

A TARTALOMBÓL:

- A vályogépítés életciklusainak rövid bemutatása
- Y-Ba-Cu-O bázisú szupravezetőknél a ZrO_2 égetési segédeszközök alkalmazhatóságának vizsgálata
- Controlling the structure and morphology of ZnS nanoparticles by manipulating the temperature
- Polymer derived ceramic foams with additional strut porosity
- Buildings and climate change: impacts on roofs and vulnerability to wind storms
- A szubmikronos száraz keverőmalmi őrlés lehetőségei és problémái, 2. rész
- Alkáli aktivált szervesetlen polimerek, mint a kötőanyagok újabb generációja



Sika-100 év

az építőipar
szolgálatában



Sika – komplex vízszigetelési megoldások az alapoktól a tetőig

A Sika konzern az elmúlt 100 évben olyan megoldásokat fejlesztett ki, amelyek megvalósíthatóvá tették a jövőorientált, kiváló minőségű építkezést, optimalizálták az ügyfelek eljárásait és csökkentették a költségeket. A globális referenciákon, valamint a folyamatos fejlesztéseken alapuló szakmai háttér következtében Ön átfogó, komplex megoldást kap a vízszigetelés területén is, legyen szó lemezes tetőszigetelésről, mélyépítési membránokról, rugalmas, kent szigetelésekről, vízzáró fugaszalagokról, vagy akár a vízzáró betonok receptúráiról.



Sika Hungária Kft.

1117 Budapest, Prielle Kornélia u. 6.

Tel.: (+361)3712020 Fax: (+361)3712022

E-mail: info@hu.sika.com, www.sika.hu



Innovation & Consistency | since 1910

TARTALOM

- 42 A vályogépítés életciklusainak rövid bemutatása
O. CSICSELY Ágnes
- 48 Y-Ba-Cu-O bázisú szupravetetőknél a ZrO₂ égetési segédeszközök alkalmazhatóságának vizsgálata
NÉMETH Dóra ■ ENISZRNÉ BÓDOGH Margit
- 52 Cink-szulfid nanorészecskék szerkezetének és morfológiájának szabályozása a hőmérsékletprofil változtatásával
Chan Gi LEE ■ Yusuke NAKAMURA ■ Hiroyuki NAKAMURA ■ Masato UEHARA ■ Hideaki MAEDA
- 56 Folyóiratszemple
- 57 Polimer alapú, növelt porozitású kerámia habok
Verena RESCHKE ■ Alexandra LASKOWSKY ■ Mathias KAPPA ■ Kaishi WANG ■ Rajendra K. BORDIA ■ Michael SCHEFFLER
- 62 Klímaváltozás és az épületeink: a tetőt érő hatások és a széllal szembeni sérülékenységek
HORVÁTH Sára Erzsébet ■ PÁLVÖLGYI Tamás
- 66 Egyesületi és szakhírek
- 68 A szubmikronos száraz keverőmalma őrlés lehetőségei és problémái, 2. rész
RÁCZ Ádám
- 72 A tartósság 100 éve
ASZTALOS István
- 74 Alkáli aktivált szervesetlen polimerek, mint a kötőanyagok újabb generációja
ZÁKÁNY Ildikó ■ KORIM Tamás
- 77 Az SZTE XXXIV. Küldöttgyűlése
- 79 Egyesületi és szakhírek

CONTENT

- 42 Short presentation of life cycle of earth construction
Ágnes O. CSICSELY
- 48 Thermal interactions between the Y-Ba-Cu-O based superconductors and ZrO₂ substrates
Dóra NÉMETH ■ Margit ENISZRNÉ BÓDOGH
- 52 Controlling the structure and morphology of ZnS nanoparticles by manipulating the temperature
Chan Gi LEE ■ Yusuke NAKAMURA ■ Hiroyuki NAKAMURA ■ Masato UEHARA ■ Hideaki MAEDA
- 56 Journal review
- 57 Polymer derived ceramic foams with additional strut porosity
Verena RESCHKE ■ Alexandra LASKOWSKY ■ Mathias KAPPA ■ Kaishi WANG ■ Rajendra K. BORDIA ■ Michael SCHEFFLER
- 62 Buildings and climate change: impacts on roofs and vulnerability to wind storms
Sára Erzsébet HORVÁTH ■ Tamás PÁLVÖLGYI
- 66 Society and professional news
- 68 Possibilities and problems of the submicron dry grinding in stirred ball mill (Part II)
Ádám RÁCZ
- 72 100 years of durability
István ASZTALOS
- 74 Alkaline activated inorganic polymers, as the new generation of binders
Ildikó ZÁKÁNY ■ Tamás KORIM
- 77 XXXIV. meeting of the delegates of SSSI
- 79 Society and professional news

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

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG • EDITORIAL BOARD

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

ROVATVEZETŐK • COLUMNISTS

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

TAGOK • MEMBERS

Prof. Dr. Parvin ALIZADEH, Prof. Dr. BALÁZS György,
Dr. BOROSNYÓI Adorján, Prof. Dr. David HUI,
Prof. Dr. GÁLOS Miklós, Prof. Dr. Kozo ISHIZAKI,
Dr. JÓZSA Zsuzsanna, KÁRPÁTI László,
Prof. Dr. Sergey N. KULKOV,
MATTYASOVSKY ZSOLNAY Eszter,
Prof. Dr. OPOCZKY Ludmilla, Dr. PÁLVÖLGYI Tamás,
Dr. RÉVAY Miklós, Prof. Dr. Tomasz SADOWSKI,
[SCHLEIFFER Ervin]

TANÁCSADÓ TESTÜLET • ADVISORY BOARD

FINTA Ferenc, KISS Róbert,
Dr. MIZSER János

A folyóiratot referálja: Cambridge Scientific Abstracts,
ProQuest.

A szakmai rovatokban lektorált cikkek jelennek meg.
Kiadja a Szilikátipari Tudományos Egyesület
1034 Budapest, Bécsi út 122-124.
Telefon és fax: +36-1/201-9360
E-mail: info@szte.org.hu
Felelős kiadó: Dr. SZÉPVÖLGYI János SZTE ELNÖK

Egy szám ára: 1250 Ft
A lap az SZTE tagok számára ingyenes.

Nyomdai munkák: Sz & Sz Kft.
Tördelőszerkesztő: NÉMETH Hajnalka
Belföldi terjesztés: SZTE
Külföldi terjesztés: BATHYANY KULTUR-PRESS Kft.

HIRDETÉSI ÁRAK 2011 / ADVERTISING RATES 2011:

B2 borító színes / cover colour	153 000 Ft	612 EUR
B3 borító színes / cover colour	141 000 Ft	564 EUR
B4 borító színes / cover colour	165 000 Ft	660 EUR
1/1 oldal színes / page colour	116 000 Ft	464 EUR
1/1 oldal fekete-fehér / page b&w	64 000 Ft	256 EUR
1/2 oldal fekete-fehér / page b&w	32 000 Ft	128 EUR
Az árak az áfát nem tartalmazzák. / Without VAT.		

Az előfizetési és hirdetési megrendelőtől elvárható az SZTE honlapjáról.

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

A lap teljes tartalma olvasható a www.szte.org.hu honlapon.
HU ISSN 00 13-970x INDEX: 2 52 50 • 63 (2011) 41-80

A SZILIKÁTIPIARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET

TÁMOGATÓ TAGVÁLLALATAI

3B Hungária Kft. ■ Air Liquide Kft. ■ Altek Kft. ■ Anzo Kft.
Baranya Téglai Kft. ■ Basalt Középkő Kőbányák Kft.
Berényi Téglai Kft. ■ Budai Téglai Zrt.
Cemkut Kft. ■ Colas-Északkelet Kft. ■ Deco-Mat Kft.
Fátyolüveg Kft. ■ G&B Elastomer Trade Kft.
Gamma-Kerámia Kft. ■ GE Hungary Kft. ■ Geoteam Kft.
Guardian Orosháza Kft. ■ Humán-Szerviz Kft.
Hunext Kft. ■ Imerys Magyarország Tűzállóanyaggyártó Kft.
Interkerám Kft. ■ Keramikum Kft. ■ KK Kavics Beton Kft.
KŐKA Kő- és Kavicsbányászati Kft. ■ Kötés Kft.
KTI Nonprofit Kft. ■ Kvarc-Ásvány Kft.
Lambda Systeme Kft. ■ Libál Lajos ■ Licht-Tech Kft.
Mályi Téglai Kft. ■ Messer Hungarogáz Kft.
MFL Hungária Kft. ■ Mineralholding Co. Ltd.
MTA KK Anyag- és Környezetkémiai Intézet
Nagykanizsa Téglagyár Kft. ■ OMYA Hungária Kft.
Pannon-Perlit Kft. ■ Perlit-92 Kft. ■ RATH Hungária Kft.
Speciálbau Kft. ■ Szema-Makó Kft. ■ SZIKKTI Labor Kft.
Tégla- és Cserépipari Szolgáltató Kft. ■ WITEG Kőpor Kft.
Zalakerámia Zrt. ■ Zsolnay Porcelánmanufaktúra Zrt.

A vályogépítés életciklusainak rövid bemutatása

O. CSICSELY ÁGNES ■ BME, Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék ■ csicsely@sz.t.bme.hu

Érkezett: 2011.06.28. ■ Received: 28.06.2011. <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2011.7>

Short presentation of life cycle of earth construction

It is hard to determine in numbers the energy requirement of clay masonry during its life cycles, although it is very clear that every life cycle requires hardly any or no energy at all, therefore has less impact on the environment. Whereas the majority of more energy consuming procedures can be replaced by human work thus creating more jobs. On areas where there is no inland water or danger of flood adobe architecture has a reason for existence. Due to the economic crisis, there are less and less houses built in Hungary today. There are many families though, who may even have land to built on, would be glad to have their houses built by using locally available, no expensive building materials with perhaps the supervision of a skilled builder. In such cases adobe and demolished materials could evidently be applied.

In case of building family houses, clay masonry attracts the use of other natural materials. For example timber roof instead of reinforced concrete slab or wooden openings instead of plastic ones, etc... match better to clay masonry.

There is no need to put aside adobe neither in case of storey houses, where adobe can be used as partition walls in flats and offices and in communal areas creating artistically designed resting places of a pleasant inner climate.

Keywords: clay masonry, Life Cycle Assessment, primer energy requirement, sustainable construction

A fenntartható építészet

Az építőiparban napjainkban természetesebbé vált a környezetkímélő szemléletmód és a fenntartható építészet követelménye. A fenntarthatóság fogalma az építészet mellett a mindennapjainkban is megjelenik. Igen sokan próbálják felhívni az emberek figyelmét a környezet védelmére és a fenntartható fejlődésre, ami sok esetben csak reklámfogásnak tűnik, valós tartalom nincs mögötte.

Dr. Lányi Erzsébet értelmezése szerint a fenntarthatónak nevezett építészet feladata: az ökológiai szempontoknak, a fenntartható fejlődés elveinek és az emberi egészség védelmének biztosítása az épületek tervezése, megvalósítása, használata, felújítása és bontása során, vagyis teljes életciklusában. A fenntartható fejlődés elvei a következők: reduce, converse, recycling, (RCR) azaz csökkenteni az erőforrás felhasználást, megőrizni a természeti és kulturális értékeket, visszaforgatni illetve többször felhasználni a természeti erőforrásokat. A fenntartható építészet eszközei a következők: a takarékos terület- és energia-felhasználás, környezetbarát építőanyagok és épületszerkezetek beépítése, szelíd technológiák alkalmazása és a fenntartható épülethasználat (Lányi, 2010).

Úgy gondolom, van remény 2011-ben a fenntartható építészetéről beszélni Magyarországon akkor, amikor a szakmai zsűri az „Év háza 2010” pályázat nyertesének egy alacsony energiafelhasználású budakeszi családi házat választott (1. ábra). A ház falának rétegrendje a következő: 25 cm bontott téglá, mint teherhordó fal, 30 cm újrahasznosított papír, vagy cellulóz hőszigetelés, és 12 cm bontott téglá homlokzatburkolat. Az épületet pellet kazánnal fűtik, a telken belül saját szennyvíztisztítót alakítottak ki. A zsűri díjazta bővíthető koncepciót, a szerény eszközökkel megoldott, de ugyanakkor magas színvonalú tervezést, valamint a környezettudatos elveket bátran felvállaló építészeti hozzáállást.



1. ábra Az „Év lakóháza 2010” díj nyertese (Építésszek: Bártfai-Szabó Gábor és Bártfai-Szabó Orsolya, forrás: www.epulettar.hu/cikk/4760.aspx)
Fig. 1. The winner of „House of the year 2010”

Medgyasszay Péter szalmával hőszigetelt favázás vályogháza szerepelt az Európai Építésszek Szövetsége (ACE) 20 éves jubileumi fennállásának alkalmából szervezett, az európai fenntartható építészetet bemutató kiállításán Brüsszelben (2. ábra). A ház főleg természetes anyagokból épült, amelyek nem rendelkeznek építési (ÉME) engedéllyel, hivatalosan, a magyar jogrend szerint nem is épülhetett volna meg. Az, hogy mégis áll, és kiállításon szerepelhetett csak a műszaki előadó engedékenységének köszönhető.

A galgahévízi ökofalu lakói az elsők, akik a fenntartható fejlődést figyelembe vették a Szabályozási Tervük készítésében. Rögzítették a zöldfelületek arányát, megszabták, hogy az épületek csak olyan anyagokból épülhetnek, amelyek primer energia-hordozó mennyisége nem haladja meg a 400 kWh/m² beépített alapterületre vonatkozó értékét. Az épületek fűtő-hűtőenergia szükséglete nem haladhatja meg a 70 kWh/m²/év mennyiséget. A Szabályozás szól még a levegőtisztaság, a felszín alatti vizek,

O. CSICSELY ÁGNES PhD
egyetemi adjunktus a BME, Építészmérnöki Kar,
Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszékén.
2006-ban védte meg a doktori disszertációját,
amelynek címe: Vályogfalak teherbírásának
kísérleti és elméleti vizsgálata.
1999-ben okleveles építészmérnök diplomát
szerezett a BME-n.

a talaj és a föld védelméről valamint a hulladékkezelésről is. A faluban jelenleg öt család lakik, készül egy 16 lakásos társasház, és elvileg a telkek nagy része elkelt. Ebből is látható, hogy Magyarországon is élhető lehet egy ökofalu.



2. ábra Magyarkúti szalmabála hőszigetelésű favázas vályogház (forrás: epiteszforum.hu/node/17347)
Fig. 2. Straw bale insulated, timber frame adobe house in Magyarkút

20-20-20

Felmerülhet a kérdés, hogy miért fontos a fenntartható építészeten a vályogról beszélni. Azért mert a vályog minden szempontból környezetbarát építőanyagként tekinthető. A vályogfalú épület nemcsak a benne élő emberekre hat pozitívan, hanem a környezetre is kedvező hatással van, mivel alacsony a primer energiafelhasználása, újrahasznosítható építőanyag, ugyanakkor, ha nincs rá szükség, akkor visszaforgatható a természetbe.

De miért is fontos az energia? A legtöbb statisztika szerint az európai országok energiafogyasztásuk 40%-át az épületek létesítésére és üzemeltetésére fordítják, ugyanakkor ez a szektor felelős a magas CO₂ kibocsátásért is. Ezért az Európai Parlament és Tanács 2007-ben elfogadott egy átfogó éghajlat- és energia „csomagot”, amely minden tagállamra, így Magyarországra is vonatkozik. Mit is jelent a 20-20-20? A csomag célként tűzte ki azt, hogy a tagországokban 2020-ig 20%-kal kell csökkenteni az energiafogyasztást, 20%-kal kell csökkenteni az üvegházhatást okozó gázok kibocsátását, és 20%-kal kell növelni a megújuló energiaforrások alkalmazását. Az Európai Parlament azt várja ettől a szabályozástól, hogy a kevesebb energiaigény miatt kevésbé fog függni Európa az energia importőröktől, kevésbé szennyezi a környezetet, és így az emberek energiaszámlái csökkenhetnek, a megtakarításokból pedig új munkahelyeket lehet teremteni és egyéb fejlesztéseket lehet végrehajtani.

Ez azt jelenti, hogy 2018-tól az összes új állami épületnek, 2020-tól pedig az összes új épületnek nulla- vagy alacsony energiafelhasználásúnak kell lennie. Azt is próbálják szabályozni, hogy az energiák egy részét megújuló forrásból kell fedezni. Sajnos azonban ma még nincs meghatározva mit jelent az alacsony energiafelhasználású ház, mekkora az az érték, ami alacsonynak tekinthető, illetve mi az, ami beleszámít az energiamérlegbe.

Az 1. táblázatban néhány, ma Magyarországon alkalmazott falnak vizsgáltam meg a kumulatív energiaigényét. A falak rétegrendjét úgy próbáltam kialakítani, hogy a 2012-ben bevezetendő 0,30 W/m²K hőátbocsátási tényező értéknek megfeleljenek. A kumulatív energiaigény az adott építőanyag, vagy jelen esetben egy fal környezetre gyakorolt hatását egy olyan primer energiával megadott paraméterrel jellemzi, amely magába foglalja az előállításához, felhasználáshoz, használathoz

és bontáshoz közvetlenül és közvetve felhasznált energiának az élettartam egy évére jutó hányadát, valamint az egy évi hőveszteség fedezéséhez szükséges fűtési energiaigényét. A számításához Tiderenczl-Medgyasszay-Szalay-Zorkóczy által kifejlesztett, a magyar építőanyagokra vonatkozó primer energia tartalmakat vettem alapul. Az adott építőanyagok esetén figyelembe vettem a szállítás környezetterhelését is Szalay Zsuzsa módszere alapján. A kapott értékeket az adott fal élettartamának függvényében összegeztem, majd az egy évre vonatkozóan adtam meg a kumulatív energiaigényt.

Rétegrendek	Hőátbocsátási tényező [W/m ² K]	Élettartam [év]	Kumulált energiaigény egy évre vetítve [kWh/m ² év]
3 réteg meszelés			
3 cm vályog vakolat			
45 cm helyszíni vert fal	0,27	80	0,94
12 cm cellulóz hőszigetelés			
12 cm bontott téglá burkolat			
3 réteg meszelés			
3 cm vályog vakolat			
15 cm vályogtégla fal+fa falváz	0,16	50	5,63
35 cm szalma hőszigetelés			
3 cm vályog vakolat			
3 réteg meszelés			
2 réteg disperziós festés			
1,5 cm cementvakolat			
38 cm kerámia falazóblokk	0,28	100	5,89
8 cm kőzetgyapot hőszigetelés			
1,5 cm cementvakolat			
2,4 cm faburkolat			
2 réteg disperziós festés			
1,5 cm cementvakolat			
38 cm kerámia falazóblokk	0,30	100	11,03
1,5 cm cementvakolat			
8 cm polisztirol hőszigetelés			
5 mm nemesvakolat			
2 réteg disperziós festés			
1,5 cm cementvakolat			
51 cm kisméretű kerámia fal	0,30	100	13,70
1,5 cm cementvakolat			
8 cm polisztirol hőszigetelés			
5 mm nemesvakolat			
1,8 cm gipszkarton belső burkolat			
16 cm kőzetgyapot hőszigetelés+fa falváz			
6 cm polisztirol hőszigetelés	0,16	50	20,16
1,25 cm gipszkarton lemez			
6 mm nemesvakolat			

1. táblázat Az eltérő falazat típusokhoz tartozó kumulált energiaigények
Table 1. Cumulated energy requirements of different wall layers

Két fal hőátbocsátási értéke tér el nagyban a 0,30 W/m²K-től, mindkét esetben az építési technológia szabja meg hőszigetelések vastagságát, így a hőátbocsátás alacsony értékét is. Ha a második rétegrend esetében a szalmabála hőszigetelés vastagságát úgy csökkentem le, hogy a hőátbocsátási tényező értéke 0,30 W/m²K legyen, akkor a kumulatív energiaigény gyakorlatilag alig változik. Ennek oka az, hogy a szalma hulladéknak minősül, a környezetterhelése csak a szállításból adódik. Az utolsó rétegrend esetén is elvégeztem ezt a vizsgálatot, ott jelentősebb volt a változás, cca. 5 kWh/m²év volt a kumulatív energiaigény csökkenése, de a könnyűszerkezetes fa rétegrend abban az esetben is az utolsó helyen szerepelne.

A számításokból azt kaptam, hogy a vályogfalazatoknak nagyon kedvező a kumulatív energiaigényük. Az égetett falazóblokkból készült falazatok mesterséges hőszigetelő anyagokkal együtt alkalmazva már sokkal nagyobb környezetterhelést jelentenek. A legnagyobb értéket a könnyűszerkezetes fa rétegrend esetén kaptam, ez a hőszigetelésnek és a kétoldali gipszkarton falburkolatnak köszönhető.

A vályog és a természetes építőanyagok azért kedvezőek, mert a beépített energiatartalmuk nagyon alacsony. A jó tájolású és építészeti kialakítású házban a megfelelő vastagságú, hőszigeteléssel ellátott falak üzemeltetési energiaigénye is alacsony. Ugyanakkor a felhasznált energia egy részét könnyen lehet megújuló forrásokból fedezni (fotovoltaikus elemekből, napkollektorokból), ami így kevésbé terheli a környezetet.

A vályogfalak életciklusai

Az építőanyagok, az épületek környezetre gyakorolt hatását életciklus-elemzésekkel érdemes vizsgálni. Az életciklus-elemzés (Life Cycle Assessment – LCA) olyan tudományosan elismert módszer, amely segítségével vizsgálni lehet egy termék – jelen esetben építőanyag, épületszerkezet vagy épület – teljes életútja során a környezetre gyakorolt potenciális hatásait. Egy építőanyag esetében az életút a nyersanyag bányászattól, előkészítéstől és gyártástól kezdődően a termék szállítását, beépítést, majd használatát, karbantartását és legvégül a bontását, az elbontott anyag szállítását, hulladékkezelését jelenti.

Épületek esetében nem szerencsés csak egy építőanyagot kiválasztani, hiszen egy ház összetett, jobban mondva összeépített rendszerként működik. A szakirodalomban bőven találunk példákat lakóépületekre, valamint falakra vonatkozó életciklus-elemzésekre is. Nekem nem volt céлом ezeket a tanulmányokat megismételni, inkább a vályogfalak életciklus szakaszait kívánom bemutatni.

Az alapanyag: a vályog

A vályog alatt minden esetben a természetben előforduló agyagos talaj és hozzáadott tulajdonság-módosító adalékok (homokos-kavics, mész, cement, növényi rostok, stb.) vizes keverékét értem. A tulajdonság-módosító anyagok tovább osztályozhatók aszerint, hogy milyen a módosító hatásuk. Ezek lehetnek szilárdságot növelő (szalma, nád), hőszigetelést növelő- (szalma, nád, fűrészpor stb.) és ún. stabilizáló- (mész, cement) anyagok. Ugyanakkor a szerves adalékok nemcsak a hőszigetelést javítják, hanem a fajhőt is növelik. Az agyagé kb. 0,85 kJ/kgK, sok szerves anyaggal ez felmehet 1,15-re, ami azt

jelenti, hogy ilyen arányban nő a falazat hőtároló képessége is.

A tiszta agyagtalaj építésre nem alkalmas, ezért mindig valamilyen tulajdonság-módosító adalékot kell hozzáadni, ugyanakkor a legtöbb esetben nem tisztán agyag, hanem valamilyen más kötött talajjal (lössz, iszap) vagy szemcsés talajjal (homok, homokliszt) együtt fordul elő.

A tulajdonságmódosító adalékok alkalmazásának megválasztását az adott vályog építési technológiája és az elérni kívánt új tulajdonságok határozzák meg (pl.: a szalma kis mennyiségben növeli a húzószilárdságot, nagy mennyiségben pedig a vályog hőszigetelő képességét javítja). A sokféle tulajdonságmódosító adalékot a 2. táblázatban foglaltam össze.

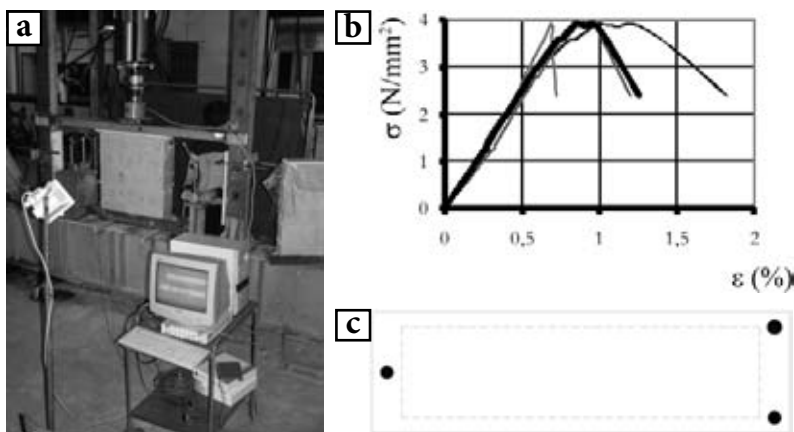
Anyagok csoportosítása	Példák
Szervetlen természetes	agyag, homokos-kavics
Szerves természetes	szalma, nád, törek, fűrészpor, fenyőapríték, faforgács, kender- és lenrostok, vessző, karó, állati származék (savó, vizelet, vér, trágya), jutaszövet, lenolaj
Szervetlen mesterséges	cement, mész, gipsz, samott liszt
Szerves mesterséges	bitumen, papírőrlemény

2. táblázat Tulajdonságmódosító adalékok összefoglalása
Table 2. Summary of quality modifying additives

Jelenleg is folynak kutatások az agyag környezetbarát kinyeréséhez. A kavicsbányászat mellékterméke tulajdonképpen az iszapos-agyag, ami a kavics tisztítása során visszamarad. A kutatás célja az iszapos-agyag építőipari felhasználása úgy, mint préselt és stabilizált vályogtégla.

A vályog, mint építőanyag

A vályog általános alkalmazására és méretezésére hatályos szabvány hazánkban nincs. Németországban az 1950-es években volt érvényes DIN szabvány, ma a Lehmbau Regeln (A vályogépítés szabályai), mint műszaki irányelv van érvényben. Ez magyar nyelven is megjelent a Medgyasszay-Novák (2006) könyv függelékeként. Magyarországon napjainkban még semmilyen szabályozás nem rendelkezik a vályog alkalmazásáról, tulajdonságairól. Ezen rendelkezések hiányában csak irodalmi adatokra és tapasztalati úton szerzett értékekre lehet támaszkodni a tervezés és kivitelezés során. Külön gondot jelent, hogy a vályogépítésben nagy tapasztalattal rendelkező generációk tudása, anyagismerete – amely területenként eltérő – mára nagyrészt feledésbe merült. Ahhoz azonban, hogy a vályog beépíthető legyen, vonatkozó hatályos magyar szabvány híján rendelkeznie kell ún. „Építőipari Műszaki Engedéllyel” (ÉME). A nagyobb téglagyártó cégek ezt be tudják szerezni, de az önerős építkezéseknél egy ilyen engedély beszerzése komoly anyagi nehézségekbe ütközik. Valahol érthető a hatóságok aggodalma, mert ha kiadnak egy vályogházra építési engedélyt, amivel később történik valami, akkor azért felelősséget kell vállalniuk. Másrészt azt is meg lehet érteni, hogy senki nem akar olyan házat építeni, ami utána lakhatatlan, de nincs anynyi pénze, hogy a minősítéseket beszeresse. Dániában ez úgy



3. ábra a) A laboratóriumi vizsgálat bemutatása téglagyári vályog esetén; b) A falelem feszültség-alakváltozás diagramjai; c) A mérési helyek alaprajza
 Fig. 3. a) Display of a Laboratory test performed on adobe from a brick plant; b) Diagrams of tension-deformation of the wall piece; c) Layout of the measuring points

működik, hogyha olyan anyagokból építenek fel egy épületet, aminek nincs minősítése, de a ház áll két évig, akkor megkapja az engedélyt.

Magyarországon van egy állásfoglalás, amely bizonyos keretek között megengedi a vályog épületek építését, de ehhez szükséges a tervező felelősségvállalása és a helyi építésügyi előadó jóindulata is. Az Étv. 41. §-ának (1) és (2) bekezdései szerint: „Építési célra anyagot, készterméket és berendezést csak a külön jogszabályban meghatározott megfelelőség-igazolással lehet forgalomba hozni vagy beépíteni. A megfelelőség-igazolás annak írásos megerősítése, hogy az építési célú termék a tervezett felhasználásra alkalmas, vagyis kielégíti a rá vonatkozó d) pontban megfogalmazott »egyedi (nem sorozatban gyártott) termék esetén a gyártási tervdokumentációban előírt követelményeket«.”

„A természetes építőanyagok általában nem szabványosított termékek. Legfeljebb a különböző faanyagokra léteznek szabványok, de pl. a deszka- vagy zsindegyfedésre illetve, a vályogszerkezetekre nem. Ebből következik, hogy – más, nem szabványosított építési termékekhez hasonlóan – a természetes anyagok építési célú alkalmazása esetében sem lehet eltekinteni a szabványt pótló építőipari műszaki engedély (ÉME) [vagy az európai műszaki engedély (ETA)] kidolgoztatásától. Ettől legfeljebb egy esetben lehet eltérni, a nem sorozatban gyártott, egyedi termék esetén. Ekkor a konkrét és részletes gyártmánytervet lehet egyedi műszaki specifikációnak tekinteni. Ilyen esetben az erre a feladatra jogosultsággal rendelkező tervezőnek kell pontosan és részle-

tesen meghatározni a felhasználandó anyag elvárt tulajdonságait, a szállítást, az előkészítést, a tárolást és a beépítés feltételeit, az alkalmazás műszaki megoldását és a felhasznált anyagok és/vagy a késztermék megfelelősége (minősége) ellenőrzésének módját, – a körülmények és az alkalmazott szerkezetnek megfelelő részletességgel. A tervezőnek tehát, felelősséget kell vállalnia a természetes építőanyagra vonatkozó részletes, egyedi műszaki specifikáció teljességéért és szakszerűségéért is.”

Az alábbiakban bemutatok néhány, a szakirodalomban fellelhető, az építők számára fontos műszaki paramétert a vályogra és összehasonlítás-ként egyéb falazóanyagokra vonatkozóan. A számértékek bemutatása tájékoztató jellegű, az építés helyszínén található agyag tulajdonságait helyszíni vizsgálattal vagy laboratóriumi kísérletekkel kell megállapítani. A különböző vályogfajták szilárdsága

függ a testsűrűségétől, az összetevők arányától. A testsűrűség a vályog hővezetési képességét is befolyásolja. A testsűrűség szerinti osztályba sorolást és a hozzájuk rendelt szilárdsági és egyéb hőtechnikai jellemzőit a 3. táblázat tartalmazza.

Kísérleteket végeztem (3. ábra) az eltérő összetételű kisüzemi és téglagyári vályog falelemek nyomószilárdsági vizsgálatára. Ezekben a kísérletekben megállapítható volt, hogy a vályog falelemekre ugyanúgy alkalmazható a jelenleg érvényben lévő „Falazatok vizsgálati módszereit” tartalmazó Eurocode szabvány. Azt is megállapítottam, hogy a vályog viselkedését az alakváltozásra lágyuló anyagmodellel írja le, így a falazatok mértékezése – az adott vályogfalra vonatkozó nyomószilárdsági érték ismerete mellett – hagyományos módon végezhető el.

