

építőanyag

A Szilikátipari Tudományos Egyesület lapja

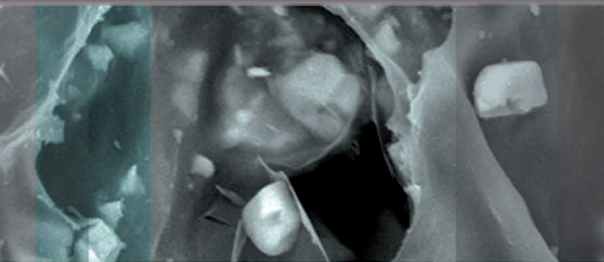
Journal of Silicate Based and Composite Materials

A TARTALOMBÓL:

- The change of physical-chemical factors of the local interaction with the human body as the basis for the creation of materials with new properties
- Brinell-hardness testing and Discrete Element Modelling of hardened concrete
- Performance of lamp glass waste powder (LGWP) as supplementary cementitious material (SCM)
– viscosity and electrical conductivity
- Ceramic radiotransparent materials on the basis of $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ and $\text{SrO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ systems
- Special topics in the freeze-thaw resistance of lightweight concretes
- Influence of supplementary cementing materials on conventional and self compacting concretes
Part. 1. Literature review

2015/1





ic-rmm2

**2nd INTERNATIONAL CONFERENCE ON RHEOLOGY
AND MODELING OF MATERIALS**
in Miskolc-Lillafüred, Hungary, 5-10 October, 2015.

Welcome to ic-rmm2

We are pleased to announce the organization of the **2nd INTERNATIONAL CONFERENCE ON RHEOLOGY AND MODELING OF MATERIALS** to be held near city **Miskolc** in mountain **Bükk** in one of the most beautiful places of **Hungary** in **Hunguest Hotel Palota Lillafüred, October 5-10, 2015**.

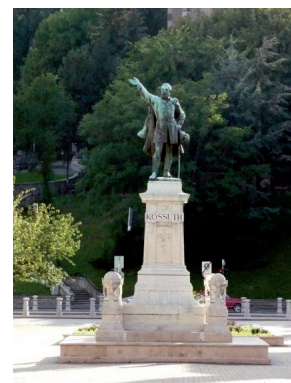
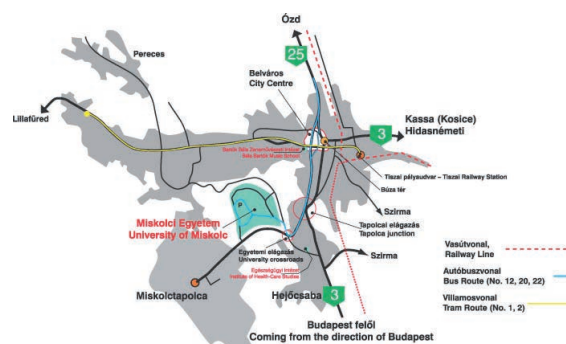
The idea to organize in **Hungary** the **2nd International Conference on Rheology and Modeling of Materials** we have received from prospective scientists, physicists, chemists, mathematicians and engineers from **Asia, Europe, North and South America** including China, India, Japan, Korea, Russia, Turkey, Estonia, France, Italy, United Kingdom, Chile, Mexico, USA. As organizers we hope that you will attend on **ic-rmm2** and we are looking forward to welcome you on this international conference in **Miskolc-Lillafüred, Hungary**. Event **ic-rmm2** is sponsored by several universities, scientific journals, societies and organizations around the World.



The objectives

The **aims** of the **2nd International Conference on Rheology and Modeling of Materials** are the fostering of interdisciplinary collaboration and interaction among scientists, researchers, PhD students as well as product and technology developer engineers. The international conference **ic-rmm2** provides a platform among leading international scientists, physicists, chemists, mathematicians, researchers, PhD students and engineers for discussing recent achievements in measurement, modeling and application of rheology in materials technology and materials science of liquids, melts, solids, powders, crystals and amorphous structures.

Among the major fields of interest are the influences of temperature, mechanical stresses, deformation speeds and times on rheological properties, material structures and phase transformation of foams, emulsions, suspensions, liquids, powders, crystals, foods, cosmetics, polymers, plastics, petrochemicals, melted metals, glass and competitive materials like nanomaterials, pharmaceuticals, medical- and biomaterials, ceramics, films and coatings, advanced metal alloys, composites, hetero-modulus, hetero-plastic and hetero-viscous complex material systems, hybrid materials, ... etc. Multidisciplinary applications of rheology as well as mechanical and rheological modeling in material science and technology encountered in sectors like food, bio- and medical materials, ceramics, glass, thin films, polymers, clays, construction materials, energy, aerospace, automotive and marine industry. Rheology in physics, chemistry, medicine, biosciences, cosmetics, environmental and earth sciences and in engineering and industries are of particular interests.



TARTALOM

- 2** A fiziko-kémiai jellemzők és az emberi test helyi kölcsönhatásainak jelentősége új típusú gyógyászati anyagok kifejlesztésében
Aleksandr L. URAKOV
- 8** Megszilárdult beton Brinell keménység mérésének modellezése diszkrét elemes eljárással
GYURKÓ Zoltán ■ BOROSNYÓI Adorján
- 12** Hulladék üveg por (WGP) cement kiegészítő anyag (SCM) teljesítőképessége
– Viskozitás és elektromos vezetőképesség
Patricia KARA
- 20** Rádiótranszparens kerámia anyagok $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ és $\text{SrO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ rendszerek alapján
Georgiy V. LISACHUK ■ Ruslan V. KRYVOBOK ■ Elena Y. FEDORENKO ■ Artem V. ZAKHAROV
- 24** Könnyűbetonok fagyasztásvizsgálatának érdekességei
NEMES Rita
- 28** Kiegészítőanyagok hatása a szokványos és az öntömörödő betonokra
1. rész. Szakirodalmi áttekintés
Salem G. NEHME

CONTENT

- 2** The change of physical-chemical factors of the local interaction with the human body as the basis for the creation of materials with new properties
Aleksandr L. URAKOV
- 8** Brinell-hardness testing and Discrete Element Modelling of hardened concrete
Zoltán GYURKÓ ■ Adorján BOROSNYÓI
- 12** Performance of lamp glass waste powder (LGWP) as supplementary cementitious material (SCM)
– viscosity and electrical conductivity
Patricia KARA
- 20** Ceramic radiotransparent materials on the basis of $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ and $\text{SrO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ systems
Georgiy V. LISACHUK ■ Ruslan V. KRYVOBOK ■ Elena Y. FEDORENKO ■ Artem V. ZAKHAROV
- 24** Special topics in the freeze-thaw resistance of lightweight concretes
Rita NEMES
- 28** Influence of supplementary cementing materials on conventional and self compacting concretes
Part. 1. Literature review
Salem G. NEHME

A finomkerámia-, üveg-, cement-, mész-, beton-, téglá- és cserép-, kő- és kavics-, tűzállóanyag-, szigetelőanyag-iparágak szakmai lapja
Scientific journal of ceramics, glass, cement, concrete, clay products, stone and gravel, insulating and fireproof materials and composites

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG • EDITORIAL BOARD

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

TAGOK • MEMBERS

Prof. Dr. Parvin ALIZADEH, BOCSKAY Balázs,
Prof. Dr. CSÖKE Barnabás, Prof. Dr. Katherine T. FABER,
Prof. Dr. Saverio FIORE, Prof. Dr. David HUI,
Prof. Dr. GÁLOS Miklós, Dr. Viktor GRIBNIAK,
Prof. Dr. Kozo ISHIZAKI, Dr. JÓZSA Zsuzsanna,
KÁRPÁTI László, Dr. KOCSEKHA István,
Dr. KOVÁCS Kristóf, Prof. Dr. Sergey N. KULKOV,
MATTYASOVSKY ZSOLNAY Eszter, Dr. MUCSI Gábor,
Dr. PÁLVÖLGYI Tamás, Dr. RÉVAY Miklós,
Prof. Dr. Tomasz SADOWSKI, Prof. Dr. Tohru SEKINO,
Prof. Dr. David S. SMITH, Prof. Dr. Bojja SREEDHAR,
Prof. Dr. SZÉPVÖLGYI János, Prof. Dr. SZÜCS István

TANÁCSADÓ TESTÜLET • ADVISORY BOARD

FINTA Ferenc, KISS Róbert, Dr. MIZSER János

A folyóiratot referálja • The journal is referred by:
Cambridge Scientific Abstracts



A folyóiratban lektorált cikkek jelennek meg.
All published papers are peer-reviewed.
Kiadó • Publisher: Szilikátipari Tudományos Egyesület (SZTE)
Elnök • President: ASZTALOS István
1034 Budapest, Bécsi út 122-124.
Tel./fax: +36-1/201-9360
E-mail: epitoanyag@szte.org.hu
Tördelő szerkesztő • Layout editor: NÉMETH Hajnalka
Címlapfotó • Cover photo: KÓSA Luca Kornélia

HIRDETÉSI ÁRAK 2015 • ADVERTISING RATES 2015:

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

Az árak az áfát nem tartalmazzák. • Without VAT.
A hirdetési megrendelő letölthető a folyóirat honlapjáról.
Order-form for advertisement is available on the website of the journal.

WWW.EPITOANYAG.ORG.HU

Online ISSN: 2064-4477 • Print ISSN: 0013-970X
INDEX: 2 52 50 • 67 (2015) 1–36

AZ SZTE TÁMOGATÓ TAGVÁLLALATAI

SUPPORTING COMPANIES OF SZTE

3B Hungária Kft. • Air Liquide Kft. • Anzo Kft.
Baranya Téglá Kft. • Berényi Téglaiipari Kft.
Budai Téglá Zrt. • Budapest Kerámia Kft.
Cerlux Kft. • Colas-Északkő Kft. • Electro-Coord Kft.
Fátyolüveg Kft. • G&B Elastomer Kft. • GE Hungary Zrt.
Geoteam Kft. • Guardian Orosháza Kft. • Hunext Kft.
Interkerám Kft. • KK Kavics Beton Kft. • KÓKA Kft.
Kötés Kft. • KTI Kft. • Kvarc-Ásvány Kft.
Lambda Systeme Kft. • Libál Lajos • Lighttech Kft.
Maltha Hungary Kft. • Messer Hungarogáz Kft.
MFL Hungária Kft. • Mineralholding Kft.
MTA KK AKI O-I Manufacturing Magyarország Kft.
OMYA Kft. • Pápateszéri Tégl. Kft. • Perlit-92 Kft. • Q&L Kft.
RATH Hungária Kft. • Rockwool Hungary Kft.
Speciál Bau Kft. • Szema Makó Kft. • SZIKKTI Labor Kft.
WITEG Kőporc Kft. • Zalakerámia Zrt.

The change of physical-chemical factors of the local interaction with the human body as the basis for the creation of materials with new properties

Aleksandr L. URAKOV, MD

Head of Department of General and Clinical Pharmacology Izhevsk State Medical Academy (since 1988) in Izhevsk, Russia. Since then 36 doctors and biologists from the department have successfully defended their dissertations (PhD) under the supervision of Prof. Urakov. He is author or coauthor of 130 patents, 15 books and more than 250 scientific papers.

ALEKSANDR L. URAKOV ▪ Izhevsk State Medical Academy, Izhevsk (Russia) ▪ urakoval@live.ru

Érkezett: 2014. 12. 23. ▪ Received: 23. 12. 2014. ▪ <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2015.1>

Abstract

The study of the dynamics of liquid, soft and hard tissues of the human body by physical contact for several minutes with vascular catheters, gastric, intestinal and pleural probes, tablets, and aqueous solutions of drugs subject to certain physical-chemical factors of local interaction. It is shown that the interaction with these medical devices, the condition of the skin, subcutaneous fat, teeth enamel, established dental structures and mucous membranes of the oral cavity, esophagus, stomach, eyes, as well as the state of the venous blood inside the vessels within the vascular catheters and other devices for storing and injecting blood and infusion solutions, is largely determined by the preservation of the natural values of the physical-chemical characteristics of these tissues. It is established that medical devices, differing in their temperature, gas composition, osmotic and/or the acid activity of the relevant characteristics of body parts in contact with them, change their condition: the stronger, the greater the difference in their physical-chemical activity and the longer continuous interaction. In this regard, an assumption that the purposeful change of physical-chemical characteristics of the standard ("old") materials (in other words, the known substances) that underlie the production of products in solid and liquid state, allows us to get "new" structures and materials. It is shown that purposeful giving old materials new "old" materials with new physical and chemical properties and their use for the production of tablets and solutions from the "old" and well-known medicines can turn even very "old" medicines in very "young" (moreover, even very fashionable), and new drugs with unprecedented (even fantastic) pharmacological activity and with new mechanisms of action.

Keywords: human, new materials, physical-chemical properties, mechanical properties, biological activity.

1. Introduction

Today's biotechnology progress leads to need for materials that retain their functional properties in various temperature regimes [1]. In addition, today there is a need to create new materials that are environmentally safe for the environment and for the human body. An example of the successful creation of materials and structures, safe to human body, can be tablets and solutions of drugs [2-8]. Most of the products available today often consist of excipients rather than chemical reagents. It is no secret that final pharmaceutical product is completely different from the *pure* chemical reagent, which was historically used for examining its toxicity in the beginning [9]. The matter is that *pure* chemical reagent is deliberately made very much *polluted* during the processing of tablets, solutions and sprays manufacturing [4]. Reagents are deliberately mixed with large amount of excipients and other substances. As a result, the medicine itself often has less than 1% of volume in the resulting mixture or solution which is used to prepare the final pharmaceutical product [4-5]. Our results show that physical and chemical factors local interaction of tablets and solutions with different parts of the body may be the basis of their therapeutic and local damaging effect on tissue [10,14]. It is also responsible for the development of medical iatrogenic

diseases [8,9]. Moreover, it was established that the main cause of the local damage of drugs and medical devices is the difference in their physical and chemical properties [7].

2. Materials and methods

We have identified the most important physical-chemical characteristics of 200 quality medicines produced by pharmaceutical companies in the form of tablets and solution for injection. The quality of the drug was studied by taking into account the manufacturers and numbers of the series of medicines. Additionally, the specific Rockwell hardness (on a scale of Brinell, HB) of the tablets were identified [15]. Evaluation of the quality of solutions of drugs was taken into account as their osmotic activity and the degree of saturation of the gas. Osmotic activity of aqueous solutions defined with cryoscope using vapor-pressure osmometer brand OSMOMAT-030 RS (production company ANSELMA Industries, Austria) [16]. Visualization of gas bubbles in carbonated solutions was held in visible spectrum of radiation on the eyes and ultrasound method using an ultrasound device ALOKA SSD-ALPHA 10 with a convection sensor of 3 to 7 MHz frequency [17].

The peculiarities of the local interaction of the tablets in the oral cavity, esophagus and stomach have been studied in

10 adult volunteers and in 10 waking piglets. The movement of the tablets in the cavity of the stomach was studied using ultrasound method. In 10 anesthetized cats the peculiarities of local interaction of the tablets inside the stomach have been studied after cutting of the stomach using surgical operations. For this purpose, tablets 0.1 g of ascorbic acid with glucose and/or tablets 0.5 g of calcium gluconate have been used.

Physical-chemical properties of 200 servings of venous blood, 300 veins limbs, 300 installed in them intravascular catheters and devices used for infusions was obtained of 200 patients admitted for treatment in Izhevsk Hospitals in the period from March 2008 to October 2014. In addition, the condition of blood in the great vessels and the subcutaneous veins of the injection site and catheterization veins in the wrist, forearm and shoulder of 10 corpses of adult patients died in the hospitals have been studied. Blood viscosity measurements were performed using a cone-plate viscometer Brookfield DV-II, coagulation activity of the blood was studied by Lee-White, status of the lumen and the walls of the veins is studied in vena section, the state of the lumen of catheter in situ was studied on the eye, and with the help of the ultrasonic device Logik Book XP, equipped with a linear transducer type 8L [17]. Rheology of pus was studied in 100 patients with purulent peritonitis, purulent conjunctivitis and tuberculosis of the lung and pleura. Rheology of pus was explored by the eye of in vivo and in vitro before and after the introduction in pus solutions of medicines with regard to the volume of interacting masses, the duration of their interaction, gravity, specific gravity (density), temperature, pH and osmotic activity. Pus was taken for analysis before and after 15 minutes after the start of its interaction with drugs [18].

The temperature dynamics of different parts of the body in 200 patients and in 100 healthy volunteers was studied by advanced infrared radiation with the help of thermal imager TH91XX (NEC, USA). Ambient temperature of the examination room was +24 to +25 °C, the temperature window of the thermal camera was set to the range of +25 to +36 °C [19,20].

3. Results and discussion

The results have shown that in real life there are no conditions under which the temperature of all body parts would be equal to 36.6 °C. The reality is that the temperature of various body parts of different patients can vary ranging from 0 to +42 °C. At the same time Arrhenius and Van't Hoff proved that 10 °C temperature difference can change the chemical reactions flow rate from 2 to 4 times.

It is shown that solutions of medicines entered to the body at room temperature (as a rule, at a temperature of +24 to +26 °C). However, some solutions may be of lower or higher temperature, as part of the medicines specially cooled, as stored in refrigerator at a temperature of +4 to +8 °C, and another part of the medicines is heated through ignorance, as is without temperature control temperature under the influence of heat sources (solar rays, infrared radiation from incandescent lamps and medical devices). In this regard, the intravenous introduction of *Solutions for injections*, performed

by the conventional technology often changes the temperature of the blood, flowing inside the veins, which, in turn, changes the temperature of the venous wall and the tissues surrounding it, including the skin in the area of projection of subcutaneous veins. The phenomenon is called as *thermo-contrast tissues* and allows us to diagnose the localization of subcutaneous veins without X-ray contrast media and without physical contact with the body of the patient, due to the capabilities of infrared thermography of the skin (Fig. 1).

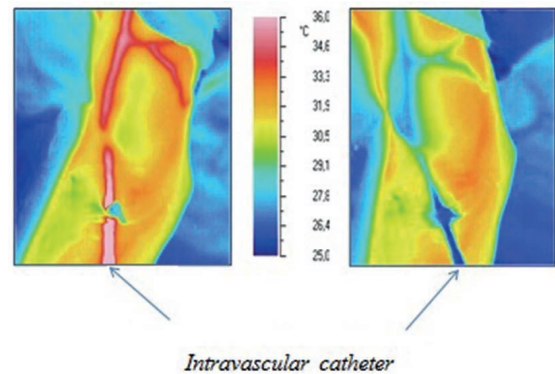


Fig. 1. Visualization of intravascular catheter by infrared thermography
1. ábra Érkátéter kimutatása infravörös termográfiai módszerrel

Among other important and rather uncertain local interactions of physical and chemical factors are the duration, the specific pressure, the reduced specific gravity, pH (acidity or alkalinity), concentration, osmotic activity and gas saturation. It turned out that solutions of most drugs today are acidic, so after injection into a vein of acidic drugs can form blood clots in vein and appearance of the skin of limbs hearth of local hyperthermia above the end of the vascular catheter. However, a quick wash of the area of vein for 3 minutes with a warm solution of 4% sodium bicarbonate eliminates local hyperthermia in the place of location of the working end of the catheter and blockage of veins and catheter blood clots.

The results of the experiments have shown that a solution of 4% sodium bicarbonate is not able to completely dissolve all the dried blood, to destroy 100% of residual spots of blood for 1-4 minutes of interaction even at a temperature of 42 °C. In this regard, for the potentiation of hemolytic activity of this solution we decided to add hydrogen peroxide [21,22]. It turned out that aqueous solutions containing sodium bicarbonate and hydrogen peroxide in different ratios, get oxygenases, washing and whitening activity. Therefore, they can be used for saturation of venous blood with oxygen, to remove blood stains from clothes, to whitening bruises in the skin and to liquefy pus, lacrimal stones, sulfuric tubes etc. [23-27]. The ability of hydrogen peroxide to saturate venous blood with oxygen was determined. The formula has been developed and patented a new quickening tool that represents hydrogen peroxide solution with osmotic activity of 280 mosmol/l of water and pH 7.4. This tool is intended to be injected into the portion of the venous blood, in order to saturate it with oxygen immediately before intravenous injection into the blood stream of the patient and increase the effectiveness of preventing hypoxic damage to the cortex of the brain [27].

The dynamics of color cotton-gauze swabs and skin, soaked venous blood in norm and after injection of solutions of drugs have been explored as well. Decolorizing activity of aqueous solutions of various chemical and medicinal substances with their concentrations in the range of 0.05 – 0.008% was investigated, at a temperature range of +20 to +40 °C and pH (alkalinity) range of 6.0 to 8.5 pH. It was revealed that the increase in pH above 7.4, or heated above 37 °C *increases*, and the decrease in pH below 7.4, or cooling below 37 °C on the contrary *reduces* the ability of the solutions to discolor bloody tissues. It was found that at concentrations less than 0.05%, the strongest decolorizing effect was attributed to hydrogen peroxide. The optimal composition of bleach solution ingredients, which form the basis of medicines called *Bleach bruises* has been determined [26].

It was shown that the rheological properties of thick pus and solutions of antiseptics and substitutes plasma at their local interaction depends mostly on conformity of volume and concentration, density, temperature, alkaline, osmotic and turbulent activity of medicines. The effect was studied by the following factors: gravity, specific gravity, temperature, turbulence, strength, internal pressure, carbonation, pH, osmotic activity, total concentration of ingredients, surface activity and the amount of medication [29].

Our results showed that only alkalization decreases viscosity and dense microstructure of purulent masses. To check the value of high alkaline activity of the solutions, the rheology of thick pus was studied under the influence of such famous alkaline drugs like solutions of 4% and 10% sodium bicarbonate (pH 8.0) and solutions of 2.4% and 24% aminofillin (pH 9.0 and 12.0, respectively). Results showed that at temperature of 24 °C after 15 min of interaction of each of these solutions with thick pus, pus completely lost its viscosity and became liquid and very fluid. Solution of 10% sodium bicarbonate has the highest ability to dissolve thick pus. It was found that full liquefaction of pus occurred at a temperature of 24 °C for 15 min, at a temperature of 37 °C for 12.5 min, and at a temperature of 42 °C for 12 min of interaction [30].

Consequently, the high density, high alkalinity and high osmotic activity, that is inherent in a solution of 4% sodium bicarbonate, ensures a high ability to dilute thick pus. In addition, as shown by the results, the ability of this solution to dissolve thick pus can be enhanced by high temperature and high turbulence. It is clear that the maximum permissible hyperthermia can be given to a solution by simply heating it up to 42 °C, but the maximum high turbulence needed to accelerate the process of liquefaction and dispersion of pus cannot be achieved by *manual* jiggle the capacity of interacting environments from side to side. Therefore, to provide a solution of maximum possible turbulence, it is decided to increase the concentration and the pressure of gases, in particular, due to carbon dioxide similarly to carbonated mineral water and due to the hydrogen peroxide. It is hypothesized that the high saturation by gas of the 4% sodium bicarbonate solution will have a powerful aggressive action on pus, because warm, heavy, alkaline and high osmotic action of solution is to be able to intensively penetrate into a pus and high saturation solution by gas and rapid formation of bubbles of carbon dioxide within

a pus is to be able to blast it from the inside. To verify this assumption, initially a solution of 4% sodium bicarbonate was added in carbon dioxide under excessive pressure of 0.2 ATM [31].

It was found that high turbulence and high saturation by gas of warm solution of 4% sodium bicarbonate gives ability to effectively and safely dispose the pus out of purulent fistula in pancreatic necrosis.

It was also found that high saturation by carbon dioxide of solution 0.9% sodium chloride provides visualization using ultrasound vector direction and speed of movement of streams of a solution into the abdominal cavity is closed when it is flushed with the conditions of purulent peritonitis by identifying and monitoring of the movement of bubbles of carbon dioxide. In addition, it was shown that the visualization of ultrasound move process of gas bubbles in a moving solution of 0.9% sodium chloride in the abdominal cavity allows us to monitor and change the flow of a fluid due to changes in the location of the patient's torso in space together with a cavity. The point is that changing the location of the torso and abdomen in space allows us to change the direction of fluid in the abdominal cavity, necessary to wash better to the chosen location. The ultrasound provides visualization of the liquid move on the change of movement of gas bubbles [32].

Instead of the carbon dioxide, a solution of 4% sodium bicarbonate was added to 3% hydrogen peroxide as well. Then the activity of dilute pus of this solution has been studied when heated to a temperature of 42 °C and introduction in the tube with pus. It turned out that infusion into a test tube with a thick pus equal amount of warm solution of 4% sodium bicarbonate and 3% hydrogen peroxide at a temperature of 42 °C leads to 5 min to the complete transformation of the two interacting environments in one turbid liquid with fluid properties [18].

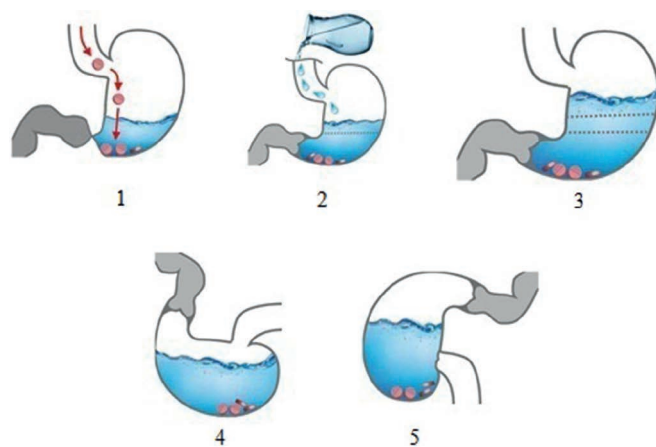


Fig. 2. Heavy tablets sink in gastric juice
2. ábra Nehéz tabletták lesüllyednek a gyomorfolyadékban

On the other hand, the physical-chemical characteristics of the tablets also affect the action of drugs when taking them inside. It turned out that the physical-chemical properties of modern tablets significantly differ in their physical-chemical properties of the tissues of the gastrointestinal tract. This difference is the reason of the local interaction of the tablets having a local physical-chemical effect on the tissues. It was

found that all the tablets are very heavy (sink in water and gastric juice), many tablets are very solid, slowly decaying, very acidic and/or very salty (Fig. 2). However, it is unknown to the producers and consumers of drugs.

So today, due to the ignorance of doctors and patients, many pills may damage the enamel of the teeth, established dental designs, local burn of mucous membranes of the oral cavity, esophagus and stomach. There are a lot iatrogenic causes of pills such as damage by medical caries, medication, stomatitis, esophagitis, gastritis and ulcer pyloric stomach. At the same time, it is shown that the *correct* changes in the physical-chemical properties of the tablets can make them safe. In particular, we invented the *easy* (floating) tablet, which is a thick foam (Fig 3). This pill does not cause an ulcer in the pyloric stomach [33].

