

✓ 302 935 4



ÉPÍTŐANYAG

A Szilikátipari
Tudományos Egyesület
folyóirata

10

XXXVIII. ÉVFOLYAM
BUDAPEST, 1986. OKTÓBER
ÉPÍTŐANYAG, 38 (10) 289—320 (1986)

A mész- és cement-, az üveg-, a finomkerámia-, a téglá-, cserép-, a kő-kavics- és a betonipar, a szigetelőanyagok iparának tudományos szakirodalmi folyóirata

Szerkesztőbizottság:

elnöke:

Dr. Talabér József

Felelős szerkesztő:

Dr. Székely Ádám

tagjai:

Dr. Balázs György

Dr. Bálint Pál

Dr. Csizi Béla

Dr. Grofcsik Elemér

Iffy László

Dr. Jilek József

Dr. Kacsalova Lídia

Dr. Kertész Pál

Dr. Kovács Róbert

Dr. Kunvári Árpád

Lenkei György

Dr. Mátrai József

Dr. Mihócs Ferenc

Dr. Opoczky Ludmilla

Riesz Lajos

Sápi Lajos

Serédi Béla

Szentmártony Gusztáv

Dr. Tamás Ferenc

Trefil István

Dr. Träger Tamás

Wilwerger Ferenc

TARTALOM

<i>Schnedelbach, G. – Haubold, S. – Eibisch, R. – Görsch, R.</i> : Nagyszilárdságú cementek gazdaságos előállítására középkihordású körfolyamatos őrlőberendezésekben	289
<i>Dombrowe, N. – Husemann, B. – Haubold, S. – Trommler, G.</i> : Dobmalmok páncélozása és őrlőtesttöltete	293
<i>Lippeck, N. – Espig, B. – Reirsch, V. – Fiala, G.</i> : Őrlőberendezések rendszervizsgálatai	297
<i>Dombrowe, H.</i> : Az őrlőteltség Bond szerinti meghatározását befolyásoló tényezők	300
<i>Ifj. Péntek László – Verdes Sándor</i> : Mészőrlési kutatások újabb eredményei	305
<i>Kocsis Géza</i> : Új irányzatok az üvegolvasztó kemencék tervezésében	309
<i>Szatura László – Opoczky Ludmilla – Bakos József</i> : Fokozott hőszigetelőképességű és tűzálló azbesztcement-termékek kifejlesztése és alkalmazása	314
<i>Farkas Istvánné</i> : A cementhidratáció tanulmányozása elektromos vezetőképességméréssel és termometriálisan	317
A világ szilikátiparából	308, 320, B/III
Dr. Sövegjártó János 1903–1986	292

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Шнедельбах, Г.—Хаубольд, Ш.—Эйбисш, Р.—Герш, Р.</i> : Экономичное производство высокопрочных цементов в мельницах замк-	289
<i>Домброве, Н.—Хусеманн, Б.—Хаубольд, Ш.—Троммлер, Г.</i> : Бронефутеровка и мелющая загрузка барабанных мельниц	293
<i>Липпек, Н.—Эшпиг, Б.—Рейрш, В.—Фиала, Г.</i> : Исследования систем измельчающего оборудования	297
<i>Домброве, Н.</i> : Факторы, влияющие на определение размоловоспособности методом Бонда	300
<i>Пентек, Л.—Вердеш, С.</i> : Новые результаты исследования измельчения извести	305
<i>Кочис, Г.</i> : Новые направления в проектировании стекловаренных печей	309
<i>Сатура, Л.—Опоцки, Л.—Бакос, Й.</i> : Разработка асбестоцементных изделий с повышенной теплоизоляционной и огнезащитной способностями их применение	314
<i>Фаркаш, И-не</i> : Исследования гидратации цемента путем измерения электропроводности и термометрически	317

INHALT

<i>Schnedelbach, G. – Haubold, S. – Eibisch, R. – Görsch, R.</i> : Ökonomische Herstellung der Zemente mit Hoher Festigkeit in Mittenausstrags – Kreislaufmühlslagen	289
<i>Dombrowe, N. – Husemann, B. – Haubold, S. – Trommler, G.</i> : Panzerung und Mahlkörpergattungierung von Trommelmühen.	293
<i>Lippeck, N. – Espig, B. – Reirsch, V. – Fiala, G.</i> : System untersuchungen von Mahlanlagen.	297
<i>Dombrowe, H.</i> : Einflussfaktoren in der Bestimmung der Mahlbarkeit nach Bond	300
<i>Péntek, László junior – Verdes, Sándor</i> : Neuere Ergebnisse in den Kalkmahlungsfor-	305
<i>Kocsis, Géza</i> : Neue Richtungen in der Projektierung von Glasschmelzöfen	309
<i>Szatura, László – Opoczky, Ludmilla – Bakos, József</i> : Entwicklung und Anwendung von Asbestzementprodukten mit erhöhter wärmeisolierender und feuerhemmender Fähigkeit	314
<i>Farkas, Istvánné</i> : Das Studieren der Zementhydratation durch elektrische Leitfähigkeitsmessung und Thermometrie	317

CONTENTS

<i>Schnedelbach, G. – Haubold, S. – Eibisch, R. – Görsch, R.</i> : Economic Production of High-Strength Cements in Middle-Outlet Closed-Circuit Grinding Apparatus	289
<i>Dombrowe, N. – Husemann, B. – Haubold, S. – Trommler, G.</i> : Liner and Grinding Media of Ball Mills	293
<i>Lippeck, N. – Espig, B. – Reirsch, V. – Fiala, G.</i> : Systems Investigation of Grinding Equipment	297
<i>Dombrowe, H.</i> : Factors Influencing the Determination of Grindability by the Bond Method	300
<i>Péntek, László (Jr.) – Verdes, Sándor</i> : New Results of Research in Quicklime Grinding	305
<i>Kocsis, Géza</i> : New Aspects of Glassmelting Kiln Design	309
<i>Szatura, László – Opoczky, Ludmilla – Bakos, József</i> : Development and Application of Asbestos Cement Products of Increased Heat Insulation – and Fire – Breaking Capacity	314
<i>Farkas, Istvánné</i> : Cement Hydration Studied by the Electrical Conductivity Method and by Thermometry	317

Nagyszilárdságú cementek gazdaságos előállítása középkihordású körfolyamatos őrlőberendezésekben

SCHNEDELBACH, G.—HAUBOLD, S*—EIBISCH, R.*—GÖRSCH, R.**

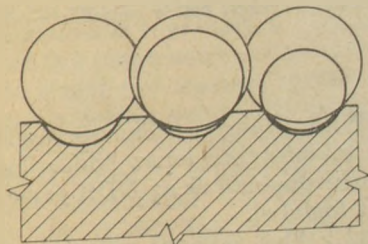
*Anyagelőkészítési Kutató Intézet, Freiberg

**Cementművek, Karsdorf

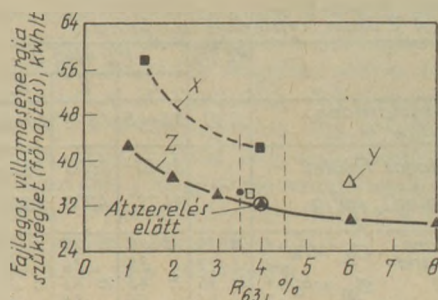
A cementőrlésre nemzetközileg jól beváltak a legkülönbözőbb típusú dobmalomok. Az őrléshez szükséges nagy fajlagos energiaszükséglet és a nagy karbantartási költségek azonban szükségessé teszik a cementőrlés hatékonyságának javítását. Ezért megkíséreltük az őrlési folyamatot megváltoztatott igénybevételi feltételek, pl. a katarakta hatás csökkentése útján, a nyomó és nyíró igénybevétel javára befolyásolni. Ez egy speciális kialakítású páncélozás segítségével volt lehetséges, amit gördülő páncélozásnak nevezünk. Az 1. ábrán ez az új páncélozás látható.

Ennek a páncélzatnak az őrlőfelületén radiálisan körülfutó profilok vannak, amelyek keresztmetszete elipszis szegmens alakú. Az elipszis paramétereit úgy határoztuk meg, hogy bármilyen méretű golyó az éppen alkalmazott elemösszeállításból a profilban két ponton fel tudjon feküdni. A golyó és a profilfenék között egy sarló alakú rés képződik. Ez a kialakítás lehetővé teszi a golyóknak az őrlőfelületen való legördülését. Az őrlőfelületen felfekvő őrlőgolyók forgása az őrlőfelületet nem érintő őrlőgolyókat is forgásra készíti, ami által az őrlendő anyag töltet mozgékonyasága fokozódik. Ez a hatás és a lényegesen megnövekedett csúszás a katarakta hatás gyakorlatilag teljes visszaszorításához vezet.

Az aprítási folyamat szempontjából jelentős, hogy a golyó és a profilfenék között fennálló sarló alakú rés kedvező „behúzóási” feltételeket teremt az őrlendő anyag valamivel durvább részecskéi számára is, hogy az igénybevételi térbe kerülhessenek. A golyók legör-



1. ábra. Újtípusú gördülő páncélzat

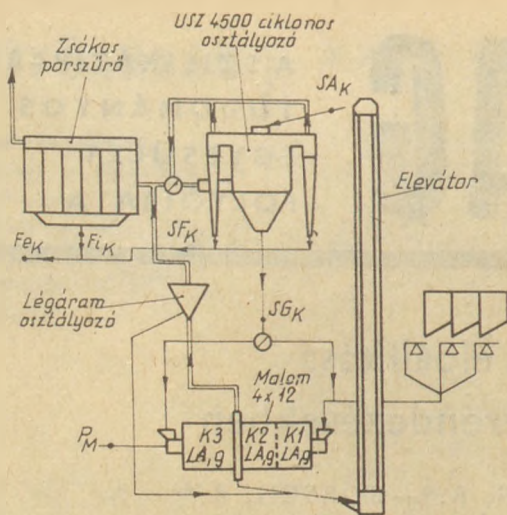


- Helyőcsabai cementgyár, MNK (Polysius, NSZK)
4,8 x 15 m, $n = 72,9\% n_{krit}$
- Obourg cementgyár, Belgium (Saurtevant, USA)
4,8 x 13,2 m, $n = 71,5\% n_{krit}$
- Guidoniai cementgyár, Olaszország (Wedag, NSZK)
4,8 x 15,4 m, $n = 70\% n_{krit}$
- X, Y, Z jelű cementgyárak, NDK
3,6 x 13,0 m, $n = 69,6\% n_{krit}$
- Z A B, Dessau, NDK
4,4 x 15,0 m, $n = 70\% n_{krit}$
4,0 x 12,0 m, $n = 70,3\% n_{krit}$

2. ábra. Fajlagos villamosenergia szükséglet néhány korszerű körfolyamatos cementőrlő berendezésre

dülése az őrlőtest töltet és az őrlési pálya között, valamint az igen mozgékony őrlőtest tölteten belül, elsősorban nyomó- és nyíróigénybevétel általi aprítást okoz. Mivel a dobmalomoknál uralkodó ütő igénybevétel ebben az esetben a legnagyobb mértékig háttérbe szorul, elkerülhetetlen, hogy a malomfeladás maximális szemcseméretét fokozott mértékben korlátozzuk. Az igénybevételi körülmények alapján azonban jelentős megtakarítások várhatók az energiaszükséglet, valamint az őrlőgolyó és páncélzat kopása tekintetében.

Egy félüzemi őrlőberendezésen történt eredményes kipróbálás után (0,9 m átmérő és változtatható hosszúság $L : D \triangleq 0,6 - 3,1$) ennek a páncélzat típusnak az ipari alkalmazása az NDK-ban nyílt és zárt rendszerű cementőrlő berendezésekben egyaránt folyik.



3. ábra. ZAB gyártmányú középkihordású körfolyamatos cementmalom kapcsolási vázlata

A Z üzem cementválasztéka				
	PZ 7/35	PZ 4/45 Q		
		I.	II.	III.
Szitamamaradék, R_{63} %	≤ 10	3,5-4,5	1,5-2	1,5-2
Fajlagos felület (Blaine), cm^2/g	-	3200-3800	3800-	3800-
		3400	4000	4000
Nyomószilárdság σ_3 MPa ⁺¹	≥ 15	≥ 25	≥ 25	≥ 25
	≥ 27	≥ 35	≥ 34	≥ 38
σ_{28} MPa ⁺¹	≥ 35	≥ 45	≥ 45	≥ 45
	4,1	50	48	51,5
SO ₃ tartalom, %	3-3,5	3,5-4	2,5-3	3,3-3,7
Salakhányad, %	≤ 20	2-4	-	-

+1 Minimális nyomószilárdság TGL 28101 szerint

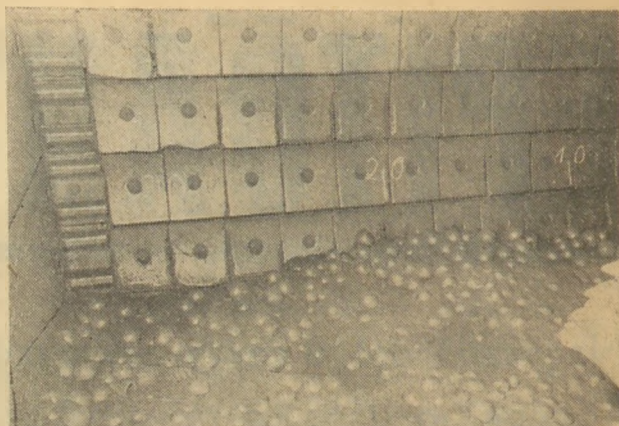
+2 A TGL 28103 szerinti vizsgálat alapján meghatározott nyomószilárdságok éves átlaga

4. ábra. A ZW Z jelzésű üzemben gyártott cementek minőségi jellemzői

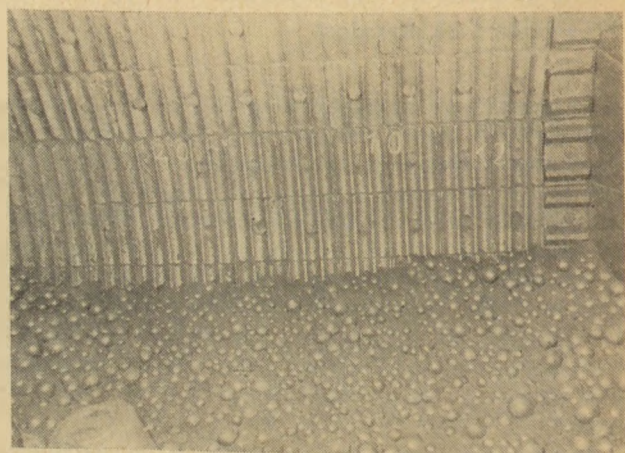
Az alábbiakban a középkihordású, körfolyamatos őrlőberendezésekben történt nagyipari alkalmazás eredményeit ismertetjük. Először azonban áttekintést adunk néhány korszerű körfolyamatos cementőrlő berendezésben adódó villamosenergia szükségleteiről. (2. ábra)

Ismeretes, hogy a fajlagos villamosenergia szükségletet döntően befolyásolja a cement őrlési finomsága. Egy PZ 45 minőségi osztályú portlandcementet általában 3,5–4,5% közötti 63 μm -es szitamamaradéokra őrlenek. A 2. ábra szerint a malom főmeghajtására vonatkoztatva ehhez 32–44 kWh/t szükséges. A világszínvonal szerinti értékek ezzel szemben a 32–34 kWh/t közötti tartományba esnek. A magyarországi hejőcsabai cementgyár őrlőberendezései is ide sorolhatók be.