A könnyűvályogot a hazai gyakorlatban jelenleg a favázás épületek kitöltő falazataként alkalmazzák, mivel kicsi a szilárdsága, viszont hőszigetelő képessége jelentős. A nehéz vályogot teherhordó falazatként építik, de kevésbé jó hőszigetelő képessége miatt kiegészítő hőszigeteléssel látják el.

Az építés folyamata

A föld- és vályogépítés két eltérő építéstechnológia megkülönböztetése. A földépítés során a természetben található formában használják fel az építési anyagot, míg a vályogépítésben, a természetben előforduló agyaghoz különböző szerves, főképp szálal anyagokat kevernek (például: szalma, törek, nád, fűrészpor) annak érdekében, hogy az anyag hőtechnikai, szilárdsági, állékonysági tulajdonságait kedvezően befolyásolják.

Anyag	Testsűrűség ρ ; [kg/m ³]	Nyomószilárdság f_y ; [N/mm ²]	Hővezetési tényező λ ; [W/m·K]	Fajhő c ; [kWs/kg·K]	Páradiffúziós tényező δ ; [kg/ms·Pa·10 ⁻⁹]
Könnnyűvályog	1200	1,0	0,47	1,2	0,034
Szalmás vályog	1600	2,0	0,73	1,1	0,025
Tömör vályog	2000	4,0	1,13	1,0	0,017
Soküreges téglá	800	7,0	0,41	1,0	0,057
Tömör téglá	1700	10,0	0,72	1,0	0,017
Fa	600	1,8	0,20	2,1	0,024
Beton	2400	13,0	1,51	1,0	0,009

3. táblázat Az egyes építőanyagok műszaki adatai (Medgyasszay, Novák, 2006)
 Table 3. Technical data of some building materials

A ma építészetében megtalálhatóak a hagyományos építési technológiák, mint a fecskerakás falú, a vertfalú, a kézzel vett vályogból épült házak, ugyanakkor a korszerű technikák is. A műszaki fejlesztésnek két iránya figyelhető meg, mindkettő az anyag tulajdonságaiból következik. Az egyik irány a szilárdság növelésére törekszik. Ennek módja a cementtel való stabilizálás. A fejlesztés másik iránya a hőszigetelő képesség növelése. Ennek több módja ismert ma, az egyik lehetőség a gyártás során a téglák elemekbe préselt, nem a teljes keresztmetszeten átmenő üregek kialakítása. A másik lehetőség, hogy a vályog falazóelemeket különböző hozzáadott anyagokkal (például: nád, szalma, fűrészpor) könnyítik ki. Ennek hatására a falazóelemek szilárdsága csökken, viszont a hőszigetelő képességük nő. Az ilyen vályog falazóelemek önhordó falazatok építésére nem alkalmasak, ezért a falban teherhordó favázat kell elhelyezni.

A vályogfalak aszerint is csoportosíthatók, hogy a helyszínen, vagy előregyártva készítik a téglákat. Az előregyártott téglák esetében a szállítás jelent külön energiaigényt. Olyan gyártót kell választani, amely közel van az építés helyszínéhez. Az előregyártás folyhat kerámiatégla gyártó üzemekben, illetve külön vályogtégla gyártó kisebb cégeknél. Mindkét esetben fontos az agyagbányák rekultiválása, azaz visszaadása a természetnek. A legtöbb esetben halastavakat alakítanak ki a kitermelt agyag helyén. A nagyobb téglagyárak által forgalmazott vályogtégla esetében az energiahatékonyság abban mérhető le, hogy a téglákat nem kell 800–1000 °C-on kiégetni. Ebben az esetben csökkenthető a környezetterhelés, amit a földgáz kitermelése és szállítása, valamint az elégetésekor keletkező széndioxid, kén-dioxid és nitrogén-oxidok levegőbe jutása jelenti. Szép példa található téglagyári vályogtégla épült házakra Alsópáhokon, ahol a családbarát üdülőegyüttes egy része épült ilyen technológiával (4. ábra).



4. ábra Kolping hotel bioház együttese, Alsópáhok (tervezők: Füzes Antal, Jankovics Tibor, Forrás: http://www.forrastegla.hu/html/galeria_view.html#alsopahok_02.jpg)

Fig. 4. Biohouses of Kolping Hotel in Alsópáhok

A helyszíni vályogfalak esetében az alapanyag a pince-szint kitermeléséből megoldható. Ez esetben nincs szállítás. A helyszíni technológiák esetében meg kell különböztetni az elemes és az „öntött” falat (ez alatt ma még használatos fecskerakás és vert falat értem). A helyszíni vályogtégla készülhetnek kézzel és géppel is. A kézi vetés esetén csak emberi munkaerőre van szükség, de a présgépek is csak kevés energiát igényelnek. Az „öntött” fal hazánkban még nem gépesített, mindent kézzel végeznek. Ez azért is előnyös, mert nincs energiaigénye, és a már említett módon munkahelyeket is teremt. Külföldön a vert falakat legtöbb esetben lapvibrátorokkal tömörítik.

A vályogházak építésénél nagyon fontos dolog az anyag tulajdonságait ismerni. A falazat fizikai folyamat útján jön létre, ami az egyszerűségében magában hordozza azt a veszélyt, hogy bármikor visszaalakítható. Jelen esetben nem kell más, csak az, hogy vízzel érintkezzen a szerkezet. Ezért azt szokták mondani, hogy egy jó, azaz hosszú ideig élő vályogháznak megfelelő csizmára és kalapra van szüksége. A csizma a helyesen kialakított alapozás, a kalap pedig a nagy, túlnyúló tető. Hazai és nemzetközi szabványok, valamint előírások hiányában a vályog- és földfalú épületek építésénél és felújításánál Medgyasszay-Novák (2006), Mednyánszky (2005) és Szűcs (2008) könyvei tekinthetők irányadónak.

Karbantartás, üzemeltetés

Sajnos az országban sokfelé járva követhetjük nyomon vályogházak összedőlésének fázisait, vagy találhatunk árválkodó romokat. Hogy miért következhetnek ezek be? Az első a tulajdonos felelőtlensége: a helytelen tereprendezés, a külső víz-elvezetés hiánya, a csapadékvíz megoldatlan elvezetése mind-mind a falazat pusztulását okozza. A másik a tágabb környezet hibájából adódik: a települések nagy részén megszűntek víz-elvezető árkok, vagy a karbantartás hiánya miatt feltöltődtek, vagy ténylegesen betemették őket. A települések határában megszűntek vízgyűjtő területek, amik a bel- ill. árvíz miatti felesleges vizet távol tudnák tartani az épületektől. Az így felhalmozódott víz közvetlenül a házat éri, ami a lábazati fal vizesedését, ill. az „alap” kimosását eredményezheti. A ház ez által egyenlőtlenül süllyed meg, amely a falazat repedését, majd összeroskadását eredményezi.

A mindennapos karbantartásról, az esetlegesen felmerült hibák javításáról, a felújításról és a szakszerű átalakításról részletes leírások és megoldások Mednyánszky (2005) és Szűcs (2008) könyvében találhatóak.

A helytelen felújítás

Az első típushiba a betonjárda készítése, ami lezárja a talajban lévő pára szabad áramlását, így a feldúsult pára a falban keres utat magának. A másik típushiba a cementvakolat készítése. Ez azért veszélyes, mert az ilyen típusú vakolat nem szellőzik, így a pára a falban dúsul fel, ami az első télen már a falazat kifagyásához vezethet. Így a felújított ház helyett egy hamar tönkremenő épületet kapunk. Egy ház felújítását nemcsak szerkezetileg lehet elrontani, hanem építészetileg is. A mívesen kialakított homlokzatot egy rosszul elhelyezett nyílászáróval halálra lehet ítélni (5. ábra).

A helyes felújítás lépései

A régi házak általában alapozás és talajvíz elleni szigetelés nélkül épültek. Ha nem tapasztalhatók repedések, a felszíni és csapadékvíz elvezetésével a falazatokat nem érheti károsodás. Ha kisebb repedéseket találunk, szakaszos aláfalazással, vagy alábetonozással ezeket a hibákat kiküszöbölhetjük. A vakolat hiányát agyagtapasztással vagy híg mészhabarccsal kell kijavítani, ill. újat készíteni. A fürdőszoba, konyha korszerűsítésénél az átszellőztetett padlóra kialakított vízzáró beton aljzatra és az előtétfalba vagy könnyű faburkolat mögé rejtett szerelt vezetékekkel modern helyiségek nyerhetők. A

felújításnál nemcsak a szerkezeteket kell megmenteni, hanem az eredeti homlokzatok helyreállítását vagy átalakítását úgy kell elvégezni, hogy az építészetileg se legyen zavaró (6. ábra).



5. ábra Rosszul átalakított épület Nagyszékelyen
Fig. 5. Badly transformed building in Nagyszékely



6. ábra Szépen felújított és karbantartott ház Nagyszékelyen
Fig. 6. Beautifully renovated and maintained house in Nagyszékely

Bontás, újrahasznosítás

A bontás kétféleképpen történhet. Vagy a természet elvégzi, vagy emberi erővel. A „természeti” bontás esetén az ár-belvíz miatt megroggyant épületek vagy falak maguktól dőlnek le, vagy életveszélyessé nyilvánítás után kevés energiaráfordítással bonthatók a szerkezetek. A műszakilag, funkcionálisan vagy építészetileg „előregedő” házak bontása is megoldható kézi erővel. Ebben az esetben az éppen maradt téglák újrahasznosíthatók, új építésű házakhoz felhasználhatók. Az összetört vályog elemeket sem kell szeméttelre szállítani, hanem vízzel elkeverve nagyon jó minőségű vályoghabarcs készíthető belőlük. A vályog kiváló konzerváló hatású, ezért a legtöbb esetben a csatlakozó faszzerkezetek is könnyen beépíthetők. Mezei Sándor azt tapasztalta, hogy egy százéves vályogtéglában talált búzaszemek beáztatás után nagy része kicsírázott. A laboratóriumi vizsgálataim során egyszer én is azt tapasztaltam, hogy a véletlenül több napra otthagytott vályoghabarcsnak beáztatott törött elemekből gyönyörű fű nőtt ki.

Összefoglalás

Nehéz számokban meghatározni a vályogfalak egyes életciklusára vonatkozó energiaigényét, az azonban jól látszik, hogy minden életszakasz kevés vagy egyáltalán nem igényel energiát, ezáltal kevésbé terheli a környezetet. Ugyanakkor az energiaigényesebb folyamatok nagy része kiváltható emberi munkával, amivel így munkahelyeket lehet teremteni. Azokon a területeken, ahol nincs bel- és árvízveszély, van létjogosultsága a vályog építészetnek. A gazdasági válság miatt egyre kevesebb lakóház épül ma Magyarországon. Viszont vannak családok, akik esetleg még építési telekkel is rendelkeznek, szívesen építkeznének olcsó, helyi építőanyaggal akár egy szakképzett mesterember vezetésével. Ilyen esetekben adott lenne a vályog, vagy a bontott építőanyagok alkalmazása. Emellett a családi házas építkezéseknél a vályogfal magával hozza a további természetes anyagok alkalmazását, hiszen a vályoghoz jobban illik a fafödém, mint a vasbeton, a fa nyílászárók, mint a műanyag ablakok és még sorolhatnánk. Többszintes épületek esetében sem kell lemondani a vályogról,

hiszen lakásokban, irodákban belső térelhatároló falként alkalmazva, közösségi terekben pedig a vályog építőművészi kialakításával kellemes belső klímájú pihenő tereket lehet létrehozni.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetet szeretnék mondani Józsa Zsuzsanna egyetemi docensnek, Szalai Zsuzsának és Zöld András professzor úrnak a cikk megírásához nyújtott segítségükért.

Ennek a cikknek a szakmai tartalma kapcsolódik a „Minőségorientált, összehangolt oktatási és K+F+I stratégia, valamint működési modell kidolgozása a Műegyetemen” c. projekt szakmai célkitűzéseinek megvalósításához. A projekt megvalósítását az Új Széchenyi Terv TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002 programja támogatja.

Felhasznált irodalom

- [1] Baumann M.: *Az új épületenergetikai szabályozás*, Segédlet, Szerkesztette: Zöld András, Bausoft, Pécsvárad Kft., 2006.
- [2] Csicsely Á.: *Vályogfalazatok és nyomószilárdsági vizsgálatai*, Építőanyag, 55. évf., 2003/3, 118–124.
- [3] O. Csicsely Á.: *Vályogfalak teherbírásának kísérleti és elméleti vizsgálata*, PhD értekezés, Budapest, 2006.
- [4] Kacsur I.: *Az ökológia - környezetvédelem tanításának, tanulásának a módszerei*, Veszprémi Egyetem, Veszprém, 1995.
- [5] Kotsis E.: *Épületszerkezetek*, Egyetemi nyomda, Budapest, 1945.
- [6] Lányi E.: *A környezetudatos építészet és műszaki eszközei*, PhD dolgozat tanszéki vitaanyag, 2010.
- [7] Lányi E.: *Energia és „fenntartható” építészet*, Magyar Építéstechnika, XLVIII. Évfolyam, 11. szám, 2010.
- [8] Medgyasszay P. – Novák Á.: *Föld- és szalmaépítéssel*, TERC Kereskedelmi és Szolgáltató Kft. Szakkönyvkiadó Üzletága, Budapest, 2006.
- [9] Mednyánszky M.: *Vályogházak, építés, korszerűsítés, átalakítás*, TERC Kereskedelmi és Szolgáltató Kft. Szakkönyvkiadó Üzletága, Budapest, 2005.
- [10] Molnár V.: *Olcsó és környezetbarát vályogépítéssel*, Építőanyag, 51. évfolyam, 1999/1. szám
- [11] Molnár V.: *Vályog- és favázis vályogépítéssel*, Építőanyag, 50. évf., 1998/2
- [12] Szalay Zs.: *Life cycle environmental impacts of residential buildings*. Disszertáció, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 2007.
- [13] Szűcs M.: *Föld- és vályogfalú házak építése és felújítása*, Építésügyi Tájékoztatói Központ Kft., Budapest, 2002.
- [14] Szűcs M.: *Föld- és vályogfalú házak építése és felújítása*, Építésügyi Tájékoztatói Központ Kft., Budapest, 2008.
- [15] Szűcs M.: *Útmutató a föld- és vályogépítés alkalmazásával kapcsolatos önkormányzati feladatok ellátásához*, településfejlesztési füzetek 12. BM Kiadó, Budapest, 1994.
- [16] Tiderenczl, G. – Medgyasszay, P. – Szalay, Zs. – Zorkóczy, Z.: *Épületszerkezetek építésökölógiai és -biológiai értékelő rendszerének összeállítása az építési anyagok hazai gyártási/előállítási adatai alapján*. OTKA kutatási jelentés T/F 046265, Budapest, 2006.
- [17] DIN 18952 Baulehm, *Deutsche Normen*, 1956 május
- [18] *Directive of the European Parliament and the Council on the Energy Performance of Buildings (recast)* {SEC(2008) 2864}, {SEC(2008) 2865}, Brussels, 2008. 11. 13.
- [19] MSZ EN 1052-1:2000 *Falazatok vizsgálati módszerei. 1. rész: A nyomószilárdság meghatározása erőtani tervezése*, 1987.
- [20] 1997. évi LXXVIII. törvény az épített környezet alakításáról és védelméről, 41. § (2)
- [21] *Az építési termékek megfelelőség igazolásának gyakran feltett kérdései, természetes anyagok és egyedi termékek*, Belügyminisztériumi állásfoglalás, www.e-epites.hu/1373 (2011. április)

Ref.: <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2011.7>

O. Csicsely Ágnes: *A vályogépítés életciklusainak rövid bemutatása*. Építőanyag, 63. évf. 3–4. szám (2011), 42–47. p.

Y-Ba-Cu-O bázisú szupravezetőknél a ZrO₂ égetési segédeszközök alkalmazhatóságának vizsgálata¹

NÉMETH Dóra

okleveles vegyészmérnök (Pannon Egyetem, Finomkémiai műveletek és Szilikát technológia szakirány, 2009). PhD hallgató (Pannon Egyetem, Vegyészmérnöki- és Anyagtudományok Doktori Iskola). A Szilikátipari Tudományok Egyesület tagja (2009).

NÉMETH DÓRA • Pannon Egyetem, Környezeti és Informatikai Kooperációs Kutató Központ

▪ nemethd@almos.uni-pannon.hu

ENISZNE BODOGH MARGIT • Pannon Egyetem, Anyagmérnöki Intézet ▪ ebm041@almos.vein.hu

Érkezett: 2011.02.23. ▪ Received: 23.02.2011. <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2011.8>

Thermal interactions between the Y-Ba-Cu-O based superconductors and ZrO₂ substrates

ZrO₂ or BaZrO₃ targets are often recommended for the preparation of Y-Ba-Cu-O based superconducting materials. During the heating process of superconducting ceramics, mainly because of their Ba content, they form a very aggressive melt phase which can react with the crucible or with the supporting material. This can cause on the one hand that the crucibles can be damaged very easily. On the other hand the particles dissolved from the crucible could change the composition of the superconducting material and hereby also the physical properties.

In the present study the change of phase composition and magnetic properties caused by the chemical reactions and interdiffusion processes between the Y-Ba-Cu-oxid based superconductors with different stoichiometric compositions and the polycrystalline ZrO₂, respectively corundum substrates have been investigated during different annealing programs. The interreaction between the superconducting bulk samples presintered at 950 °C and the different substrates was studied at the peritectic decomposition temperature (1010 °C) of the YBa₂Cu₃O_y phase and at 1050 °C. In the case of polycrystalline ZrO₂ substrate the soaking was more intensive than on corundum, but the formation of BaZrO₃ reduced the physical properties of the superconductor in a less degree.

Keywords: ceramic superconductors, doping, firing auxiliaries, BaZrO₃, ZrO₂, crucible, target

ENISZNE BODOGH Margit

Okleveles vegyészmérnök (Veszprémi Vegyipari Egyetem, Szilikát szakirány, 1974). Műszaki doktor (1976), PhD (Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola, 2004).

A Pannon Egyetem Anyagmérnöki Intézet egyetemi docense. Fő érdeklődési területei:

szilárdtest kémia, szilárdipari nyers- és alapanyagok, kerámiai masszák, mázok, festékek minősítése, tulajdonságaik módosítása, korszerű kerámiák (szupravezetők, biokerámiák), kompozitok előállítása, tulajdonságaik vizsgálata.

MTA VEAB Szilikástechnológiai Munkabizottság tagja (1990), MTA Anyagtudomány- és Szilikástechnológiai Munkabizottság tagja (1996), Szilikátipari Tudományok Egyesület tagja (1974).

1. Bevezetés

A nagyhőmérsékletű szupravezető anyagok 1986. évi felfedezését követően a szupravezetők kutatása és alkalmazása soha nem látott fejlődésnek indult. Ez annak tulajdonítható, hogy a nagy átmeneti hőmérsékletű szupravezető kerámiák különleges tulajdonságaik folytán új távlatokat mutatnak a tudomány és a mindennapi élet területén [1–4].

A szupravezetés az anyag egy speciális állapota, mely általában kis hőmérsékleten alakul ki. A szupravezetés állapotában a mágneses indukcióvonalak a szupravezetőből kiszorulnak, az anyag diamágnesként viselkedik, és ekkor az elektromos áramot ellenállás nélkül vezeti. A szupravezető állapot definiálható egy 3D-s koordináta rendszerben, ahol a kritikus hőmérséklet (T_C), kritikus áramsűrűség (J_C) és kritikus mágneses mező (H_C) egy anyagra jellemző kritikus térfogatot határoz meg, melyen belül az anyag szupravezető, azon kívül pedig normál állapotban van.

A legtöbbet kutatott és gyakorlati szempontból a legjelentősebb az Y-Ba-Cu-oxid bázisú nagy átmeneti hőmérsékletű, perovszkit szerkezetű kerámiai szupravezetők csoportja. Az Y₂O₃-BaO-CuO_x rendszerben három szupravezető fázis (YBa₂Cu₃O_{7-x}, YBa₂Cu_{3,75}O_{7,5-x} és YBa₂Cu₄O₈) létezik, melyek közül a legismertebb a T_C~92K átmeneti hőmérsékletű YBa₂Cu₃O_{7-x}. Ez az úgynevezett 123 fázis 600 °C felett képződik és 1010 °C-on inkongruensen olvad. Ekkor a kristályos félvezető Y₂BaCuO₅ (211 fázis) és egy Ba-Cu-O olvadék képződik.

Az 123 fázis a hőmérséklettől és az oxigéntartalomtól függően tetragonális és ortorombos módosulatban létezik, ahol csak az ortorombos módosulat szupravezető. Az oxigéntartalom csökkentése esetén az ortorombos 123 fázis átmeneti hőmérséklete csökken, x = 0,5 értéknél pedig az ortorombos fázis tetragonális szerkezetű szigetelő antiferromágneses anyaggá alakul át [5].

A nagy T_C értékű, kerámiai módszerekkel készített szupravezetők többnyire heterogén anyagok. Így a bennük található szemcsék felületének és belsejének összetétele gyakran eltér, továbbá tartalmazhatnak nem-egyensúlyi fázisokat, s nem kívánatos vegyületek is keletkezhetnek a nem megfelelő homogenizálásból, a környező atmoszférával vagy a mintatartóval lejátszódó reakciókból adódóan. A különböző gyakorlati felhasználási igényeknek megfelelő tulajdonságú szupravezetők előállítása a fázisösszetétel változtatásával, a szupravezető fázis kristályrácsában különböző ionhelyettesítések alkalmazásával, valamint különböző előállítási és formázási eljárások révén valósítható meg. A megfelelően nagy mágneses erőterrel rendelkező szupravezetők előállításához egyrészt kellően texturált szerkezet szükséges, mely a szemcsék közti jó kapcsolat kialakulása révén javítja az áramvezetési és egyben a mágneses tulajdonságokat, másrészt a szupravezető 123 fázis mellett fluxusrögítő centrumként szereplő Y₂BaCuO₅ (211) fázis egyenletes, finom eloszlásban való létrehozásával ugyancsak nagyobb mágneses erők és nagyobb kritikus áramsűrűség érhető el [5].

Kutatásunk célja ebből adódóan az YBa₂Cu₃O_y (Y-123) összetételű szupravezetők mellett, a 211 fázist is tartalmazó YBa₂Cu₃O_y/Y₂BaCuO₅ (Y-123/211) kompozitok előállítása az erősebben texturált szerkezetet eredményező olvadékfázisú

¹ A cikk előadásaként elhangzott a SZTE XXXIII. Tisztújító Küldöttgyűlésén, mint a 2009. évi Diplomadíj pályázat 3. helyezetteje.

szintereléssel. Ezen anyagok esetén vizsgáltuk a ZrO_2 , $BaZrO_3$ és korund égetési segédeszközökkel hőkezelés során lejátszódó reakciókat.

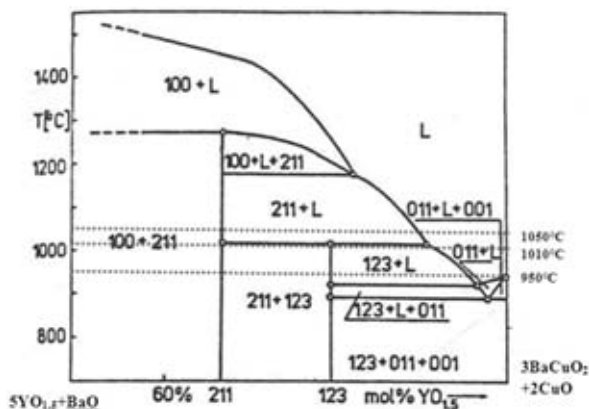
2. Kísérletek

2.1. A minták összetétele és előállítása

A szupravezető minták előállításához 99,99% tisztaságú $18,1 \text{ m}^2/\text{g}$ BET fajlagos felületű Y_2O_3 (Fluka), 98% tisztaságú, maximum 2% (m/m) $BaCO_3$ -t tartalmazó $Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$ (Reanal) alapanyagokat, valamint bázikus réz-karbonátból $[CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2 \cdot nH_2O]$ (Merck), 500°C -os 1 órás hőkezeléssel nyert $18,4 \text{ m}^2/\text{g}$ fajlagos felületű CuO -t használtunk. A $BaZrO_3$ -t Reanal alt. minőségű $BaCO_3$ és 99% tisztaságú (Fluka) ZrO_2 (+ HfO_2) sztöchiometriai összetételű keverékéből 60 MPa nyomással préselt pasztillák 1200°C -on 2 órás hőntartással történő égetésével állítottuk elő. A szupravezető mintáknál fluxusrögztető adalékként használt Y_2BaCuO_5 (211) fázis előállítása az említett alapanyagok sztöchiometriai összetételű, homogenizált keverékéből 60 MPa nyomással préselt pasztillák 950°C -on 25 órás hőntartással végzett égetésével történt.

A vizsgálatok során kétféle sztöchiometriai összetételű szupravezetőt állítottunk elő. Egyrészt az $YBa_2Cu_3O_y$ (Y123) szupravezető fázis összetételének megfelelő Y1 jelű anyagot, másrészt az Y123 fázis mellett nagyobb mennyiségű fluxusrögztető Y_2BaCuO_5 (211) fázist is tartalmazó $Y_{1,8}Ba_{2,4}Cu_{3,4}O_y$ (Y1,8) sztöchiometriai összetételű Y123/211 kompozitot.

Az adott összetételű (Y1 és Y1,8), etilalkohol hozzáadásával homogenizált keverékekből hidraulikus préssel 60 MPa nyomás alkalmazásával 20 mm átmérőjű ~4 mm vastag henger alakú próbatesteket préseltünk, melyeket a szupravezető $YBa_2Cu_3O_y$ (Y123) fázis kialakítása érdekében 950°C -on 14 óra hőntartással előszintereltünk (1. ábra) [6].



1. ábra A hőkezelés során lejátszódó fázisváltozások [8]
Fig. 1. Change of phase composition during heat treatment [8]

Az Y-123 és az Y123/211 összetételű szupravezetőknél a ZrO_2 és a $BaZrO_3$ fázisösszetételre gyakorolt hatásának vizsgálatához, az előszinterelt és $63 \mu\text{m}$ -nél kisebb szemcseméretűre porított Y1, Y1,8 minták egy részéhez, 5-5% (m/m)-ban nagy tisztaságú ZrO_2 (Y1Z, Y1,8Z), illetve $BaZrO_3$ port (Y1BZC, Y1,8BZC) adagoltunk [7].

Az adalék nélküli mintákat, valamint a szükséges mennyiségű adalékot tartalmazó keverékeket az előzőekben leírt módon homogenizáltuk és formáztuk. Ezeket a pasztillákat további hőkezelésnek vetettük alá az adott programok alapján.

2.2. Vizsgálati módszerek

A hőkezelt mintákban kialakult kristályos fázisok minőségét röntgendiffrakciós módszerrel határoztuk meg a Philips PW3710 típusú berendezéssel készített felvételek alapján. Az anyagok morfológiáját és elemösszetételét Philips XL 30-ESEM típusú pásztázó elektronmikroszkóppal vizsgáltuk. Az általunk előállított anyagoknál a cseppfolyós nitrogén hőmérsékletén (77 K), Sm-Co mágnessel létrehozott (0,08 Tesla) mágneses térben vizsgáltuk a Meissner-effektust [8] és a mágnes tömegváltozása alapján hasonlítottuk össze a minták 1 g tömegére vonatkoztatott mágneses lebegtető erő értékeket.

2.3. Modell kísérletek és oldódási vizsgálatok

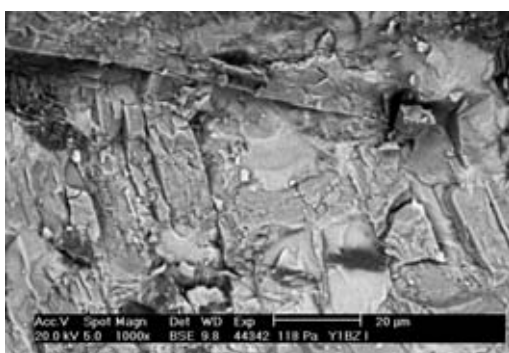
A ZrO_2 -vel és $BaZrO_3$ -mal adalékolt előszinterelt mintákból préselt próbatesteket kétféle program szerinti ismételt hőkezelésnek vetettük alá egyrészt a szupravezető fázis peritektikus hőmérséklete felett (1050°C -on), továbbá a peritektikus hőmérsékleten (1010°C) (1. ábrán szaggatott vonallal jelölve). A tömörebb szerkezet, a jobb szemcsehatár kapcsolatok kialakítása érdekében, tehát olvadákfázisú szinterelést alkalmaztunk. Az „I” jelöléssel ellátott mintáknál az olvadákfázisú szinterelés 1050°C -on történt, ahol az 123 kristályos fázis inkongruens olvadásából adódóan kristályos 211 fázis és Ba-Cu-O-ban gazdag olvadék van egyensúlyban (1. ábra). A hűtés során kikristályosodó szupravezető fázis mennyiségét a nagyobb mennyiségű olvadákfázis miatt a hűtés sebessége erősen befolyásolja. Ekkor a kristályosodást egy olyan hőkezelési program alkalmazásakor vizsgáltuk, ahol először $300^\circ\text{C}/\text{h}$ sebességgel 1050°C -ra történt a minta felhevítése. Ezután 30–40 l/h oxigén áramban $300^\circ\text{C}/\text{h}$ sebességű hűtést alkalmaztunk 980°C -ig. Itt a 2 órás hőntartással az 123 kristálymagok növekedését kívántuk elérni. 980°C -ról 960°C -ra csökkentettük a hőmérsékletet szintén $300^\circ\text{C}/\text{h}$ sebességgel, amit ismét 2 órás hőntartás követett. A szobahőmérsékletre hűtést minden esetben 30–40 l/h áramlási sebességű oxigénatmoszférában $300^\circ\text{C}/\text{h}$ sebességgel végeztük. Az előzetesen szinterelt és $BaZrO_3$ -mal adalékolt minták egy részénél a második hőkezelést az 123 fázis peritektikus hőmérsékletén végeztük, az előzőekben is alkalmazott fűtési, hűtési program esetén. „II” jelölés ezen égetésre utal.

Az adalék nélküli előszinterelt, porított (Y1 és Y1,8) szupravezető minták és a korund, illetve a ZrO_2 alátét között lejátszódó reakciókat és diffúziós folyamatokat a peritektikus hőmérsékleten (1010°C) vizsgáltuk azonos mennyiségű és szemcseméretű, azonos felületen érintkező szemcsehalmozok esetén.

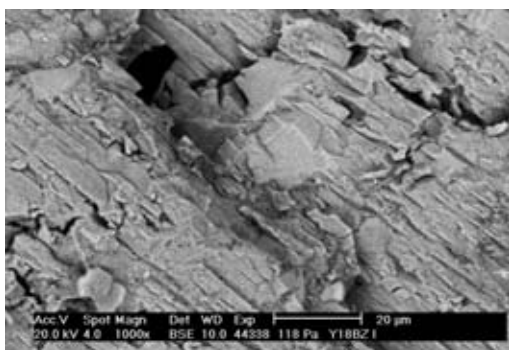
3. Eredmények

A röntgendiffrakciós vizsgálatok szerint a 950°C -on előszinterelt Y1 mintában az ortorombos szerkezetű, jelentős orientált növekedést nem mutató $YBa_2Cu_3O_y$ szupravezető fázis mellett közelítően 7% (m/m) $BaCuO_2$ (011) és kb. 3% (m/m) Y_2BaCuO_5 (211) kísérő fázist lehetett kimutatni, míg az Y1,8 jelű minta az Y123 fázis mellett ~20% (m/m) 211 fázist tartalmazott [9].

