hang, szag, vizuális és egyéb információk jelentéstartalmi szétválasztásánál, asszociációjánál.

A klaszterezést a Kohonen háló alkalmazásával értük el. Az önszervező térkép méretét 4×4 -esnek definiáltuk, mozgásteret engedve korlátozott extrapolációra (6. ábra).



6. ábra A kombinált neuronhálózat vázlatos rajza

Fig. 6. The rough sketch of the combined neuron network

A betanított Kohonen háló bármely szemeloszlási görbét egy-egy koordinátával párosított, így a bemenetek száma 2-vel csökkent. A görbék alapján az előállított koordinátákat felhasználva és a másik négy paraméterrel kombinálva az MLP korábbi extrapolációs hibája drasztikusan lecsökkent.

5. Összefoglalás

A neurális hálók aszfalttechnológiai alkalmazásának egyik lehetőségét három hazai aszfaltkeverék nagyszámú merevség vizsgálati adatsorát felhasználva mutattuk be. Igazoltuk, hogy az IT-CY

vizsgálati eredményekre épített MLP háló a betanított tartományban nagy pontosságú merevség előrejelzésre képes, és hátránya ugyan a pontatlan extrapolációs képességében tetten érhető, ez az adatbázis folyamatos fejlesztésével folyamatosan javítható.

Átmeneti megoldásként a Kohonen-háló felhasználásával létrehoztunk egy olyan kombinált hálót, amely ezen extrapolációs hibákat jelentős mértékben képes csökkenteni, így a modell a járatos hazai keverékek esetén képes – a technológiaiailag elképzelhető – összes összetétel esetén merevség-előrejelzésre.

Jelen cikkben ugyan a keverékek merevségének az összetétel alapján történő prognosztizálhatóságára helyeztük a hangsúlyt, de természetesen a neurális hálók nagyszerűsége éppen univerzalitásukban rejlik, segítségükkel a keverékek tetszőleges jellemzője vizsgálható, előre jelezhető. Ennek fényében az aszfaltgyártás során az eddig nem vizsgált input-output adatok közötti kapcsolatok vizsgálatában minden érdeklődő számára nagy segítséget jelenthet.

Kutatásunk további célja lehet a genetikus programozás adta lehetőségek felhasználása aszfalt keverékek jellemzőinek vizsgálatánál. A genetikus programozás az evolúció biológiában ismert szelekciós elvet alkalmazza az emberi beavatkozás nélküli tervezéshez. Használatuk előnye abban mutatkozik, hogy a neurális háló fekete doboz jellegű megoldásaival ellentétben könnyen interpretálható modellek jönnek létre, így a kapott válasz egyenletek formájában is megadhatók.

Felhasznált irodalom

- [1] Tóth Csaba: A teljesítményi szabályozás nyújtotta többlet lehetőségek az útépitésben, X. Nemzetközi Építéstudományi Konferencia, Csíksomlyó, 2006. június. Kiadó: Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság. Szerkesztő: Köllő Gábor. ISBN (10) 973-7840-13-5, pp 331–336.
- [2] Dr. habil Fi I. – Tóth Cs.: A szemeloszlás-változás aszfaltkeverék merevségre gyakorolt hatásának prognosztizálhatósága. Közlekedéscsépítési Szemle, 60. évf. 2010/12. pp 24 – 31.
- [3] M. Saltan et al: Backcalculation of pavement layer moduli and Poisson's ratio using data mining. Expert Systems with Applications, Volume 38, Issue 3, March 2011, Pages 2600–2608
- [4] E. Ozgan: Artificial neural network based modelling of the Marshall Stability of asphalt concrete. Expert Systems with Applications Volume 38, Issue 5, May 2011, Pages 6025–6030
- [5] Dr. habil Fi I. – Pethő, L. – Bocz, P. – Tóth, Cs.: Aszfaltkeverékek teljesítményének vizsgálata. KKK kutatási program, megrendelő: Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ. (2009)
- [6] National Cooperative Highway Research Program: Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures. NCHRP 1-37-A: 2004
- [7] Dr. Abonyi J. (szerk): Adatbányászat a hatékonyság eszköze. 2006

Ref.: <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2012.6>

Koncsos Tamás – Tóth Csaba: Neurális hálók aszfalttechnológiai alkalmazása. Építőanyag, 64. évf. 1–2. szám (2012), 30–33. p.

IPARI GÁZOK KATALÓGUSA – AZ ONLINE TUDÁSTÁR

A gázok előállításával, szállításával, tárolásával és felhasználásával kapcsolatos legfontosabb információkat 216 oldalban összefoglaló Ipari Gázok Katalógusa már a www.messer.hu oldalon, elektronikus formában is elérhető. A gázok részletes adatain és az azokkal kapcsolatos általános tudnivalókon kívül a katalógus beszámol a

főbb előállítási módszerek alapjairól, a szállítási-tárolási-ellátási formák és eszközök részleteitől, a gázellátó és alkalmazástechnikai rendszerek adatairól, valamint a gázok helyes kezeléséhez szükséges biztonságtechnikai ismeretekről. Az e-katalógus elsődleges célja, hogy segítséget nyújtson vevőinknek az ipari gázok célszerű és gazdaságos kiválasztásához, vásárlásához, kezeléséhez és felhasználásához.

http://messer.hu/Infotar/Ipari_Gazok_Katalogusa

Beszámoló az Üveg Szakosztály 2012. április 24-i szakmai konferenciájáról

LIPTÁK GYÖRGY

A mintegy 50 fő részvételével megtartott konferencia ismét tartalmas előadásokkal kötötte le a hallgatóság figyelmét a CEMKUT Kft. zsúfolásig megtelt előadótermében, Budapesten.

Tóthné Kiss Klára az SZTE Üveg Szakosztály elnöke rövid megnyitója után Lipták György az SZTE Üveg Szakosztály tikára tartott rövid megemlékezést a közelmúltban elhunyt *Jermendy Károlyról*, aki a Tungsram üvepipara felvirágoztatásának egyik kiemelkedő személyisége volt negyedszázadon át. Néma felállással adóztunk emlékének.

Az előadások sorát Dr. Szépvölgyi János igazgató, egyetemi tanár, az SZTE elnöke kezdte *Vörösizsap katasztrófa Ajkán – következmények és tanulságok* címmel. Az egész országot izgalomban tartó tragédia valós okait feltáró összefoglaló sok kérdésre adott választ érthetően és hitelesen.

Az elektronikus hulladékok újrahasznosítása nem egyszerű feladat. Kovács Béla világítástechnikai ágazatvezető (Electro-Coord Magyarország Nonprofit Kft.) *Tisztított üvegcserep előállítása hulladék fénycsövekből* előadásában arról győzte meg a hallgatóságot, hogy egy regionális projekt keretében megvalósuló beruházással ez miként sikerült magas színvonalon.

A kávészünet előtti blokkot Kovács Szabolcs Gergő szilikátipari tervezőművész, tanár (GLASSmith Design Kft.) *Modern magyar üvegművészet* című összeállítása zárta. Bár a technika ördöge először közbeszólt, de így is egy kiemelkedően érdekes és színes ízelítőt kaphattunk a néha méltatlanul kezelt mai magyar üvegművészet eredményeiről, külföldi elismertségéről és fontosabb alkotásairól.

A konferencia második részében külföldi előadóknek adtunk lehetőséget, hogy megmutassák legújabb fejlesztéseiket. A sort Stuart Hakes az F.I.C. (Nagy-Britannia) ügyvezető igazgatója kezdte *Nanotechnológiával előállított Emisszió bevonat üveg- és szilikátipari alkalmazása* címmel. Az ürsiklók külső szigetelésénél alkalmazott nano-részecskékhez olyan kötőrendszert fejlesztettek ki, mellyel a bevonat az üvegolvasztó kemencék üveggel nem érintkező felületére felszórható. A bevonat előnye, hogy a

kemence felépítmény emissziós tényezőjét a szokásos 0,4–0,6 közötti tartományból kb. 0,9-re emeli, azaz a bevonat által elnyelt hő 90%-át visszasugározza a hidegebb üvegolvadéokra.