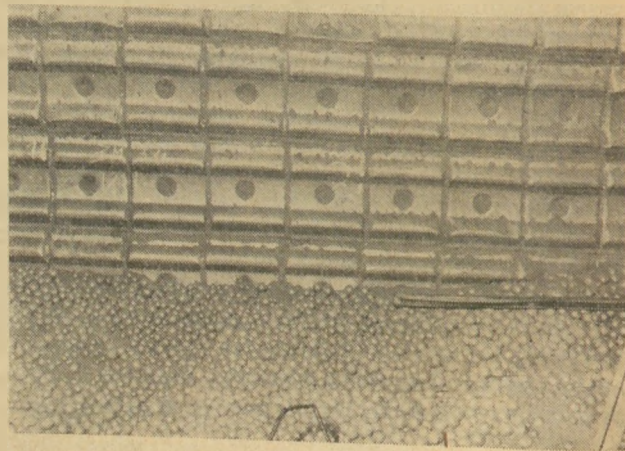
Az alábbiakban tájékoztatást adunk a ZW Z jelzésű üzem középkihordású körfolyamatos malmán végzett kísérletekről, ahol egy PZ 45 portlandcement



5. ábra. II. kamra eredeti lépcsős páncélzata



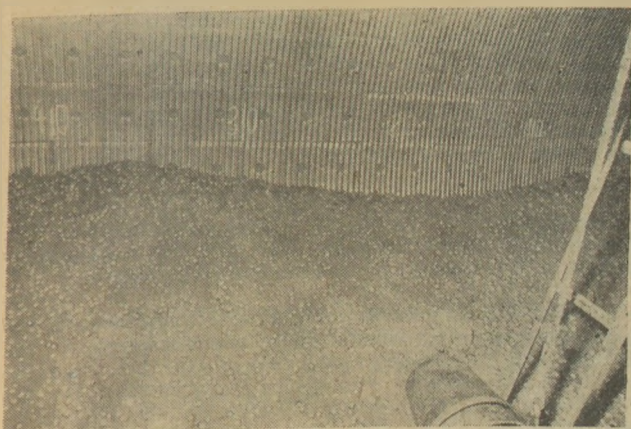
6. ábra. II. kamra jelenlegi gördülő páncélzata



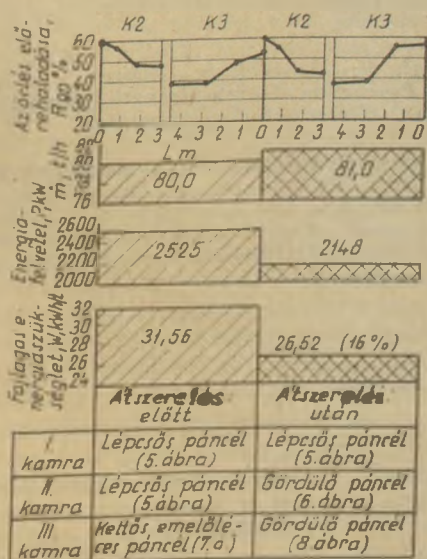
7. ábra. III. kamra eredeti kettős emelőléces páncélzata

őrlése 32 kWh/t fajlagos villamosenergiát igényel. E jelzőszám tekintetében ez az őrlőberendezés megfelel a világszínvonalnak és az NDK cementiparában is első helyet foglal el.

Ebből a 32 kWh/t fajlagos villamosenergia szükségletből kiindulva célkitűzésünk ennek az értéknek



8. ábra. III. kamra jelenlegi gördülő páncélzata



9. ábra. A gördülő páncélzat bevezetésével kapott eredmények PZ 4/45 Q/I őrlése esetén

10%-kal való további csökkentése volt. Emellett legalább azonos, vagy nagyobb teljesítményt kellett biztosítani és az eredményt tartós üzemelés során bizonyítani.

A 3. ábra a VEB Zementanlagenbau Dessau, NDK középkihordású körfolyamatos cementőrlő berendezésének kapcsolási vázlatát mutatja be.

A háromkamrás, 4×12 m-es középkihordású malom egy durvaőrlő és két finomőrlő kamrából áll, és körfolyamatba van kapcsolva egy USZ 4500 mm-es ciklonos osztályozóval. A malom termékét egy serleges elevátor juttatja az osztályozóra. Az osztályozó finom termékét és a zsákos porszűrő által leválasztott port a cementsilókba továbbítják, míg az osztályozó durva termékét visszavezetik a malomba. A malomból elszívott levegő egy légáram osztályozón keresztül ugyancsak a zsákos porszűrőbe kerül. A légáram osztályozó daráját a serleges elevátorhoz vezetik.

A 4. ábrán feltüntetett cementfajtákat – a megadott minőségi jellemzőkkel – a ZW Z jelzésű üzemben állítják elő. A PZ 4/45 Q osztályú cementet három különböző minőségben gyártják, a megrendelők kívánsága szerint. Ezek az őrlési finomságban,

az SO₃ tartalomban, valamint alkalmazástechnikai tulajdonságokban különböznek, ugyanakkor a TGL 28101 szabvány szerint megkövetelt minimális nyomószilárdságot éves átlagban meghaladják.

A széles körű modellkísérletek és fülüzemi kísérletek tapasztalatai a háromkamrás, középkihordású cementmalom II. és III. finomőrlő kamráiban a páncélzat megváltoztatására ösztönöztek.

A II. kamra eredetileg lépcsős páncéllal volt ellátva (5. ábra), majd ezt gördülő páncélzattal cserélték fel (6. ábra).

A III. kamrában eredetileg kettős emelőcses páncélzat volt, (7. ábra), amelyet ugyancsak gördülő páncélzatra (8. ábra) cseréltek ki. Az I. (durva) kamra változatlanul lépcsős páncélzatú maradt.

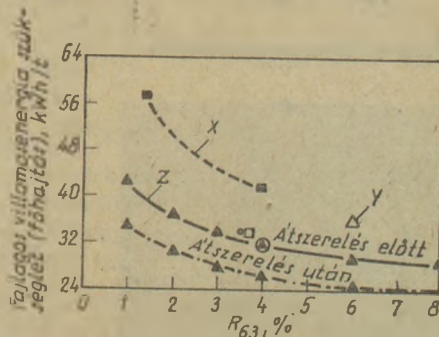
Három éven át végzett széles körű üzemi vizsgálatok során határoztuk meg a berendezés jellemzőit. A tartós igazolást egy éven keresztül, fajtaspecifikus termelési statisztika kiértékelése útján végeztük. Az elért eredmények a PZ 4/45 Q/I cementfajta esetében a 9. ábrán láthatók.

A páncélzat megváltoztatása után a II. és III. kamrában hasonló aprítási előrehaladást regisztráltunk a 90 μm-es szitamaradék alapján, ami a berendezés teljesítményében is tükröződik. A P_M energiafelvétel azonban 377 kW-tal kevesebb. Így a fajlagos villamosenergia megtakarítás 16%-nak adódott.

A 10. ábra alsó jelleggörbéje szemlélteti a PZ 4/45 Q cementfajta őrlésénél elért eredményt a II. és III. finomőrlő kamrák átszerelése után.

Az eredmények a következők:

- a fajlagos villamosenergia szükséglet csökkentése cementmalmonként évi 2235 MWh megtakarítást eredményez;
- az őrlendő anyag megváltozott mozgása a II. és III. kamrába beépített gördülő páncélzat révén



- Helyőrszabai cementgyár, MNK (Polysius, NSZK) 4,8 x 15 m, n = 72,9% n_{krit}
- Obourai cementgyár Belgium (Sturtevant, USA) 4,8 x 13,2 m, n = 71,5% n_{krit}
- Guidoniai cementgyár Olaszország (Wedag, NSZK) 4,8 x 15,4 m, n = 70% n_{krit}
- ▲ X, Y, Z jelű cementgyárak, NDK ZAB, Dessau, NDK 4,4 x 15,0 m, n = 70% n_{krit} 4,0 x 12,0 m, n = 70,3% n_{krit}

10. ábra. Jelleggörbék a gördülő páncélzat hatásának bemutatására

az őrlőtestek 2,5 g/t-val való kopáscsökkenését eredményezte;

- a gördülő páncélozás alkalmazása a II. és III. kamránál a páncélzat tömegének csökkenésével jár, ami 4 t, vagyis 7% kiváló öntöttacél ötvözet megtakarítását eredményezte.

Schnedelbach, G. – Haubold, S. – Eibisch, R. – Görsch, R.:
Nagyszilárdságú cementek gazdaságos előállítása középkihordású körfolyamatos őrlőberendezésekben

A kísérletek szerint középkihordású körfolyamatos cementmalmoknál, a cementőrlés finom tartományában a gördülő páncélzat jól bevált. Tartós üzemben PZ 4/45 Q/I minőségű cement őrlésénél a fajlagos villamosenergia szükséglet 16%-kal csökkent. Emellett csökkent az őrlőtestkopás és a páncélzat tömege. Mindez a vizsgált üzemi viszonylatában malmonként kb. 130 ezer márka önköltség-csökkenést jelent.

Шнедельбах, Г. — Хаубольд, Ш. — Эйбиш, Р. — Герш, Р.:
Экономичное производство высокопрочных цементов в мельницах замкнутого цикла с промежуточной разгрузкой

Согласно проведенным экспериментам в мельницах замкнутого цикла в промежуточной разгрузкой при тонком измельчении с успехом может применяться

качающаяся футеровка. В ходе продолжительного производства портландцемента марки ПЦ 4/45 К/І удельный расход энергии был снижен на 16%. Одновременно с этим снизилась изнашиваемость мелющих тел и масса футеровки. За счет этих мероприятий удалось снизить себестоимость для каждой мельницы примерно на 130 тыс. марок.

Schnedelbach, G. – Haubold, S. – Eibisch, R. – Görsch, R.:
Ökonomische Herstellung der Zemente mit hoher Festigkeit in Mittenaustrags – Kreislaufmahlanlagen

Nach den Untersuchungen ist die Rollenpanzerung bei Mittenaustrags – Kreislauf – Zementmahlanlagen im Feinbereich des Zementmahls gut bewährt. Im Dauerbetrieb hat der spez. elektrische Energiebedarf bei der Mahlung eines Zementes von PZ 4/45 Q/I. um 15% abgenommen.

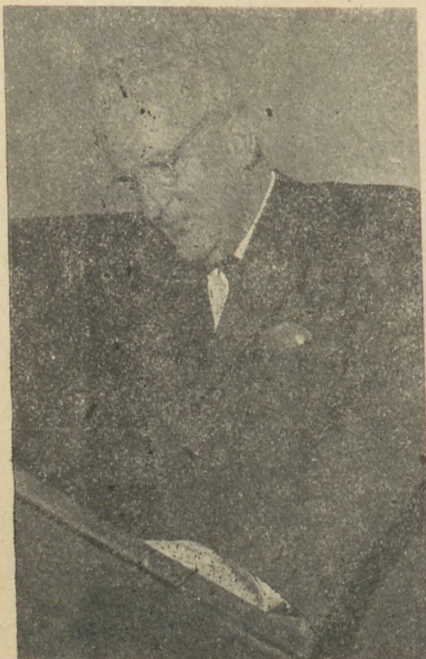
Daneben verminderte sich auch der Mahlkörperverschleiss und die Menge der Panzerung.

Diese ergab eine Selbstkostenverminderung von ungef. 130 Tausend DDM je Mühle im untersuchten Betrieb.

Schnedelbach, G. – Haubold, S. – Eibisch, R. – Görsch, R.:
Economic Production of High-Strength Cements in Middle-Outlet Closed-Circuit Grinding Apparatus

For title problem a roller liner is recommended. When grinding PZ 4/45 Q/I cements the specific electrical energy consumption was reduced by 16%, with a simultaneous decrease of media wear and liner mass. In the factory investigated this means savings as high as 130.000 DDM for each mill.

Dr. Sövegjártó János
1903—1986



Ez év július 16-án, 83 éves korában elhunyt Egyesületünk örökös tagja és volt társelnöke, dr. Sövegjártó János Kossuth-díjas mérnök, a műszaki tudomány kandidátusa.

Dr. Sövegjártó János a tűzállóanyagipar kitűnő szakembere volt: nemzetközileg is ismertté tette nevét, azok pedig akik együtt dolgoztak, vagy akár csak találkoztak vele, nemcsak kiemelkedő tudásáért tisztelték, hanem barátságos, mindig emberséges, szerény magatartásáért, segítőkészségéért is őszintén becsülték.

Bécsben, az ottani híres Műegyetemen szerezte meg gépészmérnöki oklevelét, majd különböző osztrák, csehszlovák és olasz gyárakban dolgozott, kezdetben mint üzemmérnök, majd mint üzemvezető mérnök, végül főmérnök. 1940-ben kezdődött kapcsolata a Magnezitipari Művekkol és innen ment nyugdíjba több mint negyed évszázaddal később, mint a műszaki fejlesztési és kutatási főosztály vezetője. Bár közben más intézményeknél is dolgozott, különböző vezető beosztásokban, a Magnezitiparhoz mindig hű maradt. Számos új eljárás, találmány kidolgozása fűződik nevéhez; a tűzállóanyagiparban elért fejlesztési eredményeiért 1961-ben Kossuth díjat kapott.

Hatalmas tudását szívesen megosztotta másokkal: a Szilikátipari Tudomá-

nyos Egyesület egyik alapító tagja volt és nemcsak aktív korában, hanem nyugdíjba vonulása után is fáradhatatlanul dolgozott az Egyesületben tömörült tűzállóanyagipari szakemberek érdekében. Munkáját a Szilikátipari Tudományos Egyesület azzal ismerte el, hogy társelnökévé választotta, ez év eleje óta pedig Egyesületünk örökös tagja.

Pedagógiai munkája is kiemelkedő: a Veszprémi Vegyipari Egyetemen éveken át adott elő tűzállóanyag-kémiát és -technológiát, könyveiből, szakkönyveiből pedig a szakma valamennyi dolgozója tanult. Gondolatébresztő, mindig érdekes előadásain nemzedékek nevelődtek (képiünk is az előadói emelvényen mutatja most elhunyt örökös tagunkat).

Gazdag, teljes életet élt. Több, mint fél évszázados szakmai munkáját meleg, szerető családi légkör támasztotta alá: 54 évig élt boldog házasságban feleségével, három gyermekén kívül kiterjedt rokonsága gyászolja.

A Szilikátipari Tudományos Egyesület megőrzi alapító és örökös tagja, volt társelnöke emlékét.

Nyugodjék békében!

dr. T. F.

Dobmalmok páncélozása és őrlőtesttöltete

DOMBROWE, H.—HUSEMANN, K.—HAUBOLD, S.—TROMMLER, G.

Anyagelőkészítési Kutató Intézet, Freiberg

Bevezetés

Dobmalmokat számos iparágban alkalmaznak nedves és száraz őrlésre, valamint durva, finom és igen finom őrlésre. A hatékony alkalmazáshoz szükséges az őrlési körülményeknek az adott követelményekhez való illesztése. Ezek a malmok leginkább a cementiparban terjedtek el, mind nyersliszt, mind cement-őrlésre.

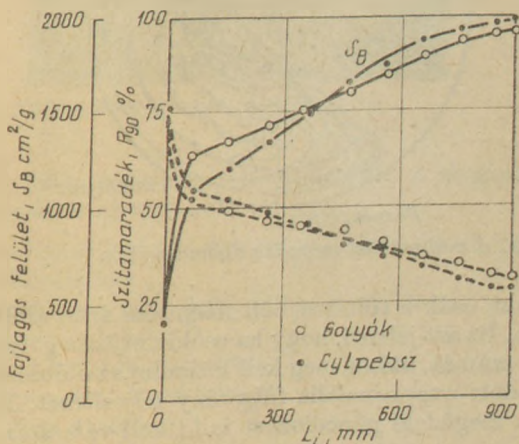
A dobmalmokat általában teljesítményük, fajlagos energiaszükségletük, esetleg más jellemző paraméterek alapján értékelik. Minden intézkedésnek az a célja, hogy a meghatározott feladatot a lehető legkisebb ráfordítással valósíthassák meg. Ennek során a fajlagos energiaszükséglet mellett a kopás és a berendezés stabil üzeme, ill. üzembiztonsága nagy jelentőségű, ezért ezeket a tényezőket is vizsgálat tárgyává kell tenni.