Ha ezen mintákhoz 5-5% (m/m) ZrO_2 ill. $BaZrO_3$ port adagoltunk és a préselt próbatesteket $1050^\circ C$ -on hőkezeltük, úgy a nagyobb mennyiségű olvadékfázis hatására az ab síkban erősen növekedett, jelentős orientációt mutató szupravezető kristályok keletkeztek a kiindulásihoz hasonló arányban jelenlévő 211 illetve 011 fázisok mellett. Ekkor a ZrO_2 egy része $BaZrO_3$ -á reagált és ezzel egyidejűleg nagyobb mennyiségű üveges/amorf fázis maradt a lehűtött mintákban, mint $BaZrO_3$ adalék bevitelkor (2-3. ábra). Ezen amorf fázis jelenlétével, az ebből adódó gyengébb szupravezető szemcsehatár kapcsolatokkal magyarázható a ZrO_2 -tartalmú minták kisebb (0,0136 vs. 0,2000 g/g minta, 0,0609 vs. 0,4444 g/g minta) mágneses lebegtető ereje. Mindez arra utal, hogy a $BaZrO_3$ előnyösebben használható égetési alátétként, vagy tégelyként, mint a ZrO_2 , mivel esetlegesen a szupravezető anyagba kerülő $BaZrO_3$ kevésbé befolyásolja a fázisösszetételt, s ezáltal a szupravezető fizikai tulajdonságait.



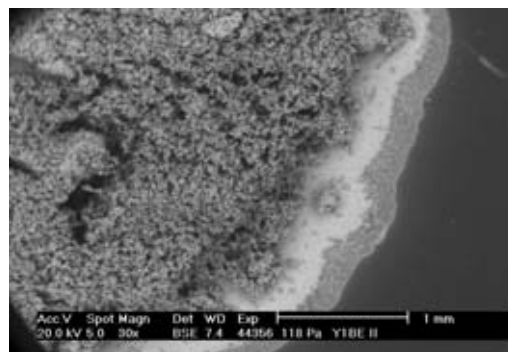
2. ábra Y1Z I elektronmikroszkópos felvétele
Fig. 2. SEM micrograph of sample Y1Z I



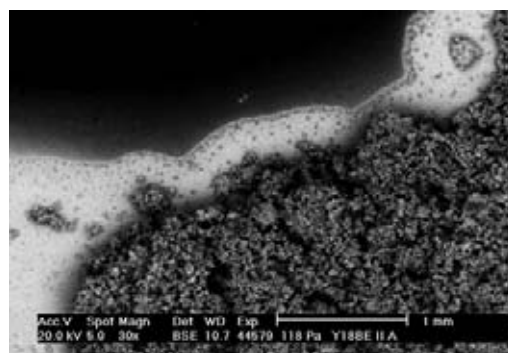
3. ábra Y1,8Z I elektronmikroszkópos felvétele
Fig. 3. SEM micrograph of sample Y1,8Z I

Az olvadék/amorf fázis mennyiségének csökkentése érdekében a továbbiakban ezen előszinterelt minták ismételt hőkezelését kisebb csúcshőmérsékleten, $1010^\circ C$ -on végeztük (Y1,8 II, Y1,8BZC II). Ekkor a peritektikus reakció csak részben játszódott le. A $BaZrO_3$ -mal adalékolt Y1,8BZC jelű $1050^\circ C$ -on és $1010^\circ C$ -on égetett minták fázisösszetételét összehasonlítva megfigyelhető, hogy az égetési hőmérséklet csökkentése esetén a nagyobb mennyiségű Y123 jelenlétéből adódóan kedvezőbb a fázisösszetétel, viszont kevésbé orientált ortorombos szupravezető fázis képződött, ami kisebb mágneses lebegtető erőt eredményezett. Tehát az adott anyagrendszerek olvadékfázisú szinterelésénél előnyösebb a nagyobb ($1050^\circ C$) égetési hőmérséklet.

A szupravezető és az alátét közti reakciók vizsgálatánál a porított Y1 és Y1,8 minták alátétlapokon való $1010^\circ C$ -os égetése során a központi kristályos szemcsék körül egy olvadék udvar alakult ki, melynek mérete és összetétele az alátét anyagától és a por sztöchiometrikus összetételétől függően változott. Korund alátétén végzett égetésnél a központi porhalmaz Y:Ba:Cu elemaránya hasonló volt a kiindulási anyagéhoz, vagyis az 123 fázis peritektikus bomlása kevésbé játszódott le, feltehetően az alumínium-oxid oldódásának hatására az anyag termikus stabilitása növekedett, míg a porhalmaz körül kialakuló udvar összetétele a jelenlévő ionok eltérő diffúziós sebességének és áramának megfelelően folyamatosan változott a minta közepétől a széle felé haladva. Az EDX analízis alapján az ittrium mennyisége a szemcsehalmaz belsejéből kifelé haladva fokozatosan csökkent. Az udvar középső részében nagyobb bárium tartalmú, kevesebb réz és minimális mennyiségű ittriumot tartalmazó kristályok képződtek, míg az udvar szélén a réz nagyobb diffúziós áramából adódóan főleg Cu-ionok találhatóak (4. ábra). Az Y1,8 kompozit esetén csupán az udvar szélességében (1 mm vs. 500-600 μm) tapasztaltunk eltérést. Az udvar méretének csökkenése azzal magyarázható, hogy ez esetben a nagyobb diffúziós sebességű bárium, illetve réz mennyisége kisebb a minimális diffúziós sebességgel [10] rendelkező ittriumhoz viszonyítva (5. ábra, 1. táblázat).



4. ábra Y1 II jelű korundon égetett minta elektronmikroszkópos felvétele
Fig. 4. SEM micrograph of sample Y1 II heat treated on corundum



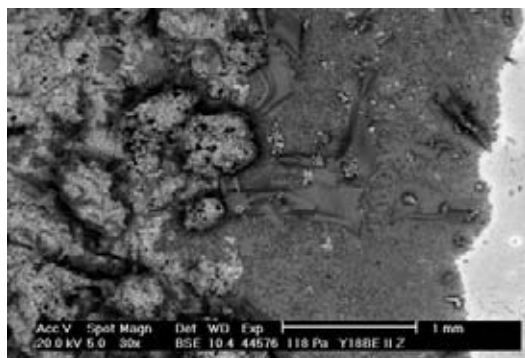
5. ábra Y1,8 II jelű korundon égetett minta elektronmikroszkópos felvétele
Fig. 5. SEM micrograph of sample Y1,8 II heat treated on corundum

ZrO_2 alátétnél a por közepén található szemcsék összetétele közelítően a 211 fázis összetételének felelt meg, vagyis a hőkezelt Y1 minta megjelenése a peritektikus reakciónak megfelelő állapotot mutatta, melynek során az Y_2BaCuO_5 (211) kristályok, valamint az udvart képező Ba és Cu tartalmú ($Ba_3Cu_5O_8$ elméleti összetételű) olvadék keletkezett, mely a hűtés során bizo-

nyos mértékben kikristályosodott. Mindezt alátámasztotta az Y1,8 jelű minta ZrO_2 -on való égetése is. Az így keletkezett udvar egységesebb szerkezetű, és szélesebb (2–2,5 mm) volt, mint korund esetén. Nagysága arra utalt, hogy az ekkor keletkező olvadék fázis az adott ZrO_2 alátétet jobban nedvesíti, mint a korundot (6. ábra, 2. táblázat).

Minták	Vizsgált hely	Tömeg%				
		Y	Ba	Cu	Ba/Y	Cu/Y
Y1 II A	udvar széle	0,79	32,29	29,99	40,87	37,96
	udvar közepe	1,04	52,24	8,62	50,23	8,29
	porhalmaz közepe	6,08	49,87	29,39	8,20	4,83
Y1,8 II A	udvar széle	1,90	26,09	37,87	13,73	19,93
	udvar közepe	1,81	50,77	6,94	28,05	3,83
	porhalmaz közepe	16,29	41,24	26,42	2,53	1,62

1. táblázat Y1 II és Y1,8 II jelű korund alátétet égetett minták EDX analízise
Table 1. EDX analyse of sample Y1 II and Y1,8 II heat treated on corundum



6. ábra Y1,8 II jelű ZrO_2 -on égetett minta elektronmikroszkópos felvétele
Fig. 6. SEM micrograph of sample Y1,8 II heat treated on ZrO_2

Minták	Vizsgált hely	Tömeg%				
		Y	Ba	Cu	Ba/Y	Cu/Y
Y1 II Z	udvar szélében apró szemcse	0,69	12,59	69,91	18,25	101,32
	udvar szélében nagy szemcse	2,48	11,73	70,68	4,73	28,50
	porhalmaz közepe	32,86	29,35	23,99	0,89	0,73
Y1,8 II Z	széle	1,65	5,86	75,21	3,55	45,58
	porhalmaz közepe	39,14	30,99	16,95	0,79	0,43

2. táblázat Y1 II és Y1,8 II jelű ZrO_2 -ön égetett minták EDX analízise
Table 2. EDX analyse of sample Y1 II and Y1,8 II heat treated on ZrO_2

4. Összegzés

A modell kísérletek eredményei alapján megállapítható, hogy a ZrO_2 szupravezető anyaggal való reakciója révén keletkező $BaZrO_3$ jelenléte kevésbé rontja a szupravezetési tulajdonságokat, mint a reagálatlan ZrO_2 . A szupravezető vékony vagy vastagrétegeknél, mind a korund, mind pedig a tetragonális ZrO_2 hordozóanyagként való felhasználásánál számolni kell az égetéskor keletkező olvadék fázis nedvesítésével, az olvadék fázis kristályosodásával, ezáltal inhomogén fázisösszetétel és szövetszerkezet kialakulásával.

Köszönetnyilvánítás

Jelen publikáció a TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0025 azonosítóú projekt támogatásával valósult meg.

Felhasznált irodalom

- [1] *Anyagszerkezeti vizsgálatok, Laboratóriumi gyakorlatok jegyzet*, Veszprémi Egyetem
- [2] *Die Hochtemperatur – Supraleitung: Stand und Perspektiven*, cfi/Ber.DKG, 80, 11 (2003) D21
- [3] Mihály, L.: *Élet és Tudomány*, 13 (1988) 387.
- [4] Szász, A.: *Új szupravezetők: Kerámiák, amelyek ellenállás nélkül vezetnek*, mkl,49, 3 (1991) 103.
- [5] Brosha E. L. – Garzon F. H. – Raistrich I.D. – Davies P.K.: *J. Am. Ceram. Soc.* 78, 7 (1995) 1745.
- [6] Sestak, J. – Kamarád, J. – Holba, P. – Triska, A. – Pollert, E. – Nevřiva, M.: *Charge Distribution, pressure and composition effects of CuOx based superconductors*, *Thermochimica Acta*, Amsterdam, 174 (1991) 99.
- [7] Aldica, G. – Bradea, I. – Jaklowszky, J. – Crisan, A.: *Improvement of the Superconducting Transport Properties of $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ by $BaZrO_3$ Doping*, *Journal of Superconductivity Incorporating Novel Magnetism*, Vol. 14, No.3 (2001) 28.
- [8] Brosha, E. L. – Garzon, F. H. – Raistrich, I. D. – Davies, P. K.: *J. Am. Ceram. Soc.* 78, 7 (1995) 1745.
- [9] Sztórkay K. – Grasselly Gy. – Nemeč E. – Kiss J.: *Ásványtani praktikum II.*, Tankönyvkiadó Bp. (1970), 478.
- [10] West, A. R.: *Solid State Chemistry and its Applications*, John Wiley & Sons Chichester, New York, (1992)

Ref.: <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2011.8>

Németh Dóra – Eniszné Bódogh Margit: *Y-Ba-Cu-O bázisú szupravezetőknél a ZrO_2 égetési segédanyagok alkalmazhatóságának vizsgálata*. *Építőanyag*, 63. évf. 3–4. szám (2011), 48–51. p.

**Építőipari Perlit – Mezőgazdasági Perlit
Környezetvédelmi Perlit – Hidrofóbizált Perlit**

PERLIT

A környezettudatos építész hőszigetelő anyaga!

- Természetes környezetbarát ásványi anyag
- Kiváló hőszigetelő ($\lambda=0,040-0,042$ W/mK) és páraáteresztő ($\mu=3$)
- Épülettel megegyező élettartam
- A duzzasztott perlit nem éghető A1!

**Töltse fel vázkerámia falazótéggláját
P1H hidrofóbizált duzzasztott perlittel
és építsen passzívházat!**
44 NF esetén $U=0,15$ W/m²K számított érték!

ANZO
perlit

H-3525 Miskolc, Szivárvány u. 2.
Perlit Gyár: H-2316 Tököl, Petőfi Ipartelep
Tel: +36 46 320 910; +36 30 9251 450
vesztoi@anzokft.hu www.anzokft.hu

Controlling the structure and morphology of ZnS nanoparticles by manipulating the temperature profile

CHAN GI LEE • AIST • change-ri@aist.go.jp

YUSUKE NAKAMURA • Kyushu University • md-y-nakamura@mms.kyushu-u.ac.jp

HIROYUKI NAKAMURA • AIST • nakamura-hiroyuki@aist.go.jp

MASATO UEHARA • AIST • m.uehara@aist.go.jp

HIDEAKI MAEDA • AIST, Kyushu University, CREST • maeda-h@aist.go.jp

Received: 16.02.2011. • Érkezett: 2011.02.16. <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2011.9>

We propose a method to control the kinetics by controlling the reaction condition stringently with time. One-pot temperature triggered reaction system was employed with identical raw material solutions of ZnS nanoparticles and several patterns of heating profile to show their effects and usefulness during the preparation process were applied. ZnS raw materials were heated up by two type heating rate profile (0.01 °C/sec, 500 °C/sec) to achieve the desired temperature. In high heating rate (500 °C/sec), zinc blend (ZB) phase spherical nanoparticles were obtained above 125 °C. Wurtzite (WZ) phase ZnS nanorods were synthesized under a low heating rate condition (0.01 °C/sec). Furthermore, the crystal phase of the final particles is determined by the initial temperature during particle generation.

Keywords: phase and morphology control, temperature profile, ZnS nanoparticle

Introduction

Potential applications of nanoparticles are expected for various fields such as electronics, energy, and biology. Generally, the physical and chemical properties of nanoparticles are dependent on the structure (e.g. defects, composite structures, and crystal phases) and morphology (e.g. size and shapes of particles) [1, 2]. Therefore, structure and morphology control of nanoparticles is an important issue, and many reports on the synthesis of metal and semiconductor nanoparticles have been reported [1, 2]. Generally for a nanoparticle synthesis by chemical solution process, a reaction condition, which is determined by the type and concentration of each chemical reagents, reaction temperature and time etc., are selected to control the reaction thermodynamics and kinetics. Because the nanoparticle preparation process basically treats a non-equilibrium states, apart from the equilibrium control of reaction, kinetic control of processes such as nucleation, growth, aggregation, and ripening are important [1–3]. The importance of kinetic control is recognized by many researchers, especially for particle size and distribution. Timing and rate of nucleation and growth that is a result of comprehensive growth mechanism that is influenced by surface reaction rate and monomer feeding rate are said to strongly affects the particle size distribution [4–6] and particle shape [1, 2]. Moreover, in recent years, some studies revealed the effect of kinetic control on crystal phase, defect generation and doping concentration of nanoparticles [7–16]. Generally, surface energy and volume energy determine the total free energy of nanoparticles. Therefore, the factors to determine those energies (e.x. particle diameter, sort and area of crystal face, adsorption and desorption of capping agents (i.e. surface ligands)) are affected by several kinetics including nucleation and growth kinetics and also by adsorption-desorption kinetics of capping agents. As such, the kinetic control can be a useful factor for colloidal

Dr. Chan Gi LEE

is Post-Doctoral Fellow in Micro-space Chemistry Solution team, Measurement Solution Research Center (MSRC), National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Japan. He received doctoral degree at Kyushu University in 2009.

Yusuke NAKAMURA

is graduate student in Kyushu University and he received the master degree in March, 2011.

Dr. Hiroyuki NAKAMURA

actually is senior researcher in Micro-space Chemistry Solution Team, MSRC, AIST, Japan. After he received his doctoral degree in 1994 in engineering from Kyushu University, he worked for AIST and Shimane University (1997–1999), and again AIST from 2000. His current research field is micro-space chemistry for inorganic nanomaterials.

Dr. Masato UEHARA

actually is a researcher in Micro-space Chemistry Solution Team, MSRC, AIST, Japan. After he received his doctor degree at Kyushu University in 1998, he worked for Kyushu University, and he joined AIST from 2002. His research focuses on using electron microscope and X-ray analysis to investigate and develop nanocrystal materials.

He has investigated the phase stability and morphology of ZnS nanocrystals in recent years.

Prof. Dr. Hideaki MAEDA

actually is leader of Micro-Space Chemistry Solution Team, MSRC, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Japan, Professor of Kyushu University, and Research Director of CREST, JST. After he received his master degree from Kyushu University in 1989, he worked for Mitsui mining company LTD., Kyushu University and joined AIST from 1999. He has got engineering degree at Kyushu University in 1994. His current research field is micro-space chemistry.

nanoparticle synthesis procedure. The full understanding and exploitation of such kinetic effects will help more in controlling the production of nanoparticles, and furthermore, it may help realize a new process, e.g. preparation of various structures and morphologies (i.e. different properties) of nanoparticles from a handful of types of reaction systems. There are two types of methods for kinetic control. One is to control the reaction kinetics by reaction conditions [5, 8, 9, 11, 12, 16], and the other is to control the reaction conditions stringently with time [7, 10, 13, 14]. In the current state, the former is dominant because it is rather difficult to control the reaction condition with time in a quantitative manner; however, it is possible to find some reports for the latter case. For example, Manna et al has reported on kinetic effects on shape of CdSe nanocrystals. They controlled branching and phase of CdSe nanocrystals by “rapid” and “slow” injection of CdSe raw material solution with proper timing [13]. Also, Cozzoli et al. reported phase and shape control of ZnSe nanocrystals except control over ligands. The injection of large volumes of stock solution yielded spherical particles in the exclusive cubic ZB structure, whereas slow, dropwise addition of the same stock solution promoted the formation of rodlike in the WZ phase [10]. However, from the viewpoint of controllability of kinetics, quantitative control of mixing is not easy – a partially high concentration and temperature fluctuations that can be generated during raw material injection may give unwanted effects. Puentes et al.

showed that the heating time of the reaction solution can affect the crystal phase of Co [14]. Therefore, in this study, we employed a simple temperature triggered reaction. Here it should be noted that a microreactor, which is a small flow type chemical reactor whose representative size is less than 1 mm, is a very useful tool for precise temperature control with time [17]. The reactor can heat room temperature reaction solution up to reaction temperature (e.g. 200 °C) within ca. 0.5 s, in a homogeneous manner [18].

In this study, we tried to control the phase and morphology of ZnS. ZnS has a wide optical band gap (3.6 eV), and a promising material for novel applications including light-emitting diodes (LEDs), electroluminescence, and sensors, etc. [19]. ZnS have two representative polymorphs, i.e. cubic ZB structure and hexagonal WZ structure. For bulk system, the ZB at low-temperature phase is more stable while the WZ at high-temperature form polymorphs at around 1023 °C [20]. However, DFT calculation showed that the phase stability also depends on particle size (diameter) and WZ phase is more stable than ZB phase when the particle size was smaller than 4 nm [21], as the result of high surface/volume ratio. Furthermore, several researchers have reported that the composition of ligands and solvents in the reaction solution affect the crystal phase, because these factors influence the surface energy of particles [22–24]. As such, the crystal phase of the ZnS nanoparticles is considered to be strongly affected by the size and surface energy of nanoparticles. Therefore, the stability of the phase can be affected by the particle size (i.e. surface/volume ratio) and shape (i.e. crystal habit) as the result of growth process (i.e. growth mechanism), and reaction environment around the nanoparticles (i.e. thermodynamical equilibrium including surface state of the particle). Therefore, many researchers report on the phase and shape control of ZnS nanoparticle by the solution process [23–25].

From this point of view, we selected ZnS nanoparticles as a model material, and tried to control the crystal phase and morphology by kinetic control. For simplicity, one-pot temperature triggered reaction system was employed with identical raw material solutions, and applied a few patterns of heating profile to show the effects and usefulness of the heating pattern during the preparation process.

Experimental procedure

Zinc iodide (ZnI_2 , 99.999%) and sulfur (S) powder were provided by Aldrich. Oleylamine and 1-octadecene (reagent grade) were purchased from Acros Organic and Wako Pure Chemicals, respectively. All solvents were vacuum distilled before use. ZnS nanocrystals were prepared by a solution process called “organo-metallic route” [26], ZnI_2 was dissolved in oleylamine (0.03 mol/L) at room temperature, and S powder was dissolved in octadecene at 150 °C (0.15 mol/L). After cooling the solution to room temperature, these solutions were mixed and used as a raw material for ZnS nanocrystals. ZnS nanocrystals were synthesized with several pattern temperature profiles. For slow heating rate, the raw material solution for ZnS was heated in oil bath, immediately after mixing Zn and S source solution in a glass vessel. The heating rate was controlled

using PID (proportional–integral–derivative) controller. For rapid heating, a glass capillary with an internal diameter (ID) of 200 μm was used to heat the raw material solution and collected in a glass vessel for further heating. A heat transfer calculation was used based on the expectation that in room temperature the solution can be heated within 0.4 s up to 200 °C (500 °C/sec) for the current type of microreactor [18].

The product nanocrystals were washed with ethanol and redispersed in hexane. ZnS nanocrystals were characterized by X-ray diffraction (XRD, RINT-TTR; Rigaku) and scanning transmission electron microscope (STEM, S-5200; Hitachi High-Technology) to determine the crystal phase and morphologies. In addition, the average particle sizes and rod lengths were calculated by analysis of SEM images (Quick Grain).

Results and discussion

At first, two heating profiles were applied for ZnS nanoparticle synthesis: profile A-heating with heat-up from room temperature to 200 °C by using a heating rate of 0.01 °C/s and maintenance at 200 °C for 1h, and profile B-heating with an increase in temperature up to 200 °C by heating rate of 500 °C/s and maintenance at 200 °C for 1h. In order to observe the development of particle shape and phase, an aliquot of the sample was purified for STEM and XRD analysis. The schematics of applied temperature profile and morphology for each sampling point is shown in Fig. 1. XRD diffraction pattern for each sampling point is shown in Fig. 2. With the low heating rate (0.01 °C/sec) condition (profile A: Fig. 1.) the product yield (PY) at 100 °C was 60% and it reached ~100% at 125 °C. At 100 °C, the produced particles were very small (<~2 nm) and the morphology was not clear. However, at 125 °C, the morphology was rather ellipsoidal, whose short axis was about 3 nm and long axis was 5 nm. With an increase in temperature up to 175 °C, the length of the particle increased to 7 nm (150 °C) and 8 nm (175 °C) without showing obvious change in short axis (3 nm). On the other hand, the crystal phase at 100 °C was not clear (Fig. 2. (a)), but at 125 °C the hexagonal WZ structure started to become visible and completely dominated at 175 °C. These results indicate that ZnS generation by chemical reaction is already completed at 125 °C, and the c axis of wurtzite (WZ) ZnS grows with temperature with maintenance of constant width. This result suggests an oriented attachment of WZ ZnS nanoparticles (and rods) wherein they serve as building blocks [27]. On the other hand, from 175 °C to 200 °C, the growth became isotropic with the short and long axis increasing to 4 nm and 10 nm, respectively. The following 1h aging showed no difference in the average length and width, but based on the STEM image, their size distribution appears to increase by aging. At 200 °C, the WZ peak became weaker than that at 175 °C and less obvious after 1h of aging. The isotropic growth of rod like ZnS under equilibrium yield implies that the growth is caused by Ostwald ripening. The reason for the change in the growth mechanism is not clear at present but can probably be caused by enhancement of the material transfer rate (i.e. dissolution and re-deposition rate) due to Ostwald ripening. It should be noted that the increase in zinc blende (ZB) phase at 200 °C might show that ZB phase is more preferred at this

temperature for the current reaction system. In the case of profile B, after the temperature reached 200 °C within 1 s, the product yield increased with aging time; 15% (5 s), 40% (10 s), 60% (20 s) and 85% (60 s). The morphology of the particles were hardly observable by STEM before 10 s, but at 20 s (PY~60%), small isotropic particles of ~2 nm in diameter were observed, and characterized as ZB structure by XRD. Further aging made the particles grow to 3.5 nm (10 min) and 4.0 nm (60 min) without any change in isotropic morphology and crystal phase (ZB) under an equilibrium product yield. The crystal phase for the high heating rate (profile B) was ZB from the early stage and was different in comparison to the WZ observed for the low heating rate (profile A). This result agrees with the former results which indicate higher stability of ZB at 200 °C.

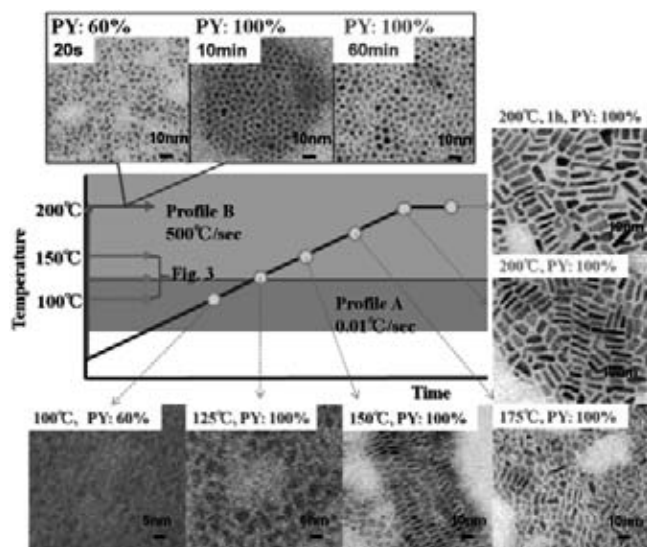


Fig. 1. Schematic diagram of temperature profile and SEM images of ZnS nanoparticles
 1. ábra A hőmérsékletprofil és a ZnS nanorészecskék pásztázó elektronmikroszkópos (SEM) felvétele

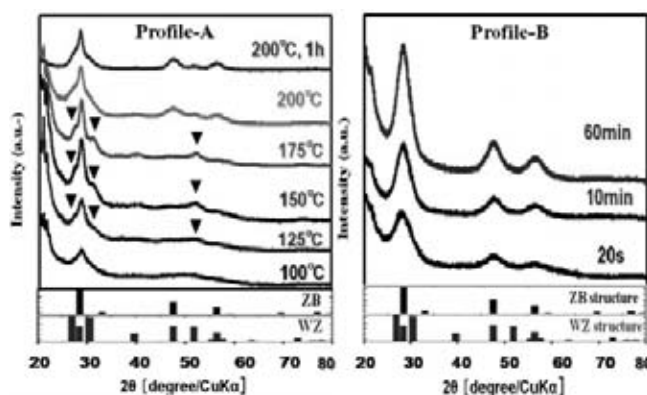


Fig. 2. Typical XRD pattern of ZnS nanoparticles; (a) high heating rate (500 °C/sec), (b) low heating rate (0.01 °C/sec).
 2. ábra ZnS nanorészecskék jellemző röntgen-diffraktogramjai (a) fűtési sebesség 500 °C/s (b) fűtési sebesség 0,01 °C/s

The above results clearly show the effects of temperature profile on the phase and morphology of ZnS nanoparticles. The low heating rate caused the formation of WZ type ZnS at 125 °C then anisotropically grew by oriented attachment and finally formed rod like particle at 200 °C, while the particles

generated at 200 °C were isotropic ZB nanoparticles. Following these results, to investigate and clarify the stable structure for temperature between 100 °C to 200 °C, we further modified the temperature profile and performed another experiment with the following conditions: the raw material solution was heated up to 100, 125, and 150 °C with high heating rate (500 °C/sec) and kept at each respective temperature for 1h. The results are shown in Fig. 3. At 100 °C, very thin WZ ZnS nanorods (width ~1.5 nm) which resemble magic size nano wires recently reported by Den et.al. [29] were generated, whereas at 150 °C, isotropic ZB nanoparticles were obtained. At 125 °C, the product had a 2 nm diameter and appeared rather isotropic, but the phase was a mixture of WZ and ZB structures. From these results, it can be concluded that ZB was preferably generated above 125 °C, whereas WZ was favored below 125 °C. The difference in the crystal phase in the different generation temperatures could be the main reason for the temperature profile effects shown in Fig.1.

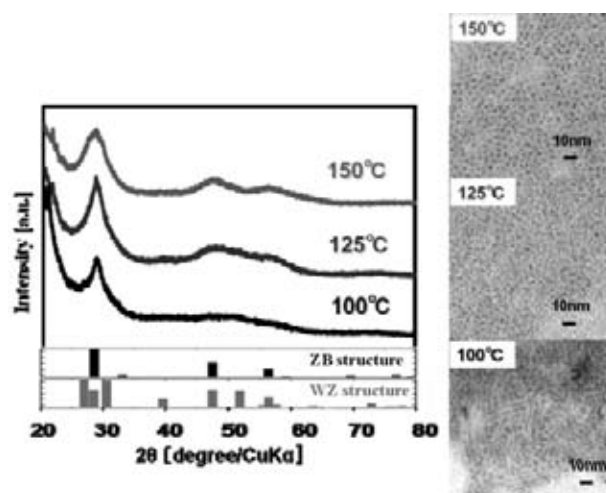


Fig. 3. XRD pattern and SEM images of ZnS nanoparticles 100, 125, and 150 °C with high heating rate (500 °C/sec)
 3. ábra ZnS nanorészecskék röntgen-diffraktogramjai és SEM felvételei 100, 125 és 150 °C-on, 500 °C/s fűtési sebesség mellett

Finally, we tried to use the heating profile control to skip or enhance the critical temperature region for WZ particle. To enhance the WZ structure, the reaction solution was heated at a rate of 0.005 °C/s to reach 100 °C and kept at this temperature. As shown in Fig. 4., the product had clear WZ phase and thicker ZnS nanorod with 3 nm width and 20 nm length. The width and length were much larger than those subjected to 1h aging (Fig. 3.) regardless of the constant product yield, suggesting that ripening process proceed to enhance the WZ structure at this temperature. In contrary, the reaction mixture was heated at a rate of 500 °C/sec to reach 200 °C (Fig. 1. profile-B) and kept at this temperature for 20 s, then quenched to 75 °C and kept for 24h as shown in Fig. 5. This profile skips the temperature for WZ structure generation but aged at the temperature for WZ structure. The resultant particles had ZB structure with 3 nm that indicate isotropic ripening growth. The results show that ZB structure particles are favored over Ostwald ripening, and the initial heating profile actually determines the fate of the particles for this temperature. Consequently, temperature profile considering the critical temperature region is important

to control the phase and morphology of ZnS nanocrystals by the current method.