A következő prezentáció is az energia-megtakarítás kérdésével foglalkozott. Erik Muisenberg, a Glass Service Inc. (Csehország) alelnöke *Az üvegyártás termelékenységének és az olvasztás energia-hatékonyságának növelése MPC (Model-Based Predictive Control) segítségével* című egyenes vonalvezetésű előadásában bemutatta, hogy a szokásos folyamatszabályozással szemben sokkal egyenletesebb olvasztás-irányítás érhető el, aminek következtében alacsonyabb hőmérsékleten lehet olvasztani, ami egyrészt csökkenti a fajlagos olvasztási energiagigényt, másrészt termelékenység-növelés is elérhető.

A konferencia utolsó előadója – Miroslav Kovác, a Glass Service Inc. (Csehország) regionális műszaki és kereskedelmi vezetője – rendkívül részletes és átfogó előadásában *(Buborékok vizsgálata tömegspektroszkóppal és keletkezési helyük meghatározása)* sok olyan lehetőségre hívta fel a figyelmet, melyek megkönnyítik az üvegtechnológusok dolgát az üveghibák elhárításában.

A konferencia Tóthné Kiss Klára záró gondolataival ért véget, megköszönve az előadók felkészültségét, a hallgatóság figyelmét, majd külön kiemelte azokat a cégeket, akik aktív segítséget nyújtottak a szakmai összejövetel lebonyolításához. Végül egy büféebédre hívta meg a résztvevőket, ami mindig kiváló alkalom a szakemberek kötetlen konzultációjára, az előadókkal és egymással való személyes találkozásra.

Zárásként ezúton is szeretném megköszönni a CEMKUT Kft. vezetésének, hogy helyszínt biztosított a konferencia lebonyolításához, és a F.I.C. Ltd, Glass Service Inc., Electro-Coord Magyarország Nonprofit Kft. cégeknek, hogy pénzügyi támogatásukkal hozzájárultak az összejövetel méltó megrendezéséhez.

Emlékezzünk Palócz Marikára halálának első évfordulója alkalmából

| 1937–2011

Palócz Marika, több évtizedig látta el az SZTE ügyvezető titkári feladatait. 1974-től az SZTE életének minden mozzanata nevéhez fűződött, számos nagysikerű hazai és külföldi konferencia szervezője volt. Sugárzó egyéniségevel, jó szervezőkészségével és szakmai tapasztalatával elévülhetetlen érdemeket szerzett egyesületünk megismertetése és elfogadtatása terén, valamint a külföldi (szovjet, bolgár, német, angol, kínai stb.) testvér-szervezetekkel létrejövő tudományos együttműködésben. A külföldi cégek megbízására szervezett rendezvények sikerét bizonyította a többszöri megkeresés és szakmai kapcsolatok létrejötte.

Nevéhez fűződik az üzemi csoportok és az összekötői rendszer kialakítása, valamint az egész ipart átfogó kétnapos szak-

mai rendezvények szervezése. A Szilikátipari Ifjúsági Napok kiterjesztésével fórumot létesített a fiatal műszakiak szakmai bemutatkozására is. Kiváló munkája elismerésül számos kitüntetésben részesült (1975-ben Építőipar Kiváló Dolgozója, 1982-ben Szabványosításért Emléklap, 1986-ban Szilikátiparért Emlékérem).

Az egyesületi munka töltötte be életének jelentős részét, igazi gazdaként örködött egyesületünk javai felett, és meghatározó szerepet vállalt annak színpadában, fejlesztésében.

Emlékét örökké őrizzük: az SZTE vezetősége és tagsága, az Építőanyag folyóirat Szerkesztőbizottsága, barátai és ismerősei.

Dr. Wojnárovitsné Hrapka Ilona

Megjelent a Bizottság végrehajtási határozata az elérhető legjobb technikákkal (BAT) kapcsolatos következtetésekről az üvegyártásra

Az integrált szennyezés-megelőzés és csökkentés célja, a környezetre jelentős hatással bíró tevékenységek olyan egységes engedélyezési rendszerének megteremtése, melynek eredményeként a szennyezés megelőzhető, és amennyiben ez nem lehetséges, a lehető legkisebb mértékűre csökkenthető a környezet egészének védelme céljából.

Az integrált szennyezés-megelőzésről és csökkentésről szóló, eredeti 96/61/EK tanácsi irányelv alapján a magyarországi EU jogharmonizációnak és az EU követelményeknek megfelelően az egységes környezethasználati engedélyezési eljárás (314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet) szabályai szerint 2007. október 31-ig minden üzemeltetőnek (engedélyesnek) maradéktalanul teljesítenie kellett az egységes környezethasználati engedélyében előírtakat.

A 96/61/EK tanácsi irányelv hatályba lépése óta többször módosult. A legutóbbi átdolgozás során az IPPC irányelvet és az ipari kibocsátásokra vonatkozó másik 6 különálló irányelvet az Európai Parlament és a Tanács az ipari kibocsátásokról (a környezetszennyezés integrált megelőzése és csökkentése) szóló 2010/75/EU Irányelvben egységesítette, melyet 2010. december 17-én tettek közzé.

A 2011.01.06-án hatályba lépett új Irányelv (IED: Industrial Emission Directive) egyik fontos, kiemelendő változása, hogy erősíti a BREF dokumentumok (BAT referencia dokumentum: a BAT technikákat, kibocsátásokat és a BAT következtetéseket magába foglaló dokumentum) engedélyezésben betöltött szerepét és kiterjeszti az elérhető legjobb technika ((BAT: Best Available Techniques) alkalmazását. Az Irányelv ezzel együtt a Bizottság feladatkörévé teszi a BAT referencia dokumentumok kidolgozását és a BAT következtetésekről szóló határozatok közzétételét az Unió valamennyi hivatalos nyelvén.

Az első üvegyipari BREF dokumentum 2001. decemberben készült el, melynek felülvizsgálata 2006-ban kezdődött. Az IPPC irányelv hatálya alatt elkezdett felülvizsgálathoz 6 ország és két iparági szervezet szolgáltatott adatokat. A kidolgozás elhúzódnása és az időközben megjelent új IED elvárásai miatt az üvegyipari BREF dokumentum BAT következtetések fejezetét

már az új irányelv elvei szerint fogadták el 2011. év végén. Az ipari kibocsátásokról szóló 2010/75/EU Európa parlamenti és tanácsi irányelv szerinti elérhető legjobb technikákkal kapcsolatos következtetéseket az üvegyártás tekintetében történő meghatározásáról szóló 2012/134/EU bizottsági végrehajtási határozatot 2012.03.08-án tették közzé. Eszerint a BAT következtetéseket meghatározott kibocsátási szinteket az EU 27 országában, köztük Magyarországon is alkalmazni kell az érintetteknek (hatósági szervezetek és létesítmények) a közzétételtől számított 4. évtől, vagyis 2016.03.08-tól.

Ha a BAT következtetéseket meghatározott technikákkal megvalósuló kibocsátási szintek elérése aránytalanul magas költségekkel járna, az alkalmazás alól megfelelő indoklás esetén felmentést tesz lehetővé a 2010/75/EU irányelv (15. cikk (4) rész).

Tekintettel arra, hogy az IED irányelv tagállami transzpozíciójának határideje 2013. január 06. (2 évvel a hatályba lépés után), ettől az időponttól kezdve valamennyi új létesítményre (beleértve az új tüzelőberendezéseket is; kivéve az új irányelv hatálya alá újonnan bekerült IPPC létesítményeket) alkalmazni kell az új irányelv rendelkezéseit.

