

SZILIKÁTTUDOMÁNY

A szemcseméret-eloszlás jelentősége pernyeadalékos cementek előállításánál*

Opoczky Ludmilla – Gábel Viktória
CEMKUT Kft.

Bevezetés

A cementiparban évtizedek óta használják cementkiegészítő anyagként a széntüzelésű erőműveknél melléktermékként keletkező, ill. leválasztott pernyét.

A pernyeadalékos kompozitcementek előállításával összefüggésben az utóbbi időben számos őrléstechnikai és szemcseméret-analitikai kérdés vetődött fel, melyek közül legfontosabbak a pernye finomságának – fajlagos felület, szemcseméret-eloszlás – szerepe a cement minőségének alakulásában, valamint a finomság jellemzésére, ill. vizsgálatára alkalmazott módszerek felülvizsgálata és fejlesztése.

Előadásunkban az e téren végzett kutatások fontosabb eredményeit kívánjuk bemutatni.

Vizsgálati anyagok és módszerek

Kísérleti anyagaink különböző típusú hazai üzemi cementek, valamint az oroszlanói és a vértesi erőművekből származó pernyeminták voltak. A kísérleti anyagok minőségét (szilárdság, vízigény, puccolános aktivitás stb.) a vonatkozó szabványok szerint vizsgáltuk.

Az őrlémények szemcseösszetételét CILAS 715 típusú lézergrenulométerrel határoztuk meg. A szemcseméret-eloszlás leírására a Rosin-Rammler-Sperling-Bennett (RRSB) egyenletet, ill. annak két paraméterét, a finomsági mérőszámot (\bar{x}) és az egyenletességi tényezőt (n) használtuk. Az n egyenletességi tényező a szemcseméret-eloszlás szórásának, „szélességének” mérőszáma, minél kisebb az n , annál „szélesebb”, szórtaabb a szemcseméret-eloszlás; az \bar{x} finomsági mérőszám az őrlémény finomságának mérőszáma, minél kisebb az \bar{x} annál finomabb az őrlémény.

A felhasznált anyagok, ill. őrlémények finomságát, ill. diszperzítási fokát a cementiparban jelenleg általánosan

használt permeabilitásmérésen alapuló Blaine-féle készülékkel meghatározott fajlagos felülettel – továbbiakban „Blaine-felület” –, valamint a szemcseméret-eloszlás adataiból hatványfüggvényes közelítéssel számított – továbbiakban „számított felület” – jellemeztük. E számítás lényege, hogy az egyes szemcséket gömbnek tételezzük fel, ami hasonlóságot mutat a lézeres szemcsenagyságelemzéssel, ahol a készülék a szemcsék méretét az egyenértékű gömbök átmérőjének értékével adja meg. Így a különböző, folytonos változó méretű gömbökből álló halmazok esetére a fajlagos felület a következő módon írható fel:

$$S_{mg} = \frac{6}{\rho_s} \cdot \int_{x_{min}}^{x_{max}} \frac{1}{x} \cdot f(x) dx \quad (1)$$

ahol:

- x szemcseméret, vagyis az egyenértékű gömb átmérője;
- $f(x)$ az eloszlást leíró függvény.

Mivel egyetlen függvény az eloszlást csak ritkán írja le pontosan, ezért azt szakaszonként vagy azonos típusú és különböző paraméterű, vagy különböző típusú függvényekkel közelítjük, és a szakaszonként számított határozott integrálokat összegezzük.

Mivel a legkisebb szemcséknek döntő hatása van a fajlagos felület alakulásában, és az egyes szemcseosztályok általában nem elegendően szűkek a szemcsék méretéhez viszonyítva, pontosabb eredményt kapunk, ha az eloszlásfüggvényt hatványfüggvénnyel közelítjük.

Ekkor a szemcseosztályonkénti fajlagos felület a következő képlettel számítható:

$$\Delta S_{mgi} = \frac{m_i}{m_i - 1} \cdot \left(\frac{F_i}{x_i} - \frac{F_{i-1}}{x_{i-1}} \right) \quad (2)$$

ahol m_i a hatványfüggvény kitevője az adott szemcseosztály esetében.

* 2004. szeptember 5-7. között Balatonfüreden rendezett 9th PORANAL Int. Symp. on Particle Size Analysis, Environmental Protection and Powder Technology konferencián elhangzott előadás nyomán.