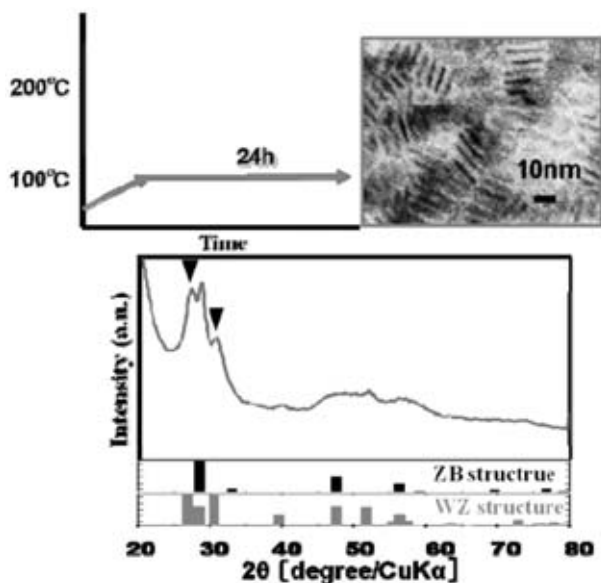


Fig. 4. XRD pattern and SEM images of ZnS nanoparticles at 100°C 24h (heating rate: 0.005°C/sec)

4. ábra ZnS nanorészecskék röntgen-diffraktogramjai és SEM felvételei 100°C-on, 24 órás kezeléskor, 0.005°C/s fűtési sebesség mellett

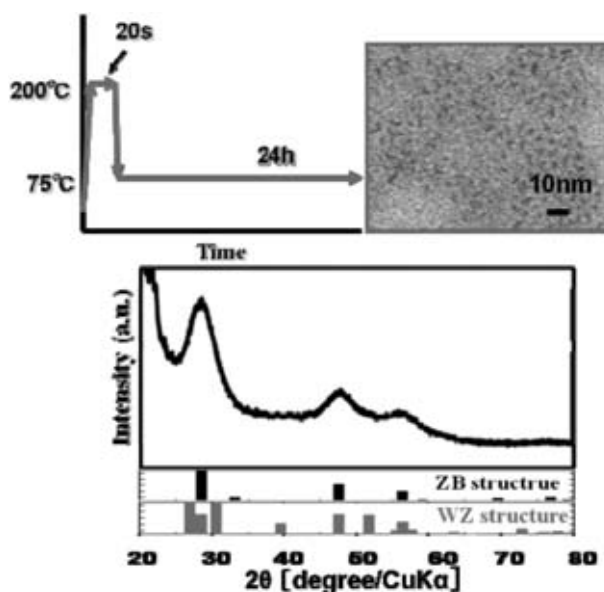


Fig. 5. XRD pattern and SEM images of ZnS nanoparticles at 75°C, 24h (heating rate: 500°C/sec to 200°C)

5. ábra ZnS nanorészecskék röntgen-diffraktogramjai és SEM felvételei 75°C-on, 24 órás kezeléskor, 500°C/s fűtési sebesség mellett

Conclusion

In this study, ZnS nanocrystals were synthesized from identical raw material solutions, and the effects of temperature profile on the resultant phase and morphology of ZnS nanocrystals were investigated. It was possible to obtain a rod like ZnS particles by slow heating (0.01°C/s) up to 200°C, whereas a fast heating rate (500°C/s) formed spherical nanoparticles. Particle generation and growth during those processes revealed that wurtzite (WZ) ZnS nanoparticles were generated

below 125°C for the slow heating rate and undergo oriented attachment to generate rod like particles, whereas the fast heating rate generates zinc blende (ZB) type ZnS nanoparticles after reaching 200°C, showing the clear effects of particle generation temperature on the crystal phase. A series of fast heating rates up to various temperatures revealed the effects of generation temperature and showed that the marginal line for ZB type and WZ type particle generation was around 125°C. Further experiment on aging for a long period of time for WZ generation region enhanced the WZ structure to give thick rod like particles, whereas skipping WZ generation region by rapid heating presented ripening of spherical ZB nanoparticles at low temperature aging. Consequently, the series of simple experiments successfully showed the importance of temperature profile for shape and phase control even in cases of using the same starting solution. In our additional experiments, we also tried to control the phase and shape of ZnSe nanocrystals via temperature profile by using microreactor which made it possible to realize more precise heating profile control. The results will be reported in our next publication.

Acknowledgment

This work is supported by the Core Research for Evolutional Science and Technology (CREST) program of the Japan Science and Technology Corporation (JST).

References

- [1] J. Park – J. Joo – S.G. Kwon – Y. Jang – T. Hyeon: *Angew. Chem. Int. Ed.* 46 (2007) 4630–4660 and references therein.
- [2] Y. Yin – A. P. Alivisatos: *Nature*, 437 (2005) 664–670 and references therein.
- [3] E. E. Finney – R.G. Fink: *J. Colloid Interface Sci.*, 317 (2008), 351–374.
- [4] X. G. Peng – J. Wickham – P. Alivisatos: *J. Am. Chem. Soc.* 120 (1998) 5343–5344.
- [5] J. van Embden – J. E. Sader – M. Davidson – P. Mulvaney: *J. Phys. Chem. C*, 113 (2009) 16342–16355.
- [6] J. Y. Rempel – M.G. Bawendi – K. F. Jensen: *J. Am. Chem. Soc.*, 131,(2009) 4479–4489.
- [7] K. Nam – J. Shim – D.W. Han – H. S. Kwon – Y. M. Kang – Y. Li – H. J. Song – W. S. Seo – J. T. Park: *Chem. Mater*, 22 (2010) 4446–4454.
- [8] D. J. Norris – A. L. Efros – S. C. Erwin: *Science*, 319 (2008) 1776.
- [9] H. G. Bagaria – G. B. Thompson – M. Shamsuzzoha – D. E. Nikles – D.T. Johnson: *Journal of Applied Physics* 101 (2007) 104313.
- [10] P.D. Cozzoli – L. Manna – M.L. Curri – S. Kudera – C. Giannini – M. Striccoli – A. Agostiano: *Chem. Mater.*, 17 (2005) 1296–1306.
- [11] Y. Yang – O. Chen – A. Angerhofer – Y. C. Cao: *J. Am. Chem. Soc.*, 130 (2008) 15649–15661.
- [12] C. Lizandara-Pueyo – M. W. E. van den Berg – A. De Toni – T. Goes – S. Polarz: *J. Am. Chem. Soc.*, 130 (2008) 16601–16610.
- [13] L. Manna – E.C. Scher – A.P. Alivisatos: *J. Am. Chem. Soc.*, 122 (2000) 12700–12706.
- [14] V. F. Puentes – D. Zanchet, – C. K. Erdonmez – A. P. Alivisatos: *J. Am. Chem. Soc.*, 124 (2002) 12874–12880.
- [15] J. Joo – J. M. Pietryga – J. A. McGuire – S.H. Jeon – D. J. Williams – H.L. Wang – V. I. Klimov: *J. Am. Chem. Soc.* 131 (2009) 10620–10628.
- [16] C. G. Lee – Y. Nakamura – H. Nakamura – M. Uehara – H. Maeda: (in submitting).
- [17] H. Nakamura – A. Tashiro – Y. Yamaguchi – M. Miyazaki – T. Watari – H. Shimizu – H. Maeda: *Lab Chip*, 4 (2004), 237–240.
- [18] X. S. Fang – T. Zhai – U. K. Gautam – L. Li – L. Wua – Y. Bando – D. Golberg: *Prog. Mater. Sci.* 56 (2011) 175–287.
- [19] C. Y. Yeh – Z.W. Lu – S. Froyen – A. Zunger: *Phys Rev B* 46 (1992) 10086–10097.

- [21] T. Akiyama – K. Sano – K. Nakamura – T. Ito: Jpn J Appl Phys, 46 (2007)1783–1787.
- [22] e.g., Y. Li – X. Li – C. Yang – Y. Li: J. Phys. Chem. B, 108 (2004) 16002–16011.
- [23] L. Jiang – M. Yang – S. Zhu – G. Pang – S. Feng: J. Phys. Chem. C, 112 (2008) 15281–15284.
- [24] S. Biswas – S. Kar: Nanotech. 19 (2008) 045710.
- [25] H. Tong – Y. Zhu – L. Yang – L. Li – L. Zhang – J. Chang – L. An – S. Wang: J. Phys. Chem. C, 111 (2007) 3893–3900.
- [26] J. Joo – H. Na – T. Yu – J. Yu – Y. Kim – F. Wu – J. Zhang – T. Hyeon: J. Am. Chem. Soc. 125 (2003) 11100–11105.
- [27] J. Zhang – F. Huang – Z. Lin: Nanoscale, 2 (2010) 18–34.
- [28] Z. Deng – H. Yan – Y. Liu: Angew. Chem. Int. Ed., 49 (2010) 8695 –8698.

Ref.: <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2011.9>

Chan Gi Lee – Yusuke Nakamura – Hiroyuki Nakamura – Masato Uehara – Hideaki Maeda: *Controlling the structure and morphology of ZnS nanoparticles by manipulating the temperature profile*. Építőanyag, 63. évf. 3–4. szám (2011), 52–56. p.

Cink-szulfid nanorészecskék szerkezetének és morfológiájának szabályozása a hőmérsékletprofil változtatásával

Módszert javasolunk reakciók időbeli lefutásának szabályozására a reakciókörülmények szigorú időbeli beállításával. ZnS nanorészecskéket tartalmazó, azonos összetételű oldatokban, megfelelő hőmérsékleten beindított szakaszos reakciók esetén tanulmányoztuk a különböző hőmérsékletprofilok hatását a lejátszódó folyamatokra. A ZnS kiindulási anyagot két különböző fűtési sebesség (0,01 °C/s és 500 °C/s) mellett melegítettük fel a kívánt hőmérsékletre. Nagy fűtési sebesség-nél cink-elegyfázisú (ZB), gömbszerű nanorészecskékből álló anyagot kaptunk 125 °C felett. Kis hűtési sebességnél Würzitet tartalmazó (WZ) ZnS nanorudak keletkeztek. Megállapítottuk továbbá, hogy a végtermékek fázisviszonyait a részecskék előállításakor alkalmazott kiindulási hőmérséklet határozza meg.

Kulcsszavak: fázisösszetétel és morfológia szabályozása, hőmérsékletprofil, ZnS nanorészecske

FOLYÓIRATSZEMLE

Isoliertechnik

2011. szeptember

A lap a Bundesfachgruppe WKSM im Zentralverband des Deutschen Baugewerbes, a Verband Österreicher Dämmunternehmungen és a Verband Schweizerischer Isolierfirmen hivatalos kiadványa.

- Új nevek szigeteléstéchnikai nagyvállalatoknál, a Saint-Gobain Isover G+H AG-nél, az AGI auf der Habsburg-nál, a FLIR System in Frankfurt-nál, a Knauf Verwaltungsgesellschaft-nál, a Gesamtverband Dämmstoffindustrie-nál
- Aktuális hírek a Korff, a Lindner, az Isover, a Dr. Starck & Co. GmbH, az Armacell, a Rockwool és Kaefer cégektől
- ISO'12, Európa legnagyobb szigeteléstéchnikai szakkiállítás Kölnben, 2012. május 10–11-én

Cikkek:

- Hővédelem a jövőben
- Új üzemi struktúra a Rockwool-nál
- A jövő energiatakarékos házai
- Zajcsökkentés és szigetelés az RWE Emslandi gázerőművében
- Kirajzolódik a változás az energiaszektorban
- Brüsszeli visszhangok a német energiafordulatról
- Elasztomerhabok ragasztása – kontaktragasztók
- Párafékező anyag, vagy párazáró anyag a hidegtechnológiai szigetelésben
- Építési szerződések – illegális gyakorlat az alvállalkozók alkalmazásában
- Változó hőmérsékletű berendezések szigetelése
- Csőátvezetések szakszerű elhatárolása elasztomerhabokkal – tűzvédelem
- Ipari hőszigetelésről – új ISOVER weboldal
- A szakipar esélyei – a fűtés egyre drágább
- 2 az egyben – Arma-Chek Silver az Armacell-től
- RAL – új minőségtanúsítvány a műanyaghabokra
- Szerelt füstcsatornák – építési tűzvédelem
- Új F90 szigetelés sprinkler berendezésekre a Rockwool-tól
- Polyrock – hangelnyelő, függesztett álmennyezet a Rockwooltól
- Teremakusztikai megoldások nagy terekre – Hanno-Tect
- Kaiflex termékek UL tanúsítása

Regenhart Péter

Glass International

2011. március, pp. 11-14.

Stuart Hakes: **Hogyan javítja az űrkomponál alkalmazott bevonási technológia az üveglvasztó kemencék boltozatának emissziós tényezőjét**

Az üveglvasztó kemencék energia-megtakarításának új módszerét mutatja be a cikk szerzője, mely a közelmúltban nyert ipari alkalmazást.

Egy licencadási program keretében lehetővé vált, hogy a NASA által kifejlesztett, és az űrkomponk külső szigeteléséhez nano-részecskéket felhasználó bevonatokat az üveglpar is átvehesse. Ehhez előzően olyan kötőrendszereket kellett kifejleszteni, mellyel a bevonat a kemence tűzálló falzatának az üveggel nem érintkező felületére felhordható. A bevonat igazi haszna, hogy emissziós tényezője magas hőmérsékleten megközelíti az elméleti (fekete test) értéket. Míg a kemence tűzálló falzatának emissziós tényezője a 0,4-0,6 közötti tartományban van az olvasztás hőmérsékletén, addig az Emissshield márkanévű bevonat kb. 0,9. Ez azt jelenti, hogy a bevonat által elnyelt hő mintegy 90%-át visszasugározza a hidegebb üveglvadéokra.

A bevonatot kereskedelmileg 2006-ban vezette be a NARCO a FIC (UK) céggel együttműködésben, és mára már számos, elsősorban multinacionális cég vette alkalmazásba. A bevonat viszonylag egyszerűen, felszórással (szórópisztollyal) hordható fel a hideg kemencék belső felületére. Meg kell jegyezni, hogy a bevonatot nem célszerű öntött AZS blokkokra alkalmazni, mivel azok magas hőmérsékleten üveges fázist „izzadnak” ki magukból, ami jelentősen csökkenti a bevonat hatékonyságát. A cikk szerinti 28 alkalmazás fele un. „oxy-fuel”, míg másik fele hagyományos gáztüzelésű kemencénél került bevezetésre különböző üvegtípusoknál: a palacküvegtől a vízüvegen át a börtartalmú üvegig.

Az Emissshield szélesebb körű kipróbálása újabban kiterjed a munkakádak, fűtött csatornák és a gyártó szerszámok területére is.

A bevonat komplex gazdasági és környezeti előnyökkel bír. A cikk szerinti 28 gyakorlati alkalmazás és több éves üzemeltetés után elmondható, hogy 10% földgáz-megtakarítás is elérhető a kemencék méretétől függően. Emellett természetesen arányosan csökken a kemencék CO₂, SO_x és NO_x kibocsátása is.

Lipták György

Polymer derived ceramic foams with additional strut porosity

VERENA RESCHKE • Otto-von-Guericke University of Magdeburg (OMa), Institute for Materials and Joining Technology

ALEXANDRA LASKOWSKY • OMa, Institute for Materials and Joining Technology

MATHIAS KAPPA • Brandenburg University of Technology, Light Weight Ceramics Group

KAISHI WANG • University of Washington (UW), Department of Materials Science and Engineering

RAJENDRA K. BORDIA • UW, Department of Materials Science and Engineering

MICHAEL SCHEFFLER • OMa, Institute for Materials and Joining Technology • m.scheffler@ovgu.de

Received: 28.02.2011. • Érkezett: 2011.02.28. <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2011.10>

Ceramic foams with additional strut porosity were prepared by a self-foaming process of a polysilsesquioxane. The strut porosity was generated by adding sacrificial pore formers comprising of polymethylmethacrylate or of polyethylene to the self-foaming silicone. The polymer-inherent shrinkage was reduced by adding SiC particulate fillers to the silicone/pore-former mixture. Foaming was carried out on a preheated furnace at 270 °C, and subsequent pyrolysis was performed in argon atmosphere in the temperature range from 800 °C to 1200 °C in order to trigger the polymer-to-ceramic transformation of the polysilsesquioxane. The materials were characterized with respect to the pore size and the total porosity, the microstructure and the mechanical strength. The volumetric mean pore diameter of the strut ranged from 25 µm to 100 µm and the porosity was found to be 40% to 94%. The maximum compression strength exceeded 16 MPa.

Keywords: ceramic foams, preceramic polymers, self-foaming process, sacrificial pore formers

Verena RESCHKE

studied chemistry at the University of Oldenburg, Germany, and received her degree (Dipl. Chem.) in 2009. She is a Ph.D. student in the research group for Ceramic Materials at the Institute of Materials and Joining Technology, Otto-von-Guericke University of Magdeburg (OMa), Germany. Presently, she is working on the fabrication of nanosized polymeric and ceramic materials.

Alexandra LASKOWSKY

received a diploma degree in chemical engineering from the OMa in 2009. She is Ph.D. candidate in the research group for Ceramic Materials at the Institute of Materials and Joining Technology at OMa. Her research is focused on coating of ceramics and metals with preceramic polymers.

Mathias KAPPA

studied physics at Brandenburg Technical University, Cottbus, Germany (BTU). He received his Diploma degree in 2005. In 2007 he started a Ph.D. study at the BTU developing ceramic coatings on metals. In 2011 he joined the department of medical physics at the Carl-Thiem-Klinikum GmbH, Cottbus, Germany, and is in charge for medical computer tomography.

Kaishi WANG

received a Ph.D. degree in Materials Science & Engineering/Nanotechnology from the University of Washington, Seattle, WA, USA (UW), in 2010. His research interests mainly focus on polymer derived ceramics and ceramic matrix composites for high-temperature and harsh environment applications. Currently, he is a postdoctoral research associate at UW, working on the functional uses of preceramic polymers.

Rajendra K. BORDIA

holds a Ph.D. degree in Materials Science & Engineering. He is a professor in the Department of Materials Science & Engineering at the UW. Among others, he is Fellow of the American Ceramic Society (2002) and was awarded the Alexander-von-Humboldt Research Award for Senior Scientist (2007). His research focuses on processing and properties of ceramics and composites with current focus on material systems for energy, environment and health.

Michael SCHEFFLER

holds a Ph.D. degree in inorganic chemistry. He is a professor for Materials Technology and head of the Ceramic Materials group at OMa. His research focuses on inorganic non-metallic materials with extended functionality for high-temperature and energy applications. He is in charge for the expert group of Cellular Materials of the Deutsche Gesellschaft fuer Materialkunde e. V. (DGM).

1. Introduction

Due to their outstanding properties such as high porosity, low thermal conductivity, high permeability, high temperature stability, chemical inertness, excellent thermal shock resistance, low dielectric constant, etc., ceramic foams have gained increasing interest during the past fifteen years or so. Therefore, the foams are considered for a wide range of technological applications such as filters, membranes, absorbents, catalytic substrates, thermal insulation, gas burner media, refractory materials, lightweight structural panels, reinforcement for polymer or metal composites and biomedical devices [1–5]. Novel developments are dedicated to the manufacturing of high-transparent glass foams for optical applications such as biological cell support or support for photocatalysts [6, 7]. The most relevant processing routes for the fabrication of porous ceramics are (i) replica techniques [8–10], (ii) direct-foaming techniques [11–16] and (iii) sacrificial template methods [17–19].

In this work, SiC filled polymer derived ceramic foams with additional strut porosity were manufactured by the addition of polymethylmethacrylate (PMMA) or polyethylene (PE) as sacrificial pore formers to a polysilsesquioxane with structure terminating hydroxyl and ethoxy groups. When heat is applied in the temperature range between 220 °C and 300 °C condensation of the aforementioned functional groups occurs resulting in (i) the formation of water and ethanol, (ii) the formation of foam bubbles and (iii) the increase of the viscosity which actually prevents the foam from collapsing. As a result, a foamed thermoset silicone is obtained [12]. In contrast to previous work, in this work the foamed mixture comprises of the artificial burn-outs, additionally, which are more or less homogeneously distributed in the struts. The burn-out is intended to leave behind additional porosity in the struts.

2. Experimental procedure

Ceramic foam processing

A methyl phenyl poly (silsesquioxane) (general formula $[(C_6H_5)_{0.62}(CH_3)_{0.31}(OR)_{0.07}SiO_{1.5}]_n$ with $n \sim 20$, Silres H44, Wacker Chemie, Burghausen, Germany) which contains additional cross-linking active groups $R=[-OH]$ and $[-OC_2H_5]$ was used as preceramic polymer [12, 13]. The polymer is solid at room temperature, has a melting interval at around 60 °C and exhibits a density of $\sim 1 \text{ g/cm}^3$. The H44 was loaded with SiC (F800D, $d_{50} = 7,8\text{--}9,8 \text{ }\mu\text{m}$, ESK-SiC GmbH, Frechen, Germany). As sacrificial burn-out materials (strut-pore former) PMMA with a bead size of 50–150 µm, an average molecular weight (M.W.) of 35,000 g/mol⁻¹ and a density of $\rho = 1.2 \text{ g/cm}^3$ was used (Acros Organics, Geel, Belgium). The other pore former used in this work is ultra-high molecular weight polyethylene with three different particle size distributions (GUR*UHMW-PE,

GUR-X143 with $d_{50}=20 \mu\text{m}$, GUR-2126 with $d_{50}=30 \mu\text{m}$ and GUR-4150-3 with a particle size $d_{50}=60 \mu\text{m}$; density of all samples $\rho=0.3 \text{ g/cm}^3$; Ticona GmbH, Oberhausen, Germany).

The preceramic polymer:SiC filler:burn-out materials were dry mixed in a weight ratio of 54:36:10 in an overhead mixer with grinding balls for 2 h. The mixture was then filled in aluminum tubes and foamed at 270°C for 2 h in air in a preheated furnace. The next step was sintering in a tube furnace in argon atmosphere. The foams were fired at a heating rate of 3 K/min⁻¹ to 500°C and hold for 2 h. Subsequently, the foams were further heated at 5 K/min⁻¹ to 800°C, 1000°C or 1200°C with a holding time of 2 h. The cooling rate to room temperature was set to 5 K/min⁻¹. After pyrolysis, the foams were cut with a low-speed saw. The diameter of the samples was 20 mm and the height 25 mm. A processing scheme is given in Fig. 1.

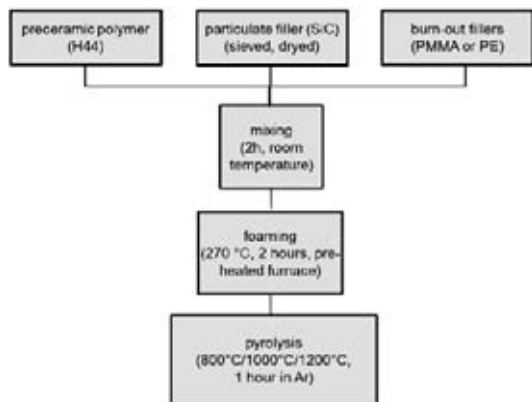


Fig.1. Processing scheme of the manufacturing of polymer derived ceramic foams by a self-foaming process with additional burn-outs for strut porosity generation
 1. ábra Polimer alapú kerámia habok előállításra szolgáló, a porozitás növelését célzó, járulékos kiégéssel kombinált önhabosodási eljárás folyamatsémája

Characterization

Thermal analysis of the sacrificial templates as well of the samples was carried out with a STA 409 (NetzschGerätebau GmbH, Selb, Germany). The green material was heated with 5 K/min⁻¹ to an end temperature of 1300°C. The atmosphere was argon with a flow rate of 70 ml/min⁻¹. The foam morphology was characterized using scanning electron microscopy (SEM JSM-7000, EDX - JEOL Ltd. Tokyo, Japan). Prior to analysis the samples were sputter-coated with platinum.

Porosity and pore size distribution of the pyrolyzed foams was measured by Hg intrusion with a MicromeriticsAutoPore IV 9500 (Micromeritics Corporate Headquarters, Norcross, GA, USA). From selected samples microcomputertomography (μ -CT) was carried out to investigate the cell morphology of the macroscopic cells with a Skyscan 1172 (Skyscan, Kontich, Belgium).

The compressive strength was determined at room temperature with the cylindrical samples having a height of 25 mm and a diameter of 20 mm. A universal testing machine (Instron 4505, Instron, Norwood, MA, USA) was used with a constant crosshead speed of 1.5 mm/min⁻¹. From the maximum stress after elastic deformation the crushing strength of the foam was computed.

3. Results and discussion

Previous studies referring to synthesis parameters such as filler size, ratio of starting materials and foaming temperature showed a significant influence of these parameters on the effectiveness of the foaming process. The use of SiC filler particles with diameters of 0.6–0.9 μm , e.g., inhibits the foaming process. The obtained structures showed no macro porosity after the foaming procedure. To obtain foamed structures comparable to the unfilled system, filler particles with a particle size ranging from of 8 to 10 μm have been used. A preceramic polymer to filler ratio of 60:40 wt% showed good results in terms of foaming behavior. It was found that the maximum weight fraction of the sacrificial template should not exceed 10 wt% of the mixture. Especially in the case of PMMA a higher ratio led to an extremely high macro porosity with an inhomogeneous pore size distribution. Thus, foams were prepared with a polymer:SiC filler:burn-out template weight ratio of 54:36:10. X-ray diffraction analysis of foams pyrolysed up to 1200°C showed no crystalline phases beside that of SiC which was introduced as filler particles to minimize shrinkage. Therefore the obtained silicon oxycarbide (SiOC) ceramic structures have been assumed to be amorphous. In accordance to results in the literature phase separation and crystallization occur at temperatures above 1200°C [20].

Template	d_{50} of burn-out template in μm (manufacturers data)
PMMA	50 – 150 (bead size)
PE GUR-4150-3	60
PE GUR-2126	30
PE GUR-X143	20

Table 1. Template sizes used to create additional strut porosity
 1. táblázat A növelt porozitás kialakításhoz használt sablonok

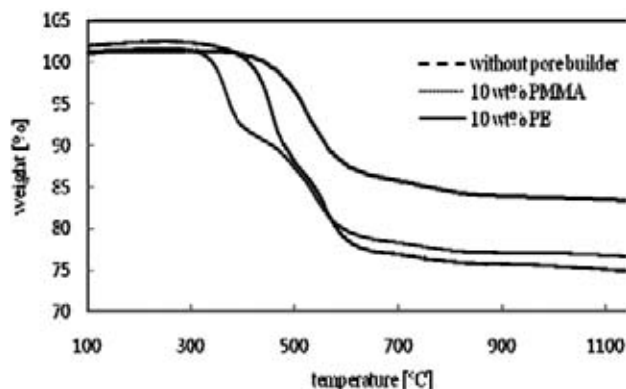


Fig. 2. Thermal gravimetric analysis of the as-synthesized foams
 2. ábra Az eredetileg előállított habok termogravimetriás elemzése

Foams with additional strut porosity were prepared by using distinct pore formers made up of polymethylmethacrylate (PMMA) microbeads or ultra-high molecular weight polyethylene grains (PE), respectively. In the latter case, three different particle sizes were used (see Table 1). Thermal gravimetric analysis in argon revealed a total weight loss > 98 wt% for both types of raw materials. The decomposition of PMMA

was found to start at about 280 °C and was completed at 440 °C, whereas all PE types decomposed identically in a temperature range from about 440 to 500 °C. Fig. 2. shows a comparison in weight loss for foams prepared with and without pore former materials pyrolysed in argon up to 1200 °C. The heating rates were set in correspondence to the sintering process. The weight loss of the pore former-free foam was about 17 wt%. Due to the removal of additional sacrificial templates, a higher weight loss of about 24% of the foam prepared with PMMA was found, whereas the total weight loss of PE containing foams was approximately 26 wt%. Presumably, this small difference occurs due to incipient burn-out of PMMA during the foaming process in combination with decomposition at lower temperatures as compared to PE burn-outs. In general, the weight loss for PMMA and PE containing samples is in good agreement with theoretical values taking into account the nearly complete decomposition of the burn-out materials.

The different foams prepared with and without the addition of the sacrificial templates were imaged after sintering in argon at 1000 °C using scanning electron microscopy. For the template-free approach (cf. Fig. 3a.), apart from the occurrence of cracks, large cells with dense struts were observed. As shown exemplarily in Fig. 3b. and 3c., the addition of pore formers led to an increased porosity in the struts. Detailed micrographs of the porous struts revealed that pore size and shape depend on the morphology of the sacrificial template. Large pores (i.e. spherical in shape) with diameters ranging from 40–150 µm are formed when PMMA microspheres were employed (see

Fig. 4a.). However, further observations within the pores depict small spheres of about 1–10 µm after burn out of the PMMA and sintering (cf. Fig. 4b.). EDX analysis revealed no difference in elemental distribution compared to the surrounding SiOC amorphous ceramic structure.

We assume that low-molecular weight components from the preceramic polymer have interacted with PMMA during the low-temperature thermal processing prior to foaming, and spheres have been formed during condensation and crosslinking resulting in the SiOC spheres as found in these samples. However, for a deeper understanding further investigations are necessary.

In comparison, the addition of smaller PE particles such as GUR-2126 resulted in an increased number of irregular formed strut pores with diameters varying from 8–35 µm (see Fig. 4c.). SEM analysis of pure GUR-2126 showed strongly aggregated and irregular formed particles in a similar size range as well. In general, after sintering the generated pore sizes are slightly smaller due to the shrinkage during polymer-to-ceramic conversion during pyrolysis.

Results from mercury intrusion porosimetry are shown in Fig. 5. Sintered samples formerly containing PMMA microbeads possess a volumic median pore diameter of about 100 µm, and a pore diameter of 9 µm was found in foams containing GUR-2126. Strut porosities of sintered foams derived from the PE types GUR-X143 and GUR-4150-3 were estimated to possess volumetric median pore diameters of 25 µm and 81 µm, respectively.

