

TARTALOM

- 34** Szilícium-nitrid alapú, magas hőmérsékleten is kopásálló anyagok
Natalia I. Ershova ■ Irina Yu. Kelina
- 38** Extrém dinamikai szilárdságú alumínium-oxid alapú hetero-modulusú kerámia kompozitok – a Si_3N_4 fázisátalakulása nagy sebességű fém testekkel történő ütközés során
Gömze A. László ■ Ludmila N. Gömze
- 44** Betonkészítés dolomit hulladék alternatív töltőanyagként való felhasználásával
Aleksandrs Korjajins ■ Genadijs Šahmenko ■ Diana Bajare ■ Sergejs Gaidukovs ■ Danuta Pizele
- 47** Az építési ágazat helyzetértékelése, súlyponti problémái és 2009. évi várakozásai
- 48** Betonösszetevők hatása a hőtűrésére
Fehérvári Sándor ■ Salem Georges Nehme
- 55** Speciális anyagok az útépítésben – aszfalterősítő hálók és rácsok alkalmazása az útszerkezet javítása érdekében
Almássy Kornél ■ Joó Attila László
- 59** Egyesületi és szakhírek
- 60** A Szilikátipari Tudományos Egyesület XXXII. Küldöttgyűlése
- 63** Egyesületi és szakhírek

CONTENT

- 34** High-temperature wear-resistant materials based on silicon nitride
Natalia I. Ershova ■ Irina Yu. Kelina
- 38** Alumina-based hetero-modulus ceramic composites with extreme dynamic strength – phase transformation of Si_3N_4 during high speed collisions with metallic bodies
László A. Gömze ■ Ludmila N. Gömze
- 44** Producing of concrete by using a dolomite waste as an alternative filler
Aleksandrs Korjajins ■ Genadijs Šahmenko ■ Diana Bajare ■ Sergejs Gaidukovs ■ Danuta Pizele
- 47** Evaluation, priority problems of the building sector and expectations for 2009
- 48** The effect of the concrete components on the temperature endurance
Sándor Fehérvári ■ Salem Georges Nehme
- 55** Special materials in the road building - Grids and nets application terms for improving the pavement structures
Kornél Almássy ■ Attila László Joó
- 59** Society and professional news
- 60** XXXII. meeting of the delegates of the Scientific Society of the Silicate Industry
- 63** Society and professional news

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

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG • EDITORIAL BOARD

DR. GÖMZE A. LÁSZLÓ – elnök/president
TÓTH-ÁSZTALOS RÉKA – főszerkesztő/editor-in-chief
PROF. DR. TALABÉR JÓZSEF – örökös tiszteletbeli elnök/senior president
WOJNÁROVITSNÉ DR. HRAPKA ILONA – örökös tiszteletbeli 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
Építőanyag-ipar • Building materials industry – Prof. Dr. TAMÁS FERENC

TAGOK • MEMBERS

PROF. DR. PARVIN ALIZADEH, APAGYI ZSOLT, PROF. DR. BALÁZS GYÖRGY, DR. BOKSAY ZOLTÁN, PROF. DR. DAVID HUI, PROF. DR. GÁLOS MIKLÓS, PROF. DR. KOZO ISHIZAKI, DR. JÓZSA ZSUZSANNA, PROF. DR. KAUSAY TIBOR, KÁRPÁTI LÁSZLÓ, PROF. DR. SERGEY N. KULKOV, MATTYASOVSKY ZSOLNAY ESZTER, PROF. DR. OPÖCZKY LUDMILLA, DR. PÁLVÖLGYI TAMÁS, DR. RÁCZ ATTILA, DR. RÉVAY MIKLÓS, SCHLEIFFER ERVIN

TANÁCSADÓ TESTÜLET • ADVISORY BOARD

DR. BERÉNYI FERENC, FINTA FERENC, KATÓ ALADÁR, KISS RÓBERT, KOVÁCS JÓZSEF, DR. MIZSER JÁNOS, SÁPI LAJOS, SOÓS TIBOR, SZARKÁNDI JÁNOS

A folyóiratot referálja a Cambridge Scientific Abstracts. A szakmai rovatokban lektorált cikkek jelennek meg.

Kiadja a Szilikátipari Tudományos Egyesület
1027 Budapest, Fő u. 68.
Telefon és fax: 06-1/201-9360
E-mail: info@szte.org.hu
Felelős kiadó: DR. SZÉPVÖLGYI JÁNOS SZTE ELNÖK

Egy szám ára: 1000 Ft
A lap az SZTE tagok számára ingyenes.

A 2009. évi megjelenést támogatja:
„Az Építés Fejlődéséért” alapítvány

Nyomdai munkák: SZ és SZ KFT.
Tördelő szerkesztő: NÉMETH HAJNALKA
Belföldi terjesztés: SZTE
Külföldi terjesztés: BATHYANY KULTUR-PRESS KFT.

HIRDETÉSI ÁRAK 2009-TŐL

B2 borító színes	139 000 Ft + ÁFA
B3 borító színes	128 000 Ft + ÁFA
B4 borító színes	150 000 Ft + ÁFA
1/1 oldal színes	105 000 Ft + ÁFA
1/1 oldal fekete-fehér	58 000 Ft + ÁFA
1/2 oldal fekete-fehér	29 000 Ft + ÁFA

Az előfizetési és hirdetési megrendelő letölthető az SZTE honlapjáról.

A lap teljes tartalma olvasható a www.szte.org.hu honlapon.
HU ISSN 00 13-970x INDEX: 2 52 50 • 61 (2009) 33-64

A SZILIKÁTIPI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET

TÁMOGATÓ TAGVÁLLALATI

3B Hungária Kft. • Air Liquide Kft. • Altek Kft. • Anzo Kft.
Baranya Téglá Kft. • Basalt Középkő Kőbányák Kft.
Berényi Téglai Kft. • Betonopus Bt. • Budai Téglá Zrt.
Cemkut Kft. • Colas-Északkelet Kft. • Complexlab Kft.
Deco-Mat Kft. • Duna-Dráva Cement Kft. • Fátolyúteg Kft.
Fehérvári Téglai Kft. • G&B Elastomer Trade Kft.
Gamma-Kerámia Kft. • GE Hungary Zrt. • Geoteam Kft.
Holcim Hungária Zrt. • Hunext Kft. • Imerys Magyarország Tűzállóanyaggyártó Kft. • Interkerám Kft. • Keramikum Kft.
KK Kavics Beton Kft. • KÖKA Kő- és Kavicsbányászati Kft.
Kötés Kft. • KTI Nonprofit Kft. • Kvarc-Ásvány Kft.
Libál Lajos • Licht-Tech Kft. • Magyar Téglás Szövetség
Magyar Cementipari Szövetség
Mályi Téglá Kft. • Messer Hungarogáz Kft.
MFL Hungária Kft. • Mineralholding Co. Ltd.
MTA KK Anyag- és Környezetkémiai Intézet
Nagykanizsa Téglagyár Kft. • OMYA Hungária Kft.
Pannon-Perlit Kft. • Perlit-92 Kft.
Piarista Szakiskola, Gimnázium és Kollégium
Saint-Gobain Weber Terranova Kft. • SIAD Hungary Kft.
Szema-Makó Kft. • SZIKKTI Kft. • SZIKKTI Labor Kft.
Tégla- és Cserépipari Szolgáltató Kft. • URSA Salgótarjáni Üveggyárat Zrt. • Wienerberger Zrt. • WITEG Kőporc Kft.
Xella Magyarország Kft. • Zalakerámia Zrt.
Zsindely „kas” Kft. • Zsolnay Porcelánmanufaktúra Zrt.

High-temperature wear-resistant materials based on silicon nitride

NATALIA I. ERSHOVA • Federal State Unitary Enterprise, Obninsk Research and Production Enterprise, Technologiya • patent@technologiya.ru

IRINA YU. KELINA • Federal State Unitary Enterprise, Obninsk Research and Production Enterprise, Technologiya • kelinai@technologiya.ru

Rolling bearing is one of the most demanding assembly units and in many respects defines operational behavior of current aerospace engineering, oil and gas transfer facilities, output turbines, heat- and electrogenerating sets, nuclear reactor turbines, land and water transport, pump blocks. Ceramic materials based on silicon nitride exhibit high hardness and wear resistance and still have less density as compared with metals, which makes it possible to attain service life at high temperatures and at high revolutions (~ 100 thousands rpm and more), in corrosion environment, and where long service life, low noisiness and high positional accuracy are required. Hot-pressed silicon nitride possesses maximum strength in relation to other ceramic materials, which is why it appears to be particularly promising for use in rolling bearings. A wide range of ceramic materials based on silicon nitride has been developed. Hot-pressed materials OTM-906 and OTM-914 correspond in composition, structure and properties to the best in the world analogues of bearing ceramic materials of NC-101C and NBD-200 grades. A composite material in Si_3N_4 -BN system has been developed. The lack of chemical interaction between silicon nitride and boron nitride having fine self-lubricating properties determines the possibility for the development of bearing retaining rings with selective boron nitride distribution for the enhancement of self-lubrication effect. The results of an investigation into tribological behavior of the developed materials and the results of the ceramic rolling bearings testing are presented.

Keywords: silicon nitride, boron nitride, hot pressing, rolling bearing, bearing cage, wear resistance, back-to-back endurance

1. Introduction

Rolling bearing is one of the most demanding assembly units and in many respects defines the operational behavior of current aerospace engineering, oil and gas transfer facilities, output turbines, heat- and electrogenerating sets, nuclear reactor turbines, land and water transport, pump blocks.

To solve new problems in bearings structures, silicon nitride is most often used. This ceramic material offers high hardness, wear and strain resistance at high temperatures, and less density as compared to steel, as an example.

Research into tribological behavior, an investigation of the effects of various factors on friction and wear of the materials are currently central and make it possible to expand the fields of their application in wear-resistant articles.

2. Requirements for ceramic materials

The following requirements are placed on the materials for bearing components:

Bearing race: hardness – no less than 59 HRC at 20–1000 °C; 100% density; change in dimensions on holding at operating temperatures for 1500 hrs – no more than 0,15%; lack of adhesion in friction pair in the air and in vacuum; vibration resistance; possibility of machining and finishing to high surface finish class.

Rolling elements: friction coefficient – no more than 0,1; load of failure – no less than 850 000, 1 200 000 and 3 200 000 N for balls 12,7, 15,8 and 25,4 mm in diameter respectively; heat resistance – no less than 1000 °C; ultimate bending strength – 600–650 MPa; back-to-back endurance – no less than those for bearing steel – 346 million cycles.

Dr. Natalia I. Ershova

graduated from Moscow Steel and Alloys Institute, Physical and Chemical department, then worked as an engineer at FSUE ORPE «Technologiya» in the laboratory for the development of Si_3N_4 - and SiC-based ceramic materials. In 2004 graduated from Russian State Institute for the Intellectual Property. In 2006 she successfully completed her dissertation work on Si_3N_4 -BN ceramics for high-temperature application and got a PhD degree at the Institute for Physical and Chemical Problems of Ceramic Materials of the Russian Academy of Sciences. Her research work is represented in 16 articles, 4 patents, proceedings of many international and Russian conferences. At present time she is the head of Patent and Information Department at FSUE ORPE «Technologiya». Her scientific activities is connected with the search for the new scientific-engineering decisions in ceramic, composite and glass materials technologies, evaluation of scientific and engineering level of FSUE ORPE «Technologiya» projects.

Dr. Irina Yu. Kelina

graduated from the Mendelev Moscow Chemical-Technological Institute. She has got a PhD scientific degree and then worked at FSUE ORPE «Technologiya» in the laboratory for the development of Si_3N_4 - and SiC-based ceramic materials as an engineer and as a head of section. Now she is a laboratory head and senior research associate at FSUE ORPE «Technologiya». She is engaged in research and development activities on high-temperature monolithic and

composite materials based on silicon nitride, with predetermined microstructure and controlled properties, and in hot-pressing technology for the manufacture of structural articles (thermal, wear- and shock-resistant articles for use in purpose-built equipment and advanced gas-turbine engines). The main results of her research work are represented in 50 papers, including articles, patents and proceedings of Russian and international conferences.

Bearing cage: heat resistance – no less than 1000 °C; ultimate bending strength – no less than 35 MPa; static modulus of elasticity – 70–100 GPa; wear resistance; machinability [1].

3. Experimental

In this work the Si_3N_4 -based materials manufactured by hot-pressing technique of OTM-906 and OTM-914 grades (yttria as a sintering aid), OTM-917 (magnesia as a sintering aid) and OTM-918 (composite material in Si_3N_4 – BN system) have been investigated.

Back-to-back endurance testing for determination of service-ability at variable loads was carried out at joint stock company VNIPP on the 9- position testing machine LTM 01-00-00 with the use of specimens-discs (balls contact with flat surface) in the assembly unit patterned after axial bearing 8100 with one flat bearing race. Path speed for the hot-working steel balls 4,7 mm in diameter measured 100 rpm, corresponding to $0,5 \times 10^6$ touchdowns per hour. As a lubricant, industrial oil I20 was used. The testing was carried out at room temperature and at maximum strains ($\sigma_{\max}$) equal to 35 000 MPa and 45 000 MPa. Calculation of loads required to produce the specified strains was carried out by the following formula: $\sigma_{\max} = 6568 \sqrt[3]{H/r^2}$, where H is the loads, and r – the radius of contacting balls.

Wear resistance testing was carried out with the use of balls 9,5 mm in diameter manufactured from bearing steels, metal-ceramics MK307 and hot-pressed silicon nitride produced in Germany. Ball-on-disk sliding speed in the absence of lubrication at a load of 30 N measured 500 rpm.

Materials heat resistance was assessed in the temperature range of 600–900 °C for 5–250 hr.

Tribological testings were carried out on the friction test machine SRV («Optimol» company) for the purpose of antiwear and antiseizure characteristics evaluation with the use of the OTM-906, OTM-914, OTM-914 ceramic samples in comparison with the steel samples properties and with the use of standard engine oils: mineral oil M-16IHP-3 and synthetic oils M-8V₂S B-3V.

Friction coefficient evaluation was carried out on the friction test machine SMC-2 with the use of friction pairs disc-on-disc and compound oil lubricant.

4. Results and discussion

As a result of testing, it has been found that back-to-back endurance of the OTM-906, OTM-914 and OTM-917 samples is reasonably high and with the 50% damage probability measures to about 180 million cycles and 127–682 hr (Table 1). Spread in service life values is determined by surface condition as well as crystalline and amorphous phases uniformity. Back-to-back endurance of the samples from hot-working steel and stainless steel measures 134 and 326 million cycles.

Material	Maximum strain [MPa]	Duration of testing [hr]	Back-to-back endurance [million cycles] under damage probability equal to	
			10%	50%
OTM-906, OTM-914	3500–4500	127–500	31,0	155
OTM-917	3500	160–190	25,2	176
HPSN, Japan	–	–	30,0	–
SN-101C [2]	5900 (9,525 mm*)	> 400	–	–
	4800	–	–	> 72
	6900	–	–	> 30
SN-101 [2]	2900–3700	500–1000	–	–

* Balls diameter

Table 1. Results of the ceramic materials back-to-back endurance testing
1. táblázat Kerámia anyagok egymáson való súrlódási vizsgálatának eredményei

An important point is that failure development proceeds slowly and fatigue defect class is similar to that for steels – local pitting, in distinction to the catastrophic failure that is often observed with hot-pressed silicon carbide, alumina and zirconia.

Wear resistance testing showed that the magnitude of wear for the OTM-906 and OTM-914 after 1 hr testing is no more than 0,03% which is determined by high hardness and fracture toughness of the materials.

Heat resistance testing revealed the retention of practically invariant high level of hardness (94,5–96 HRC); increase in weight in 250 hr was no more than 0,003 g.

In the Si₃N₄-BN system (OTM-918), the material containing 20–30% BN in combination of properties meets the

requirements imposed to bearing cages at most: bending strength – 200–350 MPa; HRC hardness – 20–35; wear – less than 0,02 g; elastic modulus – 90–100 GPa.

Heat resistance testing performed for 250 hr at 700–950 °C verified the serviceability of the OTM-918 material at high temperatures and revealed insignificant weight change in the course of heating. The hardness also remains constant over all temperature range (20% BN – 85–83 HRC; 30% BN – 70–71 HRC).

The results of evaluation of antiwear characteristics (ball/flat surface as friction pair, one-point contact) for monolithic materials showed that the magnitude of wear equal to 0,25 mm does not exceed the not-go limit (0,31 mm) for all materials being studied with M-16IHP-3 oil and for OTM-906 – with M-8V₂S oil. With B-3V oil, the level of antiwear characteristics is higher as compared to steel (Fig. 1a). The antiseizure characteristics values (roll/flat surface as friction pair, one-point contact) exceeding the not-go limit (no less than 600 N) were obtained with M-16IHP and M-8V₂S oils (Fig. 1b).

Friction coefficient values are less than 0,15 and do not exceed the similar parameters for steel samples. Under these testing conditions, the value of friction coefficient remains less than 0,125 independent of loads, sliding speed and kind of lubricants.

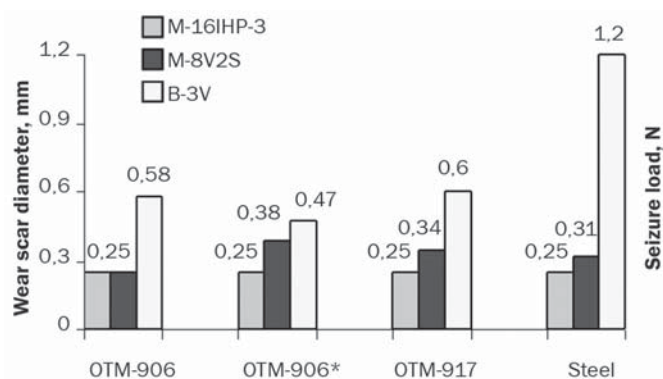


Fig. 1. a

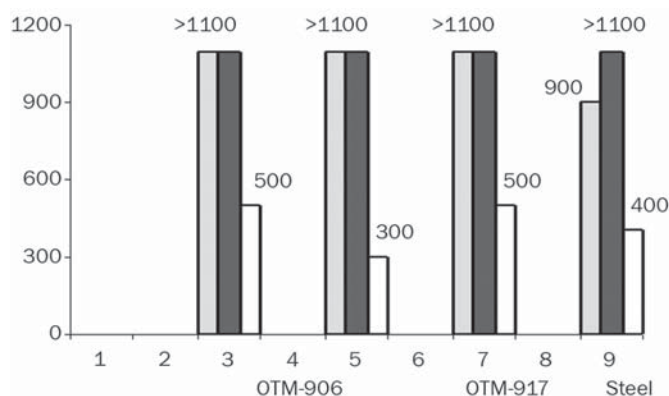


Fig. 1. b

Fig. 1. The results of bench testing on (a) antiwear and (b) antiseizure characteristics determined for test samples from ceramic materials and steel (with the use of standard oils). (OTM-906* - granular powder as a starting material)

1. ábra Kerámia minták és acél kopás- (a) és beragadás- (b) csökkenési jellemzőinek próbapados vizsgálati eredményei szabványos olajok felhasználása esetén. (Kiindulási anyag: OTM-906* szemcsézett por)

In Table 2 are given the comparison properties of the hot-pressed ceramics developed at ORPE «Technologiya» and some typical foreign materials based on silicon nitride and steel used for the production of bearings [2-6].

4.1. Ceramic bearings

The ceramic bearing, rolling elements and bearing cages of different standard sizes (Fig. 2.) were produced from the materials developed at ORPE «Technologiya».

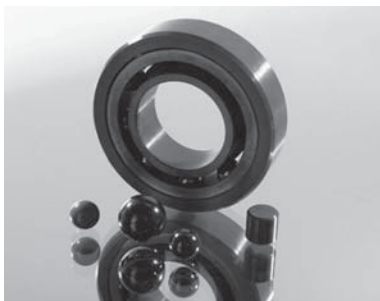


Fig. 2. a



Fig. 2. b

Fig. 2. (a) ceramic bearing, rolling elements and (b) rolling cages of different standard sizes from hot-pressed materials

2. ábra (a) kerámia csapágy gördülő elemei, (b) magas hőmérsékletű préssel készített, különféle méretű, szabványos csapágykosarak

Testing of all-ceramic and hybrid bearings were carried out at the enterprises «Scientific-Production Association «Motor»,

Joint Stock Company «Scientific-Production Association «Saturn» and Federal State Unitary Enterprise «CIAM» named after P. I. Baranov. Various conditions with gradual increase of rotation frequency from 3000 to 72 000 rpm, axial and radial loads, with the use of air-oil cooling system and lubrication with oil fog were applied.

Under the axial load of 1000 N and gradual increase of rotation frequency from 3000 to 15 000 rpm the ceramic bearing worked for 47 min without lubrication. The inspection of bearing assembly after disassembling revealed a substantial wear of the bearing cage made from bronze with hardness HRC < 20 (Fig. 3. a).

In the testing of the ceramic bearing under increased vibration load at a frequency of 20 000–40 000 rpm operating time measured 16 min. Visual inspection revealed the fragmental failure of the bearing along the outer race (Fig. 3. b) caused by vibration overload. Damage on the inner race, rolling elements and bearing cage was not observed.



Fig. 3. a



Fig. 3. b

Fig. 3. (a) fracture mode for the bronze bearing cage and (b) the outer race after bearing testing

3. ábra (a) bronz csapágykosár törése, (b) külső csapágy-gyűrű a tesztelés után

	NC-132 [2] Norton	NBD-200 [3,4] Norton	SN-101C [3,4] Saint-Gobain	Ceralloy 147-31N [5] Ceramdyne	OTM-906, OTM-914 ORPE «Technologiya»	OTM-917 ORPE «Technologiya»	Bearing steel [6]
Density, g/cm ³	3,20	3,16	3,21	3,21	3,30–3,450	3,17–3,24	7,60–7,85
Hardness, HRC	80,00	80,00	> 78,00	–	94,00–96,00	92,00–94,00	64,00
Ultimate bending strength, MPa	700,00	> 900,00	> 1000,00	800,00	700,00–830,00	690,00	800,00
Modulus of elasticity, GPa	330,00	320,00	310,00	310,00	280,00	260,00	190,00
Fracture toughness, MPa·m ^{1/2}	5,00–6,00	> 5,50	> 6,50	5,80	7,00–9,00	5,50–6,50	25,00
Thermal expansion coefficient, 10 ⁻⁷ K ⁻¹ in the temperature range,							
20–100 °C	3,20	–	–	3,10	–	–	12,30
20–1000 °C	–	2,90	3,70	–	3,80	3,50	–
Thermal conductivity W/m·K	–	29,00	34,00	–	16,00	–	40,00–50,00
Operating temperature, °C	1100,00	1000,00	1000,00	–	1300,00–1500,00	1300,00	320,00

Table 2. Comparison properties of the ceramic materials based on silicon nitride and steel
2. táblázat Szilícium-nitrid alapú kerámiák és acél tulajdonságainak összehasonlítása

An investigation of serviceability of small-sized radial-thrust ceramic (of type 36206) and hybrid (of type 126206) bearings was performed at CIAM on a test bench under the conditions approaching the operating conditions for rotary-table bearings in small-sized gas turbine engines [7]. The ceramic bearings were tested at high rotation frequency (45 000–65 000 rpm) under axial and radial loading equal to 2000 and 200 N respectively. Entire life (test duration) for the bearing measured 10 hr 15 min. The inspection revealed a satisfactory state of the balls and race ways.