A sokrétű feladatokhoz való alkalmazás a hosszúság-átmérő arány, a malom fordulatszama, az üzemeltetési mód és az őrlőtér belső elemeinek megfelelő megválasztása útján történhet. Az őrlőtér belső elemei alatt az őrlőtesttöltetet, a páncélozást, valamint a válaszfalakat és kihordófalakat értjük.

Az alábbiakban néhány olyan eredményt mutatunk be, amelyet újszerűnek, a kutatás és gyakorlat szempontjából jelentősnek tekintünk.

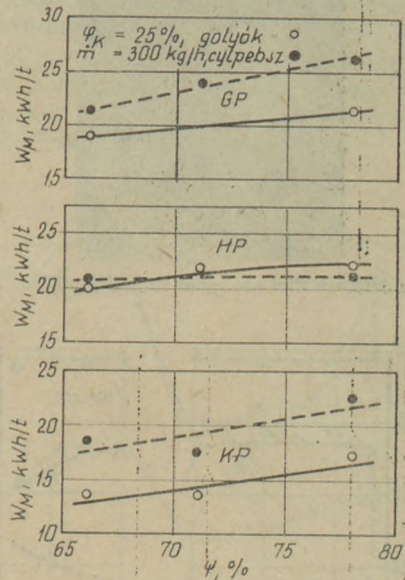
Laboratóriumi és félüzemi kísérletek

Laboratóriumi és félüzemi kísérleteinket különböző páncélokkal és őrlőtesttöltetekkel végeztük. Ezek túlnyomórészt a cementőrlésre, vagyis száraz finomőrlésre vonatkoztak, ahol kívánatos az igen finom szemcsék jelenléte.



1. ábra. Őrlési kísérletek golyókkal és cylpebszekkel, folyamatos laboratóriumi malomban

$L : D = 0,5 : 0,3$; $m = 3$; $m = 15$, kg/óra $\varphi_K = 30\%$; $\varphi = 74\%$



2. ábra. Fajlagos energiaszükséglet golyók és cylpebszek alkalmazásánál

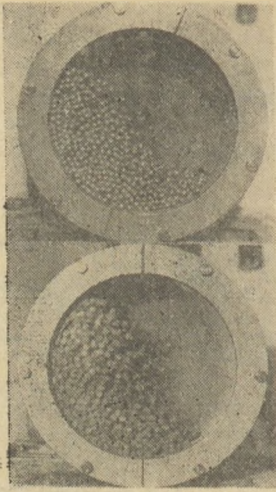
A dobmalom őrlőtesttöltetét alak és összetétel tekintetében változtattuk. A gyakorlatban általában golyókat, vagy cylpebszeket alkalmaznak, monodiszperz, vagy polidiszperz töltetek alakjában. Vizsgálataink során egyrészt a golyók és cylpebszek hatását hasonlítottuk össze, másrészt vizsgáltuk a különböző összetételű golyótölteteket. Végsősorban ezek azok a paraméterek, amelyeket meglévő berendezéseknél viszonylag problémamentesen lehet változtatni.

Golyók és cylpebszek

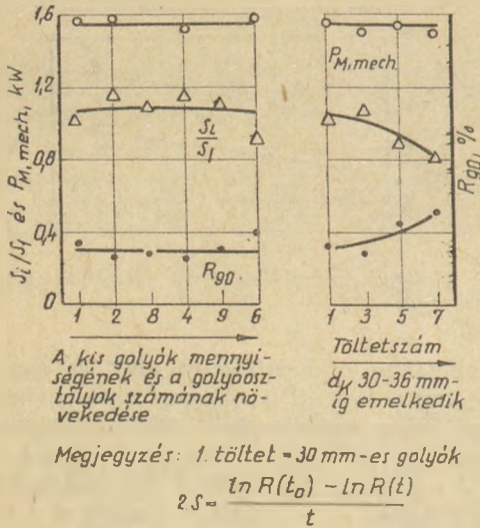
A cylpebszeknek a golyókkal szemben kisebb az ömlesztett térfogati tömegük, tehát lazább térkitöltésűek és vonalmenti igénybevitelhez vezetnek, amiből sokszor intenzívebb igénybevitel következik. Alkalmazásuk elsősorban a finomőrlés szempontjából érdekes, annál is inkább, mivel a kis golyók előállítása igen költséges.

A két őrlőtestfajta összehasonlítása szakaszos és folyamatos működésű laboratóriumi malmokban történt. Az őrlőtestek nagyságát ennek során a tömegazonossággal jellemeztük. Az alábbiakban a részletes vizsgálatokból néhány fontosabb eredményt emelünk ki.

Az 1. ábra mutatja be azokat az eredményeket, amelyeket egy folyamatos laboratóriumi malomban, monodiszperz őrlőtesttöltettel kaptunk. Látható, hogy a 90 μ m-es szitamaradék és a fajlagos felület (Blaine-szám) értékei a két őrlőtestfajtanál jól egyeztek. (Az eredmények szakaszos őrlésnél is hasonlóak.) Eltérések adódtak azonban a malom energiafelvétele tekintetében. Ez cylpebszek alkalmazása esetén na-



3. ábra. Az őrlőtesttöltet mozgása radiális síkban



4. ábra. Aprítási jellemzők és a teljesítmény értékei különböző őrlőtesttöltetek esetében

gyobb, ami azonos malomteljesítménynél nagyobb fajlagos energiaszükségletet jelent. Ez függvénye mind a teljesítménynek, mind a malom fordulatszámának és kb. 20%-kal nagyobb, mint golyók alkalmazása esetén. A 2. ábrán ezt egy 0,7 m-es malmon, különböző páncélzattal végzett kísérletek adataival bizonyítjuk.

Az eredmények magyarázhatók, ha vizsgáljuk a malom töltetének helyzetét golyók, ill. cölpebszek alkalmazása esetén (3. ábra). A golyók kisebb mértékben emelkednek és az őrlőtest „uszály” vastagabbra alakul. A cölpebszek a lazább töltés, valamint az őrlendő anyag nagyobb továbbítási sebessége folytán csak akkor eredményezhetnek bizonyos előnyöket, ha az anyag tapadásra hajlamos. Ezt nagyüzemileg is megfigyelték és kihasználják.

Különböző őrlőtesttöltetek

A dobmalomok őrlőtesttöltetének kiválasztásához a gyakorlatban sokféle előírást alkalmaznak, amelyek mindegyikének megvan a maga létjogosultsága. Nehéz olyan kritériumokat találni, amelyekkel ezek leírhatók és kezelhetők. A száraz finomőrítés számára a golyótöltetet általában a legnagyobb és legkisebb

méretű golyók megadása mellett, egy exponenciális függvény szerint állítják össze, amelynek kezeléséről Schramm és Gaitsch adott részletes ismertetést. Eszerint a töltet nagyszámú golyóosztályból épül fel és a kitűzött aprítási feladathoz való illesztés a nagyobb, vagy kisebb golyók adagolása útján érhető el, aminek következtében a töltet lazább, vagy tömörebb lesz. A sokféle golyóméret alkalmazása rendkívül költséges. Ezért vizsgálták, hogy a méret-osztályok számát lehet-e korlátozni, s ha igen, milyen módon.

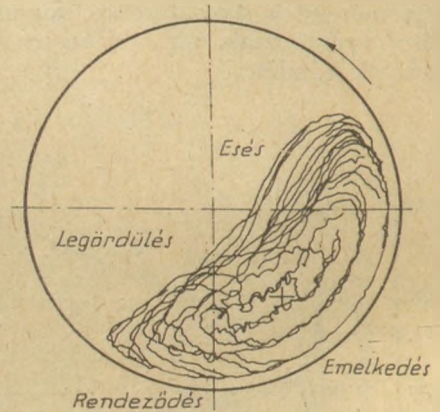
A finomőrítő tér tölteténél, ha a legnagyobb golyó 50 mm-es és a legkisebb 12 mm-es, kb. 10-féle golyóméretet kell alkalmazni, golyóméretenként kb. 5–15 tömeg%-ban, hogy az exponenciális megoszlást kövesse ($d_{ki} = d_{ki,max} \cdot e^{-g \cdot l}$).

Mind a szakaszos, mind a folyamatos működésű laboratóriumi dobmalommal végzett kísérleteink során megtartottuk az előre megadott legnagyobb, ill. legkisebb golyóméreteket és a különböző golyóméretetek számát, valamint azok hányadát változtattuk. Bizonyítást nyert, hogy a golyóméretetek számának 5–6-ra való csökkentése azonos aprítási eredményhez vezetett, ha a

$$d_k = \sqrt[3]{P_i \cdot d_{ki}}$$

képlettel megállapított átlagos golyóméret konstans maradt. Erre mutat be egy példát a 4. ábra.

A kis-, ill. igen kisméretű golyók hányadának csökkentése – az átlagos golyóméret megtartása mellett – az őrlemény igen finom hányadának csökkenéséhez vezet. A legnagyobb golyók helyes megválasztásának annyiban van jelentősége, hogy az elegendő kell legyen az őrlendő anyag legnagyobb méretű részecskéinek aprításához. Az őrlőtest töltetnek a nem módszeres változtatását azonban nem tanácsoljuk, mivel ekkor az aprítási teljesítmény csökken és ez

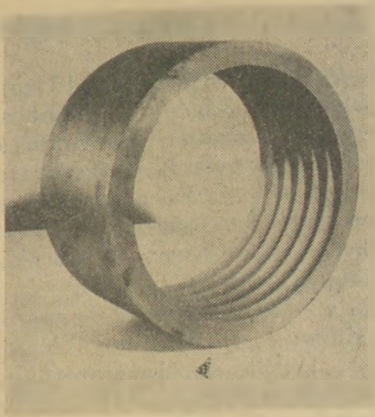


5. ábra. A malomtöltet mozgása dobmalomban

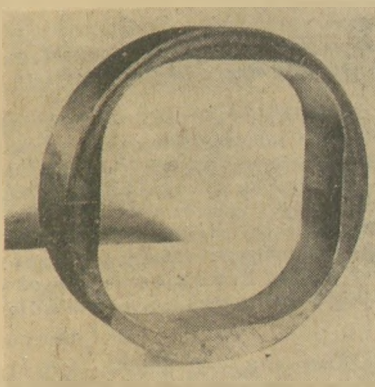
gyakran csak a töltet újbóli felépítése árán állítható vissza. Ez azt jelenti, hogy ha csökkentjük a golyóméretetek számát, akkor meg kell csökkenni az előbbieken megadott exponenciális függvény teljesítését. Emellett a megfelelő páncélozást is ki kell választani.

A megfelelő páncélzat kiválasztása

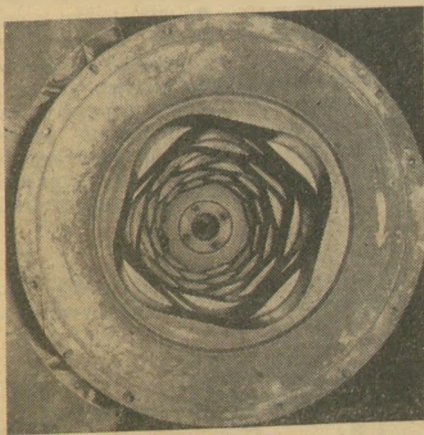
A legkedvezőbb páncélzat alkalmazásának kérdése igen bonyolult feladat. A gyakorlatban a páncélele-



6. ábra. Páncélgűrű hornyos páncélzatnál



7. ábra. Páncélgűrű sarokcsavaros páncélzatnál



8. ábra. Beépített sarokcsavaros páncélozás

meknek számos formáját alkalmazzák, a leggyakoribb formák a következők:

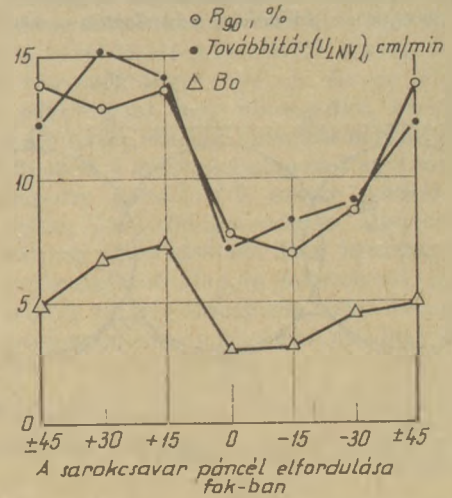
- hullámos páncél, egy vagy többhullámú páncéllemezként;
- emelőléces páncél, blokk vagy ék léccel;
- lépcsős páncél;
- sima hengeres páncél;
- kúpos osztályozó páncél;
- hornyos páncél;
- sarokcsavaros páncél.

Eszerint használatosak olyan páncélozások, amelyek emelőhatást váltanak ki, keringést idéznek elő, vagy pedig olyanok, amelyeknél a horonyforma az

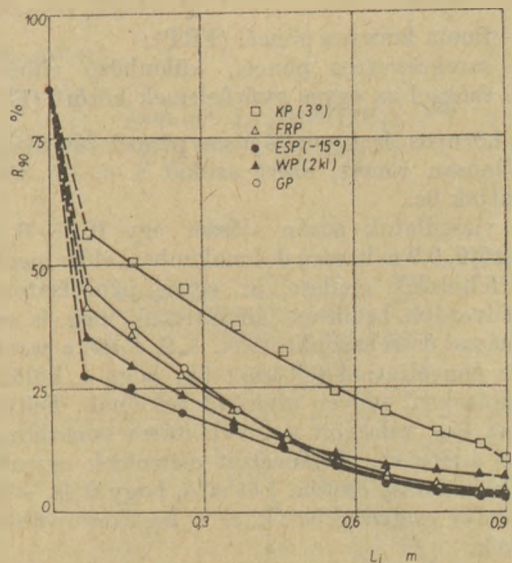
igénybevételi felületet növeli és az igénybevételi folyamatot megváltoztatja.

Az 5. ábrán a malom igénybevételi zónáit jellemezzük.

A durva őrlésnél a megfelelő emelőhatás mindenképpen kívánatos, ami többek között az őrlendő anyag felső szemcseméretétől függ. A finomőrlésnél azonban intenzív gördülő mozgásra törekszünk, mivel ez a finomőrlésnek kedvez és a lehető legkisebb emelőhatást igyekszünk elérni, mivel a nagy energiaszükséglet mellett fokozott az ütőigénybevétel és ezáltal a kopás. Ezeket a követelményeket természetesen a határfeltételekhez kell igazítani.



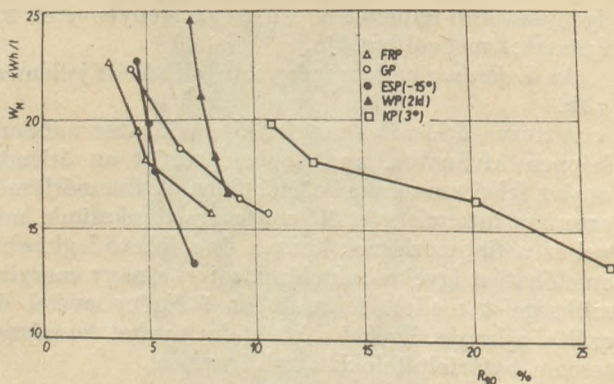
9. ábra. Eredmények különböző elfordítási szögű sarokcsavaros páncélgűrűk esetén



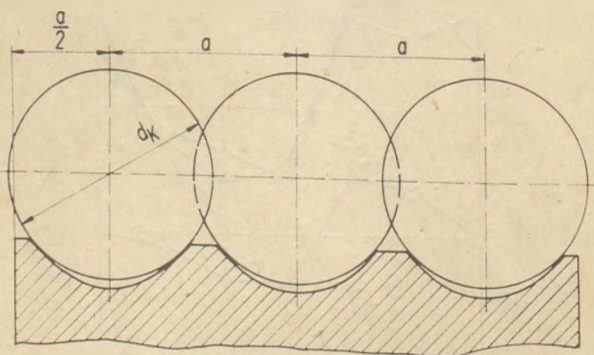
10. ábra. Kiörlés dobmalomban, különböző páncélozás esetén

A laboratóriumi, valamint a félüzemi dobmalomban a következő páncélozatokat vizsgáltuk:

- sima hengeres páncélozás (GP);
- peremes, ill. emelőléces páncél, blokk léccel, különböző lécszámmal és lécmérettel (HP, WP);
- kúpos osztályozó páncél, különböző kúpszöggel (KP);



11. ábra. Fajlagos energiaszükséglet az őrlemény finomsága függvényében, különböző páncélzatok esetében



12. ábra. Adatok a hornyos páncélzat kialakításához és méretezéséhez

$$A \text{ hornyok távolsága } a = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot d_K = 0,866 \cdot d_K$$

$$\text{Átlagos golyóméret } d_K = 1,155 \cdot a$$

- finom hornyos páncél (FRP);
- sarokcsavaros páncél, különböző elfordulási szöggel az egyes gyűrűelemek között (ESP).

