

Erőműi széntüzelés szilárd melléktermékeiből készült kompozitok mechanikai jellemzői

Mechanical properties of composite construction materials made of the solid byproducts coal combustion in a coal-fired power plant

MOLNÁR József Dr.¹, DEBRECENI Ákos Dr.²

Miskolci Egyetem, Bányászati és Geotechnikai Intézeti Tanszék,
H-3515 Miskolc-Egyetemváros, Magyarország,
e-mail: ¹bgtmj@uni-miskolc.hu, ²bgtnda@uni-miskolc.hu

Abstract

A huge amount of fly ash and flue gas desulfurizing gypsum is produced annually in power plants as byproducts of generating electricity, using lignite as fuel. These fine-grained materials are usually disposed as industrial waste, and only a small part of them is utilized for different purposes. Gypsum is principally used for manufacturing wallboard elements for in-house applications, fly ash is usually utilized as filler and as hydraulic component of heterogeneous cements. Manufacturing composites of these components seems to be another new way of utilization. A long-term research is being performed at Department of Mining and Geotechnical Engineering at University of Miskolc (Hungary) in order to determine the basic characteristics of these materials. Its latest results are the mechanical characteristics of the composites in question, such as compressive and tensile strength as a function of composition.

Kulcsszavak: szénbányászat, energiahordozók, gipsz, kompozitok, környezetvédelem, energiabiztonság

1. BEVEZETÉS

Magyarországon évente több százezer tonna hamu keletkezik a széntüzelésű erőműi villamosenergia-termelés melléktermékeként. Ennek túlnyomó többsége pernye, amely súlyos környezetszennyezést okozhatna, ha a füstgázokat porleválasztás nélkül engednék a légkörbe. A hamu tömegének kisebb része salak.

Évente több mint százezer tonna füstgáz kéntelenítési gipsz is képződik, mióta füstgáz kéntelenítő egységeket helyeztek üzembe környezetvédelmi célból.

Az ilyen nagy mennyiségű ömlesztett anyag és a technológiai folyamat során keletkező ipari szennyvíz kezelése, ártalmatlanítása és hasznosítása nyilvánvalóan fontos probléma műszaki, gazdasági és környezetvédelmi szempontból is.

2. A SZÉNTÜZELÉS MELLÉKTERMÉKEINEK VIZSGÁLATA A BÁNYÁSZATI ÉS GEOTECHNIKAI INTÉZETI TANSZÉKEN

A Miskolci Egyetem Bányászati és Geotechnikai Intézeti Tanszékének hagyományos profiljába tartozik a kőzetmechanika, a szén és az építőanyagok lelőhelyeinek értékelése és kitermelése. Ezekhez az elmúlt évtizedekben egy másik, viszonylag új kutatási terület is csatlakozott, a különböző széntüzelési melléktermékek alapvető jellemzőinek meghatározása és lehetséges hasznosítási módjainak megtalálása. Ennek keretében számos ipari hulladék, így több magyarországi erőműből származó hamu, füstgáz kéntelenítési gipsz, továbbá cementgyárakból származó szűrőporok tulajdonságait vizsgáltuk.

3. LIGNITTÜZELÉSI PERNYE ÉS FÜSTGÁZ KÉNTELENÍTÉSI GIPSZ, MINT KOMPOZIT ANYAGOK KOMPONENSEI

Az építőiparban a gipszet – mint nem hidraulikus kötőanyagot – széles körben használják beltéri alkalmazásokhoz. Emellett az előregyártott falazóelemek is egyre nagyobb népszerűségnek örvendenek. A gyárilag

előállított gipsz termékek önköltsége csökkenthető, ha a drágább gipsz egy részét olcsóbb pernyével helyettesítik, így tiszta gipsz helyett kompozit anyagot állítanak elő. A kompozitok előállításához szükséges energia mennyisége is csökken, ha annak gipsztartalmát csökkentik, pernyetartalmát pedig növelik. Számolni kell azal is, hogy a melléktermékként keletkező füstgáz kéntelenítési gipsz csak addig képződik, amíg a széntüzelésű hőerőmű működik. A felhalmozott készletek végesek. Nem mindegy tehát, hogy az előregyártott termékek tisztán gipszből, vagy gipsz kötőanyagú és valamilyen szemcsés – például pernye – adalékanyagú kompozitból készülnek.