The testing verified the hybrid bearing serviceability at high speed parameter equal to $d_m \times n = 3,5 \times 10^6 \text{ mm} \times \text{rpm}$, where d_m is the diameter between rolling elements centers in mm; n – the rotation frequency in rpm. Axial load measured 2000–2500 N and radial load 350–500 N. Duration of testing under oil fog and oil deficiency conditions at rotation frequency equal to 65 000 rpm measured 8 hr.

4.2 Ceramic balls

Comparison testing of the bearings of 36203E type with ceramic (OTM-917 and Si_3N_4 from SKF [8]) and metal balls on high-frequency electric spindle was performed at VNIPP. Duration of testing of ceramic balls at a rotation frequency equal to 36 000–63 000 rpm measured ~ 200 hr. Maximum rotation speed of electric spindle with metal balls measured 55 000 rpm.

At a rotation frequency of 42 000 rpm the bearing with metal balls showed 8–10% less vibration than both of hybrid bearings with the balls manufactured at ORPE «Technologiya» and SKF. However, at a rotation frequency of 36 000 rpm the vibration and temperature levels of hybrid bearing are considerably lower than that of the metal one (Table 3.).

Endurance hours	Rotation frequency [rpm]	Spindle vibration [mm/s]	Rundown [s]	Shaft temperature [°C]
With metal balls				
150	36000–55000	0,70–1,20	46–72	37–49
With ceramic balls (OTM-917)				
154	36000–63000	0,90–1,10	48–76	32–45
With ceramic balls (SKF)				
449	36000–63000	0,72–0,90	51–83	40–47

Table 3. Results of comparison testing of the bearings of 36203E type with ceramic and metal balls on high-frequency electric spindle

3. táblázat A nagyfrekvenciás elektromos orsón lévő, 36203E típusú, kerámia-, illetve acél golyókkal szerelt csapágyak összehasonlító vizsgálatának eredményei

4.3 Ceramic bearing cage

Bearing cages of diameter 20–160 mm were manufactured from OTM-918 (20% BN) and tested in hybrid bearings. Bench testing of the bearing cage in the metal bearing of 206 type verified the serviceability in operation with lubrication. In this testing, the rotation frequency measured 36 000 rpm, axial and radial loads – 2500 and 500 N respectively, duration of testing measured 14 hr 30 min. In the examination of the balls, the points of contact with the outer race were detected on the external face, which is indicative of design deficiency.

5. Conclusion

The investigations performed showed high tribological characteristics of the OTM-grade materials meeting the

requirements for bearing ceramics. Amongst them, OTM-906 has the highest back-to-back endurance values owing to structural homogeneity of this ceramics.

OTM-918 of composition Si_3N_4 -BN offers high heat resistance, corrosion resistance to molten metals and excellent machinability with relatively high strength and in consequence holds promise for development of ceramic bearing cages.

The advisability of the development of ceramic bearings for relatively low-loaded rotor and stator components of small size as well as rolling elements of hybrid bearings has been confirmed. The testing of hybrid bearings with balls from hot-pressed materials showed good results in vibration and temperature level, which makes it possible to use them in high-frequency electric spindles.

References

- [1] Ershova, N.I. – Kelina, I.Yu – Pavlova, Z.V.: *Structures from composite materials* 1993, № 4, p.36-39.
- [2] Website. www.norton.com.
- [3] *Cerbec ceramic bearing balls materials*. - website. www.cerbec.com.
- [4] Hannoosh, J. G.: *Des. News* 1988, 44, № 22, p. 224-225, 228-233.
- [5] *Ceradyne, Inc. prospectus*. - website. www.ceradyne.com.
- [6] *The rules of Bearing Design prospectus*. - website. www.cerbec.com.
- [7] Nozhnitsky, Yu.A. – Fedina, Yu.A. – Rekin, A.D. – Petrov, N.I.: *New production methods and GTE reliability, scientific and technical collection: Composite and ceramic materials in GTE*, M., 2003, Issue 3, p. 56-82.
- [8] Hultman, A. – Veimark, A.K.: *EVOLUTION*, № 4, 1998, p. 25-27.

Szilícium-nitrid alapú, magas hőmérsékleten is kopásálló anyagok

A gördülőcsapágyak olyan, rendkívül nagy igényeket támasztó szerelvények, amelyek sok vonatkozásban meghatározzák az űrhajózási, a kőolaj- és gázszállítási berendezéseknek, a nagy teljesítményű turbináknak, az elektromos erőművek és atomerőművek turbináinak, a szárazföldi és vízi szállítás berendezéseinek, a szivattyútelepeknek a működését. A szilícium-nitrid alapú kerámiák nagy keménységűek és kopásállóságúak, ugyanakkor a fémekhez képest jóval kisebb sűrűségűek, ami lehetővé teszi, hogy belőlük hosszú élettartamú, magas hőmérsékleten és nagy fordulatszámon (több mint 100.000/perc) működő, ugyanakkor korrózióálló, kis zajszintű és nagy beállítási pontosságú alkatrészeket készítsenek. A magas hőmérsékletű formázással kialakított szilícium-nitrid anyagok a többi kerámiához képest maximális szilárdsággal rendelkeznek, és ez az, amiért különösen ígéretes a gördülőcsapágyakhoz történő felhasználásuk. A szilícium-nitrid alapú kerámiák széles választékát fejlesztettük ki. A magas hőmérsékletű formázással előállított OTM-906 és OTM-914 jelű anyagok mind összetételükben, mind szerkezeti felépítésükben és tulajdonságaikban megfelelnek a világon a legjobbnak tartott, NC-101C és NBD-200 osztályú csapágykerámiáknak. Kidolgoztunk egy a Si_3N_4 -BN rendszerbe tartozó kompozit anyagot is. Mivel a szilícium-nitrid és a finom, önkenő tulajdonságú bór-nitrid nem lép egymással kémiai reakcióba, lehetőség nyílik olyan csapágyrögzítő gyűrűk kialakítására, amelyek a szelektív bór-nitrid eloszlás eredményeképpen megnövelt önkenő képességgel rendelkeznek. Bemutatjuk a kifejlesztett anyagok tribológiai tulajdonságaival kapcsolatos kutatásainknak, valamint a kerámia gördülőcsapágyak tesztelésének eredményeit.

Kulcsszavak: szilícium-nitrid, bór-nitrid, magas hőmérsékletű formázás, gördülőcsapágy, csapágykosár, kopásállóság, surlódásvizsgálat

Alumina-based hetero-modulus ceramic composites with extreme dynamic strength – phase transformation of Si_3N_4 during high speed collisions with metallic bodies

LÁSZLÓ A. GÖMZE • Department of Ceramics and Silicate Engineering, University of Miskolc • femgomze@uni-miskolc.hu

LUDMILA N. GÖMZE • IGREX Engineering Service Ltd. • igrex@freemail.hu

Till today several kinds of ceramics and ceramic matrix composites are developed for extreme environmental conditions. Most of these ceramics have microstructures with relatively „big” crystals, having high rigidity and strong inclination to nick, pitting and rigid fractures, so they are not usable for collision with metallic or other bodies under high speeds like 800 m/sec or more. On the basis of several years experiments in development and testing of ceramic materials and corundum matrix composites the authors successfully developed new alumina-matrix composite materials reinforced with Si_2ON_2 , SiAlON, AlN and Si_3N_4 . These new alumina based ceramic matrix composites were tested under collisions with different metallic bodies having high densities and speeds higher than 800 m/sec. During the collisions the kinetic energy of flying metallic objects distributing to fracture energies, heatings and recrystallizations both of ceramic and metallic bodies. In the centres of collisions, where oxygen was absent, the authors have found new, high density “diamond-like Si_3N_4 ” materials with cubic crystals, where nitrogen atoms distributed in the centres of the cubes. These new crystal structures of Si_3N_4 in the alumina matrix have extreme dynamic strength and hardness, like diamond. Having surplus of oxygen in the centres of collisions this new “diamond-like Si_3N_4 ” was not observed, when a very strong oxydation of metallic bodies was taken place.

Using the energy conception of collision, the authors mathematically described the energy engorgements of destruction of ceramic materials and heating of participating bodies as well as energy engorgement used for the phase transformations of ceramic and metallic particles during their collision.

Keywords: hetero-modulus, Young’s modulus, ceramics, Si_3N_4 diamond, CMC, alumina, collision, dynamic strength, energy engorgement, nano-particles, hardness.

1. Introduction

In the last 15–20 years the engineers and experts working in ceramic manufacturing plants and scientists working in laboratories of universities and research institutions have been engaged into development of more efficiency ceramic materials and items for different industrial purposes [1, 2, 3, 4]. Till today several kinds of ceramic materials and ceramic matrix composites are developed with high values of mechanical strength and hardness [5, 6, 7, 8]. Most of these ceramics or ceramic matrix composites have materialstructures with relatively „big” crystals, having high rigidity and strong inclination to nick, pitting and rigid fractures, so they do not have the required dynamic strength, and they are not suitable for collision with other materials and bodies under high speeds. Because of these, most of ceramics and CMC-s cannot be used for collision with metallic bodies having high densities and speeds higher than 800 m/sec.

The mechanical properties including the dynamic strength of high performance technical ceramics and CMC-s very strong depend not only on chemical structures and components, but from the technological parameters and processes as well [9, 10, 11, 12]. These technological parameters, which are influencing very strong on mechanical behaviour and dynamic strength of alumina matrix ceramic composites, are the followings:

- the grain size and shapes of the used raw material powders and their distribution in the forming instruments before, during and after compacting;
- the values and distributions of mechanical forming pressures in the ceramic powders during their compacting [13];
- the level of relaxation of the inside pressure in the compacted ceramic items after forming and sintering;
- the firing temperatures, firing curves and atmospheres of their syntering [14].

2. Materials and theoretical procedures

Applying the well-known and relatively not expensive raw materials of alumina powders and using uni-axial pressing and creating a special forming pressure distribution during the compacting and applying a special sintering atmosphere and technology, a new sort of hetero-modulus corundum matrix composite materials with extreme mechanical properties was developed. This new sort of corundum matrix composite materials, reinforced with Si_3N_4 , Si_2ON_2 , SiAlON and AlN

László A. Gömze

is head of Department of Ceramics and Silicate Engineering in the University of Miskolc since 1999. He has got scientific degree „Candidate of Technical and Engineering Sciences” at Moscow University M. I. S. I. in 1985, and has a wide range of experiments both in engineering and research works at different companies and in teaching of students at universities. Finishing the Civil Engineering University of Moscow (Russia) in 1973, L. A. Gömze started his working activity as structural engineering at the design department in Hungarian firm Building Ceramics (Épületkerámia) in Budapest. In 1986 he was already the managing director of the famous Hungarian porcelain manufactory HOLLÓHÁZA. Leaving Hollóháza in 1990 he used to work as associated professor at University of Miskolc. Laszlo A. Gömze is member of several Hungarian and international organization in fields of ceramics, material sciences and chemistry. He is member of „Kerpely Antal Doctoral School” of material sciences and technologies. Since 1996 he has successfully supervised several PhD students in fields of ceramics and ceramic matrix composites.

Ludmila N. Gömze

is the managing director of engineering service firm IGREX Ltd. Finishing the Civil Engineering University of Moscow (Russia) in 1974 she started her working activity as structural engineer at Hungarian design institution VIZITERV in Budapest. Further she continued her job as designer engineer at firm KEVITERV in city Miskolc. In her working experiments she met with the problems of productions and technologies of ceramic items at the porcelain manufactory HOLLÓHÁZA in 1987. Since then she has a wide range experiments in examination, research and development of new material compositions and technologies both of traditional and high-tech structural ceramics as well as of ceramic matrix composites. The research works of Ludmilla N. Gömze are presented in several research reports, conference publications and 5 scientific articles in different German and Hungarian journals.

particles of sub-microne and nanosizes has not only excellent compressive and bending strength and high surface hardness, but excellent dynamic strength as well, during collisions with metallic bodies of high density. They have especially good dynamic strength during collisions, when the speeds are higher than 800 m/sec. The typical forms of microstructures of these new hetero-modulus alumina matrix ceramic composites are shown in Fig. 1. On these microstructure pictures the submicrone and nano-size grains and whiskers of Si_2ON_2 , SiAlON , Si_3N_4 and AlN can be seen, which are distributed roughly uniform between the polycrystals of alumina.

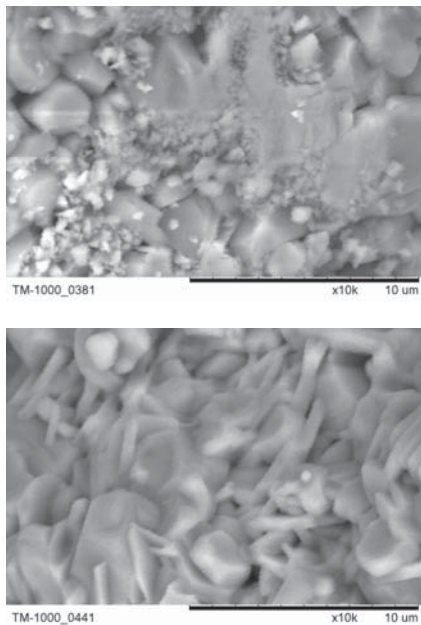


Fig. 1. The materialstructure of the developed corundum matrix composite
1. ábra A kifejlesztett korund-mátrixú kompozit anyagszerkezete

In Fig. 2. the typical destructions of high purity alumina ceramic items are shown after collisions with high density metallic bodies, flying with speeds higher than 800 m/sec.

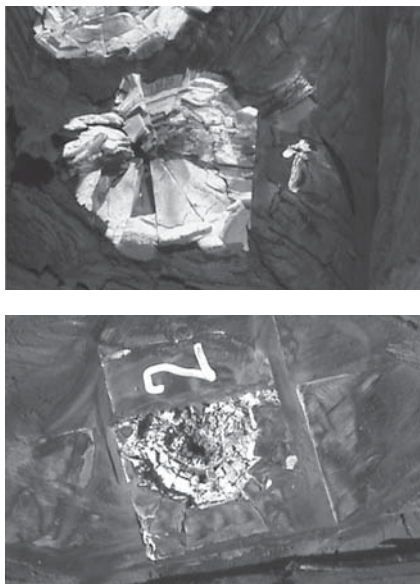


Fig. 2. Typical destruction of ceramic items during high speed collisions
2. ábra Kerámia lapkák tipikus roncsolódása a nagy sebességű ütközés során

These kinds of destructions and cracks show that during the collisions the kinetic energy of flying objects is engorged by fractures through pressure stress and shear stress, as well as heating and phase transformation with recrystallization of material particles in the place and surrounding of the collisions. This phenomena can be described by Eq. 1.

$$W_K = W_p + W_s + W_H; [\text{Nm}] \quad (1)$$

where:

W_K – kinetic energy of flying object, [Nm];

W_p – fracture energy engorgement through pressure stress, [Nm];

W_s – fracture energy engorgement through shear stress, [Nm];

W_H – energy engorgement through heating and recrystallization of flying object particles and alumina- based ceramic materials in place and surrounding of the collision, [Nm].

The kinetic energy of flying objects very strong depends on their density and its homogeneity. The energy conception of collision was presented on XIth Khariton's Reading [15] and described in details in proceedings of this International Conference [16].

When flying (metallic) object has homogeneous density during high speed collision the energy engorgement by destruction of ceramic bodies having only one Young's modulus can be described by Eq. 2.

$$\frac{u^2}{2} \rho \cdot V = \frac{R_p^2}{2E} \cdot A_1 \cdot l_1 + \frac{R_s^2 \cdot (v+1)}{E \cdot v} \cdot A_2 \cdot l_2 + W_H; [\text{Nm}] \quad (2)$$

where:

v_1 – the Poisson ratio;

ρ – density of the flying object, [kg/m^3];

A_1 and A_2 – surfaces of fractures, [m^2];

E – Young's modulus of ceramic material, [N/m^2];

l_1 and l_2 – deep and length of fractures, [m];

R_p and R_s – the pressure and shear strength of ceramic plates or tiles, [N/m^2];

u – speed of flying object at the moment of collision, [m/s];

V – volume of the flying object, [m^3].

In virtue of Fig. 1. it is easy to understand the submicrone grains, whiskers and nano-particles containing nitrogens have different values of Young's modulus comparing with the alumina matrix and themselves. These kinds of materialstructures have a composition of several Young's modulus, multiple mechanical properties and named hetero-modulus materials [15, 16, 17, 18, 19]. The dynamic strengths of these developed new hetero-modulus ceramics were examined under collisions with high density metallic bodies flying with speeds higher than 800 m/sec. As it is shown in Fig. 1., alumina-based ceramic composites developed by us have submicrone and nano-size grains and whiskers of Si_2ON_2 , SiAlON , AlN and Si_3N_4 , which have different Young's modulus. The energy engorgement of these hetero-modulus ceramic bodies during high speed collisions

strong depends both on values of Young's modulus of hetero-modulus ceramics and on inhomogeneity of densities of flying objects. When the flying objects are built-up from materials of inhomogeneous densities and ceramics have several Young's modulus, the energy engorgement of these hetero-modulus ceramics can be described by the followings:

$$\frac{u^2}{2} \sum_{i=1}^n \rho_i \cdot V_i = \sum_{j=1}^N \frac{R_{pj}^2}{2E_j} \cdot A_{1j} \cdot l_{1j} + \sum_{j=1}^N \frac{R_{sj}^2 \cdot (v_j + 1)}{E_j \cdot v_j} \cdot A_{2j} \cdot l_{2j} + W_H; [\text{Nm}] \quad (3)$$

where:

ρ_i – density of the „i-th” component of flying object, [kg/m³];

v_j – the Poisson ratio of „j-th” Young's modulus component of ceramic body;

A_{1j} and A_{2j} – surface of fractures of „j-th” Young's modulus component of ceramic body, [m²];

E_j – the Young's modulus of the „j-th” component of ceramic body, [N/m²];

$i = 1, 2, \dots, n$ – the numbers of different density components of flying object;

$j = 1, 2, \dots, N$ – the number of different Young's modulus components of ceramic body;

l_{1j} and l_{2j} – deep and length of fractures of „j-th” Young's modulus component of ceramic body, [m];

R_{pj} and R_{sj} – the pressure and shear strength of „j-th” Young's modulus component of ceramic body, [N/m²];

u – speed of flying object at the place and moment of collision, [m/s];

V_i – volume of „i-th” density component of flying object, [m³].

The “thermic part” of collision energy, which means the energy engorgement through heating, phase transformation and recrystallization of flying object particles and alumina-based CMC materials in place and surrounding of the collision can be described by Eq. 4.

$$W_H = W_{HS} + W_{RC} + W_{RM}; [\text{Nm}] \quad (4)$$

where:

W_H – energy engorgement through heating, [Nm];

W_{HS} – energy engorgement through heat transfer and heating of materials in and surrounding of the collision and fall, [Nm];

W_{RC} – energy engorgement through recrystallization of ceramic particles in and surrounding of the collision and fall, [Nm];

W_{RM} – energy engorgement through melting, spraying and recrystallization of the falling metallic body, [Nm].

Measuring the temperatures, the deeps and lengths of destructions and cracks of ceramic items in the places and surroundings of collisions, from Eq. 3. and Eq. 4. the part of kinetic energy, turned into phase transformation and recrystallization of ceramic particles can be mathematically solved and described by Eq. 5.

$$W_{RC} = \frac{u^2}{2} \sum_{i=1}^n \rho_i V_i \left(\sum_{j=1}^N \frac{R_{pj}^2}{2E_j} \cdot A_{1j} \cdot l_{1j} + \sum_{j=1}^N \frac{R_{sj}^2 (v_j + 1)}{E_j v_j} \cdot A_{2j} l_{2j} \right) (W_{HS} + W_{RM}) [\text{Nm}] \quad (5)$$

If the flying metallic objects have high densities and speeds higher than 800 m/sec, a huge volume of energy is turning to phase transformation, which is in hand with temperature over 1000 °C and pressure stress higher than 150–200 GPa. Because of these, phase transformations and recrystallizations can be observed both in alumina polycrystals and in the Si₂ON₂, SiAlON, AlN and Si₃N₄ submicrone and nano-sized particles and whiskers.

3. Results and discussion

These new corundum matrix composite materials, reinforced with Si₂ON₂, SiAlON, Si₃N₄ and AlN particles and whiskers of sub-microne and nano-sizes have not only excellent compressive and bending strengths, but extreme dynamic strength, as well. Typical destructions of material structures of these new alumina matrix hetero-modulus ceramic composite materials are shown in Fig. 3.

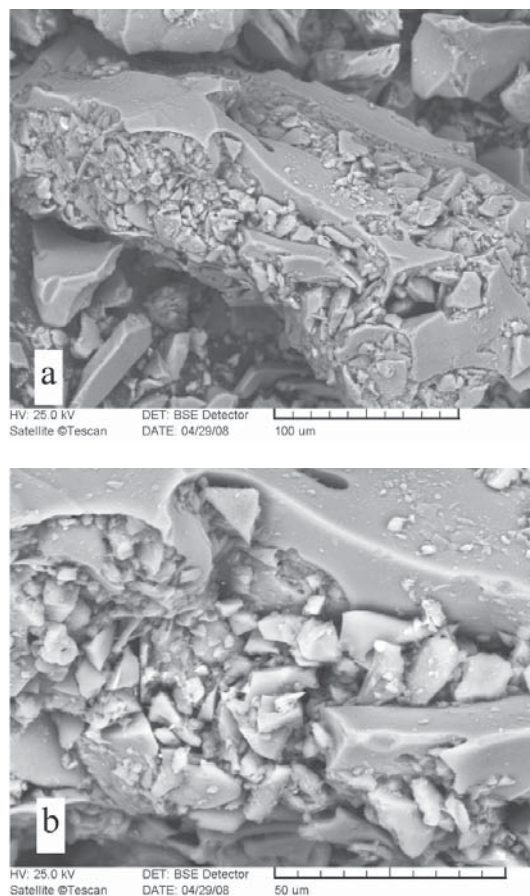


Fig. 3. Destruction of ceramic structures under collision with metallic bodies having speeds about 950 m/sec

3. ábra A kerámia anyagszerkezetének roncsolódása a 950 m/sec körüli sebességgel történő ütközés során

As it can be seen in these SEM pictures during collision with high density metallic bodies flying with speeds about 850–950 m/sec, the directions of destructions of the ceramic microstructure follow the directions of the hits of flying metallic objects. Fig. 3a. shows how some “large” particles destroyed and moved a certain distance together with hit metallic objects.

Fig. 3b. shows how the surface of the hetero-modulus ceramic body can be melted and transformed into amorphous substance at the place and just near of the hits and collisions.