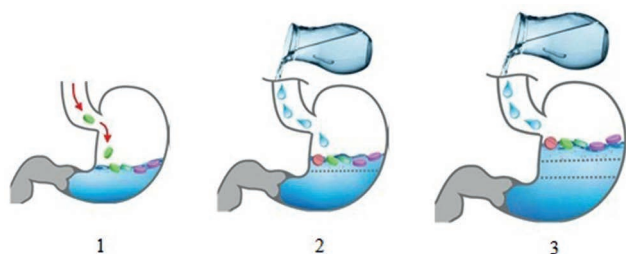


Fig. 3. Floating tablets do not sink in gastric juice
3. ábra Úszó tabletták nem süllyednek le a gyomorfolyadékban

Our data show that the values of specific deforming pressure pills now occupy the range from 0.03 ± 0.0001 N/mm² (e.g. tablets Xefocam (lornoksikama 4 mg, Nycomed), 160 ± 0.3 N/mm²; tablets Ketorol, Dr.Reddy's, India). In other words, all tablets have different hardness. Moreover, the value of specific deforming pressure of tablets can distinguish them from one another 5000 times. This is the reason why when tablets are chewed, some of them hurt the gums, lips, tongue, teeth, fillings, crowns, dentures, dental implants and braces. In this regard, we proposed to produce tablets only soft, and the value of specific deforming the hardness of the tablets should be included in a legitimate list of monitorable indicators for the quality of medicines [15].

It was found that rheology of liquid, viscous and dense biological tissues may improve medicines having the following physic-chemical characteristics: hypertermia, high alkaline, high turbulence and high saturation by gas. It was found that the leaders of improving rheology medicines and biological tissues are sodium bicarbonate, hydrogen peroxide and carbon dioxide, introduced in medicines similar to carbonated beverages. The data allowed to develop new hygienic medicines designed to liquefy thick purulent masses in patients with pleural empyema, peritonitis, rhinitis, sinusitis, conjunctivitis, tearful stones, osteomyelitis and sulfur tubes. New sanitary preparations are heated to 42 °C aqueous solutions of 0.5-10% sodium bicarbonate, of 0.5%- 3% hydrogen peroxide and carbon dioxide, which is entered into the solution at a pressure of 0.2 ATM.

Open a new page in the pharmacology of drugs associated with the presence of gases: it is shown that the tablet is made in the form of a solid foam can float on the surface of the gastric

juice, the solution representing the liquid foam can serve as an ultrasound contrast agent and the alkaline solution diluted hydrogen peroxide can whiten bruises in the skin.

And finally, it was discovered that hypoxia brain of the fetus can be defeated with intrauterine fetal lung ventilation respiratory gas with oxygen or by locally cooling the head of the fetus [34,35].

Conclusions

The quality of medical products was shown that purposeful change of physical-chemical properties of hard, soft and/or liquid materials from which they are made, by a certain amount in either direction from the physical-chemical characteristics of the tissues of the human body, physically in contact with them, capable of giving to these materials new properties, namely a certain biological activity, which, in turn, can determine their therapeutic or adverse effects. Therefore, development of new materials and structures with managed physical-chemical factors of the local interaction with the tissues of the body can be a promising strategy for the future development of environmentally friendly application and even healing items can be related to food, hygiene products, clothing, shoes, furniture, building materials and transport.

References

- [1] Promakhov, V. V. – Buyakova, S. P. – Illiavsky, V. – Kulkov, S. N. – Gomze, L. A. (2014): Thermal expansion of oxide systems on the basis of ZrO₂. *Építőanyag-JSBCM*, Vol. 66, No. 3. pp. 81-83.
<http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2014.15>
- [2] Urakov A. L. et al. (2007): Newton's Binomial as a "formula" development of medical pharmacology. *Institute of Applied Mechanics Ural branch of the Russian Academy of Sciences*, Izhevsk, 192 p.
- [3] Urakov, A. L. – Urakova, N. A. – Yushkov, B. G. – Zabokrickiy, N. A. – Hausknecht, M. Y. (2011): Hypertermical, hypergazational and hyperalkalinical solutions as factors melting purulent activity. *Bulletin of Ural Academy Medical Sciences*, no. 1 (33), pp. 84-87.
- [4] Urakov, A. L. – Urakova, N. A. – Kozlova, T. S. (2011): Local toxicity of drugs as an indicator of the likely aggressiveness of the local application. *Bulletin of Ural Academy Medical Sciences*, no. 1 (33), pp. 105-108.
- [5] Urakov, A. L. – Urakova, N. A. (2012): After injection bruising, infiltrates, necrosis and abscesses can cause medicines because of the lack of control of their physical-chemical aggressiveness. *Modern Problems of Science and Education*, no. 5, pp. 5-7. <http://www.science-education.ru/105-6812>
- [6] Urakov, A. L. – Urakova, N. A. (2014): Temperature of the site of injection in subjects with suspected "injection's disease". *Thermology International*, Vol. 24, no. 2, pp. 63-64.
- [7] Urakov, A. L. – Nikityuk, D. B. – Urakova, N. A. – Soicher, M. I. – Soicher, M. G. – Reshetnikov, A. P. (2014): Species and dynamics of local skin injuries to patients in places, which are injections of drugs. *Doctor*, no. 7, pp. 56-60.
- [8] Urakova, N. A. – Urakov, A. L. (2013): Colored mottling of the skin in the buttocks, thighs and arms of the patient as the page of history "injectable disease". *Success of Modern Natural Science*, no. 1, pp. 26-30.
- [9] Urakova, N. A. – Urakov, A. L. (2013): Injecting a skin disease. *Modern Problems of Science and Education*, no. 1, pp. 19-23.
<http://www.science-education.ru/107-8171>
- [10] Urakov, A. L. (1987): Cold in protection of the heart. *Science in the USSR*, no. 2. pp. 63-65.
- [11] Urakov, A. L. (1988): Recipe on the temperature. *Udmurtia*, Izhevsk, 80 p.
- [12] Urakov, A. L. (1989): Recipe on the temperature. *Science and Life*, no. 9, pp. 38-42.
- [13] Urakov, A. L. (2014): The history of the formation of thermofarmacology in Russia. *The Success of Modern Natural Science*. no. 12. pp. 29-39.

- [14] Urakov, A. L. – Urakova, N. A. (2013): Original hygiene for prevention of postoperative adhesions, efficient liquefaction of thick purulent masses, sulfuric tubes and tear stones. *Modern Problems of Science and Education*, no. 1. <http://www.science-education.ru/107-7607>
- [15] Urakov, A. L. – Reshetnikov, A. P. (2014): Specific deforming the hardness of the tablets is another indicator of the quality of medicines. *Success of Modern Natural Science*, no. 9 (2), pp. 33-37.
- [16] Urakov, A. – Urakova, N. – Kasatkin, A. – Chernova, L. (2014): Physical-chemical aggressiveness of solutions of medicines as a factor in the rheology of the blood inside veins and catheters. *Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, Vol. 8, no. 1, pp. 61-65.
- [17] Urakov, A. L. – Kasatkin, A. A. – Urakova, T. V. (2014): Ultrasonic navigation as a way to control the movement of drugs within living tissues. *Ultrasound and Functional Diagnostics*, no. 4, pp. 61-65.
- [18] Urakov, A. – Urakova, N. – Chernova, L. (2013): Possibility of dissolution and removal of thick pus due to the physical-chemical characteristics of the medicines. *Journal of Materials Science and Engineering B*, Vol. 3, no. 11, pp. 714-720.
- [19] Urakova, N. A. – Urakov, A. L. (2014): Diagnosis of intrauterine newborn brain hypoxia using thermal imaging video. *Biomedical Engineering*, Vol. 48, no. 3, pp. 111-115. <http://dx.doi.org/10.1007/s10527-014-9432-3>
- [20] Urakov, A. L. – Kasatkin, A. A. – Urakova, N. A. – Ammer, K. (2014): Infrared thermographic investigation of fingers and palms during and after application of cuff occlusion test in patients with hemorrhagic shock. *Thermology International*, Vol. 24, no. 1, pp. 5-10.
- [21] Urakov, A. L. et al. (2012): Method and tool for removing earwax. Invention RU Patent 2468776 C2
- [22] Reshetnikov, A. P. et al. (2009): The method to express remove blood stains from clothes. Invention RU Patent 2371532 C2
- [23] Urakov, A. L. et al. (2009): Tool to thin thick and sticky pus. Invention RU Patent 2360685 C2
- [24] Urakov, A. L., et al. (2010): The way the cubital vein catheterization and multiple intravenous injection of drugs. Invention RU Patent 2387465 C2
- [25] Chereshevnev, V. A. et al. (2008): Hyper-gazation and hyper-osmotic antiseptic. Invention RU Patent 2331441 C2
- [26] Urakov, A. L. – Urakova, N. A. – Chernova, L. V. – Fischer, E. L. (2014): Bleach bruises. Invention RU Patent 2539380 C2
- [27] Urakov, A. L. et al. (2012): The way and means to remove sulphuric tube. Invention RU Patent 2468776 C2
- [28] Urakov, A. L. et al. (2014): Hyperoxygenation tool E. M. Soicher for saturation of venous blood with oxygen. Invention RU Patent 2538662 C2
- [29] Strelkov, N. S. et al. (2007): Device for introducing an infusion solution. Invention RU Patent 2302266
- [30] Strelkov, N. S. et al. (2002): The method of treatment of long-term psychological wounds. Invention RU Patent 2187287 C2
- [31] Chereshevnev, V. A. et al. (2008): Method of peritoneal dialysis from fizzy solution. Invention RU Patent 2336833 C2
- [32] Chereshevnev, V. A. et al. (2008): Melting intestinal probe for newborn children. Invention RU Patent 2328319 C2
- [33] Urakova, N. A. et al. (2005): Floating tablet. Invention RU Patent 2254121 C2
- [34] Urakov, A. L. et al. (2012): Intrauterine scuba N.A. Urakova and method of ventilation of lungs respiratory gases. Application no. 2010134466. *Inventions and utility models. Official Bulletin of the Federal service for intellectual property, patents and trademarks*. No. 6. (1), pp. 38-39. http://www1.fips.ru/fips_serv1/fips_servlet
- [35] Radzinsky, V. E. – Urakov, A. L. – Urakova, N. A. (2014): The way obstetric aid efforts. Invention RU Patent 2502485 C2

Ref:

Uraikov, Aleksandr L.: *The change of physical-chemical factors of the local interaction with the human body as the basis for the creation of materials with new properties*
Építőanyag – Journal of Silicate Based and Composite Materials, Vol. 67, No. 1 (2015), 2–6. p.
<http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2015.1>

A fiziko-kémiai jellemzők és az emberi test helyi kölcsönhatásainak jelentősége új típusú gyógyászati anyagok kifejlesztésében

Lágy és kemény emberi szövetek és vaszkuláris katéterek, gyomor-, bél- és mellhártya szondák, tabletták vagy vízben oldott gyógyszerek fizikai kapcsolatának tanulmányozása a helyi kölcsönhatások egyes fiziko-kémiai jellemzőinek az ismeretét igényli. Bizonyított, hogy a helyi kölcsönhatások nagymértékben függenek a szövetek fiziko-kémiai jellemzőitől, a vér transzfúziós és infúziós készülékek kapcsolata során. Az eszközök és anyagok hőmérséklete, gáz tartalma és összetétele, kémhatása és ozmotikus aktivitása a legfontosabb befolyásoló tényezők. Ebben a szemléletben a hagyományos eszközök és gyógyszerek működési mechanizmusait célszerű új hatású, pl. nagyobb farmakológiai aktivitású vagy új mechanizmusokkal működő eszközök és gyógyszerek fejlesztése irányában kutatni. A cikk rámutat az oldat koncentráció, a hőmérséklet és a tabletták sűrűségének jelentőségére az emberi szövetrel történő helyi kölcsönhatásokban.

Kulcsszavak: humángyógyászat, új anyagok, fiziko-kémiai jellemzők, mechanikai jellemzők, biológiai aktivitás.

MESSAGE FROM THE EDITORS

The term *composite* is used to specify many different compounds at various practical applications. Use of silicate based and other *inorganic* composites provide experiences over millennia, since the prehistoric pottery technology of ancient civilisations up today's sophisticated pharmaceutical applications. The research in the biomedical field has been advanced enormously during the 21st century – continuing to remove the borders between scientific disciplines of materials research. Various composite materials including ceramics have been developed for drug delivery for example in human medicine. The selection of carrier materials for drug delivery needs special considerations, depending on the specific application and the specific targeted intake; bioactive, bioresorbable, and bioinductive composites are known for these purposes. Most advantageous applications usually combine organic and inorganic composites.

Építőanyag – Journal of Silicate Based and Composite Materials intends to promote a better understanding of ceramics and composite materials on a wide range within and beyond construction materials, provide a forum for recent advances in materials science and review the latest developments of

sustainable materials. Aim of the journal is to serve as bridge between academic researchers in various fields of materials science, practicing engineers and designers as well as manufacturers and fabricators.

The Editorial Board is, therefore, proud to announce the first paper in the history of Építőanyag – Journal of Silicate Based and Composite Materials that explicitly shows the interdisciplinary nature and the attention of the journal in breaking further walls between disciplines of materials research in the field of silicate based and other inorganic composites and invite our readers to enjoy the paper of Professor Aleksandr L. Urakov, MD about some results of the latest progress in biotechnology entitled “The change of physical-chemical factors of the local interaction with the human body as the basis for the creation of materials with new properties”.

Assoc. Prof. Adorján Borosnyói
Editor-in-Chief
Építőanyag – JSBCM





Prof. Dr. Tamás Ferenc

| 1928–2014

Szomorúan adunk hírt olvasóink számára, hogy Prof. Dr. Tamás Ferenc vegyészmérnök, Professor Emeritus, a Veszprémi Egyetem volt tanára, életének 87. évében eltávozott közülünk.

Tamás Ferenc középiskolai tanulmányait a Budapesti Evangélikus Gimnáziumban, egyetemi tanulmányait pedig a Budapesti Műszaki Egyetemen végezte, ahol vegyészmérnöki oklevelet szerzett 1951-ben. Az egyetemen töltött évei alatt demonstrátor volt az Ásványtani Tanszéken és hidrogeológiai vizsgálatokat is végzett Papp Ferenc professzor irányításával, valamint barlangtúrákat vezetett egyes Budapest-környéki barlangokban. Részt vett a jósavői Béke-barlang egyes felfedezési munkálataiban is.

Végzés után a Veszprémi (akkor még Vegyipari) Egyetem újonnan alakult Szilikátipari Tanszékén lett tanársegéd, ahol már a legelső évfolyamot is tanította. Nagy munkát jelentett egy Magyarországon még sohasem oktatott tantárgy anyagának, oktatási segédleteinek elkészítése, hiszen szilikátlaboratóriumi könyvek nemcsak magyar, hanem idegen nyelven sem léteztek. Ezért szerkesztette és jelentette meg 1953-ban a Műszaki Könyvkiadónál a tanszék munkatársaival együtt megírt *Szilikátipari Vizsgálatok* című munka első kötetét, mely a kémiai vizsgálatokkal foglalkozott. Ezt egy év múlva követte a fizikai és technológiai vizsgálatokat ismertető második kötet. A könyv nagymértékben kibővített kiadását 1970-ben jelentette meg a Műszaki Kiadó ugyancsak Tamás Ferenc szerkesztésében *Szilikátipari laboratóriumi vizsgálatok* címmel.

1956-ban politikai okokból távoznia kellett az egyetemről. Először a veszprémi Nehézvegyipari Kutatóintézetben, majd a budapesti Építőanyagipari (később Szilikátipari) Kutatóintézetben dolgozott mint tudományos főmunkatárs. Itt szilikátipari termodinamikához és cementiparhoz kötődő témákkal foglalkozott, és társszerzővel együtt megírta nagysikerű *Fázisdiagramok anaglif ábrázolása* c. könyvét, amelyet magyarul 1964-ben a Nehézipari Könyvkiadó, angolul pedig 1970-ben a Norris (USA) könyvkiadó jelentetett meg. Cementkémiai tárgyú kandidátusi értekezését 1968-ban védte meg.

A MTESZ Szilikátkémiai Bizottságának munkájában 1951 óta tevékenyen részt vett, annak egy ideig elnöke is volt. Legfontosabb tevékenysége több mint negyed évszázadon keresztül a nemzetközi szilikátipari és szilikát tudományi konferenciák (SILICONF) megszervezése volt. Az 1962-ben tartott VI. konferencián a konferenciabizottság titkára, a VII.-tól az utolsóig (a XV.-ig, amely 1989-ben került megrendezésre) a konferenciabizottság elnöke volt. A VI., VII., VIII. és IX. konferencia anyaga nemcsak a szokásos regisztrációs kiadványok formájában (a szerzők által beküldött cikkek ill. kivonatok gyűjteményeként) jelent meg, hanem az általa szerkesztett és az Akadémiai Kiadó által angol nyelven kiadott különálló kötetekben is. Ezek a vaskos kötetek a nemzetközi szakajtóban igen jó kritikákat kaptak és nagyban hozzájárultak az Egyesület nemzetközi megismertetéséhez.

1973-ban visszakерült eredeti munkahelyére, a Veszprémi Vegyipari Egyetem Szilikátkémiai Tanszékére, ahol tudományos tanácsadói, később docensi, 1982 óta pedig egyetemi tanári beosztásban dolgozott. 1978-ban védte meg cementkémiai tárgyú akadémiai doktori értekezését. Oktatómunkája mellett cementkémiai kutatásokat is folytatott, valamint hulladékok ártalmatlanításával is foglalkozott. Az iparhoz kapcsolódik egyik fő műve, a számos társszerző közreműködésével megírt *Szilikátipari Kézikönyv*, amely 1982-ben a Nehézipari Könyvkiadónál jelent meg és melynek főszerkesztője volt. Tudományos munkásságát ezen kívül több mint száz, rangos bel- és külföldi szakfolyóiratban megjelent publikációja is őrzi.

Oktatómunkáját tanítványainak sikerei is jelzik: volt hallgatói, doktoranduszai mind Magyarországon, mind külföldön (Dánia, Egyiptom, Kanada) megbecsült tagjai a szilikátipari társadalomnak.

Egyedülálló ötlete volt, hogy a Veszprémi Egyetem doktori iskolájának hallgatói számára külön kurzust szervezett *Elmeköszörű* címmel. Ezeken az előadásokon nemcsak nagytudású hazai szakemberekkel, hanem neves külföldi tudósokkal is (pl. Brunauer Istvánnal, Teller Edével, és a Nobel-díjas Oláh Györggyel, valamint Harsányi Jánossal) is személyes kapcsolatba kerülhettek az egyetem doktoranduszai.

Számos külföldi konferencián ismertette a magyar szilikátipari és cementkémiai kutatások eredményeit és 1992-től szervezőbizottsági tagja volt a Nemzetközi Cementkémiai Kongresszusoknak (ICCC).

Szerkesztőbizottsági tagja volt a Cement and Concrete Research (USA), az Inter Ceram (Németország) és a Matériaux et structures (Franciaország) folyóiratoknak.

Kitüntetései: MTESZ nívódíj (1986), Apáczai Csere János-díj (1998) és Polinszky díj (2010).

1999-ben vonult nyugállományba, a veszprémi Pannon Egyetem a Professor Emeritus címet adományozta neki.

Tevékenyen részt vett a Szilikátipari Tudományos Egyesület és a Magyar Tudományos Akadémia szakbizottságainak munkájában. Hosszú időn keresztül tagja volt az *Építőanyag* folyóirat szerkesztőbizottságának. A Veszprémi Akadémiai Bizottság műszaki szakbizottságának elnökeként is megbecsülést szerzett kollégái körében.

Az Ipar a Környezetért Alapítvány Kuratóriumának elnökeként országos jelentőségű, a tanulóifjúság szemléletformálását hatékonyan elősegítő munkát végzett.

A csendesen alkotó, kutató, világhorizontokon gondolkodó tudós gyakran kapott külhoni meghívásokat. Meghívott előadóként, vendégprofesszorként oktatott a világ több jelentős műszaki egyetemén (Zürich, Graz, Göteborg, Oxford, Moszkva, Tuzla, Cork, Haifa, Kairo, Pretoria, Hawaii, Sydney, Melbourne, New Delhi és sok helyütt az USA-ban). Külföldi szereplései nemcsak hivatásának, hanem Magyarországnak is jelentős tekintélyt adtak.

Fájó szívvel búcsúzunk Tamás Ferenc professzor úrtól.

Brinell-hardness testing and discrete element modelling of hardened concrete

Zoltán GYURKÓ

(1989) civil engineer (MSc), PhD candidate at the BME Dept. of Construction Materials and Technologies. Main fields of interest: non-destructive testing of concrete and porous building materials, Discrete Element Modelling.

Dr. Adorján BOROSNYÓI

(1974) civil engineer (MSc), PhD, associate professor at the BME Dept. of Construction Materials and Technologies. Main fields of interest: application of non-metallic (FRP) reinforcements for concrete structures, bond in concrete, non-destructive testing of concrete. Member of the Hungarian Group of fib and of fib TG 4.1 „Serviceability Models”. Member of RILEM Technical Committee ISC “Non-destructive in situ strength assessment of concrete”.

ZOLTÁN GYURKÓ ■ PhD candidate ■ BME Dept. of Construction Materials and Technologies
■ gyurko.zoltan@epito.bme.hu

ADORJÁN BOROSNYÓI ■ Associate Professor ■ BME Dept. of Construction Materials and Technologies
■ borosnyoi.adorjan@epito.bme.hu

Érkezett: 2015. 01. 12. ■ Received: 12. 01. 2015. ■ <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2015.2>

Abstract

Present paper deals with the Brinell-hardness testing of hardened concrete and with the Discrete Element Method (DEM) modelling of this type of experiment to get a better understanding of the behaviour of porous solid materials under a penetrating spherical body. Discrete Element Method is a powerful tool to model porous solid materials like concrete, which allows visualizing the movements inside the material that are formed during the test. This helps to better observe and understand the material behaviour and the special characteristics of hardness testing.

Keywords: Brinell-hardness, Discrete Element Method, concrete, porous solids, indentation test.

1. Introduction

According to Hertz, hardness can be defined as the least value of pressure under a spherical indenter necessary to produce a permanent set at the center of the area of contact [1]. The definition of Hertz has some practical difficulties, therefore, the value of hardness is defined in practice by various ways. Mostly these practical definitions indicate different relationships between the loading force and the resistance of the material against penetration or permanent deformation.

Nowadays, the so called indentation hardness test methods are the most commonly used techniques to measure the surface hardness of a material. The indentation hardness test methods can be divided into two groups based on the mechanical behaviour of the process: static and dynamic methods. Dynamic processes like rebound hammer measurements or Leeb-hardness testing are faster than static processes (e.g. Brinell- or Vickers-test), but less reliable. If one intends to examine hardness in a sophisticated way then static processes are more appropriate.

The most well-known static indentation hardness testing method is the Brinell-test that can be performed as DSI (Depth Sensing Indentation) test as well [2]. During Brinell-hardness testing (Fig. 1), a hardened, polished steel ball is pressed into the surface of the tested material at a specified loading rate, maximum load and time. The test applies a constant loading force, usually 500 to 3000 kg (depending on the tested material), by a 10 mm diameter hardened steel ball to the flat surface of a specimen. The load is applied for a specified time (that is different for different types of materials; for a soft metal it is between 10-15 seconds, for a hard metal it is usually 30 seconds). The duration of load is required for the final deformations in the material to be developed. The aim of the process is to have a hardness value, which is calculated from the diameter of the ball print created by the indenter.

2. The Discrete Element Method

The Discrete Element Method (DEM) is a group of numerical methods, of which the first type (the so called distinct element method) was introduced by Cundall [3] in 1971. DEM is a powerful tool for the modelling of grains, soil, masonry structures and other applications, where the elements of the modelled structure or material are not connected to each other at the material level. DEM was already introduced earlier in more details by the authors of the present paper [4].

The DEM software *PFC3D* (Particle Flow Code) was used to model the process of hardness testing, which has many advantages in the field of modelling porous materials. As most of the discrete element software packages, *PFC3D* is also built up from particles (discrete elements) and the contacts among them [5-10]. In this case discrete elements are assumed to be sphere shaped and completely rigid, thus the deformations of the material can be derived from the contact forces by using Newton's second law of motion.

The contacts between the particles are simulated with the so called parallel bonds, which provide the force-displacement behaviour of a finite-sized piece of cementitious material

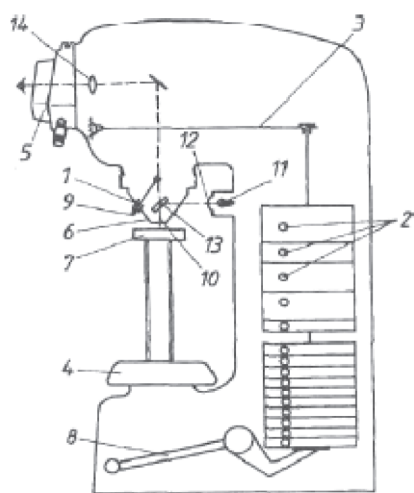


Fig. 1. Schematic figure of a Brinell-hardness tester [2]

1. ábra Brinell keménység vizsgáló készülék sematikus rajza [2]

deposited between two balls. These bonds establish an elastic interaction between particles that acts in parallel with the slip or contact-bond forces. Parallel bonds can transmit both forces and moments between particles, while contact bonds can only transmit forces acting at the contact point. Thus, parallel bonds may contribute to the resultant force and moment acting on the two bonded particles. A parallel bond can be characterised as a set of elastic springs with constant normal and shear stiffness, uniformly distributed over a circular cross-section lying on the contact plane and centered at the contact point (Fig. 2). These springs act parallel with the point-contact springs that are used to model particle stiffness at a point. Relative motion at the contact causes a force and a moment to develop within the bond zone of the material as a result of the parallel-bond stiffness. This force and moment act on the two bonded particles.

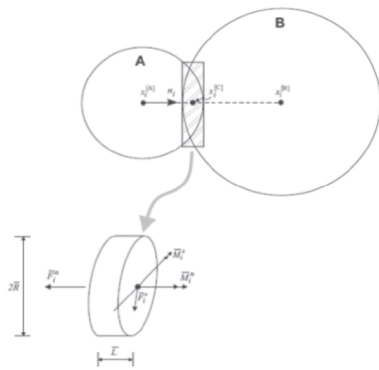


Fig. 2. Parallel bond depicted as a cylinder of cementitious material [10]
2. ábra Párhuzamos belső kötőerő modellje hengeres alakú cementáló közegként [10]

3. Model of the hardness testing procedure

The main aim of the present research was to model Brinell-hardness testing with DEM. During the numerical simulations, a steel sphere of 10 mm diameter was penetrated into the surface of a cubic concrete specimen. The penetrating steel ball was modelled as one large particle (Fig. 3); this assumption implies that the stiffness of the steel ball is much higher than the stiffness of the concrete specimen.

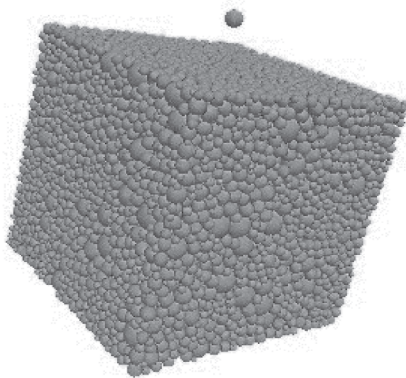


Fig. 3. The model of a concrete specimen with the steel sphere in the initial phase in perspective view
3. ábra Beton próbatétel modelljének perspektívus képe a terhelő acél golyóval

The concrete was modelled with a large number of particles (discrete elements). The size distribution of the discrete

elements in the model of the concrete was the same as the particle size distribution of the aggregate in the real material. In the model the particle size distribution of the real material was followed by defining particle size classes. The maximum aggregate size was 16 mm, and the applied aggregate size distribution was between the A and C limit grading curves suggested by Hungarian standards, which means, it is an aggregate that is suitable for concrete.