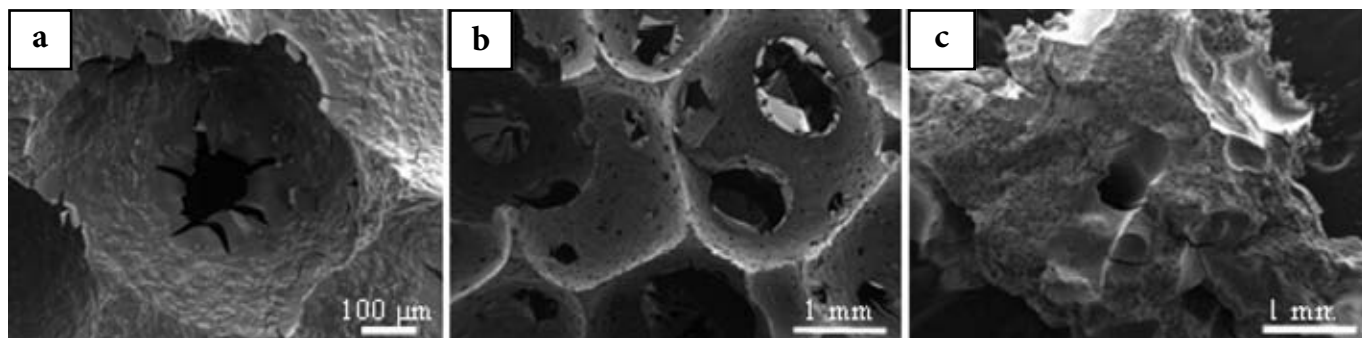


Fig. 3. SEM micrographs of the foam obtained after pyrolysis in argon at 1000 °C. a) no additional pore builder, b) with PMMA, and c) with PE-GUR-2126

3. ábra Az argonban, 1000 °C-on végzett pirolízissel készült habok SEM felvételei (a) további pórusképző nélkül, (b) PMMA-val és (c) PE-GUR-2126-tal

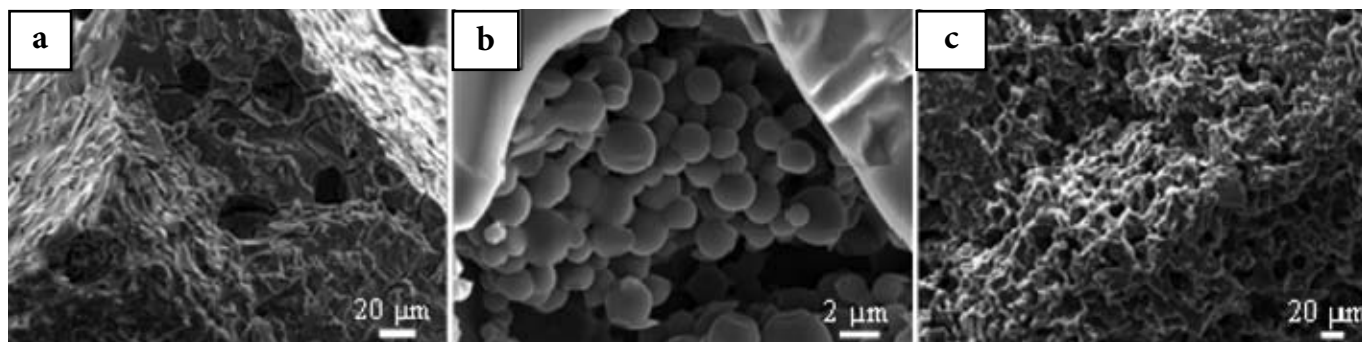


Fig. 4. SEM micrographs detailed view of structures obtained after burn-out of template and pyrolyzed in argon at 1000 °C. a) Strut pores generated by PMMA, b) detailed view within a pore generated by PMMA c) porous strut generated by PE-GUR 2126

4. ábra A sablon kiégése és az argonban, 1000 °C-on végzett pirolízis után kapott termék mikroszerkezetét mutató SEM felvételek (a) a PMMA-val kialakított pórusok, (b) a PMMA-val kialakított pórusok részletes képe és (c) a PE-GUR-2126-tal kialakított pórusszerkezet

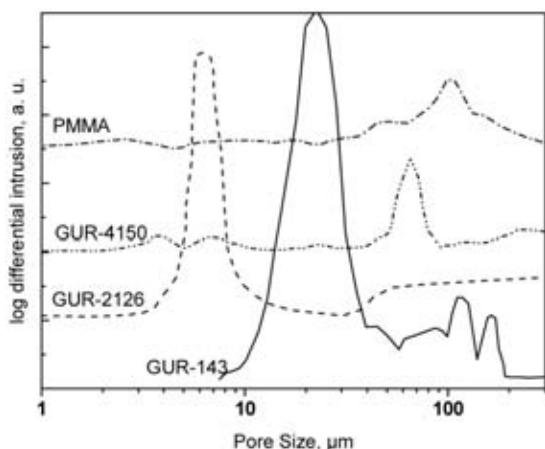


Fig. 5. Results of mercury intrusion for pore size distribution characterization of foams after pyrolysis at 1200 °C

5. ábra Az 1200 °C-on végzett pirolízis után higanypenetrációs módszerrel meghatározott pórusméret eloszlás

The influence of added sacrificial material on cell size distribution and total foam porosity was determined by Micro-CT-analysis (μ -CT). Since obtained cell sizes were inhomogeneously distributed within the macrostructure, the samples were taken from a central part of the foam where a better degree of homogeneity was obvious. Fig. 6a–6c. show 2D images of μ -CT layers of sintered foams prepared with PMMA microbeads and two selected PE types. The addition of large PMMA microbeads led to a low number of relatively large pores. A total foam porosity of 51% was calculated. A 3D reconstruction in two different resolutions is shown in Fig. 6d, e.

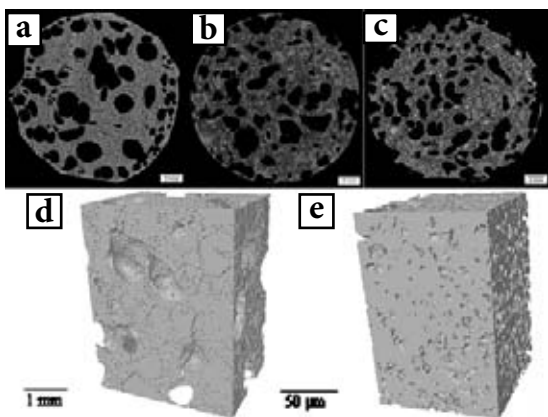


Fig. 6. 2D μ -CT images of sintered foams. a) PMMA microbeads, b) PE GUR-4150-3, c) PE GUR-2126; d) 3D reconstruction foams cells with GUR-2126-generated strut porosity, e) 3D reconstruction of a porous strut in higher resolution

6. ábra A szinterelt habok 2D μ -CT módszerrel felvett képei. a) PMMA mikrogöngyök, b) PE-GUR-4150-3, c) PE-GUR-2126; d) PE-GUR-2126-tal kialakított pórusszerkezet 3D rekonstruált képe, e) a pórusos szerkezet 3D rekonstruált képe nagyobb felbontásban

Regarding the PE templates, a decrease of the PE particle size resulted in a lower total foam porosity accompanied by the occurrence of smaller cell sizes. GUR-4150-3 derived foams showed a total porosity of 54%, whereas a porosity of 40% was measured using the PE template GUR-143-3 with the smallest particle sizes.

Compression tests of the different foams sintered in argon at temperatures from 800 to 1200 °C showed a stepwise crushing

behavior typical for ceramic foams. Fig. 7. shows exemplarily the stress-strain diagram for sintered foams prepared using the PMMA burn-outs. Compressive strength values of up to 12 MPa were obtained. This is in good agreement with data from literature [13]. In comparison, the compressive strength for foams prepared with PE increased with increasing burn-out grain sizes of the template up to values of 16 MPa using GUR-4150-3. However, an influence of the sintering temperature on the compressive strength was not detectable. Further investigations of template effects on formation of the macrostructure and total porosity are necessary.

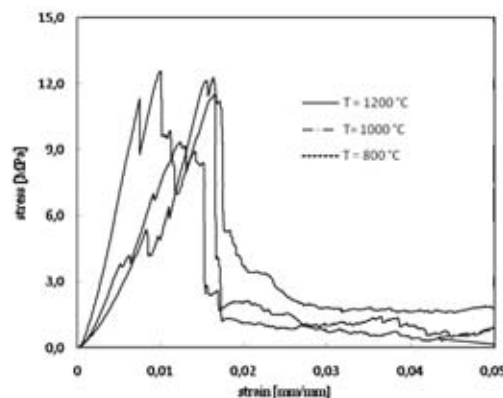


Fig. 7. Stress-strain diagram obtained from foams prepared with PMMA template and pyrolysis in argon at different temperatures

7. ábra PMMA sablonnal, és argonban, különböző hőmérsékleteken végzett pirolízissel készült habok terhelés-feszültség görbéi

Finally it should be noticed that the obtained total porosities of < 55% derived from foams prepared in small aluminum tubes are rather low. When foaming is carried out in large containment the coalescence rate of the foamed material is significantly lower resulting in a higher porosity, typically between 80 and 95%.

Fig. 8a. and 8b. show 2D images of μ -CT of sintered foams produced in an aluminum tray of 10 by 15 cm in size without additional pore builder and with PMMA microbeads, respectively. Micro-CT calculations revealed a high total porosity of 90–94 % for both. Samples prepared with PMMA showed a better pore distribution within the macrostructure with struts equally distributed compared to samples prepared without additional pore builders.

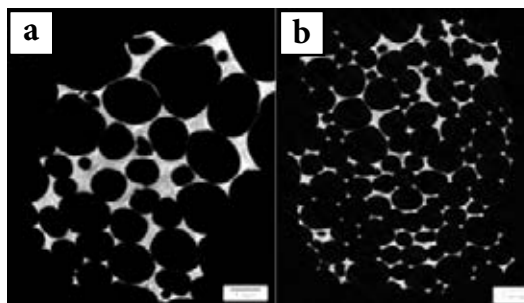


Fig. 8. 2D μ -CT images of pyrolyzed foams prepared in an aluminum tray. a) without sacrificial template - 94% porosity; b) with PMMA microbeads sacrificial burn-outs - 90% porosity

8. ábra Alumínium vályúban pirolizált habok 2D μ -CT módszerrel felvett képei a) sablon nélkül, 94% porozitással, b) PMMA mikrogöngyök kiégésekor, 90% porozitással

4. Conclusions

Polymer derived ceramic foams with additional strut porosity were successfully fabricated by a direct foaming approach with a self-foaming polysiloxane and additional sacrificial burn-outs comprising of PMMA or PE. The size and shape of the resulting pores in the struts can be controlled by altering the morphology of the sacrificial templates used in this approach. The polymer derived ceramic foams possessed total porosities ranging from 40% to 95%, and compressive strength exceeded 16 MPa, depending on nature and size of the template, and on foaming containment, respectively.

Acknowledgements

The authors would like to thank the German Academic Exchange Service (DAAD) for financial support (D/08/11079). Sincere thanks for collaboration are given to Dr. Viola Wilker and Christiane Ohl of Light Weight Ceramics Group at the Brandenburg University of Technology Cottbus (Cottbus, Germany), and to Tuesday Kuykendall of the University of Washington, Seattle, WA, USA.

References

- [1] Scheffler, M. – Colombo, P.: *Cellular Ceramics: Structure, Manufacturing, Properties and Applications*; WILEY-VCH Weinheim, Germany, 2005, ISBN 3-527-31320-6.
- [2] Studart, A. R. – Gonzenbach, U. T. – Tervoort, E. – Gauckler, L. J.: *Processing Routes to Macroporous Ceramics: A Review*, J. Am. Ceram. Soc., 89 (2006), pp. 1771–1789.
- [3] Colombo, P.: *Conventional and novel processing methods for cellular ceramics*, Phil. Trans. R. Soc. A, 364 (2006), pp. 109–124.
- [4] Scheffler, M. – Scheffler, F.: *Zeolite coatings on porous monoliths*, Advances in Science and Technology, 45(2006), pp. 1260–1267.
- [5] Scheffler, M. – Scheffler, F.: *Processing of ceramic foams and their surface modification with zeolites*, Ceramic Forum International 85 (2008), E45–E50.
- [6] Ohl, C. – Kappa, M. – Wilker, V. – Bhattacharjee, S. – Scheffler, F. – Scheffler, M.: *Novel Open-Cellular Glass Foams for Optical Applications*, J. Am. Ceram. Soc. 94 (2011), pp. 436–441.
- [7] Bhattacharjee, S. – Das, P. R. – Ohl, C. – Wilker, V. – Kappa, M. – Scheffler, F. – Scheffler, M.: *Novel-type glass foams from preceramic polymers with embedded titania nanoparticles for photo-catalytic applications*, Adv. Eng. Mater. 2011, in press.
- [8] Schwartzwalder, K. – Somers, H. – Somers, A. V.: *Method of making porous ceramic articles*, US Patent no. 3.090.094, 1963.
- [9] Vogt, U. F. – Györfy, L. – Herzog, A. – Graule, T. – Plesch, G.: *Macroporous Silicon Carbide Foams for High Temperature Applications and Catalyst Supports*, Journal of Physics and Chemistry of Solids, 68 (2007), pp. 1234–1238.
- [10] Adler, J. – Teichgraber, M. – Standke, G. – Jaunich, H. – Stoeber, H. – Stötzl, R.: *Open-Cell Expanded Ceramic with a High Level of Strength, and Process for the Production thereof*, WO 97/45381, 1996.
- [11] Colombo, P. – Griffoni, M. – Modesti, M.: *Ceramic Foams from a Preceramic Polymer and Polyurethanes: Preparation and Morphological Investigations*, J. Sol-Gel Sci. Technol. 13 (1998), pp. 195–199.
- [12] Gambaryan-Roisman, T. – Scheffler, M. – Buhler, P. – Greil, P.: *Processing of Ceramic Foam by Pyrolysis of Filler containing Phenylmethyl Polysiloxane*, Ceram. Trans. 108 (2000), pp. 121–130.
- [13] Zeschky, J. – Hoefner, T. – Arnold, C. – Weißmann, R. – Bahloul-Hourlier, D. – Scheffler, M. – Greil, P.: *Polysilsesquioxane derived ceramic foams with gradient porosity*, ActaMaterialia53 (2005), pp. 927–937.
- [14] Sepulveda, P. – Binner, J.G.P.: *Processing of cellular ceramics by foaming and in situ polymerisation of organic monomers*, J. Eur. Ceram. Soc. 19 (1999), pp. 2059–2066.

- [15] Garrn, I. – Reetz, C. – Brandes, N. – Kroh, L. W. – Schubert, H.: *Clot-forming: the use of proteins as binders for producing ceramic foams*, J. Eur. Ceram. Soc. 24 (2004), pp. 579–587.
- [16] Gonzenbach, U. T. – Studart, A. R. – Tervoort, E. – Gauckler, L. J.: *Macroporous Ceramics from Particle-Stabilized Wet Foams*, J. Am. Ceram. Soc. 90 (2007), pp. 16–22.
- [17] Komarneni, S. – Pach, L. – Pidugu, R.: *Porous-alumina ceramics using bohemite and rice flour*, Mater. Res. Soc. Symp. Proc. 371 (1995), pp. 285–290.
- [18] Lemos, A. F. – Ferreira, J. M. F.: *Porous bioactive calcium carbonate implants processed by starch consolidation*, Mater. Sci. Eng. C11 (2000), pp. 35–40.
- [19] Colombo, P. – Bernardo, E. – Biasetto, L.: *Novel microcellular ceramics from a silicone resin*, J. Am. Ceram. Soc. 87 (2004), pp. 152–154.
- [20] Kleebe, H. J. – Turquat, C. – Soraru, D.: *Phase Separation in an SiO₂ Glass Studied by Transmission Electron Microscopy and Electron Energy-Loss Spectroscopy*, J. Am. Ceram. Soc., 84 (2001), pp. 1073–1080.

Ref.: <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2011.10>

Verena **Reschke** – Alexandra **Laskowsky** – Mathias **Kappa** – Kaishi **Wang** – Rajendra K. **Bordia** – Michael **Scheffler**: *Polymer derived ceramic foams with additional strut porosity*. Építőanyag, 63. évf. 3–4. szám (2011), 57–61. p.

Polimer alapú, növelt porozitású kerámia habok

Növelt porozitású kerámia habokat állítottunk elő poliszil-szeszkvioxán önhabosodási folyamatával. A porozitást az önhabzó szilikonhoz további pórusképzőt, nevezetesen poli(metilmetakrilátot) vagy polietilént adagolva növeltük meg. A polimer saját belső zsugorodását úgy csökkentettük, hogy a kiindulási szilikon-polimer elegybe SiC részecskéket tartalmazó töltőanyagot kevertünk. A habosítást 270 °C-ra előmelegített kemencében végeztük. Ezt követően az anyagot argon atmoszférában, 800–1200 °C közötti hőmérsékleten pirolizáltuk a poliszil-szeszkvioxán kerámiai anyaggá történő átalakítása céljából. Meghatároztuk a termékek pórusméretét és teljes porozitását, vizsgáltuk mikroszerkezetüket és mechanikai szilárdságukat. A termékek térfogat szerinti átlagos pórusmérete 25 és 100 µm között, porozitása 40 és 94% között változott. A legnagyobb mért nyomószilárdság 16 MPa felett volt. Kulcsszavak: kerámia habok, prekerámia polimerek, önhabosodási folyamat, növelt hatású pórusképzők

A 2002. június 13-án megnyitott **Magyar Perlit Története** állandó kiállítás a MTESZ Fő utcai székházának bezárását követően jelenlegi formájában megszűnik. A kiállítás anyagának gondozását várhatóan Pálháza Város Polgármesteri Hivatala, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, a Perlit '92 Kft., a Cemkut Kft., a Mineralholding Kft. és a Perlit Fejlesztési Alapítvány veszik át. További információ kérhető a Szilikátipari Tudományos Egyesület titkárságán (tel./fax: 06-1/201-9360, email: info@szte.org.hu), valamint dr. Rudnyánszky Páltól (tel./fax: 06-1/329-8189).

2012-ben lesz 15. éve, hogy 1997. december 16-án Munkácson megnyitották a Rákóczi és Petőfi emlékszobákat. Az évforduló megünneplésének előkészítését megkezdte az SZTE Szigetelő Szakosztálya.

Elhunyt **Hartmann Tibor** (1924–2011) a Szilikátipari Tudományos Egyesület örökös tagja. Emlékét őrizzük.

Buildings and climate change: impacts on roofs and vulnerability to wind storms

SÁRA ERZSÉBET HORVÁTH • Budapest University of Technology and Economics

▪ sarahorvath@epsz.bme.hu

TAMÁS PÁLVÖLGYI • Budapest University of Technology and Economics ▪ tpalvolgyi@mail.datanet.hu

Received: 30.04.2011. ▪ Érkezett: 2011.04.30. <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2011.11>

Changes in climate have various implications for building design, construction and maintenance. In the framework of the CLAVIER project a case study has been implemented in Tatabánya to assess the structural impacts and vulnerability on the roof, particularly in point of the wind loads. A classification of building stocks were made in three main groups (dwellings; industrial/commercial buildings; public buildings) and 16 different types were defined representing almost the 90% of Hungarian building stock. The methodology of the assessment of the vulnerability: after estimating the sensitivity to meteorological conditions of each type of building attributed to roof covering material, building's age, roof area etc. we determine the exposure to the wind speed changed caused by the global warming. The indexes of building type's adaptive capacity depends on the attitude and socio-economic situation of house's owners related to mobility, risk prevention, potential to mitigate the damage costs etc. According to our results almost the half of the dwelling categories is attributed higher than average vulnerability. Obsolete block of flats (which are relatively prevalent in Tatabánya), churches and older, dilapidated public buildings are the most endangered. It is obvious that those areas where the block of flats from 1945's and the high-rise prefabricated housing blocks dominate are the most vulnerable. It is also notable, that more than the half of the population of the Tatabánya's inhabitants are living in most vulnerable settlements.

Keywords: climate change, vulnerability, buildings, wind speed

Introduction

Changes in climate have various implications for the built environment: building design, construction and maintenance (CRISP, 2003; Medgyasszay et al, 2007). According to the existing literature (CIBSE, 2005) the possible impact of the climate change on the buildings may be grouped as: the direct impacts on structure (snow load, wind pressure, landslides, flood etc.), on building constructions (fastening systems, water management system, shading etc.), the implication for building materials (frost-resistance, UV-resistance, fadeless etc.) and the indirect impact on in-door climate (temperature, relative humidity etc.) also.

In the framework of the 3 year research CLAVIER project (Climate Change and Variability: Impact on Central and Eastern Europe) a case study has been implemented in Tatabánya to assess the structural impacts and vulnerability on the roof, particularly in point of the wind loads (Clavier, 2011). It should be emphasized that climate change may also affect building constructions of the roof (e.g. fastening of the roof covering elements, the rainwater drainage system) that need further researches.

Classification of the building stock

In order to be able to estimate the sensitivity of a settlement, in view of the results of climate change models, the whole building stock of Hungary were classified (typised). In the representative tipization there are 3 main groups: dwellings, industrial/agricultural/commercial buildings and public

Sára Erzsébet HORVÁTH

MSc Architect. Graduated at Budapest University of Technology and Economics (BUTE) in 2002. Working for BUTE at the Department of Building Constructions as a 'fellow research'. The theme of her PhD research is the influence of climate change to the refurbished prefabricated large panel buildings in Hungary.

Tamás PÁLVÖLGYI PhD

PhD in Earth Sciences, working for BUTE at Department of Environmental Economics as associate professor. He has long-year experiences in climate change impact studies and policy analyses. He was the coordinator of Building's Case Studies in CLAVIER Research Project (Climate Change and Variability: Impact in Central and Eastern Europe), 2006–2009 funded by EU FP6.

buildings. Altogether 16 different types were defined, from the small traditional family houses till modern office buildings and monuments, which represent almost 90% of Hungarian building stock (see examples at Fig. 1-3.). The different building types are characterized by different sensitivity values as well as different non climatic socio-economic drivers.

In this way if the composition of building stock (according to the types) and the future parameters of climate change of a settlement are known the overall vulnerability of a village or town may be estimated.

In the course of standardization the aim was to determine the significant characteristics of buildings in context of the wind load. These characteristics are: the height of the building, the shape and the angle of the roof and the covering of all the external structures (facade and roof).

The age of the building, the time of construction defines the used materials and structures, as well as the operative regulations used.

The selection of the studied area based on the following criteria:

- The building's composition of the area should represent the determined building types.
- The local climate of the selected area should be represented by rural circumstances (i.e. without urban heat island).
- A proper building statistics should be available from the case study area.

These criteria imply to select medium size town. Among them, Tatabánya was selected (the town is a member in Alliance



Fig. 1-2-3. Examples of the elements of the building stock: 'One-storied family house from 1945–1990'; 'Pre-war downtown tenement block' and 'High-rise prefabricated housing block'
1-2-3. ábra Példák a hazai épületállományra: az ún. „Kockaház”, a „Belvárosi bérház” illetve a „Magas panelház”

of Climate-Friendly Municipal-Cities). Tatabánya located in Komárom-Esztergom County was a traditional industrial settlement before 1990. During the last decade, the town transformed to a typical multifunctional region centre, with various new and existing buildings and the building's composition of the town well represents the building stock in Hungary.

Assessment of vulnerability

After the classification of building stock we defined the conceptual framework that creates the connection between the meteorology and the structural design. Finally the elements of Climate Impact and Vulnerability Assessment Scheme (CIVAS) methodology were identified the relevant to this Study. The CIVAS method starts with estimating the sensitivity to the climate change of each building type, than calculating the exposure and adaptive capacity of them. Finally on the basis of these indicators the vulnerability indexes were calculated by using the determined model (see Fig. 4.).

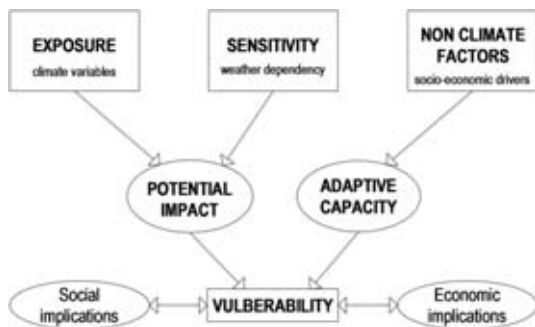


Fig. 4. Application of CIVAS methodology in Buildings Case Study of the CLAVIER project

4. ábra A CIVAS módszer, a CLAVIER projekt Épített Környezet fejezetében

Sensitivity to meteorological conditions

As it was shown the identification of sensitivity is a central element to assess vulnerability. In present case study the wind-related sensitivity is defined as what extent the wind pressure affects the structure of the roof. The meteo-sensitivities are generally attributed to roof covering material, building's age, roof area etc., and determined by expert judgments based on experiences gained in planning, maintenance and insurance activities. This examination was very complex; several aspects should be taken into consideration, with different weights.

The wind related sensitivity depends on many factors, for example the structure and the size of the roof, the type of roof covering (covered by small elements or felts), and the buildings and plants close to the roof structure. The age of the building is one of the most important factors during the vulnerability examinations of roof structures, as the date of the construction determines which standards and regulations were in force, which technologies were used by the designers the builders. Since the 1960ies, the roof structures have been built in weak quality. Its main reason was that formerly the roofs were designed by experimental methods, and these mainly more robust structures could bear severe meteorological events. Since the introduction of structure and measure standards the designers have had to fulfil the minimum requirements, thus in generally say, the roof structures built before the 1960ies are more robust than those were built after this date. This phenomenon – which can be very strange for non-professionals – is well described in the international scientific sources (Roaf et al, 2005).

The sensitivity of the buildings is also influenced by the difference between the financial value of the case of damage and the original value of the building. In this respect, the function of the buildings is also an important factor during the sensitivity examinations. In case of historic buildings the damage is incalculable, thus, these protected buildings (such as ancient public and residential buildings and churches) can be defined as strongly sensitive.

The sensitivity values were identified on a five grade scale by experts' judgments. The highest score is assigned to the situation that is most hazardous for roof damages, and the lowest score denotes the hazardless case. Since the sensitivities are strongly depend on building types, the sensitivity values were determined for each building's type, separately.

Summarizing the results of our examinations the most sensitive buildings in Hungary – besides the historic buildings – are the so called 'cubic houses' which were built after the Second World War, namely the one-storied, square-planned, houses with tent-shaped roof and an area of about 80–100 m² (see Fig. 1.). The public buildings built before 1945, the traditional residential houses and the multi-storied 'cubic houses', which were built after the 1960ies, are slightly less sensible. The smaller or huge industrial buildings, halls, trade buildings and modern office buildings are the less sensible to the wind (the result are shown in Fig. 5.).

Exposure to climate change

The identification of exposure indicators were derived by the relevant standards. The first step was the examination of the wind-related standards and then the definition of the exposure indicators, according to the meteorological calculations. In order to know the reactions of the load bearing structures of buildings to the wind it is important to overview the regulations concerning the structural design, both the current European Standard (Eurocode 1–4, 2004) and the former National Standard (MSz, 1986).

According to Eurocode, the basic value of an action (or impact) is the characteristic value, having annual probabilities of exceedence of 2% (this is equivalent to a mean return period of 50 years.). The design value of an action is calculated from the characteristic value (using e.g. the combination factors, the partial factors etc.). Therefore the characteristic value creates the connection between the meteorology and the structural design.

The characteristic wind speed in different building types was divided into four clusters: low buildings (the characteristic daily mean wind speed $cws = 8$ m/s at height $h = 8$ m), family buildings and commercial centres ($cws = 12$ m/s at $h = 9$ m), moderate high buildings ($cws = 11$ m/s at $h = 17$ m) and high buildings ($cws = 12,5$ m/s at $h = 27$ m).

The exposure indicators are the increase in number of days between 1971–2000 and 2021–2050 when daily mean wind speed exceed critical threshold values according to the clusters. These indicators were calculated from the error-corrected Regional Model REMO (version 5.7, $0,22^\circ \times 0,22^\circ$ grid spacing) IPCC A1B-scenario simulations for the decades from 1971–1980 to 2041–2050.

Summarizing the results of this step the number of days per year when critical daily mean wind speed exceed calculated critical threshold value is the highest (39 day) in case of 3rd cluster, the moderate-high buildings, including block of flats from 1945's, traditional public building, the modern housing estates and the modern office buildings. The exposure indicator is similar of the high buildings in 4th cluster (all the results are shown in Fig. 5.).

Adaptive capacity

The identification of adaptive capacity is an important element to assess vulnerability. In present case study the indexes of building type's adaptive capacity depends on the attitude and socio-economic situation of house's owners related to mobility, risk prevention, potential to mitigate the damage costs etc. The adaptive capacity indicator was also identified on a five grade scale by experts judgments based on experiences of Tatabánya Major Office.

When determining adaptive capacity the social and the financial background of the residents or the owners of the building were explored in the representative area, the town of Tatabánya. Adaptive capacity is mainly determined by the attitudes of the residents/owners of the building, for example, has the residents insurance for the building, by which the damages of the structure, walls, roofs, doors and windows can be refunded, or not. The 'damage prevention capacity' of the building is depending on the financial situation of the

owners, that means, the permanent repair, reconstructions and renovations are taken regularly, or not. In case of block of flats (with more owners) a special hindering factor is the number of the owners, because the decision making process connected to the building can be difficult and slow. The adaptive capacity of the buildings can be improved by the use of national and/or EU financed sources for the reconstruction.

According to our aspects, those types of buildings have the highest adaptive capacity level, where the owners of the building have financial interest to the permanent functioning of the building; thus, the small or large industrial buildings, and the newly built office buildings are in the first place. When the residential buildings are taken into consideration, the residential houses built in the past decades and the buildings of housing estates are in the best group according to adaptive capacity. Unfortunately, in the town of Tatabánya, the 80% of the inhabitants live in buildings with low adaptive capacity values (mainly in older housing estates and residential buildings with more owners, where the owners do not have any insurance on the building). The public buildings and historical buildings – mainly because of the poor financial background and the problems of decision-making process – are among building types with medium adaptive capacity level (the results are shown in Fig. 5.).

Assessment of the vulnerability

On the basis of the exposure, sensitivity and adaptive capacity indicators presented above, the vulnerability indicators were calculated by using of CIVAS model. The basic assumptions are as the follows:

- The changes in exposure (i.e. the estimated climate change manifested in exposure indicators) are statistically significant.
- The sensitivity and adaptive capacity indicators are supposed to be invariant for the time period. In other words, the sensitivity values are the same for the baseline and future periods, which means that the technological development in building's constructions is neglected. It also means that the socio-economic circumstances are unchanged.
- It is assumed that building's roof damages are only caused by wind.

After the calculations of exposure (ΔE), adaptive capacity (A) and sensitivity (S) we can determine the vulnerability (V) of the different types of buildings by a simple algorithm:

$$V_i = \Delta E_i \cdot S_i \cdot (6 - A_i)$$

According to our examinations we can determine, that the following types of buildings can be rated as the most vulnerable: blocks of flats, built after the Second World War in the socialist period; the traditional public buildings, built before the First and Second World War; historical buildings and churches. In the second, group there are the ten-storied panel houses and the tenements built before 1945, mainly in the centre of city. In the medium group, there are the modern housing estates and blocks of flats, and the four-storied blocks of flats. In the group

Types	Exposure (days)	Sensitivity	Adaptive capacity	Vulnerability
block of flats from 1945's	39	↑↑↑	★★	●●●●●●
traditional public building	39	↑↑↑↑	★★★	●●●●●●
church	31	↑↑↑↑↑	★★★	●●●●●●
pre-war downtown tenement block	31	↑↑	★	●●●●●○
high-rise prefabricated housing block	31	↑↑↑	★★	●●●●●○
modern housing estate	39	↑↑↑	★★★★	●●●●○
small prefabricated housing block	9	↑↑↑	★★	●●●●○
traditional family house from early 1900's	4	↑↑↑↑	★★	●●○○○○
one-storied family house from 1945–1990	4	↑↑↑↑↑	★★	●●○○○○
public building from 1945's	9	↑↑↑	★★★	●●○○○○
multi-storied family house from 1960–1990	4	↑↑↑↑	★★★★	●○○○○○
modern family house (from 1990's)	4	↑↑	★★★★★	●○○○○○
small industrial building	39	↑	★★★★★	●○○○○○
large industrial building	39	↑	★★★★★	●○○○○○
commercial centres	4	↑	★★★★	●○○○○○
modern office building	39	↑	★★★★★	●○○○○○

Fig. 5. Exposure, sensitivity, adaptive capacity and vulnerability in various building types in Tatabánya
 5. ábra A tatabányai épületek kitettsége, érzékenysége, alkalmazkodó képessége és sérülékenysége

of less vulnerability, there are the family residences and the public buildings built after the wars. Although the industrial buildings and the modern office buildings have high exposure values, but they have low sensitivity values and good adaptive capacity, therefore their vulnerability is at minimum level.

of buildings can be found, mainly the 'socialist' blocks of flats and the small and large panel houses. The area of the Óváros (Old Town) is also very vulnerable, because of the big housing estates built in the socialist period.

When examining the population of Tatabánya, we can see that more than the half of the population (54,5%) lives in the most vulnerable areas, and their greatest share lives in blocks of flats, panel houses and four-storied houses. Areas with medium vulnerability values are the area of Kertváros and Bánhida, where most of the buildings (50–60%) are family residences, but the share of panel blocks is also important (20–25%). In the other areas with medium vulnerability values are mainly family residences, which vulnerability is low. 10% of the population live in the areas with low vulnerability values; they are mainly family residence belts (VI. and VII. colonies and Alsógalla) and industrial areas.