Vizsgálatainkban a kompozitok adalékanyagaként a füstgázból elektrofilterrel leválasztott finom szemű pernyét használtunk. Ennek szemcsemérete nem haladta meg a 0,2 mm-t. A kötőanyag 0,1 mm-nél finomabb szemcseméretű kalcinált füstgáz kéntelenítési gipsz volt.

3. A KOMPOZIT ANYAGOK VÍZ-, GIPSZ- ÉS PERNYETARTALMÁNAK OPTIMALIZÁLÁSA

A kompozit optimális összetételének meghatározásához először a két szilárd komponens tömegarányát vizsgáltuk. Természetesen a szilárd összetevők mellett keverővízre is szükség volt a kötéshez, így a keverék három komponensből állt.

Az optimalizálás célfüggvényei a szóban forgó kompozit anyag sűrűsége, nyomó- és szakítószilárdsága voltak, a gipsz- és pernyetartalom (x és y) függvényében. A szakítószilárdságot a közetmechanikában szokásos brazil-tesztel határoztuk meg. A mérésekhez mintegy 321 darab, 40 mm átmérőjű hengeres próbatestet készítettünk. Magasságuk a nyomószilárdság méréséhez 60 mm, a brazil-teszt esetében 20 mm volt.

A próbatestek egy része tiszta, közepesen lassan kötő, gipszből készült, pernye adagolása nélkül. Ezek a minták kis sűrűségűek ($1000-1500 \text{ kg/m}^3$) és nagy szilárdságúak (8-21 MPa) voltak. A próbatestek testsűrűsége és gipsztartalma (x) között szoros volt a korreláció, a nyomószilárdságánál azonban nagy szórást tapasztaltunk.

Hasonló tendencia volt megfigyelhető a füstgáz kéntelenítési gipszből és pernyéből készült kompozit próbatestek sűrűségénél, egytengelyű nyomószilárdságánál és a hasító-húzószilárdságánál a gipsz tartalom függvényében. A szilárdsági mérések eredményei az 1. és 2. ábrán láthatók. A 3. ábra az egytengelyű nyomószilárdság alakulását mutatja a testsűrűség függvényében.

Sajnos az egytengelyű nyomószilárdság korrelációs tényezője az egyváltozós értékelésnél agyon alacsonynak bizonyult. Ezért a gipsztartalom (x) mellett, másik független változóként a pernyetartalmat (y) is be kellett vezetnünk. A víztartalom $v=1-x-y$ alakban számítható. A kompozit próbatestek sűrűségét és szilárdsági jellemzőit (nyomó- és húzószilárdság) két változó függvényeként (x és y) ábráztuk (4. és 5. ábra).