Az iparági BREF dokumentumok közül ez idáig az üvegyipari, a vas- és acélipari BAT következtetések közzététele történt meg. Több iparági BREF dokumentum megújítás alatt van. Azon iparágaknak, akiknek még nem készült el az IED Irányelv szerint közzétett BAT következtetések a korábbi BREF dokumentumokban foglaltakat kell alkalmazni.

*Tóthné Kiss Klára
SZTE üvegszakosztály elnöke*

KÖNYVAJÁNLÓ

Dr. Mikó József

SZILIKÁTIPARI KEMENCÉK

A Miskolci Egyetemen több mint 40 éve folyó szilikátipari mérnökképzésben mindig jelentős szerepet játszott a szilikátipari technológiák hőtani folyamataihoz (szárítás, hőkezelés, olvasztás) és berendezéseinek tervezéséhez és működtetéséhez szükséges tüzelési, hőtani és kemence-szerkezeti ismeretek oktatása, amelyet a Miskolci Egyetemen a kezdetektől a Tüzeléstan Tanszék lát el.

Az egyetemi graduális és szakmérnöki oktatómunka során szerzett tapasztalatok, valamint a szilikátipar különböző szakterületein folytatott tudományos kutatási tevékenység eredményei szolgáltatnak alapot a szilikátipar egyes szakterületeinek oktatásához és jelen könyv megírásához.

A 377 oldal terjedelemben megjelent **Szilikátipari kemencék** tankönyv a Miskolci Egyetemen a szilikátipar számára

képzett anyagmérnök egyetemi hallgatók oktatásához, valamint a mész-, kerámia-, üveg- és cementiparban dolgozó szakemberek számára a berendezések üzemeltetéséhez és azok gazdaságos energia-felhasználásához nyújt hasznos elméleti és gyakorlati ismereteket.

További információ: drmikoj@chello.hu, +36-46/371-384.

Lőke Endre 90 éves

1922. március 24-én született Lőke Endre, a magyarországi utófesztített és előfesztített vasbeton szerkezetek egyik úttörő tervezője, a magyar vasbeton előregyártás egyik legismertebb szaktekinélve.

Az 1960-ban tervezett és megvalósult tiszaszederkényi műtrágyagyár kompresszor csarnokának 30 m fesztávolságú vasbeton csarnoka tette Lőke Endrét ismertté a szakmában. Ehhez az építkezéshez került Magyarországra az első Freysin-feszítő sajtó.

1962-ben a szolnoki szuperfoszfát gyár „sinus – héj” feszített vasbeton tetőelemei teljesen új elemfajtát jelentettek. 1966-ban a TT 18 m fesztávolságú feszített tetőelemek tervezésével új korszak nyílt a magyar betonelem gyártásban.

Lőke Endre az IPARTERV tervezőjeként, majd a 31. sz. ÁÉV főtechnológusaként rendkívül sokat tett a magyar betonelem gyártás fejlődéséért.

Az Akadémia kiadó által német nyelven, 1971-ben megjelentetett „Montagebau” 2 kötetes könyv első kötetét Lőke Endre írta.

1980-tól a TTI tervezőjeként a BVM-TIP szerkezeti rendszer honosításán dolgozott, majd Algériában tervezett. A rendszerváltás után a Beton-Star előd vállalatának tervezett – Cora, Bricostore és sok más épület szerkezettervezése tették termékkenné pályafutásának utolsó tíz évét.

Sok cikke, írása szintén hozzájárultak a magyar vasbeton építés sikereihez.

A magyar fib tagozat rendezésében tartott 90-ik születésnap megemlékezésen Lőke Endrét köszöntötték a régi kollégák az IPARTERV-ből, a 31. sz. ÁÉV volt dolgozói, a Beton-Star dolgozói, valamint azok, akik ma is fáradoznak a magyar vasbeton építésért.

Polgár László

Köszöntjük a 80 éves Suha Zoltánt

Suha Zoltán okleveles vegyész-mérnök, az SZTE örökös tagja, a magyar üvegipar jól ismert szakembere idén lett 80 éves.

A Veszprémi Vegyipari Egyetemen szilikátkémia szakon szerzett diplomát. Az egyetem elvégzése után a Dunai Vasmű tűzállóanyag gyárába került, ahol gyártáselőkészítő technológusként kezdett dolgozni. Az itt szerzett tapasztalatok később hasznosak voltak az üvegtechnológiai munkái során, amikor a speciális üvegekhez maga határozta meg a legmegfelelőbb tűzállóanyagokat, tervezte a kemencéket.

1957-ben a Karcag-berekfürdőre ment, ahol először üzem-mérnöki, később kutatómérnöki, főtechnológusi, főmérnöki, műszaki-gazdasági szaktanácsadói, majd gyárigazgatói munkakörben dolgozott egészen 1982-ig. Együtt dolgozott Veres Zoltánnal a fátolyüveg fejlesztésében, melyet 1961-ben közösen szabadalmaztattak. A fátolyüveg ipari gyártása az ő vezetésével és formaterveinek felhasználásával indult meg 1962-ben. Szalaváry István villamosmérnökkel együtt terveztek meg és üzemeltet be 1974-ben elektromos pótűtésű üveg-olvasztó kemencét boroszilikátüveg gyártására. Az üvegggyártás napi vezetési feladatai mellett foglalkozott tűzállóanyagok fejlesztésével, üvegolvasztó kemencék tervezésével és építésével, speciális színesüvegek, mázrak és műszaki üvegek kifejlesztésével, díszüvegek formatervezésével, valamint újszerű gyártástechnológiák megvalósításával. Ezen időszakból származó szabadalmai: nagy elektromos ellenállású alkálimentes volframkötő üveg híradástechnikai célra, hőszűrő üveg műtőlámpákhoz foszfátüvegből, boroszilikát üvegkeverékek granulálása, Fernico-kötő híradástechnikai üveg. Jelentősebb nem szabadalmaztatott találmányok: infra áteresztő üveg haditechnikai célra, kis hőtágulású vitrokerámiák, doziméter foszfátüvegből a KFKI számára, szikrakamra üveg, különféle színes jelzőüvegek, SZIKKTI kérésére színes mázak duzzasztott perlithez, színes búráüvegek a Tungstramnak, olajedzés kidolgozása háztartási sütő-főző edények és egyéb hőálló termékek gyártásához, ólomüveget helyettesítő katódsugárcső üveg a Tungstram számára.

A műszaki fejlesztések mellett az üveg művészi megformálásában is megmutatkozott, hogy mennyire szereti és ismeri ezt a csodálatos anyagot. Az általa tervezett díszüvegekben a forma az anyagszerűség optimális megjelenítését szolgálta. Számos hazai és külföldi kiállításon vettek részt a tervei szerint és irányításával gyártott díszművek. 1964-ben BNV nagydíjat nyert az általa tervezett fátolyüveg kollekció. 1981-ben a centrifuga termékcsaládra (amely speciálisan erre a célra tervezett új üveganyagokból, új technológiával készült) Ipari Formatervezési Nívódíjat kapott. A Művészeti Alapnak majd a MAOE-nek a tagja.

1982-től a Salgótarjáni Síküvegyárban a kutatási osztályt és az iparművészeti stúdiót vezette. A munkája itt elsősorban új alapanyagok alkalmazására és üvegminőségi problémák megoldására irányult. Együttműködve más kutatóhelyekkel üvegipari alkalmazásokhoz szolgáló anyagok és eljárások kifejlesztésén dolgozott (szabadalmaztatott eljárások pl. csonthamu gyártása, öntőpor, mesterséges zeolit, nyomalelem koncentráció). Emellett szakértői csoportok élén különböző intézmények részére kutatási-fejlesztési projekteket vezetett (pl. kerámiaszálak gyártási lehetőségei, ZrO₂-tartalmú mázak folyamatos elektromos olvasztása).