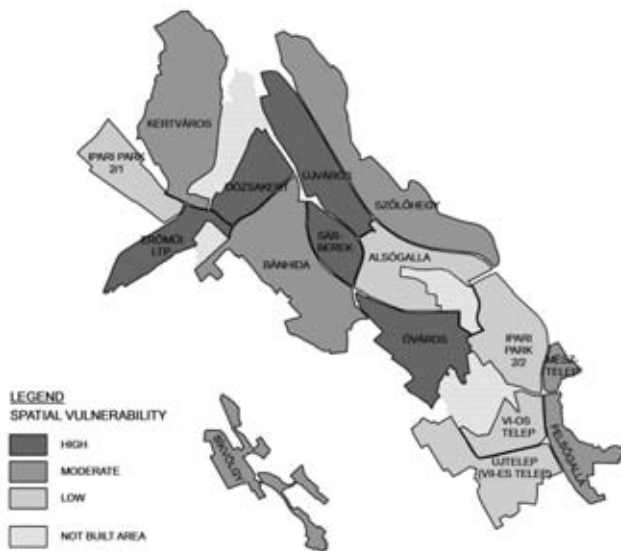


Fig. 6. Spatial vulnerability of building's roof to climate change in Tatabánya
 6. ábra Tatabánya területi sérülékenysége (a klímaváltozás és a tetők viszonyát tekintve)

Summarizing the types of building in Tatabánya according to regional aspects, the vulnerability map of the town was formed (see Fig. 6.). The most vulnerable areas are the following: Dózsakert, Újváros (New Town) and the Erőmű (Power Station) housing estate, because in these areas the most vulnerable types

The major conclusions are as the follows:

- The most vulnerable building's types have been identified as most critical components of the city's building stock and mapped on Tatabánya's urban district.
- It can be shown that almost the half of the dwelling categories is attributed higher than average vulnerability.
- Obsolete block of flats (which are relatively prevalent in Tatabánya), churches and older, dilapidated public buildings are the most endangered.
- It is obvious that those areas where the block of flats from 1945's and the high-rise prefabricated housing blocks dominate are the most vulnerable. It is also notable, that almost 25% of the Tatabánya's inhabitants are living in most vulnerable settlements.

References

- [1] CLAVIER, 2011: Bálint, G. – Balteanu D. – Gobiet A. – Horányi A. – Koto-va L. – Laurent L. – Plamen M. – Pálvölgyi T. – Pfeifer S. – Pretenthaler F.: (2011) *Climate change in Hungary, Romania and Bulgaria: variability and impact. Results of the FP6 CLAVIER project* (Edited by Jacob D.). Imperial College Press (under press)
- [2] CIBSE, 2005: Hacker J. – Holmes M. – Belcher S. – Davies G.: *Climate change and the indoor environment: impacts and adaptation*, Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE), London
- [3] CRISP, 2003: *Building knowledge for a changing climate: The impacts of climate change on the built environment*. Construction Research and Innovation Strategy Panel (CRISP), Published in February 2003 under the UK Climate Impacts Programme
- [4] Eurocode-1-4, 2004: *The European Standard: EN 1991-1-4 Eurocode 1 - Action on structures – Part 1-4: General actions - Wind actions*.
- [5] IPCC, 2007: *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of WG II to the The Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*
- [6] Jacob D. – Horányi A. – Li L. – Gobiet A. – Pfeifer S. – Bálint G. – Pálvölgyi T. – Pretenthaler F.: *Climate Change and Variability: Impact on Central and Eastern Europe*. THE EGG (EGS Newsletter) ISSUE 25 OCTOBER 2008, 22–26.
- [7] Medgyasszay P. – Horváth S. – Beliczay E. – Licskó B. – Meydl Sz. – Varga I. L.: *The mitigation of the climate change and the possibilities of adaptation to the built environment*, study for the National Climate Change Strategy (research report), Independent Ecological Centre, Budapest, 2007 (in Hungarian)
- [8] MSz, 1986: *The National Standard (MSz 15021/1-86) for the design of load bearing structures of buildings*. (in Hungarian)
- [9] Roaf S. – Crichton D. – Nicol F.: *Adapting buildings and cities for climate change*, Architectural Press, Amsterdam, 2005

Ref.: <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2011.11>

Sára Erzsébet **Horváth** – Tamás **Pálvölgyi**: *Buildings and climate change: impacts on roofs and vulnerability to wind storms*. Építőanyag, 63. évf. 3–4. szám (2011), 62–66. p.

Klímaváltozás és az épületeink: a tetőt érő hatások és a széllal szembeni sérülékenység

A klímaváltozás jelentős hatással bír az épített környezetünkre: az épületek tervezésére, az építésére illetve a fenntartásukra egyaránt. A CLAVIER projekt keretében egy módszertant dolgoztunk ki, melynek segítségével a tetőszerkezeteket érő hatások és azok széllal szembeni sérülékenysége meghatározható, s mindezt Tatabányán elvégeztük.

Az épületállományt a tipizálás során három nagy csoportba osztottuk (lakóépületek; ipari/kereskedelmi épületek, ill. középületek) és összesen 16 típusépületet határoztunk meg, melyek a hazai épületállomány közel 90%-át lefedik.

Az érzékenység vizsgálat első lépése, hogy mérnöki közelítéssel meghatároztuk az épülettípusok érzékenységét az időjárási körülményekre, majd meghatároztuk az épületek kitettségét, a globális felmelegedés által okozott szélsőségek növekedésnek. Végül az alkalmazkodóképesség meghatározása során az épületben lakók vagy azt használók ill. tulajdonosok szociális körülményeit és anyagi lehetőségeit tártuk fel: ezt leginkább az épületben élők/tulajdonosok szemlélete, gondolkodásmódja befolyásolja (épületbiztosítás, karbantartási gyakorlatok, igényelhető támogatások stb.).

Az összegzés alapján megállapíthatjuk, hogy a lakóépületeink közel fele az átlagosnál sérülékenyebb és a legsérülékenyebb csoportba tartozó épületeink a II. világháború utáni években épült manapság „szocreál” blokkos társasházak, a háborúk előtt épült hagyományos középületeink és a műemlék épületek, templomok. A települések azon területei a legsérülékenyebbek, ahol a fent említett „szocreál” blokkos épületek, illetve a magas panelházak dominálnak, s a tatabányai lakosság több mint fele (54,5%) a jelentősen sérülékeny területen lakik.

Kulcsszavak: klímaváltozás, sérülékenység, épületek, szélteher

Köszöntő Dr. Balázs György 85. születésnapja tiszteletére

Dr. Balázs György professor emeritus, Széchenyi-díjas nemrégiben ünnepelte 85. születésnapját. A tiszteletére rendezett ünnepségen a Szilikátipari Tudományos Egyesület részéről Asztalos István főtítkár köszöntötte a Professzor Urat.

Miközben készültem a mai napra, azon törtem a fejemet, mivel is tudnám köszöntömet ez alkalomhoz illővé tenni? Elővettem legfontosabb művedet, a Beton és Vasbeton hat kötetét (amely nekem megvan, mert a hetediket még sajnos nem szereztem be) és megnéztem kiknek is ajánlottad ezeket a műveket? Átnézve az ajánlásokat úgy találtam, hogy ezekben benne van mindaz, amit ma itt érdemes elmondani, ezért engedtessek meg nekem, hogy ezeket idézzem.

Az I. kötetet, amely az Alapismeretek története alcímet viseli kedves feleségednek ajánlottad, aki megértéssel fogadta, hogy rajta kívül még egy szerelmed volt: a tudomány és az oktatás.

A II. kötetet, amelynek a Mélyépítési Beton- és Vasbeton Szerkezetek Története az alcíme, kedves szüleidnek, Gimes Lajos tanítónak, és Rábaszentandrás szülőfaludnak ajánlottad, mert ott tanították meg Neked a fizikai munka szeretetét, a tanulni vágyást, az emberek tiszteletét, a töretlen optimizmust és a becsületességre törekvést.

A III. kötetet, amely a magasépítési beton- és vasbetonszerkezetek történetéről szól, a Pápai Református Kollégiumnak ajánlottad, ahol az alapismereteknél kívül a hazaszeretetet, a közösség szolgálatának örömét, az eszmék szabad áramlásának tiszteletben tartását, a küzdeni tudást az igazságért, egymás meggyőzését vitában, valamint a hagyományok tiszteletben tartását és ápolását tanították meg Neked.

A IV. kötetet, amely az oktatás történetét foglalja össze, Dr. Mihailich Győző Kossuth-díjas egyetemi tanárnak ajánlottad, aki első tanszékvezető is volt és aki megtanította Neked a munkatársak iránti megértést, amely egyben határozott vezetéssel is párosul.

Az V. kötetet, amely a kutatás történetének első részét, a tudományos diákkörök, valamint a beton és vasbeton kutatását tartalmazza egy idézettel ajánlottad az olvasók figyelmébe, amely Schimanek Emil rektor 1923. évi tanévnyitó beszédéből való: „Mert bármennyire értékesek magasabb ideális szempontból azok a tudományos elméletek, amelyek a természet törvényeinek megismerésére irányulnak, kétségtelen, hogy az emberiség haladása, kultúrfejlődése a törvények gyakorlati értékesítésén, a technikai tudományok haladásán épül fel.”

És végül, de nem utolsó sorban a VI. kötetet, amely a kutatás történetének második része, és amely a kutatás támogatását, a tudományos ismeretterjesztést és tudományos képzést ismerteti, továbbá rövid életrajzokat közöl azokról, akik a betonért, vasbetonért sokat tettek egy Pascal idézettel ajánlottad: „A jövő talpköve a múlt. Az előre látó ember néz legtöbbit hátra.”

Kedves Professzor Úr!

Születésnapod alkalmából szeretném tolmácsolni a Szilikátipari Tudományos Egyesület jókívánságait, további jó erőt, munkabírást és egészséget kívánva! Isten éltesen még sokáig!

Asztalos István
főtítkár



SZIKKTI LABOR SZILIKÁTKÉMIAI ANYAGVIZSGÁLÓ-KUTATÓ KFT.

A NAT által akkreditált vizsgálólaboratórium

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

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

TEVÉKENYSÉGI KÖR

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

ANYAGVIZSGÁLATI LEHETŐSÉGEK ÉS ESZKÖZÖK

Fizikai vizsgálatok

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

Termoanalitikai vizsgálatok

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

Kristályszerkezeti vizsgálatok

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

Morfológiai és mikroszondás vizsgálatok

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

Kémiai összetétel meghatározása

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

További információ: Dr. Wojnárovits Lászlóné ügyvezető igazgató

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

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



A szubmikronos száraz keverőalmi őrlés lehetőségei és problémái, 2. rész

RÁCZ Ádám

(1985) 2008-ban végzett a Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Karán, előkészítéstechnikai mérnök szakon. Ugyanebben az évben felvételt nyert a Mikoviny Sámuel Földtudományi Doktori Iskolába, ahol jelenleg harmadéves doktorandusz hallgató. Kutatási témája a száraz ultrafinom keverőalmi őrlés, kutatási témavezetői Prof. Dr. Csöke Barnabás, egyetemi tanár és Dr. Muksi Gábor, adjunktus.

RÁCZ ÁDÁM • Miskolci Egyetem, Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet
 • ejtracz@uni-miskolc.hu

Érkezett: 2011.08.02. • Received: 02.08.2011. <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2011.12>

Possibilities and problems of the submicron dry grinding in stirred ball mill (Part II)

The development of the grinding technologies is basically important to satisfy the industry's growing demand for the fine- and ultrafine ground materials and decrease the specific grinding work demand of production. The policy of development can be divided into three parts; firstly, technical development of grinding is necessary in order to optimize the operation and design of the equipment. Secondly, the mechanochemical transformation is taken into consideration, which is of fundamental importance from the viewpoint of more economical applications. Finally, the experiments on the effect of grinding aids are performed. In the present article the optimization of the operation of dry stirred media mill is performed. The influence of ball filling ratio, material filling ratio and the rotor circumferential speed was investigated in case of dry limestone grinding. It was found that the optimal material filling ratio is between 50–70%, the optimal ball filling ratio is 60%, and the bigger rotor circumferential speed resulted in finer ground material.

Keywords: ultrafine dry grinding, stirred media mill

1. Bevezetés

A korábban jelen újság hasábjain megjelent első részben [4] ismertetésre kerültek a száraz keverőalmi őrlés elméleti alapjai, a berendezések geometriai alapon történő csoportosítása és az őrlést befolyásoló tényezők hatása. A második részben az őrlés hatékonyságára, eredményére legjelentősebb befolyást kifejtő tényezők, mint az őrlőtest töltési fok, anyag töltési fok és rotor kerületi sebesség hatásának kísérleti úton történő vizsgálatára kerül sor. A kutatás célja, hogy kísérleti eredményekkel támassza alá a keverőalmok száraz ultrafinom őrlés területén való energiahatékony alkalmazhatóságát, és bemutassa az egyes üzemeltetési gépi paraméterek fajlagos felületre, az őrlemény mediánjára és az őrlőhatósági mutatóra gyakorolt hatását.

2. Kísérleti eszközök és kiértékelési módszerek

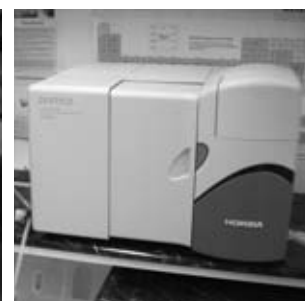
A laboratóriumi őrlési kísérletek elvégzéséhez, egy tárcsás keverőalmot alkalmaztam, mely a Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet egyedi tervezésű és építésű berendezése. A keverőalom kerámia (Al_2O_3) bélással és keverőtárcsákkal van ellátva, melyek nagy kopásállóságúak. A malom rotorján 5 db, speciális kialakítású keverőtárcsa található (1. ábra). A malom köpenyhűtéses, a hűtőközeg víz. A malom hasznos térfogata 530 cm^3 , melyet 50–80% őrlőtest töltési fok mellett 80–120 g anyag őrlésére használhatunk.

A malom hajtómotorjának üzemeltetése egy frekvenciaváltón keresztül történik, mellyel szabályozható a rotor fordulatszáma ill. kerületi sebessége. A malom motor teljesítményszükségletét egy Carlo Gavazzi WM1-DIN típusú energiaméter segítségével mérhetjük.

Az őrlési kísérletek során az őrleményeket egy HORIBA LA-950V2 típusú lézeres szemcsenagyság-elemzővel vizsgáltam, mellyel a minták szemcseméret-eloszlását és számított fajlagos felületét határoztam meg (2. ábra).



1. ábra Laboratóriumi keverőalom 0,8-1 mm-es őrlőtestekkel töltve
 Fig. 1. Laboratory scale stirred media mill filled with 0.8-1 mm grinding media



2. ábra HORIBA LA-950V2 lézeres szemcsenagyság-elemző
 Fig. 2. HORIBA LA-950V2 laser particle size analyser

Tekintettel arra, hogy a száraz finom őrléskor a friss őrlemény jelentős feltapadását tapasztalhatjuk az őrlőgolyókra és a malomfalára (ultrafinom őrléskor a szemcsék agglomerációját, sőt agglomerálódását is észlelhetjük), az őrlési kísérleteket a következőképpen végeztem. Annak érdekében, hogy minden beállítás mellett az őrlés teljes kinetikája kimérésre kerüljön, az őrlési idő függvényében vizsgáltam minden beállítást. A malom tisztíthatósága miatt azonban mindezt hatékonyan csak a következőképpen tudtam elvégezni. A mérések során a malmot feltöltöttem a meghatározott tömegű őrlőtesttel és őrlendő anyaggal, majd fedél lezárása és a hűtővíz keringetésének beindítása után elindítottam a malmot. Adott idő elteltével a malmot leállítottam és a szabadon mozgó anyagrészt a golyótöltettel együtt kiöntöttem. Egy laboratóriumi szitán ezután leválasztottam az őrlőtesteket az őrleménytől és megmértem a tömegét, amiből a szabadon mozgó (nem feltapadt) tömeghányadra következtethetünk, majd mintát vettem ebből az anyagrészből, melyet lézeres szemcsenagyság-elemzővel vizsgáltam. Ezt követően a golyótöltetet és szabadon mozgó anyagrészt vizszoztöltöttem a malomba és a kísérletet folytattam tovább, adott időig. Az előre eltervezett idő lejártával a malmot kiürítettem,

majd a falazatra tapadt anyagrészből is mintát vettem. Ennek a mintának a szemcseméret-eloszlását felhasználva korrigáltam a szabadon mozgó anyaghányadból vett minta szemcseméret-eloszlását és fajlagos felületét a szabadon mozgó anyaghányad és a betapadt rész tömeghányadának függvényében. Valójában összegeztem a két anyagrész eloszlásfüggvényét a tömeghányadaik arányában, majd kiszámítottam gömb szemcsére és 1,4-es alak tényezőre a számított fajlagos felületet. Az őrlési kísérletek kiértékeléséhez meghatároztam a számított fajlagos felület és fajlagos őrlési munkából származtatott ún. őrlhetőségi mutatót, mely megadja az egységnyi energia-bevitel hatására keletkező új „külső” fajlagos felületet. Számítása a következők szerint történt:

$$A = \frac{S_{\text{örlemény}} - S_0}{W_{\text{örlés}}} \quad (1)$$

ahol

A – őrlhetőségi mutató [m²/kJ]

S_{örlemény} – őrlemény fajlagos felülete

S₀ – feladás fajlagos felülete

W_{örlés} – mért fajlagos őrlési munka [kJ/kg].

3. Őrlési kísérletek

Több őrlési kísérlet sorozatot hajtottam végre az őrlőtest töltési fok, az anyag töltési fok, és a rotor kerületi sebesség hatásának vizsgálatára oly módon, hogy minden őrlést vizsgáltam az őrlési idő függvényében is. Az őrlőtest töltési fok esetében három különböző őrlési sorozatot hajtottam végre, 50, 60, 70% töltési fok mellett, állandó 50%-os anyagöltési fokkal, 6 m/s kerületi sebességgel, ZrO₂ 0,8–1 mm-es őrlőtestekkel – őrlést segítő anyag alkalmazása nélkül. Az anyag töltési fok vizsgálatára 5 mérést végeztem, 60%-os őrlőtest töltési fok mellett, sorra 40, 50, 60, 80, 100% anyagöltési fokkal. Az anyag töltési fokot a golyótöltet pórústérfogatára vonatkoztattam. A kerületi sebesség minden esetben 6 m/s, az őrlőtestek átmérője 0,8–1 mm, őrlést segítő anyagot nem alkalmaztam. A kerületi sebes-

ség hatásának vizsgálatára 4 különböző őrlési kísérletsorozatra került sor, 4, 5, 6, 7 m/s rotor kerületi sebesség mellett. A további paraméterek következők voltak: anyag töltési fok 50%, őrlőtest töltési fok 60%, őrlőtestek átmérője 0,8–1 mm volt, őrlést segítő anyagot nem alkalmaztam. Az őrlési idők minden esetben 0,5; 1; 2; 3; 5; 8 perc, a feladás anyaga mézskő, melynek szemcsemérete 45–100 μm közé esett.

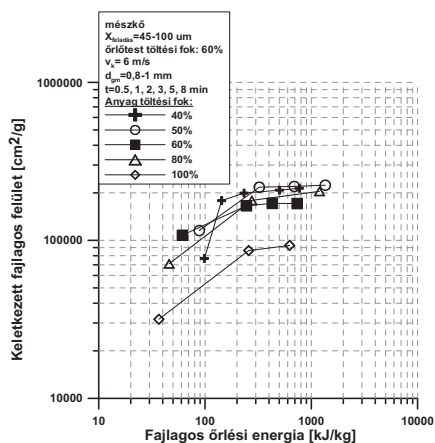
3.1. Anyag töltési fok hatása

Az anyag töltési fok hatását az őrlési idő függvényében a 3, 4, 5. ábrák foglalják össze. Megfigyelhető, hogy a legnagyobb keletkezett fajlagos felület értéket 100 kJ/kg fajlagos őrlési energia bevitele mellett az 50 és 60% töltési foknál értem el. 300 kJ/kg fajlagos őrlési energia bevitelnél pedig az 50%-os töltési fok szolgálta a legnagyobb keletkezett fajlagos felület értéket. Meg kell azonban jegyezni, hogy a 40, 60, és 80% töltési fok sem marad el sokkal ettől a maximális, 216 911 cm²/g értéktől. A 100%-os töltési fok azonban egyértelműen elmarad a többi töltési foktól a keletkezett fajlagos felület tekintetében (3. ábra).

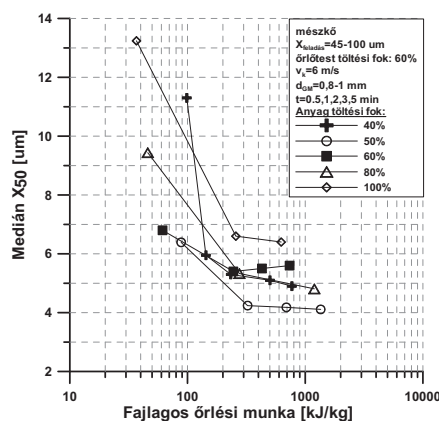
Az őrlemények mediánjának tekintetében az 50%-os anyag töltési fok 4,1 μm-es értékkel eredményezte a legkisebb szemcseméretet. Nem sokkal maradt el ettől az értéktől az 50, 60 és 80%-os anyag töltési fok, a 100%-os azonban jóval magasabb, azonos 300 KJ/kg fajlagos őrlési energia mellett 6,5 μm-es medián értéket eredményezett (4. ábra).

Az őrlhetőségi mutató tekintetében a maximális értéket 60%-os anyag töltési fok mellett 175 m²/kJ értékkel, 1 perces őrlési időnél érte el (5. ábra). Maximális érték tekintetében nem sokkal maradt el a 40, 50 és 80% anyag töltési fok sem. Minden esetben a maximális értéket 1 perces őrlésnél értem el.

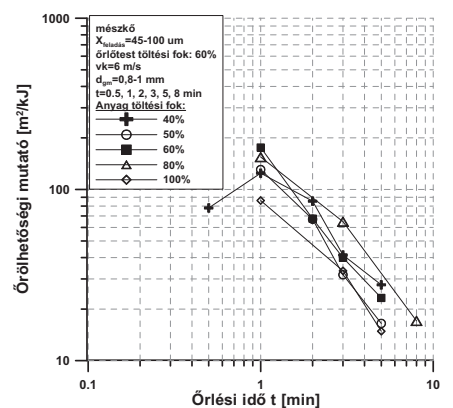
A 100%-os anyag töltési fok minden mért paraméterben (3, 4, 5. ábra) messze alulmarad a kisebb töltési fokkal szemben, ezért egyértelműen kijelenthető, hogy az őrlőtestek közötti pórústér 100%-osan való kitöltése nem hatékony, ellentétben a golyósmalmokban történő őrlésekkel. Golyósmalmok üzemeltetésekor az anyag töltési fok meghatározásakor azt a logikát követik, hogy az őrlőtestek összeütődésekor ne egymásnak ütközzenek, mert akkor az energia nem az anyag eltörésére,



3. ábra Az anyag töltési fok hatása a keletkezett fajlagos felületen a fajlagos őrlési energia függvényében
Fig. 3. The influence of the material filling ratio on the specific surface area as a function of the specific grinding work



4. ábra Az anyag töltési fok hatása az őrlemények mediánjára a fajlagos őrlési energia függvényében
Fig. 4. The influence of the material filling ratio on the median plotted against the specific grinding work



5. ábra Az anyag töltési fok hatása az őrlhetőségi mutatóra az őrlési idő függvényében
Fig. 5. The influence of the material filling ratio on the grindability index plotted against the grinding time

hanem az őrlőtestek deformációjára és hő illetve hang fejlődésére fordítódik. Látható, hogy keverőmalomok esetében ez a megfontolás nem helytálló. Ennek okai a következők lehetnek. A 100%-os töltési fok esetén az őrlendő szemcsék száma az őrlőtestek számához képest annyira megnő, hogy nincsen elegendő számú igénybevétel, ami képes minden szemcsét eltörni. A nagyobb őrlendő anyagmennyiség miatt az őrlőtestekre és a falazatra is hamarabb betapad az anyag, ami az őrlés hatékonyságának idő előtti romlásához vezet.

Ezt támasztják alá Kwade és szerzőtársai [1, 2, 3] keverőmalmi őrlésről alkotott munkái, amelyekben megfelelő magyarázatot kaphatunk jelen eredményekre. Kwade és szerzőtársai [1, 2, 3] szerint az igénybevételek száma és az őrlőtestek intenzitása határozza meg a keverőmalmi őrlés hatékonyságát. Az igénybevételek száma (SN) egyenesen arányos az ütközések számával (Nc) és a törés valószínűségével (PC) illetve fordítottan arányos a szemcsék számával (Np). Amennyiben végiggondoljuk, hogy állandó rotor kerületi sebesség és őrlőtest töltési fok mellett az ütközések száma és a törés valószínűsége is állandónak tekinthető. Ezáltal az egy szemcsére jutó igénybevételek számát valójában a feladásban lévő szemcsék száma határozza meg. Ami ugyanúgy egy optimummal rendelkező érték, hiszen jelen mérésekből egyértelműen látszik, hogy túl sok szemcse esetén nem hatékony az őrlés, de ugyanúgy túl kevés szemcse esetén sem, hiszen akkor a befektetett energia az őrlőtestek deformációjára illetve hő és hang fejlődésére megy el.

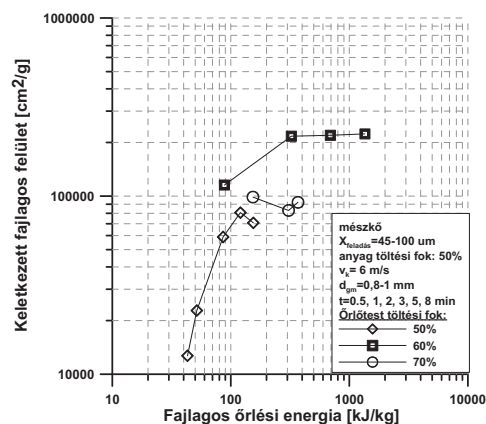
Fontos kérdés azonban, hogy valójában a szemcsék száma az őrlési idő függvényében növekszik, hiszen az őrlés előrehaladtával egyre több szemcse van az őrlőtérben. Ugyanakkor száraz őrlés esetén közbeszól a tény, hogy a finom szemcsék elkezdnek az őrlőtestek felületére illetve a malom falazatára tapadni, így azok az őrlési folyamatban a továbbiakban korlátozottan vagy egyáltalán nem vesznek részt, csak hátráltatják azt, hiszen az őrlőtestek felületére tapadva gyakorlatilag egy puha, párnázott réteget hoznak létre, minek következtében az őrlőtestek elveszítik a töréshez szükséges felületi keménységet, ami az őrlés hatékonyságának romlásához vezet. Mindez leginkább az őrlhetőségi mutató idővel történő jelentős csökkenésén keresztül figyelhető meg.

A hatékony őrlés – az adhézió elkerülésére, csökkentésére – tehát megköveteli a körfolyamatos őrlés alkalmazását a kellően finom rész leválasztását.

3.2. Őrlőtest töltési fok hatása

Az őrlőtest töltési fok hatása a 6, 7. ábrán figyelhető meg. A 70%-os őrlőtest töltési fok mérési sorozatánál üzemelési hiba lépett fel, a továbbiakban nevezük az őrlőtestek elakadásának, törésének. Az őrlési folyamat során az egyre finomodó anyag feltapad az őrlőtestekre, a malom falazatára és a keverőtárcsákra. Nem megfelelő beállítások mellett malom falazatra feltapadó anyag és a keverőtárcsák éle között olyan szűkké válik a hézag (mely normál állapotban az alkalmazott őrlőtest legalább 5–6-szorosa), hogy közte az őrlőtestek nem tudnak zavartalanul áthaladni, egy-egy pillanatra beszorulnak, és a rotor elkezd törni azokat. A jelenség a fajlagos őrlési energia nagymértékű megugrásán illetve az őrlőtestek törése miatt keletkező lüktető, ismétlődő erős hanghatáson keresztül ismerhető fel. A jelenség következtében a keverőtárcsák anyagától függően komoly

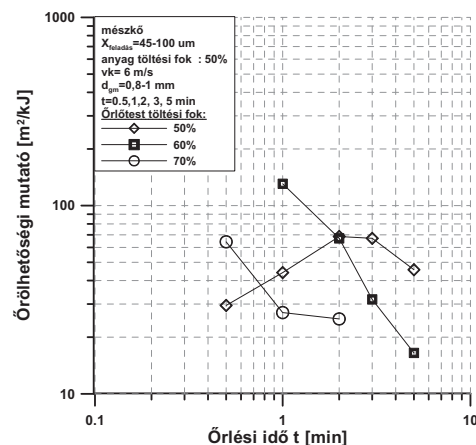
problémák is felléphetnek, mint a keverőtárcsák eltérése, bizonyos élek lepattanása.



6. ábra Az őrlőtest töltési fok hatása a keletkezett fajlagos felületre a fajlagos őrlési energia függvényében

Fig. 6. The influence of the ball filling ratio on the specific surface area as a function of the specific grinding work

A keletkezett fajlagos felület tekintetében (6. ábra) minden fajlagos őrlési energia befektetés mellett egyértelműen a 60%-os őrlőtest töltési fok érte el a legmagasabb értéket, szemben az 50 vagy 70%-os értékkel.



7. ábra Az őrlőtest töltési fok hatása az őrlhetőségi mutatóra az őrlési idő függvényében

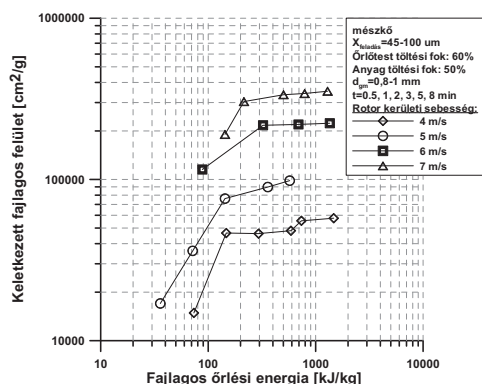
Fig. 7. The influence of the ball filling ratio on the grindability index plotted against the grinding time

Az őrlhetőségi mutató tekintetében (7. ábra) is a 60%-os őrlőtest töltési fok mellett értem el a legnagyobb értéket, azonban további összefüggések feltárása a 70%-os őrlőtest töltési fok melletti mérés félbeszakadása miatt nem lehetséges.

3.3. Rotor kerületi sebesség hatása

A száraz keverőmalmi őrlés hatékonyságát legjobban befolyásoló paraméter a rotor kerületi sebesség. Mint a következő 8, 9. ábrán jól látható, a kerületi sebesség növelésével jelentősen növekedett a maximálisan elért keletkezett fajlagos felület és az őrlhetőségi mutató. Kwade és szerzőtársai [1, 2, 3] keverőmalmi őrlésről alkotott elmélete szerint minél nagyobb kerületi sebességet alkalmazunk a keverőmalomokban kristályos anyagok esetén, az elérhető maximális finomság annál nagyobb lesz. Jelen mérési eredmények (8–9. ábra) egyértelműen alátámaszt-

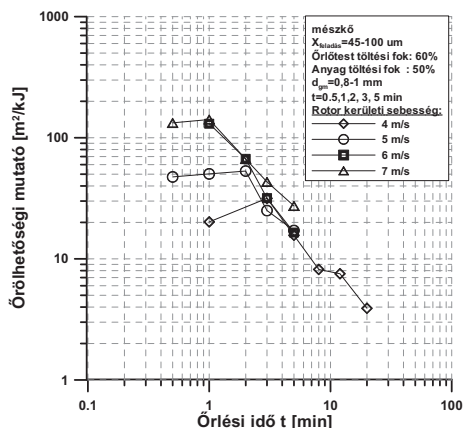
ják mindezt, hiszen a kerületi sebesség 4 m/s-ról 7 m/s-ra történő növelésével a keletkezett fajlagos felület, adott 200 kJ/kg fajlagos őrlési energia bevitele mellett 46 150 cm²/g-ról 304 200 cm²/g-ra emelkedett, mely 258 050 cm²/g növekedést jelent. Százalékosan kifejezve mindezt, az abszolút növekedés 659%, a relatív növekedés 559,15% volt.