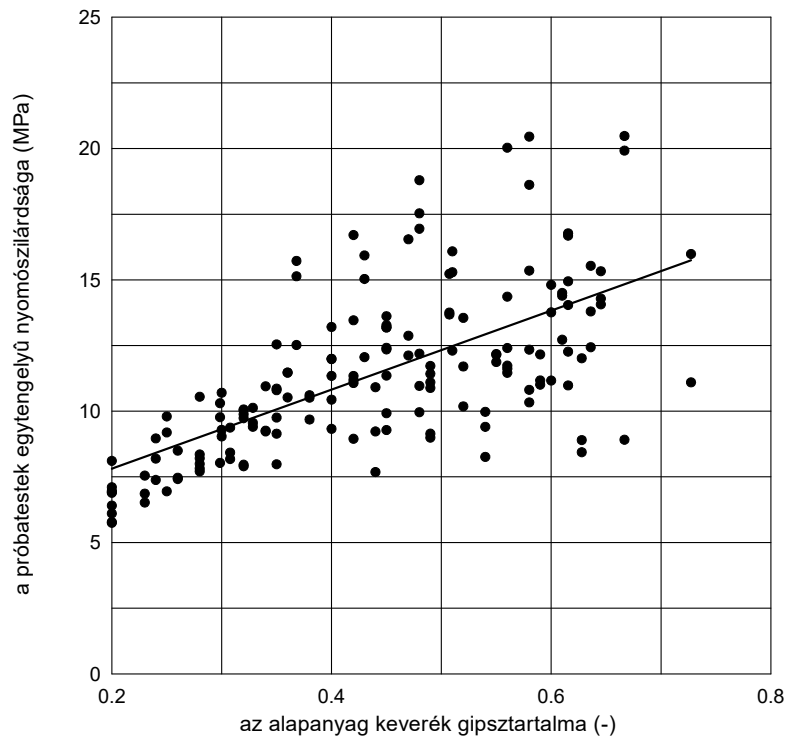
A 4. és az 5. ábrán az $x+y=1$ egyenlet által meghatározott egyenesek pontjai a száraz, vizet nem tartalmazó keverékek elméleti összetételét írják le. Az $y=1-1,1862 \cdot x$ egyenlet által leírt egyenes pontjai az olyan víztartalmú keverék összetételét ábrázolják, melyek csak a kristályvíz képződéséhez éppen szükséges mennyiségű vizet tartalmaznak. A pontok és a melléjük írt értékek, a vizsgált keverékek összetételét és mért szilárdsági jellemzőiket mutatják.

4. AZ EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

A kapott eredmények alkalmasak a füstgáz kéntelenítési gipsz–pernye–víz keverékek optimális összetételének meghatározására. Az optimális összetételt (x és y) jelentő pontok egy egyenes szakaszon találhatóak, amely a 4. és az 5. ábrán a mérési pontok által lefedett tartomány felső határán van. Itt adódnak a legmagasabb átlagos szilárdság értékek, a még bedolgozható, minimális keverővíz tartalmú összetételeknél. Ha a pernyetartalmat $y=0,2-0,25$ -ig növeljük, a gipsztartalom $x=0,60-0,65$ -ről $x=0,40-0,45$ -re csökken a nyomószilárdság jelentős csökkenése nélkül, ami gazdasági szempontból és a kalcinálási hőenergia felhasználás szempontjából igen kedvező.

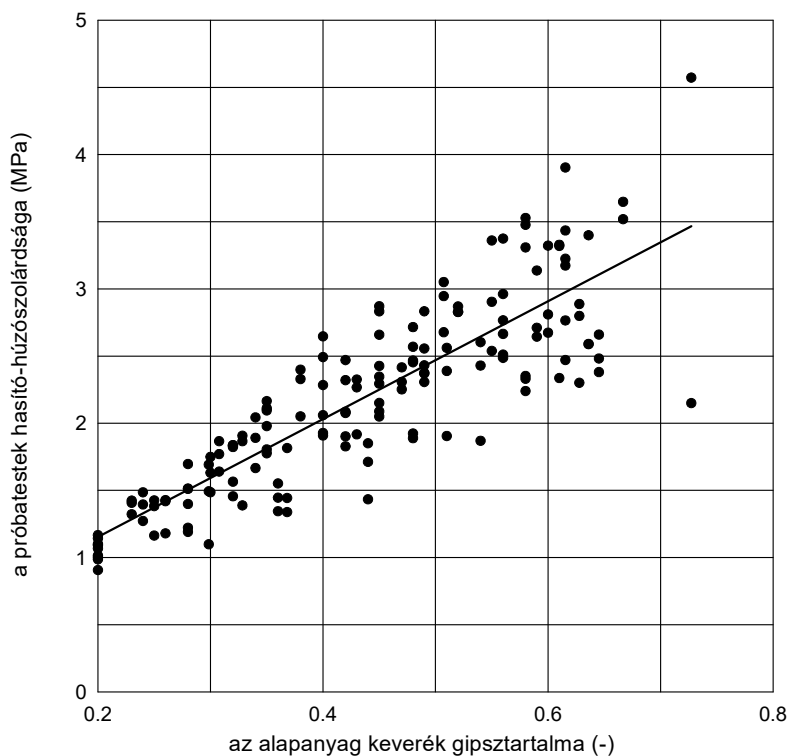
Bár a gipsz önmagában kiváló hőszigetelő anyag, még alacsonyabb hővezetési együtthatót lehet elérni, ha a keverék víztartalmát mintegy 10 %-kal növeljük, (ugyan ennyivel csökkenve a szilárdanyag tartalmat), hiszen ekkor a megszilárdult kompozit porozitása megnő. Természetesen a porozitás növekedése a szilárdság csökkenését eredményezi.