To model the steel sphere an individual particle was generated above the concrete specimen. After the steel sphere was generated, it was fixed in every direction and against rotation, since during the Brinell-hardness test the steel ball is fixed. It is also necessary to define geometry and material properties of the ball: density, size and position. Since the steel ball is generated above the concrete specimen, it is important to avoid initial contacts between the particles (and also to model precisely the Brinell-method), therefore, the steel ball should be slowly moved towards the surface of the concrete specimen. There are several ways to accomplish this movement. One way is to give an initial velocity to the ball in a given direction and run some calculation cycles until the ball almost touches the surface of the specimen. Once the ball is sufficiently close to the surface of the specimen, the loading force can be applied. In case of Brinell-testing, it is possible to apply the force in different magnitudes. When the force is applied to the steel ball it penetrates into the surface of the specimen. The Brinell-test can be carried out with different forces from 1.5 kN to 30 kN, by changing the testing load.

When the loading phase of the simulation is finished, the force should be applied in the opposite direction, still perpendicular to the surface of the specimen, to model the unloading phase. Thus the steel ball is removed from the specimen. When the steel ball is removed and the particles of the specimen are brought into a steady state, the test is finished.

When the hardness testing procedure is finished (the steel ball is moved sufficiently away from the specimen), with the help of the measuring tool provided by the software, the distance between the edges of the residual ball print in two diagonals, which are perpendicular to each other, can be measured (this is a standard procedure in the measurement of indentation diameter). Another option is the measurement of the indentation depth of the imprint and converting it into diameter with a given formula.

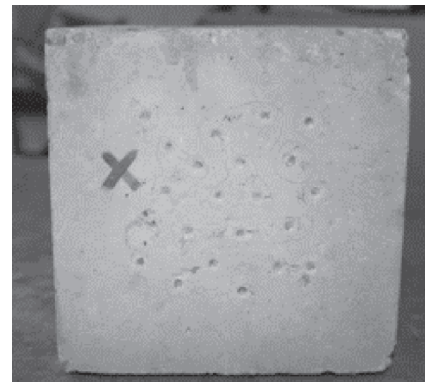


Fig. 4. Results of the Brinell-hardness test on the surface of a specimen.
4. ábra Brinell keménység mérés eredménye egy próbatétel felületén.

To represent the statistical nature of the results, several models were created during the present numerical studies, which had the same grading properties of the particles, but the random arrangement of the discrete elements was different in each case. Figs. 4 and 5, together with Tables 1 to 3 represent the averaged values of the measured results that are compared with the laboratory experiment results. Table 1 gives the indentation diameters resulted from the discrete element model.

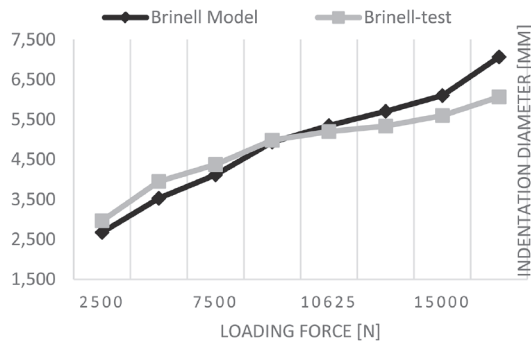


Fig. 5. Indentation diameter (model + Brinell test) vs. loading force
5. ábra. Benyomódási átmérő (DEM modell + Brinell vizsgálat) és terhelőerő összefüggése

Loading force [N]	Averaged indentation diameter [mm]
2500	2.676
5000	3.529
7500	4.117
10000	4.934
10625	5.348
12500	5.707
15000	6.099
17500	7.067

Table 1. The loading forces and the corresponding indentation diameters from the DEM model

1. táblázat. A terhelőerők és a benyomódási átmérők a DEM modell alapján

4. Laboratory experiments

To validate the DEM model results, laboratory tests were carried out. The tests were conducted at the Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Civil Engineering, Department of Construction Materials and Technologies. Every test was carried out under the same conditions and using the same testing device. The tests were performed on four surfaces of concrete cubes, which were originally located vertically in the formwork during specimen preparation (the other two sides were not suitable for the test, because their surfaces were not sufficiently uniform). In case of the Brinell-hardness test the measurements were made in different load increments. Five test repetitions were carried out at each load level complying with the rules of Brinell-hardness testing (e.g. taking care of the minimum distance of the prints from each other and from the edge of the specimen). To receive a statistically correct result the diameter of the ball prints at each load level was averaged. The maximum loading force was applied on the surface of the material for 30 seconds. A hand microscope was used to read the size of the prints which has a built-in ruler with precision of 0.1 mm. Diameter readings

were taken on each print in two directions (perpendicular to each other). The result came from the average of these two measurements. Table 2 contains the results of the Brinell-hardness tests.

Loading force [N]	Averaged indentation diameter [mm]
2500	2.967
5000	3.950
7500	4.375
10000	4.983
10625	5.200
12500	5.337
15000	5.600
17500	6.067

Table 2. The loading forces and the corresponding indentation diameters from the Brinell-test

2. táblázat. A terhelőerők és a benyomódási átmérők a Brinell vizsgálatok alapján

During the present experiments a steel ball of diameter of 10 mm was used, therefore, the maximum possible indentation diameter was 10 mm. The experiment can be considered not successful, if the applied load is too large for the material (e.g. a large force to a very soft material) and the ball penetrates into the surface of the material with more than the half of the sphere.

Loading force [N]	Averaged indentation diameter [mm]
2500	2.967
5000	3.950
7500	4.375
10000	4.983
10625	5.200
12500	5.337
15000	5.600
17500	6.067

Table 3. The loading forces and the corresponding indentation diameters from the Brinell-test

3. táblázat. A terhelőerők és a benyomódási átmérők a Brinell vizsgálatok alapján

From the measured diameter values by knowing the loading force and the diameter of the indenter, the Brinell-hardness of the material can be computed by Eq. (1). Table 3 contains the Brinell-hardness values obtained experimentally.

$$HB = \frac{2 \cdot F}{D \cdot \pi \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (1)$$

where:

HB – Brinell-hardness (N/mm²),

F – loading force (N),

D – diameter of steel ball (mm),

d – diameter of residual imprint (mm).

5. Comparison of experimental and simulated results

In the followings, experimental and simulated results are compared on the basis of the indentation diameter (d) and the Brinell-hardness (HB).

The results of measured and simulated indentation diameters are shown in Fig. 5. The shape and the steepness of curve obtained from the DEM Brinell model follows quite well the laboratory test results. It can be seen in the figure, that the Brinell-hardness test and the DEM model results run sufficiently close to each other, differences can be seen only in case of low and high load levels. In case of medium forces the results are almost the same.

Special characteristics of hardness can be observed from the results of the DEM model as well. Fig. 6 shows the relationship between the loading force and the square of the indentation diameter. In the literature it was observed that the relationship between the square of indentation diameter and the loading force is linear. The reason for the use of the square of the indentation diameter can be found in the formula of the Brinell-hardness, where the loading force is divided with the surface area of the indentation, in which the indentation diameter appears with a power of two. Very similar behaviour can be observed if the indentation depth is shown in function of the loading force. The present laboratory tests confirm these observations and the DEM model results follow this behaviour too. The strong correlation can be confirmed by the trend lines added to the observed data (see Fig. 6). It shows that the correlation coefficient of the results is higher than 0.97 (97 %). Based on the literature, result can be considered statistically significant if the correlation coefficient is higher than 95 %.

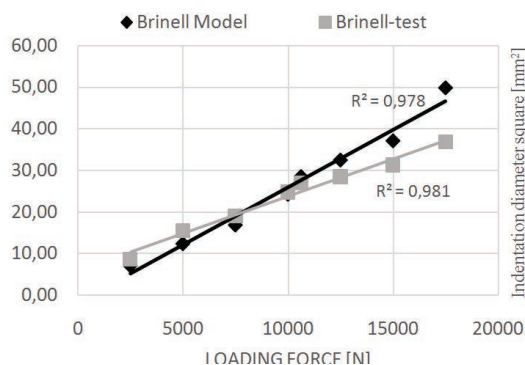


Fig. 6. Square of indentation diameter (model + Brinell test) vs. loading force
6. ábra Benyomódási átmérő négyzete (DEM modell + Brinell vizsgálat) és terhelőerő összefüggése

6. Conclusions

The DEM model presented in this study shows sufficient correlation with the experimental test results for the Brinell-hardness testing of concrete. Various characteristics of hardness-testing can be observed with the use of the DEM model. It can be realized that the relationship of the loading force and the square of the indentation diameter is linear, which was observed in the literature in the past. Based on the findings it can be concluded that the Brinell-hardness of concrete can be modelled by using the model developed, especially at medium load levels. In case of low and high loads a slight difference can be observed of which reasons need further analyses. As a final conclusion of the study it can be stated that the developed DEM model of the Brinell-hardness testing approximates the laboratory results sufficiently and with the help of the model

various characteristics of hardness-testing can be analysed numerically.

7. Acknowledgements

Authors express their gratitude to the Hungarian Scientific Research Fund (OTKA) for the financial support of the research project OTKA K 109233 and to the Itasca Consulting Group for providing the software.

References

- [1] Hertz, H. (1881): Über die Berührung fester elastischer Körper. *Journal für die reine und angewandte Mathematik*, 1881/5, pp. 12-23.
- [2] Chandler, H. (1999): „Hardness testing”. *ASM International*, 192 p.
- [3] Cundall, P. A. (1971): A computer model for simulating progressive large scale movements in blocky rock systems. *Procs. Symposium of the International Society of Rock Mechanics*, Nancy, France, Vol. 1., Paper II-8
- [4] Gyurkó, Z. – Bagi, K. – Borosnyói, A. (2014): Discrete Element Modelling of uniaxial compression test of hardened concrete. *Építőanyag-JSBCM*, Vol. 66, No. 4, pp. 113-119.
<http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2014.21>
- [5] Cundall, P. A. (1982): Adaptive density scaling for time-explicit calculations. *Procs. 4th International Conference on Numerical Methods in Geomechanics*, Edmonton, pp. 23-26.
- [6] Cundall, P. A. (1988): Formulation of a three-dimensional distinct element model – Part I: A scheme to detect and represent contacts in a stem composed of many polyhedral blocks. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abst.*, Vol. 25, pp. 107-116.
- [7] Itasca Consulting Group (2007): 3 Dimensional Distinct Element Code. *Users Guide*. Minneapolis, Minnesota, USA
- [8] Itasca Consulting Group (2008): Particle Flow Code in Three Dimensions. *Users Guide*, Minneapolis, Minnesota, USA
- [9] Itasca Consulting Group (2011): Universal Distinct Element Code. *Users Guide*, Minneapolis, Minnesota, USA
- [10] Bagi, K. (1993): A quasi-static numerical model for micro-level analysis of granular assemblies. *Mechanics of Materials*, Vol. 16, pp. 101-110.

Ref.:

Gyurkó, Zoltán – Borosnyói, Adorján: *Brinell-hardness testing and Discrete Element Modelling of hardened concrete*
Építőanyag – Journal of Silicate Based and Composite Materials, Vol. 67, No. 1 (2015), 8–11. p.
<http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2015.2>

Megszilárdult beton Brinell keménység mérésének modellezése diszkrét elemes eljárással

A diszkrét elemes módszer (DEM) az elmúlt évtizedekben vált ismertté a mérnöki gyakorlatban, mint az elsősorban szemcsés anyagok vagy diszkrét felépítésű szerkezetek (elsősorban falazott szerkezetek) modellezésére használatos numerikus eljárás. A DEM segítségével nagy számú, többnyire kis méretű elem mozgását lehet kiszámítani az őket érő hatásokból. Ebben a numerikus módszerben a modellt felépítő elemek egymástól különállóak, egymástól függetlenül szabadon elmozdulhatnak, valamint egymással kapcsolatba léphetnek. Jelen tanulmány készítése során fontos célkitűzés volt egy, a beton adalékanyagának szemeloszlását pontosan követő modell létrehozása. Ezért is volt fontos egy olyan modellezési eljárás választása, amelynek segítségével adalékanyag frakciókat lehet követni megfelelő pontossággal. A kutatás eredményei alapján megállapítható, hogy a DEM modell jól közelítette a normál beton nyomószilárdságának és statikus keménység vizsgálatainak valós kísérleti eredményeit. A modell képes volt a beton adalékanyag szemeloszlásának követésére, amely a vizsgálat egyik alapkövetelménye. A keménységmérési eljárások modellezése során csak a legkisebb illetve legnagyobb terhelő erő esetén volt megfigyelhető eltérés, a közbeső értékek esetén a DEM modell eredmények jól közelítették a laboratóriumi vizsgálatok eredményeit. A modellezési eredményeken szintén kimutatható több, a múltban a szakirodalomban megfigyelt, keménységgel kapcsolatos jelenség, mint pl. a benyomódási átmérő négyzetének és a terhelő erőnek a lineáris összefüggése. Mindezek alapján levonható a következtetés, hogy a diszkrét elemek módszere egy jól használható módszer porózus szilárd anyagok modellezésére is.

Kulcsszavak: Brinell keménység, Diszkrét Elemes eljárás, beton, porózus szilárd anyagok, benyomódás vizsgálat

Performance of lamp glass waste powder (LGWP) as supplementary cementitious material (SCM) – viscosity and electrical conductivity

Patricia KARA

Civil engineer (MSc), Lecturer at Department of Building Materials and Products in Institute of Materials and Structures at Riga Technical University (Latvia). RILEM Affiliate Member of Technical committees: TC AAA, TC RSC, TC SIF, TC 225-SAP and TC 219-ACS. Member of ACI Italy Chapter. Member of Latvian Concrete Association. Main research area: concrete technology, waste glass recycling, recycling of industrial wastes and by-products in concrete, environmental management, eco-construction materials.

PATRICIA KARA ▪ Lecturer, RTU, Riga, Latvia ▪ patricija.kara@rtu.lv

Érkezett: 2015. 02. 10. ▪ Received: 10. 02. 2015. ▪ <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2015.3>

Abstract

Rheological behaviour of fresh mortars is a key characteristic since it determines workability, compaction and segregation properties of the material and greatly influences the final characteristics of the hardened product. Substituting Portland cement with pulverised lamp glass waste (incandescent light bulb borosilicate glass waste cullet and fluorescent lamp tube glass waste cullet) in concrete has a significant effect on its workability and strength. Present study evaluates the effectiveness of lamp glass waste cullet at a level of 30% as cement component in mortar and determines the grinding time for optimal physical and mechanical properties of mortars. Viscosity, electrical conductivity, ultrasound pulse velocity and compressive strength of such cement mortars were determined. The results showed that the finer the incandescent light bulb borosilicate glass waste cullet powder particles were, the lower were the viscosity, ultrasound pulse velocity and electrical conductivity. However, the finer the fluorescent lamp tube glass waste cullet powder particles were, the higher were the viscosity and electrical conductivity. An increase in compressive strength was observed for cement mortars with incandescent light bulb borosilicate glass waste cullet powder.

Keywords: recycling, viscosity, electrical conductivity, lamp glass waste powder, borosilicate glass waste cullet, fineness

1. Introduction

The production of Portland cement leads to the release of significant amount of CO₂ and one of the biggest threats to the sustainability of cement industry is the diminishing stock of limestone available in some geographical regions. As limestone becomes a limited resource, employment and construction activity associated with cement-based materials are affected; therefore, those involved with these industries must develop new techniques for creating cement-based construction materials with reduced use of limestone. Indeed, clinker can be blended with pozzolanic materials, such as coal or bio-mass fly ash, slag, silica fume, or other pozzolanic materials such as finely ground waste glass [1]. In recent years, research has shown that increasing the surface area to volume ratio of glass will reduce the effects of alkali-silica reaction (ASR) i.e. practically by using glass milled to finer particles [2]. Ground glass powders exhibit very good pozzolanic reactivity and can be used as cement replacement; as expected, their pozzolanic reactivity increases with fineness [3]. Since increasing amounts of hazardous materials need to be disposed in a safe and economical way, the wastes may be considered as a real opportunity to produce clean secondary raw materials, thereby reducing costs and conserving resources [4]. Glass waste corresponds to several types of post-consumer products and can be completely recycled. Since most of the glass waste is made with soda-lime material, its melting and working temperatures are relatively low, which makes it easy to reprocess. But in spite of the recycling advantage, a large amount of glass waste is still discarded in landfills or simply

thrown into the environment, including fluorescent lamps [5]. Fluorescent lamps are used widely all over the world due to their long life and energy saving capability. Fluorescent and high intensity discharge lamps contain mercury, lead, and other components of environmental concern [6]. According to the data from LaDeCe – the only lamp recycling centre in the Baltic States located in Liepaja (Latvia) –, the accumulated amount of lamp glass waste in the period from 2004 to 2012 is 1,800 tonnes from which 500 tonnes were exported outside of Latvia [7].

2. Rheological aspects of the application of lamp glass waste powder

The major part of research in the area of application of waste glass powder in concrete is focused on the mechanical and durability aspects, e.g. compressive and flexural strengths, ASR, shrinkage and cracking in recent years. Workability tests were performed mostly by flow table and slump tests and it was noticed that: a) waste glass (coloured soda bottles) addition increased workability due to the fact that waste glass does not absorb water and that the water layer over the surface of waste glass is thinner [8]; b) a higher dosage of ground sodium-calcium waste glass required a higher water dosage to reach the same flow value as with the reference mortar [2]; c) the use of finely milled waste glass obtained from fluorescent lamps in concrete mixtures had an adverse effect on workability [9]; d) workability of concrete mixture containing borosilicate lamp glass (B₂O₃: 16.6%) was satisfactory, but the mixture had a tacky consistency [10] also termed as more adhesive consistency

[11] compared to a conventional concrete mixture reference; with the improved mixture workability resulting in more homogenous mixtures without any segregation. In the present study workability behaviour was investigated; the viscosity of Portland cement mortars with cement substitution by finely ground lamp glass waste powders obtained from incandescent light bulb borosilicate glass waste cullet and fluorescent lamp tube glass waste cullet was investigated by vibro-viscometer.

3. Experimental study

3.1 Materials

The constituent materials used in the laboratory to produce cement mortars comprised:

(i) **Portland cement (PC)** CEM I 42.5N with specific surface area (by Blaine) – 388 m²/kg; soundness (by Le Chatelier) – 1.0 mm; setting time (initial/final) – 122/220 min; compressive strength (28 days) – 55 MPa; mineral composition (mass %) – C₃S – 51.7, C₂S – 19.3, C₃A – 5.4, C₄AF – 15.9; density – 3150 kg/m³.

(ii) **lamp glass waste powders (LGWPs)** obtained from incandescent light bulb borosilicate glass waste cullet (LGWP1) and fluorescent lamp tube glass waste cullet (LGWP2) which were subjected to grinding using a planetary ball mill (Retsch PM 400, equipped with 4 steel jars of 500 ml capacity each), operating at 300 min⁻¹ rotation speed for 10, 20, 30, 40, 50 and 60 minutes. Hardened steel spheres of 17 mm diameter and 430 g mass per steel jar were used as grinding media. Specific surface area (by Blaine) is shown in Fig. 1.

(iii) **chemical admixture** Sikament[®] 56 polycarboxylate superplasticizer admixture; appearance – light yellow turbid liquid, density – 1080±20 kg/m³; pH – 4.5±1; conductivity – 2.14 mS/cm; viscosity – easy flowing liquid; alkali content ≤ 0.8 %, chloride content ≤ 0.1 %.

(iv) **water** used within the mixtures was distilled water with pH – 6.5 and conductivity ranging between 10-20 µS/cm.

The fineness of powders was obtained by a Blaine apparatus with 50 ml cell volume (Bluhm & Feuerherdt GmbH) using a method with the prior need of measuring the density of the powder with a pycnometer in accordance with EN 196-6. The chemical analysis of powders was determined in conformity with EN 196-21 methodology and the results are summarized in Table 2.

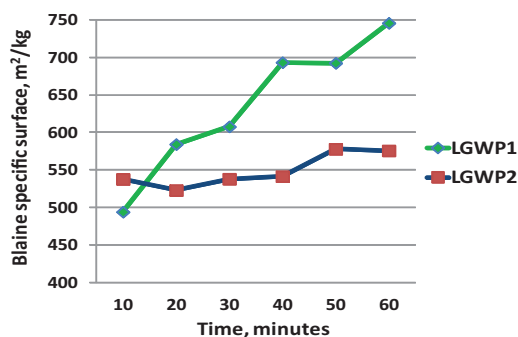


Fig. 1. The fineness of LGWP1 and LGWP2 powders vs. grinding time
1. ábra LGWP1 és LGWP2 hulladék üveg porok őrlési ideje és fajlagos felülete

Blaine, m ² /kg	Grindability, kWh/Mt	
	Lamp glass	Portland cement
350	41	45
400	55	55
500	80	-
550	96	-
600	112	-

Table 1. Energy consumed in grinding the lamp glass according to [6]
1. táblázat Hulladék lámpa üvegek őrlésének energiaigénye [6]

Bulk oxide, % by mass	LGWP1	LGWP2	PC
CaO	1.32	5.11	69.01
Al ₂ O ₃	2.60	1.22	5.26
SiO ₂	71.14	65.52	18.74
K ₂ O	1.70	1.88	0.73
Na ₂ O	3.30	12.35	0.38
Fe ₂ O ₃	0.17	0.11	2.03
MnO	0.01	0.01	0.06
MgO	0.62	2.95	1.81
TiO ₂	0.01	0.03	0.26
SO ₃	-	0.14	3.00
P ₂ O ₅	0.02	0.04	0.15

Table 2. Chemical composition of lamp glass waste powders and Portland cement
2. táblázat A felhasznált hulladék üveg porok és cement kémiai összetétele

3.2. Preparation of specimens

Portland cement was substituted with LGWPs at a level of 30% by mass. The water to Portland cement ratio was selected to be w/c = 0.28. Where Portland cement substitution by LGWP was applied, the apparent water to cement ratio was changed to w/c = 0.37 (30% LGWP), which, nevertheless, meant the same quantity of water respective to Portland cement content (w/c = 0.28). In total, 22 cement mortars were prepared. Six mortars designated D10, D20, D30, D40, D50 and D60 were prepared with cement substitution at a level of 30% with LGWP1 (grinding time from 10 to 60 minutes). Six mortars designated L10, L20, L30, L40, L50 and L60 were prepared with cement substitution at a level of 30% with LGWP2 (grinding time from 10 to 60 minutes). Three mortars designated Dp20, Dp40, Dp60 were prepared with cement substitution at a level of 30% with LGWP1 (grinding times 20, 40 and 60 minutes) and plasticizer at a dosage of 1% by weight of cement and w/c=0.26. Three mortars named Lp20, Lp40, Lp60 were prepared with cement substitution at level of 30% with LGWP2 (grinding times 20, 40 and 60 minutes) and plasticizer at a dosage of 1% by weight of cement and w/c=0.26. Two control cement mortars were prepared with superplasticizer admixture (termed PCp) and without superplasticizer admixture (termed PC). The components of the mortar mixture were batched by weight, PC and LGWP were premixed for 1 minute, then the entire amount of water was added gradually during a period of 2 minutes, followed by mixing for an additional 2 minutes and resulting in a total mixing time of 5 minutes. Mixing was carried out by a high shear benchtop mixer.

3.3 Viscosity test

Rheological behaviour of cement mortars was tested after the mortar components were being mixed for 25 minutes, the time which corresponds to actual concrete placing terms [12].

Dynamic viscosity of cement mortars was tested by a sine-wave vibro-viscometer SV-10 (of 0.01 mPa·s accuracy) at 30 Hz frequency in a 35 ml container. The SV-10 viscometer (A&D, Japan) has two thin sensor plates that are driven with electromagnetic force at the same frequency by vibrating at constant sine-wave vibration in reverse phase like a tuning-fork. The electromagnetic drive controls the vibration of the sensor plates to maintain constant amplitude. The driving electric current which is an exciting force will be detected as the magnitude of viscosity produced between the sensor plates and the cement mortar (see Fig. 2). The coefficient of viscosity is obtained by the correlation between the driving electric current and the magnitude of viscosity.

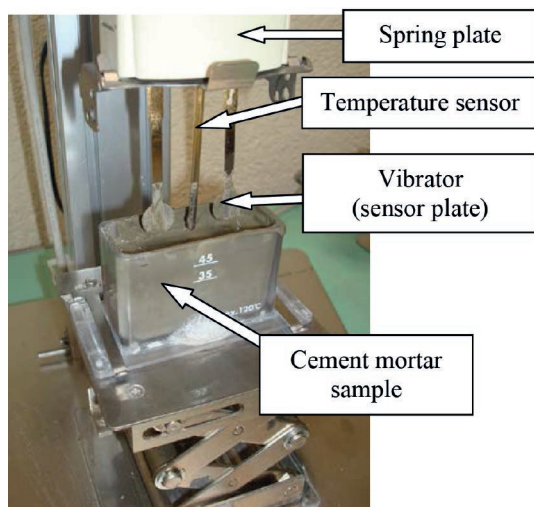


Fig. 2. SV-10 Vibro-viscometer with cement mortar sample
2. ábra SV-10 vibro-viszkóziméter cementpép mintával

3.4. Electrical conductivity

Electrical conductivity of cement mortars was studied immediately after mixing with water and at the 5th, 10th and 15th minute of the test with a Mettler-Toledo MPC 227 device (electrical electrode in Lab 730, measuring interval: 0-1000 μ S/cm). The measurements were obtained at an ambient air temperature of $21 \pm 0.5^\circ\text{C}$.

3.5. Compressive strength

In order to determine the compressive strength of cement mortars with LGWPs, 40 mm cubic specimens were prepared. The utilization of glass waste in cement mortars requires certain grinding time and also energy consumption, as shown in Fig. 1 and Table 1, from which the optimal grinding time for lamp glass waste chips was chosen as 30 minutes in the present study. Portland cement was substituted at a level of 30% with LGWPs. Mortars were poured into steel moulds; the exposed surface of the specimens was covered with cling film to prevent moisture evaporation. Demoulding was carried out 24 hours after production and specimens were cured in water at a

temperature of $20 \pm 2^\circ\text{C}$ for 28 days. Compressive strength tests were conducted on an ALPHA 3-3000 S compression testing machine at the ages of 7, 28 and 56 days.

3.6. Ultrasound pulse velocity (UPV)

In the early 1960's some researchers suggested using the ultrasonic transition time as a method for measuring the setting of mortars. In cooperation with the German dry mix company Hasit, Schleibinger Geräte GmbH developed a special data logger which controls up to 2 common ultrasonic pulse indicators, like the well-known Pundit 7, which was used in present study (Fig. 3). The measurements were carried out with fresh mortar being placed between two ultrasonic transducers, fed with 1 to 10 pulses per second at a frequency of 54 kHz. As setting progresses, the ultrasonic transition time through the mortar also changes. At the appearance of hydration product after the dormant period, the ultrasound pulse velocity sharply increases. At completion of the solidification process, however, the ultrasound pulse velocity will change little again. Researchers in [13] suggested that UPV can be used very effectively to monitor the hydration process and the formation of microstructure of cement mortars. Authors proposed to describe the hydration and hardening process in 3 steps: 1 – when UPV shows no change – at the beginning of hydrate formation (induction period, normally (3 – 4 h)); 2 – UPV sharply increases – massive precipitation of hydrates with a progressive transition from amorphous to crystallized forms, the mixture stiffens (quick structure compaction period, until 24 h); 3 – UPV slowly increases and becomes stable, when the cement skeletons approach their final stiffness (slow structure compaction period, subsequent to 24 h).