Having surplus of oxygen in places of collisions a very strong oxidation of the falling metallic bodies can be observed, as it is shown in Fig. 4. The energy turned into phase transformation and recrystallization of alumina-based hetero-modulus ceramics is described by Eq. 5. Measuring the depths and lengths of destructions and cracks of ceramic items as well as their temperatures in the places and surroundings of collisions, and substitute them into Eq. 5, it is easy to find the energy, turned into phase transformation and recrystallization of hetero-modulus ceramic materials themselves.

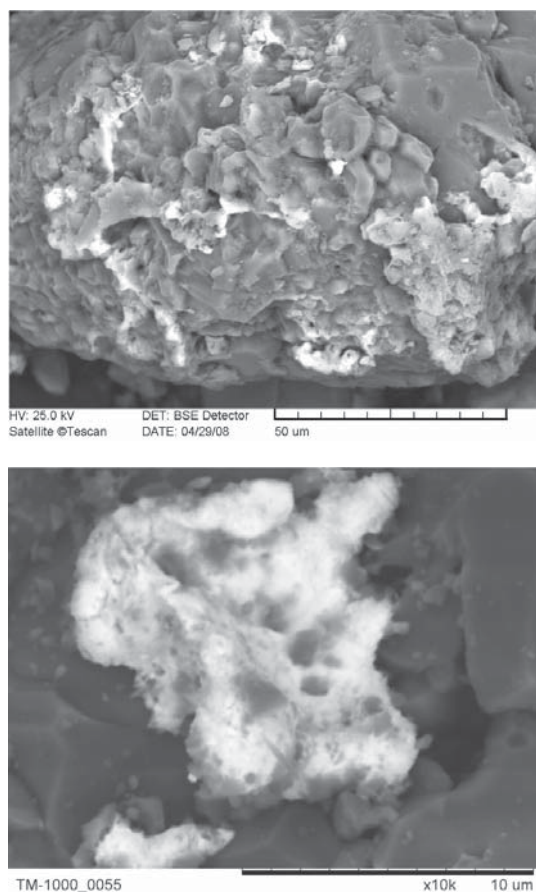


Fig. 4. Typical oxidations of falling metallic bodies, having surplus of oxygen in places of collisions

4. ábra A becsapódó fém test felületének oxidálódása szabad oxigén jelenlétékor az ütközés helyén

During the high speed collisions with high density metallic bodies a strong recrystallization process in the material structures can be observed. The typical recrystallized material structures of the new developed corundum matrix composites, reinforced with submicron and nano-size grains and whiskers of Si_2ON_2 , SiAlON , Si_3N_4 and AlN are shown in Fig. 5., after high speed collisions. When there is no oxygen in the places of collisions and the falling metallic bodies with high density have speeds higher than 800 m/sec, the particles of Si_3N_4 can turn into cubic crystalline structure with nitrogen atoms in the centres of each cubics. These Si_3N_4 particles with

new cubic crystalline structures have high density and extreme high hardness and mechanical strength equivalent to *diamond*. When there was no oxygen at the places of collisions these new “diamond-like Si_3N_4 ” particles were obtained because of the huge volume of collision energy, and followed it very strong recrystallization process. When we had surplus of oxygen in the place of collision, these new “diamond-like Si_3N_4 ” particles were not observed. In these cases strong crystal growth phenomena were taken place as it is shown in Fig. 5b.

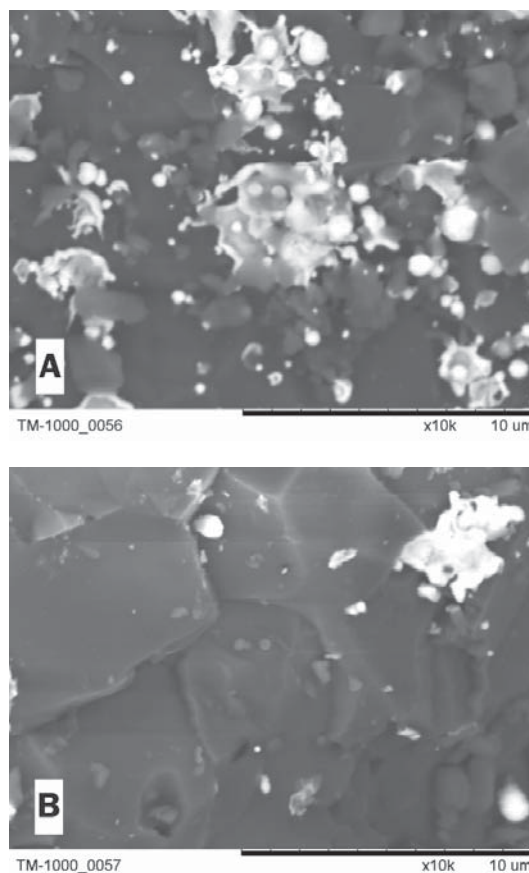


Fig. 5. The recrystallized microstructures of alumina-based ceramic items after collision

5. ábra Az új alumínium-oxid mátrixú kerámia mikroszerkezete nagy sebességű fém-becsapódás után

After the high speed collisions with metallic bodies these new crystals of alumina-based hetero-modulus ceramics, both with recrystallized “diamond-like Si_3N_4 ” (Fig. 5a.) and large alumina crystals (Fig. 5b.) were polluted by sprayed liquid metal drops on their surfaces. These Si_3N_4 ceramic particles with cubic crystalline structures with nitrogen atoms in centres of each cubic, arise in places and surroundings of collisions without oxygen, have excellent mechanical properties and hardness like diamond.

4. Conclusions

Understanding the phenomena in the collisions under high speeds and advantageous of hetero-modulus ceramic materials having several Young's modulus, some new, alumina-based ceramic matrix composites were developed, reinforced with

submicron and nanoparticles of $\text{Si}_2\text{O}_3\text{N}_2$, SiAlON , Si_3N_4 and AlN . These developed new hetero-modulus alumina-based ceramic matrix composites are well-resistant to collisions against metallic objects, flying with speeds between 850–950 m/sec. During the collisions the kinetic energy of flying metallic objects are distributing to energies of fractures, heatings and recrystallizations both of ceramic and metallic bodies participated in the collisions process.

During the high speed collisions with high density flying metallic bodies, in the alumina-based ceramics and CMC-s a strong in-situ crystal growth process can be obtained when we have surplus of oxygen in the places of collisions. This phenomena can be the reason of a rigid fracture of the ceramic items and CMC-s during the next collision with any kind of flying objects.

When there is no oxygene in the places and moments of collisions in the alumina-based ceramic composites reinforced with $\text{Si}_2\text{O}_3\text{N}_2$, SiAlON , Si_3N_4 and AlN , a new, “diamond-like Si_3N_4 ” can be developed, having cubic crystals with nitrogene atoms in centres of cubes. These new, “diamond-like Si_3N_4 ” ceramic particles have excellent mechanical strength and hardness like diamond.

References

- [1] S. Matsumoto – N. Miyoshi – T. Kanazawa – M. Kimura – M. Ozawa – S. Yoshida – N. Tabezawa – T. Ono (Eds.): *Catalysis science and technology*, Vol. 1., Kodansha/VCH, Tokyo/Weinheim, 335, (1991)
- [2] A. Morikawa – T. Suzuki – K. Kikuta – A. Suda – H. Shinjo: *Improvement of OSC performance for CeZrO_4 solid solution with Al_2O_3 diffusion barrier*, *epitoanyag*, v. 61, No. 1, pp. 2-5. (2009)
- [3] E. S. Lukin – N. A. Makarov – A. I. Kozlov – N. A. Popova – E. V. Anufrieva – M. A. Vartanyan – I. A. Kozlov – M. N. Safina – D. O. Lemeshev – E. I. Gorelik: *Oxide ceramics of the new generation and prospects of applications*; *Steklo i Keramika*; No. 10, pp. 27-31. (2008)
- [4] C. B. Carter – M. G. Norton: *Ceramic materials*, Science and Engineering, Springer, (2007)
- [5] B. Venkataraman – G. Sundarajan: *The sliding wear behaviour of Al-particulate composites-I, Macrobehaviour*, *Acta Materialica*, Vol. 44, No. 2, pp. 451-460, (1996)
- [6] S. N. Kulkov – N. L. Savchenko: *Wear behavior of zirconia-based ceramics under high-speed dry sliding on steel*; *epitoanyag*, v. 60, No. 3, pp. 62-64. (2008)
- [7] A. G. Tkachev – O. N. Tkacheva: *Wear-resistant porous ceramic material in devices intended for control of anticorrosion protection of the main pipelines*; *Steklo i Keramika*; No. 2, pp. 15-16, (2009)
- [8] J. B. Wachtman: *Mechanical properties of ceramics*, Wiley-Interscience Publication, (1996)
- [9] J. Csanyi: *Rheological characteristics of alumina powders in dry pressing technology*, *epitoanyag*, v. 61, No. 1, pp. 6-10. (2009)
- [10] V. S. Bukanov – E. S. Lukin: *Special features of high density technical ceramic technology*. Crystal growth upon sintering; *Steklo i Keramika*; No. 8, pp. 15-21, (2008)
- [11] J. Csanyi – L. A. Gömze: *Influence of technological parameters on microstructure and wear resistancy of Al_2O_3 ceramic items*; *epitoanyag*, v. 53., No.3. pp. 66-72. (2001)
- [12] V. V. Lashneva – A. V. Shevchenko – E. V. Dubnik: *Zirconia based bioceramics*, *Steklo i Keramika*; No. 4, pp. 25-28, (2009)
- [13] L. A. Gömze: *Investigation of ceramic materials with extreme mechanical properties*, *Proceedings of MicroCAD '05, Section L.*, ISSN 963 661 6582, pp. 39-44, Miskolc (2005)
- [14] J. Csanyi – L. A. Gömze: *Impact of nitrogen atmosphere on sintering of alumina ceramics*, *epitoanyag*, v. 60, No. 1, pp. 15-18. (2008)
- [15] Laszlo A. Gömze – Liudmila N. Gömze: *Analys micro and nanostructure of alumina based ceramics under collision with speeds higher than 800 m/sec*; *Sbornik tezisev dokladov of. Int. Conf. XI Khariton's Topical Scientific Readings*; “Extreme states of substance. Detonation, shock waves”, Sarov, Russia, pp.189-192; (2009)
- [16] L. A. Gömze – L. N. Gömze: *Analys micro and nanostructure of alumina based ceramics under collision with speeds higher than 800 m/sec*; *Proceedings of. Int. Conf. XI Khariton's readings*; *Extreme states of substance. “Dynamic Strength of Materials”*, Sarov, Russia, (2009)
- [17] D. P. H. Hasselman – P. F. Becher – K. S. Mazdizasni: *Zeitschrift Werkstofftech*, v. 11., No. 3., pp.82-92; (1980)
- [18] Skabalin – I. L., Tomkinson – D. M. and Slabalin L. I.: *High-Temperature Hot-Pressing of Titanium Carbide – Graphite Hetero-Modulus Ceramics*; *J. Eur. Ceram. Soc.*, v. 27., No. 5., pp.2171-2181 (2007)
- [19] I. L. Shabalin – V. M. Vishnyakov – D. J. Bull – S. G. Keens – L. F. Yamschnikov – L. I. Shabalin: *Initial stage of oxidation of near-stoichiometric titanium carbide at low oxygen pressures*; *Journal of Alloys and Compounds*; No. 472., pp.373-377 (2009)

Extrém dinamikai szilárdságú alumínium-oxid alapú hetero-modulusú kerámia kompozitok – a Si_3N_4 fázisátalakulása nagy sebességű fém testekkel történő ütközés során

A gyártók és a kutatók napjainkig már számos különleges tulajdonságokkal rendelkező kerámiát és kerámia kompozitot kifejlesztettek. Ezeknek az anyagoknak a többsége ugyanakkor a relatíve nagy, durva szemcséből álló kristályszerkezet miatt dinamikus igénybevételek esetén hajlamosak a repedésre és a rideg-törsésre; ezért alkalmazatlanok a 800 m/sec vagy annál magasabb sebességű fém és egyéb kemény tárgyakkal történő ütköztetésre. A kerámia anyagok és kompozitok kutatásában, fejlesztésében és vizsgálatában megszerzett többéves tapasztalat alapján a szerzőknek sikerült $\text{Si}_2\text{O}_3\text{N}_2$, SiAlON , AlN és Si_3N_4 részecske erősítéssel olyan új alumínium-oxid mátrixú, egyidejűleg több Young-modulussal bíró “hetero-modulusú” kompozit anyagokat kifejleszteni, amelyek kiváló mechanikai tulajdonságokkal rendelkeznek. Ezeknek az új kompozit anyagoknak a dinamikai szilárdságát különböző, nagy test-sűrűségű, 800 m/sec-nál nagyobb sebességgel repülő fém tárgyakkal történő ütköztetéssel vizsgálták. Az ütközés során a repülő fém tárgyak mozgási energiáját az ütközésben résztvevő kerámia és fém testek roncsolódása, felmelegedése és átkristályosodása nyeli el. A szerzők úgy találták, hogy a nagy sebességű ütközés hatására az új kompozit anyagot alkotó valamennyi komponensnél jelentős fázisátalakulás figyelhető meg. Ugyanakkor oxigén-hiányos környezetben az ütközés epicentrumában és annak környezetében a szilícium-nitrid kocka-rácsú “ Si_3N_4 gyémánttá” alakul át, nitrogén atomokkal a kocka-rácsok közepén. Ez az új “ Si_3N_4 gyémánt” adja a kifejlesztett új, alumínium-oxid mátrixú kerámia kompozit rendkívüli nagy dinamikai szilárdságát és keménységét. Neki köszönhető, hogy a kifejlesztett új, “hetero-modulusú” kerámia kompozit viszonylag kis behatolási mélységnél képes megállítani és “ledarálni” az olyan nagy keménységű anyagokat is, mint a wolfram-karbid.

Oxigén felesleg jelenléte esetén ilyen új köbös “ Si_3N_4 gyémánt” szemcséket nem sikerült megfigyelni, miközben az ütközésben résztvevő fémek erősen megolvadtak és eloxidálódtak.

A szerzőknek sikerült matematikailag leírni azt is, hogy ütközés során a “becsapódó” fém tárgy mozgási energiájából mennyi nyelődik el a kerámia test roncsolódása, illetve az ütközésben résztvevő kerámia és fém test felmelegedése és fázisátalakulása által.

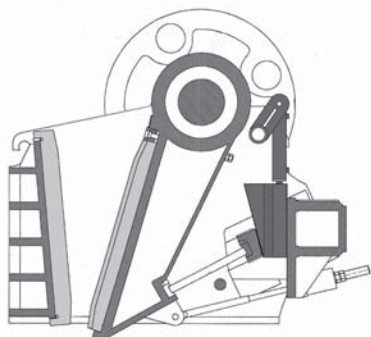
Törés-osztályozás

Ásványbányászat – bontott anyagok

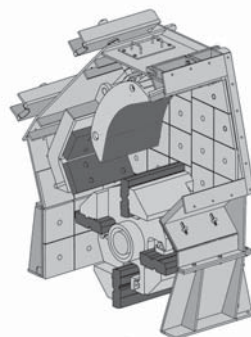
Az MFL + G gyártmányai kiválóan alkalmasak fenti tevékenység szakszerű elvégzésére.



Mobil pofás- és röpitő törők 40-350 t/h teljesítményig
Telepített törőberendezések teljesítmény igény szerint



pofástörő metszete



röpitőtörő metszete

FORGALMAZÁS • ALKATRÉSZ • SZERVIZ



1103 Bp., Gergely u. 81. • Tel.: 36-1 433-2004 • Fax: 36-1 260-0903

Web: <http://www.mfl.at> • E-mail: mfl@t-online.hu

Producing of concrete by using a dolomite waste as an alternative filler

ALEKSANDRS KORJAKINS ▪ Institute of Materials and Structures of Riga Technical University ▪ aleks@latnet.lv

GENADIJS ŠAHMENKO ▪ Institute of Materials and Structures of Riga Technical University ▪ gs@apollo.lv

DIANA BAJARE ▪ Institute of Materials and Structures of Riga Technical University ▪ diana.bajare@rtu.lv

SERGEJS GAIDUKOV ▪ Institute of Polymer Materials of Riga Technical University ▪ gaidukov@gmail.com

DANUTA PIZELE ▪ Institute of Polymer Materials of Riga Technical University ▪ polmaterials@gmail.com

The object of this investigation is crushed dolomite waste that originally is mixture of sand and small size powder fractions. Investigation of physical and chemical property of material showed generally homogeneous mineralogical composition of waste: dolomite $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ content is not less than 92%. Fine-graded and ordinary concrete materials were produced substituting quartz sand with dolomite waste sands. Frost resistance and compression strength of concrete specimens filled with dolomite waste are equal to the concrete filled with traditional quartz sand. Compositions filled with dolomite sand showed higher water absorption and water penetration. Investigations have shown the possibility utilization a dolomite sand waste as substitution of traditional quartz sands.

Introduction

Nowadays increased attention to such materials, which are storing in the large volume of waste materials staying at open dolomite stone cast mines and lime stone pits after technological production of building materials: gravel and fractioned crushed stones. Crushed stones are produced by development a large parent mass of rock. Thus, many secondary undesirable tiny aggregates (powders, sands) with features depending on the properties of the parent rock (e.g., chemical and mineralogical composition, specific gravity, hardness, strength, physical and chemical stability, pore structure and color) are considered.

Last years in Latvia remained tremendous large quantities of such technological wastes, as very tiny crushed sands, that needs to be recycled with maximum efficiency. For example, due to production of the crushed dolomites more than 10 million m^3 of waste are accumulated at one open cast mine. During decades dolomite sand waste accumulates and is quantified in million tons nowadays. Produced waste mostly remains unused on quarries occupying place and increasing overall technological costs. Such situation demands integrated approach to the produced waste recycling possibilities [1–4].

There are many ways and possibilities to use investigated dolomite fraction or sands. It can be used in agriculture as lime substitute for soil treatment, as quartz sand equivalent in building industry and other. In turn, utilization of dolomite sand wastes in production technology of concrete has been proposed. By this work the continuous investigations aiming the preparation and testing of different concrete materials using different materials and also waste materials as fillers are started.

The aim of an investigation is developing technology for production concrete materials with properties are equivalent and even enhanced of traditional concrete. The investigation was focused on the determination of structure-property regularities of the produced material, which is vitally important. Waste sands mineralogical composition is characterized using wide angle X-ray diffraction analysis (WAXD), sand

Aleksandrs Korjamins

is professor of Riga Technical University, Faculty of Civil Engineering since 2006. A. Korjamins received doctor degree in 1997 in the field mechanics of Solid and Diploma of Civil engineer in 1985. Fields of research: fracture toughness of composites, numerical methods and computer analysis of structures, building materials, constructions, recycling. Up to date are published more than 50 scientific publications.

Genadijs Šahmenko

is researcher at Riga Technical University Faculty of Civil Engineering. Scientific interests are building materials, constructions, recycling of building materials, high-strength concrete. G. Šahmenko has received doctor degree in the field of Material science at 2004. PhD concerned to the design of concrete mixture. Up to date are published more than 10 publications.

Diana Bajare

is associate professor of Riga Technical University, Faculty of Civil Engineering since 2007. She was a PhD student of Riga Technical University, Faculty of Chemical Technology in 1996–2001. D. Bajare received doctor Degree in 2001. Fields of interest: ceramics, building materials, recycling of industrial waste. Up to date are published more than 20 publications.

Sergejs Gaidukovs

is researcher at Riga Technical University Faculty of Material Science and Applied Chemistry. Scientific interests are nanophase and nanostructured materials, hybrid organic-inorganic materials, polymers and construction materials. S. Gaidukovs has received PhD in the field of Material Science at October, 2008. PhD concerned to the investigation of nanostructured polymeric materials. Up to date are published more than 10 publications.

Danuta Pizele

is PhD student at Riga Technical University Faculty of Material Science and Applied Chemistry. Scientific interests are polymer blends with polyolefins, polymers and composites. D. Pizele is a member (GradIMMM) of IOM (Institute of Materials, Minerals and Mining) 2008. Investigations have being carried within the field of polymers, material science, material testing. Several publications have been issued.

size distribution is analyzed using powder grading and laser scattering analysis of its suspension. Differential thermal analysis (DTA) and thermal gravimetric analysis (TGA) of the dolomite waste are also performed. All these properties have an important influence on the quality of fresh and hardened concrete. The new compositions of produced concrete material have been created by modifying initial quantities of dolomite sand additive in the composition. Compression strength, water absorption and density properties of produced concrete material are investigated.

Experimental methods

Materials

Dolomite is supplied from the open cast mine in Latvia. Before usage and investigations dolomite sand is preliminary remixed for homogeneity and dried in closed oven at $105 \pm 5^\circ\text{C}$. Drying conditions of the dolomite powder are chosen correspondingly to the preliminary investigations performed by DTA-TGA analysis.

Finally concrete filled with quartz and dolomite sands has been prepared. Concrete mixtures were cast into oiled steel cube shape moulds according to [5] and kept till complete

solidification. Produced concrete specimens were further tested in accordance with LVS EN12390-3:2002 [6].

Testing

Specimens of the selected dolomite waste are investigated using several experimental methods. The particle size parameters of dolomite sand are found from data of the grading and laser scattering experiments, while observation of the dolomite temperature transitions during heating realized by the DTA-TGA (Fig. 1.).

The waste specimen's mineralogical structure was examined by the method of X-ray diffraction. The X-ray diffraction measurements were carried out on a Bruker diffractometer at a temperature of 20 °C. The CuK_α -monochromatic radiation with a wave length of $\lambda = 0,154$ nm in the range of diffraction angles 2θ from 4 to 50° was used. The scanning rate was 2 deg/min.

The calorimetric tests were carried out by DTA on a Paulig DTA instrument. The specimens about 10 mg in weight were heated in an inert atmosphere at a rate of 10 °C/min in the temperature range from room temperature to 1000 °C. The thermogravimetric tests by the method of TGA were performed also on a Paulig instrument. Specimens about 10 mg in weight were heated in an inert atmosphere up to 1000 °C. The dolomite powder thermal stability was evaluated from the weight-loss curves.

For identification of dolomite particle sizes we choose, firstly, sieving (also with additional washing) using sieve set equipped with mechanic vibration table and secondly, further for smaller fraction less than 63 μm laser scattering or turbidity analyses.

The compressive strength tests of concrete were performed on compression testing equipment. Testing was taken according to the standard LVS EN 12390-3:2002 for three samples of each composition after 7- and 28-day aging period.

Water penetration under pressure was performed according to LVS EN 12390-8:2002. Specimens were placed into experimental testing equipment and aged at pressure 500 kPa for 72 hours.