Vizsgálati eredmények

A cementkiegészítő anyagként felhasznált erőműi pernye diszperzitásfoka, ill. finomsága nagymértékben befolyásolja a pernye, ill. a pernyeadalékos kompozitcementek minőségét [1, 2].

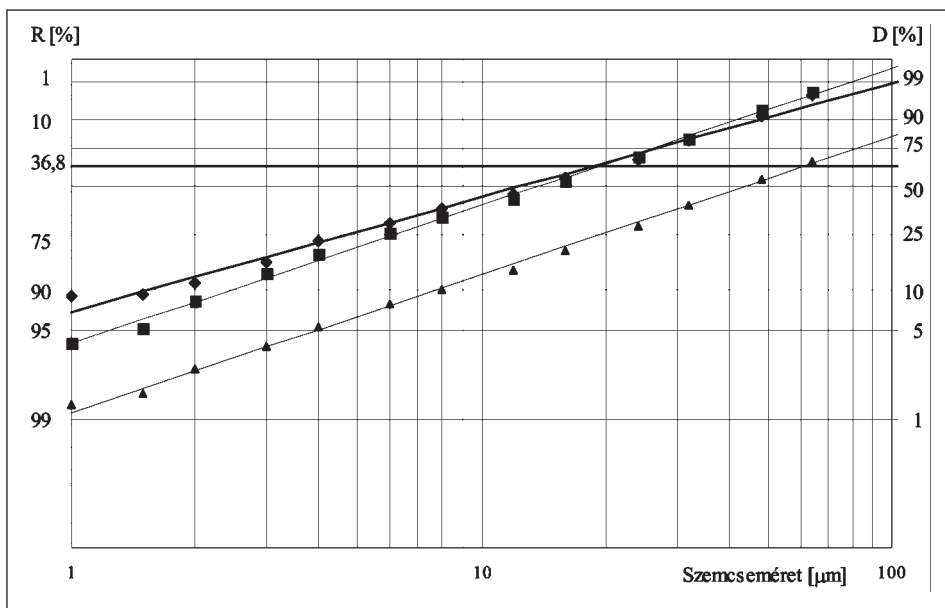
A cementiparban a pernye finomságát a „Blaine-felülettel” jellemzik, ill. ezen érték alapján minősítik. Vizsgálataink szerint a „Blaine-felület” értéke alapján történő értékelés nem ad megfelelő információt a pernye tényleges szemcseösszetételéről, ill. finomságáról [3, 4].

Ezt illusztrálja az 1. ábra, melyen megközelítőleg azonos „Blaine-felületű” klinkerőrlemény és pernye szemcse-eloszlása látható, az európai és a hazai gyakor-

latban is elfogadott RRSB-egyenletnek megfelelő (DIN 66145) koordináta-rendszerben ábrázolva.

Megállapítható, hogy megközelítőleg azonos – 3500 cm²/g – „Blaine-felületű” pernye szemcse-eloszlása finomsági mérőszáma alapján (\bar{x} = 60 μm) sokkal „durvább”, mint az azonos „Blaine-felületű” klinkerőrleményé (\bar{x} = 18 μm). Ahhoz, hogy a pernye szemcse-eloszlása megközelítse a klinkerőrleményét, azt ~ 6000 cm²/g „Blaine-felületre” kellett megörölni.

Hasonló következtetésre jutottunk a pernye és a cement(ek) esetében a szemcse-eloszlás mért adataiból hatványfüggvényes közelítéssel „számított felület” és „Blaine-felület” értékek összehasonlítása során is (1. táblázat).



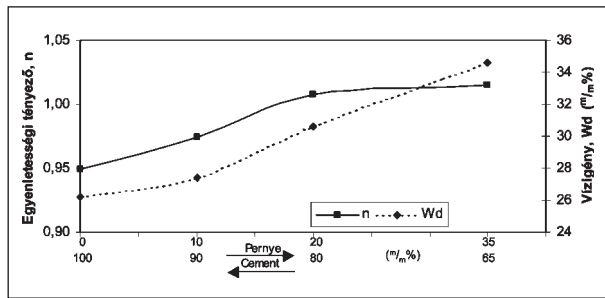
Vizsgált anyag megnevezése	„Blaine-felület” (cm ² /g)	RRSB-egyenlet paraméterei		Frakció-összetétel (%)		
		n egyenletességi tényező	\bar{x} (μm) finomsági mérőszám	0–3 (μm)	3–32 (μm)	32–192 (μm)
Klinkerőrlemény	~ 3500	0,9013	~ 18	15,90	64,00	20,10
Pernye /eredeti	~ 3500	1,0870	~ 60	3,70	34,70	61,60
Pernye /őrölt	~ 6000	1,0835	~ 19	13,20	67,70	19,10