8. ábra A rotor kerületi sebesség hatása a keletkezett fajlagos felületre a fajlagos őrlési energia függvényében

Fig. 8. The influence of the rotor circumferential speed on the specific surface area plotted against the specific grinding work

Az őrlhetőségi mutató tekintetében is jelentős javulás érhető el, hiszen a maximális érték 31 m²/kJ-ról 141 m²/kJ-ra növekedett, mely 110 kJ/kg növekedést jelent. Százalékosan kifejezve 454,8%-os abszolút és 354,8%-os relatív növekedést.



9. ábra A rotor kerületi sebesség hatása az őrlhetőségi mutatóra az őrlési idő függvényében

Fig. 9. The influence of the rotor circumferential speed on the grindability index plotted against the grinding time

Az őrlhetőségi mutató változása az őrlés teljes időtartamában megfigyelhető a 9. ábrán. Az őrlést ebből a tekintetből két jól elkülöníthető részre bonthatjuk. Az őrlés kezdeti szakaszán az őrlhetőségi mutató folyamatosan nő, ez a szakasz az őrlés első egy-két percére tehető, ebben a szakaszban a szemcsék aprítása hatékonyan megy végbe, azonban mivel még a keletkezett termék szemcsemérete nem túl kicsi, ezért a fajlagos felület növekedése egységnyi energia befektetés mellett nem túl nagy. Az őrlhetőségi mutató növekedése egy meghatározott értékig történik, adott őrlési idő mellett optimumot vesz fel, ezt követően pedig csökken. Ennek a magyarázata az őrlés malom falazatára illetve őrlőtestekre történő tapadásával illetve az aggregáció, agglomeráció jelenségével magyarázható. Mindezen jelenségek

közül véleményem szerint az egyik legmeghatározóbb jelenség az őrlőtest felületére történő tapadás. Ugyanis ez által egy puha réteg rakódik az őrlőtest felületére, melynek hatására rugalmas ütközés megy végbe és a mozgási energia nem a szemcsék eltörésére, hanem ennek a bevonatnak a deformációjára fordítódik. Megfigyelhető továbbá, hogy az őrlhetőségi mutató lefutási szakasza minden kerületi sebesség mellett közel megegyezik, vagyis jól illeszthető rá egy görbe, ami mentén a lefutás megtörténik. Valójában nem csak, hogy a lefutás egyezik meg, de minden kerületi sebességnél az optimum is ezen a görbén helyezkedik el. Ez azt jelenti, hogy a kerületi sebesség növelésével az őrlési optimum eléréséhez egyre kevesebb őrlési időre van szükség, illetve az egységnyi fajlagos energia bevitele mellett is nagyobb keletkezett fajlagos felületet érünk el.

4. Összefoglalás

Őrlési kísérleteket végeztem, hogy meghatározzam a száraz keverőmalmi őrlés optimális őrlőtest és anyag töltési fokát, illetve egy adott őrlőtest átmérőhöz és sűrűséghez tartozó optimális kerületi sebességet. Az elvégzett kísérleti eredményekből a következő következtetéseket vonhatjuk le. Az anyag töltési fok kis mértékben befolyásolja az őrlés hatékonyságát, optimális értéknek az 50–70% közötti töltési fok tekinthető. Az optimális őrlőtest töltési fok 60%, ettől nagyobb töltési fok alkalmazása veszélyeztetheti a malom működését, míg alacsonyabb töltés mellett az őrlés nem hatékony. A rotor kerületi sebesség értékét érdemes minél nagyobbra választani. Nagyobb rotor kerületi sebesség mellett az elérhető finomság jelentősen megnő, a szükséges őrlési idő lerövidül. A hatékonyabb őrlés – az adhéziós jelenségek elkerülésére, csökkentésére – tehát megkövetelné a körfolyamatos őrlés alkalmazását a kellően finom rész leválasztását.

5. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném köszönetemet nyilvánítani tudományos témavezetőim, Prof. Dr. Csóke Barnabás, és Dr. Mucsi Gábor felé az áldozatos munkájukért, mellyel a kutatási munkámat segítik. Köszönettel tartozom továbbá Dr. Bóhm József Intézetigazgató Úrnak, akinek nagyon sokat köszönhetek a kutatási munkám háttérének biztosításában.

Szintén köszönettel tartozom a „Kiválósági Központok Projekt” TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 projektnek, amelynek keretében a jelen munkám készült, a támogatásért.

Felhasznált irodalom

- [1] A. Kwade – J. Schwedes: *Breaking characteristic of different materials and their effect on stress intensity and stress number in stirred media mills*, 2002, Powder Technology, Volume 122, Issues 2–3, 109–121.
- [2] S. Breitunk-Faes – A. Kwade: *Nano particle production in high-power-density mills*, 2008, Chemical Engineering Research and Design, Volume 86, Issue 4, 390–394.
- [3] A. Kwade: *Wet comminution in stirred media mills – research and its practical application*, 1999, Powder Technology, Volume 105, Issues 1–3, 14–20.
- [4] Rácz. Á.: *A szubmikronos száraz keverőmalmi őrlés lehetőségei és problémái, 1. rész*. Építőanyag, 61. évf. 2. szám (2010), 34–38. p.

Ref.: <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2011.12>

Rácz Ádám: *A szubmikronos száraz keverőmalmi őrlés lehetőségei és problémái, 2. rész*. Építőanyag, 63. évf. 3–4. szám (2011), 68–71. p.

A tartósság 100 éve

Vízzáró betonok, vízzáró szerkezetek

ASZTALOS ISTVÁN • Sika Hungária Kft. • asztalos.istvan@hu.sika.com <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2011.13>

100 years of durability – Watertight concrete, waterproof concrete structures

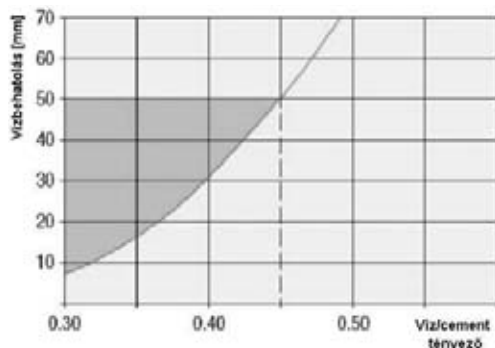
Design and construction of a watertight concrete structure is a system approach. The water impermeability of a construction is determined by fulfilment of the decisive requirements regarding limitation of water permeability through the concrete, the joints, installation parts as well as cracks. Long lasting, durable watertight constructions are achieved by application of a well defined, engineered system. All involved parties have to closely interact in order to minimize the probability of mistakes.

1. Bevezető

A vízzáró betonszerkezetek tervezése és kivitelezése rendszerben való gondolkodást, szemléletet igényel. Egy szerkezet vízhatlanságát a döntő követelmények gyakorlati végrehajtása határozza meg. Ennek során különös figyelmet kell fordítani a beton vízáteresztő képességének korlátozására, a csatlakozások megoldásaira, az egyéb szerkezetek, szerelvények kapcsolataira, továbbá a repedések kezelésének mikéntjére.

2. Vízzáró betonok

A beton vízbehatolással szembeni ellenállóképességét elsősorban a kötőanyag mátrix, azaz a kapilláris porozitás határozza meg. A kapilláris porozításra leginkább a víz/kötőanyag tényezőnek van ráhatása, valamint a puccolános vagy látnes hidraulikus anyagok mennyiségének és fajtájának.

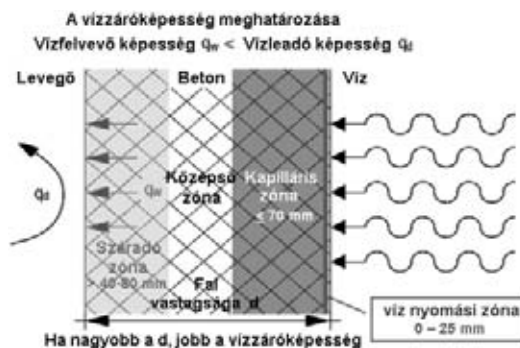


1. ábra Hidrosztatikus nyomás alatti vízbehatolás
A vízhatlansághoz definiált vízáteresztő képesség azt jelenti, hogy a víz maximálisan mennyire hatol be a betonba egy meghatározott nyomáson és adott időtartam alatt.

Fig. 1. Water penetration under hydrostatic pressure
The water permeability limit for water tightness is defined as a maximum water penetration into the concrete under a specific pressure over a defined period.

A nagyon erős hatású folyósítók lehetővé teszik az alacsony víz/kötőanyag tényező elérését. Ezek ugyanakkor csökkentik a beton mátrixban a kapilláris pórusok mennyiségét, miközben a betonnak nagyfokú bedolgozhatóságot biztosítanak. Ezek a pórusok jelentik ugyanis a víz lehetséges útját a betonon keresztül. A folyósítók megfelelő kiválasztása fontos segítség az építési vállalkozók számára a beton munkahelyi bedolgozhatósága érdekében. Azok a tényezők, mint a magasabb konzisztencia osztály, a konzisztencia tartása, a nagyobb kezdeti szilárdság és a felület jó simíthatósága ezekkel a folyósítókkal

mind-mind befolyásolhatók. Az adalékszerek másodlagosan reakcióba lépnek a cement pépben lévő kalcium ionokkal és egy víztaszító réteget hoznak létre a kapilláris pórusokban. Ez a réteg ott akadályt képez és hatékony védelmet nyújt egészen 10 bar víznyomásig. Az építés helyszínére érve a beton szivattyúzható és hagyományos módon bedolgozható. A beton megfelelő beépítése, tömörítése és gondos utókezelése jelenti a helyes gyakorlatot.



2. ábra Vízáteresztés folyamata állandó hatás mellett
A víznyomásra létrejövő vízáteresztő képességet $g/m^2 \times \text{óra}$ mértékegységben határozzuk meg, ahol a felvett víz mennyisége kisebb, mint az elpárolgottatott vízé egy meghatározott nyomáson és adott időtartam alatt.

Fig. 2. Immersion and permanent water contact
The water permeability limit for water tightness is defined as $g/m^2 \times \text{hours}$, where water permeability is smaller than vaporizable volume of water without pressure over a defined period.

3. Vízzáró szerkezetek

A kapcsolatok szakszerű rendszere (mozgási hézagok, szerkezeti kapcsolatok stb.) jelenti a megoldást ahhoz, hogy vízzáró szerkezeteket építsünk. A beton folyamatos betöltése és egyenletes elhelyezése szükséges ahhoz, hogy csökkentsük a plasztikus zsugorodási repedések veszélyét. Általános szabály, hogy az oldalarány ne haladja meg a 3:1-et, különösen falak öntése esetén. Ez azt jelenti, hogy a szerkezeti kapcsolatok, mozgási és munkahézagok csaknem elkerülhetetlenül egy építési egységen belül vannak. Valamennyi kapcsolat helyes tervezéséhez elengedhetetlen, hogy azok egy kézben legyenek. Másfelől viszont a kapcsolati rendszerek megfelelő és gondos elhelyezése döntő annak érdekében, hogy elérjük a szerkezet vízzáróságát. Ha a vízhatlan beton szivárog, akkor az leggyakrabban a szerkezet nem megfelelő kapcsolataira vezethető vissza. A véleményalkotáshoz szükségesek az egyéb részletek megismerésével történő kiegészítések, mint például a zsalu összekötő rudak furatai és azok javításai.

Attól függően, hogy a vízzel szembeni védelem szintje milyen, azaz milyen a külső víznyomás, továbbá milyen a szerkezet tervezett hasznosítása: különböző kapcsolati és hézag-tömítési rendszerek léteznek. A nem mozgó hézagok általában olyan vízfelszívó szalagokkal tömíthetők, amelyek változatos keresztmetszetűek és vízzel érintkezve duzzadnak. A szalagokat gyakran felületi védelemmel látják el, hogy csökkentsék az idő előtti duzzadást, mint például ha bebetonozás előtt csapadék éri a szalagokat.



3. ábra Vízáróság vizsgáló berendezés

A beton nyomás alatti vízfelszívását a maximális vízbehatolással mm-ben lehet mérni egy meghatározott időtartam és adott nyomás esetén (24 óra időtartam 5 bar nyomáson az MSZ EN 12390-8 szabvány szerint).

Fig. 3. Testing set for waterproofing

Water absorption of concrete under pressure measures the maximum water penetration in mm after a defined time with a specified pressure (24 hours with 5 bar according MSZ EN 12390-8).



4. ábra Sika PVC fugaszalagok beépítve

Rugalmas kialakításúak és megakadályozzák a víz átjutását, ezáltal biztosítva a hézagokban mind a vízáróságot, mind a mozgás lehetőségét alacsony és magas víznyomás esetén is.

Fig. 4. Sika Waterbars build up

These are flexible preformed PVC waterstops for the waterproofing of both movement and construction joints which can be subjected to low and high water pressure.

Amikor a szerkezet nagyobb mértékű védelmet követel meg, arra az esetre több magasabb fokú kapcsolati rendszer áll rendelkezésre, amelyek a vízfelszívó elemekbe épített, gyantával injektálható csatornákat tartalmaznak. Ezek a másodlagos védelem kiváló lehetőségét biztosítják.

Ha mozgási hézagok beépítése szükséges, ezek tömítéséhez hypalon szalagok használhatók, melyeket külső és belső hasz-

nálát esetén is különleges epoxi ragasztóval lehet rögzíteni vagy hagyományos PVC fugaszalagokat lehet alkalmazni.

4. Ajánlások és megfontolások vízzáró szerkezetek készítéséhez

Összetevők	Leírások	Mintapéldák
Adalékanyag	Bármilyen minőségű adalékanyag alkalmazható	Minden adalékanyag fajta lehetséges
Cement	Bármilyen szabványos cement alkalmazható	A cementpép mennyisége olyan kevés legyen, amely még a bedolgozáshoz elégséges
Kiegészítő anyagok	Pernye vagy granulált kohósalak	Elegendő finomrész tartalom a kötőanyag kiegészítésére
Víztartalom	Csapvíz és újrahasznított víz a finomrész tartalomnak megfelelően	Víz/cement tényező a kitéti osztálynak megfelelően, de < 0,46
Beton-adalékszer	Folyósító, típusa a bedolgozás módja és a kezdeti szilárdság függvényében Vízáró adalékszer	Sika® ViscoCrete®, vagy SikaPlast® 0,60–1,50% Sika®-1 1,50%
Bedolgozási követelmények	Utókezelő szerek	Gondos bedolgozás és tömörítés, majd utókezelés, amely biztosítja a tömör és kiváló minőségű felületet Sika® Antisol
Hézagtömítés	A mozgási és szerkezeti hézagok tömítése a vízbehatolás és a szerkezeti repedések megelőzésére	Sika® PVC fugaszalagok Sikadur®-Combiflex® SikaFuko® SikaSwell®
Vízhatlan szigetelések	Rugalmas lemez-szigetelési rendszerek szükség szerint egy vagy két rétegben	Sikaplan®

Felhasznált irodalom

- [1] DIN 1045: *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton* (2001-07), Beuth-Verlag, Berlin
- [2] DIN EN 206: *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 1: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität* (2001-07), Beuth-Verlag, Berlin
- [3] DAfStb Heft 555 „Erläuterungen zur DAfStb-Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“
- [4] US Army Corps of Engineers (USACE) CRD- C48-73 „Permeability of Concrete“
- [5] British Standard BS 1881 Part 122

Ref.: <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2011.13>

Asztalos István: A tartósság 100 éve. Vízáró betonok, vízáró szerkezetek. Építőanyag, 63. évf. 3–4. szám (2011), 72–73. p.

Alkáli aktivált szervesetlen polimerek, mint a kötőanyagok újabb generációja¹

ZÁKÁNY ILDIKÓ • DIPA Zrt. • ildiko.zakany@gmail.com

KORIM TAMÁS • Pannon Egyetem, Anyagmérnöki Intézet • ktm042@almos.vein.hu

Érkezett: 2011.02.21. • Received: 21.02.2011. <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2011.14>

Alkaline activated inorganic polymers, as the new generation of binders

The subject of our thesis was the examination of the alkaline activated inorganic polymers. In the course we prepared different compound, new-type binder material systems, and we examined mechanics and physical characteristics of these models. Our first target was to determine the optimal liquid component compound, then we examined quantity of filler component which can be given to the dust component. Following this we defined the proportion of a liquid and firm components compared to each other. In the course of our work we prepared metakaolin-based geopolymers, we used standard sand as filler. In the course of the experiments we worked with NaOH and waterglass's mixture as liquid component. We examined flexural strength, hydration, apparent density, apparent porosity of the prepared models in the function of compounds. According to results we succeed in determining the optimal liquid compound and ration of liquid-firm component.

Keywords: binder, geopolymer, bending strength

Bevezetés

Az elmúlt évtizedekben az építési kötőanyagok gyártása rohamosan nőtt. A cement, ill. az abból készült beton, gyakorlatilag nélkülözhetetlen szerkezeti anyaggá vált az emberiség történelmében. Ez a tény azonban komoly problémákat is magával hoz. Az egyre növekvő igények kielégítésére a cementgyárak szó szerint hegyeket bontanak el, hogy biztosítani tudják a szükséges mennyiségű nyersanyagot. A cement gyártása, engedelmesséve a kémia törvényeinek, nagy mértékű CO₂ emissziót okoz, ezzel is fokozva a globális üvegházhatást. Ezen tényezőktől független tény, de az elmúlt évtizedekre szintén jellemző a növekvő mennyiségű környezetszennyező hulladékok megjelenése. Mindhárom problémára egyszerre jelenthet megoldást az új típusú szervesetlen polimerek előállítása, amelyek megfelelő szilárdság elérése mellett alkalmasak lehetnek bizonyos hulladékok immobilizálására és gyártásuk során 90%-kal kevesebb CO₂ termelődik, mint a klasszikus hidraulikus kötőanyagok esetében, ill. tájrombolási problémák sem jelentkeznek.

Ezeket az új típusú kötőanyagokat a szakirodalom összefoglaló néven *geopolimereknek* nevezi. Manapság egyre inkább elterjedőben van az a nézet, hogy ha a cementalapú kötőanyagokat nem is lehet teljesen kiváltani az új típusú szervesetlen polimerekkel, néhány felhasználási területen komoly vetélytársai lehetnek a klasszikus kötőanyagoknak. A kutatásaink során célunk volt különböző összetételű geopolimerek előállítása, az előállítási paraméterek optimalizálása, az elkészített próbatesetek tulajdonságainak jellemzése.

ZÁKÁNY Ildikó

2004-ben végzett a miskolci Földes Ferenc Gimnázium Kémia tagozatán. Ezt követően a Veszprémi Egyetemen folytatta tanulmányait a Mérnöki Kar vegyészmérnök szakán. 2009-ben szerzett diplomát a Pannon Egyetem Anyagmérnöki Intézetében. 2009. augusztusától a Diósgyőri Papírgyárban dolgozik fejlesztőmérnökként. 2011-ben mérnök-közgazdász diplomát szerzett a Miskolci Egyetem posztgraduális képzésén. 2011. januárjában felvételizett a Debreceni Egyetem környezetvédelmi és -fejlesztési szaktanácsadó másoddiplomát adó képzésére.

Dr. KORIM Tamás

okleveles vegyészmérnöki diplomáját 1986-ban szerezte a Veszprémi Vegyipari Egyetemen, a Szilikátkémiai és technológiai ágazaton. Végzése óta a tanszéken, ill. jogutódjain dolgozik, 2007 óta, mint egyetemi docens. Eddigi oktatási tevékenysége során több mint 70 db sikeresen megvédett diploma-, ill. szakdolgozati témát vezetett, 3 PhD hallgató munkáját irányította. Kutatási tevékenysége a szilikátipari technológiák és a műszaki kerámiaik területéhez kapcsolódik.

A geopolimerekről általában

A geopolimer valamely aktív kovász tartalmú komponens (aktivált kaolin, vagy éppen a cementgyártáskor már eleve alkalmazott salak vagy pernye alapú anyagrendszer) felhasználásával készült kötőanyag. Ezen komponensekhez nem nehéz hozzájutni, világszerte nagy mennyiségben rendelkezésre állnak. A geopolimer előállításakor az alapanyagok esetleges előkészítéséhez szükséges hőkezelési hőmérséklet maximum 750 °C, ami fele akkora, mint a hagyományos cement előállításakor alkalmazott hőmérséklet, így tekintélyes mennyiségű energia takarítható meg. A geopolimer anyagrendszerek kialakításához tehát szükség van az említett porkomponensre, de a kötés létrehozásához nélkülözhetetlen a folyadékkomponens, ami lúg és alkáli szilikát oldat adott arányú keveréke [1, 2]. Ez utóbbi komponens jelentheti a gyakorlati geopolimer előállítás neuralgikus pontját, főként az árproblémák miatt.

A geopolimerek képződésekor lejátszódó folyamatok még ma is tisztázásra várnak. Napjainkban elfogadott az az elmélet, miszerint a kaolin alapú geopolimerek nem kristályos mátrixot, hanem polimer-szerű szerkezetet alkotnak, amely átalakult agyagásvány maradványokat és szennyező kvarc szemcséket is tartalmazhat. A mátrix szerkezete, így a geopolimer tulajdonság-rendszere szorosan összefügg a felépítő atomok molarányaival, különösképpen a Si/Al és Al/Na arány számottevő. Röntgendiffrakciós és elektronmikroszkópos felvételek alátámasztják, hogy az anyagrendszer amorf jellegű. A geopolimerizáció végül is olyan Al-Si kötésen alapuló szerkezeteket hoz létre, amelyek nagyon hasonlítanak természetben is megtalálható, ún. kőzetképző ásványi anyagokhoz.

A geopolimerek egyik legfontosabb tulajdonsága a nagy kezdeti szilárdság, bekeverés után már 1–2 óra elteltével alaktartóvá válnak. A végső hajlító és nyomószilárdságuk akár két-háromszorosa is lehet a hagyományos cementének. Nyomószilárdságuk 4 óra eltelté után már a 20 MPa-os értéket is elérheti, 28

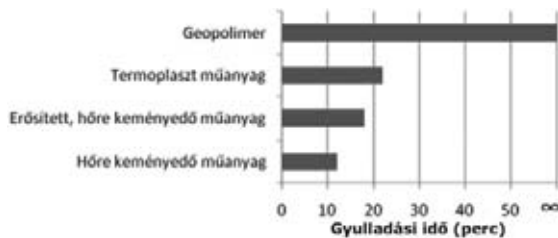
¹ A cikk az SZTE 2009. évi Diplomadíj pályázatán megosztott II. helyezést elért diplomamunka alapján készült.

napos korban pedig, egyes mérések szerint, akár 90 MPa-nál is nagyobb érték lehet. Hajlítószilárdságuk 28 napos korban 10–15 MPa közé tehető (24 óra eltelté után 10 MPa-os érték mérhető). A Young modulus nagyobb, mint 2 GPa [1]. A geopolimerekből készült próbatetek zsugorogása igen kicsi (<0,05%), ezért a végső tulajdonságok elérésekor nem repedeznek meg. Tűz- és robbanásálló tulajdonságokkal rendelkeznek, hiszen szerkezetük nem tartalmaz hidratációs vizet, így magasabb hőmérsékleten nem kell számolni roncsolódással. Termikus stabilitásuk nagy, a szilárdságsökkenés 600 °C felett kisebb, mint 20%, 1000 °C felett pedig kisebb, mint 60%. A geopolimerek ellenállnak mind savas, mind lúgos közegeknek. Fajhőjük 0,7–1,0 kJ/kg, hővezető képességük 0,2–0,4 W/mK közé esik [1].

A geopolimer massa önthető, porlasztható, extrudálható, így a legkülönbözőbb formákban állítható elő a geopolimer termék [3].

A geopolimer adott felhasználási területét főként fizikai tulajdonságai határozzák meg. Bedolgozhatóságuk, porozitásuk, színük, viszkozitásuk a felhasználási céltól függően tág határok között változtatható.

A geopolimer első ipari alkalmazására az építőiparban került sor. Faforgácslemezeket geopolimerrel vontak be, így azok tűzállóak lettek. Ezeket a faforgácslemezeket iskolákban, közintézményekben belső burkolóanyagként használták fel az 1970-es évek közepén. 1977–78-ban megkezdődött a geopolimerek, mint elektromos biztosítékok tesztelése. Szintén a '70-es évektől kezdődően került előtérbe a geopolimerek ragasztóanyagként történő alkalmazása, lévén azok magasabb hőmérsékleten is alkalmazhatóak, mint a szerves ragasztóanyagok, és előállításuk sokkal egyszerűbb és olcsóbb is. Készítenek geopolimer kompozitokat műanyag alkatrészek helyettesítésére [4], ilyen például a szénszállal erősített geopolimer kompozit, amit pl. repülőgépek utasterében alkalmaznak. Segítségükkel elkerülhető az esetleges baleset során, az égő műanyagok gyúlékony- és mérgező gázainak felszabadulása. Az 1990-es évek végétől alkalmazzák ezeket az idomokat a hajózási- és légítársaságok, sőt a Formula 1-es versenyautók kipufogójának hőszigeteléséhez is használnak geopolimert. Az 1. ábra mutatja a néhány szerves műanyag és a geopolimer gyulladási sajátságait.



1. ábra Szerves gyanták és a geopolimer gyulladáspontjának összehasonlítása a gyulladási idő függvényében

Fig. 1. The comparison of the organic resin's flash point and geopolimer's flash point in the function of the inflammation time

Szintén a '90-es évek elejére tehető az első kísérletek, amelyek nehézfém hulladékok, illetve radioaktív hulladékok geopolimer mátrixban történő immobilizálásával foglalkoztak. Az eredmények azt mutatták, hogy a geopolimer anyagokba beágyazott veszélyes hulladékok nem jutottak ki a geopolimer mátrixból, így azok alkalmassá válhatnak veszélyes hulladékok

ártalmatlanítására [5]. Ez lehet a leginkább ígéretes geopolimer felhasználási terület a jövőben, természetesen a már-már alapmegoldásnak tekinthető „minden hulladék anyagot megkötvé” kvázi betonként, építő idomként történő felhasználás mellett.

A geopolimer késztermék előállítása többlépcsős, de egyszerű folyamat. Első lépésként a porkomponenst és a folyadék-komponenst összekeverik. Ezután hozzáadják a töltőanyagot és/vagy hulladékanyagokat. Alapos homogenizálást követően a kapott masszát formákba töltik. Ezt 1–2 órás pihentetés követi, majd a formából kivett próbatesteket (szükség esetén) hőkezelik. Fontos megjegyezni, hogy a komponensek minősége, összetétele, aránya, a pihentetési idő, a hőkezelés időtartama és hőmérséklete nagyban befolyásolja a végső szilárdság-értéketeket.

Az elvégzett kísérletek

Kutatási munkánk során egyik fő célunk olyan geopolimerek előállítása volt, amelyek mechanikai, szilárdsági sajátosságai – az adott anyagrendszeren belül – kiemelkedők. Kísérleteink során különböző összetételű kötőanyag-rendszereket állítottunk elő és jellemeztük azokat szilárdságuk és tömörségük szempontjából.

Első lépésként az optimális folyadék-komponens-összetételt határoztuk meg, majd vizsgáltuk, hogy az adagolt töltőanyag hogyan befolyásolja ezen kötőanyag-rendszerek szilárdságtani viselkedését, fizikai tulajdonságait. Tanulmányoztuk, hogy a folyadék-komponensek mennyiségének változása (a porkomponensek mennyiségéhez képest) hogyan befolyásolja a fenti jellemzőket. Vizsgálataink során megpróbálkoztuk hulladék anyag megkötésével. Az így kapott próbatetek fizikai paramétereit is meghatároztuk.

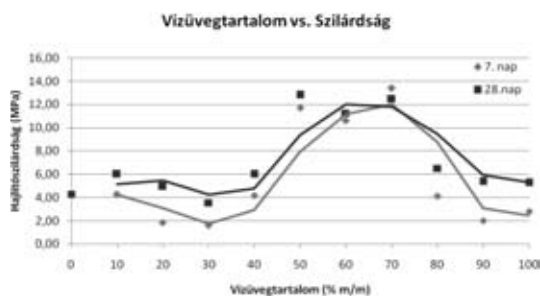
Kísérleteink során a következő anyagokat használtuk fel:

- Porkomponens: zettlitz kaolin
- Folyadék komponens: lúg- és vízüveg oldat
- Töltőanyag: szabványhomok
- Hulladékanyag: polietilén-viasz

A hőkezeléssel történő aktiválás előtt a kaolint porítottuk, majd 250 µm-es szitán átszittaltuk. Összemértük a folyadék- és porkomponenseket (alap esetben 1:1 tömegarányt alkalmazva), homogenizáltuk azokat, majd fémformákba töltöttük a masszát. Ezt követően 2 órán át 60 °C-on, szárítószekrényben hőkezeltük a próbatesteket, amely idő alatt azok alaktartóvá váltak. A formából kivéve levegőtől elzárva tároltuk őket a vizsgálatok napjáig. A hajlítószilárdság, testsűrűség, vízfelvétele, illetve látszólagos porozitás vizsgálatokat 7, illetve 28 napos korban végeztük el.

A folyadék komponens optimális összetételének meghatározása

Első lépésként a lúg és vízüveg egymáshoz viszonyított arányát határoztuk meg úgy, hogy azonos folyadék és szilárd komponens mennyiségeket felhasználva változtattuk a hozzáadott vízüveg-tartalmat 0%-tól 100%-ig. Az így elkészített próbatesteket 7, ill. 28 napos korban vetettük alá hajlítószilárdság, testsűrűség, ill. látszólagos porozitás mérésnek. A szilárdság-vizsgálat során kapott eredményeket mutatja a 2. ábra.



2. ábra A hajlítószilárdság változása a vízüveg-tartalom függvényében
Fig. 2. The change of the flexural strength in the function of the content of the liquid glass

Az ábrán megfigyelhető a geopolimerek azon sajátága, miszerint a 7, ill. a 28 napos szilárdság között nincs lényegi különbség (ellentétben a „klasszikus” cementekre jellemző hasonló értékekkel). Ez a későbbi vizsgálatok során is jellemző viselkedés volt. Megfigyelhető az is, hogy mind a 7, mind a 28 napos korban mért szilárdság értékek esetén az 50–70% (m/m) vízüveget tartalmazó tartományban mérhetők a legnagyobb szilárdság értékek. Gazdaságossági szempontokat is figyelembe véve (mivel a lúg 3–4-szer drágább, mint a vízüveg), a 70% (m/m) vízüveg tartalmú összetétellel folytattuk kísérleteinket.