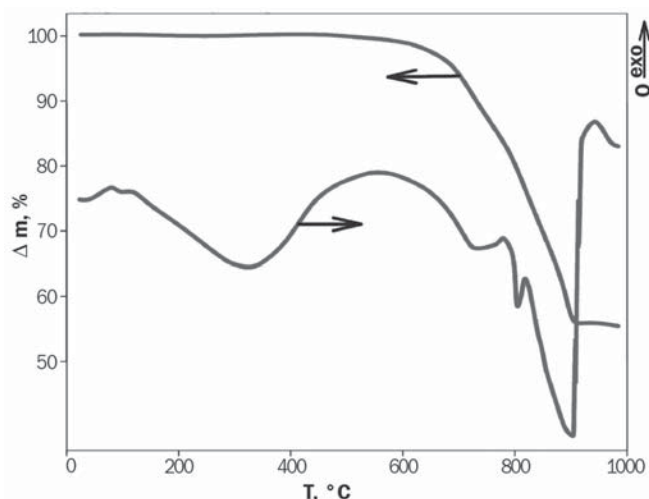


Fig. 1. DTA-TGA thermographs of dolomite waste
1. ábra Dolomit hulladék DTA-TGA görbéi

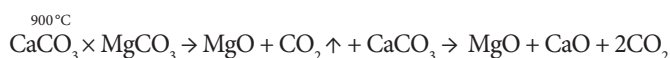
Results and discussions

Dolomite waste properties

Mineralogical composition of dolomite waste has been obtained by X-ray diffraction. The pattern indicates that the main components of the investigated composition are dolomite $\text{CaCO}_3 \times \text{MgCO}_3$ and small amounts of quartz SiO_2 – 2,5% and calcite CaCO_3 – 1,5%. There is no evidence of clay minerals being present in the mix. It is obvious that dolomite by nature is kind of the primary sediment mineral and has the wide spread geologic distribution [7]. The chemical formula of dolomite is $\text{CaCO}_3 \times \text{MgCO}_3$ with the averaged chemical composition. Results were obtained from the chemical analysis according to LVS EN 1744-1 which shows that dolomite is 92%, oxides – CaO ~31%, MgO ~17% and the other oxides which in total are less than 1% of the weight of the raw material – Fe_2O_3 – 0,34%, Al_2O_3 – 0,64%, Na_2O – 0,82%, K_2O – 0,76%, SO_3 – 0,05%.

The DTA-TGA analysis shows typical decomposition process of dolomite (water physical adsorption and water chemical debonding from material and separating up of the material into constituent parts) increasing the temperature. The resolving process of dolomite occurs at the temperature interval from about 590 °C to 900 °C, which is presented by the endothermic reaction peaks at DTA curve. The maximum weight loss reaches 45% what is attributed to emission of CO_2 . The products of dolomite decomposition are MgO , CaO and CO_2 . This process is accompanied by the following chemical reaction:

730–740 °C



Two different concretes have been prepared: fine-graded concretes D1-D5 contain dolomite and traditional quartz sands varying from 0 till 100%, ordinary concretes D6 and D7 with dolomite waste and traditional quartz sand. Produced concrete compositions D1-D7 are shown in Table 1. Concrete mixture components are homogenized in concrete mixer after that necessary water quantity was added.

	Fine-graded concrete					Norm. concrete	
Mix designation	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
Dolomite sand, % by total sand content	0	25	50	75	100	0	100
Concrete mixture compositions, kg/m ³							
Portland cement	380	380	380	380	380	350	350
Gravel, 2–10mm	–	–	–	–	–	1038	1038
Quartz based sand of fraction 0/4 mm	1324	1000	676	331	–	–	–
Quartz based sand of fraction 0/0,5mm	234	177	120	59	–	138	–
Remina dolomite sand	–	381	762	1169	1558	–	–
Plavinas dolomite sand	–	–	–	–	–	–	724
Water	245	256	260	264	269	212	224

Table 1. Concrete mixture compositions
1. táblázat A betonkeverékek összetétele

Optimized compositions of concretes D6 and D7 are developed by modern methodology using particle size distribution data of all concrete contaminants (gravel, quartz sands, and dolomite waste) presented in Fig. 2. Different fillers take 60–80% of concrete volume and the granulometry of the fillers has great influence on material final features. Optimal compositions of concrete are calculated. The granulometric compositions curves of produced concrete D6 and D7 are located in the region between ordinal dotted curves.

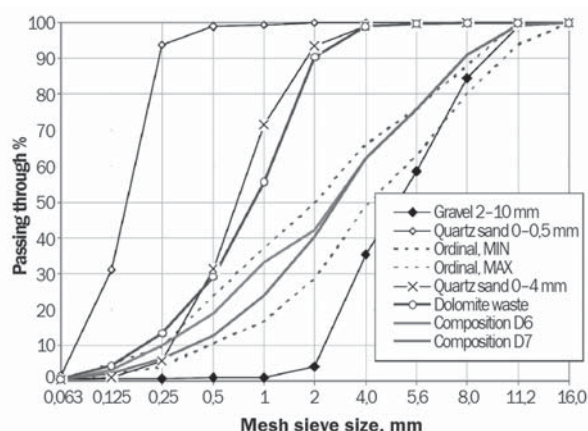


Fig. 2. Particle size distribution of concrete composition
2. ábra A beton összetételek szemcseméret eloszlása

Fresh and hardened concrete properties

Analyzing the fresh concrete mix properties such as cement/water ratio, cone flow and cone slump, can be concluded that concrete filled with dolomite sand involves additional water content. Thus the cement/water ratio has been changed for keeping necessary concrete mix consistency. Cement/water ratio slightly enlarges from 0,69 till 0,76 increasing dolomite content in the specimens D1- D5.

Cone flow and cone slump of the concrete mix are decreasing from 190 mm (D1) to 172 mm (D5) and 105 mm (D1) to 80 mm (D5) correspondingly. Concrete compositions D6 and D7 are characterized with coarse particle content and lower values of cement/water ratio. Obviously, dolomite sands, initially having semicrystalline nature particles, can quite homogeneously disperse in the volume of the growing concrete stone and develop rigid spatial interpenetrated network that causes increasing overall strength in fresh and hardened concrete. Such effect of dolomite additive to the fresh concrete mortars is owed to the changes of qualitative and quantitative characteristics of concrete stone structure formation during the intrinsic hydration reaction process. The properties of fresh concrete are shown in Table 2.

Mix designation	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
Dolomite sand, % by total sand content	0	25	50	75	100	0	100
Fresh concrete mortars properties							
Cement/water ratio	0,69	0,72	0,74	0,75	0,76	0,61	0,64
Cone flow, mm	190,00	185,00	185,00	180,00	172,00	-	-
Cone slump, mm	105,00	100,00	105,00	90,00	80,00	70,00	70,00

Table 2. Fresh concrete properties
2. táblázat A frissbetonok tulajdonságai

Density of concrete compositions D1–D5 remains unaffected from the dolomite content. The compositions D1–D5 showed a little more water absorption for compositions with dolomite sand.

Compression strength of the compositions D6 and D7 remains the same after 7 and 28 days in spite of higher water/cement ratio in dolomite sand filled concrete D7, what could be an effect of the dolomite additive to the fresh concrete mortars due to changes of the qualitative and quantitative characteristics of the concrete stone structure formation during the intrinsic hydration reaction process. Some authors presuppose development of the novel hydration complex phase on the interface of the cement and dolomite particles, that is featured as the semicrystalline high adhesion and the density complex epitaxial phase [7, 8]. Tension strength of the compositions D6 and D7 is 2,28 and 2,31 MPa. Water penetration of D6 is 20,5 mm and of D7 – 32,0 mm. Physical and mechanical properties of the hardened concrete are shown in the Table 3. It was shown by the testing that compositions filled with dolomite sand have the same frost resistance as compositions with traditional sand.

Mix designation	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
Dolomite sand, % from total sand content	0	25	50	75	100	0	100
Concrete properties							
Density, kg/m ³	2196,0	2170,0	2229,0	2173,0	2229,0	2301,0	2335,0
Compression strength after 7 days, MPa	16,5	16,0	16,0	16,4	17,4	19,5	20,8
Compression strength after 28 days, MPa	27,0	27,1	26,8	28,4	28,6	32,3	31,5
Water absorption, %	6,8	8,2	8,3	8,0	7,8	-	-
Frost resistance, cycles	F100	F100	F100	F100	F100	F150	F150

Table 3. Hardened concrete properties
3. táblázat A megszilárdult betonok tulajdonságai

Conclusions

Compositions filled with dolomite sands consume additional water quantity to maintain homogeneous fresh mortar concrete properties. Compositions filled by dolomite sand and quartz sand in different proportions have equal compressions strength values in comparison with traditional concretes: ~16–17 MPa and ~26–28 MPa after 7 and 28 days, correspondingly. Compositions with dolomite sands had higher water absorption than compositions with traditional sand.

Concrete composition filled with dolomite sand wastes has the same frost resistance as composition filled with ordinary quartz sand. In the same time, composition with dolomite sand wastes has higher water penetration under pressure.

Based on above mentioned results it is concluded that investigated dolomite sand waste can be used as quartz sand equivalent material to produce concrete with set of properties (cone flow, cone slump, compression strength, water

penetration, density) very close to traditional concrete filled by quartz sand.

Acknowledgement

The financial support of Ministry of Educational and Science of Republic of Latvia and Riga Technical University is acknowledged.

References

- [1] V. Mymrin – S. M. Correa: *New construction material from concrete production and demolition wastes and lime production waste*, Construction and Building Materials, 21, 578–582, 2007
- [2] H. Donza – O. Cabrera – E.F. Irassar: *High-strength concrete with different fine aggregate*, Cement and Concrete Research, 32, 1755–1761, 2002
- [3] L.A. Diaza – R. Torrecilla – A.H. De Azab – P. Penab – S. De Azab: *Alumina-rich refractory concretes with added spinel, periclase and dolomite: A comparative study of their microstructural evolution with temperature*, Journal of the European Ceramic Society, 25, 1499–1506, 2005
- [4] Bülent Yilmaz – Asim Olgun: *Studies on cement and mortar containing low-calcium fly ash, limestone, and dolomitic limestone*, Cement and Concrete Composites, 30, Issue 3, 194–201, 2008
- [5] Sacietējuša betona testēšana, 2.daļa: Stipribas testu paraugu izgatavošana un cietināšana, LVS EN 12390-2:2002, 2002
- [6] Sacietējuša betona testēšana, 3.daļa: Testa paraugu spiedes stiprija, LVS EN12390-3:2002, 2002
- [7] Wypych George: *ChemTec, Handbook of Fillers*. 2nd ed., Publishing, 2000.
- [8] Xu Lingling - Deng Min: *Dolomite used as raw material to produce MgO-based expansive agent*, Cement and Concrete Research, 35, 1480–1485, 2005

Betonkészítés dolomit hulladék alternatív töltőanyagként való felhasználásával

E kutatás a homokszem nagyságú és poros frakciókból álló dolomit őrlemény vizsgálatával foglalkozik. Az anyag fizikai és kémiai tulajdonságainak vizsgálata alapján a hulladék általánosságban homogén ásványi összetételű: a dolomit – $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ – tartalom legalább 92%. Finomszemcsés és hagyományos betonokat készítettünk, amelyekben a kvarchomokot a dolomit hulladékkal helyettesítettük. A kvarchomok helyett dolomit hulladékot tartalmazó betonminták fagyállósága és nyomószilárdsága megegyezett a hagyományos, kvarchomokkal készített betonokéval. A dolomithulladék töltőanyagú betonok erősebb víz abszorpciót és vízbehatalást mutatnak. A kutatások alapján lehetőség nyílik a hagyományos kvarchomoknak hulladék dolomithomokkal való helyettesítésére a betonokban.

AZ ÉPÍTÉSI ÁGAZAT HELYZETÉRTÉKELÉSE, SÚLYPONTI PROBLÉMÁI ÉS 2009. ÉVI VÁRAKOZÁSAI

HELYZETÉRTÉKELÉS

Harmadik éve tart az építési piac szűkülése. 2007-ben a kereslet jelentősen visszaesett és az országos építési szerelési tevékenység csaknem 200 milliárd Ft-tal volt kevesebb, mint 2006-ban. 2008-ban további 11,5%-kal csökkent az országos építésszerelési tevékenység. Összehasonlítható áron 30%-os termelés csökkenés várható 2009 év végéig 2006 évhez képest.

Az építőipari árak 2007-ben 6,3%-kal emelkedtek, ami azt jelenti, hogy 2007-ben az ágazatnak közel 2 százalékpontos inflációs veszteséget kell elviselnie. Az inflációs árvesztés 2007–2009 években várhatóan 5%-os.

Az **építőipar árbevétel-arányos jövedelmezősége átlagosan 2,8%**, melyet a fontosabb alágazatokban végzett ÉVOSZ felmérés is alátámaszt. Az átlagszám az építési vállalkozások nagy számánál tartósan mérleg szerinti veszteséget jelent az elmúlt két évben. Legjobb jövedelmezősége az út- és mélyépítési munkáknak van, ahol ez a szám eléri a 10%-ot.

Az építési piacot változatlanul a **vállalkozások igen magas száma** jellemzi: több mint 80 ezer vállalkozás működik az országban, melyek fele egyéni vállalkozás.

Mára az **érték-ár arányok teljesen eltorzultak az építési piac egész láncolatában**, a tervezéstől a kivitelezésen át, a garanciális időszakban történő helytállásig. Az önköltség alá szoruló árversényi következtében számos nagy múltú cég szűnt meg az utóbbi két évben és sokasodó felszámolásokra lehet számítani. Mindezek következtében **a láncartozások nem csökkennek, az ágazat jövedelmezőségi és likviditási helyzete tovább romlik**.

SÚLYPONTI PROBLÉMÁK

Irreálisan alacsony ár

Különösen a közbeszerzési piacot jellemzi a nem értékarányos vállalkozás és szerződéses ár, ami sok esetben irreálisan alacsony árakat eredményez.

Láncartozás

2008-ban és 2009-ben tovább romlott az építőipari vállalkozások likviditási helyzete és növekedett a láncartozás. Az építőipari láncartozás becsült értéke 400 milliárd Ft.

Fekete munka

A KSH lakossági munkaerő-felvétel adatai szerint az építőiparban valójában a hivatalosan bejelentett munkaerőnek közel duplája, azaz mintegy 300 ezer fő a foglalkoztatottak száma, ami a nemzetgazdaság egészében foglalkoztatottak 8%-át teszi ki. Ez főként az alkalmi jelleggel munkát vállalók más ágazatokhoz viszonyított magas arányából és a bejelentés nélküli foglalkoztatásból adódik.

Szaktanmunkaerő hiánya

Az építőipari szaktanmunkaerő biztosítása egyes hiányszaktmákban egyre nehezebb, melynek fő oka az építőipari szakképzésben rejlik.

Lakásépítés

A gazdasági válság, az ÁFA 25 %-ra történő emelése, a megnehezedett hitelfelvételi lehetőség a fizetőképes lakáskereslet ellen hatnak. A lakásépítésre szakosodott építési szervezetek különösen nehéz helyzetbe kerültek, az építési szakágak közül ennek a részpiacnak a zsugorodása a legnagyobb. A lakásépítési piacon 35-40%-os kereslet visszaesést jeleznek a cégek 2006 évhez képest.

AZ ÉPÍTÉSI VÁLLALKOZÁSOK 2009. ÉVI VÁRAKOZÁSAI

Az építési vállalkozások 2009. évi várakozásai negatívak, ellentmondásosak és sok bizonytalanságról tanúskodnak. Ennek egyik oka, hogy az építési vállalkozások helyzetét (és ide kell érteni a tervező, lebonyolító cégeket is) rontja az a jogi bizonytalanság, amely a megszáporodott és rendkívül elhúzódó peres ügyekből és a közbeszerzési piacon tapasztalható kiszolgáltatottságukból fakad.

A kormányzati és önkormányzati keresletet 2009. évben várhatóan pangás jellemzi majd. A brüsszeli források igénybevételét pedig alapvetően nem a projektek hiánya, hanem egyrészt a saját erőforrások korlátozott volta hátráltatja, másrészt az uniós forrásokból finanszírozható kiemelt beruházások előkészítésénél tapasztalható jelentős késedelem.

A magán megrendelői piac szegmensében is további csökkenés várható 2009-ben. Az ÉVOSZ prognózisa szerint, az igen alacsony 2008. évi szint további 5%-os csökkenése várható. Az ÉVOSZ által megkérdezett cégek nem számítanak az építési piac bővülésére 2009-ben. Növekszik viszont a „túlélési” stratégiát kényszerűen választó építési vállalkozások száma. Az építési vállalkozók túlnyomó többsége a megkötött vállalkozási szerződéseiben az energiaár-emelkedésből és egyéb inflációs jelenségekből adódó többletköltségeit csak részlegesen tudja továbbhárítani, ezért jövedelemtermelő képességük tovább romlik.

Betonösszetevők hatása a hőtűrésére

FEHÉRVÁRI SÁNDOR • BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék • Fehervari.Sandor@t-online.hu
SALEM GEORGES NEHME • BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék • sgnehme@yahoo.com

The effect of the concrete components on the temperature endurance

Last quarter's accidents turn the public attention to the danger of the tunnel fires. The evolving heat of the fires damages the tunnel linings. To moderate the effect of high temperature on the concrete it is necessary to understand the behaviour of the concrete to these extreme conditions. Present papers summarized our experimental results of the effect of the concrete components on the temperature endurance. Our results show that the decrement of the water/cement ratio increases the temperature endurance of the compressive strength. The split-tensile strength characteristics of the specimens containing only quartz aggregate show same behaviour independently of the water/cement ratio, the maximal grain size, the dosage of PP-fibre or air-entraining admixture. Replacing the sand fraction with 0/6 mm barite auspicious improvements were experienced both in the temperature endurance of the compressive strength and in the split tensile strength.

Keywords: tunnel, fire, concrete, compressive strength, temperature endurance, air-entraining admixture, PP-fibre, barite

1. Bevezetés

A felszíni közlekedés zsúfoltsága, és az egyre gyorsabb személy- és teherfuvarozás iránti igény adott esetben a forgalmat alagutakba kényszeríti. A zárt térbe terelt forgalom biztonsági kockázata jelentősen meghaladja a „nyitott” közlekedését, és ezért a biztonsági előírások is messze meghaladják szokványos rendszabályokat. Az üzemszerűtől eltérő körülmény mind az alagútban tartózkodókra, mind szerkezetére komoly fenyegetést jelent. Az elmúlt évtized statisztikái szerint továbbra is, minden, a biztonságot fokozó intézkedés ellenére – a forgalmi terhelések növekedésével párhuzamosan – a balesetek száma növekszik. A forgalom-biztonság javítása, a balesetek számának és az okozott kárnak csökkentése, valamint egy baleset túlélési esélyének növelése az egész világon több tudományágat integráló feladatot jelent az alagutakat tervezők, építők, fenntartók és használók számára.

2. Alagúttűzek, tűzteher

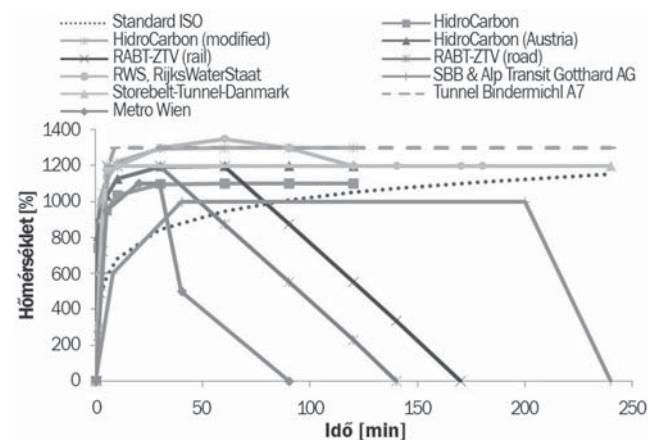
A katasztrófák ráirányították a figyelmet az alagútban keletkező tűzek által okozott hatások vizsgálatára, a szerkezetnek a tüzeset után is megmaradó biztonságának növelésére. Az alagútfalazat szerkezeti anyagainak vizsgálata az elmúlt évtizedek egyik jelentős kutatási témájává vált. A műtárgyban kitört tűz jellege és baleset során felszabadult nagy mennyiségű hő hatásai jelentősen eltérnek az „egyszerű” magasépítési tűzekétől (pl. ISO 834). A szerkezeti anyagok vizsgálatához elengedhetetlen a falazatot érő hőteher meghatározása. Elméleti számítások, numerikus és nagyminta kísérletek eredményeképpen több európai országban meghatározták az alagúttűzekre érvényes szabványos lég(gáz) hőmérsékleti görbéket. Egyes nagyműtárgyak esetében, az áthaladó szerelvények éghetőségi jellemzőinek pontosabb ismeretében egyedi hőmérséklet-idő görbéket definiáltak. Mindezen görbék általános jellemzője (amint az 1. ábrán látható) a gyors hőakkumuláció, amely a legtöbb esetben 5–10 perc alatt kialakítja az 1000 °C-os hőmérsékletet.

Fehérvári Sándor

(1981), okl. építőmérnök (BME 2006).
 Doktorandusz a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszéken. Fő érdeklődési területe az alagúttűzek természete, leírása és a szerkezetre gyakorolt hatása, speciális mély- és alagúttűzépítési módszerek, szerkezeti és háttérinjektálás, mélyépítési szerkezetek építéstechnológiai és utólagos javítási kérdései. A Magyar Alagútépítő Egyesület, a fib Magyar Tagozata, a Közlekedéstudományi Egyesület, a Szilikátipari Tudományos Egyesület és az Építéstudományi Egyesület tagja.

Dr. Salem Georges Nehme

(1963) okl. építőmérnök (BME 1992), vasbetonépítési szakmérnök (BME 1996), PhD (BME 2005). Egyetemi docens, a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék laborvezetője. Fő érdeklődési területei: Nagyszilárdságú betonok és habarcsok kutatása. Az öntömörödő betonok tartóssági és összefüggése a porozitási kérdéseinek összefüggés-vizsgálata. Az öntömörödő betonok és acélszálalás öntömörödő betonok alkalmazása a beton és vasbeton megerősítésében. Betontechnológia különleges betonok területén, pl. az öntömörödő betonok tömegbetonként való alkalmazása és a felmerülő problémák (hőmérséklet-eloszlás okozta repedések) megszüntetése. Tömegbetonok minőségellenőrzése, látszóbetonok, nehéz adalékanyagokból betonok készítése, a nehézbetonok vizsgálata, másodlagos (építési, bontási) építőanyagok újrahasznosítása, vasbeton szerkezetek megerősítése szénlammellával, vasbetonszerkezetek tartóssága. Acélszál-erősítésű vasbeton lemezek átszűrődési teherbírásának növelése acélszálakkal. A fib Magyar Tagozat és a Szilikátipari Tudományos Egyesület tagja.



1. ábra A mértékadó lég(gáz)hőmérsékletek (szabványos tűzgörbék) a tűz környezetében Blehmann és Girnau [1] valamint Schneider és Horvath [2] alapján

Fig. 1. Authoritative air/temperature (standard fire curves) near the fire according to Blehmann és Girnau [1] and Schneider és Horvath [2]

3. Alagúti vasbetonfalazatok viselkedése tűz esetén

A hatások ismeretében lehetséges az alagútban tartózkodók és a műtárgy aktív megóvásán kívül, a tűz alatt és után is jelentős terheket viselő műtárgyszerkezet állékonyságának, vagyis a szerkezet hőtűrésének a növelése.