A széntüzelésű erőművek ipari hulladékaiból készült kompozitok kiválóan alkalmasak előregyártott gipsz termékek (pl. gipszkarton) gyártására beltéri célra.



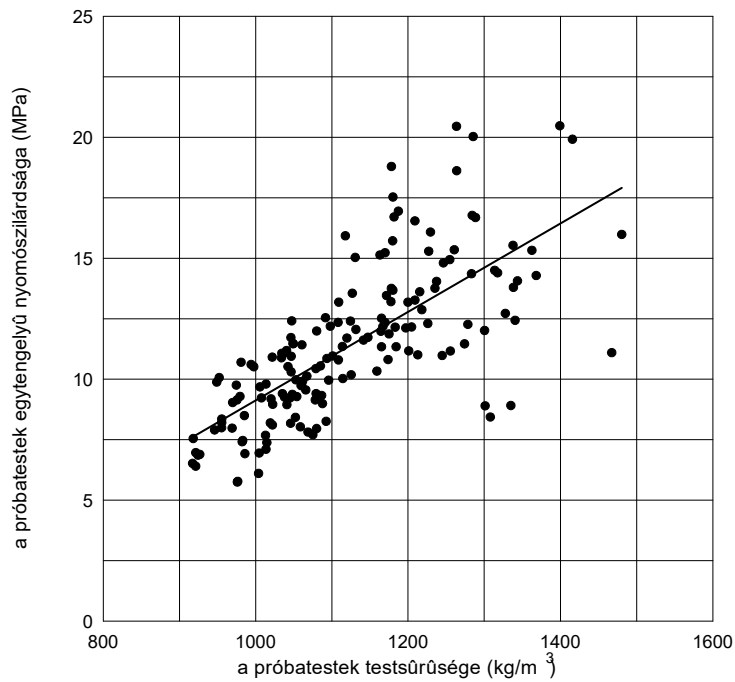
1. ábra

A kompozit próbatetek egytengelyű nyomószilárdsága a gipsztartalom (x) függvényében. A korrelációs tényező $r=0,66$, a nyomószilárdság becslésének becsült szórása 2,36 MPa. A becsléshez használt pontok száma 161