1990-ben a Tungstramot megvásárló General Electric felkérte, hogy vezesse magyarországi üveggkutató bázisának kiépítését. A tapasztalatai alapján kialakított laboratóriumok és kísérleti olvasztókemencék lehetővé tették a hatékony ipari célú üveggkutatás megvalósítását. Az így létrehozott kutatócsoportban tudományos főosztályvezetőként majd Chief Scientist-ként dolgozott 1998. évi nyugdíjba vonulásáig. Ezen időszak legjelentősebb eredményei a fényforrások ólommentes üvegeinek kiváltására alkalmazható ólommentes üvegek és a kompakt fénycsövekhez kidolgozott alacsony nátriumtartalmú üvegek (5db US szabadalom).

Köszönet a sok szép üvegért! Aktív pihenést, további jó egészséget kívánunk!



Angster József

| 1917–2012

2012. március 14-én elhunyt a világhírű orgonájáról híres, nagy múltú Angster-cég utolsó orgonaépítője, a Baranya Tolna megyei Téglá- és Cserépipari Vállalat nyugalmazott főmérnöke.

Zeneiskolában zongorázni, majd orgonálni tanult. Az orgonaépítési ismereteket már gimnazista korától kezdte átadni édesapja, Angster Emil. 1940-ben lépett végleg munkába a nagyapja által felépített, később édesapja által irányított Angster József és Fia Orgona- és Harmóniumgyárban, melynek vezetésével igen fiatalon megbirkózott. Azonban az üzemet 1949-ben államosították, a nagy értékű gépeket az utcára dobták, őt magát pedig börtönbe zárták.

Budapesti Műszaki Egyetem, Gépészmérnöki Karán szerzett villamosmérnöki diplomájával a zsebében többszöri próbálkozás után is csak villanyszerelőként tudott munkába állni a téglaiiparban. 1952-ben a Baranya Tolna megyei Téglá- és Cserépipari Vállalatnál helyezkedett el, ahol egy éven belül főmérnök, később műszaki igazgatóhelyettes lett, és innen ment nyugdíjba 1978-ban.

Olyan gépi berendezéseket és technológiákat kezdett alkalmazni a téglaiiparban, melyet előtte nem alkalmaztak (például a szállítószalagot). Az anyagformázás elméleti és gyakorlati is-

meretében országosan elismert szaktekintély, több technológiai újítást vezetett be, mellyel növelni tudták a termelés hatékonyságát. Többek között részt vett az ország egyik legnagyobb beruházásának tartott Bátaszéki Téglá- és Cserépgyár projekt vezetésében, és a beüzemelési munkáiban.

Nyugdíjas korában is rendkívül aktívan tevékenykedett cégenél műszaki tanácsadóként. Közel tíz évig volt óraadó tanár a pécsi Pollack Mihály Műszaki Főiskolán. A Szilikátipari Tudományos Egyesület munkáját 1959-től segítette. Az Egyesületben végzett aktív tevékenységét a Szilikátiparért Emlékérem bronz fokozatával ismerték el 1978-ban. 1999-től az Egyesület Örökös tagja volt.

Idős napjaiban Judit lányával (aki orgonasípok kutatásával foglalkozó fizikus-akusztikus) újra beleásta magát a számára oly kedves orgona témába. Rengeteg cikket írt, és segített egy fiatal generáció – a régi orgonások leszármazottaiból álló csapat – orgonaépítő törekvéseinek elindításában. A család orgonaépítésének történetéről könyvet is írt „Angster” címmel.

Pécs város őt ismerte el elsőnek a 2004-ben alapított „Tüke” díjjal, amely minden évben a városért legtöbbet tett lokálpatriótának jár. A Magyar Tudományos Akadémián 2006-ban saját maga és az orgonaépítő család nevében átvette a Magyar Örökség Díjat.



Jermendy Károly

| 1927–2011

2011. december 31-én nemcsak az óév ért véget, hanem a Tungsram üvegiparának meghatározó egyénisége is visszaadta lelkét a Teremtőjének.

1927-ben született Salgótarjánban, majd középiskolai tanulmányai után a Budapesti Műszaki Egyetemen szerzett gépészmérnöki diplomát. 1954-ben lépett az Egyesült Izzóba, ahol fejlesztőmérnökként kezdte pályafutását. Hamar kitűnt rátermettségével, akarateréjével és szervezőkészségével. Előbb az újpesti üvegyárban üzemvezető, röviddel később főtechnológus lett, majd 1963-ban a nagyvállalat üvegyártásának ágazati szakmai főtechnológusává nevezték ki. Átfogó szakmai tudása mellett angolul és németül felsőfokon tárgyalt, mellyel fő kezdeményezőjévé és egyik vezetőjévé vált a 70-es években kibontakozó nagyra törő vállalati ambícióknak. A Corning céggel folytatott sikeres licencszerződés-kötési tárgyalássorozatot követően Magyarországon olyan világszínvonalú gyártások épülhettek ki, mint a nagy teljesítményű

ribbon-rendszerű lámpabúra-gyártás Nagykanizsán vagy a Vello rendszerű üvegcső-gyártás Vácott, melyek még ma is a világ legmodernebb technológiáinak tekinthetők. Emellett kimagasló és a mai napig is páratlan eredményeként értékeljük, hogy a világon egyedülként lehetett egy „közös” üvegösszetett megalkotni a boroszilikát üvegből készülő fúvott és préselt termékekhez.

Károly hazulról hozta a szakma szeretetét. Édesapja is a magyar üvegipar kiemelkedő személyisége volt, aki II. világháború előtt műszaki igazgatója, majd a háború után az államosításáig igazgatója volt salgótarjáni üvegyárnak. Otthon gyakran esett szó a legújabb találmányokról, fejlesztésekről. Így semmiképpen nem a véletlennek tulajdonítható, hogy Károly mintegy negyedszázadon át vezette az Egyesült Izzó, majd a TUNGSRAM Rt. multinacionális vállalat üvegyártás ágazatának műszaki fejlesztését. Munkájában rendkívül fegyelmezett, apróságokban is tökéletességre törekvő vezető volt jó példát mutatva az utána következő nemzedékeknek.

Kedves Károly! Nyugodj békében! Emléked velünk él.



Ujhelyi János

| 1925–2011

Dr. Ujhelyi János 1958-ban szerzett oklevelet a József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Mérnöki Karán. 1968-ban kandidátusi, 1990-ben akadémiai doktori fokozatot szerzett.

A Zsigmondy Béla Rt.-nél kezdett dolgozni mérnökgyakornokként (1946–47), majd a Munkatudományi Intézetnél volt előadó (1947–48), később az Iparügyi Minisztériumnál főelőadó (1949–50). 1951-től nyugdíjba vonulásáig (1995) az Építéstudományi Intézetnél dolgozott. Ezután a Betonolith K+F Kft., mint ÉTI jogutódnál (1995–2001), később a Cemkut K+F Kft., mint Betonolith K+F Kft. jogutódnál (2001–2009) volt tudományos tanácsadó. Főállású munkája mellett oktató volt a BME Kivitelező Szakmérnök szakán (1963–72); a Pollack Mihály Műszaki Főiskola Vízépítési Szakmérnök szakán (1985–89); a BME Betontechnológiai Szakmérnök szakán (1997–2005).

Építőipar Kiváló Dolgozója (1959 és 1965), Kiváló Munkáért (1978 és 1985), Munka Érdemrend (1962), Alpár-érem (1969), Palotás-díj (2006), Szilikátiparért Emlékérem (2009) kitüntetésekben részesült. Tagja volt a Szilikátipari Tudományos Egyesületnek (1954-től), az Építőipari Tudományos Egyesületnek (1952-től), a Magyar Tudományos Akadémia Építéstudományi Bizottságának (1990–2002).