Szabványhomok alkalmazásának hatása

Ezzel a vizsgálattal az volt a cél, hogy meghatározzuk a töltőanyag mennyiségének hatását a geopolimer fizikai tulajdonságára, vagyis konstans geopolimer komponens arány mellett mennyi töltőanyag köthető meg anélkül, hogy az így kialakított geopolimer betonok fizikai paraméterei lényegesen romlanának. Ez a vizsgálat a későbbiekben a környezetszennyező hulladékanyagok esetleges megkötése esetén válhat fontos technológiai paraméterré. A modell-vizsgálatokhoz töltőanyagként a szabványos cementvizsgálatok során alkalmazott szabványhomokot használtuk.

Első lépésként tehát egyforma mennyiségű szilárd- és folyadék-komponens alkalmazása mellett vizsgáltuk a töltőanyag bekeverés hatását. A szabványhomok mennyiségét (a porkomponenshez képest) először azonos mennyiségűre választottuk, majd kétszeresére, háromszorosára, négyszeresére, illetve ötszörösére növeltük. Az így elkészített próbatesteknek 7, illetve 28 napos korukban meghatároztuk hajlítószilárdságát, testsűrűségét, illetve látszólagos porozitását.

A későbbiekben úgy is vizsgáltuk a töltőanyag hatását, hogy a folyadék-komponens mennyiségét (a porkomponenshez képest) csökkentettük felére, illetve harmadára.

A 3. ábrán a töltőanyag mennyiségének hatása látható a geopolimer betonok szilárdságára.

Az ábrán jól megfigyelhető, hogy a töltőanyag adagolás csökkenti a geopolimerek szilárdságát, viszont az is jól látható, hogy egy adott összetétel után ez a csökkenés már nem folytatódik tovább, a szilárdság gyakorlatilag konstans értéket vesz fel. Ez az összetétel, a szilárd alkotókat tekintve, 25% (m/m) porkomponens és 75% (m/m) szabványhomok. A kapcsolódó vizsgálatok során azt is megfigyeltük, hogy szabványhomok mennyiségének növelésével csökken a vízfelvétel és látszólagos porozitás, ami azt az érdekes szituációt eredményezi, hogy a legnagyobb szilárdságú minta rendelkezik a legnagyobb porozitás értékkel. Ennek valószínűleg az az oka, hogy a nagyobb mennyiségű heterodiszperz szabványhomok jobban kitölti a rendelkezésre

álló teret, így kevesebb pórus kialakulására van lehetőség, viszont a töltőanyag növekvő mennyisége csökkenti a szilárdságértékeket, ami nyilvánvalóan csak akkor lehetséges, ha a geopolimer mátrix nagyobb szilárdságú, mint maga a töltőanyag.

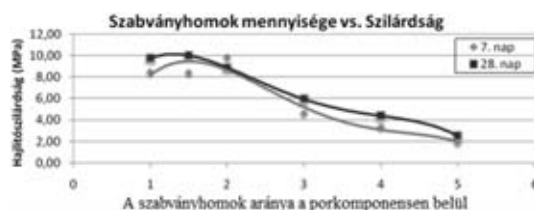


3. ábra A hajlítószilárdság változása a szabványhomok mennyiségének függvényében
Fig. 3. The change of the flexural strength in the function of the quantity of the standard sand

A kapott eredmények összességét figyelembe véve, ebben a kísérletsorozatban az 50% (m/m) szabványhomok és 50% (m/m) porkomponens tartalmazó szilárd komponens összetétel bizonyult a legmegfelelőbbnek.

A komponens-arányok hatásának vizsgálata

Következő lépésként a folyadék-komponens mennyiségét csökkentettük az eddigiekhez képest. Ennek a vizsgálat-sorozatnak az volt a célja, hogy meggyőződjünk arról, lehet-e kevesebb folyadék komponenssel megfelelő tulajdonságú geopolimert előállítani, csökkenthető-e a vegyszerfelhasználás. A kísérletsorozat pozitív eredményt hozott, az eddig alkalmazott mennyiség felét felhasználva, az előző mérésekhez képest nagyobb szilárdságú anyagrendszert kaptunk; a 7 és a 28 napos szilárdság értékek több mint kétszeresére nőttek az azonos folyadék illetve szilárd komponens mennyiségek alkalmazása során kapott eredményekhez képest. Az így kapott szilárdságértékek már jól közelítik a maximális hajlítószilárdságot mutató, töltőanyagmentes geopolimerek szilárdságát.



4. ábra A hajlítószilárdság változása a szabványhomok mennyiség függvényében
Fig. 4. The change of the flexural strength in the function of the quantity of the standard sand

Hulladékanyag bekeverési lehetőségének tanulmányozása

Munkánk során egy, a környezetet szennyező, nagy mennyiségben keletkező, de további hasznosításra alkalmatlan hulladékanyagot próbáltunk megkötni a kidolgozott összetételű geopolimerek alkalmazásával. Ez az anyag a TVK Nyrt.-ben keletkező ún. polietilén viasz, amiből évente 4500–5500 tonna keletkezik az etilén polimerizációja során, s amelyet nem tudnak tovább felhasználni vagy értékesíteni és a tárolás mikéntje komoly problémákat jelent. Választásunkat az indokolta, hogy szerves hulladékanyagok megkötésével már többen, sokféleképpen megpróbálkoztak, szerves komponensek immobilizálására azonban nem találtunk utalást a szakirodalomban.

A már ismertetett módon elkészített és polietilén viaszt tartalmazó próbatesteket szintén 7, illetve 28 napos korukban vizsgáltuk. Elmondható, hogy a polietilén viasz bekeverésekor kapott eredmények biztatóak, bár a kapott próbatestek szilárdsága csökkenő értékeket mutat (a hajlítószilárdság akár az ötödére eshet vissza). Még a kísérletsorozatok elején járunk, de valószínűsíthető, hogy ~33%-nyi szerves hulladék megköthető a geopolimer mátrixban, a kapott termék a szerves hulladék depónálására alkalmas, de a porózus, viszonylag kis szilárdságú darabok egyéb célokra (pl. építkezés) nem használhatók fel.

Összefoglalás

Munkánkban egy új típusú kötőanyag előállítási körülményeinek optimalizálásával foglalkoztunk. Célunk volt olyan szerves bázisú, alkáli aktivált polimerek előállítása, amelyek alternatív megoldást jelenthetnek napjaink széles körben elterjedt, klasszikusnak nevezhető kötőanyagával, a cementtel szemben. Bár kutatásaink során biztató eredményeket kaptunk, nyilvánvalóan sok kísérlet és széleskörű gazdaságossági számítások szükségesek annak megítéléséhez, vajon ténylegesen helyettesíthető-e a cement a geopolimer bázisú kötőanyagokkal. Első lépésként célunk a minél nagyobb szilárdsággal rendelkező geopolimerek előállítása volt.

Kísérleteink alapján levonhatók az alábbi következtetések:

- a geopolimer folyadék-komponensének összetétele jelentős hatással bír a szilárdságra
- a folyadék-szilárd komponensek arányának változtatásával kedvezően alakítható a szilárdság
- a geopolimer mátrix képes nagyobb mennyiségű töltőanyag megkötésére, ami biztató a környezetet szennyező hulladékok biztonságos ártalmatlanítása szempontjából
- sikeres előkísérleteket végeztünk szerves hulladékok geopolimer mátrixban történő immobilizálására

Köszönetnyilvánítás

Jelen publikáció a TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0025 azonosítójú projekt támogatásával valósult meg.

Felhasznált irodalom

- [1] Davidovits, J.: *Geopolymer roomtemperature ceramic matrix for composites*, Ceramic Engineering and Science Proceedings, 1988
- [2] Davidovits, J.: *Global Warming Impact on the Cement and Aggregates Industries*, World resource review, 1994, p. 263–276, Vol. 6, N°2
- [3] Davidovits, J.: *Geopolymer Chemistry & Applications - Chapters 18 to 26 Chemical Structure and Applications* – Geopolymer Institute – Technical Data Sheet for Geopolymeric cement type (Potassium, Calcium) – Poly (sialate-siloxo) / (K, Ca) – (Si-O-Al-O-Si-O-), Si:Al=2:1 (www.geopolymer.org)
- [4] Lyon, R. E. – Balaguru, P. N. – Foden, A. – Sorathia, U. – Davidovits, J.: *Fire-resistant Aluminosilicate Composites*, Fire and materials, 1997, Vol. 21, p. 67–73.
- [5] Hermann, E. – Kunze, C. – Gatzweiler, R. – Kießig, G. – Davidovits, J.: *Solidification of various radioactive residues by geopolymers with special emphasis on long-term stability*, Géopolymère '99 Proceedings, pp. 211–228.

Ref.: <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2011.14>

Zákány Ildikó – Korim Tamás: Alkáli aktivált szerves polimerek, mint a kötőanyagok újabb generációja. Építőanyag, 63. évf. 3–4. szám (2011), 74–77. p.

SZÉKHELY-VÁLTOZÁS

A Szilikátipari Tudományos Egyesület tavalyi költözését követően a 2011. évi Küldöttgyűlés jóváhagyta az Alapszabály-módosítást, melynek következtében megváltozott Egyesületünk székhelye.

**A Szilikátipari Tudományos Egyesület új székhelye:
1034 Budapest, Bécsi út 122–124.**

1%

Tájékoztató közlemény

A magánszemélyek 2009. évi személyi jövedelemadójának 1%-ából Egyesületünk 507 500 Ft összegben részesült.

Minden rendelkezőnek köszönjük a támogatást!

az SZTE vezetősége

AZ SZTE XXXIV. KÜLDÖTTGYŰLÉSE

2011. május 26-án, a Cemkut Kft. előadótermében tartotta XXXIV. Küldöttgyűlését a Szilikátipari Tudományos Egyesület.

Asztalos István, az Egyesület főtítkára köszöntötte a megjelenteket, majd bemutatta **Urbán Ferencet**, a Cemkut Kft. ügyvezetőjét, aki ismertette az idén 20 éve alakult Kft. fő tevékenységi területeit.

Tóthné Kiss Klára, a Küldöttgyűlés levezető elnöke megállapította, hogy az ülés határozatképes. Ezután felkérte az Egyesület elnökét, **Dr. Szépvölgyi Jánost**, hogy tartsa meg nyitó előadását *Az ajkai vörösiszap-katasztrófa: következmények és tanulságok* címmel.

Az ügyrendi kérdések tisztázása után a jelenlévők **Asztalos István** főtítkár beszámolóját hallgatták meg az Egyesület 2010. évi tevékenységéről, 2011. évi terveiről, valamint a 2010. évi Közhasznúsági jelentésről. Az Ellenőrző Bizottság jelentését **Sey Pongrác** ismertette, majd **Koska János** főtítkár-helyettes tájékoztatót a 2010. évi költségvetés teljesítéséről és a 2011. évi tervekről.

A Küldöttgyűlés az elhangzott beszámolókat egyhangúlag elfogadta.

Ezután **Asztalos István** főtítkár javaslatot tett az Egyesület Alapszabályának módosítására, melyet a székhely-változás, valamint az elmúlt évek jogszabályi változásai tettek szükségessé. Az előterjesztett módosítást a Küldöttgyűlés egyhangúlag megszavazta.

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

Szilikátiparért Emlékérem kitüntetést kapott:

Dr. Dani Sándorné (Tégla és cserép)

Dr. Kertész Pál (Kő és kavics)

Dr. Baksa Csaba (Szigetelő)

Tóthné Kiss Klára (Üveg)

Az Egyesület Örökös Tagja lett:

Hugyák László

Horváth Sándor

Dr. Takács Vilmos

Kecskeméti Mihályné

A Szilikátipari Tudományos Egyesület 2010. évre szóló Közhasznúsági jelentése

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

1. A szervezet alapadatai

Elnevezés: Szilikátipari Tudományos Egyesület

Képviselő: Dr. Szépvölgyi János elnök

Székhely: 1027 Budapest, Fő utca 68.

Adószám: 19815943-2-41

Közhasznúsági fokozat: közhasznú szervezet

Közhasznúsági végzés száma: Pk. 60428/1989/1

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

2. Számviteli beszámoló

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

3. A költségvetési támogatás felhasználásának kimutatása

2010. évben az Egyesület direkt költségvetési támogatásban nem részesült.

4. A vagyon felhasználásával kapcsolatos kimutatás

A kimutatás elkészítéséhez tartalmi előírások nem állnak rendelkezésre, így az Egyesület vagyonának felhasználását illetően csak a mérleg forrásoldalának elemzésére szorítkoztunk. Az Egyesület vagyonát a tőkeje testesíti meg. Saját tőke 2009-ben összesen 1 265 E Ft-tal csökkent, ami a közhasznú tevékenységből származó -1 265 E Ft és vállalkozási tevékenység f. évi 0 Ft összege.

	Előző év E Ft	Tárgyév E Ft
Saját tőke	1 526	1 060
Induló tőke	1 995	1 995
Tőkeváltozás	1 995	-470
Tárgyévi eredmény közhasznú tevékenységből	-1 265	-465
Tárgyévi eredmény vállalkozási tevékenységből	0	0

5. A cél szerinti juttatások kimutatása

Az Egyesület valamennyi tagja – a tagsági viszony alapján – célszerű juttatásként kapta meg:
 – az Építőanyag c. szakmai folyóirat 2010. évi számait,
 – egyesületi rendezvényterem és technikai szolgáltatást térítésmentesen – szakmai rendezvények alkalmával.
 Pénzbeli juttatás:
 – Szilikátiparért Emlékérem kitüntetésre 75 000 Ft.

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

2009. évi SZJA 1%-ból származó felajánlások 507 500 Ft

Pályázati úton kapott támogatás:

NKTH

Építőanyag című folyóirat
 2009/4. számának kiadására 200 000 Ft

„Az építés fejlődéséért” Alapítvány
 Építőanyag című folyóirat
 2010. évi kiadására 400 000 Ft

Egyéb szervezetektől kapott támogatás:

Belföldi támogatás
 Működés 255 000 Ft

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

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

8. A közhasznú tevékenység rövid tartalmi beszámolója

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

- Senior találkozó, Budapest, 2010. január 12.
- Beton klubnap, Budapest, 2010. február 24.
- Szigetelő szakosztály taggyűlése, Budapest, 2010. március 18.
- Üvegipari Szakmai Konferencia, Budapest, 2010. május 5.
- KŐKA Kő és Kavicsbányászati Kft. komlói bányüzemi látogatása, Komló, 2010. június 18.
- Szigetelő szakosztály kibővített vezetőségi ülése, Budapest, 2010. július 15.
- XXV. Tégls Napok, Lenti-Gosztola, 2010. november 28–29.
- Üvegipari Szakmai Konferencia, Budapest, 2010. november 30.

Környezet- és természetvédelem témakörrel foglalkozott:

- XXV. Tégls Napok, Lenti-Gosztola, 2010. november 28–29.

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

Összefoglalva rögzíthető, hogy a Szilikátipari Tudományos Egyesület 2010. évben megfelelt az Alapszabályában rögzített közhasznúsági feltételeknek.

A Szilikátipari Tudományos Egyesület Küldöttgyűlése 2011. május 26-i ülésén elfogadta a 2010. évi tevékenységről készült közhasznúsági jelentést.

KETTŐS KÖNYVVITELT VÉZETŐ EGYÉB SZERVEZETEK KÖZHASZNÚ EGYSZERŰSÍTETT ÉVES BESZÁMOLÓJÁNAK MÉRLEGE
 2010. december 31.

Sor szám	A tétel megnevezése	Előző év	Előző év(ek) helyettesítői	Tárgyév
1	A. Befektetett eszközök (7-9. sorok)	407	0	340
2	Immateriális javak	110	0	71
3	Tárgyi eszközök	404	0	279
4	Befektetett pénzügyi eszközök	0	0	0
5	Befektetett eszközök értékelési módjának	0	0	0
6	B. Forgóeszközök (10-15. sorok)	1 507	0	1 980
7	Készletek	0	0	0
8	Hitelintézményeknél	267	0	824
9	Értékpapírok	0	0	0
10	Pénzeszközök	1 240	0	1 656
11	C. Aktív időbeli elhatárolások	144	0	82
12	BELKÖZÖNK (AKTÍVÁK) ÖSSZESEN 12(3.+4.+11. sor)	2 108	0	2 502
13	B. Saját tőke (14-19. sorok)	1 526	0	1 060
14	Induló tőke	1 995	0	1 995
15	Tőkeváltozás	796	0	-470
16	Likviditás tartalék	0	0	0
17	Értékelési tartalék	0	0	0
18	V. Tárgyévi eredmény közhasznú tevékenységből	-1 265	0	-465
19	V. Tárgyévi eredmény vállalkozási tevékenységből	0	0	0
20	C. Előirattalok	0	0	0
21	F. Közfelrakottak (22-23. sorok)	48	0	580
22	Hosszú lejáratú közfelrakottak	0	0	0
23	Rövid lejáratú közfelrakottak	48	0	580
24	G. Passzív időbeli elhatárolások	584	0	722
25	FORRÁSOK (PASSZÍVÁK) ÖSSZESEN 25(13.-28.+21.+24. sor)	2 502	0	2 502

Sor szám	A tétel megnevezése	Előző év	Előző év(ek) helyettesítői	Tárgyév
1	A. Összes közhasznú tevékenység bevétele 1(1.+2.+3.+4.+5.)	11 002	0	8 826
2	1. Közhasznú célú működéséből kapott támogatás	3 124	0	500
3	a) alapítvány	0	0	0
4	b) központi költségvetésből	0	0	0
5	c) helyi önkormányzatoktól	0	0	0
6	d) területi önkormányzatoktól	0	0	0
7	e) egyéb, előző (1.-6. sorok)	3 124	0	500
8	2. Pályázati úton nyert támogatás	200	0	0
9	3. Közhasznú tevékenységből származó bevétel	4 611	0	3 791
10	4. Tagdíjból származó bevétel	4 531	0	3 516
11	5. Egyéb bevétel	256	0	170
12	B. Vállalkozási tevékenység bevétele	0	0	0
13	C. Összes bevétel (A.+B.)	11 002	0	8 826
14	D. Közhasznú tevékenység ráfordításai 14(1.+2.+3.+4.+5.+6.)	12 267	0	8 491
15	1. Árszabályozási ráfordítások	2 313	0	2 727
16	2. Szociális jellegű ráfordítások	4 390	0	2 730
17	3. Értékelési módjának	282	0	181
18	4. Egyéb ráfordítások	292	0	340
19	5. Pénzügyi műveletek ráfordításai	0	0	0
20	6. Rendkívüli ráfordítások	0	0	0
21	E. Vállalkozási tevékenység ráfordításai 21(1.+2.+3.+4.+5.+6.)	0	0	0
22	1. Árszabályozási ráfordítások	0	0	0
23	2. Szociális jellegű ráfordítások	0	0	0
24	3. Értékelési módjának	0	0	0
25	4. Egyéb ráfordítások	0	0	0
26	5. Pénzügyi műveletek ráfordításai	0	0	0
27	6. Rendkívüli ráfordítások	0	0	0

Sor szám	A tétel megnevezése	Előző év	Előző év(ek) helyettesítői	Tárgyév
28	F. Összes ráfordítás (D.+E.)	12 267	0	8 491
29	G. Adózás előtti eredmény (B.-E.)	0	0	0
30	H. Adófizetési kötelezettség	0	0	0
31	I. Tárgyévi vállalkozási eredmény (G.-H.)	0	0	0
32	J. Tárgyévi közhasznú eredmény (A.-D.)	-1 265	0	-465

Sor szám	A tétel megnevezése	Előző év	Előző év(ek) helyettesítői	Tárgyév
33	A. Személyi jellegű ráfordítások	2 230	0	2 230
34	1. Bérleti költség	1 227	0	1 227
35	alb) - meghívási díjak	0	0	0
36	- tartoztatások	0	0	0
37	2. Személyi jellegű egyéb kifizetések	103	0	103
38	3. Bérletdíjak	471	0	471
39	B. Szervezet által nyújtott támogatások	0	0	0
40	C. Tőkefinanszírozás előtti kapott támogatás	0	0	0
41	D. Tőkefinanszírozás	0	0	0

TÁJÉKOZTATÓ ADATOK
 Budapest, 2011. április 11.
 Dr. Szépvölgyi János elnök



Kovács József

| 1952–2011

Kovács Józsefet családja, barátai, kollégái, valamint a téglai par szakemberei gyászolják.

Kovács József 1952-ben született Boldogon. A középiskolát Egerben végezte, majd a Miskolci Egyetemen tanult, ahol

1976-ban szilikátmérnöként diplomázott.

Szakmai pályafutását 1976-ban az Őrbottyáni téglagyárban kezdte. Agilis, tetre kész fiatalemberként dolgozott a téglai par akkori legmodernebb gyárának kialakításán, majd működtetésén. Elkötelezett szakember volt, ezt vezetői is vizsgálózták – a gyárnak műszaki vezetője, majd főmérnöke lett.

Az osztrák Wienerberger konszern 1990-től kezdte meg működését az országban. A vállalat az Őrbottyáni gyárat is megvette, Kovács Józsefet a gyár igazgatójának nevezték ki. Egy évre rá pedig a vállalat összes gyárának irányítását bízták rá, ezzel is elismerve szaktudását, műszaki ismereteit, vezetői képességeit.

Az elkövetkező másfél évtized Kovács József pályafutásának kiteljesedését hozta. A vállalat újabb- és újabb gyárakat vett meg, amely gyárakat műszakilag és technoló-

giailag is folyamatosan fejleszteni kellett. A felújításokat, beruházásokat Kovács József irányította, koordinálva az osztrák és magyar szakemberek munkáját. Vezetése alatt a téglagyárak az elmúlt évtized elején, a lakásépítési piac bővülése idején nagy mennyiségben és jó minőségben tudták kielégíteni a vevői igényeket. Erre az időszakra olyan beruházások estek, mint a mezőtúri csatornaszárító új vezérlése, a bátaszéki kemence felújítása. A zöldmezős beruházás keretében elindított Tiszavasvári gyár pedig az ország legmodernebb téglagyára lett.

Mindig lojális volt az embereihez, munkatársait minden gyárban személyesen ismerte, a nehéz időkben is mindent megtett értük. Életpályája sikeres, eredményekben gazdag volt, ugyanakkor sok munkát és fáradtságot kívánt tőle.

A sok feladat és kihívás ellenére sohasem volt rosszkedvű, a társaság középpontjaként mindenkihez volt egy kedves szava, sokan emlékszünk tréfás anekdotáira.

A magánéletben családapaként is helytállt, két fiúgyermek édesapja, 3 unoka szeretett nagypapája.

Hirtelen halálával a szakma egyik igen nagy tudású, elismert tagja, példás vezető és kiváló ember távozott sorainkból. Hiányozni fog.



Schleiffer Ervin

| 1943–2011

68 éves korában váratlan hirtelenséggel elhunyt Schleiffer Ervin mérnök, az Alföldi Porcelángyár egykori igazgatója, Hódmezővásárhely díszpolgára, a Best Western Hotel Ginkgo Sas ügyvezető igazgatója, a helyi

Rotary Club alapítója, a Gazdasági Szenátus tagja.

1943-ban született Esztergomban. Középiskolai tanulmányait Budapesten a József Attila Általános Gépipari Technikumban, felsőfokú tanulmányait pedig később munka mellett Pécsen, a Pollack Mihály Műszaki Főiskolán végezte, ahol épületgépész mérnök oklevelet szerzett.

A katonaság után pár hónapig Szentesen a gépállomáson dolgozott, majd 1965-ben Hódmezővásárhelyen a Csongrád megyei Növényvédő Állomás műszaki vezetője lett. Itt dolgozott 1967 szeptemberéig, innen került művezetői munkakörbe az újonnan épülő Alföldi Porcelángyár edénygyárának égetési segédeszköz üzemébe.

1968 elején a németországi Triptisben három hónapig tanulmányozta az égetési segédeszközök gyártástechnológiát, megalapozva az ezzel kapcsolatos szakmai ismereteit. Vezetője és irányította a tűzálló kerámiák gyártásának magyar-

országi meghonosítását. 1979-ben gyáregység vezető helyettesként feladatul a gyártmány-fejlesztést kapta. 1981-ben gyáregység vezetővé nevezték ki, majd 1983-tól nyugdíjba vonulásáig az önállósult gyár igazgatójaként dolgozott.

Munkájának eredményeként a vállalat alkalmassá vált az önálló működésre, kívánatos partnerként a privatizációra és a nemzetközi viszonyok közötti sikeres működésre.

Sikereit tudatos és kitartó munkával érte el. Folyamatosan kutatta a vezetés elméleti és gyakorlati kérdéseivel foglalkozó szakirodalmat, törekedett arra, hogy élenjáró módszereket alkalmazzanak nem csak a szűken vett gyártástechnológiában, hanem a munkatársakkal való kommunikációban is.

A minőség iránti igényessége kihatott az egész kollektívára, munkája során minőségre érzékeny, az újdonságokra és innovációkra fogékony munkatársakat nevelt ki maga mellett. Mindig kinyilvánította, hogy a „Burton-Aptát” a munkatársak teszik naggyá. Vezetői hozzáállását egyik kedvenc mondása jellemzte a legjobban: „a piramis építőinek tudniuk kell, hogy mit építenek, tudniuk kell, hogy nem csak köveket raknak egymás tetejére”.

Szakmai munkáját 2001-ben Eötvös Lóránd Díj adományozásával ismerték el, 2003-ban a Magyar Gazdaságtudományi Társaság Díjban részesült. Tagja volt az Építőanyag folyóirat Szerkesztőbizottságának.

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

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

TITLE, AUTHOR

The title of the article should be short and objective.

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

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

ABSTRACT, KEYWORDS

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

MAIN TEXT

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

REFERENCES

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

Examples:

Journals:

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

Books:

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

FIGURES, TABLES

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

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

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

BIOGRAPHY

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

CHECKING

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

CONTACT

Please send the manuscript in electronic format to the following e-mail address: femgomze@uni-miskolc.hu and 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.

INHALT

- 42 Kurze Vorstellung der Lebenszyklen von Gebäuden aus Strohlehm
- 48 Prüfung der Anwendbarkeit von ZrO₂ Brennhilfsmitteln bei Supraleitern auf Y-Ba-Cu-O-Basis
- 52 Steuerung der Struktur und der Morphologie von Zinksulfid-Nanoteilchen durch Änderung des Temperaturprofils
- 57 Keramikschaume mit erhöhter Porosität auf Polymer-Grundlage
- 62 Klimaänderung und unsere Gebäuden: Einwirkungen auf das Dach und seine Empfindlichkeit gegen Wind
- 68 Möglichkeiten und Probleme der submikronischen Trockenmalung in Mischermühlen - Teil 2
- 74 Anorganische, alkali-aktivierte Polymere, als neue Generation der Bindemittel

СОДЕРЖАНИЕ

- 42 Короткий показ исторических циклов строительства зданий из саманного кирпича
- 48 Исследование применения ZrO₂ огнеупоров при производстве супрапроводников на базе Y-Ba-Cu-O
- 52 Регулирование морфологии и структуры nano-частиц сульфида цинка с изменением профиля термообработки
- 57 Керамические пены повышенной пористости на базе полимеров
- 62 Керамические пены повышенной пористости на базе полимеров
- 68 Возможности и проблемы сухого помола материалов субмикронных размеров. 2. часть
- 74 Новая генерация геополимеров

ELŐFIZETÉS

Az előfizetés díja
1 évre **5000 Ft.**

Előfizetési szándékát kérjük jelezze:

Szilikátipari

Tudományos Egyesület

Telefon/fax:

06-1/201-9360

E-mail:

info@szte.org.hu

Előfizetési megrendelő letölthető az Egyesület honlapjáról:

www.szte.org.hu

SUBSCRIPTION

Price of subscription for
1 year **40 EUR.**

Subscription form is available on Society's website:

www.szte.org.hu

A **RATH Hungária Kft.** legkorszerűbb technológiai feltételek mellett gyárt samott és formázott tűzálló betonidomokat, tűzálló habarcsokat és betonokat.

Termékeink a lakossági felhasználású berendezésektől az ipari létesítményekhez szükséges teljes termékkínálattal felölelik.

Az értékesítés mellett szaktanácsadással is állunk vevőink rendelkezésére.

- cirkon-oxid téglák
- timfölddús- és magnezit-spinell téglák
- saválló téglák
- Könnyített téglák
- Tűzálló betonok: tömör, cementszegény, könnyített, stb.
- Habarcsok ragasztók
- Kerámiaszálas hőszigetelő termékek

Termékek, szolgáltatások

Lakossági felhasználóknak

Kályhák, kandallók, kemencék tűzterének és felépítményének megépítéséhez szükséges tűzálló, tűzálló-hőszigetelő, hőálló és hőszigetelő anyagok:

- samott téglák és idomok
- tűzálló betonok és kiöntő masszák
- tűzálló habarcsok
- hőálló ragasztók
- magas hőmérsékletre alkalmas:
 - falépítő anyagok
 - vakoló anyagok
 - hőszigetelő lapok
 - hőálló paplanok
 - hőszigetelő paplanok és zsinórok
- tűztérjavító anyagok
- fugázó anyagok

Tűzterek



Ipari melegüzemi berendezésekhez termékkínálat

- Tömör tűzálló téglák:
 - samott téglák
 - timfölddús téglák: króm-korund téglák

Ipari létesítmény referenciák



Egyéb szolgáltatások:

- műszaki szaktanácsadás
- anyagkiválasztás
- szerkezeti és beépítési rajzok (AutoCad) a tűzállóanyagokra vonatkozóan
- hőátmenet-számítások (stacioner és instacioner állapotokra)
- felfűtési javaslatok
- beépítési előírások
- minden fajta építőelem javítása / karbantartása (rövid időre is)
- helyszíni tűzálló termékbeépítés
- szerelés-felügyelet





GUARDIAN

A GUARDIAN OROSHÁZA KFT.,
a világ egyik legnagyobb float- és feldolgozott üveg
gyártójának, a Guardian Industries Corp.-nak leányvállalata
keres munkatársat

LÉTESÍTMÉNYMÉRNÖK munkakörbe

Elvárások:

- gépészmérnöki / anyagmérnöki / kohómérnöki / vegyészmérnök egyetemi végzettség
- MS office, és irodai programok felhasználó szintű ismerete
- az angol nyelv társalgási szintű ismerete
- gépészmérnöki alapismeretek, tüzeléstechnikai ismeretek
- tűzálló anyagok ismerete és kapcsolódó kémiai ismeretek

Feladat:

Területéhez tartozó üzemeltetési, karbantartási feladataihoz kapcsolódóan:

- rendszerek, berendezések üzemeltetése, karbantartási feladatok előkészítése, irányítása,
- karbantartáshoz szükséges anyagok, alkatrészek megrendelése
- eseti meghibásodások kezelése, vészhelyzetek elhárítása
- kapcsolattartás külső kivitelezőkkel
- éves intézkedési tervek összeállítása

Előnyt jelent:

- szilikátipari berendezések területén szerzett üzemeltetési gyakorlat
- egyéb kemence mellett szerzett üzemeltetési gyakorlat
- minőségirányítási rendszerek ismerete
- CAD tervező programok ismerete

Amit kínálunk:

- egy dinamikus és sikeres csapat tagja
- érdekes, kihívásokat nyújtó, igényes munka nemzetközi környezetben
- tudás és képzettség szerinti javadalmazás
- fejlődési lehetőségek tudás és szakmai tapasztalat terén

Jelentkezés módja:

Kérjük küldje el jelentkezését (szakmai önéletrajzát)
a következő címre:
Guardian Orosháza Kft., 5901 Orosháza, Pf. 15.
vagy kcsontor@guardian.com

Ha további információra van szüksége, kérjük hívja
Társaságunk HR vezetőjét a +36-68-887-243-as számon.

A GUARDIAN INDUSTRIES-ről információt
kaphat az interneten is.
<http://www.guardian.com>