1. ábra. Szemcse-eloszlás és „Blaine-felület”

1. táblázat

A pernye, ill. pernyetartalmú cementek finomsági jellemzői

Vizsgált anyag megnevezése	Pernyetartalom (m/m%)	RRSB-egyenlet paraméterei		„Blaine-felület” (cm ² /g)	„Számított felület” (cm ² /g)
		\bar{x} finomsági mérőszám (μm)	n egyenletességi tényező		
Eredeti pernye	100	95	1,0237	3460	1940
Őrölt pernye	100	48	1,0342	3840	3230
CEM I 42,5N	0	19	0,9953	3570	3620
CEM II/A-V 42,5N	20	21	0,9555	3750	3640
CEM II/A-V 32,5R	20	25	0,9575	3590	3420
CEM II/B-V 32,5N	35	24	1,0249	3340	3190



2. ábra. A cement egyenletességi tényezőjének (n) és vizigényének (Wd) változása a pernyetartalom függvényében

Míg a pernyementes cement(ek) esetében a szemcseméret-eloszlás mért adataiból függvényközelítéssel „számított felület” érték(ek) nem tér(nek) el lényegesen a permeabilitás méréssel meghatározott „Blaine-felülettől”, addig a pernye, ill. pernyetartalmú cementek esetében a „mért” és a „számított” felületek között lényeges a különbség.

A cement és a pernye „Blaine-felület” értékei közötti különbségek egyrészt azzal vannak összefüggésben, hogy a pernyék és a cementek szemcseméret-eloszlása lényegesen eltér egymástól, másrészt pedig azzal, hogy a pernyék a viszonylag durva részecskék mellett mindig tartalmaznak igen kis méretű „elemi szén” részecskéket is, melyek jelenléte jelentősen növeli a „Blaine-felület” értéket.

A pernye szemcseméret-eloszlása fontos szerepet játszik a pernyetartalmú kompozitcementek minőségének alakulásában.

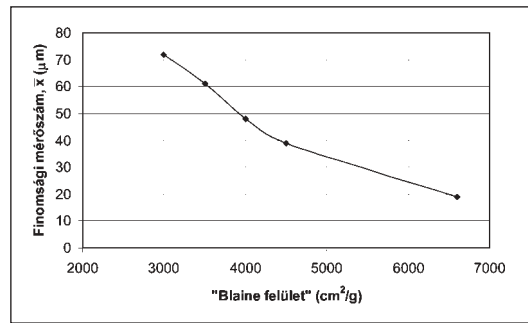
Kutatásaink szerint meghatározott összefüggés van a kompozitcementek szemcseméret-eloszlása (egyenletességi tényező – n) és vizigénye között. A nagyobb egyenletességi tényezőjű (n), azaz „szűkebb” szemcseméret-eloszlású cementek általában nagyobb vizigényűek. Ugyanis egy örleményben a szilárd térfogati hányad annál kisebb, ill. a vízzel kitöltendő pórusok, hézagok térfogata annál nagyobb, minél „szűkebb” a szemcseméret-eloszlás [2].

Mivel a pernyék „szűkebb” szemcseméret-eloszlással rendelkeznek, mint a cementek, a cementhez történő adagoláskor növelik a cement egyenletességi tényezőjét (n), és ezzel egyidejűleg növelik a cement vizigényét (2. ábra), ami kedvezőtlenül befolyásolja a cement, ill. a belőle készült habarcsok, betonok szilárdságát, bedolgozhatóságát és más alkalmazástechnikai tulajdonságait is.