Ujhelyi János életét teljes egészében a betonkutatásnak, a betontechnológia fejlesztésének a szolgálatába állította. Munkájának eredményeit mintegy 200 intézeti Tudományos Jelentésben, 180 szakcikkben (ebből 40 idegen nyelvű) és szakönyvben ismertette. Elévülhetetlen érdemeket szerzett a beton, a vasbeton és a feszített beton anyagának készítésére, felhasználására és minőségének ellenőrzésére vonatkozó műszaki előírások készítésével, rendszeres felújításával, az európai szabványok honosításának az irányításával. A szabályzatokba mindenkor beépítette a legkorszerűbb betonismereteket, és ezzel a magyar előírásokat nemzetközi viszonylatban is élenjárókká emelte. Sokat tett azért, hogy az empirikus betontervezés tudományosan megalapozott eljárásá váljék.

AZ SZTE XXXV. KÜLDÖTTGYŰLÉSE

2012. május 22-én, a Cemkut Kft. előadótermében tartotta XXXV. Küldöttgyűlést a Szilikátipari Tudományos Egyesület.

Dr. Szépvölgyi János, az Egyesület elnöke köszöntötte a megjelenteket, és felkérte a Beton Szakosztály elnökét, **dr. Borosnyói Adorjánt**, hogy tartsa meg *A fenntartható fejlődés és a vasbetonépítés összefüggése* c. nyitó előadását.

Az előadás kezdetén a fenntartható építést olyan szerkezetek építéseként definiálta, melyek kielégítik a jelen kor szükségleteit, de nem korlátozzák a jövő generációt. Ez feltételezi a társadalom (egészséges élettér), a gazdaság (erőforrások hatékony kihasználása) és a környezet (ökológiai elvek figyelembe vétele) egységét. A társadalmat napjainkban a népesség drasztikus növekedése jellemzi, ami együtt jár a fogyasztói társadalom „vásárolok, tehát vagyok” filozófiájával. A gazdaság fejlődése a fogyasztás folyamatos növekedését eredményezi, mely azonban az erőforrások kimerüléséhez vezet. A környezetszennyezés pedig igen sokrétű napjainkban (levegő, víz, talaj, radioaktív szennyezések, hulladéktermelés). Ezen káros jelenségek közül leginkább a CO₂ kibocsátással foglalkozunk, melyet passzív (semlegesítés) és aktív (csökkentés) módszerekkel próbálnak visszaszorítani. A Kiotói egyezmény nem hozott eredményt, a felelősség vállaláshoz kényszer és anyagi érdek szükséges.

A fenntartható építéshez fenntartható anyagokra van szükség, ilyen lehet például

a beton. Előállításának relatíve kicsi az energiaigénye, kevesebb károsanyag-kibocsátással jár. Élettartama során karbonátosodással CO₂-t köt meg, így semlegesítve azt. Legnagyobb érve pedig, hogy hosszú élettartamú szerkezetek készíthetők belőle (ez az EN 206 és az Eurocode legfőbb alapelve). A hosszú élettartam azonban alapvetően nem a tervezésnél dől el. A betonkészítés legfontosabb eleme a víz/cement tényező meghatározása (emellett a cement, adalékszerek és tömörítés) és a megfelelő utókezelés alkalmazása, melyek együttesen valóban biztosíthatják az 50 éves élettartamot.

Tóthné Kiss Klára, a Küldöttgyűlés vezető elnöke megköszönte az előadást, majd az ügyrendi kérdések tisztázása után ismertette a napirendet. Elsőként **Asztalos István** főtitkár számolt be az Egyesület 2011. évi működéséről, valamint ismertette a Közhasznúsági jelentést. A tavalyi évben a támogatottság és a tagság érdeklődésének csökkenése mellett az Egyesület a fennmaradásért küzdött. Ennek oka egyrészt az iparág helyzete, másrészt a főállású ügyvezető titkár hiánya. Ilyen körülmények között az Egyesület parkoló pályán van.

2011-ben megtörtént az új Alapszabály bejegyzése, melyhez kapcsolódóan idén aktualizálásra kerül a Működési Szabályzat is. A 2012-es év egyik fő feladata, hogy az Egyesület megfeleljen a közhasznúság új szabályainak.

Ezután az Ellenőrző Bizottság jelentését **dr. Dani Sándorné** ismertette, majd

Koska János főtitkár-helyettes tájékoztatót a 2011. évi költségvetés teljesítéséről és a 2012. évi tervekről.

A Küldöttgyűlés az elhangzott beszámolókat egyhangúlag elfogadta.

Ezután a Szilikátiparért Emlékérmek átadása, majd az Örökös Tagok avatása következett.

Szilikátiparért Emlékérem kitüntetését kapott:

Dr. Boksay Zoltán (Üveg)
Regenhart Péter (Szigetelő)
Dr. Tamás Ferenc (Építőanyag)

Az Egyesület Örökös Tagja lett:

Persay György

Dr. Boksay Zoltán szakmai életpályájának ismertetését követően visszaemlékezett az 1981–83 között, Veszprémben tartott előadássorozatra: „*Egyetemi hallgatók oktatása külön öröm. Szerencsés ember, aki felnőtteket oktat. Érett ésszel gondolkodnak, amire szükségük van, beépítik, amire nincsen, kidobják. Azon a tanfolyamon egy korosztály színe-virága gyűlt össze. Nemcsak tanultak, de tanították is egymást. Az üvegyipar jövőjét bennük láttam. Sokan vezetők lettek, sokan már nyugdíjasok. Emléküket mindig megőrzöm.*”

A Küldöttgyűlés lezárásaként **dr. Szépvölgyi János** megköszönte az előadásokat, az aktív részvételt és a vezetőségnek azt a munkát, mely lehetővé tette, hogy az Egyesület működjön.

A Szilikátipari Tudományos Egyesület 2011. évre szóló Közhasznúsági jelentése

A Szilikátipari Tudományos Egyesület (SZTE) a Fővárosi Bíróságon 1989. október 5-én Pk. 60428 határozatszámon és 393 nyilvántartási számon bejegyzett, és 1998. január 1-je óta közhasznúan működő szervezet. Tevékenységét a hatályos jogszabályok és saját alapszabályának előírásai szerint végzi.

1. A szervezet alapadatai

Elnevezés: Szilikátipari Tudományos Egyesület

Képviselő: Dr. Szépvölgyi János elnök

Székhely: 1034 Budapest, Bécsi út 122-124.

Adószám: 19815943-2-41

Közhasznúsági fokozat: közhasznú szervezet

Közhasznúsági végzés száma: Pk. 60428/1989/1

A szervezet céljának rövid leírása: Az Egyesület célja a szilikátiparral, illetve az ezzel összefüggő bármilyen szakterületen és szektorban a műszaki és gazdasági haladás előmozdítása az e területen működő műszaki és gazdasági szakemberek szakmai fejlődésének és szakmai-közéleti tevékenységének segítségével. Az Egyesület közhasznú szolgáltatásaiból a tagjain kívül mások is részesülhetnek.

2. Számviteli beszámoló

Kettős könyvvitelt vezető egyéb szervezetek közhasznú egyszerűsített beszámolójának mérlege és eredmény kimutatása 1. és 2. sz. melléklet

3. A költségvetési támogatás felhasználásának kimutatása

2011. évben az Egyesület direkt költségvetési támogatásban nem részesült.

4. A vagyon felhasználásával kapcsolatos kimutatás

A kimutatás elkészítéséhez tartalmi előírások nem állnak rendelkezésre, így az Egyesület vagyonának felhasználását illetően csak a mérleg forrásoldalának elemzésére szorítkoztunk. Az Egyesület vagyonát a tőkéje testesíti meg. Saját tőke 2011-ben összesen 1034 E Ft-tal emelkedett, ami a közhasznú tevékenységből származó 1034 E Ft és vállalkozási tevékenység f. évi 0 Ft összege.