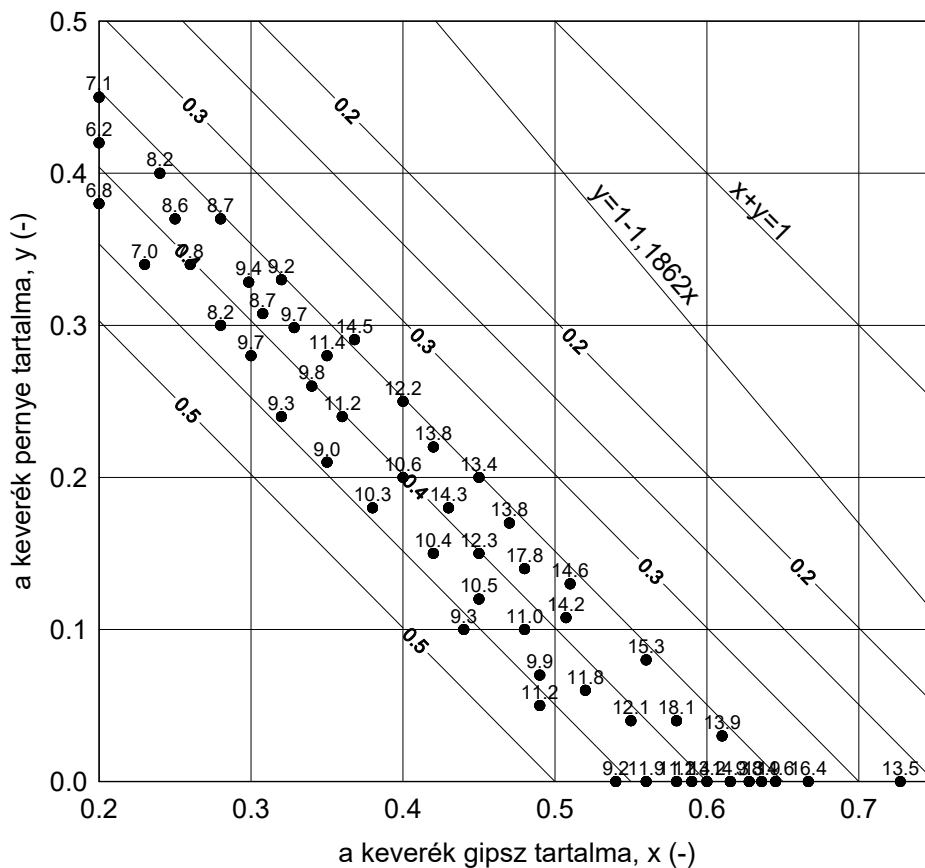
2. ábra

A kompozit próbatetek hasító-húzószilárdsága a gipsztartalom (x) függvényében. A korrelációs tényező $r=0,86$, a nyomószilárdság becslésének becsült szórása 0,355 MPa, a becsléshez használt pontok száma 160