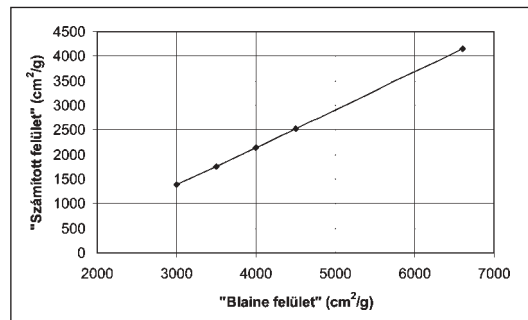
Megfelelő finomírással a pernye szemcseméret-eloszlását kedvező irányba lehet befolyásolni.

A 3a, 3b ábrákon a pernye finomsági mérőszáma (\bar{x}), „számított felülete” és „Blaine-felülete” közötti összefüggések láthatók.

Az ábrákból leolvasható, hogy milyen „Blaine-felületre” kell megőrlölni a pernyét ahhoz, hogy annak finomsága, ill. szemcseméret-eloszlása (\bar{x} – finomsági mérőszám, „számított felület”) megközelítse a pernyementes cement finomsági jellemzőit. Így például ahhoz, hogy a pernye



3a ábra. Az örölt pernye \bar{x} finomsági mérőszáma és „Blaine-felülete” közötti összefüggés



3b ábra. Az örölt pernye „számított felülete” és „Blaine-felülete” közötti összefüggés

finomsági mérőszáma (\bar{x}) ~ 25 mm legyen, a pernyét legalább 5500 cm²/g „Blaine-felületre” kell megőrlölni.

Ezen megállapításunknak fontos gyakorlati jelentősége van. Egyrészt azért, mert a cementipari gyakorlatban az üzemi őrlőberendezések irányítása a „Blaine-felület” értéke alapján történik. Másrészt, a pernye megfelelő finomságának, ill. szemcseméret-eloszlásának beállításával a pernye adagolásával készült cementek, termékek tulajdonságait kedvező irányba lehet befolyásolni.

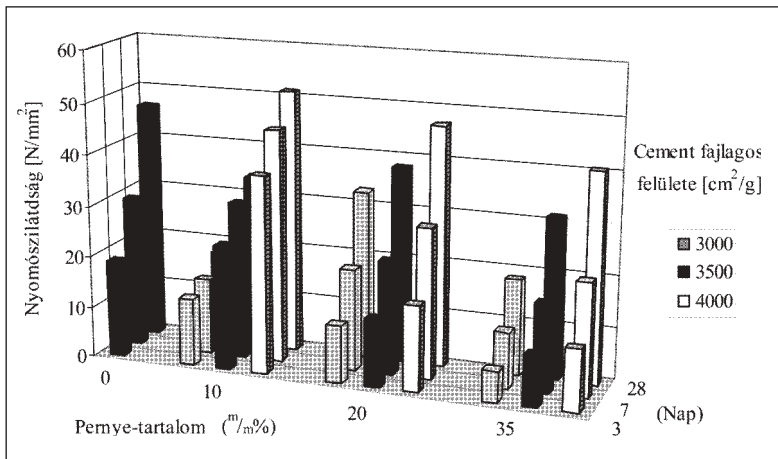
Erre vonatkozóan néhány konkrét példát kívánunk bemutatni:

- Csökkenthető a pernyének a cement szilárdságára – különösképpen kezdeti szilárdságára – gyakorolt kedvezőtlen hatása (4. ábra).
- Csökkenthető a pernyének a cement vízmegtartó-képességére gyakorolt kedvezőtlen hatása (5. ábra).
- Csökkenthető a cementek szulfátduzzadása, ill. fokozott szulfátállóságú cementek állíthatók elő (6. ábra).

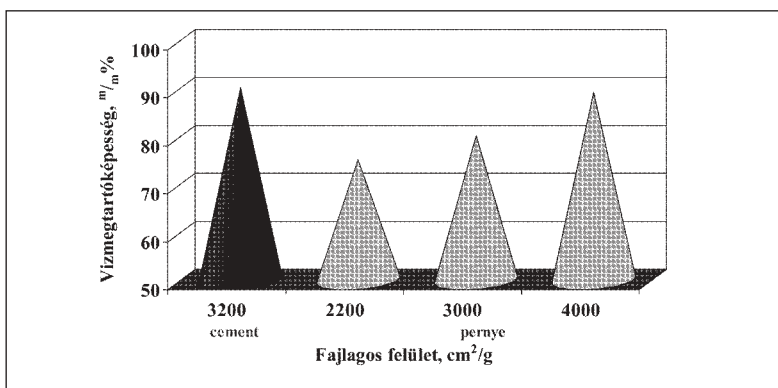
Fontosabb következtetések

A cementkiegészítő anyagként felhasznált erőműi pernye finomsága nagymértékben befolyásolja a pernyeadalékos kompozitcementek minőségét. A cementiparban a pernye finomságát a permeabilitásméréseken alapuló „Blaine-felülettel” jellemzik.