	Előző év E Ft	Tárgyév E Ft
Saját tőke	1 060	2 094
Induló tőke	1 995	1 995
Tőkeváltozás	-470	-935
Tárgyévi eredmény közhasznú tevékenységből	-465	1 034
Tárgyévi eredmény vállalkozási tevékenységből	0	0

5. A cél szerinti juttatások kimutatása

Az Egyesület valamennyi tagja – a tagsági viszony alapján – célszerű juttatásként kapta meg:
– az Építőanyag c. szakmai folyóirat 2011. évi számait,
– egyesületi rendezvényterem és technikai szolgáltatást térítésmentesen – szakmai rendezvények alkalmával.

6. A központi költségvetési szervektől, az elkülönített állami pénzalapoktól, a helyi önkormányzatoktól, azok társulásaitól, a kisebbségi települési önkormányzatoktól, illetve mindezek szerveitől kapott támogatások mértékének kimutatása

2010. évi SZJA 1%-ból származó felajánlások 417 151 Ft

Egyéb szervezetektől kapott támogatás:

Belföldi támogatás

Működés

311 000 Ft

7. A vezető tisztségviselőknek nyújtott juttatások értékének, illetve összegének kimutatása

A választott vezető tisztségviselőink tevékenységüket társadalmi munkában látják el, amelyért semmiféle külön juttatásban nem részesülnek, igazolt költségeik kerültek megtérítésre.

8. A közhasznú tevékenység rövid tartalmi beszámolója

A tudományos tevékenység és kutatás területén a tudományos eredmények közzétételének, azok megvitatásának színteret adó tudományos konferenciák, előadói ülések, valamint más tudományos rendezvények szervezését és lebonyolítását emeljük ki:

- *Szigetelő Szakosztály kibővített vezetőségi ülése*
– A magyar perlit 50 éve című könyv bemutatása, 2011. március 17.
- *Senior találkozó*, 2011. március 23.
- *Beton Szakosztály szakmai ankétja* – Ipari gázok az építőiparban, 2011. április 14.
- *Úvegipari Szakmai Konferencia*, 2011. április 19.
- *SIKA Solar Nap* – Napelemes áramtermelési megoldások tetőfelületeken, 2011. május 12.
- *Küldöttgyűlés* – 2011. május 26.
- *Kő és Kavics Szakosztály – Bányalátogatással egybekötött Szakmai Napja*, Tálya, 2011. június 15.
- *Úvegipari Szakmai Konferencia*, 2011. október 18.
- *XXVI. Tégla Napok*, Balatonvilágos, 2011. október 20–21.
- *Kő és Kavics Szakosztály évzáró rendezvénye*, 2011. december 13.

Az Építőanyag című folyóirat megfelelően szolgálta az Egyesülethez tartozó szakmák tudományos területei iránt érdeklődők igényeit.

Összefoglalva rögzíthető, hogy a Szilikátipari Tudományos Egyesület 2011. évben megfelelt az Alapszabályában rögzített közhasznúsági feltételeknek.

A Szilikátipari Tudományos Egyesület Küldöttgyűlése 2012. május 22-i ülésén elfogadta a 2011. évi tevékenységről készült közhasznúsági jelentést.

Dr. Szépvölgyi János

elnök

KETTŐS KÖNYVVITELT VEZETŐ EGYÉB SZERVEZETEK KÖZHASZNÚ EGYSZERÜSÍTETT ÉVES BESZÁMOLÓJÁNAK MÉRLEGE

2011. december 31.

Sor szám	A tétel megnevezése	Előző év	Előző év(ek) helyesbítései	Tárgyév
a	b	c	d	e
1	A. Befektetett eszközök (2.-5. sorok)	350	0	194
2	I. Immateriális javak	71		39
3	II. Tárgyi eszközök	279		155
4	III. Befektetett pénzügyi eszközök			
5	IV. Befektetett eszközök értékvesztései			
6	B. Forgóeszközök (7.-10. sorok)	1 980	0	2 904
7	I. Készletek	0		0
8	II. Követelések	924		169
9	III. Értékpapírok			
10	IV. Pénzeszközök	1 056		2 735
11	C. Aktív időbeli elhatárolások	32	0	23
12	ESZKÖZÖK (AKTÍVÁK) ÖSSZESEN	2 362	0	3 121
13	D. Saját tőke (14.-19. sorok)	1 060	0	2 094
14	I. Induló tőke	1 995		1 995
15	II. Tőkeváltozás	-470		-935
16	III. Lekötött tartalék	0		
17	IV. Értékelési tartalék			
18	V. Tárgyévi eredmény közhasznú tevékenységből	-465		1 034
19	VI. Tárgyévi eredmény vállalkozási tevékenységből	0		0
20	E. Céltartalékok	0	0	0
21	F. Kötelezettségek (22.-23. sorok)	580	0	799
22	I. Hosszú lejáratú kötelezettségek			
23	II. Rövid lejáratú kötelezettségek	580		799
24	G. Passzív időbeli elhatárolások	722	0	228
25	FORRÁSOK (PASSZÍVÁK) ÖSSZESEN	2 362	0	3 121

Budapest, 2012. március 26.

az egyéb szervezet vezetője

Sor szám	A tétel megnevezése	Előző év	Előző év(ek) helyesbítései	Tárgyév
a	b	c	d	e
1	A. Összes közhasznú tevékenység bevétele	8 026	0	6 142
2	1. Közhatalmi célú működésre kapott támogatás	869	0	728
3	a) alapítól	0		0
4	b) központi költségvetéstől	0		0
5	c) helyi önkormányzattól	0		0
6	d) társadalombiztosítástól	0		0
7	e) egyéb, ebből 1% 417 EFT	869		728
8	2. Pályázati úton elnyert támogatás	600		0
9	3. Közhatalmi tevékenységből származó bevétel	2 795		1 805
10	4. Tagdíjból származó bevétel	3 586		3 373
11	5. Egyéb bevétel	176		236
12	B. Vállalkozási tevékenység bevétele	0		0
13	C. Összes bevétel (A.+B.)	8 026	0	6 142
14	D. Közhatalmi tevékenység ráfordításai	8 491	0	5 108
15	1. Anyajellegű ráfordítások	5 727		3 397
16	2. Személyi jellegű ráfordítások	2 230		1 368
17	3. Értékszkennelési leírás	165		156
18	4. Egyéb ráfordítások	369		187
19	5. Pénzügyi műveletek ráfordításai	0		0
20	6. Rendkívüli ráfordítások	0		0
21	E. Vállalkozási tevékenység ráfordításai	0	0	0
22	1. Anyajellegű ráfordítások	0		0
23	2. Személyi jellegű ráfordítások	0		0
24	3. Értékszkennelési leírás	0		0
25	4. Egyéb ráfordítások	0		0
26	5. Pénzügyi műveletek ráfordításai	0		0
27	6. Rendkívüli ráfordítások	0		0

Sor szám	A tétel megnevezése	Előző év	Előző év(ek) helyesbítései	Tárgyév
a	b	c	d	e
28	F. Összes ráfordítás (D.+E.)	8 491	0	5 108
29	G. Adózás előtti eredmény (B.-E.)	0	0	0
30	H. Adófizetési kötelezettség	0		0
31	I. Tárgyévi vállalkozási eredmény (G.-H.)	0		0
32	J. Tárgyévi közhasznú eredmény (A.-D.)	-465	0	1 034

TÁJÉKOZTATÓ ADATOK

33	A. Személyi jellegű ráfordítások	1 368
34	1. Bérköltség	834
35	ebből - megbízási díjak	0
36	- tiszteltdíjak	0
37	2. Személyi jellegű egyéb kifizetések	300
38	3. Bérjárulékok	234
39	B. A szervezet által nyújtott támogatások	0
40	C. Továbbutott célú kapott támogatás	0
41	D. Továbbutott támogatás	0

Budapest, 2012. március 26.

az egyéb szervezet vezetője

Az építési termékekre vonatkozó új uniós rendelet

2011. április 4-én az Európai Unió Hivatalos Lapjának L 88. számában jelent meg¹ az új építési termék rendelet (CPR). Az **építési termékek** forgalmazására vonatkozó harmonizált feltételek megállapításáról és a 89/106/EGK tanácsi irányelv hatályon kívül helyezéséről szól az Európai Parlament és a Tanács **305/2011/EU rendelete** (2011. március 9.)

