

# Ásványi és más építési eredetű hulladék anyagokból készített hőszigetelő kompozitok műszaki jellemzésének néhány kérdése

## Some Questions of Qualifying Heat Insulating Composites Made of Construction and Mineral Wastes

MOLNÁR József<sup>1</sup>, DEBRECZENI Ákos<sup>2</sup>

Miskolci Egyetem, Bányászati és Geotechnikai Intézet,  
H-3515 Miskolc-Egyetemváros, Magyarország, e-mail:  
<sup>1</sup>bgtmj@uni-miskolc.hu, <sup>2</sup>bgtnda@uni-miskolc.hu

### Abstract

*Partial utilization of wastes produced by modern human society can reduce amount of disposed waste, furthermore saleable products can be produced. Heat insulating tiles can be made of certain construction wastes as aggregate and solidified fly ash from coal fired power plants as binding agent. Certain wastes such as saw dust, wooden chips, expanded polystyrene granules, polyurethane, etc. can be used as aggregates of the composites. Composite construction materials made of wastes must be qualified as any other materials not containing waste components. If heat insulating blocks are examined, mostly their thermal, fire safety and mechanical properties must be examined. Especially for polymer waste base material as they generate poisoning and sometimes carcinogenic gases while burning. Basic aspects of this qualification are revised in this paper. This is mostly based on the construction materials and rock mechanics topics which are parts of educating mining engineering students at Institution of Mining and Geotechnical Engineering, University of Miskolc. Furthermore laboratories of other institutions of Faculty of Earth Science and Engineering mostly of Institution of Raw Materials Preparation and Environmental Processing.*

**Kulcsszavak:** építőanyag, kompozit, hulladék, geopolimer, anyagvizsgálat

### 1. Bevezetés

A modern társadalmak életében keletkező hulladékok részbeni feldolgozásával egyrészt csökkenthető a különféle lerakókban elhelyezendő hulladéktömeg, másrészt piacképes termékeket lehet előállítani. Az építőipari hulladékok és a széntüzelésű hőerőművek pernyéjének egy részéből például hőszigetelő lapok készíthetők. Az ilyen hőszigetelő kompozitok előállítása jó lehetőséget nyújt fa hulladékok (fűrészpor, forgács) és különféle műanyagok (különféle habosított műanyagok, polisztirol, poliuretán) újbóli hasznosítására is.

A hulladékokból készülő kompozit építőanyagokat is minősíteni kell, ezért azok hőtechnikai tulajdonságait és szilárdsági jellemzőit is meg kell határozni. Továbbá a szemcsés adalékanyagok gyakran éghető anyagok, azok tűzbiztonsági kérdéseit is tisztázni kell. Különösen áll ez a polimer hulladék adalékanyagokra, melyek égéstermékei sok esetben toxikus, nem egyszer karcinogén hatásúak lehetnek.

Cikkünkben ennek a minősítésnek a szempontjait foglaljuk össze. Nagymértékben hagyatkoztunk a Bányászati és Geotechnikai Intézetnek az építőanyagok oktatásával és kutatásával kapcsolatos tevékenységére, és számoltunk a Műszaki Földtudományi Kar, azon belül is a Bányászati és Geotechnikai Intézet valamint a Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet laboratóriumainak a vizsgálati lehetőségeire.

## 2. A hőszigetelő építési kompozitok műszaki jellemzésének általános szempontjai

A szerkezeti anyagok minősítésének esztétikai, gazdasági, egészség- és környezetvédelmi szempontjai mellett mérnöki szempontból nagyon fontosak a fizikai, kémiai, esetenként biológiai módszerekkel mérhető műszaki jellemzői. Erre a műszaki jellemzésre az esetek döntő többségében a következő paraméterek közül szokás a megfelelőket választani [7, 8]:

1. az anyag szerkezete
  - atomos-molekuláris, kristályos szerkezet
  - mikroszkopikus szerkezet (szemcsézettség, mikrokristályos szerkezet, mikroszkopikus repedések, kolloid szerkezet, stb.)
  - makroszkopikus szerkezet (szemcsék, lemezek, szálak, pórusok, zárványok, repedések, stb.)
2. szilárdsági tulajdonságok
3. felületi mechanikai jellemzők
  - keménység
  - kopási ellenállás (kopásállóság), dörzsállóság
  - szemcsehalmaz elporladási jellemzői
  - hasíthatóság, hasító-húzószilárdság
  - forgácsolási ellenállás
4. szabálytalan alakú szemcsék és ömlesztett szilárd anyagalmazok jellemzői
  - szemcsealak, szemcseméret, szemnagyság
  - szemcsehalmaz szemnagyságának valószínűségi és statisztikai jellemzői (szemnagyság intervalluma, terjedelme, eloszlása, momentumai)
  - fajlagos felület
  - a határoló felület minősége (érdesség)
  - sűrűség, porozitás és testsűrűség, szemcsehalmaz hézagossága és halmazsűrűség
  - természetes rézsűszög
5. hidrotechnikai jellemzők
  - nedvességtartalom
  - vízfelvétel, nedvfelvétel, vízfelszívás
  - dinamikai viszkozitás
  - szivárgási tényező
  - szivárgást megindító nyomásgradiens
  - diffúziós és ozmotikus tényező
6. hőtechnikai jellemzők
  - fajhő
  - lineáris és térfogati hőtágulási tényező
  - hővezetési tényező
  - halmazállapot változási paraméterek: olvadási vagy lágyulási hőmérséklet és fagyáshő, forrási hőmérséklet és forrási hő
  - gyulladási feltételrendszer: lobbanáspont és gyulladási hőmérséklet, gyulladáshoz szükséges energia és anyagok
  - éghetőség, hőállóság, hőlökés állóság, tűzállóság
7. akusztikai jellemzők
  - hangsebesség
  - akusztikus keménység (akusztikus impedancia)
  - hangcsillapítási tényező
  - porózus anyagok akusztikus jellemzői: fajlagos áramlási ellenállás, akusztikai (látszólagos) porozitás, szerkezeti tényező
8. elektromos-mágneses jellemzők
  - dielektromos állandó (permittivitás), remanens eltolódás
  - (mágneses) permeabilitás, remanens mágnesség, koercitív erő, Curie-pont
  - fajlagos ellenállás, átmeneti hőmérséklet

- átütési szilárdság
  - érintkezési- (Volta-féle), termoelektromos és elektrokémiai standard potenciál
  - elektromágneses sugárzással szembeni viselkedést leíró jellemzők: törésmutató, extinkció-állandó, hőszugárzási tényező
9. nukleáris jellemzők
- bomlási állandó, felezési idő
  - aktivitás
  - hatáskeresztmetszet különféle sugárzásokra
10. tartósság

Természetesen általában nem kell az összes felsorolt jellemzőre minősíteni az egyes szerkezeti anyagokat. Azt kell minden esetben az anyag tulajdonságait is szem előtt tartva megfontolni, hogy a konkrét alkalmazás milyen követelményeket támaszt a beépítendő szerkezeti elemekkel szemben. Ez a kettős szemlélet korábban is megvolt az építőanyag termékek minőségi szabályozásában. Például a zúzottkövekre és a homokoskavicsokra külön minőségi szabványok vonatkoztak. A betonoknak, habarcsoknak és aszfaltoknak, amelyek ezeket mint szemcsés adalékanyagokat tartalmazták, szintén megvoltak a maguk minőségi (termék)szabványai [1, 2, 6, 10, 11, 12]. A minőségi szabályozás ezredforduló utáni változásai azonban már a kész termékekre fogalmaztak meg minőségi követelményeket, míg a komponenseire vonatkozó követelményeket már ezekhez igazították.

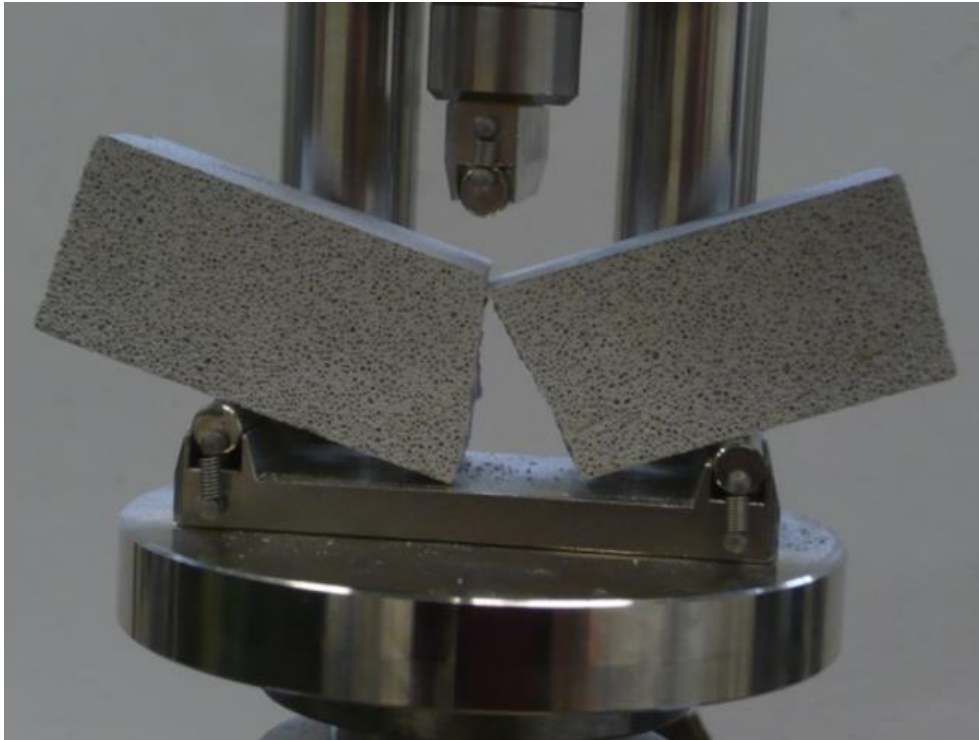
A kompozit anyagok legalább két komponensből, mátrixból és adalékanyagból állnak. A kötőanyagként és adalékanyagként szóba jöhető anyagfajták rendkívül változatosak lehetnek [8]. Ezért fontos a hulladékokból készített kompozitok esetében az egyes komponensekre vonatkozó minőségi követelmények körének megválasztása, a kész termékekre vonatkozó követelmények gondos alkalmazása mellett.