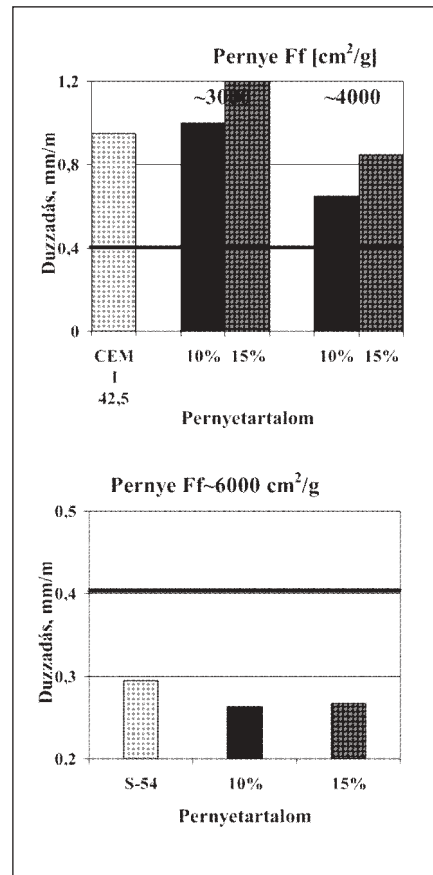
Vizsgálataink szerint a „Blaine-felület” nem ad megfelelő információt a pernye tényleges szemcseösszetételéről.



4. ábra. A cement nyomószilárdságának változása a pernyetartalom és a cementfinomság függvényében (együttörlés)



5. ábra. 20 m/m% különböző finomságú pernyét tartalmazó cementek vízmegtartó képessége



6. ábra. Különböző finomságú pernyék hatása a cementek szulfátduzzadására 28 napos korban

Ugyanis a megközelítőleg azonos „Blaine-felületű” pernyék „durvább” és „szűkebb” szemcseméret-eloszlással (\bar{x} – finomsági mérőszám, n – egyenletességi tényező) rendelkeznek, mint az azonos „Blaine-felületű” kiegészítőanyag-mentes cementek. Hasonló megállapításhoz jutottunk a pernyék és cementek „Blaine-felület” és „számított felület” értékeinek összehasonlítása alapján is.

A pernye szemcseméret-eloszlása, „számított felülete” és „Blaine-felülete” közötti összefüggések ismeretében megállapítható, hogy milyen „Blaine-felületre” kell a pernyét megörölni ahhoz, hogy annak finomsága, ill. szemcseméret-eloszlása megközelítse a cement finomsági jellemzőit.

A pernye szemcseméret-eloszlásának megfelelő beállításával a pernyeadalékos kompozitcementek tulajdon-

sági (vízigény, vízmegtartó képesség, szilárdság, szulfátállóság stb.) kedvező irányba befolyásolhatók.

Irodalom

- [1] *Opoczky, L.*: Grinding technical questions of producing composite cement. International Journal of Mineral Processing 44-45 (1996) pp. 395-404.
- [2] *Opoczky, L. – Tamás, F.*: Multicomponent Composite Cements. Advances in Cementtechnology: Chemistry, Manufacture and Testing. Tech. Books New Delhi, India (2002) pp. 559-594.
- [3] *Opoczky, L.*: Silicate-Chemical Properties of Fly-Ashes. Oilfield Chemistry, Vol 3. Akadémiai Kiadó, Budapest (2001) pp. 255-262.
- [4] *Gábel, V.*: Description of grinding fineness of fly-ash and cements with fly-ash. (in Hungarian) XX. Cementipari Konferencia, Hortobágy-Máta, 2003. október 13-15.

*Kellemes karácsonyi ünnepeket
és sikerekben gazdag új évet kívánunk!*