Ahhoz hogy a szerkezeti anyagokra gyakorolt hatást minél inkább mérsékelhessük, pontosan ismernünk kell a betonban és vasbetonban a hő hatására bekövetkező fizikai és kémiai változásokat. A vasbeton-szerkezetű alagútfalak tűzállóságának vizsgálatakor a beton, a betonacél és a köztük lévő tapadás viselkedése külön-külön is döntő jelentőségű

a falazat teherbíró-képességének szempontjából. A szokványos betonacélok szilárdsága már viszonylag kis (kb. 400 °C-os) hőmérsékletnél is rohamosan csökkeni kezd [3]. Az acél-beton tapadás elemzésekor is hasonló eredményeket kapunk. E tényezők ismeretében a szerkezetbe épített acél védelmének leghatékonyabb módja a *betonfedés növelése*, mintegy hővédő, hőszigetelő réteget képezve. Már 40–50 mm-es betonfedés is jelentős mértékben hőszigetel [4]. A szerkezeti beton tűzállóságának javítását segítheti az anyagban lezajló *fizikai és kémiai változások* tanulmányozása (1. táblázat). A kialakuló gőz-, gáz- és mechanikai nyomás a felületi rétegeket lehámlasztja, lefeshetheti, ami *réteges leválást (spalling)* eredményezhet [5]. A réteges leválásban rejlő legnagyobb veszély a *betonfedés folyamatos csökkenése és az acélbetétek felszínre kerülése*. A beton nyomószilárdsága a hőmérséklet emelkedésével csökken. A tűzzel érintkező felületen a *nyomószilárdsági értékek* csökkennek [3].

Hőmérséklet [°C]	Reakció, átalakulás vagy tulajdonság
30–120	a beton pórusaiban lévő víz távozása
140–180	az <i>ettringit</i> , valamint a <i>monoszulfát</i> vízvesztése [6]
250–1000	kémiai kötött vizek felszabadulása
300-tól	a mikropedések számának és a beton porozitásának jelentős növekedése [7] [8]
373	a víz hármaspontja, efelett a víz nem lehet folyékony halmazállapotú [7]
400–450	a Ca(OH)_2 dehidratációja
573 (575)	a SiO_2 kristályszerkezeti átalakulása: $\alpha \rightarrow \beta$ SiO_2 (5,7%-os térfogat-növekedés) [9]
750–850	a CaCO_3 hőbomlása
850–1000	a CSH hőbomlása [10]
1300–1700	beton alkotóinak olvadása [6] [11], kihűlés után amorf szerkezetű anyag marad vissza

1. táblázat Betonban hő hatására végbemenő kémiai és fizikai változások
Table 1. Chemical and physical changes in concrete under temperature

4. Vizsgált betonösszetételek és kísérleti módszerek

Kísérleteinkben meghatároztuk a maximális szemmagyság és a víz/cement tényezőnek a maradó szilárdsági jellemzőkre gyakorolt hatását. Vizsgáltuk a légbuborék-képző adalékszer és a PP-szál adagolás befolyását a maradó szilárdsági jellemzőkre. Vizsgáltuk továbbá a 0/6 mm-es baritnak (Baritmix I), mint homok-kiegészítő, illetve homok-helyettesítő anyagnak a hatását a maradó mechanikai jellemzőkre. Az alkalmazott változó és állandó vizsgálati paramétereket a 2. táblázatban foglaltuk össze. Az alkalmazott barit magas BaSO_4 tartalmú, *hőkezelésen* (730–740 °C) *átésett*, a sziderit (FeCO_3) pörkölési meddőjéből (Koch, 1985) származó *ércdúsítási melléktermék*. A Rudabánya térségében található *meddőhányó rekultivációjakor* a beton-technológiai alkalmazhatóság kísérletei (öntömörödő beton, sugárvédő nehézbeton) már kedvező eredményt hoztak [12] [13]. A BaSO_4 kristályvíz-mentes, nagy olvadáspontú (1580 °C [14]; vö.: bazalt 1150–1200 °C, andezit 950–1000 °C [15]) ásvány, izzítási vesztesége minimális (természetes állapotban 2%, tisztítottan 1%), 900 °C-ig nincs kristályszerkezeti átalakulás [16]. Összesen 14 különböző összetételű betont készítettünk barit adagolással.

1512 db próbatest hőtűrését vizsgáltuk. A szilárdságok összehasonlítására (150 mm élhosszúságú próbakocka; Ø100/200 mm próbahenger) valamint a beton nedvességtartalmának és látszólagos porozitásának meghatározásához további 280 db próbatestet használtunk fel. A hőterhelés vizsgálatok próbatesteinek *kis méretét* (Ø60/120 mm ill. Ø60/60 mm) az indokolta, hogy a réteges leválás, a kialakuló göznyomás, az egyenlőtlen felmelegedés az eredményeket ne befolyásolja. Hengeres próbatestekkel a szerkezetből kifűrt magminták szilárdsága jobban összehasonlítható.

Mértük a maradó *nyomószilárdságot* és a maradó *hasító-húzószilárdságot*. Meghatároztuk a *hasító-húzó- és a nyomószilárdság hányadosát*, a H/N értéket. Az összehasonlításhoz felhasználtuk a relatív szilárdság – hőterhelési hőmérséklet görbék határozott integrálját, a hőtűrés (HT; %×°C), ami a görbék összehasonlíthatóságát könnyíti meg.

A hasító-húzószilárdságok vizsgálata a *réteges leválás* miatt *elsődleges fontosságú*, mivel a beton húzószilárdságának *lokális kimerülése* eredményezi a tönkremenetelt. A betonszerkezet tüzeset utáni javíthatósága miatt vizsgáltuk, hogy a hasító-húzószilárdság mekkora hőmérsékletig haladja meg a tiszta húzószilárdsághoz ajánlott 1,5 N/mm²-es értékhez tartozó 2,0 N/mm²-es hasító-húzószilárdsági határt (Palotás, 1981).

Betonkeverékek			
Kísérleti szakasz	I.	II.	III.
Keverék jele	E1-E6	E7-E12	E13-E14
Kísérleti állandó	cementfajta: CEM I 42,5 R; cementadagolás: 400 kg/m ³ adalékanyag: kvarc alapú $d_{\max}$: 16 mm víz/cement tényező: 0,45		
Kísérleti változó	$d_{\max}$ (8, 16 mm) v/c (0,38; 0,45; 0,55)	LB (0,15; 0,3; 0,6 m/m _g %) PP-szál (0,1; 0,2; 0,5 V/V%)	0/6 mm barit adagolás (33% és 100% homok)
Tárolási mód	vegyes tárolás (MSZ 4798-1:2004); 1 hétig vízben, majd labor körülmények között		
Vizsgált jellemző	nyomószilárdság (Ø=60 mm h=120 mm henger) hasító-húzószilárdság (Ø=60 mm h=60 mm henger) a hőterhelés után visszahűlt próbatesteken (kb. 20 °C)		
Felfűtési hőmérséklet	11 hőfoklépcső: 20, 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 600, 750, 900 °C		

2. táblázat Kísérletekhez használt betonkeverékek adatai
Table 2. Data of concrete compositions used in tests

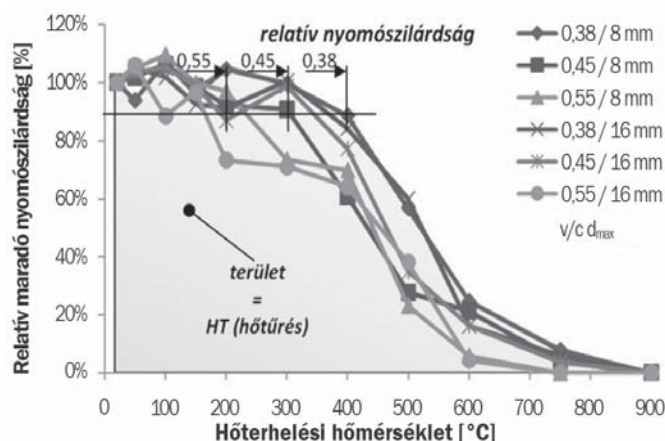
5. Vizsgálati eredmények

Megállapítottuk, hogy a 900 °C-on vizsgált próbatestek a hőterhelést követő 24–48 órán belül spontán szétestek, azonban az adalékanyag (elszíneződésétől eltekintve) sértetlen maradt. A tönkremenetel a cementkőben, illetve az adalékanyag és a cementkő közötti tapadási zónában következett be.

5.1 A víz/cement tényező és a maximális szemmagyság hatása a beton hőtűrésére

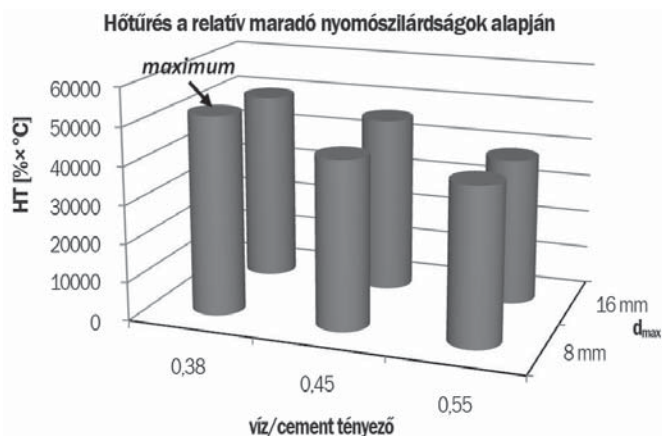
Megállapítottuk, hogy a beton próbatestek nyomószilárdság-változása (2. ábra) a hőterhelési hőmérséklet függvényében *három szakaszra* osztható. A *konstans*, vagy közel

konstans kezdeti szakaszt (200–400 °C-ig) gyors szilárd-ságvesztés követi. Nagy hőmérsékleten (600 °C felett) lassan csökken a maradó szilárdság. A maradó nyomószilárdság nagy (600 °C feletti) hőmérsékleten a kiinduló érték töredéke (kb. 10–20%). A relatív maradó nyomószilárdságok gyors szilárd-ságvesztési tartományának kezdete kitolódik a víz/cement tényező csökkenésével. Ezt támasztja alá a hőtűrés (3. ábra) csökkenésének mértéke is a víz/cement tényező növekedésével. Mind a relatív görbék lefutása mind a hőtűrés mértéke bizonyítja, hogy a maximális szemnagyságnak nincs hatása a relatív viselkedésre.



2. ábra A víz/cement tényező és a maximális szemnagyság hatása a hőterhelés utáni relatív maradó nyomószilárdságra (jelölés: víz/cement tényező / maximális szemnagyság)

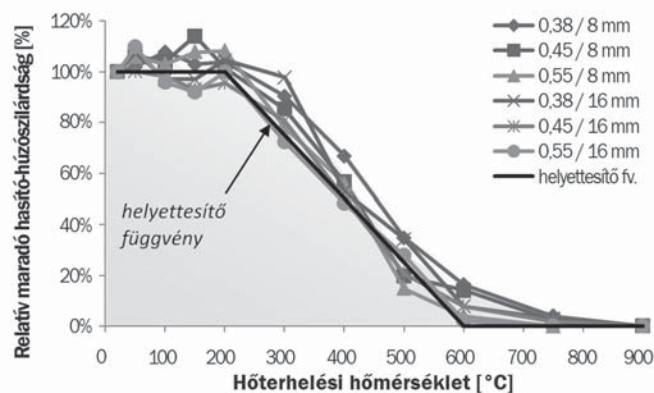
Fig. 2. Effect of the water/cement ratio and maximal grain size on the relative residual compressive strength (notation: water/cement ratio / maximal grain size)



3. ábra A víz/cement tényező és a maximális szemnagyság hatása a beton nyomószilárdságának hőtűrésére

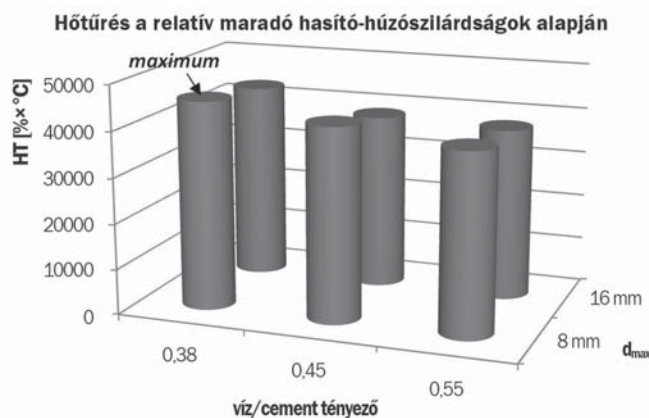
Fig. 3. Effect of the water/cement ratio and maximal grain size on the temperature enduring of the compressive strength of concrete

Megállapítottuk, hogy a relatív maradó hasító-húzószilárdságok (4-5. ábra) változásai közel azonosnak tekinthetők. A relatív maradó hasító-húzószilárdsági viselkedést sem befolyásolta az adalékanyag maximális szemcsemérete. A hasító-húzószilárdság leírására bilineáris közelítés alkalmazható. Víz/cement tényezőtől függően 220–420 °C-ig a szilárdság nagyobb, mint 2,0 N/mm² (javításhoz előírt minimum húzószilárdságból számított hasító-szilárdság).



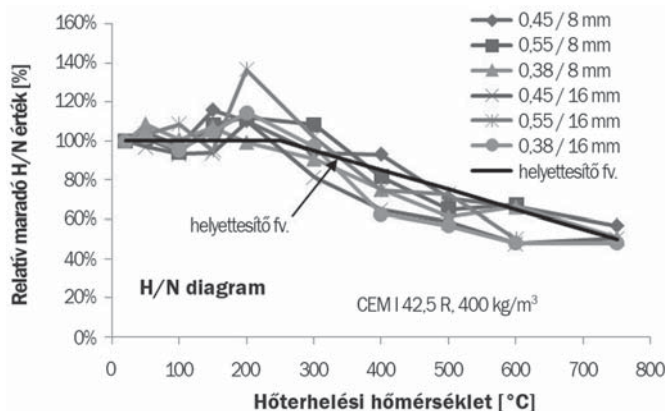
4. ábra A víz/cement tényező és a maximális szemnagyság hatása a hőterhelés utáni relatív maradó hasító-húzószilárdságra (jelölés: víz/cement tényező / maximális szemnagyság)

Fig. 4. Effect of the water/cement ratio and maximal grain size on the relative residual split-tensile strength (notation: water/cement ratio / maximal grain size)



5. ábra A víz/cement tényező és a maximális szemnagyság hatása a beton hasító-húzószilárdságának hőtűrésére

Fig. 5. Effect of the water/cement ratio and maximal grain size on the temperature enduring of the split-tensile strength of concrete



6. ábra A víz/cement tényező és a maximális szemnagyság hatása a hőterhelés utáni relatív maradó H/N érték változására (jelölés: víz/cement tényező / maximális szemnagyság)

Fig. 6. Effect of the water/cement ratio on the relative change on the H/N (split-tensile/compressive strength) values (notation: water/cement ratio / maximal grain size)

Megállapítottuk, hogy a H/N értékek változása (6. ábra), mind a valós mind a relatív értékeket tekintve, közel azonosak, függetlenül a víz/cement tényező változásától vagy a maximális szemcsemérettől. Kis hőmérsékleten állandónak tekinthető

értékek után a H/N érték csökkenni kezd, vagyis a beton hőmérsékleti szívóssága csökken, a ridegsége nő. A H/N érték változásának leírására bilineáris közelítés alkalmazható.

5.2 Légbuborék-képző adalékszer és PP-szál adagolásának hatása a beton hőterhelés után maradó szilárdsági jellemzőire

A speciális kiegészítőként adagolt PP-szál a beton réteges leválással szembeni ellenállásának javítása érdekében nemzetközileg elfogadott gyakorlat. A PP-szál kiegészítéssel létrejövő kapillaris rendszer csökkenti a felület közelében felgyülemelő, nagynyomású gőzt. Vizsgáltuk, hogy a kiegészítő PP-szálak hogyan befolyásolják a maradó szilárdsági jellemzőket. A kísérleteknél három PP-szál adagolást alkalmaztunk. A nemzetközi gyakorlat tűzvédelmi szempontból 0,1 és 0,2 V/V%-os (~1–2 kg/m³) PP-szál adagolást ír elő. A 0,5 V/V%-os (~5 kg/m³) adagolással a jelenségek további vizsgálatát elősegítő értéket vettünk fel. A kisméretű próbatestek miatt a PP-szál igazi hatását (gőznyomás levezetése) kifejezni nem tudja. A kísérleti cél a PP-szálnak a hőterhelés utáni mechanikai viselkedésre gyakorolt hatásának vizsgálata volt.

A légbuborék-képző adalékszer jellemzően a beton fagyállóságának javítását szolgálja, tűzállóság növelő hatását még nem vizsgálták. Mivel a tűz hatására bekövetkező réteges leválás és a fagyhámítás hasonló tönkremeneteli aprózódást mutat, érdemesnek tartottuk a légbuborék-képző adalékiszert is alkalmazni. Vizsgáltuk, hogy a bevitt, jelentős mennyiségű légbuborék hatására hogyan változik meg a beton hőtürése. A légbuborék-képző adalékiszert a 0,15; 0,3 és 0,6 m/m³-ban adagoltunk, ez 7–9 V/V%-os légtartalmat eredményezett. A vizsgált kiegészítőket az E4-es jelű (v/c = 0,45; d_{max} = 16 mm) betonreceptúrához adagoltuk.

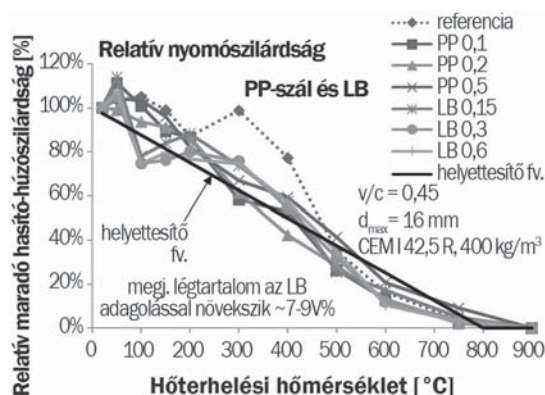
Az eredmények értékelésekor megállapítottuk, hogy a PP-szál adagolásakor a maradó szilárdságok görbéi a száladagolás mennyiségétől függetlenül, egymáshoz rendkívül közel futnak. A maradó nyomószilárdság (7-8. ábra) relatív változására a PP-szál adagolás mértéke nincs hatással (0,1–0,5 V/V% adagolás esetén), az eredménygörbék azonosnak tekinthetők. Légbuborék-képző adalékszer adagolásakor a relatív maradó szilárdságok már 100 °C-os hőterhelési hőmérséklettől 75–80%-os szintre csökkennek. 100–300 °C hőterhelési hőmérséklet között konstansnak tekinthető szilárdságokat eredményezett mindhárom légbuborék-képző adalékszer adagolás. A maradó nyomószilárdság relatív változására nincs hatással a légbuborék-képző adalékszer adagolása, az eredménygörbék azonosak. PP-szál és légbuborék-képző adalékszer adagolásakor a nyomószilárdságok hőtürése azonosnak tekinthető. A görbesereg leírására lineáris összefüggés alkalmazható.

A PP-szál alkalmazásával a közepes hőmérsékleti tartományban (200–500 °C) a maradó nyomószilárdságok kisebbek, mint a referencia értékek. A PP-szálak kiegészése (~160 °C) után maradó „mesterséges” kapillaris rendszer rontja a beton teherviselő képességét. A műanyag-szál adagolása ugyanakkor megelőzi, vagy hátráltatja a réteges leváláshoz szükséges gőznyomás létrejöttét a szerkezetben.

Megállapítottuk, hogy sem a maradó hasító-húzószilárdság relatív változásának (9-10. ábra) jellegére, sem a hasító-húzószilárdsági hőtürése nincs érzékelhető hatással a kiegészítő (PP-szál, légbuborék-képző adalékszer) adagolása. A hasító-

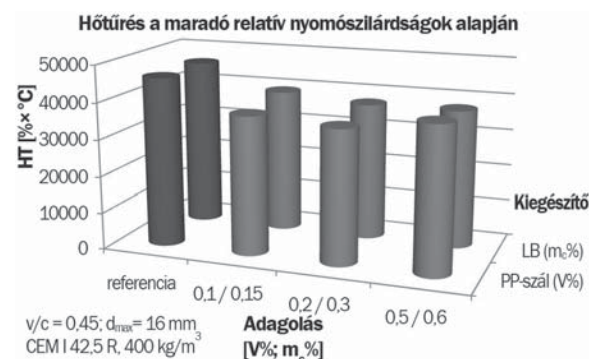
húzószilárdsági a 2,0 MPa-os határ követelményt a referencia-értéknél kisebb (250–370 °C) hőmérsékletig teljesítik.

Megállapítottuk, hogy a H/N érték relatív változásának (11. ábra) leírására alkalmas a korábbi helyettesítő függvény, vagyis a kiegészítő adagolásának nincs módosító hatása.