### 3. Újrahasznosított komponensekből álló hőszigetelő építési kompozitok műszaki jellemzői

Az újrahasznosított komponensekből álló hőszigetelő építési kompozitokkal kapcsolatos alapvető kutatási feladatokban a következő hőtechnikai és a mechanikai jellemzőket kell elsősorban vizsgálni:

1. Fajhő
2. Lineáris és hőtágulási tényezők: Az egyes komponensek hőtágulási tényezőinek közel azonosaknak kell lenniük, nehogy a hőmérséklet ingadozás vagy nagyobb mértékű hőmérséklet emelkedés káros belső feszültségek kialakulásához vezessen.
3. Hővezetési tényező: A termékből készítendő burkolat hőszigetelő képességét jellemzi. Jó hőszigetelők általában azok a nemfémes anyagok, melyek pórusait gáz tölti ki, és a gáz az anyag üregeibe be van zárva.
4. Gyulladás feltételrendszer: A gyúlékonyságot a tűzbiztonságot szabályozó nemzetközi szabvány (EN ISO 11925-1:2010) alapján kell meghatározni.
5. Éghetőség, hőállóság, hőlökés állóság, tűzállóság: A hőállóság és a tűzállóság klasszikus fogalmai helyett polimer adalékanyagú kompozitokra az alkalmazás hőmérsékleti tartományát kell meghatározni, melyen belül a műanyag kémiaiilag stabil marad. A tűzbiztonság tisztázásához az úgynevezett nem-éghetőségi tesztet (EN ISO 1182:2010) is el kell végezni, valamint a próbatest az egyedi égő test vizsgálatát (EN 13823:2010). Továbbá meg kell határozni a füstgáz összetételét, és az égéskor keletkező hő hatásait a szerkezetre.
6. Reflexiós tényező, extinkcióállandó: Bár általában véve elektromágneses sugárzással szembeni viselkedést leíró mennyiségekről van szó, az első jellemző a hősugarak határfelületről való visszaverődését, a második a hőszigetelő rétegben való elnyelődését adja meg.
7. Statikus szilárdság mérése: Ebben az anyagjellemző körben – a közetmechanikában és a geomechanikában alkalmazott módon – több paramétert is meghatározunk. A szakítószilárdságot közvetett húzóvizsgálattal (Brazil-tesztel) szoktuk elvégezni. Emellett nyomó-, hajlító- és nyíróvizsgálatot is [13, 14]. A szóban forgó hőszigetelő kompozitok viszonylag ridegek, amint azt az 1. ábrán hajlítóvizsgálatban tönkrement próbatest is mutatja [4].

8. Keménység kopásállóság: A keménység Brinell-, Vickers- és Rockwell-féle (statikus) meghatározása mellett dinamikus módszerrel, úgynevezett Schmidt-kalapácsos módszerrel is célszerű meghatározni.