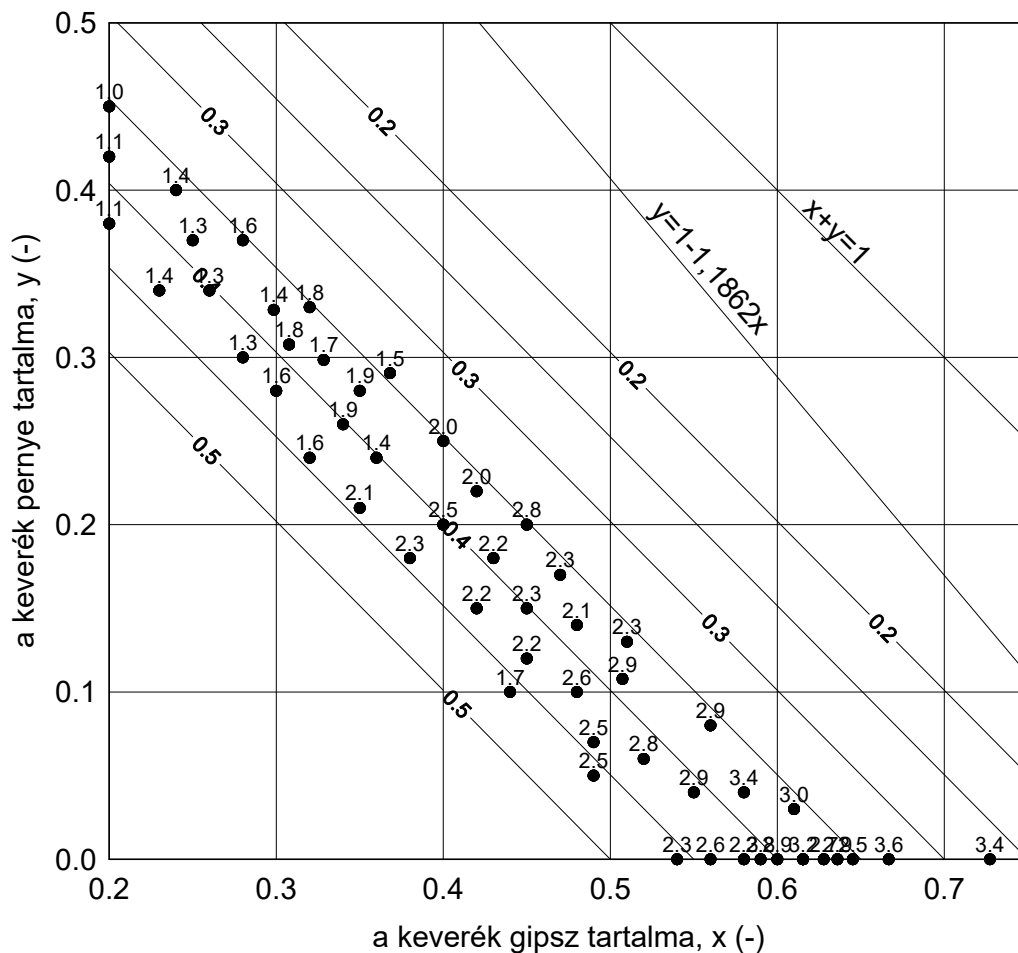
3. ábra

A kompozit próbatetek egytengelyű nyomószilárdsága a testsűrűség (ρ_t) függvényében. A korrelációs tényező $r=0,73$, a nyomószilárdság becslésének becslült szórása 2,16 MPa, a becsléshez használt pontok száma 161



4. ábra

A kompozit anyagok MPa-ban kifejezett átlagos egytengelyű nyomószilárdsága a keverék gipsztartalma (x) és pernyetartalma (y) függvényében. Az izovonalak a keverék víztartalmát ($v=1-x-y$) jelentik dimenzió nélküli értékben.



5. ábra

A kompozit anyagok MPa-ban kifejezett, brazil-tesztel meghatározott átlagos hasító-húzószilárdságai a keverék gipsztartalma (x) és pernyetartalma (y) függvényében.

Az izovonalak a keverék víztartalmát ($v=1-x-y$) jelentik dimenzió nélküli értékben.

IRODALOM

- [1.] DEBRECZENI ÁKOS – MUCSI GÁBOR – SZABÓ ROLAND: Bányászati hulladékok felhasználásával készült építőanyagok szilárdsági tulajdonságainak mérése, In: Márton István (szerk.) XXI. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia, Nagybánya: Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság (EMT), pp 46-50 (2019)
- [2.] KOVÁCS FERENC – MOLNÁR JÓZSEF – VALASKA JÓZSEF – GÁL ISTVÁN, 2000: Chemical and Mechanical Characteristics of Hungarian Lignite Combustion Products, in 18th World Mining Congress, Coal Techniques Session, October 10, 2000, Las Vegas (U.S.A.).
- [3.] MOLNÁR JÓZSEF – DOVRTEL GUSZTÁV, 2000: Handling and Transportation of Lignite Ash in a Hungarian Power Station, Hydromechanization 11, International Innovation Seminar 2000, Magdeburg (Germany)
- [4.] KOVÁCS FERENC – MOLNÁR JÓZSEF, 2003: Basic Properties of Desulfurization Gypsum, Acta Montanistica Slovaca, Ročník 8 (2003), číslo 1, pp. 16-19.
- [5.] KOVÁCS FERENC – MOLNÁR JÓZSEF – VALASKA JÓZSEF, 2003: Chemical and Mechanical Characteristics of the Byproduct Gypsum Produced in a Hungarian Lignite-Fired Power Plant. In Ghose, A. K., Bose L. K., (eds.), Mining in the 21st Century – Quo Vadis?, Oxford & IBH Publishing Co. Pvt. Ltd., New Delhi (India), 2003
- [6.] MOLNÁR JÓZSEF, 2005: Composite construction materials made of the byproducts of generating electrical energy, produced in a Hungarian coal-fired power plant. In: Mining and Sustainable Development. Proceedings of the 20th World Mining Congress, Tehran (Iran), 7-11 November, 2005. Published by Geological Survey of Iran and National Geoscience Database of Iran, 2005, pp 157-160.