A hornyos és sarokcsavaros páncélozás még nem általánosan ismert, ezért azokat a 6.–8. ábrákon mutatjuk be.

A vizsgálatok során először egy 0,16–0,26 m átmérőjű, 0,9 m hosszú dobmalomban, előre megadott határfeltételek mellett, az egyes páncélzatokra a legkedvezőbb beállítást állapítottuk meg és ezeket egymással összehasonlítottuk. A 9. ábrán a sarokcsavaros páncélzatnál feltüntettük, hogy a különböző beállításoknál milyen eltérések adódnak. Feltüntettük az R_{90} , valamint a továbbításra vonatkozó jellemző adatokat, a páncélzat elemeinek egymáshoz való elfordulása esetén. Látható, hogy 0 és -15° -os elfordulás esetén érhető el a legalacsonyabb R_{90} érték.

A kiörlés a malom hossza mentén 1 mm-nél kisebb klinkerfeladás esetében folyamatos lefutást mutatott (10. ábra). A finomság a malom hossza mentén folyamatosan növekedett. A malomkiömlésnél a finomság minden páncélzat esetében gyakorlatilag azonos.

A kúpos osztályozó páncél (KP) kissé kiemelkedő hatását nyilvánvalóan a malomban lévő rendkívül kis anyagszint, ill. az ennek következtében jelentkező igen nagy szállítási sebesség okozta. A különböző páncélokhoz az őrlendő anyag továbbítására, s így az őrlendő anyag szintjére nagy különbség adódik,

amely azonban az őrlésnél nem szükségszerűen negatív hatású.

Az értékelés szempontjából döntő volt, hogy milyen a fajlagos energiaigény a különböző páncélzatok esetén, meghatározott őrlési finomságnál. A kísérletek szerint a hornyos és sarokcsavaros páncélzat esetén volt legkisebb a W_M fajlagos energiaszükséglet. Az igen nagy finomságra való őrlésnél viszont egyértelműen a finomhornyos páncélozást kell a legkedvezőbbnek ítélni (11. ábra).

A hornyos páncélzatot, amely manapság a cementiparban a durva és finomőrlés több dobmalomban alkalmazásra került, meghatározott golyóméretre tervezték és fejlesztették ki. A 12. ábrán ezt mutatjuk be. A malom töltet átlagos golyómérete mindig abban a tartományban kell hogy legyen, amelyre a hornyos páncélzatot kelleterezték.

Dombrowe, H. – Husemann, K. – Haubold, S. – Trommler, G.: Dobmalomok páncélzata és őrlőtöltete

A száraz finomőrlésnél a golyótöltetet a cyppebsz töltettel szemben előnyben kell részesíteni és polidiszperz golyótöltetek alkalmazása esetén ezt 5–6 golyóméretből kell felépíteni, ahol azonban a legkisebb és legnagyobb kiszámított golyóméretet, valamint a megállapított átlagos golyóméretet konstans értéken kell tartani. Páncélozásként a hornyos páncélzatot ajánljuk, ha azt a határfeltételek lehetővé teszik. Ezzel a koncepcióval az őrlésnél a legkisebb fajlagos energiaszükséglet valósítható meg.

Домброде, Х. Хусеманн, — К. Хаубольд, Ш. Троммлер, Г.: Бронефутеровка и мелющая загрузка барабанных мельниц

При сухом тонком измельчении преимущество надо отдавать шаровой загрузке по сравнению с цыплевсом. В случае смешанной шаровой загрузки ее нужно составлять из шаров 5–6 размеров, причем самый меньший и самый большой размер шара, а также установленный средний размер нужно поддерживать постоянными. В качестве футеровки рекомендуется применять желобчатую футеровку, если это технологически возможно. За счет таких мероприятий можно достичь значительного снижения энергии при измельчении.

Dombrowe, H. – Husemann, K. – Haubold, S. – Trommler, G.: Panzerung und Mahlkörpergattung von Trommelmühlen.

Die Kugelfüllung muss bei der trockenen Feinmahlung gegen der Cyppebsfüllung bevorzugt, und diese muss bei der Anwendung einer polydispersen Kugelfüllung aus 5–6 verschiedenen Kugeldimensionen zusammengestellt werden. Hier aber sind die kleinsten und grössten gerechneten Kugelausmassen, und die bestimmten durchschnittlichen Kugelausmassen auf konstanten Wert zu hatten.

Als Panzerung wird die Rillenpanzerung empfohlen, wenn die Grenzbedingungen ermöglichen diese.

Mit dieser Konzeption kann bei der Mahlung der kleinste spezifische Energieverbrauch verwirklicht werden

Dombrowe, H. – Husemann, K. – Haubold, S. – Trommler, G.: Liner and Grinding Media of Ball Mills

Ball media are more advantageous than cyppebs in case of dry grinding. A poly-dispersed ball size distribution is recommended with 5–6 size fractions. The minimum and maximum size, as well as the calculated median size however must be kept constant. Corrugated liner is recommended, if permitted by the boundary conditions. This concept enables a minimum in energy requirement.

Örlőberendezések rendszervizsgálatai

LIPPEK, N.—ESPIG, B.—REIRSCH, V.—FIALA, G.

Anyagelőkészítési Kutató Intézet, Freiberg

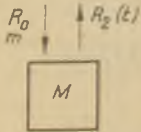
Bevezetés

Az őrlőberendezések hatékonyságának növelése a jövőben is állandó feladata mind a gégyártóknak, mind az üzemeltetőknek. A gyakorlati tapasztalatból levezetett egyes gépészeti, technológiai, vagy vezérléstechnikai változtatásokat kísérleti vizsgálatok útján használhatóságuk szempontjából ellenőrizni kell. A ráfordítás ugyanis rendszerint igen nagy és nem minden változtatás hozza meg a kívánt eredményt. A ráfordítások és a kockázat megfelelő mértékű csökkentése érdekében a gyakorlati ismeretek mellett lehetséges a stacionárius és dinamikus folyamatok átfogó elméleti értelmezése alapján a fő folyamatok matematikai megfogalmazása, valamint a vizsgálati és kiértékelési módszerek kialakítása. Az alábbiakban ismertetjük a FIA (Freiberg)-ben elért eddigi eredményeket. Megjegyezzük, hogy ebben a komplex kutatásban szoros együttműködés áll fenn a SZIKKTI (Budapest)-vel.

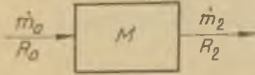
A feladat végrehajtása

A cementiparban különböző kapcsolású őrlőberendezések vannak használatban (1. ábra). A fő berendezések a malmok és osztályozók. Ha az ezekben lezajló folyamatokat matematikailag leírjuk,

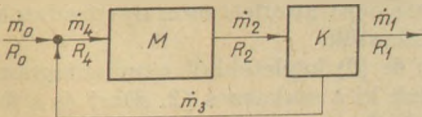
Szakaszos őrlés



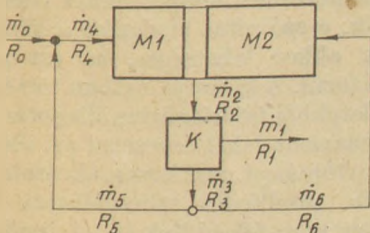
Folyamatos őrlés



Hőfolyamatos őrlés, végkiomlással
malommal



Hőfolyamatos őrlés, közepkiomlással
malommal



1. ábra. Örlőberendezések kapcsolása

akkor a teljes őrlőberendezés viselkedése is kiszámítható.

Egy dobmalomban végzett őrlési folyamatot aprítási és szállítási folyamatra (axiális irányban) bonthatunk. A két folyamat egymástól függetlennek tekinthető. Ezen az alapon képleteket lehet megadni az őrlési eredmények kiszámítására. Ezek azonban feltételezik az aprítási (kiválasztási és törési funkció), valamint a továbbítási együtthatók ismeretét, a befolyásoló tényezők függvényében. Ez az előfeltétel azonban ezidőszerint még nincs adva, ezért pillanatnyilag a pusztán elméleti számítás nem lehetséges. Espig (1,2) ezért a számításai alapokat egy vonatkoztatási állapotra építette fel, amely normál üzemi tartományban lévő őrlőberendezés állapotát kell leírja. Ezt meg lehet kísérleti úton határozni, vagy pedig a tapasztalatok alapján feltételezni. Ezen az alapon azután az őrlőberendezés teljes stacionárius munkatartománya kiszámítható az alábbiak szerint:

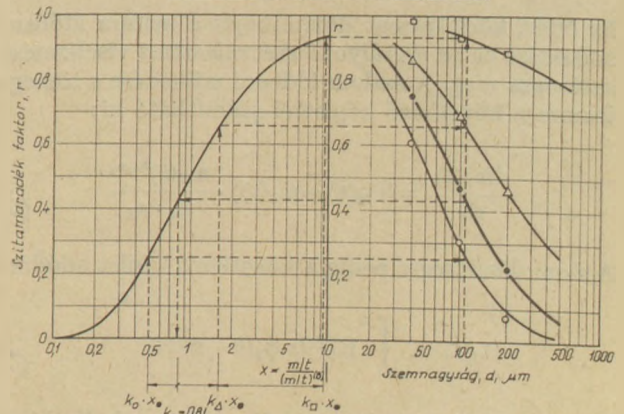
Szakaszos őrlésre

$$R(d, t, m) = R(d, 0) \cdot \left(\frac{R^{(B)}(d, t^{(B)}, m^{(B)})}{R^{(B)}(d, 0)} \right)^{\frac{m^{(B)} \cdot t}{m \cdot t^{(B)}}} \quad (1)$$

Folyamatos őrlésre

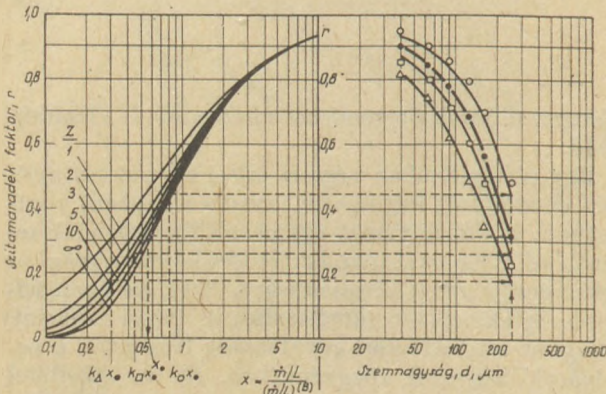
$$R(d, L, \dot{m}) = R(d, 0) \cdot \left(1 + \frac{\dot{m}^{(B)} \cdot z^{(B)} \cdot L}{\dot{m} \cdot z \cdot L^{(B)}} \left(\left(\frac{R^{(B)}(L^{(B)})}{R^{(B)}(0)} \right)^{-\frac{1}{z^{(B)}}} - 1 \right) \right)^{-z} \quad (2)$$

r a kiegyenlített mérési adatokból	Az őrlendő anyag tömege, m/kg	Őrlési idő t/min	k = m/t (m/t)
○	10,7	10,28	0,68
●	25,2	9,72	1,0
△	25,2	4,86	2,0
□	16,7	0,55	11,71



2. ábra. Munkadiagram szakaszos őrléshez

r a mérési adatokból	Teljesítmény \dot{m} , kg·h ⁻¹	$k = \frac{\dot{m}}{\dot{m}_0}$	Kamrák száma z
○	1900	1,48	11
●	1280	1,0	8
□	1000	0,70	4
△	680	0,53	3



3. ábra. Munkadiagram folyamatos őrléshez

Az osztályozó működését a következő szétválasztási függvény írja le:

$$T(d) = \left(1 - \exp \left(-0,693 \left| \frac{d - d_0}{d_T - d_0} \right|^0 \right) \right) \cdot (1 - T_0) + T_0 \quad (3)$$

A T_0 osztási mennyiség és a d_T elválasztási szemcseméret igen nagymértékben függ a teljesítménytől és ezt különösen dinamikus vizsgálatoknál kell figyelembe venni.

Őrlés körfolyamatban ideális osztályozóval:

$$R_0(d_T) = \frac{R_0(d_T) \cdot (1 - T_0) \cdot (1 - R_2(d_T))}{\left(1 + \frac{\dot{m}^{(B)} \cdot z^{(B)} \cdot L \cdot (1 - T_0)}{\dot{m}_0 \cdot z \cdot L^{(B)}} \cdot (1 - R_2(d_T)) \left(\left(\frac{R_2^{(B)}(d_T)}{R_4^{(B)}(d_T)} \right)^{-\frac{1}{z^{(B)}}} - 1 \right) \right)^z - 1} \quad (4)$$

$$R_1(d) = \begin{cases} 0 & d \geq d_T \\ \frac{R_2(d) - R_2(d_T)}{1 - R_2(d_T)} & d < d_T \end{cases} \quad (5)$$

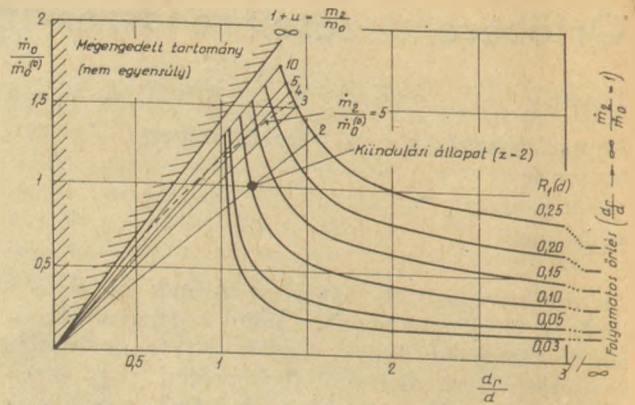
Az őrlési körfolyamat dinamikáját a malom időbeni működése és az osztályozó szétválasztási viselkedése határozza meg. A malom időbeni működése a tömegáramra a következő képlettel számítható ki:

$$\frac{d\dot{m}_2(t)}{dt} = (\dot{m}_4(t) - \dot{m}_2(t)) \cdot \frac{\dot{m}_2(t)^{1-a_1}}{a_0 \cdot a_1} \quad (6)$$

A szemcsészettségre pedig a következő képlet adódik:

$$R_2(t) = \int_0^t R_2^*(\vartheta) \cdot \varphi_z(t - \vartheta) d\vartheta \quad (7)$$

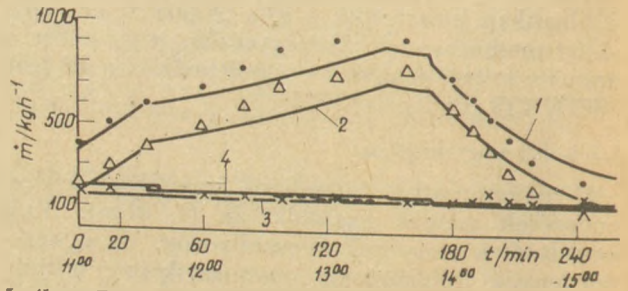
Így az őrlési körfolyamat dinamikus viselkedését szimulálni lehet.