A rendelet 2011. április 24-én lépett hatályba. Azonban az előírások többsége, a 3–28., a 36–38., az 56–63., a 65. és 66. cikke, valamint az I., II., III. és V. melléklet csak **2013. július 1-jétől alkalmazandó!** A 89/106/EGK irányelv és az irányelvet bevezető jogszabályok 2013. július 1-i időpontig még hatályban vannak, és a rendelkezésre álló 1 év alatt kell az új EU-s rendelet által nem szabályozott kérdésekre vonatkozóan, vagy a végrehajtáshoz szükséges egyéb jogszabályokat kidolgozni.

Ez a rendelet az építési termékeknek forgalomba hozatalának vagy forgalmazásának feltételeit állapítja meg azáltal, hogy az alapvető jellemzők tekintetében a termék teljesítményének kifejezésére és a CE jelölés építési termékeken történő használatára harmonizált szabályokat határoz meg.

Azon építési termék esetében, amelyekre vonatkozóan **van harmonizált szabvány érvényben**, vagy ha a termék megfelel egy, a termék vonatkozásában kiadott európai műszaki értékelésnek, a gyártónak forgalomba hozatalkor nyilatkozatot kell kiállítania a termék teljesítményéről. A **teljesítménynyilatkozat** elkészítésével a gyártó felelősséget vállal azért, hogy az építési termék megfelel a nyilatkozatban rögzített teljesítménynek.

Kivételek:

Abban az esetben, ha nincsenek olyan uniós vagy nemzeti rendelkezések, amelyek megkövetelnék az építési termékek rendeltetésének helyén az alapvető jellemzőkről szóló nyilatkozat kiadását, a harmonizált szabvány által szabályozott termék forgalomba hozatalakor a gyártó eltekinthet a teljesítménynyilatkozat kiállításától, amennyiben:

- az **egyedi** vagy rendelésre készített, nem sorozatban gyártott, meghatározott célra szánt építési terméket a termék biztonságos beépítéséért felelős gyártó egyetlen, beazonosítható építménybe építi be, összhangban az alkalmazandó nemzeti szabályokkal és a nemzeti előírások szerint kijelölt, a biztonságos kivitelezésért felelős személyek felügyelete mellett;
- az építési terméket **az építkezés helyszínén gyártották**, az alkalmazandó nemzeti szabályok szerint az építménybe való beépítés céljával, és a tagállami előírások szerint kijelölt, a biztonságos kivitelezésért felelős személyek felügyelete mellett; vagy
- az **építési terméket hagyományos vagy az örökség-megőrzésnek megfelelő módon, nem ipari gyártás keretében állítják elő**, olyan építmények megfelelő felújítása céljára, amelyek a vonatkozó tagállami szabályok szerint környezetük kiemelt státusa vagy különleges építészeti vagy történeti értékük miatt hivatalos védelmet élveznek.

A rendelet részletesen meghatározza a CE jelölés használatát és az egyes piaci szereplők feladatait és kötelességeit. Tar-

talmazza a 2008-ban megjelent, a termékek forgalmazásának egységes szabályozását tartalmazó „Új Jogi Keretek” előírásait, az akkreditálás, a piacfelügyelet működésére, továbbá a bejelentett szervezetek kijelölésére és működésére vonatkozó szabályokat.

Az építési termékeknek már ismert harmonizált műszaki specifikáció az európai műszaki engedély (ETA) helyett hasonló, de kissé eltérő tartalommal a rendelet bevezeti az **európai műszaki értékelés** nevű dokumentumot (european technical assessment, ETA). Az ETA útmutatók helyett (ETAG) pedig a hasonló, de kissé eltérő harmonizált műszaki dokumentumot: az **európai értékelési dokumentumot** (european assessment document, EAD). Amennyiben nincs a termékre harmonizált szabvány, a gyártó kérheti ETA kidolgozását. Ezzel párhuzamosan az ETA-t kidolgozó műszaki értékelő szervezetek kidolgozzák az EAD-t is, amely hasonló termékek műszaki értékeléseinek alapjául is szolgál.

Ez a rendelet teljes egészében kötelező és közvetlenül alkalmazandó valamennyi tagállamban a 2013. július 1-től.

Azaz nem kell a rendeletben szereplő előírásokra tagállami jogszabályt készíteni.

A rendelettel nem szabályozott kérdéseket azonban nemzeti jogszabályban kell rendezni. Ilyenek például a nem harmonizált területen a forgalomba hozatal feltétele, eljárása, a műszaki értékelő szervezetek és a bejelentett szervezetek kijelölésének feltételei, eljárása, az európai szinten nem harmonizált építési termékek piacfelügyeletének megoldása, valamint az esetleges kiegészítő, biztonsági vagy egészségvédelmi, illetve minőségi követelményeknek szükség szerinti megállapítása.

Az új szabályozás és jelenlegi építési termék szabályozás közötti leglényegesebb különbség az, hogy a forgalomba kerülő építési termékről sem egy független szervezet, sem a gyártó nem fogja állítani, hogy a termék építési célra alkalmas, és megfelel a rá vonatkozó követelményeknek. A gyártónak csak arról kell nyilatkoznia, hogy az épületekkel szemben támasztott 7 alapvető követelményből az adott termékre vonatkoztatható követelmények teljesítésével kapcsolatos legfontosabb terméktulajdonságokban milyen a termék teljesítménye (egyszerűbben: pl. mennyi a téglá nyomószilárdsága vagy az adott ablak milyen szélállóságú). A tervezőnek kell megállapítania, hogy a tervezett felhasználás szempontjából milyen tulajdonságokkal rendelkező terméket kell beépíteni, és a felhasználónak (építtetőnek, beruházónak) kell döntenie a termék vásárlásakor, hogy a megvásárolandó termék tulajdonságai feleljenek meg a tervezett felhasználás követelményei szempontjából (a megfelelő terméket alkalmazzák az adott építési célra).

Soltész Ilona
főosztályvezető-helyettes
Belügyminisztérium

¹ HU 2011.4.4. Az Európai Unió Hivatalos Lapja L 88/5

TÁJÉKOZTATÓ AZ ÉPÍTŐANYAG FOLYÓIRATBAN KÖZLENDŐ CIKKEK KÉZIRATÁNAK ÖSSZEÁLLÍTÁSÁHOZ

A beküldendő teljes kézirat a következő részekből áll: szöveges törzsrész, irodalom, kivonatok, ábrajegyzék (ábra aláírásokkal), táblázatok (táblázat címekkel), ábrák, fotók, a szerző rövid szakmai életrajza.

A lentebb rögzített paraméterekkel készített kézirat **javasolt terjedelme 5 oldal; indokolt esetben max. 6 oldal lehet, ábrákkal együtt.**

A cikk tartalmáért és közölhetőségéért a szerző a felelős.

A CIKK CÍME, SZERZŐJE, HIVATKOZÁS

A cikk címe legyen rövid, tárgyilagos és figyelemfelkeltő. Egysorosnál hosszabb címet lehetőleg ne használjunk.

A cím alatt a szerző neve (tudományos fokozat nélkül), munkahelye neve, a szerző e-mail címe következik.

Ha a közlemény eredetileg előadási vagy poszteranyag volt valamelyik konferencián, rendezvényen, akkor ezt jelezni kell a szerzők adatai után.

SZÖVEGRÉSZ, FEJEZETEK

A word dokumentum margó beállításai: fent 3 cm, lent 3 cm, bal 2,5 cm, jobb 2,5 cm. Papírméret: A4.

A szövegrész betűmérete 10 pt, normál, sorkizárással igazítva. Szimpla sorköz. Betűtípus Times New Roman.