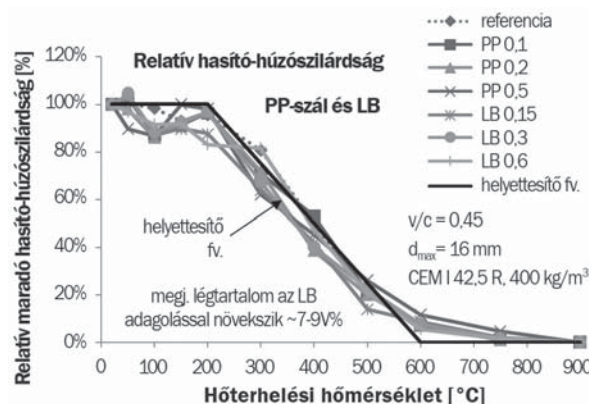
7. ábra A PP-szál és légbuborék-képző adalékszer adagolásának hatása a beton hőterhelés utáni relatív maradó nyomószilárdságára (jelölés: PP-szál adagolás V/V%; LB adagolás m/m³)

Fig. 7. Effect of the dosage of PP-fibre and air-entraining admixture on the relative residual compressive strength of the concrete (notation: dosage of PP-fibre V/V% and air-entraining admixture m/m³)



8. ábra A PP-szál és légbuborék-képző adalékszer adagolásának hatása a beton nyomószilárdságának hőtüréseire (jelölés: PP-szál adagolás V/V%; LB adagolás m/m³)

Fig. 8. Effect of the dosage of PP-fibre and air-entraining admixture on the temperature enduring of the compressive strength of concrete (notation: dosage of PP-fibre V/V% and air-entraining admixture m/m³)



9. ábra A PP-szál és légbuborék-képző adalékszer adagolásának hatása a hőterhelés utáni relatív maradó hasító-húzószilárdságára (jelölés: PP-szál adagolás V/V%; LB adagolás m/m³)

Fig. 9. Effect of the dosage of PP-fibre and air-entraining admixture on the relative residual split-tensile strength of the concrete (notation: dosage of PP-fibre V/V% and air-entraining admixture m/m³)

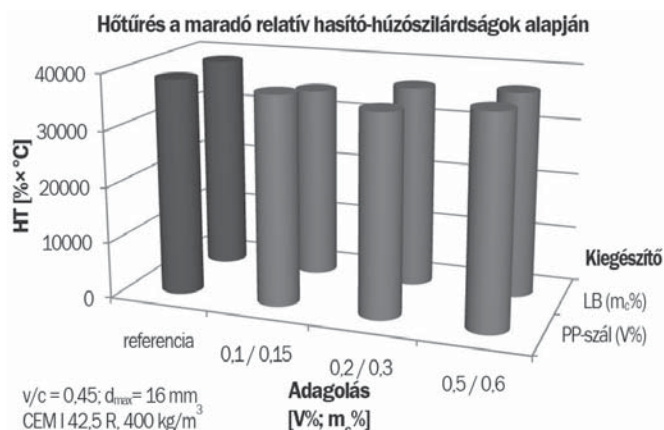


Fig. 10. Effect of the dosage of PP-fibre and air-entraining admixture on the temperature enduring of the split-tensile strength of concrete (notation: dosage of PP-fibre V/V% and air-entraining admixture m/m_e%)

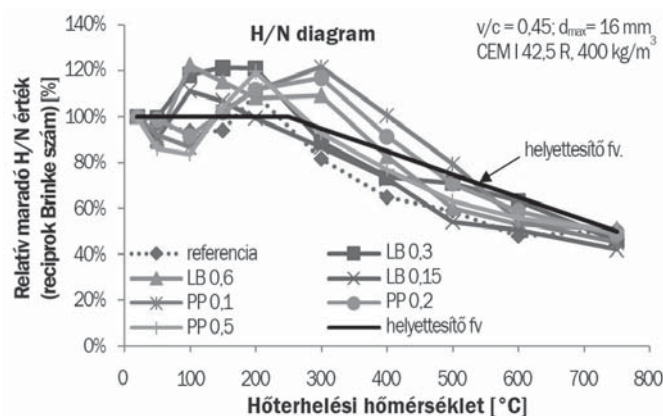


Fig. 11. Effect of the dosage of PP-fibre and air-entraining admixture on the H/N (split-tensile/compressive strength) values (notation: dosage of PP-fibre V/V% and air-entraining admixture m/m_e%)

5.3 0/6 mm-es barit adagolás hatása a beton hőterhelés utáni maradó szilárdsági jellemzőire

0/6 mm-es frakciójú barit felhasználásával kísérleteket végeztünk, hogy megállapítsuk az így készült beton hőterheléssel szembeni ellenállását. Két eltérő receptúra szerinti betont vizsgáltunk. Először a 0/4 mm-es homoktartalom 33%-át helyettesítettük a 0/6 mm-es barit frakcióval. Majd a teljes homokfrakció helyett 0/6 mm-es barit frakciót alkalmaztunk. A nyomószilárdságok hőtüréseiből (12-13. ábra) látható, hogy a 0/6 mm-es barit adagolás növelésével a beton hőtürése kis mértékben csökken. Ugyanakkor nagy hőmérsékletek esetén (500 °C felett) a hőtürés kedvezőbb. Vizsgálva a relatív maradó hasító-húzószilárdságok változását (14. ábra) megállapítottuk, hogy nagy hőmérsékleteken (500 °C felett) markáns többszilárdság mérhető. A 2,0 MPa-os határt 380–400 °C-ig meghaladják az abszolút hasító-húzószilárdsági eredmények.

A H/N érték elemzésekor (15. ábra) az eddigiektől eltérő következtetésre jutottunk. A nyomó és hasító-húzószilárdság

aránya 0/6 mm-es barit adagolásakor 500 °C-ig közel állandó szinten marad. Csak 500 °C felett kezdődik meg a beton ridegítése. A görbék jellemzésére bilineáris összefüggés alkalmas, melyet a 15. ábrán feltüntettünk.

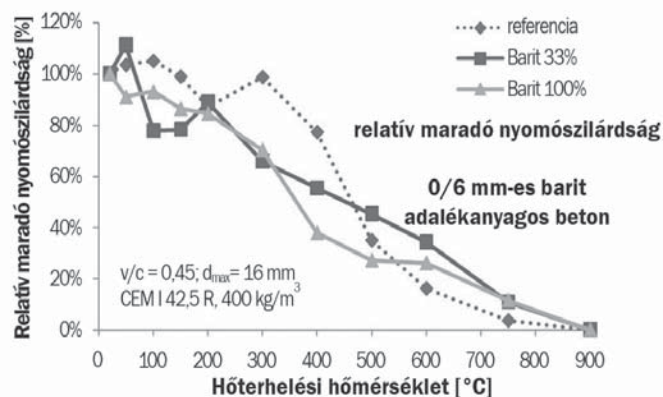


Fig. 12. Effect of the dosage of 0/6 mm barite on the relative residual compressive strength of concrete (notation: dosage of barite m/m_{0/4}%)

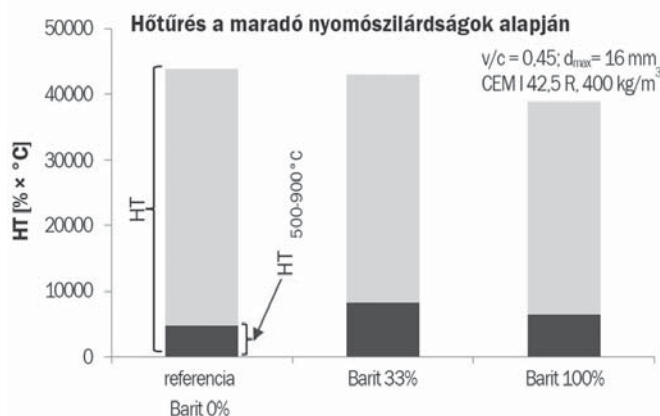


Fig. 13. Effect of the dosage of 0/6 mm barite on the temperature enduring of the compressive of concrete (notation: dosage of barite m/m_{0/4}%)

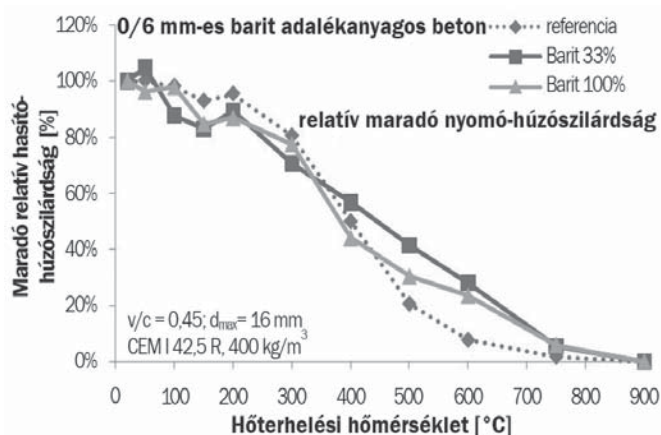
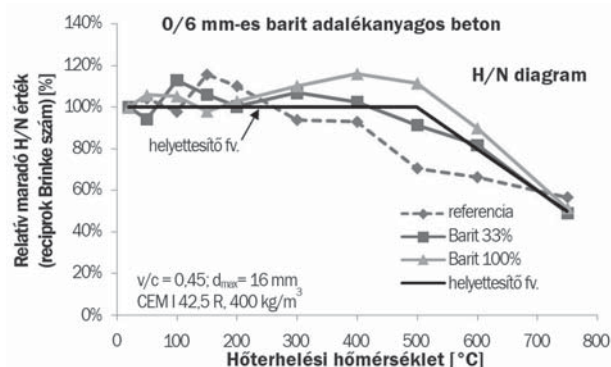


Fig. 14. Effect of the dosage of 0/6 mm barite on the relative residual split-tensile strength of concrete (notation: dosage of barite m/m_{0/4}%)



15. ábra A 0/6 mm-es barit adagolás hatása a maradó H/N érték, azaz a Brinle szám reciprokának relatív változására

Fig. 15. Effect of the dosage of 0/6 mm barite on the H/N (split-tensile/compressive strength) values

6. Összefoglalás

A különböző betontechnológiai paraméterek és beton-adalékok hőterhelés után maradó szilárdságokra gyakorolt hatását vizsgáltuk.

Összesen 1512 db próbatestet vizsgáltunk. Ø60/120 mm-es hengeren a maradó nyomószilárdságot és Ø60/60 mm-es hengeren a hasító-húzószilárdságot értékeltük. További 280 próbatestet vizsgáltunk az összehasonlító szilárdság, víztartalom és látszólagos porozitás meghatározásához.

A vizsgálatoknál állandó paraméter volt a cementtartalom (400 kg/m³) és a cementtípus (CEM I 42,5 R). Vizsgáltuk a víz/cement tényező, a maximális szemmagyság, a PP-szál és a légbuborék-képző adalékszer hőtűrésre gyakorolt hatását. Kísérleteket végeztünk továbbá a 0/6 mm-es barit, mint homok-helyettesítő adalékanyag alkalmazhatóságára vonatkozóan a hőtűrésre gyakorolt hatás szempontjából.

7. Megállapítások

Ø60/120 mm ill. Ø60/60 mm-es hengereken vizsgálva a hőterhelés után maradó szilárdsági paramétereket megállapítottuk, hogy a víz/cement tényező növelésével a nyomószilárdság csökkenése egyre kisebb hőmérsékleten indul meg. A PP-szál és légbuborék-képző adalékszer adagolású próbatestek relatív maradó nyomószilárdsága, az adagolás mértékétől függetlenül, a hőmérséklet növekedtével, lineárisan csökken.

Kvarcadalékanyagú betonok esetén a hasító-húzószilárdságok, és a H/N értékei (a hasító-húzó- és nyomószilárdsági eredmények hányadosa) a hőmérséklet emelkedésével csökken: ez a csökkenés egy-egy bilineáris közelítéssel írható le. A csökkenés független a víz/cement tényezőtől, a maximális szemmagyságtól, a PP-szál és légbuborék-képző adalékszer adagolásától. A d_{max} változás nem okozott kimutatható hatást a relatív maradó szilárdságokban. 0/6 mm-es barit adagolása esetén a maradó relatív nyomó- és hasító-húzószilárdságok, 500 °C feletti hőmérsékletek esetén a referencia értéknél kedvezőbbek. A „szívósságra” jellemző H/N érték változása jelentősen kedvezőbb a csak kvarc adalékanyag betonokénál, mert a baritos beton 500 °C-ig megtartja kezdeti szívósságát, és csak ezután kezd ridegedni.

A javíthatósághoz szükségesnek tekinthető, 1,5 MPa-os húzószilárdsághoz tartozó 2,0 MPa hasító-húzószilárdsági

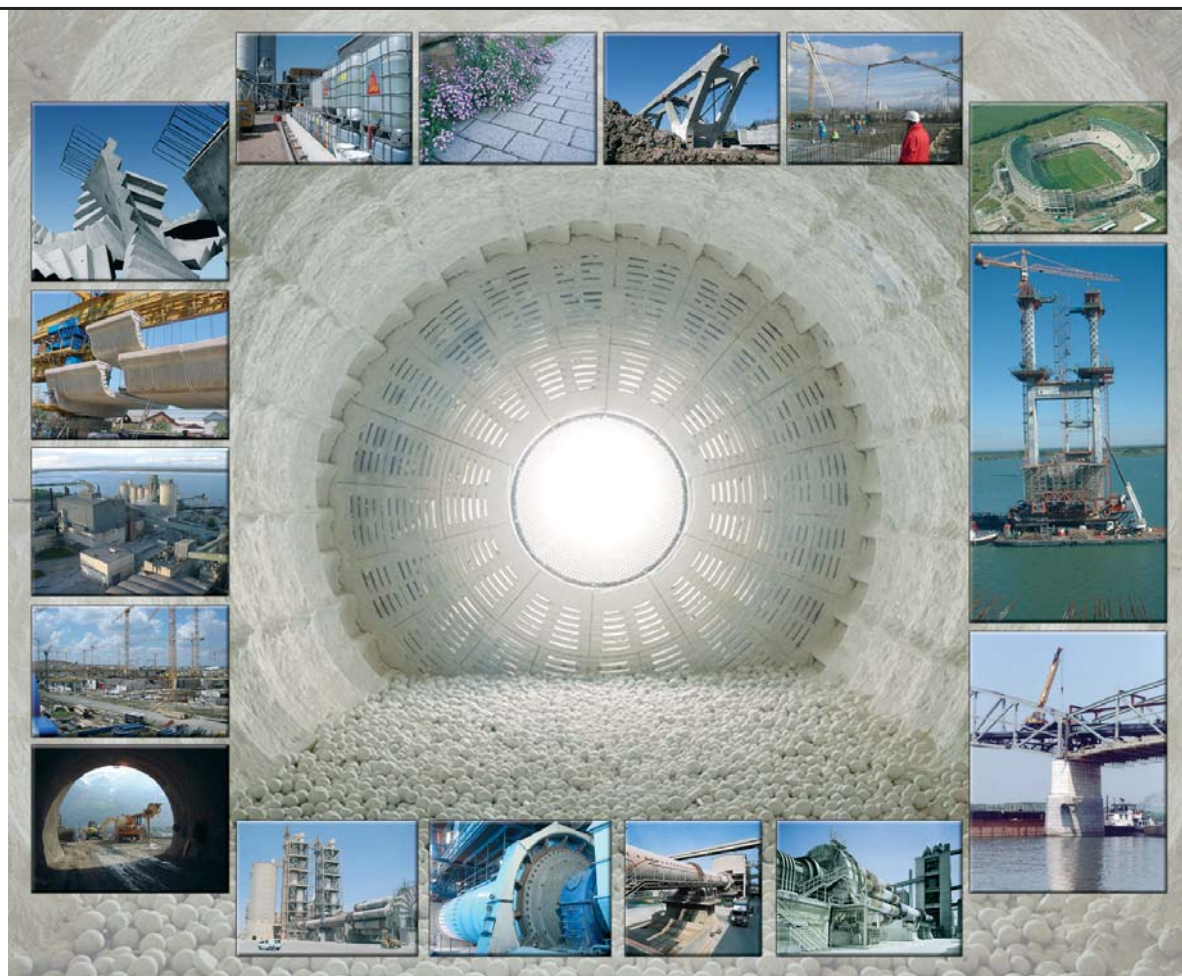
értéket a betontechnológiai paramétereiktől függően mintegy 250–450 °C hőmérsékletig megtartják a betonok.

8. Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki a Holcim Zrt.-nek (cement), a PólusKincs Zrt.-nek (barit) és a BASF Hungária Kft.-nek (Glenium 51 adalékszer; PP-szál) a kísérleti anyagok biztosításáért. Hasznos tanácsaiért Dr. Erdélyi Attilának, a laboratóriumi műszeres mérésekben való közreműködésért Demján Anikónak, Gál Veronikának, Szabó Csillának, Allili Hamid Richárdnak, Diriczi Dávidnak, Eipl Andrásnak és Kovács Gábornak.

Felhasznált irodalom

- [1] Blennemann, F. – Girnau, G. (eds., 2005): *Brandschutz in Fahrzeugen und Tunneln des ÖPNV*, Alba Fachverlag, Düsseldorf
- [2] Schneider, U. – Horvath, J. (2006): *Brandschutz-Praxis in Tunnelbauten*, Bauwerk Verlag GmbH, Berlin
- [3] MSZ EN 1992-1-2 (2005. március): *Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése; 1-2. rész: Általános szabályok: Tervezés tűzterherre*
- [4] Putz, U.: *Brandbeanspruchung von Tunnelbeton*; 45. Forschungskolloquium des DAfStb, 100. Jahrgang Beton- und Stahlbetonbau, pp. 173-176, 2005
- [5] Winterberg, R. – Dietze, R. (2004): *Efficient fire protection system for high performance shotcrete*, Proceedings of the Second International Conference on Engineering Development in Shotcrete, Cairns, Queensland
- [6] Schneider, U. – Horvath J. (2002): *Behaviour of Ordinary Concrete at High Temperature*, Vienna University of Technology, Institute of Building Material, Building Physics and Fire Protection, Vienna, Austria in Khroustailev, B. M.; Leonovich, S. N. és Schneider, U.: *Behaviour of Concrete at High Temperature and Advanced Design of Concrete Structures* Proceedings of the International Conference „Construction and Architecture”, Minsk, 2003
- [7] Alonso, C. – Andrade, C. – Castellote, M. – Khoury, G. A. (2003): *Effect of Heat on Concrete: Microstructure – Solid Phase*; Course on Effect of Heat on Concrete, International Centre for Mechanical Sciences; 2003. június 9-13., Udine
- [8] Short, N. – Purkiss, J. (2004): *Petrographic Analysis of Fire-Damaged Concrete*; Gambarova, P. G.; Felicetti, R. – Meda, A. – Riva, P. (eds.): *Proceedings of the Workshop: Fire Design of Concrete Structures: What now? What next?*, Milan University of Technology, 2004. december 2-3., pp 221-230, Milánó
- [9] Beard, A. – Carvel, R. (eds.) (2005): *The Handbook of Tunnel Fire Safety*, Thomas Telford Ltd., London
- [10] Khoury, G. A. – Majorana, C. E. – Pesavento, F. – Schrefler, B. A. (2002): *Modelling of heated concrete*, Magazine of Concrete Research, Vol. 54/2, pp 77-101
- [11] Naus, D.J. (2007): *Primer on Durability of Nuclear Power Plant Reinforced Concrete Structures – A Review of Pertinent Factors* Division of Fuel, Engineering and Radiological Research Office of Nuclear Regulatory Research, U.S. Nuclear Regulatory Commission megbízásából Oak Ridge National Laboratory (NRC Job Code N6002), 2007. február; Washington, DC
- [12] Nehme, S. G. – Balázs, L. Gy. (2007): *Tanulmány a Rudabányai-II meddőhányó BARITMIX I nevű adalékanyagból nehéz beton gyártásához szükséges mérések elvégzéséről*, Kutatási jelentés, BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tsz., Budapest
- [13] Nehme, S. G. v. Szendrei, Zs. – Nagy, B. (2008): *BARITMIX-I adalékanyag-gal készült öntömörödő beton*, Építőanyag, Vol. 60/4, 2008/4, pp 94-99
- [14] Erdei s – Grúz, T. (1963): *Vegyszerismeret*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest
- [15] Karátson, D. (1997): *Vulkanológia I.*, ELTE egyetemi jegyzet, Budapest
- [16] Bognár, L. (1987): *Ásványhatározó*, Gondolat, Budapest



Sikával a cement kiváló üzleti lehetőséggé válik

A gyorsan változó világban kulcsfontosságú az a képesség, hogy az újdonságokat azonnal bevezessük a piacon. Mi azokra a megoldásokra koncentrálnunk, amelyek a legnagyobb értéket nyújtják vevőinknek.

Különleges megoldásainkkal és termékeinkkel segítjük az építetőket az építési folyamat során a legkülönbözőbb időjárási- és környezeti viszonyok mellett, a cementiparban, a betoniparban és az építkezés helyszínén is.



Sika Hungária Kft. - Beton Üzletág

1117 Budapest, Priele Kornélia u. 6.

Telefon: (+36 1) 371-2020 Fax: (+36 1) 371 2022

E-mail: info@hu.sika.com • Honlap: www.sika.hu

**MINŐSÉGÜGYI
RENDSZERÜNK**

önkéntesen tanúsítva
rendszeres felügyelettel
ISO 9002 szerint



**KÖRNYEZETIRÁNYÍTÁSI
RENDSZERÜNK**

önkéntesen tanúsítva
rendszeres felügyelettel
ISO 14001 szerint



Special materials in the road building – Grids and netts application terms for improving the pavement structures

KORNÉL ALMÁSSY, MSc. ■ Department of Highway and Railway Engineering ■ almassy.kornel@aja.hu

ATTILA LÁSZLÓ JOÓ, MSc. ■ BME Department of Structural Engineering ■ ajoo@epito.bme.hu

In the last few years asphalt grids and nets have been used in enormous amount in Hungarian road construction, without any overall laboratory researches. In this article, we want to clarify conceptual confusions about grids and nets, define the repairing and –in some cases- damaging effect of grid usage. The biggest question in fortification of pavement, is the possibility of mixture of grid and net with the asphalt layer below. To observe these attributes we used the method used at bridge lining: slide method. Small and large wheel observations have been made to research track appearances in fortified construction. The lifetime of the construction have been observed by a fatigue method: the standard four point bending method.

The computer limited number model have been used to prove fatigue results, and with the adequate material model development used at different type of asphalts showed how gross asphalt can be replaced by the nets and grids usage.

1. Foreword

Important changes happened lately in fortification of asphalt not only in Hungary but also in Europe. New materials and technology innovation has appeared searching for best practice in methods for avoiding errors in the asphalt pavement.

In the last decade, the era of build in net has commenced. In this period different type and quality of net had been built into all asphalt reconstructions all around the country without any technological experience and quality control considering the implementation.

Different distributors advertised that fortification nets are the solution for all asphalt pavement construction errors. Recently more and more errors have been registered at pavement with build in net and also new laboratory researches has been made to map all characteristics of build in nets.

The purpose of this script is to make a clear image about the pros and cons of net fortification in asphalt, and to make a proposal about the methods and environment where using net is possible and where the usage of net is forbidden.

For introduction Fig. 1. and Fig. 2. shows what kind of errors could happen if net is built in with non appropriate way, not the right placement and not the best type of net had been chosen.



Fig. 1. An extreme example: because of the net usage there is no cohesion between the layers

1. ábra Extrém példa a meghibásodásra: a háló beépítés megszüntette a rétegek közötti kohéziót

Kornél Almássy graduated in 1999 at Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Civil Engineering and in 2002 at Faculty of Economic Science (Master of Business Administration - MBA). He was Chairman of the National Student Union of Hungary (2001–2003), Chairman of the Youth Democratic Forum (Youth of the Hungarian Democratic Forum) (2004–2006) and Vice-Chairman of the Hungarian Democratic Forum (2004–2008). Now he's Assistant Lecturer in the Department of Highway and Railway Engineering. He's Member of the Hungarian Parliament.

Attila László Joó is a civil engineer (2001). He was PhD student at Department of Structural Engineering (2001–2004), where he's assistant professor from 2004. Scholarship: Advanced Studies in Structural Engineering and CAE, Weimar, Germany (2 weeks in 2001); Light Gauge Metal Structures – Recent Advances, Udine, Italy (1 week in 2002); Heriott-Watt University, Edinburgh, UK, supervisor: B. H. V. Topping (2 months in 2003). In 2008 he had „Teaching of young researchers” award donated by the president of the BME. His research field: Experimental and numerical analysis of thin-walled steel structures, arch bridges. Numerical modelling of steel joint. Virtual experiments based design. Earthquake analysis.



Fig. 2. Because of the build in tissue net, the abrasion layer slipped and a rut has appeared (route 21.)

2. ábra A szőtt háló beépítése miatt a kopóréteg elcsúszott, és keréknyomvályú jelent meg az úton

The inspections of this script have been made between 2003 and 2009. The sampling method has been researched in 2003. The usage of the different asphalt mixtures varied, but we intend to use the common used materials in the research.