4. ábra. Munkadiagram körfolyamatos őrléshez

Kísérleti eredmények

- 1 • Malomfeladás
- 2 △ Osztályozó darája
- 3 × Osztályozó finomterméke
- 4 ---- A berendezés feladása



5. ábra. Dinamikus szimulációs tömegáram

Ezek az összefüggések a malom és osztályozó normál munkatartományára érvényesek, szélsőséges állapotokat ezekkel nem lehet leírni.

Eredmények

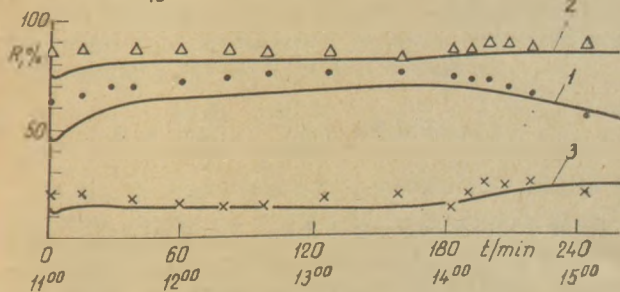
Az előbbieken leírt összefüggéseket a gyakorlati alkalmazás előtt kísérleti úton nyert adatok birtokában ellenőriztük.

Az (1) és (2) képletekből munkadiagramokat fejlesztettünk ki a szakaszos (2. ábra) és a folyamatos őrlésre (3. ábra).

A számított és mért eredmények jó egyezést mutattak. A vonatkoztatási állapot ennek során kulcsszerepet játszik, a számítás elvégzése a kívánt pontossággal csak akkor lehetséges, ha ezt pontosan meg lehet határozni. A körfolyamatban történő őrlésre a 3–5. képletekből (stacionárius állapotra) ugyan csak egy diagramot lehet levezetni (4. ábra), és a teljes munkatartományt grafikusan ábrázolni.

A dinamikus viselkedés szimulálására irányuló vizsgálatok még nem fejeződtek be. A tendenciákat ugyan tükrözik, azonban a mért és számított értékek

- 1 • R_{40} a malom kihordásra
 2 Δ R_{40} az osztályozó darájára
 3 x R_{40} a finomtermékre



6. ábra. Dinamikus szimuláció R 40 szemcsére

közötti abszolút eltéréseket még csökkenteni kell (5. 6. ábra).

Mindenek előtt még pontosabb ismeretek szükségese az osztályozó elválasztási viselkedésével kapcsolatban, a teljesítmény változása esetén. A kísérlet végrehajtásának javítása érdekében az intézetünkben lévő félüzemi őrlőberendezést mikroszámítógéppel szereltük fel.

A számítási módszereket eddig egy nyersőrlőberendezés ($\varnothing 4,4 \times 15$ m) és egy többfokozatú ércőrlő berendezés előre történő számításához használták. Az eredmények igazolták, hogy ezzel a gyakorlat számára megfelelő módszert találtunk.

További lehetőségek

Az ismertetett módszereket sokrétűen lehet alkalmazni és tovább kell fejleszteni. Ide tartozik

- a módszer alkalmazása tervezési és rekonstrukciós munkákhoz, technológiai optimalizáláshoz és az őrlőberendezések vezérléséhez;
- általános vizsgálatok és megállapítások az őrlőberendezések viselkedéséről (érzékenység, stabilitás stb.)
- az elemmodellek további javítása.

Alkalmazott jelölések

L	az őrlőpálya hossza
R	szitamaradék
T	osztályozási szám (osztási szám)
T_0	minimális osztási szám
a_0, a_1	a teljesítmény és az őrlendő tömeg közötti összefüggés jellemző együtthatói
d	szemcseméret
d_0	szemcseméret, amelynél minimális osztási szám lép fel
d_T	elválasztási határ szemcseméret
m	az őrlendő anyag tömege
\dot{m}	tömegáram
r	szitamaradék faktor $r = \frac{R(t)}{R(0)}$ vagy $\frac{R(L)}{R(0)}$
t	idő
z	kamraszám
σ	elválasztás élessége
φ_z	tartózkodási idő megoszlás (kamramodell)
θ	idő

Indexek:

0	friss anyag feladás
1	készáru
2	malomkihordás
4	malomfeladás

Kitevők:

(B), (O)	vonatkoztatási állapot a malom kihordási szemcsézottsége ideális szállítás esetén (dugóáramlás)
----------	---

IRODALOM

- [1] Espig, D.
Diss. A, TH Leune-Merseburg 1984. 116. S.
- [2] Espig, D. – Lippek, E.: Arbeitsdiagramme für Mahlanlagen mit Trommelmühlen, Internationale Fachtagung „Fortschritte in Theorie und Praxis der Aufbereitungstechnik“, Freiburg 1984. Preprints S. 131 – 136.

Луннек, Н. — Эспиг, Б. — Рейрш, В. — Фиала, Г.: Исследования систем измельчающего оборудования

Lippek, N. — Espig, B. — Reirsch, V. — Fiala, G.: System's Investigation of Grinding Equipment

Lippek, N. Espig, B. — Reirsch, V. — Fiala, G.: System-untersuchungen von Mahlanlagen.

Az őrlhetőség Bond szerinti meghatározását befolyásoló tényezők*

DOMBROWE, H.

Anyagelőkészítési Kutató Intézet, Freiberg

1. Bevezetés

A megfelelő őrlőberendezés kiválasztása és azok méretezése szempontjából igen fontos az anyag őrlhetőségének jellemzése. Ez függ magától az anyagtól, az igénybevétel módjától és az aprítás kitűzött céljától. Így nem mindegy, hogy csak egy meghatározott felső szemcseméret-értéket kell betartani, vagy pedig a szemcseméret-eloszlással kapcsolatban is meghatározott követelményeket támasztunk.

A golyósmalomban, illetve dobmalomban történő finom őrlésnél az F. C. Bond (1) által javasolt őrlhetőségvizsgálati eljárás széles körben elterjedt. Ez az eljárás a golyósmalomban történő őrlés számára egy anyagra jellemző adatot szolgáltat, ha a meghatározott módon előkészített kísérleti anyagot pontosan megállapított körülmények között golyósmalomban őrljük.

A fajlagos munkaigény empirikus egyenletek, ill. korrekciós tényezők segítségével számítható ki.

Az alábbiakban bemutatjuk, hogy az egyes tényezők milyen mértékben befolyásolják a Bond-féle őrlhetőségi vizsgálattal meghatározott A_1 őrlhetőségi jelzőszám (mutató) értékét.

2. Az őrlhetőség meghatározása Bond szerint

Az őrlhetőségi vizsgálati eljárást korábban Scheibe, Bernhardt és Winkler (2) részletesen leírta. A z eljárás lényege, hogy egy dobmalomból és egy osztályozóból álló körfolyamatot szimulálunk.

A vizsgálati berendezés főbb jellemzői

Malom méret	Ø 305 × 305 mm
Hasznos térfogat	22 300 cm ³
Fordulatszám	70 ford./min
	n_{krit} 85%-a
Őrlőtest töltésifok	20%
Őrlőtestek tömege	20,15 kg

Az őrlőtestek összetétele:

Golyónagyság, mm	Darabszám	Tömeg, kg
38	41	9,225
25	101	6,893
19	143	4,032
Összesen	285	20,150

Ez az őrlőtest-összetétel eltér a Bond által megadottól. Úgy találtuk, hogy ez a változtatás az őrlés eredményét nem befolyásolja, azonban pontosan kell ügyelni az őrlőtest tömegének betartására, amelyet minden 10 vizsgálat után ellenőrizni és szükség esetén kiegyesíteni kell.

Osztályozóként kézi vagy gépi szitálást alkalmaznak. A vizsgálandó anyag 8–15 kg-os mintáját előzetesen 3,15 mm-re aprítják, majd szitálással meghatározzák a 80% áthulláshoz tartozó szemcseméretet (x_{F80})

A vizsgálatnál arra törekszünk, hogy meghatározott őrlési időtartam után a konstans 700 ml mennyiségű előre megadott őrlendő anyag finom anyag formájában legyen jelen. Ha ezt az értéket elérjük, akkor a szimulált malom-osztályozó körfolyamat körforgó terhelése 250% és a rendszer stabil egyensúlyban levőnek minősül.

Ha az anyag őrlhetőségével kapcsolatban kiindulási adatok nem állnak rendelkezésre, akkor a megtöltött malmot normál esetben 50–70 fordulattal járattuk. Ezután a malmot egy szitán keresztül kiürítjük, amely a golyókat visszatartja. A megőrölt terméket a késztermék kivánt x_{P1} felső szemcseméretére leszitáljuk és megállapítjuk az $<x_{P1}$ hányadot.

Ha a késztermék tömegét (tömeghányad $<x_{P1}$ g-ban) osztjuk a fordulatok számával, akkor megkapjuk a G_1 őrlhetőséget g/ford. értékben.

A második ciklusnál a visszamaradó $>x_{P1}$ durva anyaghoz annyi friss feladási anyagot keverünk, amíg ismét elérjük a behelyezett egységes minta eredeti súlyát. Ha az egy ciklus során az x_{P1} -nél kisebb tömeg a szükségesnél kevesebb volt (= az őrlendő anyag térfogatának $<28,6\%$ -a), akkor a második ciklushoz a következő kiürítésig megfelelően nagyobb malom fordulatszámot választunk. Ennél ismét eltávolítjuk a $<x_{P1}$ hányadot és kiszámítjuk a G_1 őrlhetőséget g/fordulaton.

Az eljárást mindaddig ismételjük – (többnyire 5–10-szer), – amíg az adott késztermék-mennyiség esetén három őrlésnél a G_1 azonos értékét kapjuk, amely igen közel áll a számított 28,6%-hoz. Ennek az utolsó három ciklusnak a $<x_{P1}$ termékét egyesítik és szitaanalízisnek vetik alá, hogy megállapítsák az őrlendő termék x_{P80} jellemző adatát. Ez az a szemcseméret, amelynél a késztermék 80%-a kisebb.

Ezekből az értékekből az A_1 őrlhetőségi jellemző adatot az (1) egyenlet szerint állapítjuk meg:

$$A_1 = \frac{4,90}{x_{P1}^{0,23} \cdot G_1^{0,82} (x_{P80}^{-0,5} - x_{P80}^{-0,5})} \text{ kWó/t.} \quad (1)$$

* Az NDK Tudományos Akadémiája Freibergi Előkészítési Kutató Intézetének 1117. számú közleménye.

3. A fajlagos munkaigény megállapítása

Ha ki kell számítani egy x_{F80} kiindulási szemcseméretű tetszőleges anyag x_{P80} szemcsenagyságú őrlött terméké váló aprításának fajlagos munkaszükségletét, akkor a (2) képletet kell használni:

$$A = \frac{10 A_i}{x_{P80}^{0.5}} - \frac{10 A_i}{x_{F80}^{0.5}}, \text{ kWó/tonna.} \quad (2)$$

Az x_{P80} és x_{F80} értékek itt a kitűzött feladat körülményeire, illetve az érdeklődés középpontjában álló őrlőberendezésre vonatkoznak és rendszerint nem azonosak a Bond-féle vizsgálat adataival.

Az e szerint az eljárás szerint megállapított fajlagos A munkaigény meghatározott, Bond által megadott őrlési körülményekre érvényes. A vizsgálati eljárás olyan nedvesen dolgozó golyósmalomra lett kidolgozva, amelynek 2,45 mm a belső átmérője és rácsos osztályozóval zárt körfolyamatban 250%-os körforgó terhelés mellett működik.

Az ettől eltérő körülményekre Bond korrekciós tényezőket ad meg. A legfontosabb korrekciós tényezőket golyósmalomban történő őrlés esetére az 1. táblázatban tüntetjük fel. Ennél a következő érvényes:

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4.$$

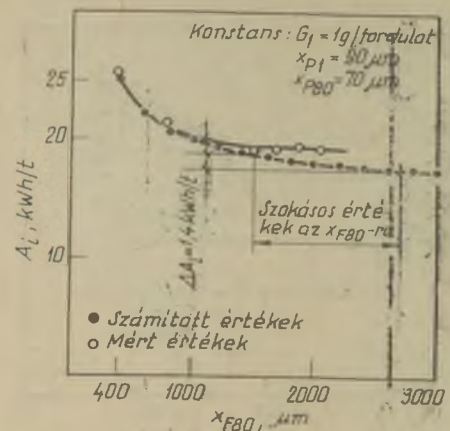
A Bond-féle őrlhetőségi vizsgálati eljárás szerint megállapított őrlhetőségi jellemző érték vagyis az A_i munkaindex egy anyag őrlhetőségének megítélésére igen jól alkalmas. A számított és korrigált fajlagos munkaigény egy meghatározott A aprítási feladatra ugyancsak jól megegyezik a nagyipari őrlőberendezések mérési adataival. Eltérő értékek rendszerint akkor adódnak, ha agglomeráció vagy aggregáció lép fel és ha az őrlőberendezésben igen „gyatra” osztályozók dolgoznak.

Ezeket a hatásokat a Bond-féle vizsgálat nem veszi figyelembe, a vizsgálatnál választott körülmények esetén nem játszanak szerepet, ezért a megállapított adatokban sem jutnak kifejezésre.

1. táblázat

Korrekciók a fajlagos munkaigény Bond szerinti kiszámítására

Korrekció	Korrekciós tényező
1. Száraz őrlésnél	k_1 1,3
2. Őrlés nyitott körfolyamatban különböző áthullás értékre $x_p = 100 \mu\text{m}$ -nél:	
50%	1,035
60%	1,05
70%	1,10
80%	1,20
90%	1,40
92%	1,46
95%	1,57
98%	1,70
3. Különböző malomátmérő ($D_M = 2,45 \text{ m}$)	$k_3 \left(\frac{2,45}{DM} \right)^{0.2}$
4. Rendkívül finom őrlés $x_{P80} < 60 \mu\text{m}$	$k_4 \frac{x_{P80}^{+10.3}}{1,145 \cdot x_{P80}}$



1. ábra. Az $A_i = f(x_{F80})$ őrlhetőségi jellemző értéke

4. A Bond-féle őrlhetőségi eljárás reprodukálhatósága

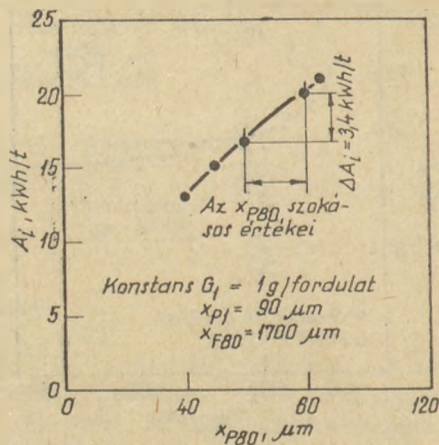
Az őrlhetőség vizsgálati eljárás szerint kapott A_i értékek reprodukálhatóságát általában $\pm 0,5 \text{ kWó/tonna}$ val adják meg. Ezek az eltérések akkor lépnek fel, ha a meghatározást hosszabb időközönként vagy esetleg más munkaerők ismétlik meg. Ez ugyanazon teljes minta közvetlen egymás után történő tízszeri meghatározása esetén jobb volt és $\pm 0,2 \text{ kWó/tonna}$ eltérést ért el az átlagértéktől. A 2. táblázat tünteti fel az ezt igazoló vizsgálati eredményeket.