1. ábra

*YTONG próbatestek hajlító-szilárdságának mérése [4]*

#### 4. Geopolimerek, mint a hőszigetelő anyagok kötőanyagai

A hőszigetelő kompozitok kötőanyagai és adalékanyag komponensei meglehetősen sokfélék [8]. Az adalékanyag általában jó hőszigetelő, azaz rossz hővezető (pl. habosított műanyagok, duzzasztott perlit, stb.) szemcsék tömege. A kötőanyagok körében a klasszikus polimerek, nemhidraulikus kötőanyagok (mész, vízüveg, építési gipsz) és cementek mellett megjelentek különféle polixialátok [3, 5, 13]. A geopolimerek erősen lúgos közegben gyorsított kötésű, szilícium-, alumínium-, kalcium-, magnézium- illetve vasoxidból álló kristályos rendszerek. Széntüzelésű hőerőművekben keletkezett hamukból általában lehet geopolimert készíteni. Magyarország területén igen tetemes (becslések szerint százmillió tonnánál is nagyobb) mennyiségű hamu található. Környezetvédelmi szempontból fontos volna ennek a deponált tömegnek a csökkentése. Az viszont gazdasági érdek lenne, hogy a hamu egy részéből geopolimerrel szilárdított piacképes építési kompozitokat állítsanak elő. A tanulmányunkban ismertetett vizsgálati szempontokat tulajdonképpen az ilyen geopolimer kötőanyagú, habosított polimer gyöngy adalékanyagú hőszigetelő kompozitok vizsgálatához dolgoztuk ki.

#### 5. Köszönetnyilvánítás – Acknowledgement

A tanulmány/kutatómunka a „Fenntartható Nyersanyag-gazdálkodási Tematikus Hálózat – RING 2017” című, EFOP-3.6.2-16-2017-00010 jelű projekt részeként a Szechenyi2020 program keretében az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

The described work/article was carried out as part of the „Sustainable Raw Material Management Thematic Network – RING 2017”, EFOP-3.6.2-16-2017-00010 project in the framework of the Szechenyi2020 Program. The realization of this project is supported by the European Union, co-financed by the European Social Fund.

**Irodalom**

1. BALÁZS GYÖRGY (1994): *Építőanyagok és kémia*. Műegyetemi Kiadó, 1994. Jegyzet azonosító: 94493.
2. BALÁZS GYÖRGY (szerk., 1983): *Építőanyag praktikum*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
3. DAVIDOVITZ, J. (2019): *Creating the Geopolymer Standards*. 2019 Geopolymer Camp. Geopolymer Institute Library. URL: <https://geopolymer.org/fichiers/gpcamp-2019/Davidovits%20-%20Creating%20the%20Geopolymer%20Standards.pdf>. Letöltve. 2020. január 5.
4. DEBRECZENI ÁKOS, MUCSI GÁBOR, SZABÓ ROLAND (2019): *Bányászati hulladékok felhasználásával készült építőanyagok szilárdsági tulajdonságainak mérése*. In Proc. XXI. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia. Nagybánya, 2019. május 9-12., p46-50.
5. KHATER, H. M. M. (2018): *Preparation and characterization of lightweight geopolymer composites using different aluminium precursors*. *Építőanyag – Journal of Silicate Based and Composite Materials*, **2018/6** Vol. 70, No. 6., p 186-194. URL: [http://epitoanyag.org.hu/static/upload/10.14382\\_epitoanyag-jsbcm.2018.33.pdf](http://epitoanyag.org.hu/static/upload/10.14382_epitoanyag-jsbcm.2018.33.pdf). Letöltve. 2020. január 5.
6. MAROSI GYULA (szerk., 1993): *Építőipari minőségi követelmények*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1993.
7. MOLNÁR JÓZSEF (2008): *Építőanyagok. Anyagjellemzők*. Oktatási segédlet, kézirat. Miskolci Egyetem, Bányászati és Geotechnikai Intézet. Miskolc. 2008.
8. MOLNÁR JÓZSEF (2009): *Építőanyagok. Építési kompozitok. Cementek. Betonok. Szilikútkerámiák*. Oktatási segédletek, kézirat. Miskolci Egyetem, Bányászati és Geotechnikai Intézet. Miskolc, 2009.
9. PALOTÁS László (1979): *Mérnöki szerkezetek anyagtana 1. Általános anyagismeret*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1979.
10. PALOTÁS László (1979): *Mérnöki szerkezetek anyagtana 2. Fa-kő-fém-kötőanyagok*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1979.
11. PALOTÁS László (1980): *Mérnöki szerkezetek anyagtana 3. Beton-habarc-s-kerámia-műanyag*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1980.
12. SAMANTASINGHAR, S. & SINGH, S.P. (2019): *Fresh and Hardened Properties of Fly Ash–Slag Blended Geopolymer Paste and Mortar*. *International Journal of Concrete Structures and Materials*. Int J Concr Struct Mater 13: 47. <https://doi.org/10.1186/s40069-019-0360-1>. Letöltve. 2020. január 5.
13. SOMOSVÁRI ZSOLT DR. (1990): *Geomechanika I.*, Tankönyvkiadó, Budapest.
14. SOMOSVÁRI ZSOLT DR. (1989): *Geomechanika II.*, Tankönyvkiadó, Budapest.