In 2003 AB-12 and AB-12/F, in 2007 AB-11/F and mAB-11/F for bending AB-8 materials had been used. In 2008–2009 low quality materials had been used, for better modelling, so in this period AC-11 material has been used for the experiments.

For the experiments we used different tensile strength, fiberglass, and carbon fiber materials. Before the experiments, it is necessary to define the difference between net and grid. Fig. 3. shows a net with bearer material and Fig. 4. shows a grid without bearer material.

Henceforward the net is defined by a net with tissue bearer material and the grid is defined by a net without bearer material, usually coated with stucked plastic [1].

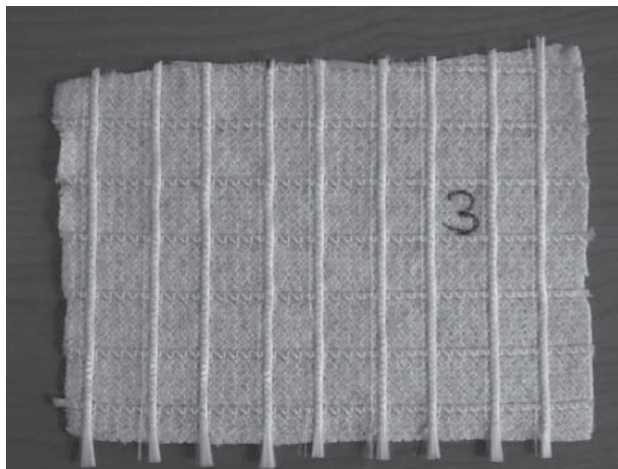


Fig. 3. Net with tissue bearer material (kompozit material: net and tissue)
3. ábra Szövet hordozó anyagú háló (kompozit anyag: háló és szőtt szövet)

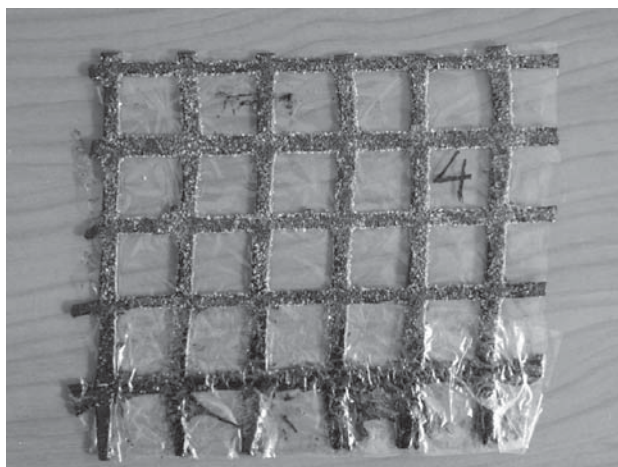


Fig. 4. Grid without bearer material
4. ábra Hordozóanyag nélküli rács

Because of the shortage of this script, the most important results of asphalt strengthening researches, the slipping and mixing extraction researches, the material fatigue revealing bending and the most important asphalt behavior problem the rut formation will be presented. At laboratory work we experimented low temperature behavior characteristics of break temperature, drag examination, triaxial examination, but the shortage of the script these methods will be presented in articles in the future.

In the script the fortification structure modelling will be presented.

2. Mixture experiment

The asphalt layers mixture, cohesion of two layers are the most important construction requirements. It is highly recommended to assure when a different material is built in between the asphalt layers. The mixture can be examined by three different methods: drag experiment, break experiment, and the Leutner method trimming experiment.

Below, the results of drag and experiments are presented.

Drag experiment

The drag experiment characterizes the connection between two layers, the quality of mixture and support with information about the effect of perpendicular cohesive duration to the layer.

Multiple drag experiments has been made recently, among these, laboratory experiments have been made with sample materials and also already constructed pavement structures in use had been tested.

During the experiments the sample materials without fortification had been above the 1,0 N/mm² level, but and the tissued nets did not reached this requirement, the grid usage however almost reached the level and always ranked better then the tissued sample materials.

The sample from M1 highway could not have been tested because the layers are separated which is caused by the bad mixture [2, 3].

Slipping experiment

The mixture and the non mixture is defined by the so called experiment the slipping experiment, which is used for bridge lining and pavement stickiness level measuring.

The scope of experiment is to define the maximum of trim power which appears between two layers at perpendicular usage.

This experiment is not like the well known layer limit trimming experiment; the difference is that in this technique the layer is under pressure. Usually bridge lining researches are made in base of this method [3, 4].

In 2004 we firstly finished experiments with tissue bearer net and grid fortified sample materials. The net sample material trim durability grades always stayed behind not only the reference sample material but also the grid fortified one.

Table 1. shows the results of 2008–2009 experiments.

Sample material	Trim durability (N/mm ²)	Slip at max. force	Trim module measures (N/mm ²)
End of year 2008			
„A” sign, without bearing material, fiberglass asphalt grid	0,92 N/mm ²	18,2%	50,5 N/mm ²
„B” sign, without bearing material, carbonfiber asphalt grid	0,87 N/mm ²	15,0%	59,03 N/mm ²
„C” sign tissue, fiberglass asphalt grid	0,60 N/mm ²	31,3%	19,19 N/mm ²
„D” sign tissue, carbonfiber asphalt net	0,52 N/mm ²	40,6%	12,85 N/mm ²
Without net – sample	0,88 N/mm ²	18,4%	48,69 N/mm ²
Beginning of year 2009			
Dense doublewire asphalt grid (GlasGrid 8501)	0,83 N/mm ²	23,5%	36,31 N/mm ²
Loose doublewire asphaltgrid (GlasGrid 8511)	1,21 N/mm ²	24,9%	42,71 N/mm ²
Irongrid	1,10 N/mm ²	21,9%	41,16 N/mm ²
No grid - reference	1,25 N/mm ²	16,0%	55,69 N/mm ²

Table 1. Slipping experiment from 2008–2009
1. táblázat A 2008–2009-es elcsúszás vizsgálat eredményei

At the end of 2008 and the beginning of 2009 we elaborated more slipping experiments. These results appear in Table 1. Based on the experiments of 2008 that all of tissue bearer material works as a dividing layer and has bad effects for mixture and for trimming resistance. The asphalt grids with non bearer material produced the same results as the sample materials without net.

3. Wheel tracking experiments

Rut appearance is the most important characteristics of asphalt pavements, which reflects the hot resistance level. The aim of fortifications with nets and grids is to reach a resistance for rut appearance and that the intensity of tracks. Recent years we made tests to prove these concepts, but the results reflected a wide variety of measures, but the sample materials with net showed better rut appearance characteristics, than the non net material results. The best results came from the grids without bearing material. Last year we experimented big and small wheel rut appearance tests in AC-11 asphalt mixture, tissued net, grids without bearing material, and ironnet. Table 2. shows the results of small wheel rut appearance test. The results of different type of net and grid are so close to each other, but the grids reach a better rut appearance results, comparing to the sample material the strength of nets is clearly visible.

Type of net	Net track (%)	Net track (%) average
tissued net	2,82	2,68
tissued net	2,54	
100/200 dense tissued grid	3,09	2,65
100/200 dense tissued grid	2,21	
100/200 dense tissued grid	2,11	2,22
100/200 dense tissued grid	2,33	
100/200 dense tissued grid	2,03	2,04
100/200 dense tissued grid	2,04	
100/100 loose tissued grid	2,32	2,16
100/100 loose tissued grid	2,00	
100/100 loose tissued grid	2,03	2,11
100/100 loose tissued grid	2,20	
100/100 loose tissued grid	2,86	2,55
100/100 loose tissued grid	2,25	
Without net – reference	4,03	4,25
Without net – reference	4,48	
Without net – reference	4,29	4,43
Without net – reference	4,57	

Table 2. Wheel tracking experiment results from March 2009.
2. táblázat A 2009. márciusi keréknyom-képződési vizsgálat eredményei

Because of the wide variety of the results and to reach better and reliable result for rut appearance we also made big wheel test respecting the MSZ 12697-22 standards. They were made in two periods, with different type of nets. At the end of 2008 the test has been made with a 6 cm AC-22 mixture with net, covered by 4 cm AC-11 wearing course layer, in March 2009 both layers have been made from AC-11 layer.

The 2008 and 2009 big wheel rut appearance tests were made with the following type of nets and grids. We also made the non-commonly used Bitufort iron grid test.

- S&P Glasphalt G fiberglass asphalt grid (without bearer material)
- Gradex Alpha Mesh GR-G (tissue, fiberglass)
- GeoGrid Bitutex GMC 50/50 (two layer tissued)
- Bekaert Bitufort (irongrid)
- Sample without a net
- GlasGrid CG100 (25 mm x 25 mm grid) tissued net
- GlasGrid 8502 dense tissued (25 mm x 25 mm grid) asphaltgrid (without bearer material)
- GlasGrid 8511 loose tissued (12,5 mm x 12,5 mm grid) asphaltgrid (without bearer material)

The results of the 2008 tests are showed in Fig. 5. It is surprising that S&P grid without bearing material produced the worst results, which is possible because of a construction problem with one of the tests. The other nets produced a better result as the sample material. A Gradex Alpha Mesh GR-G tissued net reach a surprising good result, which is contrary to its small wheel test result.

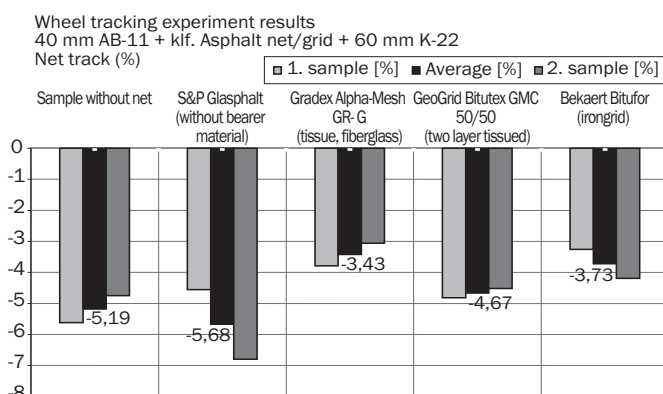


Fig. 5. The results of rut appearance tests in 2008
5. ábra A 2008-as keréknyom-képződési vizsgálatok eredményei

At Fig. 6. the result of 2009 are showed. This experiment reflected our assumptions that the tissued net could produce worse results than the asphalt without a bearing material. The small hole size GlasGrid 8502 and the big hole size GlasGrid 8511 asphalt grid difference is eligible. However doubt is also a result of this test, because – with little difference – the best result are given from the sample materials without any net.

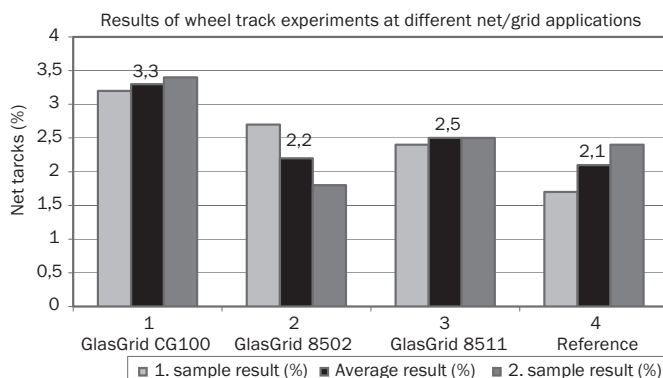


Fig. 6. The rut appearance test result of March 2009
6. ábra A 2009. márciusi keréknyom-képződési vizsgálatok eredményei

4. Fatigue life – 4-point bending beam test

To characterize nets, grids result, endurance test has to be made respecting MSZ EN 12697-24:2005 standards. This standard describe the properties of asphalt mixture fatigue, we have chosen the four point bending technique as testing method. The experiments are made with controlled strain driven mode or controlled stress mode in 10 °C, 10 hz frequency. Fatigue is defined by the decrease of durability of the material because of multiple endurance tests, compared to the first endurance test. The criterion of ruinment is defined by the (in case of constant shift) endurance test number $N_f/50$, in which the complex endurance rate fall to the half. For measuring the experiment, we observe de rate of complex endurance, which is the rate of 100 endurance test repeat.

In the last five years large number of bending beam tests have been made, but these test are incomparable with each other, because they are made in different years and with different asphalt mixture materials. (The sample material of the year 2007 was AB-8 type asphalt, in 2004 AB-12, but in this year was also incomparable because of the different asphalt mixture.) Table 3. shows the difference of net and without net sample material results, and show the current tendencies.

The results show clearly that the tests made without net produced less stress and strain, and the fatigue lines reflect that net fortified materials durability and lifetime is raised.

The result of the May 2004 test shows that tissued nets raise the results with only a few percent, but in other cases a serious 15% results appear. It is clearly visible that the nets without bearing materials are the most resistance to stress and strain. (The 2007 pavement sticking grid worse results are caused by non appropriate construction technology.) [1, 2]

5. Finite element modelling

The associates of Department of Structural Engineering and the Department of Highway and Railway Engineering have made an experiment parametric to the asphalt pavement limited modelling. The task was to define the effect of different rigidity nets to asphalt stretching. For all layer construction and net pairing we wanted to reach equivalent asphalt thickness where we can reach the without net low asphalt layer stretching, and we wanted the observe if the usage of net or the grid is able to reach thinner asphalt layer thickness.

The experiment aimed to define of strain and the asphalt fortification net usage equivalent thickness definitions are showed different layering pavement structure. The most complex pavement is shown in Fig. 7.

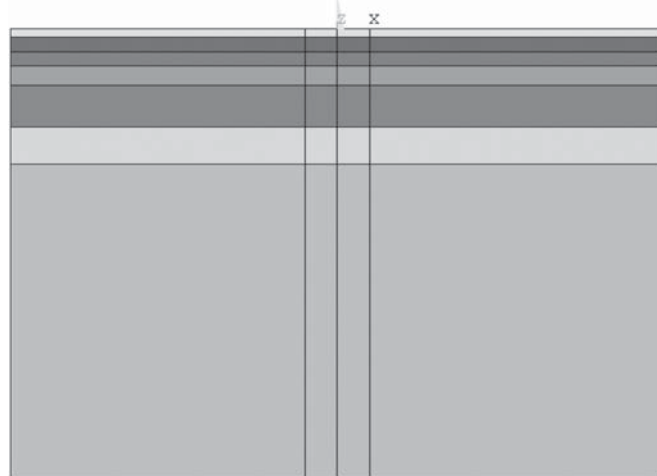


Fig. 7. Geometry of modell 1
7. ábra Az 1-es modell geometriája

Type of net	Result: strain or stress	Difference of without net results	Date of experiment
without net	142,00 μ strain	-	May, 2007
"3" Gradex tissued, fiberglass net	167,00 μ strain	17,6%	May, 2007
"4" S&Pfierglass grid, bitumen-emulzióval sticked	150,00 μ strain	5,6%	May, 2007
"4" S&P fiberglass grid, hőlégfúvóval sticks	170,00 μ strain	19,7%	May, 2007
without net	1,29 N/mm ²	-	May, 2004
Roadtex GR-G50	1,31 N/mm ²	1,5%	May, 2004
Roadtex GR-G100	1,35 N/mm ²	4,6%	May, 2004
Roadtex GR-G200	1,46 N/mm ²	13,1%	May, 2004
S&P Glasphalt G	1,55 N/mm ²	20,1%	May, 2004
S&P Carbophalt G	1,56 N/mm ²	20,9%	May, 2004
without net	1,36 N/mm ²	-	May, 2004
ARTER GTSA (without bearer material)	1,96 N/mm ²	44,1%	December, 2004
ARTER GTSV (tissued)	1,68 N/mm ²	23,5%	December, 2004
Without net	1,34 N/mm ²	-	March, 2008
"7" Carbophalt G type grid, without bearer material	1,56 N/mm ²	16,4%	March, 2008
"2" Gradex tissued carbon net	1,28 N/mm ²	-4,4%	March, 2008

Table 3. Summarized table of bending experiments [1, 2]
3. táblázat A hajlítás vizsgálatok összefoglaló táblázata

In this model the upper four layers is asphalt, the next is sub-base, and the lowest is subgrade. The asphalt and the base layers thickness is changing during the tests, but the subgrade thickness is 3000 mm in all tests.

The limited component model is the 2 dimensional segment of a sector model. Between the different material layers we can find contact lines where the limited component slipping and derivation is allowed and the layers mix in case of pressure. Total slipping is supposed between the contact lines.

In case of the asphalt fortification net equivalent thickness definition a net is placed below the lowest asphalt layer which has a 0,5 mm thickness. Ansys common limited component modelling software was used for asphalt pavement modelling.

All the two model structure was based on the same limited component types. The pavement components (asphalt, pavement bases, subgrade) modelling was made with Ansys PLANE 42 plane strain state face, which has 4 junction, and the entire junction has 2 free levels.

We defined for the modelling the 3x12 type different asphalt pavement characteristics (thickness, rigidity, poisson component) with 3 different rigidity modul in the same temperature, and 12 different layer structure.

Utilizing net in modelling results in most cases only a few millimeter asphalt decrease, more than a centimeter is allowed with 10–2000 MPa stiffness nets and 30–50 °C pavement structure was reached. The question is that if 0,5 mm thickness covered net is capable of getting 10000 or 20000 MPa stiffness module.

6. Resume

Between the tissue bearing material nets and the asphalt layers there are no mixture, this type of built in net works as a separator. At the non tissue bearer grid case the mixture is lower than the non-net asphalt structures.

The tissue bearing material nets are not able to produce the requested 1,0 N/mm² trimming durability, so between the layers slipping is highly possible, there is no mixture. Opposite the last mixture proven experiments, the asphalt grids without bearing material are reach the same measures as the non-net sample materials, and these results are reach the acceptance trimming durability levels. This is possible because opposite to the rip up experiment, in this case the asphalt layers are under perpendicular pressure.

The small wheel track experiment showed that the build in bearer materials are fortify the asphalt grid to resist rut appearance. Asphalt grids without bearing material showed better results for rut appearance resistance than the tissue bearing fiberglasses. Because of the tissue bearing net results

differences, their usage is only advised in lower layers. Because of the big wheel experiment result contradictions, these tests should be remade with different type of asphalts.

With build in net asphalt pavement, the resistance is better for strain and stress than the non net types, so tissue fortified asphalts durability is better. Grid without bearing material, asphalt grids has the best resistance for strain and stress, and these materials strengthen the durability of asphalt pavement.

The limited component modelling shows that grids can be considered as replacer if their stiffness is bigger than 10 000 MPa. The modelling showed that fortifying effects came in above 30–50 °C, which shows that net should reach a better heat resistance for asphalt pavement.

References

- [1] Almássy Kornél: *Aszfalterősítő hálók szerepe – Valóban segítség?* HAPA Fialtal mérnökök fóruma, Ráckeve, 2008. október
- [2] Almássy Kornél – Dr. Ambrus Kálmán – Kárpáti László: *ÉME – Új technológiák, termékrendszerek bemutatása: Aszfaltrácsok alkalmazási tapasztalatai*, Magyar Közút Kht. Oktatási Osztály Út és hidépítési műszaki előírások és alkalmazási tapasztalataik (MEP5-8) tanfolyama 2009. január – április, Balatonföldvár – Bükkszentlélek – Budapest
- [3] Almássy Kornél – Ambrus Kálmán – Bocz Péter – Fi István: *Aszfalthálók útépitési alkalmazásai*. Közúti és mélyépítési szemle, ISSN 1419-0702, 2005. (55. évf.), 4. sz. pp. 30–36.
- [4] Almássy Kornél – Dr. Ambrus Kálmán – Dr. Fi István – Kovácsázy Frigyes: *Pozitív hatások – Aszfalthálók viselkedésének vizsgálata*, Mélyépítő Tükörkép Magazin, 2004. augusztus

Speciális anyagok az útépitésben – aszfalterősítő hálók és rácsok alkalmazása az útszerkezet javítása érdekében

Az elmúlt évtizedben hatalmas mennyiségben kerültek beépítésre aszfalterősítő hálók és rácsok a magyarországi közutakon, anélkül, hogy átfogó laboratóriumi vizsgálatok álltak volna rendelkezésre a témában. A cikkben a hálóról és a rácsokról kialakult fogalmi zavarokat tisztázzuk, meghatározzuk, hogy milyen javító és esetlegesen milyen károsító szerepe lehet a hálóbeépítésnek. Az aszfalterősítésnél az egyik legfontosabb kérdés, az, hogy a beépített háló vagy rács képes-e együtt dolgozni az alatta, illetve felette lévő aszfalttréteggel. Ezt a híd-szigeteléshez alkalmazott elcsúszás vizsgálattal bizonyítottuk. Kiskerekes és nagykerekes berendezésen egyaránt vizsgáltuk az erősített szerkezet keréknyom képződési tulajdonságait. Az élettartam növekedés nagyságát fárasztási vizsgálattal, a hagyományos négyponos hajlító vizsgálattal mutattuk ki. A számítógépes végelelem modellel a fárasztási eredményeket kívántuk visszaigazolni, valamint megfelelő anyagmodell felállításával bemutattuk, hogy a különböző aszfalttípusoknál a különböző hálók/rácsok szerepe hány cm aszfaltvastagságot képes helyettesíteni.



Építők Napja 2009

A Nemzeti Fejlesztési és Gazdasági Minisztérium a Magyar Betonszövetség felterjesztésére **Oklevél Építők Napja alkalmából** kitüntetést adományozott **Asztalos Istvánnak**, Egyesületünk főtktárának.

A kitüntetettek között szerepelt Katona Lajos (Duna-Dráva Cement Kft.) és Császár László (SW-Umwelttechnik Kft.) is.

A kitüntetéshez gratulálunk!

A Szilikátipari Tudományos Egyesület XXXII. Küldöttgyűlése

| 2009. május 20-án tartotta a Szilikátipari Tudományos Egyesület XXXII. Küldöttgyűlését.

A Küldöttgyűlés egy perces néma felállással emlékezett meg Riesz Lajosról, Egyesületünk társelnökéről, aki 74. éves korában nemrégiben elhunyt.

Serédi Béla levezető elnök köszöntötte a megjelenteket, és felkérte Bíró Marianna vezető-főtanácsost (Nemzeti Fejlesztési és Gazdasági Minisztérium) az építőanyag-ipar helyzetéről szóló előadásának megtartására.

A levezető elnök felkérte Asztalos István főtitkárt, hogy tartsa meg beszámolóját az elmúlt évi tevékenységről. Ezt követően dr. Dani Sándorné, az Ellenőrző Bizottság elnöke elmondta, hogy az Ellenőrző Bizottság az Egyesület mérlegét és eredmény kimutatását megvizsgálva megállapította, hogy a pénzügyi működés a jogszabályoknak megfelelően történt. Az Egyesület 2008. évi gazdálkodásáról, a 2009. évi költségvetési tervekről Koska János főtitkárhelyettes számolt be.

A Küldöttgyűlés a beszámolókat egyhangúlag elfogadta.

A program a kitüntetések átadásával ért véget. A méltatásokat ismertette Serédi Béla társelnök, a kitüntetéseket átadta Asztalos István főtitkár.