Ennek során egy cementklinkert vizsgáltak, amelyet száraz eljárással állítottak elő és leszítalós golyósmalomban előaprítottak. Az egyes részminták szemcseméret-eloszlása azonos volt, mivel az alábbi szemcseméret-osztályok egyenként 25%-os mennyiségben való keverésével készültek:

2. táblázat

Reprodukálhatóság. Az A_i érték szórása tíz közvetlen egymás után végzett meghatározás esetén

Minta száma	Mérési- és számítási értékek			
	Gyártási mennyiség termék G_1 g/ford.	80% áthullás az alábbi szemcseméret mellett x_{F80} μm	Késztermék x_{P80} μm	A- munka- index kWó/tonna
	1	2	3	4
1.	0,96	2029	70	18,4
2.	0,96	1988	70	18,6
3.	0,97	2045	71	18,5
4.	0,97	1997	71	18,5
5.	0,98	1989	71	18,4
6.	0,97	1992	71	18,5
7.	0,97	2078	71	18,4
8.	0,96	1974	71	18,7
9.	0,98	2046	70	18,1
10.	0,96	2075	71	18,6
Átlagérték, \bar{x}	0,97	2021	70,7	18,5
Szórás, s	0,01	38	0,5	0,2 (0,16)



2. ábra. Az $A_i = f(x_{P80})$ őrlhetőségi jellemző értéke

0,5; 0,5–1; 1–2 és 2–3,15 mm.

Ha ilyen ideális körülmények nem állnak fenn, akkor az átlagértéktől $\pm 0,5$ kWó/tonna abszolút eltérést érünk el, ami egy második kísérletsorozat tárgyát képezte és ami az irodalomból is ismert. Mivel a cementgyárakban az eltérő technológia, nyersanyag és egyéb feltételek miatt az A_i értékek 14 és 22 kWó/tonna között ingadozhatnak (3), az A_i érték a megállapított standard eltéréssel igen jól alkalmas az őrlhetőség megítélésére.

5. Különböző paraméterek befolyása az őrlhetőség Bond szerint történő meghatározására

Az (1) egyenletben szerepelnek a számításnál alkalmazott x_{P1} , G_1 , x_{F80} és x_{P80} paraméterek, amelyeket különböző kitevőkkel veszünk figyelembe. Megkíséreltük mindegyiknek a hatását a többi értékek konstans volta mellett az A_i függvényében számítás vagy mérés útján meghatározni, amelynek során mindig az (1) egyenletet alkalmaztuk. Ennek során a szokásosan előforduló tartományokat részben jelentősen túlléptük. Minden méréshez olyan cementklinkert használtunk, amelynek A_i értéke 17–20 kWó/tonna volt. Az A_i munkaindex függését az x_{F80} értékkel jellemzett feladási szemcsemérettől az 1. ábra mutatja.

E szerint magasabb A_i -értékeket értek el, ha az őrlendő anyag finomabb volt, a többi adat azonban konstansak maradtak. Ez eleinte meglepő, azonban az az egyéb értékek konstans voltával magyarázható. Az x_{F80} érték általában 1500 és 2700 μm között van, ha azt, amint a Bond-féle vizsgálat előírja < 3150 μm méretűre előaprítják.

Ebben a tartományban azonban az x_{F80} érték alig van befolyással az A_i értékre. Az A_i érték az említett teljes tartományban csak 1,4 kWó/tonnával tér el. A számított és mért értékek közötti kimutatott különbség a durvább tartományban az x_{F80} -ra vonatkozóan magyarázható a méréseknél elért 1,0-től eltérő G_1 -értékekkel (0,97–0,92).

Ha figyelembe vesszük, hogy a 2. táblázat szerint a szemcseméret-analízisből az x_{F80} érték lehetséges ingadozási tartománya körülbelül 70 μm -t tesz ki, akkor az A_i érték meghatározását 0,2 kWó/tonnával, vagyis csak jelentéktelen mértékben befolyásolja.

A 2. ábra tünteti fel a munkaindex függését a Bond-féle vizsgálatnál előállított őrlési termék finomságától (az x_{P80} jellemző értékkel kifejezve). Az A_i érték emelkedik, ha az x_{P80} növekszik, tehát az őrlési termék durvább lesz. Ha az x_{P1} értéket a szokásos módon 90 μm -nek választjuk, akkor az x_{P80} rendszerint 60 és 80 μm között van, ásványi nyersanyagoknál átlagosan kb. 70 μm .

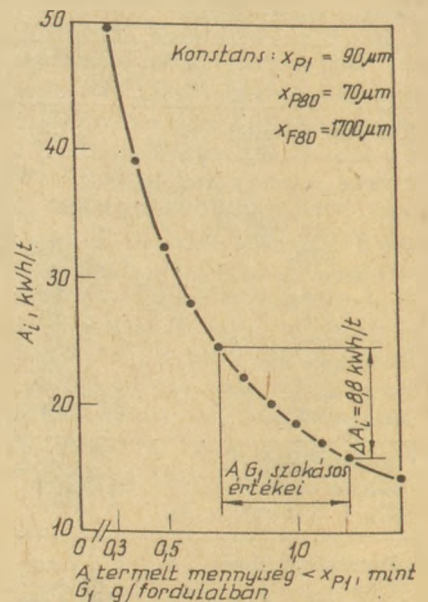
Az említett ingadozástartományra egyébként azonos körülmények között az A_i -érték 3,4 kWó/tonnával eltérne. Az x_{P80} érték meghatározásánál a választott kiértékelési módszertől függően 3 μm -ig terjedő különbségek adódhatnak. Ez az A_i értékben kb. 0,5 kWó/tonna eltérést jelent és arra utal, hogy az x_{P80} érték megállapításakor igen nagy gondosságnak van szüksége.

Lényeges a fordulatonként előállított x_{P1} őrlt anyag mennyiségének befolyása az A_i őrlhetőségi jellemző értékre. Ez a 3. ábrán látható $A_i = f(G_1)$ összefüggésből tűnik ki. Mindenekelőtt a G_1 értékben mutatkoznak meg az őrlhetőség különbségei és ezek annak biztos kifejezői. Ezért vannak olyan őrlhetőségi vizsgálatok is, amelyek ezt vagy hasonló értéket közvetlenül mértéknek használnak.

A 3. ábrán is be van rajzolva az a tartomány, amelyben a G_1 értékeket a szokásos módon határozták meg (0,7–1,2 g/ford. mellett). A 3. ábrán választott példánál még ez a tartomány is 8,8 kWó/tonna eltérést mutat. Ezzel kapcsolatban meg kell említeni, hogy igen kemény anyagokra 0,5 G_1 -értéket is, igen lágy anyagokra pedig 2,5 g/fordulatig terjedő értékeket is megállapítottak.

A G_1 érték meghatározása azonban igen pontosan lehetséges és az őrlhetőségi vizsgálatnál a fő követelmények egyike ezt az értéket 0,01 g/fordulat pontossággal megállapítani.

Az ilyen tartományú, tehát 0,01 g/fordulat ingadozások az A_i értéket körülbelül 0,2 kWó/tonnával befolyásolják, tehát még nem nagyon lényegesek. Nagyobb pontatlanságot azonban nem lehet megen-



3. ábra. Az $A_i = f(G_1)$ őrlhetőségi jellemző értéke

gedni, mivel ekkor például túlléphetjük a 2. táblázatban a reprodukálhatóságra említett tartományt is. Érdekesnek tűnik az is, hogy mennyire befolyásolja az A_1 őrlhetőségi jellemző értéket annak az x_{P1} szemcseméretnek a választása, amelynél az őrlendő anyagot meghatározott malomfordulatszám után leszítálják.

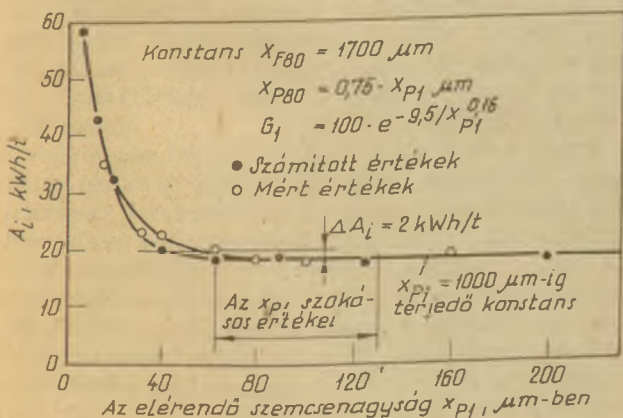
A 4. ábra tünteti fel az $A_1 = f(x_{P1})$ összefüggést, ahol x_{P1} a kísérletek során 16 és 1000 μm között változott (a számított A_1 -értékekhez az x_{P1} értékét 6,3 μm -re csökkentették és ezen kívül a $0,75 \cdot x_{P1}$ összefüggésből megállapították az x_{P80} értéket). Az ábrából megállapítható, hogy az A_1 munkaindexeket az x_{P1} értéknek 80 μm feletti választása nem befolyásolja.

Ennek során a mérés és számítás útján kapott értékek igen jól megegyeznek. $x_{P1} = 60 \mu\text{m}$ alatt azután azonban igen erős a befolyás úgy, hogy már nem beszélhetünk a Bond-féle A_1 őrlhetőségi jellemző értékről. Ezért nyilvánvalóan a finomőrlés ezen tartományában a lehetséges aggregáció és agglomerációs hatások felelősek, továbbá mindenekelőtt az a körülmény, hogy erre a tartományra az őrlési körülmények megfelelően nem kerülnek megválasztásra (golyótöltés, az őrlendő anyag mérete).

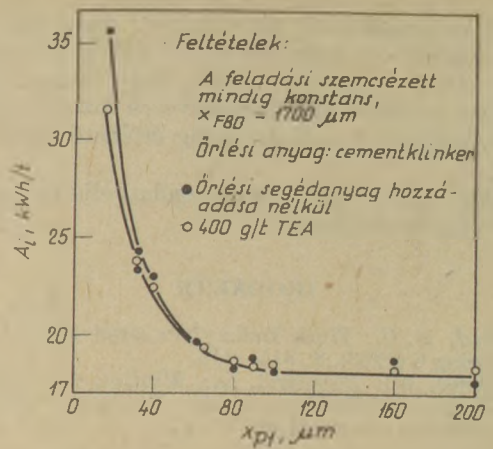
Az agglomerációs hatások kizárása érdekében őrlési segédanyagként tri-etanol-aminnal dolgoztunk és úgy találtuk, hogy 400 g/tonna tri-etanol-amin (TEA) hozzáadása után $< 40 \mu\text{m}$ x_{P1} -értékekre valamivel alacsonyabb A_1 értékek adódtak. A $> 63 \mu\text{m}$ x_{P1} -értékeknel a TEA az A_1 -érték meghatározását nem befolyásolta (5. ábra).

Így kielégítően igazoltnak tekinthető, hogy elsősorban a nem megfelelő őrlési körülmények felelősek azért, hogy az $x_{P1} < 80 \mu\text{m}$ tartományban a Bond-féle őrlhetőségi vizsgálati eljárás nem alkalmazható. Ekkor nyilvánvalóan egy fajlagos munkaigényt határozunk meg, nem pedig az anyagi állandóként fel fogható Bond-féle A_1 őrlhetőségi jellemzőt.

A 4. ábra feltünteti továbbá azt a tartományt, amely a dobmalomban történő őrlésnél érdekes az őrlendő termék felső szemcsenagyságaként, amit itt az x_{P1} révén ad meg. Ez 63 μm felett kellene legyen. Így az említett teljes tartományban az x_{P1} változása esetén az A_1 értékre körülbelül 2 kWó/tonna eltérés adódik. $x_{P1} > 80 \mu\text{m}$ esetén az A_1 értékre befolyás



4. ábra. Az $A_1 = f(x_{P1})$ őrlhetőségi jellemző értéke



5. ábra. Az $A_1 = f(x_{P1})$ őrlhetőségi jellemző őrlést segítő anyag (TEA) alkalmazása esetén

már nem állapítható meg. Ez felveti a kérdést, hogy ekkor az x_{P1} rendszerint miért 90, illetve 100 μm -rel és miért nem például 200–500 μm -rel van megállapítva.

200 μm x_{P1} érték már a malomfeltöltés osztályozását minden ciklus után egyszerűvé tenné és lehetővé válna az őrlhetőségi vizsgálat végrehajtásának jelentős megrövidítése. A lehető legalacsonyabb x_{P1} érték választásának egyik oka abban látható, hogy a kitűzött stabil malomkörforgás 250% körbejáró terheléssel így érhető el a leghamarabb. Minden instabilitás a rendszer „túlőrlését” jelenti és azt teszi szükségessé, hogy a vizsgálatot újrakezdjük. Ennek ellenére meg kell kísérlni, hogy ennek az őrlhetőségi vizsgálati eljárásnak a racionalizálását érjük el az x_{P1} -érték változtatása útján. A FIA-ban erre vonatkozóan vizsgálatok kezdődtek.

6. Következtetések

A Bond-szerinti A_1 őrlhetőségi jellemző értéket az őrlési termék finomsága, amelyet itt az x_{P80} jellemez, valamint a G_1 érték jelentősen befolyásolja. Mindkét adatot a legnagyobb gondossággal kell megállapítani.

Az őrlendő, illetve aprítandó anyag mérete, amelyet az x_{F80} fejez ki, valamint az őrlendő anyag kívánt x_{P1} felső szemcsemérete befolyásolják az A_1 értéket, ahol a dobmalomban való őrlés szempontjából érdekes tartomány jelentéktelen. Így meg lehet kísérlni, hogy például az x_{P1} értékeknek 90-ről 200 μm -re való növelése révén az őrlhetőségi vizsgálat végrehajtásához szükséges időt megrövidítsük anélkül, hogy bizonytalansággal járó átszámításokat és korrekciókat kellene végezni.

Az eljárás egyszerűsítésére és ésszerűsítésére irányuló minden fontolgtatás célja azonban mindig az kell legyen, hogy valóban az anyagra jellemző A_1 őrlhetőségi mutatót határozzuk meg, nem pedig csak egy különleges feltételekre érvényes fajlagos munkaigényt.

Így a malmot és az őrlési körülményeket semmi esetre sem szabad megváltoztatni.

A manapság gyakran előírt igen finom őrlés, – például $< 40 \mu\text{m}$ méretű termékeké –, felveti egy ebben a tartományban használható őrlhetőségvizs-

gálati kidolgozásának problémáját, mivel az ilyen szemcseméret-tartományon kívüli eljárás nem szívesen fogadott és az is ismeretes, hogy az igen finom őrléshez nemcsak más igénybevételi körülményeket kell választani, hanem az anyag őrlhetősége is változik.

Ekkor egy új őrlhetőségvizsgálati eljárás kialakítása volna szükséges.

IRODALOM

- [1] Bond, F. C.: Work Index Tabulated Mining Engineering 5 (1953), S. 315–316
[2] Scheibe, W.; Bernhardt, C.; Winkler, E.: Untersuchungen zur Bestimmung der Mahlbarkeit und der Größe von Rohrmühlen

- [3] Clemens, P.: Stoffspezifische Eingangsgrößen für die Zementmahlung
Vortrag zur Tagung des FA „Zerkleinern“ im Zementwerk Rüdersdorf, 1985

Домбров, X.: Факторы, влияющие на определение размоловоспособности методом Бонда

Dombrowe, H.: Factors Influencing the Determination of Grindability by the Bond Method

Dombrowe, H.: Einflussfaktoren in der Bestimmung der Mahlbarkeit nach Bond

Fokozott hőszigetelésű téglafalak a magánlakásépítéshez

1986. június 17-én a MTESZ Székházban az Építőipari Tudományos Egyesület és a Szilikátipari Tudományos Egyesület „Fokozott hőszigetelésű téglafalak a magánlakásépítéshez” címmel, kiállítással egybekötött ankétot rendezett.

Az ankét célja egyrészt tapasztalatcsere, másrészt szélesebb körű tájékoztatás volt az új hőtechnikai szabványt kielégítő téglaiipari termékek tulajdonságairól ill. felhasználásukról.

Dr. Pozsgai Lajos (YMÉMF) bevezető előadásában rövid áttekintést adott az építőipari szakemberek előtt álló megoldandó problémákról és egyben felhívta a figyelmet néhány ellentmondásos tényre (pl. a mind nagyobb mértékű építés iparosítással szemben a magánéros lakásépítésben továbbra is maradnak, sőt egyre inkább terjednek a félmaszkek építési módszerek).