Fig. 3. Schleibinger Geräte GmbH Pundit 7
3. ábra Schleibinger Geräte GmbH Pundit 7 készülék

4. Results and discussions

4.1. Viscosity

The dependence of fineness of LGWP1 and LGWP2 powders on grinding time can be seen in Fig 1. There appears to be a considerable difference between the grindability of the two waste glass materials. Prolonged grinding has only a minor influence on the fineness of fluorescent lamp tube glass waste cullet, i.e. an increase up to 10%, (LGWP2); whereas a more pronounced effect is noted in the case of incandescent light bulb borosilicate glass waste cullet (LGWP1), resulting in an increase in fineness by approximately 1.5 times more.

The time dependence of viscosity of cement mortars ($w/c=0.28$) when the grinding time of LGWP2 was increased

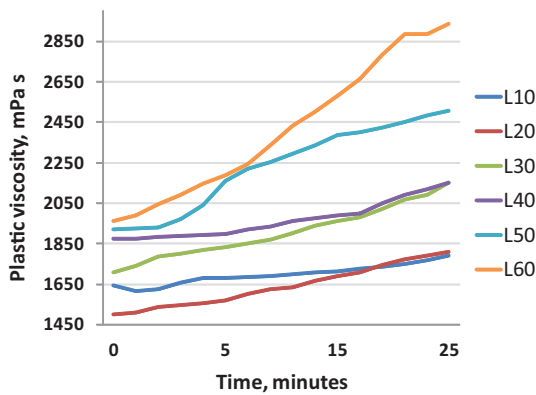


Fig. 4.a. Time dependence of viscosity of Portland cement mortar with the increase of LGWP2 waste glass powder grinding time without including PC results
4.a. ábra Viskozitás és örlési idő összefüggése különböző mennyiségű LGWP2 hulladék üveg por adagolása esetén

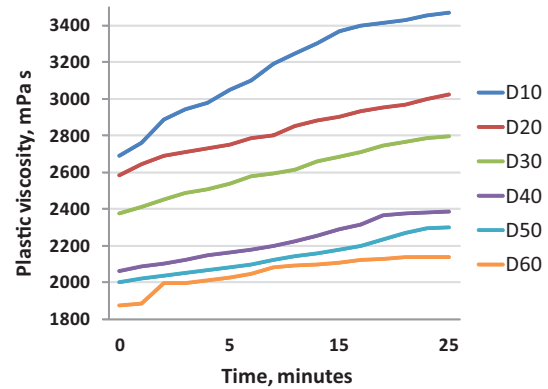


Fig. 5.a. Time dependence of viscosity of Portland cement mortar with the increase of LGWP1 waste glass powder grinding time without including PC results
5.a. ábra Viskozitás és örlési idő összefüggése különböző mennyiségű LGWP1 hulladék üveg por adagolása esetén

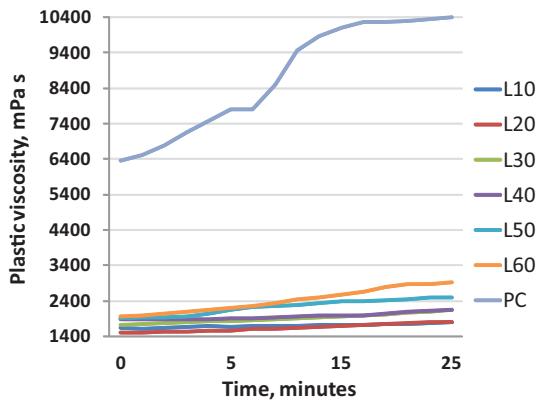


Fig. 4.b. Time dependence of viscosity of Portland cement mortar with the increase of LGWP2 waste glass powder grinding time with including PC results
4.b. ábra Viskozitás és örlési idő összefüggése különböző mennyiségű LGWP2 hulladék üveg por adagolása esetén; Portland cement pép eredményeivel összehasonlítva

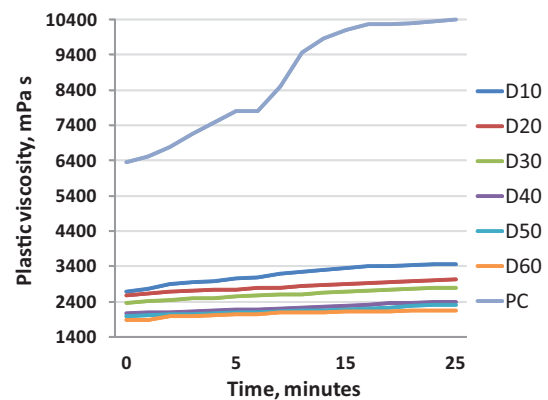


Fig. 5.b. Time dependence of viscosity of Portland cement mortar with the increase of LGWP1 waste glass powder grinding time with including PC results
5.b. ábra Viskozitás és örlési idő összefüggése különböző mennyiségű LGWP1 hulladék üveg por adagolása esetén; Portland cement pép eredményeivel összehasonlítva

from 10 to 60 minutes is shown in Fig. 4. This shows that an increase in grinding time of LGWP2 increases the viscosity of its cement mortar and, thus, adversely affects its rheological properties. The mortar L60 showed the highest viscosity due to its 10-15% higher specific surface area compared to mortar L10. It can be seen that the optimal grinding time for LGWP2 is 30 minutes.

The time dependence of viscosity of cement mortars when the grinding time of LGWP1 was increased from 10 to 60 minutes is shown in Fig. 5. It can be seen from Fig. 1 that LGWP1 is finer than LGWP2. The higher the grinding time of LGWP1, the lower is the viscosity of the cement mortar. Comparing Fig. 4 and Fig. 5, it is possible to conclude that the viscosity of cement mortars with LGWP1 is much higher than with LGWP2.

This can be explained by the fact that LGWP1 particles are finer and block the surface of the cement grains, therefore, the viscosity is higher in the mortars with larger grain sizes, meaning larger waste glass particles do not block the surface of cement grains. The finer particles are more active for pozzolanic reactions in the cement mortar. The best results from workability point of view were obtained in this series of experiment for the mortars D30, D40, D50 and D60, i.e. the viscosity of these mortars increased slower. In comparison

with the control mortar, the cement mortar with LGWP1 also performed better. The optimal grinding time for LGWP1 appears to be between 30 and 60 minutes. In comparison to LGWP2 mortars, LGWP1 mortars have higher initial and final viscosity values. Moreover, the grinding time required to obtain the lower viscosity is 2-3 times higher than for LGWP2. It can also be seen that Portland cement substitution with LGWP1 and LGWP2 at a level of 30% reasonably decreases the viscosity in comparison to the control mortar. The viscosity ranges from 1875 to 3475 mPa·s with LGWP1, from 1500 to 3000 mPa·s with LGWP2 and from 6500 to 10400 mPa·s in the case of PC mortar.

The time dependence of viscosity of cement mortars with superplasticizer admixture ($w/c=0.26$) when the grinding time of LGWP2 and LGWP1 was 20, 40 and 60 minutes is shown in Fig. 6. It can be seen that the addition of superplasticizer admixture into cement mortar reasonably lowered the viscosity of mortars with LGWP1 and LGWP2 powders and also changed their viscosity characteristics. The viscosity of Portland cement mortar with the addition of superplasticizer admixture decreased by 4 times on the 25th mixing minute. It was observed that the LGWP2 mortars had higher viscosity than LGWP1 mortars and that let us to conclude that the finer LGWP1 powder without addition of superplasticizer

admixture indeed blocks the surface of cement grains and reduces the plasticity of the mortar. It can also be seen that the viscosity of LGWP1 mortars with superplasticizer admixture ranged from 590 to 1600 mPa·s that is 2-3 times lower than for LGWP1 mortars without superplasticizer admixture. The viscosity of LGWP2 mortars with superplasticizer admixture ranged from 640 to 3150 mPa·s and was mostly equal to the viscosity of LGWP2 mortars without superplasticizer admixture at longer grinding time of the powder. That indicates that present superplasticizer admixture Sikament® 56 is not particularly suitable for the fluorescent lamp tube glass waste cullet powder LGWP2 and in order to reach the necessary effect in cement mortars, therefore, another superplasticizer admixture of lower pH and higher conductivity should be used for cement mortars with the fluorescent lamp tube glass waste cullet powder (LGWP2). The use of superplasticizer admixture carboxyment 3220FM (pH – 2.66 and conductivity – 2.44 mS/cm) for the cement mortar with fluorescent lamp tube glass waste cullet powder LGWP2 (termed LpS40) showed necessary effect (see Fig. 6).

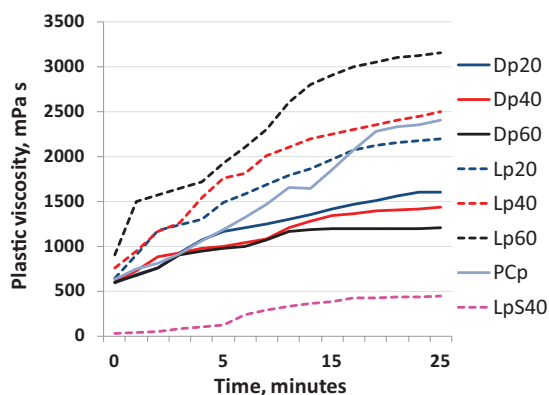


Fig. 6. Time dependence of viscosity of Portland cement mortar with plasticizer and LGWP1 and LGWP2 powders ground for 20, 40 and 60 minutes

16. ábra Viskozitás időfüggése 20, 40 és 60 percig őrölt LGWP1 és LGWP2 hulladék üveg por adagolása esetén Portland cement habarcsokban

4.2. Electrical conductivity

The electrical conductivity results are shown in Figs. 7, 8 and 9. It can be seen that the electrical conductivity for LGWP2 (Fig. 8) increases with the elapsed time of the experiment and with the fineness of the powder. The transition of cement mortar ions into the mortar strongly depends on time and increases the electrical conductivity in the mortars, with finer lamp glass powder particles this phenomenon is noticed only after 15 minutes.

In Fig. 7, it may be observed that LGWP1 mortars show the opposite tendency: electrical conductivity decreases when the grinding time increases. This could be attributed to the aggregation of glass particles and also to the fast reaction among the active components of LGWP1 (e.g. $\text{Na}_2\text{O} = 3.30\%$ which is 4 times less than in LGWP2, see Table 2) and hydrated cement minerals. Therefore, the electrical conductivity decreases in LGWP1 mortars with finer particles.

In Fig. 9, it can be observed that the addition of superplasticizer admixture into cement mortar changes the electrical conductivity characteristics of LGWP1 and LGWP2 mortars.

The common tendency is a decrease of the initial electrical conductivity values by 3-4 times, however, with increased fineness of the lamp glass waste powder, the electrical conductivity increases too. The LGWP1 mortars exhibit the already described tendency – with increased powder fineness the transition of cement mortar ions depends on time and an intensive maximum of electrical conductivity is noticed after 15 minutes. The LGWP1 mortars with superplasticizer admixture do not show such decrease in electrical conductivity with an increase in the fineness of the powder as observed in Fig. 7 in LGWP1 mortars without superplasticizer admixture.

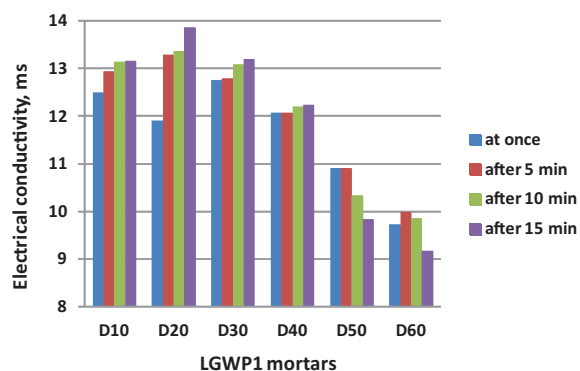


Fig. 7. LGWP1 electrical conductivity
7. ábra LGWP1 elektromos vezetőképesség

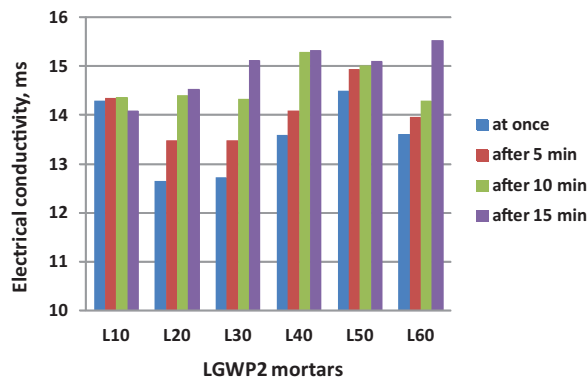


Fig. 8. LGWP2 electrical conductivity
8. ábra LGWP2 elektromos vezetőképesség

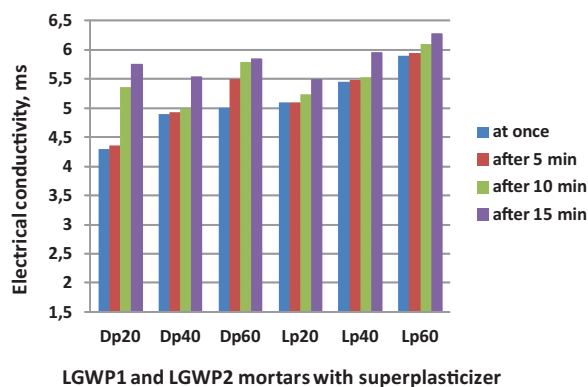


Fig. 9. Electrical conductivity of LGWP1 and LGWP2 mortars with superplasticizer admixture
9. ábra Folyósító adalékszerrel készült LGWP1 és LGWP2 habarcsok elektromos vezetőképessége

4.3. Compressive strength

The size effect of ground glass on pozzolanic activity was observed in [6], the smaller the particle size the more reaction of the glass has with lime. This pozzolanic effect could be ascribed according to the Gurtin-Murdoch theory when the considerable surface to volume ratio in finely ground materials, the surface/interface effects, will alter the final effective mechanical properties. The compressive strength results are shown in Fig. 10. It can be seen that partial cement substitution with LGWP1 powder reasonably improved mechanical properties after 28 and 56 days; and substitution with LGWP2 powder slightly worsened the mechanical properties after 7, 28 and 56 days. Addition of superplasticizer admixture allowed decreasing the w/c ratio and considerably improves the mechanical properties after 28 and 56 days. The compressive strength increase is about 15-17% for the mortar specimens with superplasticizer admixture. As can be seen, the best results were obtained for LGWP1 mortars with a maximum compressive strength for D30 amounting to 102 MPa and Dp30 achieving 117 MPa at the age of 56 days.

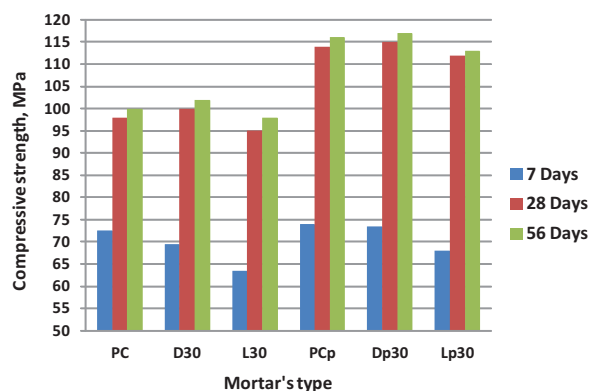


Fig. 10. Compressive strength of cement mortars with LGWPs
10. ábra LGWP habarcsok nyomószilárdsága

4.4. Ultrasound pulse velocity (UPV)

As shown in Fig. 11, the initial UPV values of LGPWs mortars are practically the same as for the reference mortar at about 900 m/s. The induction period within the first 4 hours, when the hydrate formation process was in progress, did not show any particular difference in UPV values. UPV sharply increased for all mortars within 4-14 hours of the induction period, and a slight difference (~4-6%) could be observed for the mortars with LGWPs in comparison to the reference mortar within 4-11 hours of the induction period. The UPV values for the D30 mortar were about 7-12% lower within the period of 11-24 hours, with the final value being 11% lower at 24 hour than for the reference mortar. The difference in UPV values for L30 mortar were about 7-10% lower within 11-24 hours, with the final value being 7% lower at 24 hour than for the reference mortar. The UPV values for the Dp30 mortar with superplasticizer admixture Sikament® 56 were about 9-15% lower within the period of 8-16 hours, with the final value being 11% higher at 24 hour than for the reference mortar. The UPV values for the Lp30 mortar with superplasticizer

admixture carboxyment 3220FM were about 12-20% higher within the period of 6-15 hours, with the final value being 10% higher at 24 hour than for the reference mortar.

The difference in UPV values for D30/L30 mortars (when Portland cement was substituted at the level of 30% by 15% of D30 and L30 powders each) was about 10-14% lower within 11-17 hours, with the final value being 5% lower at 24 hours of the induction period in comparison to the reference mortar. Such impact of LGWPs can be attributed to their chemical properties and fineness. As a general observation, in the case of finer LGWPs particles, all additives shorten the duration of the induction period and accelerate the compaction of the structure during the early and medium term of hydration (up to 24 h).

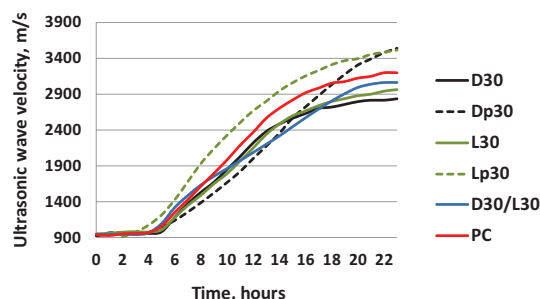


Fig. 11. Variation of UPV in reference mortar and mortars with LGWPs
11. ábra Ultrahang terjedési sebesség LGWP és referencia habarcsokban

5. Conclusions

The present paper has summarised the experimental results of a laboratory test series carried out on cement mortar specimens, in which two different lamp glass waste powders were used as cement component: i) incandescent light bulb borosilicate glass waste cullet powder (LGWP1) and ii) fluorescent lamp tube glass waste cullet powder (LGWP2). CEM I 42.5 N Portland cement was used with LGWPs powder substitution at a level of 30% by mass of cement.

It was demonstrated that:

- Rheological behaviour of cement mortar is improved by the application of lamp glass waste powders. However, the effectiveness of grinding time of lamp glass waste on the rheological behaviour and strength performance depends on the chemical composition of the glass waste used as a cement component in the cement mortars.
- The duration of grinding of fluorescent lamp tube glass waste cullet (LGWP2) has little influence on the fineness of the obtained powder whilst the fineness of incandescent light bulb borosilicate glass waste cullet powder (LGWP1) increases by approximately 1.5 times.
- The finer the incandescent light bulb borosilicate glass waste cullet powder (LGWP1) particles were, the lower viscosity and electrical conductivity were observed in the mortars.
- The finer the fluorescent lamp tube glass waste cullet powder (LGWP2) particles were, the higher viscosity and electrical conductivity were observed in the mortars.
- Addition of Sikament® 56 superplasticizer admixture allowed a decrease in the viscosity by 2-3 times in the cement mortars with the incandescent light bulb borosilicate glass waste cullet powder (LGWP1), but showed the necessity

of using another superplasticizer admixture of lower pH and higher conductivity for cement mortars with the fluorescent lamp tube glass waste cullet powder (LGWP2).

- Addition of superplasticizer admixture allowed for a 3-4 times decrease in electrical conductivity in mortars.
- Portland cement substitution with lamp glass waste powders at a level of 30% is possible without any strength loss, moreover, the addition of superplasticizer admixture led to an increase in compressive strength by 15-17% in comparison to the control mortars.
- The use of finer LGWP particles shortened the duration of the induction period and accelerated the compacting of the structure during the early and medium term of hydration (up to 24 h).

Acknowledgement

The author gratefully acknowledges the help of the VGTU Civil Engineering Centre and Scientific Institute of Thermal Insulation in providing the laboratory equipment and thankful to Dr. Ina Pundiene (VGTU) for discussions.

References

- [1] Naik, T. R. (2011): Current sustainability issues and innovations in cement-based materials, *Proceedings of 2nd Workshop on The new boundaries of structural concrete*, UPM & ACI Italy chapter, Ancona, 2011, pp. 217–225.
- [2] Corinaldesi, V. – Gnappi, G. – Moriconi, G. – Montenero, A. (2005): Reuse of ground waste glass as aggregate for mortars, *Waste Management*, Vol. 25, No. 2, pp. 197–201. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2004.12.009>
- [3] Caijun, S. – Zheng, K. (2007): A review on the use of waste glasses in the production of cement and concrete, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 52, No. 2, pp. 234–247. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2007.01.013>
- [4] Andreola, F. – Barbieri, L. – Lancellotti, I. (2010): End of life-materials: WEEE glass recovery in construction sector, *Proceedings of the second international conference on sustainable construction materials and technologies*, Ancona. <http://www.claisse.info/2010%20papers/143.pdf>
- [5] Morais, A. S. C. – Caldas, T. C. C. – Monteiro, S. N. – Vieira, C. M. F. (2012): Characterization of fluorescent lamp glass waste powders, *Materials Science Forum*, Vol. 727–728, pp.1579–1584. <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.727-728.1579>
- [6] Shao, Y. – Lehoux, P. (2001): Feasibility of Using Ground Waste Glass as a Cementitious Material, *Proceedings of the International Symposium: Recycling and reuse of Glass Cullet*, Dundee, Scotland, pp. 209–219.
- [7] Kara, P. (2014): Recycling of glass wastes in Latvia — Its application as cement substitute in self-compacting concrete, *Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering*, 2014, Vol. 1, No. 6, pp. 42–49. <http://dx.doi.org/10.5755/j01.sace.6.1.6127>
- [8] Topcu, I. B. – Canbaz, M. (2004): Properties of concrete containing waste glass, *Cement and Concrete Research*, Vol. 34, No. 2, pp. 267–274. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconres.2003.07.003>
- [9] Metwally, I. M. (2007): Investigations on the performance of concrete made with blended finely milled waste glass, *Advances in Structural Engineering*, Vol. 10, No. 1, pp. 47–53. <http://dx.doi.org/10.1260/136943307780150823>
- [10] Shakhmenko, G. – Korjakins, A. – Bumanis, G. (2009): Bore-Silicate Glass Waste of Lamp as a Micro-Filler for Concrete, *Construction Science*. Vol. 10, pp.131–138.
- [11] Korjakins, A. – Shakhmenko, G. – Bumanis, G. (2012): Utilisation of Borosilicate Glass Waste as a Micro-Filler for Concrete, *Journal of Civil Engineering and Architecture*, Vol. 6, No. 7, pp. 876–883.
- [12] Nagrockiene, D. – Pundiene, I. – Kicaite, A. (2013): The effect of cement type and plasticizer addition on concrete properties, *Construction and Building Materials*, Vol. 45, pp. 324–331. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.03.076>
- [13] Parr, C. – Lievin, M. – Wohrmeyer, C. – Alt, C. (2007): Optimization of the Hardening Properties of Refractory Castables Using Nondestructive Techniques to Measure Early Age Properties, *International Journal of Applied Ceramic Technology*, Vol. 4, No. 6, pp. 524 – 534. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7402.2007.02171.x>

Ref:

Kara, Patricia: Performance of lamp glass waste powder (LGWP) as supplementary cementitious material (SCM) – viscosity and electrical conductivity
Építőanyag – Journal of Silicate Based and Composite Materials, Vol. 67, No. 1 (2015), 12–18. p.
<http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2015.3>

Hulladék üveg por (WGP) cement kiegészítő anyag (SCM) teljesítőképessége – Viskozitás és elektromos vezetőképesség

Összefoglaló: A friss habarcsok reológiai tulajdonságai kulcsfontosságúak a bedolgozhatóság szempontjából (tömöríthetőség, szétosztályozódási hajlam stb.) és hatást gyakorolnak a megszilárdult állapotban mérhető szilárdsági jellemzőkre. Hulladék üveg por alkalmazása cement kiegészítő anyagként jelentős hatást gyakorol mind a bedolgozhatóságra, mind a szilárdságra. A cikk különböző örlési időtartammal (10-60 s) előállított hulladék üveg porok hatását vizsgálja cement pépekben. Az optimális örlési időtartam meghatározása során az örlés energiaigénye és a kialakuló fizikai, mechanikai jellemzők optimalizálásával történik meg. Viskozitás, elektromos vezetőképesség, ultrahang terjedési sebesség és nyomószilárdság vizsgálati eredmények kerülnek bemutatásra, a cement hulladék üveg porokkal történő 30%-os helyettesítése mellett. Az eredmények rávilágítanak, hogy a vizsgált jellemzőkre a különböző összetételű hulladék üveg porok más hatást gyakorolnak. Kulcsszavak: újrahaznosítás, viszkozitás, elektromos vezetőképesség, hulladék üveg, szemcseméret



iswa2015.org – We aim to make this congress in Antwerp a **memorable success**. ISWA 2015 Antwerp will guarantee a balanced mix of **internationally renowned keynote speakers, representatives of institutions and agencies worldwide** that determine waste and materials policy, interesting insights into the latest scientific and technological developments in the sector, and above all, a lot of opportunities for **networking and exchange of experience**.



Serédi Béla

| 1930–2014

Serédi Béla temetésén 2014. december 29-én, a Budapest Zuglói Szent Család plébániatemplomban elhangzott búcsúbeszéd, Prof. Dr. Gálos Miklós, az SZTE Kő- és Kavics Szakosztálya elnökének búcsúztatóján.

Kedves Béla! Barátaid, munkatársaid, a Téged tisztelő gyászolók és a Szilikátipari Tudományos Egyesület nevében, melynek örökös tagja, a Kő- és Kavics Szakosztálynak több cikluson át elnöke, majd az Egyesület társelnöke voltál, és szerényen említve magamat, aki hosszú időn keresztül az egyesületi életben közvetlen munkatársad és barátod lehettem, állok itt, hogy búcsúzzak tőled.

Amikor búcsúzzunk Tőled, illene felemlíteni életpályád tényeit. A születésedtől halálodig terjedő 84 gazdag év felidézése az életpályád méltató laudációk feladata és a szakmai folyóiratok hasábjain bizonyosan megjelenő dokumentációk lesznek. Mi, akik most itt búcsúzzunk Tőled, életutad egyes szakaszait tudjuk felidézni. Ezekből a közös emlékekből bizonyossággal állíthatom, hogy bennünk a Te személyiséged legfontosabb, meghatározó jegyei állnak össze. Ezek a búcsúzó személyes érzésein keresztül felvilágitva: a szakmaszeretet, a kőbányászat, az építőkö-iparág iránti elkötelezettség, a szakmai becsület és alázat, valamint a személyi habitusodból fakadó alaposság.

A szakmaszeretet. Mint fiatal gépészmérnök az egyetem elvégzése után tervezőirodában tapasztaltad meg azt, hogy az egyetem csak jogosítványt ad szakmai életed viteléhez. A Téged tanító, a Benned bízó kollegák irányítása, az ő bizalmuk egyengette szakmai utadat a köfeldolgozás gépészeti technológiai folyamatainak megismeréséhez és ismereteid kiteljesedéséhez, szaktekintéllyé válásodhoz. Bizonyítja kollegáid és feletteseid jó emberismeretét, hogy Téged magasabb, irányítói munkakörbe emeltek.