A cikkben mindenhol az SI-rendszer mértékegységeit kell használni.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

A cikkek szerzői egyezzenek áttekinteni a témára vonatkozó és fontos szakirodalmakat, és ezt közölnék is. A kézirat szövegében az irodalmi hivatkozásokat szövegbeni sorszámmal beírásával kell megadni, pl. [6], a hivatkozási sorrend szerint számozott irodalomjegyzéket kell készíteni.

Meg kell adni a hivatkozott közlemény bibliográfiai adatait a következő minták szerint:

– Folyóirat esetén: Tóth, Gy. – Máté, B.: *Földtani tényezők bazaltbányák művelésénél*. Mélyépítéstudományi Szemle. XXIV. évf. 4. szám (2004), pp. 145-148.

– Könyv esetén: Vadász, E.: *Magyarország földtana*. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1960.

Ezekről eltérő esetekben értelemszerűen kell eljárni.

ÁBRÁK, TÁBLÁZATOK

Ábrának minősülnek a vonalas rajzok, grafikonok, fotók is. **A szövegben legyen benne az ábrák, táblázatok hivatkozása.** Ez a szerző útmutatása arra, hogy hová kívánja az ábrát, táblázatot helyezni. Az ábrákat nem kérjük a szövegbe beszerkeszteni, kérjük külön-külön képfájlban stb. megadni. A táblázatok a közlés sorrendjében, a kivonat után legyenek elhelyezve, vagy külön fájlba téve.

Lehetőleg **minden ábrának, táblázatnak legyen címe magyar és angol nyelven.** Lehetőség szerint kerüljük a terjedelmes táblázatokat.

Kérjük figyelembe venni, hogy a **megjelenés színe fekete-fehér! Bizonyos színek szürke változata ugyanolyan árnyalatú, emiatt a grafikon vagy ábra nem értelmezhető.**

Ábrák elektronikus jellemzői: tiff, jpg vagy eps kiterjesztés, 300 dpi felbontás fotó esetén, 600 dpi felbontás (a megjelentetés méretében) vonalas ábra esetén.

KIVONAT, KULCSSZAVAK

A cikkhez – a nemzetközi referálás érdekében – külön **kivonatot** kell készíteni **angol nyelven** (ha ez nem oldható meg, magyar nyelven), mely tartalmazza a **cikk címét** is. A kivonat ismertesse a közlemény legfontosabb eredményeit negyed oldal – max. fél oldal terjedelemben.

A szerző adjon meg olyan kulcsszavakat magyar és angol nyelven, melyek a cikk legfontosabb elemeit jelölik.

SZAKMAI ÉLETRAJZ

Szigorúan szakmai életrajz nagyjából 500 karakter terjedelemben (mely tartalmazza a tudományos fokozatot is).

LEKTORÁLÁS

A cikkeket a Szerkesztő Bizottság lektoráltatja. Az apróbb, technikai vagy nyelvhelyességi változtatásokat a szerkesztő közvetlenül átvezeti a kéziratban. A lektor által javasolt, lényeges változtatásokról a főszerkesztő a szerzőt értesíti. Mivel a cikk tartalmáért nem a lektor, hanem a szerző felelős, a szerző nem kötelezhető a lektori javaslatok elfogadására.

KORREKTÚRA

A szerzőnek a korrektúrára megküldött kefelevonatot postafordultával vissza kell juttatni.

KAPCSOLATTARTÁS

Az elkészített cikkekre és kiegészítéseire szükség van elsősorban elektronikus változatban. Az értelmezhetőség miatt előfordulhat, hogy a nyomtatott, fekete-fehér változatot is kérjük.

E-mail: fengomze@uni-miskolc.hu vagy epitoanyag@szte.org.hu.

Postai cím: Szilikátipari Tudományos Egyesület, 1034 Budapest, Bécsi út 122-124.

Kérjük a szerzőket, hogy adják meg postai címüket, vezetékes és mobil telefonszámukat, e-mail címüket a gyors egyeztetés, elérhetőség érdekében.

The authors can download an English Guideline from the Society's website.

INHALT

- 2 Bemessung des Transportes von körnigen Materialien durch Flüssigkeitsströmung in Rohrleitungen
Teil 2: Berechnung des Druckverlustes
- 8 Instrumentenentwicklung beim Hydrozyklon-Verfahren
- 18 Bergbaugeologische Erfahrungen im Andesitsteinbruch bei Komló
- 22 Wirkung vom Silikastaub auf die Feuerbeständigkeit vom Beton
- 28 Modernisierung eines Derivatographen (TGA/DTA Analysengerät)
- 30 Anwendung von neuronalen Netzen in der Asphalttechnologie

СОДЕРЖАНИЕ

- 2 Расчёт транспортирования гранулированных материалов в жидкой среде (в рубопроводах)
Часть 2. Определение потери давления
- 8 Усовершенствование аппаратов для гидроциклонных процессов
- 18 Результаты исследования геологических разрезов андезитовых карьеров в районе Комло
- 22 Воздействие силикопорошковых добавок на огнеупорность бетона
- 28 Усовершенствование дериватографа (аппарата для определения TGA/DTA)
- 30 Применение невральных сетей в технологиях изготовления асфальта

ELŐFIZETÉS

Az előfizetés díja

1 évre **5000 Ft.**

Előfizetési szándékát kérjük jelezze:

Szilikátipari

Tudományos Egyesület

Telefon/fax:

06-1/201-9360

E-mail:

info@szte.org.hu

Előfizetési megrendelő letölthető

az Egyesület honlapjáról:

www.szte.org.hu

SUBSCRIPTION

Price of subscription for

1 year **40 EUR.**

Subscription form is available
on Society's website:

www.szte.org.hu



CPR conference



Quality construction products for safe works

BRUSSELS Charlemagne, De Gasperi Room 25 June 2012

CONSTRUCTION PRODUCTS REGULATION CONFERENCE 2012

This conference will focus on the new legislative provisions of the Regulation (EU) 305/2011 (CPR), which clarify and simplify the legislation and reinforce the credibility of the CE marking for construction products.

This event will enable industry stakeholders and European and national regulators to exchange opinions and information on their preparations in view of the repeal of the Directive 89/106/EEC and the full implementation of the CPR, foreseen for 1 July 2013.

Furthermore, the conference will contribute to highlight certain important issues such as the manufacturer's Declaration of Performance, the reduced time necessary for issuing the European Technical Assessments and the simplified procedures available to manufacturers to reduce their burdens.

The online registration is open from 28 March to 31 May 2012.

Further information: http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/construction/legislation/cpr-conf-2012/index_en.htm



A Ferro (Frankfurt) hosszú ideje vezető festék beszállítója az autóipar, az építészeti és csomagoló üvegek piacának. A folyamatos innováció, műszaki szolgáltatás és globális elérhetőség a biztosítéka annak, hogy a felhasználók elégedettek a Ferro Glass-System márkával.



INTERKERÁM
a szilikátipar szolgálatában

AUTÓÜVEG

- Festett edzett üvegek
- Ragasztott biztonsági üvegek

SPECIÁLIS ÜVEGIPARI FELHASZNÁLÁSOK

- Solar technika

ÉPÍTÉSZETI ÜVEG

- Funkcionális bevonatok
- Időjárásálló megoldások
- Ólommentes megoldások

CSOMAGOLÓIPAR

- Ital és kozmetikai üvegek
- Nehézfém-mentes megoldások
- Organikus festékek

A Ferro teljes üvegfesték programjának magyarországi képviselője az INTERKERÁM Kft.

Elérhetőségek:

6000 Kecskemét,
Parasztfőiskola 12-16.

Tel./fax: 76-481-440

Email: info@interkeram.hu

1033 Budapest,

Hajógyári sziget 631.

Tel./fax: 1-457-1037

Email: obuda@interkeram.hu