Bodó Imre (TCST) rövid időrendi összefoglalást adott az elmúlt néhány év alatt kifejlesztett korszerű vázkerámiai termékcsoportokról (Alfa, Rába, UNIFORM, POROTON, THERMOTON, THERMOPOR).

A további előadások egy része az új hőtechnikai szabványt kielégítő vázkerámiákkal, és a belőlük építhető homogén falszerkezettel, másik része a többretegű falszerkezetek különböző lehetséges megoldásaival, előnyeivel és a felmerülő problémákkal foglalkozott.

Széleskörű felvilágosítást kaptak az Ankét résztvevői Dr. Csizi Bélának (TCST) a POROTON 36 és THERMOPOR 36 falazóelemek ill. Kató Aladárnak (Észak-dunántúli TCSV), valamint Király Jánosnak

(Dél-Alföldi TVSV) által a Rába és THERMOTON falazóelemek tulajdonságairól és felhasználásuk során szerzett tapasztalatokról – tartott átfogó, színes előadásaikból.

Külön említésre méltó Sobor Edének (ÉVM) a hazánkban még ritkaságszámba menő huzalerősítésű vakolattartó kerámiahálóról tartott érdekes előadása és Dr. Kuba Gellért (BME) professzornak az évtizedek során szerzett tapasztalatairól és újabb mérési eredményeiről tartott, képekkel illusztrált előadása. Dr. Kuba Gellért előadása már csak azért is érdekes volt, mert a problémákat nem az építő, ipari szakember szemszögéből, hanem a felhasználó lakó szemével közelítette meg.

Az előadásokból kiderült, hogy mind a homogén mind a többretegű falszerkezetek építésénél adódnak még gondok (áthidaló elemek menti penészedés, méretrendszerek különbözősége, páralecsapódás, hőátviteli képesség kérdése), melyek megoldásával feltétlenül foglalkoznunk kell.

Joggal mondhatjuk, hogy az igen jól megrendezett ankét színvonalas, diákkal illusztrált és vitára indító előadásaival és hasznos hozzászólásaival nagymértékben hozzájárult az új hőtechnikai szabványt kielégítő falazóelemek további fejlesztéséhez és mind szélesebb körű szakszerű alkalmazásához. Ez utóbbi célt igen jól szolgálta a rendezőség által a résztvevőknek átnyújtott összeállítás is, mely a téglaiipari termékekről prospektusokat és egy részletes alkalmazástechnikai útmutatót tartalmazott.

H. Tné

Mészőrlési kutatások újabb eredményei

IFJ. PÉNTEK LÁSZLÓ—VERDES SÁNDOR
Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

Bevezetés

Az elmúlt csaknem húsz év során több hazai közlemény [1–5] foglalkozott az őrlött égetett mész előállításának és felhasználásának legkülönbözőbb kérdéseivel. Ezek a publikációk lényegében áttekintették a mészőrlés aktuális helyzetét a világban és beszámoltak a hazai kutatások eredményeiről is.

Jelen munkánkban nem kívánunk ismétlésekbe bocsátkozni, hanem csupán az égetett mész őrlése kapcsán az utóbbi években intézetünkben végzett kutatások néhány, még nem publikált eredményére térünk ki. Ezek a témakör két részterületét érintik, úgymint

- a mészőrlemények (Blaine) fajlagos felülete és az őrlési idő közötti összefüggés matematikai vizsgálatát és
- az őrlemények szemcseméret-eloszlási jellemzőinek vizsgálatát.

Megjegyezzük, hogy az elvégzett kísérleteknél az őrlést segítő felületaktív anyagok (továbbiakban FA) hatását is vizsgáltuk.

Kísérleti berendezések és körülmények

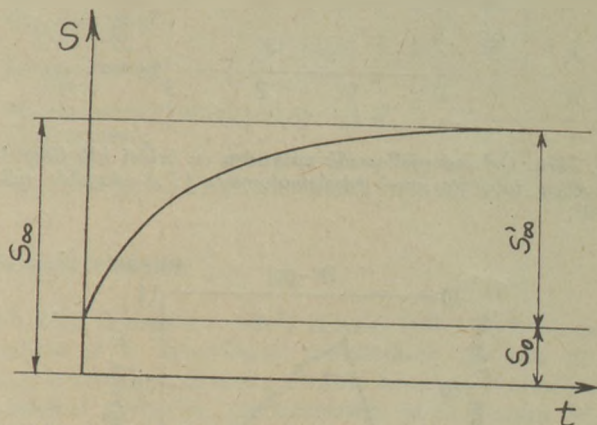
Laboratóriumi őrlési kísérleteinket 5 liter űrtartalmú, 65/min fordulatszámú, 8 kg 20 × 20 mm-es cylpebsszel töltött golyósmalomban végeztük minden esetben 1 kg dorogi (közepesen égetett) üzemi mész felhasználásával. FA alkalmazása esetén az adagolás mértéke 0,14% volt (az őrlendő anyag tömegére vonatkoztatva).

Félüzemi őrlési kísérleteinket ugyanezen mész 200 kg-nyi tömegben történő felhasználásával nyílt rendszerű, egykamrás, Ø 0,86 × 2,58 m főméretű, 2 Mg cylpebs töltetű, 35/min fordulatszámú malomban végeztük. FA alkalmazása esetén az adagolás mértéke 0,05% volt.

A fajlagos felület időbeli változásának matematikai vizsgálata

Az őrlési folyamat kinetikájának jellemzésénél kézenfekvően egyszerű dolog az őrlemény valamely paramétere, esetünkben fajlagos felülete időbeli változásának vizsgálata.

Dorogi mész laboratóriumi golyósmalomban végzett őrlésénél kellő számú adatpár felvétele után számítógép segítségével, regressziós módszer alkalmazásával a fajlagos felület – őrlési idő ($S-t$) összefüggés matematikai leírására (1. ábra) az alábbi képletet találtuk a leginkább megfelelőnek:



1. ábra. A fajlagos felület – őrlési idő összefüggés grafikus ábrázolása

$$S = S_0 + S'_\infty \frac{at}{1+at} \quad (1)$$

ahol S az őrlemény fajlagos felülete

S_0 a malomra feladott mész fajlagos felülete

S'_∞ az őrlés során elérhető maximális fajlagos felület-növekmény

t az őrlési idő.

Az „ a ” tényező konstans, amely a folyamat lefolyásának sebességére jellemző, ennek fizikai tartalmát még jobban kifejezi az (1) összefüggés idő szerinti deriváltja:

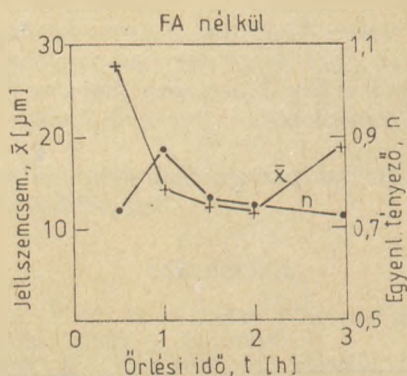
$$\frac{dS}{dt} = S'_\infty \frac{a}{(1+at)^2} \quad (2)$$

Ebből a képletből is leolvasható, hogy az őrlési idő növekedésével a fajlagos felület változásának sebessége csökken. Megjegyzendő, hogy ez az összefüggés csak addig érvényes, ameddig nem lép fel agglomeráció az őrleményben. Fenti leírás két fontos állandója az „ a ” és az „ S'_∞ ”, ebből az

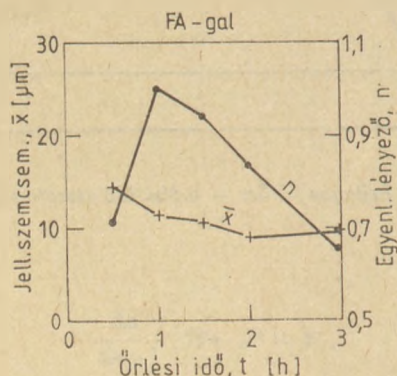
- „ a ” a folyamat lefolyására,
- az „ S'_∞ ” a folyamat „eredményességére” jellemző, bár ezek egymástól nem függetlenek, tulajdonképpen az „igazi” sebességi mutató a (2) összefüggés szerint az „ S'_∞ ”-tól és az „ a ”-tól is egyszerre függ, például $t = 0$ -nál éppen ezek szorzatával egyenlő

$$\left. \frac{dS}{dt} \right|_{t=0} = S'_\infty a \quad (3)$$

Jogosan vetődhet fel a kérdés, hogy az $S-t$ görbék matematikai leírását mi indokolja? Jóllehet ezen a te-



2. ábra. Órleményjellemzők változása az őrlési idő függvényében, laboratóriumi golyósmalomban (FA-adagolás nélkül)



3. ábra. Órleményjellemzők változása az őrlési idő függvényében, laboratóriumi golyósmalomban (FA-adagolás 0,14%)

rületen vizsgálataink még csak a kezdet kezdetén tartanak, annyi máris megállapítható, hogy a módszer a kedvező(bb) őrlési paraméterek (töltet-változtatás, FA-ok alkalmazása, stb.) kiválasztásánál fontos szerepet játszhat a jövőben.

Ennek érdekében a megkezdett munkát folytatni kívánjuk, elképzelésünk szerint a matematikai leírást ki kellene terjeszteni

- az őrléskinetika részletesebb leírására,
- a különböző égetettségi fokú meszek S – t görbéinek vizsgálatára és
- az őrölhetőség-vizsgálatokra, illetve azok értékelésére.

Az őrlemények szemcseméret-eloszlási jellemzőinek vizsgálata

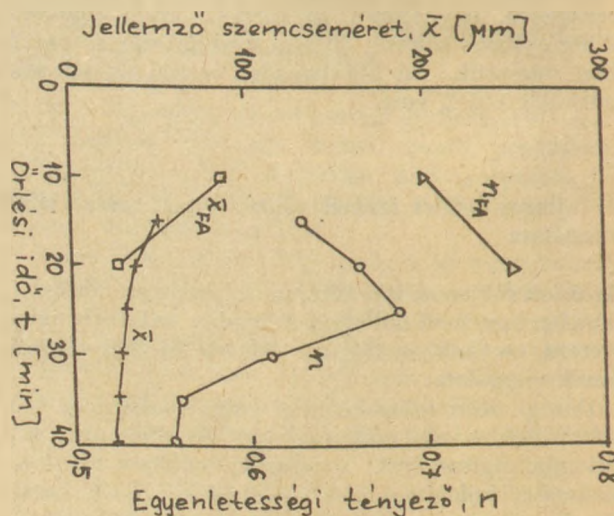
Az S – t összefüggés vizsgálatánál minőségileg magasabb rendű elemzést tesz lehetővé az őrlemények szemcseméret-eloszlási jellemzői időbeli változásának vizsgálata. Célszerűnek látszott, hogy a SZIKKTI-ben elsősorban cementklinkerek őrlésére vonatkozóan végeztünk igen alapos és kiterjedt kutatómunka [6–9] bizonyos módszereit és eredményeit a mész őrlési folyamatának vizsgálatánál is megkíséreljük hasznosítani. Ennek megfelelően munkánkban a mész őrlemények szemcseméret-eloszlásának leírására az RRSB-egyenletet, illetve annak két paraméterét, az

„ \bar{x} ” jellemző szemcseméretet és az „n” egyenletességi tényezőt használtuk. Az RRSB-diagramok, valamint az Opoczky [7] által kifejlesztett, őrlési idő függésű n-diagramok segítségével vizsgáltuk az őrlemények szemcseméret-eloszlásának időbeli változását és az őrlési folyamatot kísérő szekunder jelenségeket, az aggregációt és agglomerációt.

A laboratóriumi golyósmalomban dorogi mész FA nélkül (2. ábra), illetve 0,14% Maveklin FA adagolása mellett (3. ábra) végzett őrlésénél kapott adatokból megállapítható, hogy az „n” egyenletességi tényező mind FA nélkül, mind FA-gal maximum-görbe szerint változik, míg az „ \bar{x} ” jellemző szemcseméret változása minimum-görbe szerinti lefutású. Az n-görbe maximuma mindkét esetben megelőzi az \bar{x} -görbe minimumát.

A 2. ábra alapján három szakaszt különböztethetünk meg. Az első szakaszban az „n” nő, az „ \bar{x} ” jelentősen csökken, a második szakaszban az n csökkenése és az „ \bar{x} ” csökkenésének lelassulása jellemző, míg a harmadik szakaszban az „n” tovább csökken, az „ \bar{x} ” pedig növekszik. A második és harmadik szakaszban a két paraméter alakulása az aggregációra, illetve agglomerációra utal. FA adagolásának hatására (3. ábra) az „n” változása határozottabb maximum-görbét ír le nagyobb n-értékek mellett és az „ \bar{x} ” 2 órán túl jelentkező növekedése is minimálisá válik. Ez egyértelműen a FA aggregációt, illetve agglomerációt gátló hatását jelzi. Megjegyezzük, hogy az n – t és \bar{x} – t diagramokkal kapcsolatban itt a mész őrlésére vonatkozóan tett megállapításaink egybevágóan Opoczkynek [7] egyéb szilikátipari rideg anyagok őrlésével kapcsolatban korábban tett megállapításaiival.

A laboratóriumi kísérletekből levont következtéseinket megerősítették a félüzemi méretű golyósmalomban 200 kg dorogi mész őrlésénél kapott eredmények is (4. ábra). Megállapítható tehát, hogy a két görbe viszonyából az égetett mész őrlésénél is következtetni lehet az őrlési folyamatot kedvezőtlenül befolyásoló tapadási jelenségekre, az aggregációra, illetve agglomerációra, továbbá a FA-adagolás hatására is.



4. ábra. Órleményjellemzők változása az őrlési idő függvényében, félüzemi méretű golyósmalomban

Az őrölt mész gyártását befolyásoló tényezők

Mivel hazánkban — a gázbetonipar gyáron belüli továbbfelhasználás céljából végzett őrlését nem számítva — őrölt mész gyártás egyelőre nincs, az ilyen tárgyú cikkekben nem haszontalan dolog ismételtten áttekinteni azokat a (lényegében az őrlési technológián kívül álló) befolyásoló tényezőket is, amelyek e korszerűnek nevezhető termékfajta hazai gyártásának megindítása mellett, illetve ellene szólnak.

A gyártás bevezetése mellett szól, hogy az őrölt mész

- rakodása, szállítása, tárolása jól gépesíthető és környezetkímélő módon megoldható, ugyanakkor a darabos mész kezelésére és forgalmazására egyre kevesebb munkaerő áll rendelkezésre,
- pontosan adagolható, ami a korszerű építő- és vegyipari technológiáknál alapvető követelmény,
- felhasználásával kifejleszthetők azok a kis (5–10 kg-os) kiszerelésben forgalmazható szárazhabarcs-típusok, amelyek iránt a közeljövőben a lakások öntevékeny felújítása kapcsán minden bizonnyal komoly kereslet nyilvánul majd meg,
- a mészhidráttal szemben (tömegegységre vonatkoztatva) több „aktív” hatóanyagot tartalmaz, ami a nagyobb távolságokra történő szállítás esetén nem elhanyagolható gazdaságossági szempont.

Ugyanakkor a gyártás megvalósítása ellen szól, hogy az őrölt mész

- üzemszerű előállításához új őrölberendezések létesítésére van szükség nem csekély beruházási költség árán, mert a szabaddá vált cementipari őrölkapacitások nem, vagy csak igen kedvezőtlen technológiai feltételek mellett alkalmazhatók mészőrlésre,
- az őrölberendezések létesítésénél komoly költségnyadot képviselne a szigorú környezetvédelmi előírásoknak megfelelő portalanító berendezések felszerelése,
- önmagában is drága termék, mert a mészégetés költségéhez még a legkorszerűbb őrölberendezések alkalmazása esetén is legalább 20–25 kWh/t energiának megfelelő fajlagos őrlési költség járul,
- ömlesztett formában történő szállításánál külföldi tapasztalatok szerint gyakran a vagonok ürtését megnehezítő betapadások jelentkeznek,
- habarcs technológiai alkalmazása nem egyértelműen problémamentes.