A kőbányászat, az építőkö iparág iránti elkötelezettség. Az 1963-tól 1991-ig, azaz nyugdíjba vonulásáig tartó 40 éves időszakban a különböző nevű, de azonos tevékenységet folytató minisztériumokban az építőanyag-ipar fejlesztésének irányításában vettél részt. Az iparpolitikai célok kidolgozásában, a különböző célprogramok koncepciójának összeállításában vettél részt, és az ásványi nyersanyagok termelésének és az ezzel kapcsolatos kutatások irányítását végeztél. Tevékenyen vettél részt a nemzetközi Szilikátipari Konferenciák (SZILIKONF) szervezésében. Nyugdíjba vonulásod előtt, még tevékeny részese lehettél az építőanyag-ipar szerkezeti átalakításának. Megérhetted, hogy az építőkö bányászat

és feldolgozás a bányászati tevékenységek között jelentősen felértékelődött.

Az iparág iránti elkötelezettséget mutatja, hogy a Szilikátipari Tudományos Egyesületnek 1954. évtől voltál tagja. A Kő- és Kavics Szakosztálynak több cikluson voltál elnöke, majd az Egyesület társelnökévé választottak. Ebben a tisztségében sem feledkeztél meg a Szakosztály patronálásáról. A Szilikátipari Tudományos Egyesület örökös tagja, és több kitüntetéssel, érdemeid elismeréseként a Szilikátiparét Emlékérem birtokosa voltál.

Szakmai becsület és alázatosság. Szakmai munkádhoz kapcsolódóan, a szakma iránti alázattal vettél részt az iparágban folyó szabványosítási munkában. Egy voltál a tagok között a Magyar Szabványügyi Testület építési kőanyagokkal foglalkozó szaktanárság munkájában. A bizottság elnökeként, mi bizottsági tagok, sohasem éreztük diktatórikus vezetésedet. Az ezerkilencszázhetvenes évektől indulóan az új magyar szabványrendszer kidolgozása, majd a kilencvenes évektől, a kor kihívásainak megfelelően, európai termék- és vizsgálati szabványok bevezetése irányításoddal harmonikusan történt meg.

Személyi habitusodból fakadó alaposság. Az emlékezés legnehezebb és számomra legszemélyesebb érzéseket kiváltó része búcsúzásomnak. Kedves Béla, a szó jó értelmében igazi „minisztériumi ember” voltál. Tudtál a paragrafusok sűrűjében eligazodni, tudtál a rendeletekben megtalálni azt, ami számunkra fontos, tudtál ötleteket adni, hogy mit érdemes tennünk, hogy Egyesületünk élete folyamatosan biztosított legyen. A Szakosztály által szervezett bányalátogatásokon és az ottani megbeszéléseken, valamint a Kő- és Kavicsbányászati Konferenciákon, a Kőbányász Napokon éveken keresztül levezető elnökként személyesen is tudtál szólni mindannyiunkhoz.

Köszönet mindazért, amit Tőled bölcs tanácsaidért, iránymutatásaidért, csendes elmondott feddéseidért kaptunk. Hiányozni fog kedves hangod, amikor felhívtunk, és a telefonban barátságosan megszólaltál: „halló-halló-halló”.

Mi, akik most itt megrendülten állunk ravatalod előtt, mondhatom mindannyiunk nevében, de a Rád emlékező KÖVESEK nagy családja nevében is bizonyosságot tehetek, hogy mindaz, amit Tőled, személyiséged kisugárzásán keresztül kaptunk gondolatainkban, tetteinkben továbbél. Te úgy éltél, ahogyan Széchenyi szépen megfogalmazta: „tevékenykedni kell szüntelen”, és ezt az iránymutatást életed minden tetteben tovább is adtad.

Köszönjük életed, munkálkodásodat, az értünk végzett munkádat, életed minden kincsét. Kőbányász köszöntéssel búcsúzzunk: **SZERENCSE FEL! Nyugodj békében!**

2015. február 26–27.
Vence Resort&Spa***

VIII. Kő- és Kavicsbányász Napok
2015



A fenntartható fejlődést (tervezhető növekedést) az Európai Unió és hazai irányelvek, stratégiák mindegyike alapvetőnek tekinti. A folyamatos innovációt, előre gondolkodást az Európa 2020 stratégiához szorosan kapcsolódó hazai elképzelések, célok is megkövetelik. A VIII. Kő- és Kavicsbányász Napok konferencia az előzőekben feltüntetett megvalósítandó feladatok jó és szakszerű megvalósításához kíván segítséget nyújtani. A rendezvényre várunk mindenkit, aki egyetért a feltüntetett gondolatokkal és érdeklődik a konferencia témái iránt.

Az elhangzott előadások megtekinthetők és letölthetők a konferencia honlapján:
http://www.kibt.hu/web_kokavics2015/indulo_kokavics2015.htm

Ceramic radiotransparent materials on the basis of $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ and $\text{SrO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ systems

GEORGIY V. LISACHUK ▪ Lisachuk@kpi.kharkov.ua

RUSLAN V. KRYVOBOK ▪ National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"

▪ krivobok_ruslan@ukr.net

ELENA Y. FEDORENKO

ARTEM V. ZAKHAROV

Érkezett: 2015. 02. 06. ▪ Received: 06. 02. 2015. ▪ <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2015.4>

Abstract

Based on the literature review, the authors made a justified choice of ceramic materials with a low dielectric constant and dielectric loss tangent. The composition and process parameters (burning temperature - 1550 °C, burning duration - 5 hours) of producing of celsian and Sr-anorthite ceramics with low dielectric properties were defined. The phase composition of products of burning was examined. X-ray phase studies of Sr-ceramics after burning were conducted.

Keywords: Ceramic radiotransparent materials, celsian, Sr-anorthite, dielectric constant, reflection coefficient of radio waves

1. Introduction

Ceramic radiotransparent materials are non-metallic materials which do not substantially alter the amplitude and phase of the electromagnetic wave of radio-frequency range passing through them. Radiotransparency of ceramic materials is provided by low dielectric losses in the range of operating temperatures ($\text{tg}\delta = 10^{-2} \dots 10^{-5}$, $\varepsilon < 10$) and by low value of reflection coefficient of radio waves (S). Ceramic radiotransparent materials are mainly used for the manufacture of radomes protecting antennas against the environmental influences. Besides the above mentioned requirements radio-ceramic materials must have: a high value of thermal resistance, low coefficient of linear thermal expansion and at the same time should protect the equipment from external influences [1-8].

Nowadays a large number of materials in the world practice are used as radiotransparent silicate materials. Classification of radiotransparent silicate materials is shown in Fig. 1.

The main disadvantages of radiotransparent materials based on the vitroceraamics and glass materials are their brittleness and the disadvantage of composite materials is their high manufacturing cost.

At the moment ceramic materials based on quartz, high-alumina and mullite ceramics, silicon nitride, boron and others are widely used for the production of radiotransparent materials. Table 1 shows the most important advantages and disadvantages of the main ceramic radiotransparent materials.

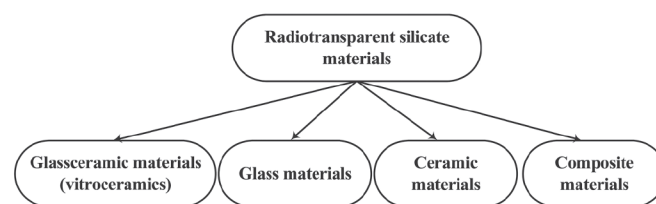


Fig. 1 Classification of radio-silicate materials
1. ábra Rádió-szilikát anyagok csoportosítása

Name of material	Advantages	Disadvantages
Quartz ceramics	High thermal stability, stability of dielectric properties over a wide temperature range	High melting temperature, low mechanical strength, the upper limit of operating temperature is 1000 °C
High-alumina ceramics	High mechanical properties, resistance to corrosion	High temperature of sintering, low resistance to thermal shock – not higher than 200 °C
Ceramics based on silicon nitride	High strength characteristics at high temperatures (1500 °C), good resistance to oxidation and thermal stresses	High sintering temperature, complex technological process of production
Ceramics based on boron nitride	Has the best dielectric properties at temperatures up to 2000 °C	

Table 1 Radiotransparent ceramic materials
1. táblázat Rádiótranszparens kerámia anyagok

Prof. Georgiy V. LISACHUK

Doctor of Sciences (since 2003), full Professor (since 2007). Winner of the State Prize of Ukraine in Science and Technology (2006). Honoured master of sciences and engineering (2009). Specialist in material sciences of resource saving and energy-saving technologies, new structural ceramic materials and coatings. Author and co-author of more than 250 papers, 3 monographs, 83 author's certificates and patents. Leads the training of Postgraduates, Masters and Bachelors in advanced material sciences. 7 candidate's dissertations of postgraduates have been defended under his guidance. Head of Research department of NTU "KhPI". Lecturer of major courses at the Department of Technology of ceramics, refractories, glass and enamels.

Ruslan V. KRYVOBOK

Candidate of Technical Sciences (since 2007), Senior researcher (since 2010). Winner of the Prize of the President of Ukraine for young scientists (2010). Honoured master of sciences and engineering (2009). Specialist in material sciences of new special-purpose ceramic materials and coatings. Author and co-author of more than 24 papers, 6 patents. Deputy Head of Scientific and Research Part NTU "KhPI",

Elena Y. FEDORENKO

Doctor of Sciences (since 2013), full Professor (since 2014). Author and co-author of more than 125 papers, 2 monographs, 25 author's certificates and patents.

Artem V. ZAKHAROV

Graduate student. Author and co-author of more than 5 papers, 2 author's certificates and patents.

2. Experimental

The direction of manufacturing of radiotransparent ceramic materials based on electrical ceramics was chosen on the basis of the literature review. Physical and chemical properties of crystals which form the basis of electrical materials are shown in Table 2.

Compound	Dielectric constant, ϵ	Dielectric loss tangent, $104 \text{ tg}\delta$, 1 MHz
Anorthite $\text{SrO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$	6.2–6.8	11–50
Anorthite $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$	6–7	2–3
Wollastonite $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	5	3
Quartz $\beta\text{-SiO}_2$	4.5	3
Clinoenstatite $\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$	7	3
Corundum $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$	9.9–10.5	1–2
Mullite $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$	7	5–10
Boron nitride BN	4.2	2
Silicon nitride Si_3N_4	8	2.4
Spodumene $\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$	7.4	70–155
Forsterite $2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$	7	1–3
Celsian $\text{BaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$	6.5–7	1–2
Spinel $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	8	3

Table 2 Electrical properties of the crystals which form the basis of radiotransparent ceramics

2. táblázat Rádiótranszparens kerámiák alapjául szolgáló kristályok elektromos jellemzői

Table 2 shows that all crystalline phases have low value of dielectric constant and dielectric loss tangent. Celsian ($\text{BaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) and Sr-anorthite ($\text{SrO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$)

ceramics were selected for further investigation of the possibility of establishing of radiotransparent ceramic materials for missile radomes. These two ceramic materials are promising because of their almost constant values of the dielectric constant and dielectric loss tangent at high temperatures and high frequencies (35 GHz) (Fig. 2).

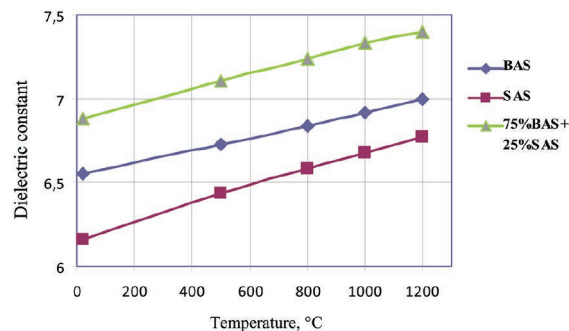


Fig. 2 Temperature dependence of dielectric constant of ceramics (data are derived from [4])

2. ábra Kerámiák dielektromos állandójának hőmérséklet függése (az adatok [4] alapján)

The crystalline phase of celsian and Sr-anorthite of monoclinic modification (symmetry), which in comparison with the hexagonal one has a higher melting point, low thermal expansion coefficient, low dielectric constant and dielectric loss tangent in a wide temperature and frequency range, is used for creation of radiotransparent ceramic materials.

The selection of compositions and the synthesis temperature of celsian and Sr-anorthite ceramics were carried out by the diagrams of relevant three-component systems (Fig. 3). Composition of mixtures used for the synthesis of radiotransparent materials meet stoichiometric ratio of forming oxides composed of celsian and Sr-anorthite.

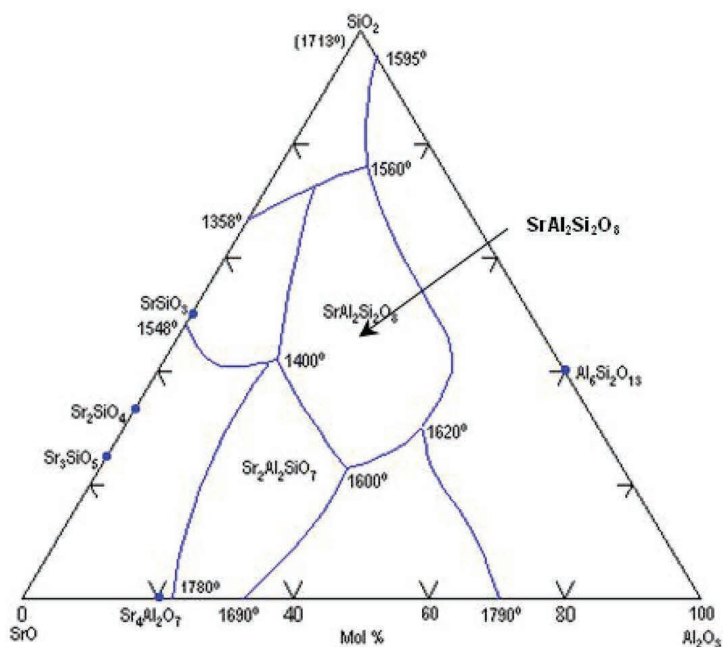
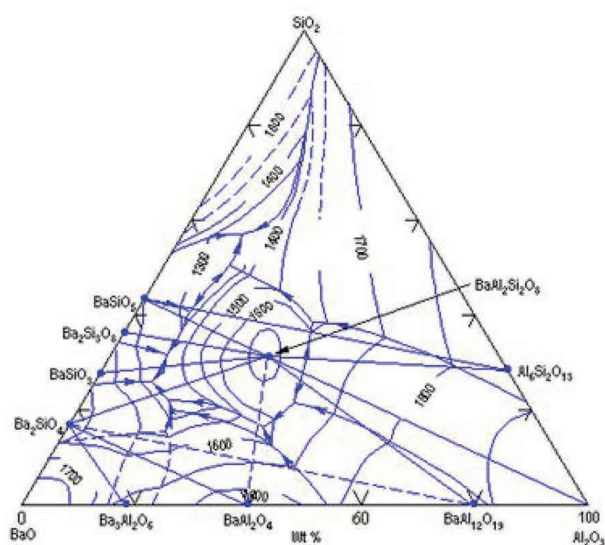


Fig. 3 Three-component systems $\text{BaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ and $\text{SrO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ (Three-component systems are obtained from the Phase Equilibria Diagrams database, The American Ceramic Society Publishing House)

Fig. 3. ábra Háromfázisú rendszerek $\text{BaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ és $\text{SrO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ (a háromfázisú rendszerek forrása: Phase Equilibria Diagrams database, The American Ceramic Society Publishing House)

The main objective of research was to obtain the minimum value of dielectric constant, dielectric loss tangent and water absorption and maximum value of the strength in compression of Sr-anorthite and celsian ceramics.

The following raw materials were used during the research to produce celsian and Sr- anorthite tailor-made ceramics: barium carbonate, strontium carbonate, quartz sand from Vishnevetske field, aluminium earth. Composition of mixtures used for the synthesis of radiotransparent materials meet stoichiometric ratio of forming oxides composed of celsian and Sr-anorthite (Table 3).

Compositions code	Oxide content, wt. %						
	SrO	BaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	Fe ₂ O ₃
SAS	31.73	–	36.8	31.37	0.01	0.08	0.01
BAS	–	40.75	31.93	27.23	0.01	0.07	0.01
SAS+BAS	14.74	21.82	34.2	29.15	0.01	0.07	0.01

Table 3 Chemical composition of test samples
3. táblázat Vizsgálati minták kémiai összetétele

The preparation of the ceramic samples was carried out by the following technology. Raw components were mixed in a porcelain mill to give a residue on sieve 4-6% 10,000 holes/cm² for preparation of the powder mixture. Pressing of samples was carried out at a pressure of 20 MPa. Pressed samples were dried in the drying oven to the residual moisture content of 2%. Firing was performed in Naberterm electric furnace, the duration of heat treatment at a firing temperature of 1550 °C was 5 hours.

The following properties were studied for the obtained materials: water absorption, bending strength, packed density, dielectric constant and the reflection ratio coefficient of radio waves was calculated. Properties of the investigated ceramics are shown in Table 4.

Properties	Compositions code, wt. %		
	SAS	BAS	SAS+BAS
Water absorption, %	1.59	0.64	2.54
Bending strength, MPa	398.8	490.2	564.2
Packed density, kg/m ³	2.64	2.83	2.70
Dielectric constant	6.8	9.7	9.2
Reflection coefficient of radio waves (S)	0.198	0.263	0.253

Table 4 Properties of ceramics radiotransparency
4. táblázat Rádiótranszparens kerámiák tulajdonságai

3. Methods

Water absorption and packed density were determined by means of hydrostatic weighting of water-presaturated test samples. Vacuum method was used to saturate the samples. The compressive strength was determined using a press GMS-50 (with a maximum load of 500 kN). Phase changes in ceramic masses during firing, were studied using X-ray diffraction analysis. X-ray diffractograms were taken with diffractometer DRON-3M with Cu Kα radiation and nickel filter at constant conditions of its performance. X-ray diffractograms transcript was done using ASTM (USA) catalog. The coefficient of

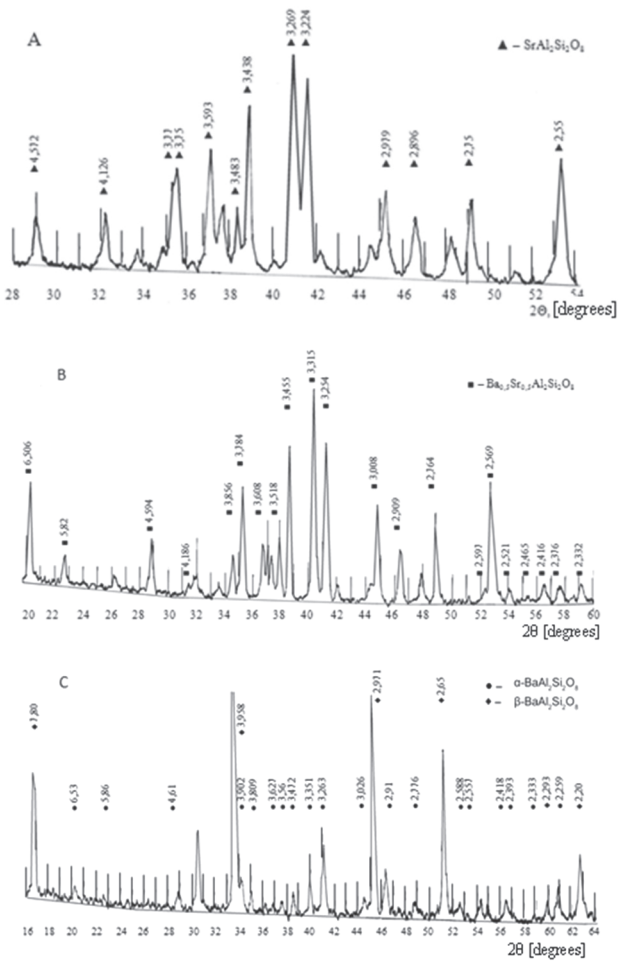


Fig. 4 X-ray diffraction pattern of synthesized ceramics
4. ábra A szintetikus kerámiák röntgendiffraktogramjai

reflection (S) was calculated on the basis of the fundamental Maxwell equations at specified harmonic law of variation of the incoming plane wave of super high frequency electromagnetic field. Dielectric constant (ε) was determined using a three-electrode cell and a digital automatic AC bridge for measuring the capacitance (immittance meter E7-14).

4. Results and discussion

Analysis of the received data indicates the possibility of obtaining materials with the desired electrophysical properties based on Sr-ceramics and celsian ceramics. Sr-ceramics, which has the lowest value of dielectric constant, is characterized by the optimal properties in terms of radio transparency.

With the help of X-ray phase analysis, the completeness of the reaction of the BAS, SAS and SAS + BAS formation has been investigated and the phase composition of the products obtained by heat treatment of the samples has been defined. The Barcode radiograph of synthesis products is shown in Fig. 4. It can be seen that the formation process of Sr-anorthite was completely finished, as evidenced by the presence of the respective spikes (Fig. 4.a). Continuous solid solutions of celsian and strontium anorthite were identified in the composition of the calcined products of BAS + SAS ceramics (Fig. 4.b). Monoclinic celsian β-BaO·Al₂O₃·SiO₂ and hexagonal

celsian $\alpha\text{-BaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$ were identified in the composition of the calcined products of BAS ceramics (Fig. 4.c). It is known that $\text{BaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$ of monoclinic modification (syngonies), which compared to hexagonal one has a high melting point, low thermal expansion coefficient, low values of the dielectric constant and dielectric loss tangent in a wide temperature and frequency range is used for the manufacturing of radio-ceramic materials. Therefore, in our view it is necessary to increase the firing time or add mineralizing impurities for more complete transition of β -celsian $\rightarrow$ α -celsian in the composition of BAS.

5. Conclusions

Conducted research demonstrated the prospects of further study of the $\text{SrO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$ system for the development of ceramic materials with low dielectric constant and dielectric loss tangent and high strength characteristics. Further investigation aimed at lowering the temperature and duration of Sr-ceramics firing.

References

- [1] Arthur Robert Von Hippel, Dielectrics and waves, John Wiley & Sons, Inc., New York 1954.
- [2] Orlova, L. A. – Popovich, N. V. – Uvarova, N. E. – Paleari, A. – Sarkisov, P. D. (2012): High-temperature resistant glass-ceramics based on Sr-anorthite and tialite phases, *Ceramics International*, Vol. 38, No. 8, pp. 6629-6634. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ceramint.2012.05.049>
- [3] Long-González, D. – López-Cuevas, J. – Gutiérrez-Chavarría, C. A. – Pena, P. – Baudin, C. – Turrillas, X. (2010): Synthesis of monoclinic Celsian from Coal Fly Ash by using a one-step solid-state reaction process, *Ceramics International*, Vol. 36, No. 2, pp. 661-672. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ceramint.2009.10.008>
- [4] Tamly, I. G. – Haught, D. A. (1997): Ceramics materials. *US patent* 5 642 868, June, 1997.
- [5] Tamly, I. G. – Zaykoski, J. A. (1997): Sintering and for producing $\text{BaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$ and $\text{SrO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$ ceramics materials. *US patent* 5 641 440, July, 1997.
- [6] Amritphale, S. S. – Anshul, A. – Chandra, N. – Ramakrishnan, N. (2007): Development of celsian ceramics from fly ash useful for X-ray radiation-shielding application, *Journal of the European Ceramic Society*, Vol. 27, No. 16, pp. 4639-4647. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2007.03.034>
- [7] Marriott, H. J. L. – Castillo, H. T. – LaCamera, F. – Swanick, E. J. (1977): Improved ECG Monitoring During Cardiac Catheterization Using Radiotransparent Electrodes and Chest Leads, *Journal of Electrocardiology*, Vol. 10, No. 2, pp. 119-122. [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-0736\(77\)80044-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-0736(77)80044-7)
- [8] Marocco, A. – Liguori, B. – Dell'Agli, G. – Pansini, M. (2011): Sintering behaviour of celsian based ceramics obtained from the thermal conversion of (Ba, Sr)-exchanged zeolite A, *Journal of the European Ceramic Society*, Vol. 31, No. 11, pp. 1965-1973. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2011.04.028>

Ref.:

Lisachuk, G. V. – Kryvobok, R. V. – Fedorenko, E. Y. – Zakharov, A. V.: Ceramic radiotransparent materials on the basis of $\text{BaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$ and $\text{SrO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$ systems
Építőanyag – Journal of Silicate Based and Composite Materials, Vol. 67, No. 1 (2015), 20–23. p.
<http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2015.4>

Rádiótranszparens kerámia anyagok $\text{BaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$ és $\text{SrO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$ rendszerek alapján

Irodalmi adatok alapján a szerzők kiválasztottak kerámiákat, amelyek dielektromos állandója és dielektromos veszteség tangense kicsi. Megvizsgálták (5 órás, 1500 °C szinterelési hőmérsékleten) az összetételei jellemzőket bárium földpát és stroncium anortit alapanyagok felhasználásával. A fázisösszetételt röntgendiffrakcióval határozták meg a kerámiákon. Az eredmények igazolják a vizsgált kerámiák rádiótranszparens jellemzőit és nagy szilárdságát.

Kulcsszavak: kerámia rádiótranszparens anyagok, bárium földpát, stroncium anortit, dielektromos állandó, rádióhullám visszaverődési együttható

14th

INTERNATIONAL CONFERENCE

European

Ceramic Society | 21-25 June, 2015 | Toledo, España



Welcome to Toledo and to the ECerS XIV Conference

It is a great honour and pleasure for us to welcome you to the 14th Conference of the European Ceramic Society that will take place **in Toledo from the 21st to the 25th of June 2015**. This edition will be organised under the auspices of the Spanish Ceramic and Glass Society (Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, SECV).

Organised every two years, the ECerS Conference is the place to be for scientists, students and industrialists willing to have a direct access to one of the largest community of international experts of ceramic science and technology.

The conference will be organised around seven general themes that cover most aspects of ceramic science and technology, "Innovative processing and synthesis", "High temperature processes and advanced sintering", "Ceramics and glasses for healthcare", "Ceramics for energy production and storage", "Advanced structural ceramics", "Ceramics for electro-magnetic and optical applications" and "Traditional ceramics, Innovative construction materials and Cultural heritage". Focused symposia dealing with specific issues, such as "Refractories", will also be organized.

The conference will also be a unique occasion for students to introduce their work, some of them having the possibility to take part to the student speech contest, and for exhibitors to meet their customers.

www.ecers2015.org

Könnyűbetonok fagyasztásvizsgálatának érdekességei

Dr. NEMES Rita

Okl. építőmérnök, adjunktus a BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszékén.
Fő érdeklődési területei: könnyűbeton összetételének tervezése, könnyűbeton szerkezetek tervezése, speciális betonok, könnyű és újrahasznosított adalékanyagok, kerámiaak, szigetelések. A fib Magyar Tagozat tagja. Az SZTE Beton Szakosztály tagja.

NEMES RITA • BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék • nemes.rita@epito.bme.hu

Érkezett: 2015. 02. 15. • Received: 15. 02. 2015. • <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2015.5>

Special topics in the freeze-thaw resistance of lightweight concretes

Durability of lightweight aggregate concrete is tested in terms of freeze-thaw testing according to EN 12371 up to 150 freeze-thaw cycles. Open pore lightweight aggregates (expanded clay and expanded glass) and closed pore lightweight aggregate (expanded glass) have been used for the comparison of normal weight concretes. It was revealed that the tendency and magnitude of deterioration for the high strength, open pore expanded clay aggregates is similar to that of the normal weight aggregates. The very light, low strength, open pore lightweight aggregates (both expanded clay and expanded glass) showed special behaviour; the minimum strength does not correspond to the maximum freeze-thaw cycle that needs further experimental studies for a more complete understanding. The closed pore expanded glass aggregates show slight increase in compressive strength up to 25-50 cycles, however, 100-150 cycles result complete failure, a more serious deterioration than found for the other types of lightweight aggregates. The results confirm the need of further detailed experimental studies in the topic.