Szilikátiparért Emlékérem kitüntetést kapott:

Dr. Ujhelyi János okl. építőmérnök, a műszaki tudományok kandidátusa, a műszaki tudományok doktora, címzetes egyetemi docens, címzetes főiskolai tanár (Beton Szakosztály)

Kató Aladár, szilikát- és vegyi gépész üzemmérnök, a Tondach Magyarország Zrt. ügyvezetője (Tégla és Cserép Szakosztály)

Lipták György, szilikátipari gépész, a General Electric Hungary Zrt. Világítástechnikai Üzletágában az Európai Üvegfejlesztés vezetője (Üveg Szakosztály)

Asztalos István, okl. építészmérnök, okl. építőipari gazdasági mérnök, okl. szerkezetépítő betontechnológia szakmérnök, a Sika Hungária Kft. Beton Üzletág vezetője (Vezetőség)

Az Egyesület Örökös Tagja lett:

Dr. Tariczky Zsuzsanna – Beton Szakosztály

Dr. Ujhelyi János – Beton Szakosztály

Mogyorósi Sándorné – Cement Szakosztály

Dr. Csetényi Józsefné – Finomkerámia Szakosztály

Geszler Ödön – Finomkerámia Szakosztály

Dr. Marek István – Kő és Kavics Szakosztály

Németh Miklós – Általános

A SZILIKÁTIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET 2008. ÉVRE SZÓLÓ KÖZHASZNÚSÁGI JELENTÉSE

A Szilikátipari Tudományos Egyesület (SZTE) a Fővárosi Bíróságon 1989. október 5-én Pk.60.428 határozatszámom 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: 1027 Budapest, Fő utca 68.

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

2008. 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 2008-ban összesen 696 E Ft-tal csökkent, ami a közhasznú tevékenységből származó –696 E Ft és vállalkozási tevékenység f. évi 0 Ft összege.

	Előző év E Ft	Tárgyév E Ft
Saját tőke	3 487	2 791
Induló tőke	1 995	1 995
Tőkeváltozás	4 060	1 492
Tárgyévi eredmény közhasznú tevékenységből	–2 568	–696
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 2008. évi számait,
- az Egyesület működésének nyilvánosságát szolgáló egyesületi „Eseménynaptár”-t,
- egyesületi rendezvényterem és technikai szolgáltatást térítésmentesen – szakmai rendezvények alkalmával.

Pénzbeli juttatás:

- Szilikátiparért Emlékérem kitüntetésre 75 000 Ft

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

2007. évi SZJA 1%-ból származó felajánlások
528 448 Ft

Pályázati úton kapott támogatás:

- *Nemzeti Civil Alapprogram*
Működési célú támogatás 1 000 000 Ft
- *ÖTM*
VI. Nemzetközi Perlit Konferencia és Kiállítás előkészítése 1 282 381 Ft
- „Az építés fejlődéséért” Alapítvány
Építőanyag című folyóirat 2008. évi kiadására 400 000 Ft
XXIII. Téglás Napok 150 000 Ft
- *INTERREG IIIA* 6 512 314 Ft

Egyéb szervezetektől kapott támogatás:

- Belföldi támogatás
Működés 312 500 Ft
Perlit Konferencia 1 100 000 Ft
Üvegipari Szakmai Konferencia 100 000 Ft
Talabér prof. születésnap 300 000 Ft
- Külföldi támogatás
XXIII. Téglás Napok 135 950 Ft
Üvegipari Szakmai Konferencia 994 210 Ft
Perlit Konferencia 807 145 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:

- *Beton Ankét: Beton tulajdonságai magas hőmérsékleten* címmel. Budapest, 2008. április 10.
- *Üvegipari Szakmai Konferencia*, Budapest, 2008. április 22.
- *Kapcsolatépítés az SZTE, a BME és az Ungvári Nemzeti Egyetem között – EU-s és hazai építőipari technológia, alkalmazások szellemi exportja*, Ungvár, 2008. április 4., Budapest, 2008. május 9.

KETTŐS KÖNYVVITELT VEZETŐ EGYÉB SZERVEZETEK KÖZHASZNÚ
EGYSZERÜSÍTETT ÉVES BESZÁMOLÓJÁNAK EREDMÉNYKIMUTATÁSA
2008. ÉV

adatok E. -forintban

Sor szám a	A tétel megnevezése b	Előző év c	Előző év(ek) helyesbítései d	Tárgyév e
1	A. Összes közhasznú tevékenység bevétele (1.+2.+3.+4.+5.)	16 200	0	24 542
2	1. Közhasznú célú működésre kapott támogatás	1 922	0	4 278
3	a) alapítótól	0		0
4	b) központi költségvetéstől	865		0
5	c) helyi önkormányzattól	0		0
6	d) társadalombiztosítótól	0		0
7	e) egyéb, ebből 1% 528 EFT	1 057		4 278
8	2. Pályázati úton elnyert támogatás	1 750		8 416
9	3. Közhasznú tevékenységből származó bevétel	7 188		6 446
10	4. Tagdíjból származó bevétel	5 136		5 227
11	5. Egyéb bevétel	204		175
12	B. Vállalkozási tevékenység bevétele	0		0
13	C. Összes bevétel (A.+B.)	16 200	0	24 542
14	D. Közhasznú tevékenység ráfordításai (1.+2.+3.+4.+5.+6.)	18 768	0	25 238
15	1. Anyagjellegű ráfordítások	9 465		14 718
16	2. Személyi jellegű ráfordítások	8 411		9 617
17	3. Értékesítési leírás	172		246
18	4. Egyéb ráfordítások	705		595
19	5. Pénzügyi műveletek ráfordításai	15		62
20	6. Rendkívüli ráfordítások	0		0
21	E. Vállalkozási tevékenység ráfordításai (1.+2.+3.+4.+5.+6.)	0	0	0
22	1. Anyagjellegű ráfordítások	0		0
23	2. Személyi jellegű ráfordítások	0		0
24	3. Értékesítési leírás	0		0
25	4. Egyéb ráfordítások	0		0
26	5. Pénzügyi műveletek ráfordításai	0		0
27	6. Rendkívüli ráfordítások	0		0

KETTŐS KÖNYVVITELT VEZETŐ EGYÉB SZERVEZETEK KÖZHASZNÚ
EGYSZERÜSÍTETT ÉVES BESZÁMOLÓJÁNAK MÉRLEGE
2008. ÉV

adatok E. -forintban

Sor szám a	A tétel megnevezése b	Előző év c	Előző év(ek) helyesbítései d	Tárgyév e
1	A. Befektetett eszközök (2.-5. sorok)	118	0	687
2	I. Immateriális javak	53		134
3	II. Tárgyi eszközök	65		553
4	III. Befektetett pénzügyi eszközök			
5	IV. Befektetett eszközök érték helyesbítése			
6	B. Forgóeszközök (7.-10. sorok)	5 324	0	3 513
7	I. Készletek			0
8	II. Követelések	135		140
9	III. Értékpapírok			
10	IV. Pénzeszközök	5 189		3 373
11	C. Aktív időbeli elhatárolások	284	0	255
12	ESZKÖZÖK (AKTÍVÁK) ÖSSZESEN (1.+6.+11. sor)	5 726	0	4 455
13	D. Saját tőke (14.-19. sorok)	3 487	0	2 791
14	I. Induló tőke	1 995		1 995
15	II. Tőkeváltozás	4 060		1 492
16	III. Lekötött tartalék	0		
17	IV. Értékelési tartalék			
18	V. Tárgyévi eredmény közhasznú tevékenységből	-2 568		-696
19	VI. Tárgyévi eredmény vállalkozási tevékenységből	0		0
20	E. Céltartalékok	0	0	0
21	F. Kötelezettségek (22.-23. sorok)	787	0	377
22	I. Hosszú lejáratú kötelezettségek			
23	II. Rövid lejáratú kötelezettségek	787		377
24	G. Passzív időbeli elhatárolások	1 452	0	1 287
25	FORRÁSOK (PASSZÍVÁK) ÖSSZESEN (13.-20.+21.+24. sor)	5 726	0	4 455

Budapest, 2009. március 23.

az egyéb szervezet vezetője

- *A magyar perlit 50 éves tudományos ünnepi ülése*, Budapest, 2008. szeptember 11.
 - *VI. Nemzetközi Perlit Konferencia és Kiállítás*, Budapest, 2008. szeptember 12–13.
 - *Beton Ankét: Megjelent a Holcim Cement-beton Kisokos 2008* címmel, Budapest, 2008. október 14.
 - *Kő és Kavicsbányász Nap 2008*, Budapest, 2008. október 16.
 - *XXIII. Téglás Napok*, Balatonfüred, 2008. november 6–7.
 - *Üvegipari Szakmai Konferencia*, Budapest, 2008. november 25.
 - *REACH: A vegyi anyagok regisztrálása, értékelése, engedélyezése és korlátozása* konferencia, Budapest, 2008. november 26.
- Környezet- és természetvédelem témakörrel foglalkozott:
- *VI. Nemzetközi Perlit Konferencia és Kiállítás*, Budapest, 2008. szeptember 12–13.
 - *XXIII. Téglás Napok*, Balatonfüred, 2008. november 6–7.

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

Összefoglalva rögzíthető, hogy a Szilikátipari Tudományos Egyesület 2008. évben megfelelt az Alapszabályában rögzített közhasznúsági feltételeknek.

adatok E.-forintban

Sor szám	A tétel megnevezése	Előző év	Előző év(ek) helyesbítései	Tárgyév
a	b	c	d	e
28	F. Összes ráfordítás (D.+E.)	18 768	0	25 238
29	G. Adózás előtti eredmény (B.-E.)	0	0	0
30	H. Adófizetési kötelezettség	0	0	0
31	I. Tárgyévi vállalkozási eredmény (G.-H.)	0	0	0
32	J. Tárgyévi közhasznú eredmény (A.-D.)	-2 568	0	-696

TÁJÉKOZTATÓ ADATOK

33	A. Személyi jellegű ráfordítások	9 617
34	1. Bérköltség	5 333
35	ebből - megbízási díjak	0
36	- tiszteletdíjak	0
37	2. Személyi jellegű egyéb kifizetések	2 670
38	3. Bérjárulékok	1 614
39	B. A szervezet által nyújtott támogatások	50
40	C. Továbbutalási céllal kapott támogatás	
41	D. Továbbutalt támogatás	

A Szilikátipari Tudományos Egyesület Küldöttgyűlése 2009. május 20-i ülésén elfogadta a 2008. évi tevékenységről készült közhasznúsági jelentést.

Handwritten signature

Dr. Szépvölgyi János
elnök



CEMKUT

Szakértelem biztos alapokon

CÍM: 1034 BUDAPEST, BÉCSI ÚT 122-124. • LEVÉLCÍM: 1300 BUDAPEST, PF.: 230
TEL.: +36 1 388 3793, +36 1 388 4199, +36 1 368 8433 • FAX: +36 1 368 2005
E-MAIL: CEMKUT@MCSZ.HU • INTERNET: WWW.CEMKUT.HU

- Terméktanúsítás
- Üzemi gyártásellenőrzés alapvizsgálata, tanúsítása, folyamatos felügyelete
- Első típusvizsgálat, ellenőrző vizsgálatok
- Mechanikai, fizikai és kémiai vizsgálatok
Cement, beton, mész, gipsz, habarcs, adalékanyag, adalékszer, üveg, kerámia, falazóelemek, nyersanyagok, ...
- Környezetvédelmi mérések és szolgáltatások
- Tanácsadás, szakértés, kutatás-fejlesztés

**BŐVÍTETT AKKREDITÁLT TERÜLET
RÉSZLETEK A HONLAPUNKON**

A NAT ÁLTAL NAT-6-0037/2007 SZÁMON AKKREDITÁLT TANÚSÍTÓ, 
NAT-3-0006/2007 SZÁMON AKKREDITÁLT ELLENŐRZŐ, 
NAT-1-1249/2007 SZÁMON AKKREDITÁLT VIZSGÁLÓ; 
A 4/1999. (II.24.) GM RENDELET ALAPJÁN 122/2007 SZÁMON KIJELÖLT, 
AZ EURÓPAI UNIÓBAN 1414 AZONOSÍTÓ SZÁMON BEJEGYZETT SZERVEZET

Tisztelt Kollégák!

Megdöbbenéssel és mély fájdalommal értesültem
Riesz Lajos úr,

mindannyiunk kedves Lajos barátjának váratlan, hirtelen haláláról. Nagyon rég óta, közel negyven év óta ismertük egymást, talán valamelyik egykori weimari Ibausil konferencián találkoztunk először, azután sokszor a SZIKKTI-ben, a CEMÜ-ben, az SZTE-ben. Tiszteltem tudását, képességeit, emberi tulajdonságait, modorát. Mindig jó viszonyban voltunk, soha, de soha a legcsekélyebb mértékű egyet nem értés nem volt közöttünk. Minden kérdésemre szívélyesen válaszolt, minden kérésemet igyekezett teljesíteni. Nagyon jó volt vele együtt dolgozni. Csak kellemes emlékeim vannak Riesz Lajosról. Utolsó beszélgetésünk tárgya az SZTE jubileumi ünnepi kiadványa volt, amellyel kapcsolatos feladatokról fiatalos lendülettel és szeretettel beszélt, e beszélgetés emléke tragikus. Ezek azonban szubjektív érzelmek, ezeknél fontosabb, hogy életműve nagy értékű, és fájdalom, hogy vége szakadt. Halála nagy veszteség, emlékért publikációi, könyvei, köztük a legutóbbi, a társszerzőként jegyzett kiváló könyv „A cementipar története” őrizi. Tisztelt Kollégánkat, kedves jó Barátunkat az Isten nyugosztalja.

Az SZTE Beton Szakosztály és az egykori SZIKKTI Betonosztály, valamint a magam nevében fejezem ki mély részvételemet.

Dr. Kausay Tibor



Riesz Lajos

| 1935–2009

Életének 74. esztendejében elhunyt Riesz Lajos okleveles vegyészmérnök, a CEMŰ volt vezérigazgató helyettese, a Duna-Dráva Cement Kft. nyugalmazott elnök-vezérigazgatója, a Magyar Cementipari Szövetség munka-

társa, a Szilikátipari Tudományos Egyesület társelnöke. Életútja sokunknak szolgált példaként, amelyet fizikai dolgozóként kezdett és a hazai cementipar egyik elsőszámú döntéshozójaként zárt.

Vegyészmérnökként szerzett diplomát a Veszprémi Vegyipari Egyetemen, majd 1959-től Tatabányai Cementgyárban dolgozott. Nevéhez fűződött a gyár laboratóriumának létrehozása és több környezetvédelmi technológia bevezetése. 1972 után több mint két évtizeden keresztül a Cement és Mészművek fejlesztési vezérigazgató helyetteseként közreműködött a nemzetközi szinten is versenyképes magyar cementipar kialakításában. Az 1990-es évek elején Riesz úr meghatározó szerepet töltött be a cementipar magánosításában. Konszenzuskereső tárgyalástechnikája is hozzájárult, hogy optimális megállapodást

köthetett a magyar állam a gyárak privatizációjáról, az iparág hosszú távú fejlődését biztosító szakmai befektetőkkel. 1994 februárjától a Dunai Cement és Mészművek Kft. ügyvezető elnöki, majd 1997. márciusi megalakulásától nyugdíjba vonulásáig a Duna-Dráva Cement Kft elnök-vezérigazgatói posztját töltötte be. A nyugdíjba vonulás után is megtartotta kapcsolatát a cementiparral, tanácsadóként segítette a Magyar Cementipari Szövetség munkáját és társelnöke volt a Szilikátipari Tudományos Egyesületnek. Az ő kezdeményezésére valósult meg a cementipari szakmérnök képzés a Veszprémi Egyetemen.

Az iparág iránti elkötelezettségét bizonyítja számos publikációja, amik mai napig alapvető munkák a fiatal szakemberek számára. 1982-ben részt vett a „Szilikátipari kézikönyv” megírásában, 1989-ben hiánypótló munkaként az ő főszerkesztésével született meg a „Cement- és mészgártási kézikönyv”, végül közreműködött 1998-ban „A cementipar története” című munka szerkesztésében is.

Töretlen pályafutása, valamint a cementiparért tett erőfeszítései mellett humorát, nyitottságát, a fiatalokat partfogoló mentalitását és munkájában képviselt igényességét is megőrizték emlékezetünkben.



Dr. Papp Klára

| 1924–2009

Tanulmányait Debrecenben végezte, 1948-ban az agrár-mérnöki diplomáját Keszthelyen kapta meg. 1957-ig állami gazdaságokban dolgozott, ahonnan a Földművelési Minisztérium Növénytermelési Főosztályára

helyezték. 1961-től a Kertészeti és Szőlészeti Főiskola Mezőgazdasági Tanszékére került és 1983-as nyugdíjazásáig, majd nyugdíjasként is a tantestület és tanítványai szeretetétől, megbecsülésétől támogatva ott végezte oktatói és kutatói feladatait. Munkáját kitüntetésekkel ismerték el. Doktori címet 1962-ben szerzett. 1980-tól a Magyar Tudományos Akadémia kandidátusa és 2007-től gyémántdiplomás mezőgazdasági mérnökként tevékenykedett haláláig.

A perlit mezőgazdasági, kertészeti alkalmazásának első úttörő kutatója volt. 1971-től a Bányászati Építő Vállalat duzzasztott perlitjeiből a speciális mezőgazdasági perlitek előírásait, keverékeit dolgozta ki, engedélyeztette, szabadalmakkal, tudományos közleményekkel, konferenciákon ismertette.

Az 50 éves magyar perlit mezőgazdasági, kertészeti alkalmazása érdekében a hat nemzetközi perlit konferencián (1971, 1977, 1983, 1989, 1998, 2008) aktívan segítette a hazai és külföldi szakemberek tájékoztatását.

A SZIKKTI, az SZTE, az ÉTE és Geomineo szakembereivel együttműködve a hazai és exportképes perlit alapú kertészeti termeszőközeg gyártási és alkalmazási kutatásainak motorja volt.

Kitartó munkája révén a perlit egyik fő alkalmazási területévé vált a növénytermesztés és a környezetvédelem. Papp Klára akadémikus asszony szaktudásának legjavával több éven keresztül szaktanácsadóként segítette a lapostetőkön tervezett és kivitelezett extenzív zöldtetők magas színvonalú megvalósítását. Innovatív szemlélete, széleskörű és igen magas szintű elméleti tudása mellett gyakorlatias, mindig feladatmegoldásra koncentráló egyénisége példamutató volt valamennyiünk számára. Amit alkotott ma is dicsőréttel hirdeti kiváló szaktudását, hiszen a vele megvalósított zöldtetőkön, tetőterekben ma is ott élnek a növények abban a talajban, amit ő alkotott.

Tanítványai, munkatársai, tisztelői nevében búcsúzunk a nagy tudású oktatótól, kutatótól.

The manuscript must contain the followings: title; author's name, workplace, e-mail address; abstract, keywords; main text; acknowledgement (optional); references; figures, photos with notes; tables with notes; short biography (information on the scientific works of the authors).

The full manuscript should not be more than 6 pages including figures, photos and tables. Settings of the word document are: 3 cm margin up and down, 2,5 cm margin left and right. Paper size: A4. Letter size 10 pt, type: Times New Roman. Lines: simple, justified.

TITLE, AUTHOR

The title of the article should be short and objective.

Under the title the name of the author(s), workplace, e-mail address.

If the text originally was a presentation or poster at a conference, it should be marked.

ABSTRACT, KEYWORDS

The abstract is a short summary of the manuscript, about a half page size. The author should give keywords to the text, which are the most important elements of the article.

MAIN TEXT

Contains: materials and experimental procedure (or something similar), results and discussion (or something similar), conclusions.

REFERENCES

References are marked with numbers, e.g. [6], and a bibliography is made by the reference's order.

Examples:

Journals:

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

Books:

[6] C. Barry Carter – M. Grant Norton.: *Ceramic Materials Science and Engineering*. Springer Science + Business Media, LLC; New York, 2007.

FIGURES, TABLES

All drawings, diagrams and photos are figures. The **text should contain references to all figures and tables**. This shows the place of the figure in the text. Please send all the figures in attached files, and not as a part of the text. **All figures and tables should have a title.**

Please note that the color of the journal is black-and-white. Colored figures should be as well understandable.

The figures should be: tiff, jpg or eps files, 300 dpi at least, photos are 600 dpi at least.

BIOGRAPHY

Max. 500 character size professional biography of the author(s).

CHECKING

The editing board checks the articles and informs the authors about suggested modifications. Since the author is responsible for the content of the article, the author is not liable to accept them.

CONTACT

Please send the manuscript in electronic format to the following e-mail address: femgomze@uni-miskolc.hu and info@szte.org.hu or by post: Scientific Society of the Silicate Industry, Budapest, Fő u. 68., H-1027, HUNGARY

We kindly ask the authors to give their e-mail address and phone number on behalf of the quick conciliation.

INHALT

- 34 Auf hohen Temperaturen verschleißfeste Materialien auf Silizium-Nitrid-Grundlage
N. I. Ershova ■ I. Yu. Kelina
- 38 Heteromodul keramische Kompositmaterialien mit extremer dynamischen Festigkeit auf Aluminiumoxyd-Grundlage, Phasenänderung von Si_3N_4 während des Aufprallens von Metallkörpern mit hoher Geschwindigkeit
L. A. Gömze ■ L. N. Gömze
- 44 Betonfertigung durch Verwendung vom Dolomit-Abfall als Alternativ-Füllstoff
A. Korjakin ■ G. Sahmenko ■ D. Bajare ■ S. Gaïdukovs ■ D. Pizele
- 48 Wirkung der Betonkomponenten auf die Wärmebelastbarkeit
S. Fehérvári ■ S. G. Nehme
- 55 Spezielle Materialien beim Straßenbau – Verwendung von Netzen und Gittern als Asphaltverstärkung im Interesse der Verbesserung der Fahrbahnstruktur
K. Almássi ■ A. L. Joó

СОДЕРЖАНИЕ

- 34 Материалы на основе Si_3N_4 износостойкие и при высоких температурах
Н. И. Ершова ■ И. Ю. Келина
- 38 Корундовые керамические композиты с экстремальной динамической прочностью – фазовая трансформация Si_3N_4 при ударе металлическим телом с большой скоростью
Л. А. Гёмзе ■ Л. Н. Гёмзе
- 44 Приготовление бетона с применением доломитных отходов как альтернативный добавочный материал
А. Корякин ■ Г. Шахменко ■ Д. Ваяре ■ С. Гайдуковс ■ Д. Пизеле
- 48 Влияние состава бетона на его термостойкость
Ш. Фехервари ■ С. Нехме
- 55 Специальные материалы, применяемые при строительстве дорог – асфальтоусиливающие сетки и решётки для улучшения структуры дорожного покрытия
К. Алмашши ■ А. Л. Йоо

ELŐFIZETÉS

Fizessen elő az
ÉPÍTŐANYAG c. lapra!

Az előfizetés díja
1 évre **4000 Ft.**

Előfizetési szándékát kérjük
az alábbi elérhetőségek
egyikén 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