Keywords: lightweight aggregate, lightweight concrete, freeze-thaw resistance

Kulcsszavak: könnyű adalékanyag, könnyűbeton, fagyállóság

1. Bevezetés

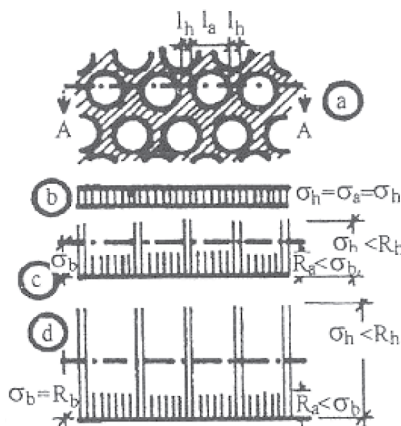
A tartósság kérdése egyre fontosabb a tervezések során. A tartósság egyik fő követelménye, különösen magyarországi körülmények között, a fagyállóság. A fagyállósági követelményeket az MSZ 4798 szabvány előírásai úgy próbálják biztosítani, hogy minimális cementtartalmat és maximális víz-cement tényezőt írjanak elő. Hagyományos (kvarckavics vagy zúzottkő adalékanyagú) betonok esetén előírás van a minimális nyomószilárdsági osztályra is. Ez a szilárdsági osztály gyakorlatilag a többi követelmény és a megfelelő bedolgozás és utókezelés következménye, de csak akkor, ha hagyományos adalékanyagot alkalmaztunk. Könnyű adalékanyagok könnyűbetonok esetén a cementtartalom és víz-cement tényező betartása mellett is lehet kisebb a nyomószilárdság, de attól még megfelelő tartósságú lehet a könnyűbeton. Ennek jó példája a római Pantheon, amelynek a tartószerkezete teljes egészében különböző könnyűbetonokból épült és közel 2000 éves [1]. Ha az adalékanyag könnyű, és ezzel együtt általában kis szilárdságú is, akkor a habarcsváz szilárdságával kompenzáljuk ezt, hogy létrejöhessen a tipikus könnyűbetonokra jellemző teherviselési mód (1. ábra), ahol a habarcs veszi fel a terhelés nagy részét, az adalékanyag szilárdsága pedig jóval kisebb. Ez egyben a tartósságot (fagyállóságot, vízzáróságot, karbonátosodást) kedvezően befolyásolja. Léteznek nagyobb szilárdságú könnyű adalékanyagok, ahol erre nincs szükség, ezeknél viszont több esetben tapasztaltunk a hasonló összetételű és szilárdsági osztályú hagyományos betonokhoz képest kisebb fagyállóságot.

Többször előfordult gyakorlati alkalmazásoknál, hogy a 25-50 ciklusos fagyasztás után a könnyűbetonon mérhető nyomószilárdság nagyobb volt, mint a nem fagyasztott referencia próbatesten mért nyomószilárdság. A jelenségre felfigyelve célunk volt elkülöníteni, hogy milyen adalékanyagok alkalmazása vagy milyen betonszilárdság esetén fordul elő ez a jelenség.

Kétféle szokásos fagyállóság vizsgálat használatos:

- az elárasztásos fagyasztás (MSZ EN 12371) olvasztó sózás nélküli betonok (XC1 és XC3 osztályok; MSZ 4798) esetén,
- a fagyhámítás vizsgálat (MSZ CEN/TS 12390), ha a beton jégolvasztó sózás hatásának van kitéve (XC2 és XC4 környezeti osztályok; MSZ 4798).

Jelen kutatásban az elárasztásos fagyasztással foglalkozunk. Célunk volt, hogy a könnyűbetonok kockafagyasztásos vizsgálatának hatékonyságát és lehetőségeit vizsgáljuk.



1. ábra A könnyűbeton idealizált szövetszerkezete és a feszültségek eloszlása [2]
Fig. 1. Idealised structure and inner flow of forces for lightweight aggregate concrete [2]

2. Szakirodalmi háttér

A könnyűbetonok megfelelő fagyállóságát általában annak tudják be, hogy a habarcsváz nagyon jó tömörségű kell, hogy legyen már a szilárdsági követelmény teljesítése miatt is, a jó habarcsváz pedig jó vízzáróságot, jó fagyállóságot eredményez.

Egyes kutatások viszont vizsgálták a mikroszerkezetet is, és arra a megállapításra jutottak, hogy nagyon jó mikroszerkezetet lehet elérni porózus agyag- és pernyealapú adalékanyagokkal, de itt is nagyon fontos az ideális víz-kötőanyag tényező. Azt is kiemelik, hogy mennyivel fontosabb az adalékanyag szilárdságának és vízfelvevő-képességének a hatása, abban az esetben, ha a víz-kötőanyag tényező nagy [3].

Viszonylag kis szilárdságú könnyűbetont tudtunk készíteni a Margit-híd felújításakor ideiglenes pályalemezként, ami kellően fagyállónak bizonyult LC20/22 szilárdsági osztály mellett is [4].

A legtöbb vizsgálat vízszintes, jégolvasztó sózásnak kitett esetre vonatkozik [5, 6], az elárasztásos fagyasztás vizsgálata nagyon ritka. Általában a habarcsot optimalizálják egyfajta adalékanyag típushoz és nem a különböző adalékanyag fajtákat hasonlítják össze egymással [7].

3. Kísérleti koncepció

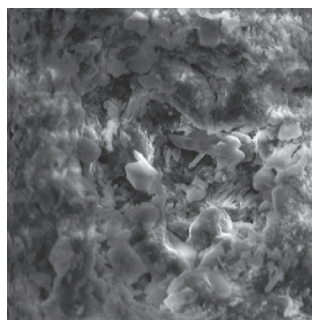
Első lépésben 25, 50 és 150 ciklusos fagyasztást végeztünk. A betonösszetételek esetén a változó paraméter csak az adalékanyag durva frakciója volt (szemnagyság > 4 mm). Az etalon kvarckavics mellett 5 féle könnyű adalékanyaggal készítettünk betonokat. 4/8-as frakciót választottunk, mert ez mindegyik vizsgált adalékanyag-típusból elérhető volt. A vizsgált betonok összetétele minden egyébben megegyezik (így kiküszöbölve a bevezetésben említett ellentmondásokat), ennek következtében viszont a testsűrűségük és a szilárdságuk tág határok között változott. A durva frakciójú (4/8) adalékanyagokat minden esetben 33 V% arányban adagoltuk. A habarcs összetétele azonos volt, 360 kg/m³ cementadagolást, v/c = 0,61 víz-cement tényezőt és h/c = 2,0 homok-cement tényezőt alkalmaztunk. A keverékekhez minden esetben az elméleti vízmennyiségnél többet adagoltunk, annyit, amennyi az alkalmazott könnyű adalékanyag mennyiség 1 órás vízfelvétele megegyezett, így biztosítva, hogy nem a habarcsához szükséges vizet szívja el a porózus adalékanyag.

A v/c = 0,61 víz-cement tényező nagyobb volt, mint az MSZ 4798-1:2004 szabványban megengedett érték (0,50-0,55), így a habarcsváz fagyállóságra nem volt ideális. Ezzel az volt a célunk, hogy az etalon hagyományos beton szilárdságcsökkenése jól kimutatható legyen. Még így is megfelelt 150 ciklus után is a szabvány által előírt követelménynek (a kevesebb, mint 20% szilárdságcsökkenésnek). Légpórusképzőt nem alkalmaztunk egyik esetben sem.

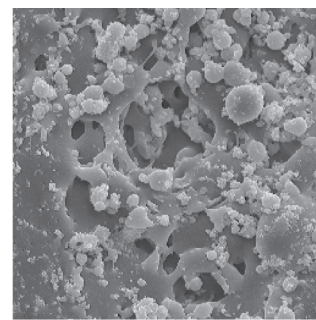
A könnyű adalékanyagok között két alapanyag, két felületi kialakítás és két szilárdsági csoport szerepelt:

- Az alapanyag duzzasztott agyag (4. és 5. ábra) és duzzasztott üveg (6. és 7. ábra) volt. Mindkettőt elterjedten alkalmazzák, viszont belső mikrostruktúrájuk jellegzetesen eltér egymástól (2. és 3. ábra).
- Duzzasztott üvegből létezik nyitott pórusú (6. ábra) és olyan, amelyen a gyártás közben egy bevonatot képeznek, így a felület porozítása nagyon kicsi. A kis felületi porozítás következtében kicsi a vízfelvétele a többi könnyű adalékanyaghoz képest (7. ábra). Mindkét típust alkalmaztuk a vizsgálatok során.

- Szilárdság szerint is két csoportra osztottuk a könnyű adalékanyagokat. Az első csoportba tartoztak azok, amelyeket tipikusan kisebb szilárdságú, úgy nevezett *hőszigetelő és teherhordó könnyűbetonokhoz* alkalmaznak, ahol a testsűrűség 1000-1600 kg/m³ és a betonszilárdság LC8/9 – LC20/22 (5. és 6. ábra) és amelyek már a *teherhordó könnyűbeton* kategóriájába tartoznak, de még nem nagyszilárdságúak, azaz a testsűrűségük 1600-2000 kg/m³ közötti, a betonszilárdság LC20/22 – LC50/55 (4. és 7. ábra) (MÉASZ ME-04.19:1995).



2. ábra Duzzasztott agyagkavics elektronmikroszkópos képe
Fig. 2. SEM picture of expanded clay aggregate



3. ábra Duzzasztott üvegkavics elektronmikroszkópos képe
Fig. 3. SEM picture of expanded glass aggregate



4. ábra Duzzasztott agyagkavics nyílt pórusokkal, teherhordó könnyűbetonokhoz
Fig. 4. Expanded clay aggregate with open pores for load bearing applications



5. ábra Duzzasztott agyagkavics nyílt pórusokkal, hőszigetelő és teherhordó könnyűbetonokhoz
Fig. 5. Expanded clay aggregate with open pores for thermal insulating and load bearing applications



6. ábra Duzzasztott üvegkavics nyílt pórusokkal, hőszigetelő és teherhordó könnyűbetonokhoz
Fig. 6. Expanded glass aggregate with open pores for thermal insulating and load bearing applications



7. ábra Duzzasztott üvegkavics zárt felülettel, teherhordó könnyűbetonokhoz
Fig. 7. Expanded glass aggregate with closed surface for load bearing applications

szs.	alapanyag	felület	szilárdsági kategória
1.	agyag	nyitott	hőszigetelő és teherhordó
2.	üveg	nyitott	hőszigetelő és teherhordó
3.	üveg	zárt	hőszigetelő és teherhordó
4.	agyag	nyitott	teherhordó
5.	üveg	zárt	teherhordó

1. táblázat A könnyű adalékanyagok kategóriái a vizsgálati szempontok szerint
Table 1. Categories of lightweight aggregates in view of load bearing and thermal insulating

4. Vizsgálatok

A vizsgálatokat az MSZ EN 12371:2002 szabvány szerint végeztük. A vizsgálat akkor alkalmazandó, ha építőkövek vagy jégolvasztó sózásnak ki nem tett beton fagyállóságát szeretnénk meghatározni. 100 vagy 150 mm élhosszúságú kockán, vagy ugyanekkora átmérőjű 1:1-es hengereken szabad elvégezni a vizsgálatot, a fagyasztott próbatestekkel azonos mintából származó referencia próbatestekkel. A próbatesteknek a vizsgálat alatt végig víztelített állapotban kell lenniük. Az adott ciklusszámú fagyasztást -20 °C-os légtérben, az olvasztást +20 °C hőmérsékletű vízben kell végezni.

150 mm élhosszúságú kockákat készítettünk 0-25-50-150 ciklus utáni vizsgálatra. A fagyasztásokat 28 napos korban kezdtük el. A próbatesteket 1 napon szalasztuk ki, ezt követően mésztelített víz alatt tároltuk. 28 napos korban megkezdjük a próbatestek fagyasztását. A referencia (0 ciklusú) próbatesteket a fagyasztások ideje alatt továbbra is víz alatt tároltuk a vizsgálatig. Ugyanígy tettünk a 25 és 50 ciklus után tovább már nem fagyasztott próbatestekkel is. Mindegyik próbatestet azonos időben törtük el a 150 ciklusos fagyasztást követően. A 28 napos szabványos vizsgálathoz is készítettünk próbatesteket, hogy a szilárdsági osztály meghatározható legyen. A szilárdsági jeleket ez alapján adtuk meg, de a fagyasztás okozta szilárdságcsökkenést az azonos korú, törésig víz alatt tárolt próbatestek eredményeire vonatkoztattuk. A vizsgálatokat a BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék Anyagvizsgáló Laboratóriumában végeztük automata fagyasztógéppel (fagyállósági vizsgálatok) és Form+Test Alpha 3000 típusú törőgéppel (nyomószilárdság vizsgálatok).

5. Eredmények

A 2. táblázat és a 8. ábra tartalmazza a vizsgálati eredményeket.

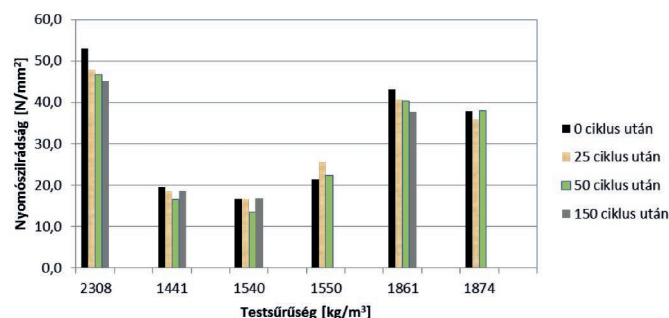
A vizsgálati eredmények alapján a következő megállapítások tehetők. A vizsgálatok során a hagyományos kvarckavics adalékanyag beton a szokott módon viselkedett, már 25 ciklus után 10% szilárdságcsökkenést tapasztaltunk, ami a 150. ciklusig folyamatosan nőtt 15%-ig. Ez az érték még megfelel a 150 ciklusos fagyállóság követelményeinek, de a nagy víz-cement tényező miatt nem igazán kedvező. Viszont látszik, hogy ettől a habarcsváztól milyen szilárdságcsökkenést várhatunk el a különböző fagyasztási ciklusok után. Ehhez hasonlíthatjuk a könnyű adalékanyagos eseteket.

Amikor jelenős szilárdsággal (törési ellenállással) rendelkező, nyitott pórusú duzzasztott agyagkavicsot alkalmaztunk (4. összetétel), akkor hasonló jelenséget tapasztaltunk, mint kvarcka-

vics adalékanyag esetén, kicsit kedvezőbb számszerű értékekkel (25. ciklus után 6%, 150. ciklus után 13% szilárdságcsökkenéssel), de azonos tendenciával. A fagyállóság vizsgálatok jelentős része a szakirodalomban ilyen típusú adalékanyagra vonatkozik, így nem tekintettük az esetet egy vizsgálandó problémának.

szs.	beton / könnyűbeton szilárdsági osztálya	beton / könnyűbeton testsűrűsége [kg/m ³]	nyomószilárdság (átlag érték) [N/mm ²] és [%] adott ciklusú fagyasztás-olvasztás után			
			0	25	50	150
0.	C30/37	2308	53,0	47,9	46,7	45,1
				90%	88%	85%
1.	LC12/13	1441	19,6	18,7	16,6	18,6
				95%	85%	95%
2.	LC8/9	1540	16,6	16,6	13,4	16,8
				100%	81%	101%
3.	LC12/13	1550	21,4	25,5	22,3	0
				119%	104%	—
4.	LC25/28	1861	43,1	40,6	40,4	37,7
				94%	93%	87%
5.	LC20/22	1874	37,9	35,9	38,0	n.a.
				95%	100%	n.a.

2. táblázat A fagyasztásvizsgálat szilárdsági eredményei
Table 2. Compressive strength results for the freeze-thaw testing



8. ábra A fagyasztásvizsgálat eredményei
Fig. 8. Results of the freeze-thaw tests

Amikor nagyon kis szilárdságú adalékanyaggal dolgozunk, akkor az adalékanyag teherhordásának szerepe kisebb. Tipikusan hőszigetelő és teherhordó könnyűbetonokról van szó, például lapostetők lejtést adó rétegénél. Azonban itt sem engedhető meg, hogy a fagy tönkretegy a szerkezetet egy esetleges szigetelési hiba, beázás során. Nem alkalmaznak jégolvasztó sózást, tehát az általunk alkalmazott vizsgálati típus lehet indokolt. Néhány ilyen vizsgálat során és az itt tipikus kis ciklusszám (25 ciklus) esetén többször tapasztaltunk szilárdságnövekedést, amit gyakran mérési hibának tudnak be. Viszont most célzott vizsgálatokkal ellenőriztük, hogy a nagyon könnyű, nagy és nyílt pórusú könnyű adalékanyagok alkalmazása esetén (mind agyag – 1. összetétel, mind üveg alapanyagból – 2. összetétel) a fagyasztásos vizsgálatok során a 25. és a 150. ciklus után mérhető szilárdságcsökkenés minimális (5% alatti). Viszont mindkét vizsgált esetben az 50. ciklus után észleltük a legkisebb szilárdságot, ez a fagyállónak minősíthetőség határán volt (15-19% szilárdságcsökkenéssel). Ezeket a vizsgálatokat érdemes lehet széles körben és nagy mintaszámmal folytat-

ni, továbbá fizikai vagy kémiai magyarázatot keresni a jelenségre, analitikai és képkalkulációs eljárások igénybevételével.

A porózus könnyű adalékanyagok felülete a gyártás során el-
látható bevonattal, ami jelentősen lecsökkenti a vízfelvételt.
Duzzasztott üvegkavicsok esetén találkozhatunk ilyen könnyű
adalékanyagokkal. Ez előnyös a keverés, bedolgozás, szivattyúzás
szempontjából. Hátrányként a rosszabb felületi kapcsolat ismert
[8]. Az általános alkalmazási terület a teherhordó és a nagyszilárdságú könnyűbetonok területe, ahol igen nagy szilárdságú és
tömörségű habarcsvázalattal együtt alkalmazzák, így itt korábban
nem merültek fel fagyállósági problémák. Előfordulnak esetek,
amikor a nagy szilárdság nem követelmény, de szivattyúzni sze-
retnék a betont és ezért választanak zárt felületű adalékanyagot.
A kísérleteink során viszont nagy víz-cement tényezőjű habarcs-
vázban azt tapasztaltuk, hogy a kis szilárdságú, de zárt pórusú
duzzasztott üveg adalékanyagok beton 25 és 50 ciklus után szilárdságnövekedést mutatott, majd a 100 és 150. ciklus közötti idő-
szakban olyan mértékben szétfagyott, hogy már nem volt vizs-
gálható a próbatest. A szintén zárt felületű, nagyobb testsűrűségű
és nagyobb szilárdságú duzzasztott üveg adalékanyagból nem
készült elegendő próbatest, így nincs információnk a 150 ciklus
utáni állapotról. Ennek az adalékanyagnak időközben megszűnt a
gyártása, így nem volt lehetőség ismételt kísérletre sem.

6. Jövőbeni kutatási lehetőségek

Érdekes lehet a vizsgálatokat további, a cikkben említett
csoportokba sorolható, több különböző gyártótól származó
adalékanyagokon elvégezni, illetve ugyanezen adalékanyag-
típusoknál a fagyhatás vizsgálatokkal összehasonlítani az
eredményeket [5], illetve részletesen magyarázatot keresni a
nyitott pórusú, kis szilárdságú adalékanyagok viselkedésre.

Természetesen számos más könnyű adalékanyag is létezik. Egy
jelentős csoport, amit még érdemes a későbbiekben ilyen össze-
hasonlításban is megvizsgálni, mivel korábbi vizsgálatok alapján
eltérően viselkednek a „direkt könnyű adalékanyagnak gyártott”
duzzasztott termékektől a hulladékból készülő betonok (tégla-
zúzalék, pórusbeton-zúzalék adalékanyagok [9,10,11] vagy a na-
gyon rugalmasan viselkedő így pl. fagyhatásvizsgáló vizsgálatok-
nál nagyon jó eredményt adó polisztirolgyöngy adalékanyag.

7. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani a Duna-Dráva Ce-
ment Kft.-nek, a Liabau Kft.-nek Biotech Hungária Kft.-nek és
a Geofil Kft.-nek, hogy biztosította számunkra a kísérletekhez
szükséges alapanyagokat. Köszönöm Tóth Juditnak (SZIKKTI)
az elektronmikroszkópos képek elkészítését.

A kísérletekhez egyes anyagok beszerzése az OTKA K 109223
kutatási programból valósult meg, amelyért köszönetet mondok.

Felhasznált irodalom

- [1] Kollár, L. (1997): Vasbetonszerkezetek I., *Műegyetemi Kiadó*, Budapest
- [2] Ujhelyi, J. (1960): A könnyűadalékos beton fajtái összetételének tervezése és a beton készítése, (Mérnöki Továbbképző Intézet 3797), *Felsőoktatási Jegyzetellátó Vállalat*, Budapest
- [3] Junfang, H. – Hui, Y. – Xiangdong, S. et al. (2011): Experimental study on frost resistance durability of lightweight aggregate concrete in Na_2SO_4 solution. *International Conference on Advances in Materials and Manufacturing Processes, Shenzhen, Book Series: Advanced Materials Research*, Vol. 152-153, pp. 1565-1569.
- [4] Benedek, B. – Nemes, R. – Józsa, Zs. – Migály B. (2010): Ideiglenes pályaburkolat a Margit hídon könnyűbetonból *Beton*, Vol. 18, No. 7-8, pp. 3-8.
- [5] Nemes, R. (2015): Surface properties of lightweight aggregate concrete and its correlation with durability, *Materials Science Forum*, Vol. 812, pp. 207-212. <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.812.207>
- [6] Jize, M. – Koichi, A. – Hui, Q. et al. (2010): Analysis of Freeze-Thaw Damage of Lightweight Aggregate Concrete, *8th International Conference on Fracture and Damage Mechanics, Malta, Book Series: Key Engineering Materials*, Vol. 417-418, pp. 829-832.
- [7] Lixiong, G. – Lijuan, K. – Yong, G. (2011): Water Absorbing and Releasing of Lightweight Aggregate and its Influence on Frost-Resistance of Combined Aggregate Concrete. *1st International Conference on High Performance Structures and Materials Engineering, Beijing, Book Series: Advanced Materials Research*, Vol. 217-218, pp. 51-56.
- [8] Józsa, Zs. – Nemes, R. (2002): Bond of a New Recycling Glass Lightweight Aggregate In: Balázs, G. L., Bartos, P. J. M., Cairns, J., Borosnyói, A. (szerk.) *Bond in Concrete – from research to standards: Proceedings of the 3rd International Symposium Budapest*, pp. 420-427.
- [9] Fenyvesi, O. – Kenéz, Á. – Kovács, É. – Rácz, A. (2014): Szerkezeti könnyűbeton előregyártott hídszerkezeti elemekhez. *XVIII. Nemzetközi Építéstudományi Konferencia. Csíksomlyó, Románia, Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság (EMT)*, pp. 149-152.
- [10] Fenyvesi, O. – Jankus, B. (2014): Design burkolat újrahaznosított pórusbeton hulladékból In: Török Á; Puzder T; Cserny T (szerk.) *Meddő? Hulladék? Nem! Haszonanyag! Hantken Kiadó*, pp. 119-129.
- [11] Jankus, B. – Fenyvesi, O. – Józsa Zs. (2013): Újrahaznosított pórusbeton adalékanyagként való alkalmazhatósága könnyűbetonban *XVII. Nemzetközi Építéstudományi Konferencia. Csíksomlyó, Románia, Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság (EMT)*, pp. 140-145.

Hivatkozott szabványok és irányelvek

- MSZ CEN/TS 12390-9:2006 Testing hardened concrete. Freeze-thaw resistance. Scaling
- MÉÁSZ ME-04.19:1995 Beton és vasbeton készítése, 14. fejezet Könnyűbetonok
- MSZ 4798-1:2004 Beton 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség, valamint az MSZ EN 206-1 alkalmazási feltételei Magyarországon 2004
- MSZ EN 12371:2002 Természetes építőkövek vizsgálati módszerei A fagyállóság meghatározása

Ref.:

Nemes, Rita: *Könnyűbetonok fagyasztásvizsgálatának érdekességei*
Építőanyag – Journal of Silicate Based and Composite Materials,
Vol. 67, No. 1 (2015), 24–27. p.
<http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2015.5>

STREMAH 2015

13 – 15 July 2015 A Coruña, Spain

14th International Conference on Studies, Repairs and Maintenance of Heritage Architecture

wessex.ac.uk/stremah2015

Kiegészítőanyagok hatása a szokványos és az öntömörödő betonokra

1. rész. Szakirodalmi áttekintés

SALEM GEORGES NEHME ▪ egyetemi docens
BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék ▪ sgnehme@yahoo.com

Érkezett: 2015. 02. 22. ▪ Received: 22. 02. 2015. ▪ <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2015.6>

Influence of supplementary cementing materials on conventional and self compacting concretes

Part. 1. Literature review

The use of supplementary cementing materials in concrete technology may help reducing the large carbon-dioxide emission that is resulted from the production of Portland cements. The supplementary cementing materials can be classified as hydraulic additives, pozzolanic additives and inert additives. The supplementary cementing materials form calcium-silicate-hydrates and calcium-aluminate-hydrates with the calcium hydroxide available due to Portland cement hydration. Most active supplementary cementing materials are the silica fume and the metakaolin. The literature indicates that the application of silica fume or metakaolin improves the durability of concrete due to the finer pore microstructure that results lower porosity, lower permeability, higher strength, higher resistance against water penetration and higher resistance to acidic solutions. The present paper is the first part of a series of papers dealing with conventional and self compacting concretes containing silica fume or the metakaolin supplementary cementing materials. The first part gives a literature review of the supplementary cementing materials tested. The second part summarizes own experimental results.

Keywords: concrete, self compacting concrete, supplementary cementing materials, metakaolin, silica fume

Kulcsszavak: beton, öntömörödő beton, kiegészítőanyagok, metakaolin, szilikapor

1. Bevezetés

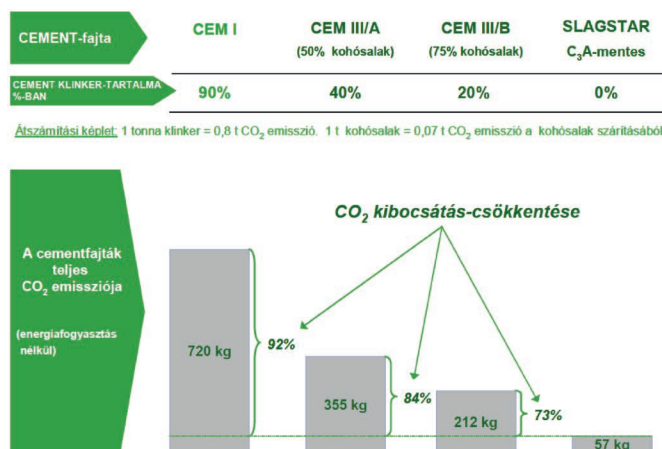
A beton előnyei közé tartozik, hogy sokoldalúan felhasználható. Megfelelő receptúra összeállításával kellő teherbírású, tartós szerkezetek hozhatók létre belőle.

Manapság számos kutatás témája új anyagok felhasználásával speciális tulajdonságú keverékek előállítása. A szilárdság mellett a tartósság is rendkívül fontos tényező, mivel biztosítani kell, hogy a megépült szerkezetnek megfelelő legyen az ellenállása a káros környezeti hatásokkal szemben. A mai betongyártásnak az egyik legjelentősebb mellékhatása az évente több mint 1000 Mt portlandcement előállítása során keletkező nagy mennyiségű CO₂ (Chandra, 1997), amely mennyiségnek a csökkentése környezetvédelmi fontosságú (1. ábra). Ez jelenleg körülbelül a világ teljes széndioxid kibocsátásának 5%-át teszi ki. Ha a beton készítése során különböző kiegészítőanyagokat alkalmazunk, legyen az gyártási melléktermék, amely éves mennyisége akár a cementmennyiség kétszeresét is meghaladhatja, vagy egyéb forrásból származó anyag, azzal csökkenthetjük a szükséges cement mennyiségét, energiát takaríthatunk meg és nagyobb szilárdságú, tartósabb szerkezeteket hozhatunk létre. Ilyen kiegészítőanyag például a pernye, a granulált kohósalak, a szilikapor, a metakaolin és a mészköliszt.

A kiegészítőanyagok alkalmazásával jobb tapadás érhető el a cementpép és az adalékanyag illetve a cementpép és az acélbetétek között, amely jelentősen növeli a szerkezet teherbírását (Siddique, 2008).

Salem Georges NEHME

Okleveles építőmérnök, PhD, egyetemi docens a BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszékén. A Magyar Szabványügyi Testület MSZT/MB 112 Építési üveg és MSZT/MB 107 Beton és előre gyártott beton termékek nemzeti szabványosító műszaki bizottságok tagja; a főb Magyar Tagozat tagja; a Magyar Mérnöki Kamara tagja (MMK: 01-9159). Érdeklődési területei: betontechnológia, tömegbetonok, öntömörödő betonok, szálerősítésű betonok, minőségellenőrzés, roncsolásmentes anyagvizsgálatok, vasbeton szerkezetek, építőanyagok újrahaznosítása.



1. ábra Egy tonna cement előállításánál keletkező CO₂ kibocsátás (Novák et al, 2009)
Fig. 1. CO₂ emission due to the production of one ton Portland cement (Novák et al, 2009)

2. A szakirodalom áttekintése

A kiegészítőanyagokat három nagy csoportba sorolhatjuk tulajdonságaik szerint:

- hidraulikus anyagok,
- inert anyagok,
- puccolános tulajdonságú anyagok.

Adagolásuk általában a cement tömegére vonatkoztatva történik. A keverékhez adhatjuk őket kiegészítésként vagy a hidraulikus és puccolános anyagok esetén akár a cement egy részét is helyettesíthetjük velük.

2.1 Hidraulikus anyagok

A hidraulikus kötőanyagok eredetük szerint lehetnek zsugorított vagy olvasztott mesterséges anyagok. Jellemzőjük, hogy csak víz jelenlétében kötnek és szilárdulnak, ilyen anyag például a kohósalak vagy a pernye (Riesz, 1989).

A kalcium-szilikátok vízzel való érintkezés utáni reakcióit a következő egyenletekkel lehet leírni (Neville, 2002):



Az alitból és belitből is víz hozzáadásával kalcium-szilikát-hidrát (CSH) és kalcium-hidroxid (CH) keletkezik. A reakciókat a komponensek tömege szerint vizsgálva megállapítható, hogy a C_3S -ből több mint kétszer annyi CH keletkezik, mint a C_2S -ből (Neville, 2002). A CH kialakulása pl. savállósági szempontból kedvezőtlen is lehet, mert kioldódik és emiatt a beton tönkremeneteléhez vezet.

2.2 Inert anyagok

Közömbös anyagoknak nevezzük azokat, amelyek az adott feltételek között a beton alkotóanyagaival nem lépnek kémiai reakcióba, csupán töltőanyagként működnek. Ide tartozik például a kvarcliszt, a mészkőliszt vagy a pigmentek. A betontechnológiában általában nem nanotechnológiával gyártott anyagokról van szó.

2.3 Puccolános tulajdonságú anyagok

A puccolános anyagokat eredetük szerint két nagy csoportba oszthatjuk: természetes puccolánok, és gyártási melléktermékek. A puccolános anyagok aktív komponensei eltérőek (1. táblázat).

Kategória	Tipikus anyagok	Aktív komponens
Természetes anyagok	vulkáni hamu	alumínium-szilikát
	horzsakő	alumínium-szilikát
	kovaföld	amorf hidratált szilika
Melléktermékek	pernye	alumínium-szilikát kalcium-alumínium-szilikát
	szilikapor	amorf szilika
	rizshéj hamu	amorf szilika
	kalcinált agyagok	amorf alumínium-szilikát

1. táblázat Puccolánok és aktív komponenseik (Mindess et al., 2003)

Table 1. Pozzolans and their active components (Mindess et al., 2003)

A puccolános reakció során a kiegészítőanyagban található szilika kémiai reakcióba lép a kalcium-szilikátok hidratációja során létrejövő CH-dal. Ez a következő egyszerűsített egyenlettel írható le (Mindess et al., 2003):

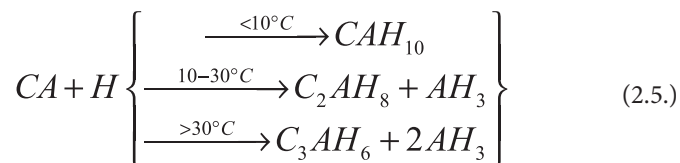


Az így létrejövő CSH szerkezete csak kis mértékben tér el a portlandcement hidratációjából létrejövő CSH szerkezetétől, így tehát hozzájárul a szilárdság növekedéséhez.

Ha az anyag nagyobb mennyiségű reakcióképes alumíniumot is tartalmaz, akkor a CSH mellett CAH (kalcium-alumínát-hidrát) is létrejön (Mindess et al., 2003):



A CAH pontos összetétele a külső hőmérséklet függvénye:



A létrejövő CAH_{10} és C_2AH_8 metastabil, ha a beton hőmérséklete $30^\circ C$ fölé emelkedik, C_3AH_6 - tá alakulnak. Ez a változás porozitás növekedéssel jár, amely szilárdság és tartósság elvesztéséhez vezet (ld. a korai bauxitcementeket), emiatt gondosan kell választani az adagolt mennyiséget és a cement fajtát.

A (2.3.) és (2.4.) egyenletekből megállapítható, hogy mindkét reakcióhoz megfelelő vízmennyiség szükséges. A kiegészítőanyagok szilárdságnövelő hatása csak abban az esetben biztosítható, ha a beton nedves utókezelése hosszabb, mint a szokványos betonoké. Ellenkező esetben csak töltőanyagként funkcionálnak.

A puccolános kiegészítőanyag reakciókinetikája hasonló, mint a C_2S -é. Ebből következően ez is lassan megy végbe, ezzel csökkentve a kezdeti hőmennyiség kialakulását és a kezdeti szilárdságot (Mindess et al., 2003).

A különböző kiegészítőanyagok eltérő mennyiségű CH-ot használnak fel reakciójuk során, így ezzel a tulajdonságukkal mérhető a reakcióképességük. A Chapelle vizsgálattal meghatározott értékeket mutatja be a 2. táblázat. A vizsgálat lényege, hogy a hígított puccolános anyagot léptetjük reakcióba a CH-dal, miközben állandó $95^\circ C$ hőmérsékletet biztosítunk. 18 óra elteltével megmérjük a reakció során felhasznált CH mennyiséget.

Puccolános tulajdonságú anyag	Elhasznált $Ca(OH)_2$ grammonként (mg)
Kohósalak	40
Szilikapor	400
Pernye	500 - 850
Metakaolin	1000

2. táblázat Puccolánok reakciókapacitása (Mindess et al., 2003)

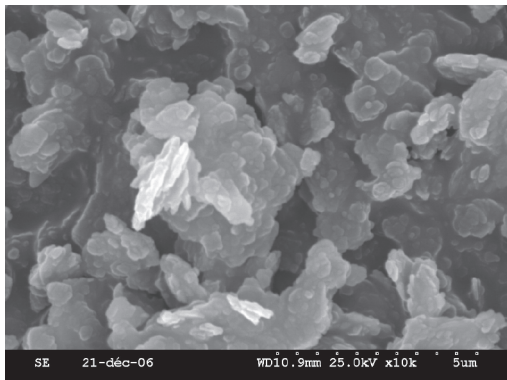
Table 2. Reaction capacity of pozzolans (Mindess et al., 2003)

A 2. táblázatból látszik, hogy azoknak az anyagoknak, amelyek reakcióképes alumíniumot is tartalmaznak, jelentősen nagyobb a kapacitásuk. Ez abból adódik, hogy a CAH kialakulásához nagyobb mennyiségű CH szükséges.

A kísérletek során két puccolános tulajdonságú anyag hatását vizsgáltuk, ezek főbb tulajdonsági kerülnek bemutatásra a következőkben.

2.4 Metakaolin

A kaolin a kerámia és a tűzállóanyag-gyártás nyersanyaga. A metakaolin lehet gyártási melléktermék, például a téglagyártás során az elégtelen égetésből származó veszteség, de előállítható közvetlenül is.



2. ábra Metakaolin 10 000 – szeres nagyításban (chemie.at)
Fig. 2. Metakaolin 10 000x magnification (chemie.at)

A metakaolin gyártása 650-800 °C között történik kaolinit tartalmú agyag kalcinálásával. Fűtés során az agyagásványok viselkedése függ szerkezetüktől, a kristályok méretétől és kristályossági fokuktól. 100 °C felett eltávozik az adszorbeált víz nagy része, míg 500 °C felett a kaolinit bomlani kezd. Korábban úgy vélték, hogy a metakaolin amorf alumínium és szilícium-dioxid keveréke, a vizsgálatok azonban mostanra kimutatták, hogy rendelkezik meghatározott struktúrával. Ennek megfelelően utal a jelenlegi gyakorlat erre az anyagra metakaolinként.

Túlfűtés esetén, ~900 °C-on, a reakció tovább folytatódik, míg a végtermék szabad szilícium-dioxid és mullit lesz (Pera, 2001).

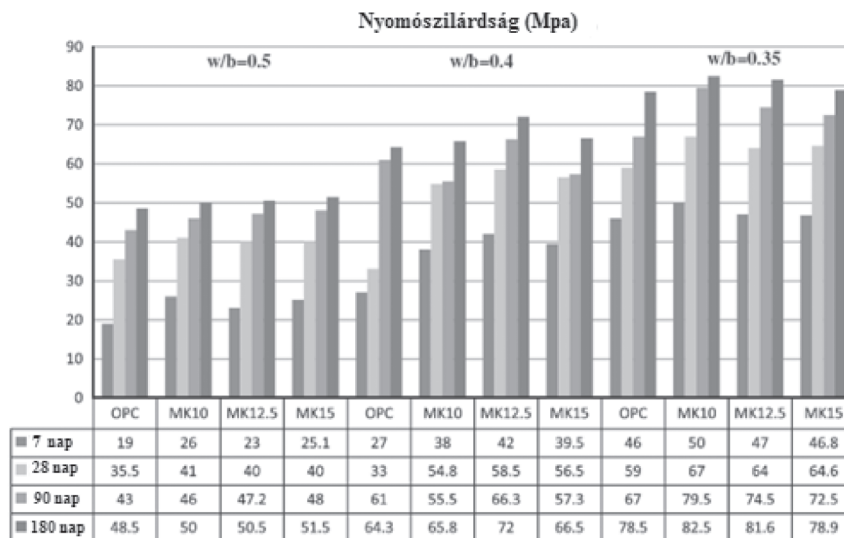
A tulajdonságait jelentősen befolyásolja a nyersanyag minősége, az égetés hőmérséklete és az őrlési eljárás. Színe fehér, szemcséi lemezes alakúak (2. ábra). Átlagos méretük 1-2 mm, fajlagos felülete 15000 m²/kg (Mindess, et al., 2003).

Wild *et al.* (1996) kísérletei alapján, az optimális adagolást a cement tömegére vonatkoztatva 15%-nak állapította meg, míg Poon, *et al.* (2001) eredményei szerint ez 10%. Egy ausztrál ki-mutatás szerint a nyomott szerkezetekhez 5-10%, a kloridion ellenállás biztosításához 10-15%, a kémiai hatásoknak és a ki-virágzásnak ellenálló betonhoz pedig 15-20% az ideális adago-lás (Sydney, 2015). Meg kell említeni, hogy a 10% fölötti adago-lás fagyállósági problémákat okozhat.

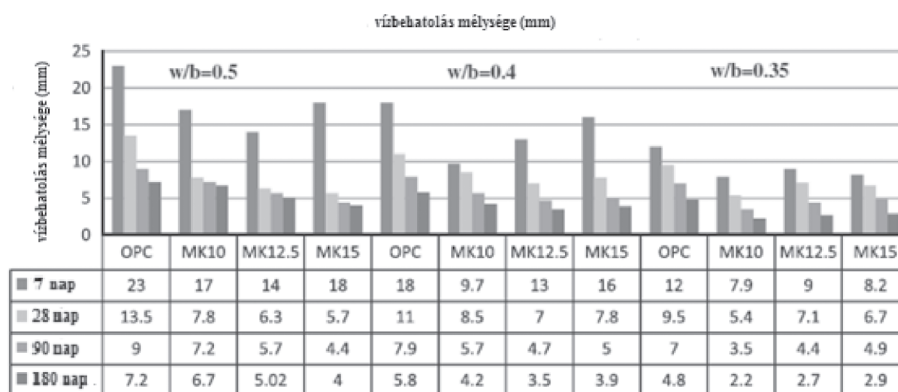
A metakaolin és a szilikapor alkalmazásával tömörebb szerkezetet kapunk, tehát csökken az áteresztőképesség, nő a nyomó-, a húzó- hajlítószilárdság (Siddique, Khan, 2011). Jus-tice és Kurtis (2007) kutatási eredménye is kimutatta, hogy a metakaolin használatával szilárdságnövekedés érhető el: 8% hozzáadásával az első nap 20%-os, 28 napon pedig 40%-os szilárdságnövekedést állapítottak meg a normál betonéhoz képest. A kalcium-szilikátok hidratációja során kialakuló CH kristályokat szinte teljesen eliminálja (Jones *et al.*, 1992; Larbi, Bijen, 1991). Ez egyrészt pozitív jelenség, mivel ahogy már említettük, a CH problémák forrása lehet. Hátránya, hogy a CH mennyiség túlzott csökkenésével a beton pH értéke is jelentősen csökken. Asbridge *et al.* (1994) kísérleteik során megállapították, hogy habár a CH mennyisége jelentősen csökken, a pH nem esik 12,5 alá, amely elegendő az acélbetétek passziválásához.

A metakaolinnal készült beton állaga „krémes”, így könnyeb-ben alakíthatóak ki szép felületek a többi kiegészítőanyaghoz képest és növeli a pumpálhatóságot is. A kohéziója miatt al-kalmas öntömörödő beton készítésére. Fehér színe miatt eszté-tikus világos betont lehet belőle készíteni, amely előny a többi kiegészítőanyaghoz képest (Kurtis, 2011). A metakaolin meg-köti a CH-t, védelmet nyújt a kivirágzás ellen.

A legtöbb kiegészítőanyag hozzájárul jobb beton tulajdon-ságához. Ramezianpour, Bahrami, Jovein (2012) meg-mutatták, hogy a szokványos betonhoz képest a metakaolin hozzáadásával készült beton nyomószilárdsága nagyobb, a szilárdság növekedése a metakaolin tartalom növekedésével line-áris (3. ábra).



3. ábra Metakaolin hatása a nyomószilárdságra eltérő korokban (Ramezianpour *et al.*, 2012)
Fig. 3. Influence of metakaolin on compressive strength at different ages (Ramezianpour *et al.*, 2012)

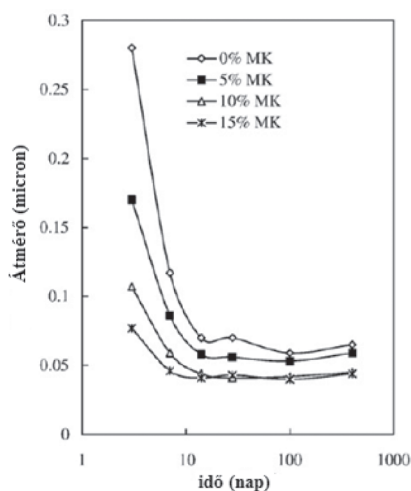


4. ábra Metakaolin hatása a vízzáróságra eltérő korban (Ramezianpour et al, 2012)
Fig. 4. Influence of metakaolin on watertightness at different ages (Ramezianpour et al, 2012)

A metakaolin használata a beton vízzáróságára is kedvezően hat (4. ábra). A vízzáróság növelése fokozza a tartósságot és a korrózióval szembeni ellenálló képességet (Ramezianpour et al., 2012).

A metakaolin puccolános reakciója a hőmérséklet növelésével elősegíthető. A beton kötése hőtermelő folyamat, ami segíti a metakaolin beépülését (Siddique, 2009).

Khatib és Wild (1996) eredményei azt mutatják, hogy a cementpépbe beépülő metakaolin finomítja a pórusszerkezetet, azaz a pórusátmérő csökken (5. ábra). Azt tapasztalták, hogy a 14. nap után a pórusok átmérője tovább nem csökken (Siddique, 2009).



5. ábra Pórusátmérő változása az idő és metakaolin adagolásának függvényében (Khatib, Wild, 1996)

Fig. 5. Change of pore diameter due to metakaolin at different ages (Khatib, Wild, 1996)

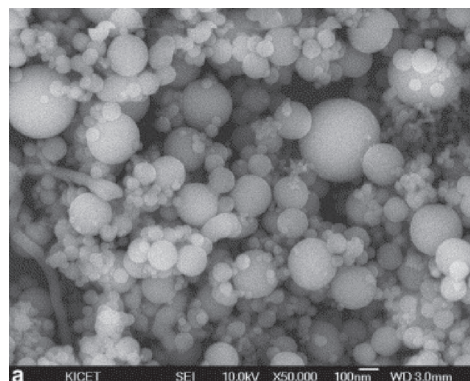
Metakaolin adagolásának növekedésével a húzó- és hajlítószilárdság növekszik. A vizsgálati eredmények azt is mutatják, hogy metakaolin adagolásával a hajlítószilárdság nagyobb mértékben nő, mint a húzószilárdság (Siddique, 2009).

2.5 Szilikapor

A szilikapor a szilícium, ferroszilícium és egyéb fémötvözetek gyártása során keletkező melléktermék (6. ábra), melynek nagy a SiO_2 tartalma. A gyűjtését először 1947-ben kezdték meg Norvégiában az egészségre káros hatásai miatt. Az első szilika-

porral foglalkozó betonszabvány szintén Norvégiában került bevezetésre 1976-ban (Newman, Choo, 2003a). A szilikapor előállítható közvetlenül is. Az így kapott anyag előnye, hogy a minőség állandó, hátránya a gyártás nagy energiaigénye.

A különböző igényeknek megfelelő betonokhoz más mennyiséget javasolnak a cement tömegére vonatkoztatva: normál betonokhoz 4-7%, nagy teljesítőképességű betonokhoz 8-10%, a nagy kémiai ellenállóképesség eléréséhez 10-12%, víz alatti betonozáshoz 10-15% a javasolt (Newman, Choo, 2003a). Fontos kiemelni azonban, hogy 10% fölötti adagolása fagyállósági problémákat okozhat.



6. ábra Szilikapor 50 000-szeres nagyításban (Joa et al., 2005)
Fig. 6. Silica fume in 50 000× magnification (Joa et al., 2005)

A szilikapor adagolásával a betonkeverék kohéziója nő, csökken a szétosztályozódási hajlama, a kivérzése. Alshamsi et al.(1993) kihangsúlyozták, hogy használatával csökken a bedolgozhatóság. Fajlagos felülete nagy, így a keverék vízigénye jelentősen megnő. Khayat és Aitcin (1993) kutatása szerint ahhoz, hogy folyósító adalékszer használata nélkül az azonos összetételű cementbeton konzisztenciáját biztosítsuk, minden 1 kg/m^3 hozzáadott szilikapor után 1 liter/m^3 többlet vizet kellene a keverékhez adagolni. Az ilyen mértékben megnövekedett víz-cement tényező csökkentené a várható szilárdságot, ezért szilikapor használata esetén minden esetben javasolt a szuperfolyósítók használata.

Ramachandran (1996) megállapította, hogy 5-10% szilika-por adagolása nincs hatással a kötési időre, azonban 15% adagolásánál megfigyelte, hogy a kötés kezdete körülbelül 1, míg a kötés vége hozzávetőleg 2 órával tolódott el.

A szilikapor reakcióba lép a cementpépben keletkező szabad mésszel, ezzel tömörebbé teszi a beton szerkezetét minden korban. A porozitás csökkenésével és a létrejövő CSH kristályokkal nő a nyomószilárdság, ezzel együtt a hajlító- és húzószilárdság, valamint nő a vízzáróság is, használatával tartósabb beton hozható létre. A nagy reakcióképesség miatt 1-2 nap után szilárdságnövekedésének tendenciája gyorsabb, mint a normál betoné. Használatának hatására az ITZ (Interfacial Transition Zone) mérete jelentősen csökken vagy akár el is tűnik, ami javítja a cementpép tapadását az adalékanyaghoz és a betonacélhoz (Siddique, Khan, 2011). A szilikapor töltőanyagként is működik.

A nagy szilárdságú és nagy teljesítőképességű betonoktól nem csak a nagy szilárdságot követeljük meg, hanem hogy a környezeti hatásoknak is jól ellenálljanak. Ezek a betonok sok esetben teljesítik a környezeti (kíteti) osztályok (exposure classes) által előírt legszigorúbb követelményeket. A szilikapor tartalmú HPC betonokat főként autópályahidaknál, parkolóházaknál, tengeri szerkezeteknél alkalmazzák (Siddique, Khan, 2011). Ilyen környezetben a beton és a betonacél folyamatosan ki van téve a korrózióveszélynek, a só káros hatásának. A szilikapor használatával jelentősen csökken a beton áteresztőképessége, ezáltal jobban ellenáll a karbonátosodásnak, kémiai károsító hatásoknak.



7. ábra A Kinzua gát, Pennsylvania, USA(Elkem)
Fig. 7. Kinzua dam, Pennsylvania, USA(Elkem)

A szilikapor adagolása nagymértékben növeli a beton kopással szembeni ellenállását. Az egyik legérdekesebb példa a kopatathatás okozta károsodásra a 7. ábra által bemutatott Kinzua gát. Az üzembe helyezés után mindössze hat évvel már szükség volt az első felújításra, ekkor acélszálakkal erősített betont használtak erősítő réteggént. Azonban ez sem bizonyult tartós megoldásnak, tíz évvel később ismét beavatkozásra volt szükség.

ség. Ekkor a szilikapor tartalmú betont alkalmazták, amely megfelelően tartósnak bizonyult.

Az idő előrehaladtával a hidráttermékek elkezdik feltölteni a hézagokat, ennek ellenére azonban az ITZ - t megnövekedett porozitás fogja jellemezni. Jelenlétének a következménye, hogy a beton nyomószilárdsága kisebb, mint önmagában a cementé vagy az adalékanyagé (Mehta, Monteiro, 2006; Mindess *et al.*, 2003).

Javítások során a régi és az új betonréteg közötti jó tapadás nagy előnyt jelent. A megnövekedett tapadás csökkenti a kimosódást a pillérek, vízzel érintkező felületek megerősítése során. A csökkent áteresztőképesség miatt nő a fagyási és a kémiai hatásokkal szembeni elleni ellenállás (Morgan, Wolsiefer, 1991).

A szilikapor és az acélszálak együttes alkalmazásával a repedések csökkentése és a szívósság növelése lényeges.

A szilikapor tartalmú löttbeton használatára az egyik kiváló példa a budapesti M4 metró és a Gotthárd-alagút építése.

Jövőbeli kutatásokat igényel a roncsolásmentes jellemzők (Szilágyi, Borosnyói, 2009) vizsgálata kiegészítőanyagok alkalmazása esetén.

3. Kísérleti terv

A kísérlet célja a szilikapor, a metakaolin és a mészköliszt adagolás hatásának elemzése a szokványos és öntömörödő betonokra, mind a frissbetonra, mind a megszilárdult betonra.

A kísérletek során 39 különböző receptúrát használtunk, a keverések fele szokványos, fele öntömörödő beton volt. A 18-18 keverést hármas csoportokra bontva készültek etalonok, szilikapor és metakaolint tartalmazó próbatestek.

A vizsgálatok során a következő állandó paramétereket alkalmaztuk:

- az adalékanyag szemmegoszlása,
- az adagolt víz mennyisége (180 l/m^3),
- a cement típusa,
- 10 m% szilikapor és metakaolin.

A kísérletek változó paraméterei:

- a cement mennyisége (300, 320, 340, 360, 380, 400 és 420 kg/m^3),
- az adagolt szilikapor és metakaolin mennyisége (a cementtartalom tömegének függvényében 30, 32, 36, 38, 40 és 42 kg/m^3),
- a víz-cement tényező (0,60 - 0,56 - 0,53 - 0,50 - 0,47 - 0,45 - 0,429).

A kísérletek célja:

- A különböző cementtartalmú, de állandó víztartalmú szokványos és öntömörödő betonok esetén, hogyan változnak a friss és a megszilárdult betonok tulajdonságai metakaolin és szilikapor adagolása esetén a nagy fajlagos felületük miatt.
- Összehasonlítani a metakaolin hatását a szilikapor hatásával.

Az irodalom alapján a cement tömegére vonatkoztatott 10%-os adagolás mellett vizsgáltuk a szilikapor és a metakaolin hatását.

A laboratóriumi vizsgálatok eredményeit cikksorozatunk második részében ismertetjük.

A jelen, két részes cikksorozat laboratóriumi háttérül szolgáló kísérletek elsődleges célja az volt, hogy különböző betonreceptúrák összeállításával megvizsgálja a mészköliszt, a

szilikapor és a metakaolin kiegészítőanyag hatását a friss, valamint a megszilárdult normál betonok és öntömörödő betonok tulajdonságaira, továbbá a szilárdulás folyamatára szokványos és öntömörödő betonok esetében is.

4. Köszönetnyilvánítás

A szerző köszönetet mond az Országos Tudományos Kutatási Alap támogatásáért (OTKA K 109223).

Külön köszönet illeti Mogyorósi Zsuzsát, Szántó Juditot, Eipl Andrást, Molnár Pétert és Takács Krisztiánt, a fáradságot és időt nem kímélő laboratóriumi munkájukért.

Felhasznált irodalom

- [1] Alshamsi, A. M. – Sabouni, A. R. – Bushlaibi, A. H. (1993): Influence of set-retarding superplasticisers and microsilica on setting times of pastes at various temperatures. *Cement and Concrete Research*, Vol. 23, No. 3, pp. 592-598. [http://dx.doi.org/10.1016/0008-8846\(93\)90009-X](http://dx.doi.org/10.1016/0008-8846(93)90009-X)
- [2] Asbridge, A. H. – Walters, G. V. – Jones, T. R. (1994): Ternary blended concretes-OPC/ggbs/metakaolin. *Proc. Int. Sym. Concrete across borders*, Denmark. 1994.
- [3] BASF: Tervezési segédlet öntömörödő beton készítéséhez Glenium® adalékszerekkel. *BASF Építőkémi Hungária Kft.*
- [4] Chandra, S. (1997): Waste Materials Used in Concrete Manufacturing. *Noyes Publication*, Göteborg. 1997.
- [5] chemie.at. <http://www.chemie.at/WebKatalog.aspx?se=category&id=26>. (2015.02.01.)
- [6] Elkem. <http://www.concrete.elkem.com/dav/38b6b593db.pdf>. (2015.02.01.)
- [7] Joa, B.-W. – Kima, C.-H. – Taeb, G.-h. – Parka, J.-B. (2007): Characteristics of cement mortar with nano-SiO₂ particles. *Construction and Building Materials*, Vol. 21, No. 6, pp. 1351-1355. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2005.12.020>
- [8] Jones, T. R. – Walters, G. V. – Kostuch, J. A. (1992): Role of metakaolin in suppressing asr in concrete containing reactive aggregate and exposed to NaCl solution. *Proc. Int. Conf. on AAR*, London. 1992.
- [9] Justice, J. M. – Kurtis, K. (2007): Influence of Metakaolin Surface Area on Properties of Cement-based Materials. *ASCE Journal of Materials in Civil Engineering*, Vol. 19, No. 9, pp. 762-771. [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)0899-1561\(2007\)19:9\(762\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0899-1561(2007)19:9(762))
- [10] Khayat, K. H. – Aitcin, P. C. (1993): Silica fume: a unique supplementary cementitious material. *Mineral Admixtures in Cement and Concrete*, Vol. 4.
- [11] Kurtis, K. E. (2011): Benefits of Metakaolin in HPC. *HPC Bridge Views*, Vol. 67.
- [12] Larbi, J. A. – Bijen, J. M. (1991): The role of silica fume and metakaolin in the Portland cement paste-aggregate interfacial zone in relation to the strength of mortars. *PhD értekezés*, Delft University.
- [13] Mehta, P. K. – Monteiro, P. J. M. (2006): Concrete - Microstructure, Properties, and Materials. 3. kiadás. *McGraw Hill, USA*.
- [14] Mindess, S. – Young, J. F. – Darwin, D. (2003): Concrete. *Pearson Education*, Upper Saddle River, New Jersey. 2003.
- [15] Morgan, D. R. – Wolsiefer, J. T. (1991): Silica fume in shotcrete. *CANMET/ACI International Workshop on the use of Silica in Concrete*, Washington. 1991.
- [16] Nehme, S. G. (2004): A beton porozitása. *PhD értekezés*, BME.
- [17] Neville, A. M. (2002): Properties of concrete. 4th Edition. *Pearson Education*, Harlow, England. 2002.
- [18] Newchem. http://catalogue.newchem.org/hungary/Up_files%5CTDS%20Metaver%20N-hu.pdf. (2015.02.01.)
- [19] Newman, J. – Choo, B. S. (2003): Advanced Concrete Technology 3 - Processes. *Elsevier*, Oxford. 2003
- [20] Novák, D. – Novák E. (2009): Slagstar 42,5N C3A-mentes új speciális cementfajta az agresszív kémiai korrózió ellen. *Vasbetonépítés*, 2009/3 XI. évfolyam, 3. szám
- [21] Pera, J. (2001): Metakaolin and calcined clays, *Cement and Concrete Composites*, Vol. 23, No. 6, pp. iii [http://dx.doi.org/10.1016/S0958-9465\(00\)00098-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0958-9465(00)00098-6)
- [22] Poon, C. S. – Lam, L. – Kou, S. C. – Wong, Y. L. – Wong, R. (2001): Rate of pozzolanic reaction of metakaolin in high-performance cement pastes. *Cement and Concrete Research*, Vol. 31, No. 9, pp. 1301-1306. [http://dx.doi.org/10.1016/S0008-8846\(01\)00581-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0008-8846(01)00581-6)
- [23] Ramachandran, V. S. (1996) Mineral admixtures. *Noyes Publications*, USA.
- [24] Riesz, L. (1989): Cement- és mészgyártási kézikönyv. Építésügyi Tájékoztatói Központ, Budapest.
- [25] Scrivener, K. L. – Nemat, K. M. (1996): The Percolation of Pore Space in the Cement Paste/Aggregate Interfacial Zone of Concrete. *Cement and Concrete Research*, Vol. 26, No. 1, pp. 35-40. [http://dx.doi.org/10.1016/0008-8846\(95\)00185-9](http://dx.doi.org/10.1016/0008-8846(95)00185-9)
- [26] Siddique, R. – Khan, M. I. (2011): Supplementary Cementing Materials. *Springer - Verlag*, Berlin.
- [27] Siddique, R. (2008): Waste Materials and By-Products in Concrete. *Springer - Verlag*, Berlin.
- [28] Sika. <http://hucon.webdms.sika.com/files/show.do?documentID=637>. (2015.02.01.)
- [29] Sydney_Construction_Materials. http://www.sydneyconstructionmaterials.com.au/mk_pozzolan.html. (2015.02.01.)
- [30] Szilágyi, K. – Borosnyói, A. (2009): 50 years of experience with the Schmidt rebound hammer, *Concrete Structures*, Vol. 10, pp. 46-56.
- [31] Wild, S. – Khatib, J. M. – Jones, A. (1996): Relative strength, pozzolanic activity and cement hydration in superplasticised metakaolin concrete. *Cement and Concrete Research*, Vol. 26, No. 10, pp. 1537-1544. [http://dx.doi.org/10.1016/0008-8846\(96\)00148-2](http://dx.doi.org/10.1016/0008-8846(96)00148-2)

Ref.:

Nehme, Salem G.: Kiegészítőanyagok hatása a szokványos és az öntömörödő betonokra.

1. rész. Szakirodalmi áttekintés

Építőanyag – Journal of Silicate Based and Composite Materials, Vol. 67, No. 1 (2015), 28–33. p.

<http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2015.6>



TUD COST Action TU1404
Towards the next generation of standards
for service life of cement-based materials and structures



Cement-based materials (CBM) are the foremost construction materials worldwide. Therefore, there are widely accepted standards for their structural applications. However, for service life designs, current approaches largely depend on CBM strength class and restrictions on CBM constituents. Consequently, the service life behaviour of CBM structures is still analysed with insufficiently rigorous approaches that are based on outdated scientific knowledge, particularly regarding the cumulative behaviour since early ages. This results in partial client satisfaction at the completion stage, increased maintenance/repair costs from early ages, and reduced service life of structures, with consequential economic/sustainability impacts. Despite significant research advances that have been achieved in the last decade in testing and simulation of CBM and thereby predicting their service life performance, there have been no generalized European-funded Actions to assure their incorporation in standards available to designers/contractors. Therefore, the main purpose of this Action is to bring together relevant stakeholders (experimental and numerical researchers, standardization offices, manufacturers, designers, contractors, owners and authorities) in order to accelerate knowledge transfer in the form of new guidelines/recommendations, introduce new products and technologies to the market, and promote international and inter-speciality exchange of new information, creating avenues for new developments.

www.tu1404.eu/

<http://www.cost.eu>

„Erőműi pernye hasznosítása” szakmai nap a miskolci egyetemen

2015. március 3-án került megrendezésre az „Erőműi pernye hasznosítása” c. szakmai nap a Miskolci Egyetemen, ahol a Szerzők a nemzetközi érdeklődés miatt angol nyelvű előadásokat tartottak.

Köztudott, hogy világviszonylatban jelentős mennyiségű erőműi pernye (800 millió tonna) keletkezik évente, amely hasznosítása a megfelelő technológiák alkalmazásával, továbbfejlesztésével megoldható.

A rendezvény jó lehetőséget biztosított a területen működő cégek (cementgyárak, betonüzemek, minősítő szervezetek) és a kutatás – fejlesztés szakembereinek az eszmecseréjére.

A rendezvény programja az alábbi volt:

- Sanjay Kumar (CSIR – NML, India):
Unfolding the potential of mechanical activation for fly ash geopolymers
- Borosnyói Adorján (BME, Budapest):
Performance of low- and medium strength concretes with fly ash substitution
- Mucsi Gábor, Molnár Zoltán (ME, Miskolc):
Utilization of landfilled fly ash by tailoring its reactivity in stirred media mill

A tudományos előadásokat egy laboratóriumi látogatás követte, amelyen a résztvevők megtekinthették a jól felszerelt kari laboratóriumokat. A rendezvényen elhangzott információk rávilágítottak arra, hogy milyen nagy szükség van a tématerületen dolgozó mérnökökre (cementgyárak, betonüzemek, hulladék-előkészítőművek) nemcsak hazánkban, hanem világszerte.

A rendezvény szervezői voltak a Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Kara, Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézete, a MTA X. Földtudományi Osztály, Bányászati Tudományos Bizottsága, a BTB Bányászati, Geotechnikai és Nyersanyagelőkészítési Albizottsága, a MTA-MAB Bányászati, Föld- és Környezettudományi Szakbizottsága valamint a Szilikáti Tudományos Egyesület Cement és Beton szakosztálya.

„Utilization of power plant fly ash” scientific day at the University of Miskolc

“Utilization of power plant fly ash” Scientific Day was organized at the University Miskolc on 3rd March 2015.

It is well known that huge amount of coal combustion by-product (CCB) is generated worldwide in power plants (about 800 million t/year) which can be utilized as a valuable raw material in several industrial fields (cement, concrete, ceramics) using an appropriate technology. The meeting was a good opportunity for researchers and representatives of companies to discuss about fly ash related questions.

The scientific program was as follows:

- Sanjay Kumar (CSIR-NML, India):
Unfolding the potential of mechanical activation for fly ash geopolymers
- Adorján Borosnyói (BME, Hungary):
Performance of low- and medium strength concretes with fly ash substitution
- Gábor Mucsi, Zoltán Molnár (ME, Hungary):
Utilization of landfilled fly ash by tailoring its reactivity in stirred media mill

The scientific program was followed by a laboratory visit where colleagues could see the well-equipped laboratories of the Faculty.

The organizers of the meeting were as follows: Faculty of Earth Science and Engineering, Institute of Raw Material Preparation and Environmental Processing, University of Miskolc, Mining Geotechnical and Raw Material Preparation Subcommittee of the Hungarian Academy of Sciences, the Scientific Committee of Mining, the Committee of Mining, Earth- and Environmental Sciences and the Cement and Concrete Divisions of the Scientific Society of the Silicate Industry.





Prof. Dr. Opoczky Ludmilla

| 1933–2014

Megrendülten tudatjuk olvasóinkkal, hogy Prof. Dr. Opoczky Ludmilla a Cementipari Kutató-fejlesztő Kft. alapítója, korábbi ügyvezetője, tudományos igazgatója elhunyt.

Színes szakmai életét, munkásságát vegyész-mérnöki diplomával alapozta meg Moszkvában. Majd Magyarorszá-

gon folytatva életét 1969-ben az MTA kémia tudományok kandidátusa lett, 1983-ban kiérdemelte a kémia tudományok doktora címét, majd 1986-ban a Veszprémi Egyetem címzetes egyetemi tanára lett. 1958-tól egészen 1991-ig a Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézetben (SZIKKTI) dolgozott, majd az ő kezdeményezésére a Magyar Cementipari Társaságok a SZIKKTI Cementkutató Osztály bázisán megalapították a Cementipari Kutató-fejlesztő Kft.-t (CEMKUT Kft.), melynek 1991-1994 között ügyvezetője, majd tudományos igazgatója lett. Később, amíg egészsége engedte tudományos tanácsadóként segítette a CEKKUT Kft. munkáját.

Közel fél évszázados kutatói tevékenysége során számos cement-kémiai- és technológiai kérdéssel foglalkozott alap, alkalmazott és műszaki fejlesztési szinten. Legjelentősebb, nemzetközileg is széles körben ismert tudományos eredményei a finomörlést kísérő fizikai-kémiai és mechanokémiai jelenségek és a részecske-kölcsönhatás tanulmányozása, az aggregáció, agglomeráció értelmezése, valamint a felületaktív anyagok örléstechnikai jelentőségének felismerése, hatás-mechanizmusának tisztázása. Kiemelten foglalkozott a cementipart érintő örlélméleti és örléstechnikai kérdésekkel. További fontosabb kutatási témái voltak a cementgyártás CO₂ emissziójának csökken-

tésére irányuló komplex kutatások, ezen belül is elsősorban az alternatív anyagok cementipari hasznosítása, valamint a környezetbarát többkomponensű cementek fejlesztése. Emellett különleges tulajdonságokkal rendelkező cementeket is fejlesztett speciális felhasználási célokra. Kutatási eredményei megalapozták a mesterséges eredetű cement-kötésszabályozó anyagok felhasználását és a kromátszegény, ill. kromátszökkentett cement előállítását a hazai cementiparban.

Számos elismerést kapott: az MTA Nívódíját 1991-ben, Eötvös Loránd-díjat 1998-ban, Szilikátipari Emlékérmét 2000-ben, Magyar Cementiparért Kitüntetést 2003-ban, ugyanebben az évben Pro Facultate Rerum Metallicarum emlékérmét. Fáradhatatlan szakmai közösségi munkájának része volt az MTA Szilikátkémiai Munkabizottsági elnöki tisztsége 1983-1995 között, 1995-től az MTA Anyagtudományi és Szilikátkémiai Munkabizottságának, 2005-től az MTA Műszaki Kémiai Komplex Bizottságának tagja volt. A Szilikátipari Tudományos Egyesület (SZTE) örökös tagja, az *Építőanyag* folyóirat szerkesztőbizottságának tagja volt.

Tevékenysége korszakalkotó volt a cementipar történetében, egy egész szakma, iparág fejlődését határozta meg. Érdeklődő, újdonságokra nyitott szakember volt, aki méltón és felelősséggel vitte tovább mindazt, amit elődei, tanítói és tanárai megtanítottak számára. Akik kinyitották számára azt a kaput, amin ő belépett, és saját kezdeményezésével, tudásával, éleslátásával, mestereinek tanítását alkalmazva újat alkotott. Bátran, kísérletezően, nyitottan az újra, így felbecsülhetetlen az a tudás és tapasztalat, ami a szinte utolsó pillanatig dolgozó évtizedek során felhalmozódott. Szakmai tevékenysége mellett elhivatottsága, embersége, bölcsessége és kitartása is méltó példaképpé emeli.

Megőrizzük Opoczky Ludmilla professzor asszony emlékét.

KÖNYVAJÁNLÓ • BOOK REVIEW

Svoboda Vilmos

A ZSOLNAY GYÁR IPARKRÓNIKÁJA

Dr. Svoboda Vilmos nagyon figyelemreméltó könyvet írt: a Zsolnay gyár iparkrónikája a hazai ipari innováció egyik igen karakteres története. Műve szakértői megítélés szerint is hiánypótló, mivel mérnöki szemlélettel, még inkább az ott végzett sok évtizedes mérnöki munka adta kivételes helyismerettel és rálátással korábban senki sem írta meg a gyár ipartörténetét. Az irodalomban a legtöbb esetben a művészeti értékű műtárgyak, vagy a gyáralapító munkásságának áttekintése kapcsán esik szó róla.

Svoboda egészen kivételes alapról indulva alkotta meg e krónikát: „egyrészt a fellelhető műszaki dokumentációt rejtő dokumentumok átvizsgálásával”, másrészt azzal a tudással, amelyet a Zsolnay gyárban eltöltött, összesen 37 éves szilikátipari és műszaki fejlesztési mérnöki pályakörrel tett szakmailag széleskörűvé és megbízhatóvá. Könyvét olvasva, arra gondolunk: bár-csak a régi, jól megérdemelt dicsőségünk más zászlóshajóiról, Európa- vagy épp világhírű gyárainkról is készülné ilyen értékmentő összefoglalás. Orion, MOM, Gamma, Tungsram, Ganz-művek, Telefongyár, Standard és mások – van mire emlékezni.

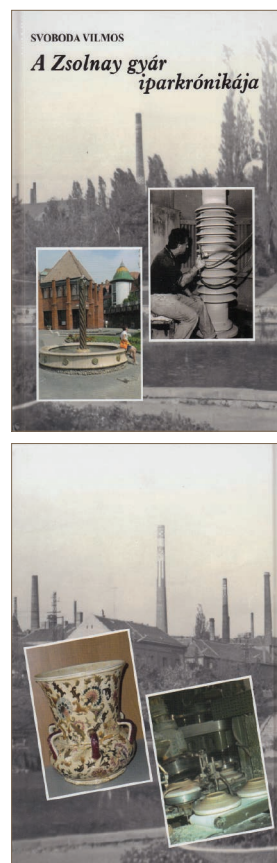
A Zsolnay gyár tevékenysége a honi ipari innováció egyik nagy vonulata. Iparunk első, és mindmáig legsikeresebb fellendülésével indult, s ama felettébb kevesek egyike, amelyekre majd 150 év óta büszkék lehetünk, és neve ma is fennen ragyog a világ legjobbjai között a művészi a porcelán-disztárgy készítésben. Már honi lexikonjaink öregapja, a Pallas is terjedelmes szócikket szentel Zsolnay Vilmosnak, a „hírneves műiparosnak” és gyárának. A Pallas az innováció fogalmát ugyan nem ismerhette, ám kiemeli, hogy a gyárat Zsolnay sikeres újítási tettekként naggyá. Amint írja, a gyár „egészen önálló és új irányt követett. 1873-ban a bécsi kiállításon gyártmányai nagy feltűnést keltettek és Zsolnay Vilmos, az alapító-vezető a Ferenc József-rend lovagkeresztjét kapta. Az 1878-as Párizsi Világkiállításon pedig valódi diadalt aratott, a nagy arany-érmét és a becsületrendet kapta.” A Zsolnay porcelán azóta

is, ma is az ipari teljesítmény csodája, amelynek előállítását és egyre újabb szépségekké fejlesztését a magasszínvonalú technika teszi lehetővé. Sajátos honi viszonyainkban a Zsolnay-gyár is megjárta a maga pokkait, de disztárgyainak diadalútja töretlen: világhír, díjak és a gyűjtők odaadó lelkesedése kíséri, a gyárat pedig még az Encyclopaedia Britannica legújabb kiadása is megemlíti. Amint e könyvből is megtudhatjuk, a tündéri szépséggé égetett anyag csillogó művészete csupán az egyik – természetesen az igazán látványos és szépségével ellenállhatatlanul vonzó – termékvonala a gyárnak, más, igen fontos termékcsaládok mellett. Svoboda bemutatja a durvakerámiai samottos termékcsaládokat (samott, kőagyag, pyrogránit vegyipari és építészeti felhasználású termékeket), valamint a finomkerámiai gyártmánycsaládokat, amelyek között a porcelánedények és disztárgyak mellett ott vannak a technikai- és az elektrotechnikai porcelánok, valamint a fal- és padló-burkolólapok is.

Innováció: amint olvashatjuk: „Zsolnay Vilmos és leszármazottainak iparpolitikája tanulságos lehet a gyári szerkezetátalakítások tekintetében. Zsolnay Vilmos iparteremtő képessége az, amely őt a XIX. században Pécs legnagyobb iparosai sorába emelte.” A könyv hosszan sorolja iparfejlesztéseinek súlyponti elemeit, amelyek a gyárat elindították valódi nagyság útján, s amelyeket utódai továbbvittek. Így született a fémmázaz kerámiagyártás is – az eozinmáz, Zsolnay ragyogó, máig sikeres innovációja a kiemelkedő tudós Wartha Vince közreműködésével.

E krónikában egy gyári magaskultúra tökéletes ismerete és elkötelezett tisztelete találkozik egy mérnök alaposságával és precizitásával, s mindezt 200 kép gazdagítja – ez teszi igazán hasznos, jó olvashatóvá.

Dr. Osman Péter





Dr. Zsigovics István

| 1949–2015

Szomorúan tudatjuk olvasóinkkal, hogy Dr. Zsigovics István címzetes egyetemi docens, a Szilikátipari Tudományos Egyesület (SZTE) Beton Szakosztályának tagja elhunyt.

Zsigovics István Iváncson született, 1949. december 12-én. Tanulmányait a Kölcsey Ferenc Gimnáziumban kezdte Kőrmenden, majd ezt követően a Pollack Mihály Építőipari Technikumban Pécsen építőipari technikus oklevelet szerzett. A Műegyetem Építőmérnöki Karára 1970-ben jelentkezett. Építőmérnöki oklevele megszerzését követően, 1975-ben tudományos segédmunkatársként helyezkedett el a BME Építőanyagok Tanszékén, majd tudományos munkatárs, később egyetemi adjunktus lett. Nyugállományba vonulásakor a BME Építőmérnöki Kar dékánja címzetes egyetemi docenssé nevezte ki. Műszaki doktori címét 1984-ben szerezte meg *A próbatest-alak és -méret hatása a beton nyomószilárdságára* című értekezésével. PhD fokozatát 2003-ban szerezte meg *Öntömörödő beton* című értekezésével. Az öntömörödő betonok tervezésének és alkalmazásának egyik magyarországi úttörője volt.

A műegyetemi építőmérnök oktatásban mintegy 40 éves oktatói gyakorlatot szerzett előadások és laborgyakorlatok vezetésében és előkészítésében. Kezdetektől fogva jelentős részt vállalt a tanszéki kutatómunkában, mérési eljárások, eszközök kifejlesztésében és legyártatásában. Részt vett nagy kihívást jelentő ipari létesítmények betontechnológiájának kidolgozásában, ellenőrzésében és minőségellenőrzési feladatok ellátásában, ahol jelentős ipari kapcsolatokra tett szert, és utat nyitott helyszíni laborvizsgálatok számára, és technológiai művezetésére Balázs György professzor úr támogatásával. Az így szerzett tudás vezetett oda, hogy sikeresen fel tudta építeni a *Betontechnológia*, valamint a *Szigetelés és Betontechnológia* tantárgyakat. Angol nyelven társelőadó volt a *Concrete Technology and Insulations* c. tantárgyban. Hangsúlyozta

a tudományos háttér fontosságát a sikeres technológiai alkalmazásokban. Laborvezetőként irányította, szervezte a laboratórium, később a tanszék átalakítását, felújítását.

Öt évig dolgozott a kollégiumban nevelőtanárként, és munkája elismeréseként 1980-ban Tiszteletbeli Kollégista címet adományoztak neki a hallgatók. Két alkalommal vezetett három hetes külföldi termelési gyakorlatot Tallinnban és Budapesten. Segítette Nguyen Huu Than kandidátusi értekezéséhez végzett kutatómunkáját. Témavezetője volt Szilágyi Katalin doktorandusznak. Számos hallgatónak segített TDK munkájában, diplomamunkájában. A Tanszék diplomafelelőse volt. Számos hallgatónak segített anyagi helyzetén azzal, hogy bevonta őket kutatás-fejlesztési és KK munkákba. Az egyesületi tagságok mellett jelentős részt vállalt az ipar számára betontechnológiai előadásokkal a technológiai színvonal fejlesztésében, a technológiai kultúra megalapozásában.

Főbb kutatási területei, szakmai érdeklődési köre: betontechnológia, betonkutatás, laboratóriumi anyagvizsgálat, vasbeton szerkezetek védelme és javítása, műanyagyszerkezetek, beton törési, tönkremeneteli folyamata, vasbeton szerkezetek diagnosztikája, roncsolásmentes vizsgálatok, ipari padlók technológiája, beton térburkolatok technológiája, öntömörödő betonok, látszóbetonok, sugárvédő betonok, tömegbetonok, esztrich betonok, vízzáró betonok, vasbeton- és beton előregyártás, nagyszilárdságú, nagy teljesítőképességű betonok, UHPC betonok fejlesztése, tervezése.

Szerzője/társszerzője 51 tudományos közleménynek, (ezek közül 6 könyv/könyvrészlet), amelyből 21 lektorált folyóiratcikk, 50 tudományos előadást tartott), 3 szabadalma van.

Számos szakmai, közéleti szervezet aktív tagja volt, többek között az IASS WORKING GROUP 18 ECS (1999-2003), az MTA Építéstudományi Bizottság Építőanyagok, Építéskémia Albizottság (1991-1993), a Szilikátipari Tudományos Egyesület Beton szakosztályának tagja (1980-tól), az Esztrich és Ipari Padló Egyesület tagja (2005-től), a fib Magyar Tagozat tagja (2006-től).

Emlékezetünkben megőrizzük Dr. Zsigovics István emlékét.



...DELIVERS EFFICIENCY, BEAUTY, SAVINGS AND MORE.

Self-consolidating concrete, also known as self-compacting concrete (SCC), is a highly flowable, non-segregating concrete that spreads into place, fills formwork, and encapsulates even the most congested reinforcement, all without any mechanical vibration. It is defined as a concrete mix that can be placed purely by means of its own weight, with little or no vibration. As a high-performance concrete, SCC delivers these attractive benefits while maintaining all of concrete's customary mechanical and durability characteristics. Adjustments to traditional mix designs and the use of superplasticizers creates flowing concrete that meets tough performance requirements. If needed, low dosages of viscosity modifier can eliminate unwanted bleeding and segregation.

Since its inception in the 1980s, the use of SCC has grown tremendously. The development of high performance polycarboxylate polymers and viscosity modifiers have made it possible to create "flowing" concrete without compromising durability, cohesiveness, or compressive strength. The flowability of SCC is measured in terms of spread when using a modified version of the slump test (ASTM C 143). The spread (slump flow) of SCC typically ranges from 18 to 32 inches (455 to 810 mm) depending on the requirements for the project. The viscosity, as visually observed by the rate at which concrete spreads, is an important characteristic of plastic SCC and can be controlled when designing the mix to suit the type of application being constructed.

WWW.SELFCONSOLIDATINGCONCRETE.ORG

GUIDELINE FOR AUTHORS

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. References should be provided together with the DOI if available.

Examples:

Journals:

[6] Mohamed, K. R. – El-Rashidy, Z. M. – Salama, A. A.: In vitro properties of nano-hydroxyapatite/chitosan biocomposites. *Ceramics International*. 37(8), December 2011, pp. 3265–3271, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ceramint.2011.05.121>

Books:

[6] Mehta, P. K. – Monteiro, P. J. M.: Concrete. Microstructure, properties, and materials. *McGraw-Hill*, 2006, 659 p.

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.**

Authors are asked to submit color figures by submission. Black and white figures are suggested to be avoided, however, acceptable.

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 epitoanyag@szte.org.hu or by post: Scientific Society of the Silicate Industry, Budapest, Bécsi út 122–124., H-1034, HUNGARY

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

Copyright

Authors must sign the Copyright Transfer Agreement before the paper is published. The Copyright Transfer Agreement enables SZTE to protect the copyrighted material for the authors, but does not relinquish the author's proprietary rights. Authors are responsible for obtaining permission to reproduce any figure for which copyright exists from the copyright holder.

Építőanyag – *Journal of Silicate Based and Composite Materials* allows authors to make copies of their published papers in institutional or open access repositories (where Creative Commons Licence Attribution-NonCommercial, CC BY-NC applies) either with:

- placing a link to the PDF file at **Építőanyag** – *Journal of Silicate Based and Composite Materials* homepage or
- placing the PDF file of the final print.



Építőanyag – *Journal of Silicate Based and Composite Materials*, Quarterly peer-reviewed periodical of the Hungarian Scientific Society of the Silicate Industry, SZTE.
<http://epitoanyag.org.hu>

think
harder.
concrete™



What is think harder?

It is often said that the benefits of concrete speak for themselves. If that were true, there'd be a whole lot more concrete.

It's time to add our voice. ■ It's time to share the facts. ■ It's time to think harder.

That's not just a challenge to concrete consumers; it's a challenge to our industry as well. And we take it seriously. By truly thinking harder about the impact of the materials you use for roads, buildings, or infrastructure projects, you'll find that durable, sustainable, and economical concrete is almost always the right choice.