A döntések előkészítésénél figyelembe kell venni továbbá azt a tény is, hogy a fentiekben felsorolt, az őrölt mész gyártásának bevezetését alátámasztó tényezők — az utolsó kivételével — egyben a mészhidrát felhasználását is indokolhatják. Konkrét döntést hozni nyilvánvalóan csak a helyi adottságok figyelembevételével, pontos gazdaságossági számítás alapján lehet. Mindazonáltal talán nem érdektelen áttekintnünk a mésztermékek fajtánkénti megoszlását néhány KGST-országban és hazánkban [10] (1. táblázat).

1. táblázat
A mésztermékek fajtánkénti megoszlása néhány KGST-országban

Ország	Darabos mész	Mészhidrát	Őrölt mész	Karbidhidrát	Hidraulikus mész
NDK (1977)	47	18	10	25	—
Csehszlovákia (1977)	53	14	24	—	9
Lengyelország (1977)	57	18	16	6	3
Magyarország (1977)	86	14	—	—	—
Magyarország (1985)	77	23	—	—	—

További feladatok

Az előző fejezetben vázolt helyzet tudomásul vétele mellett is a kutatásnak mindenkor feladata az, hogy a témakör kapcsán további kísérleti és elméleti adatokat gyűjtsön, rendszerezzen és dolgozzon fel. Ennek megfelelően — jelenlegi ismereteink szerint — a mészőrléssel kapcsolatos kutatómunka folytatásának vonatkozásában az alábbi területek létszának ígéretesnek:

- Hazai égetett meszek rendszeres őrölhetőségvizsgálata különböző módszerekkel, statisztikai adatok gyűjtése céljából
- Olcsóbb FA-ok felkutatása
- A FA-oknak a mészőrlemény tárolhatóságára kifejtett hatása vizsgálatának folytatása
- A mészőrlemények halmaztulajdonságainak, illetve halmazbeli viselkedésének kutatása (szállítás, tárolás, oltás)
- A mészőrlés folyamatának vizsgálata matematikai megközelítésben az őrlési technológia tökéletesítése céljából.

IRODALOM

- [1] Székely I.: Szilikátechnika (1967) 6. p. 121
- [2] Nagy M.-né: SZIKKTI Tudományos Közlemények 57, Budapest (1978)
- [3] Buday T.: Építőanyag (1975) 11. p. 424
- [4] Ifj. Péntek L.: Építőanyag (1976) 12. p. 452
- [5] Ifj. Péntek L.: Építőanyag (1978) 12. p. 479
- [6] Beke B.: Műszaki Tudomány (1971) p. 83
- [7] Opoczky L.: Doktori disszertáció. MTA. Budapest (1982)
- [8] Mrákoviczné Török K.: SZIKKTI Tudományos Közlemények 76, Budapest (1983)
- [9] Verdes S.: Építőanyag (1983) p. 326
- [10] Révay M.: SZIKKTI Tudományos Közlemények 79, Budapest (1984)

Ifj. Péntek László – Verdes Sándor: Mészőrlési kutatások újabb eredményei

Égetett mész laboratóriumi golyósmalomban végzett őrlése kapcsán megállapítottuk, hogy az őrlemény fajlagos felületének az őrlési idővel való változása matematikailag leírható, ami a leginkább megfelelő őrlési paraméterek kiválasztását segítheti elő. Az őrlemények két szemcseméret-eloszlási jellemzőjének vizsgálata során pedig megmutatkozott, hogy a jellemző szemcseméret és az egyenletességi tényező időbeli alakulásából égetett mész

őrlése esetén is következtetni lehet az őrlési folyamatot hátráltató jelenségek fellépésére, illetve az őrlést segítő anyagok hatásának megnyilvánulására. Végül röviden összefoglaltuk az őrölt mész gyártásának megvalósítását befolyásoló nem őrléstechnikai tényezőket és rámutattunk a kutatás folytatásának lehetőségeire is.

Пентек, Л. — Вердеи, Ш.: Новые результаты исследования измельчения извести

При измельчении обожженной извести в лабораторной мельнице было установлено, что изменение удельной поверхности продукта измельчения во времени может быть описано математически, что может оказать помощь при подборе соответствующих параметров измельчения. На основании изменения характеристик зернового состава, а именно характеристичного размера зерна и коэффициента равномерности распределения зернового состава можно сделать выводы в отношении явлений, отрицательно влияющих на процесс измельчения, а также действия интенсификаторов помола. Дается обзор некоторых факторов, отрицательно влияющих на осуществление производства молотой извести, а также указываются возможности их устранения.

Péntek, László (Jr.) – Verdes, Sándor: New Results of Research in Quicklime Grinding

Quicklime grinding tests were performed in a laboratory ball mill. It is stated that connexion between the development of surface area and grinding time can be expres-

sed mathematically and the constants of the equation are of help when determining optimum grinding parameters. The change of the two characteristic values (average particle size and uniformity factor) with time give an indication on the phenomena, decreasing the intensity of comminution (agglomeration, aggregation) as well as the effect of grinding aids in quicklime grinding too. Some other factors (apart from grinding technique) influencing ground quicklime production and the possibilities for continued research are outlined.

Péntek, László junior – Verdes, Sándor: Ergebnisse in den Kalkmahlungsforschungen.

Es wurde an Hand der Branntkalkmahlung in Labor-kugelmühle festgestellt, dass die Änderung der spezifischen Oberfläche des Mahlgutes in der Abhängigkeit der Mahldauer mathematisch beschrieben werden kann, es bevorzugt die Bestimmung der günstigsten Mahlparameter. Im Laufe der Prüfung von zwei Kenngrößen der Kornverteilung hat sich gezeigt, dass im Falle der Mahlung des mit der kennzeichnenden Korngröße und der zeitlichen Veränderung des Gleichmässigkeitsfaktors gebranntes Kalkes auf das Auftreten der den Mahlvorgang behindernden Erscheinungen geschlossen werden kann.

Endlich wurden die Möglichkeiten der Verwirklichung der Feinkalkherstellung zusammengefasst.

A világ szilikátiparából

Újtípusú kerámiaszál nagyméretű kemencékhez

A Nippon Steel Corp., a Nippon Steel Chemical Co. és a Mitsubishi Chemical Industries közösen fejlesztettek ki olyan szálal kerámia szigetelőanyagot mely nagy hőmérsékleten működő melegítő kemencék hőszigetelésére alkalmas. Az új bélésanyagot először Nippon Steel Kimitsu üzemének lemezhengerművében a bugaelőmelegítő kemencék bélés kialakításra használják. 1600 °C, 1400 °C és 1260 °C üzemi hőmérsékletre gyártott szálanyagot kötőanyag nélkül dolgozzák fel paplanná. Vannak paplantípusok egyfajta és kevert szálból is. A kristályosított kerámiaszál-paplan gyártását a Mitsubishi Chemical Industries, a nem kristályos szálanyagpaplanét (1400 és 1260 °C üzemi hőmérsékletre) és tömböket a Nippon Steel Chemical Co gyártja.

Korábban a kerámiaszál anyagú paplanokat és idomokat kis- és közepméretű kemencékben alkalmazták. A jelenlegi felhasználás az első alkalom, hogy a kerámiaszál bélést nagy kemencében is használják.

(Industrial Wold, 1986 márc.)

Nyomatott áramkör üvegkerámialapon

Közel harminc éve vezették be a nyomtatott áramköröket a híradástechnikában a huzalozott körök kiküszöbölésére. Kezdetben keménypapírra nyomtatott áramköröket kínáltak. Később a lapáramkör újabb feladatokat is kapott: mechanikai szilárdság növelése, árnyékolás, hőelvezetés. A lapáramkör harmadik generációs megoldása során kifejlesztették az epoxid-lapok után az üvegkerámialapra nyomtatott áramköröket. Ezek az áramkörök olcsóbban állíthatók elő, mint a kétoldali nyomtatott és az ún. multilayer típusok. 1990-ben 300 mrd USD értékű elektronikai készülék termelésből 45 mrd USD esik az elektronikus részekre, amiből 10 mrd USD a nyomtatott áramkörök értéke. Utóbbiak termelésnövekedése a VDI (Verein Deutscher Ingenieure-Német Mérnökök Egyesülete) szerint évi 13–15%.

(EEE, Elektronik-Technologie) Elektronik-Anwendungen (Elektronik-Marketing, 1986. május 27.)

Új irányzatok az üvegolvasztó kemencék tervezésében

KOCSIS GÉZA

Veszprémi Vegyipari Egyetem

1. Energia kérdések

1.1. A jelenlegi fejlesztési irányok és azok problémái

Ha vizsgálat tárgyává tesszük az üvegyártásban a legutóbbi évtized során bekövetkezett változásokat, két fő mozgásirányt észlelhetünk (1).

Az egyik változás abban áll, hogy a gáznemű fűtőanyagok fokozatos elhagyása (generátorgáz, kokszolási gáz) észlelhető a folyékony energiahordozók javára.

A másik változás az, hogy a földgáz túlsúlyba jutott a folyékony energiahordozókkal szemben.

Még korai volna úgy vélekedni, hogy az üvegyipar az elektromos energia felé orientálódik. Végeredményben ez utóbbi még csak korlátozott elterjedésű, bár az érdeklődés iránta állandóan növekszik. Ezen a területen azonban egy jól rögzíthető pont az elektromos pótűzés alkalmazása. Általánosan szokásos egy elektromos „boosting” alkalmazása valamely olvadék stabilitásának növelésére, illetve a kemence hidrodinamikus jellemzőinek feljavítására.

A teljes mértékben elektromos fűtés egyelőre még csak a hengerelt, vagy színes üveg gyártásában szokásos, valamint az öblösüvegek esetén, melyekből a napi termelés kis mennyiségű.

Vizsgáljuk meg az energetikai változások okait és azokat a körülményeket, melyek között végbementek.

Itt nem térünk ki a kérdés gazdasági okaira, csak a műszaki szempontokat vesszük figyelembe. Mindenesetre meg kell jegyeznünk, hogy egy tüzelőanyag kiválasztásánál annak ára nagymértékben jön számításba. A felhasznált energiahordozó költsége 15–30%-os arányban szerepel egy tonna meleg üveg önköltségi árában.

Az olajok kalorikus kapacitása nagy, a keletkező lángok erősen sugárzóak nagy hőmérsékletük és a bennük lévő izzó szénszemcsék miatt.

A fűtőolaj lángjának hossza tetszés szerint könnyen szabályozható, geometriai és termikus egyenletessége jól beállítható. Az égést elősegítő gázáramban a folyadék eloszlását igazgatva a fűtőréteget tetszés szerint lehet szabályozni. Ez lehetővé teszi az egyseges lángréteg biztosítását a megolvasztandó anyag és az üveg felett.

A folyékony tüzelőanyagokra való áttérés lehetővé tette a kemencék fajlagos fogyasztásának csökkentését, és ezzel új lehetőséget nyitott a berendezések méreteinek és kapacitásának növelésére. A fűtőolaj bevezetésével sikerült stabilabb és pontosabb termikus viszonyokat létrehozni.

Mindezek következtében, a generátorgázzal a folyékony energiahordozókra való áttérés kizárólag előnyöket hozott az iparágban.

A folyékony tüzelőanyagok bevezetésénél egyrészt a megfelelő tartályos tárolás problémáját kellett megoldani, másrészt kísérletek és tanulmányok sora

jelzi azt a munkát, melyet a porlasztás mechanizmusával és körülményeinek megjavításával kapcsolatban végeztek. Ma gyakorlatilag két álláspont van a kérdéssel kapcsolatban, az egyik a mechanikus porlasztás hívéké, a másik azoké, akik a porlasztást kisegítő fluiddal oldják meg. Általánosan megállapítható, hogy a mechanikus úton történő porlasztás lényegesen kevesebb energiát igényel, mint a kisegítő fluidos porlasztás. Ezzel szemben a kisegítő fluid esetén jobban lehet befolyásolni a kemence atmoszférájának összetételét.

A fűtőolajnál figyelmet kell fordítani arra, hogy a lehető legteljesebb égést érjük el, mielőtt a gázok a regeneráló kamrába érnek. Azok a szénrészemcsék, melyek el nem égve bejutnak és lerakódnak a berendezésben, olyan kockázatot jelentenek, hogy levegő áthaladása esetén nagyon nagy hőmérséklet keletkezik, mely helyileg tönkretetheti a tűzálló falazatot. Mindezen felül, a szén diffúziója a fal tűzálló anyagában a változó redukáló-oxidáló folyamatok következtében repedéseket okozhat a rácszatokban.

Az égéshez bevitt levegő a lehető legnagyobb mennyiségű legyen, hogy elkerüljük a füst korróziós hatását, mely a kéntrioxid miatt jön létre.

A fűtőolajok ezenkívül általában tartalmaznak vanádiumot, krómot, titánt, nikkelt, melyek a tűzállóanyag korrózióit katalizálják.

Ha a generátorgázzal és a folyékony energiahordozókkal fűtött kemencék termikus mérleget összehasonlítjuk, a gáz esetében a hasznosítás 11,2%-os, a fűtőolajnál 15,4%-os.

A gázzal a fűtőolajra való áttérés jelentős fajlagos energiafogyasztás csökkentést tett lehetővé; az irodalomban referált legjobb adatok 4500 kJ/kg üvegről szólnak, míg a generátorgáz esetén elért legjobb eredmények 22 000–26 000 kJ/kg üveg értékűek. Lehetségessé vált továbbá a kemencék szerkezetének egyszerűsítése, tekintettel arra, hogy most már csak a levegőt kellett rekuperátorokkal előmelegíteni.

Természetesen a tárolást és porlasztást illetően ez az áttérés bizonyos beruházást igényelt.

A földgáz-lelőhelyek feltárása nyitotta meg az utat a második fejlesztési lépcsőhöz. Ez annál is inkább indokolt volt, mert a fűtőolaj egykor stabil ára gyorsan emelkedett.

A földgáz a folyékony energiahordozókkal szemben bizonyos előnyökkel rendelkezik:

- A gáz nem teszi szükségessé a tároló tartályok építését, nincs előmelegítés és porlasztás.
- Égés közben a gáz – az olajjal szemben – nem hoz létre hamut, kénes vegyületeket, melyek korrózív hatásúak, illetve rontják az üveg minőségét.
- Végül sokkal könnyebb a gázhozam meghatározása és egyszerűbb a gáz esetén a hőmérséklet és a hozam egyenletességének biztosítása.

A földgáz termikus szempontból kevesebb előnyvel rendelkezik, mint a fűtőolajok, a gáz lángjának sugárzóképesége kisebb.

Másrészt, ha összehasonlítjuk a kalóriák szállításának sebességét a lángban a generátorgáznál, az olajnál és a földgáznál, a következő számokat kapjuk:

– generátorgáz	3,80–4,20 kJ/cm ² ·s
– földgáz	5,25 kJ/cm ² ·s
– fűtőolaj	6,00–6,70 kJ/cm ² ·s

A földgáz lángjának kis világító hatása annak tulajdonítható, hogy ebben a lángban nagyon kevés a szilárd, izzó részecske, és csak a gázmolekulák képesek nagyobb hőmérsékleten sugárzás kibocsátására, mégpedig a háromatomos gázok (CO₂, SO₂, H₂O). Sokan megpróbálták a gázok világító hatását fokozni, és így jutottak el az oxidáns krakkoló égők kidolgozásához. A gáz az égő végső részében krakkolódik egy elégető kamrában. Egy többé-kevésbé nagy szabad szénmennyiség jelenléte megnöveli a láng kibocsátóképességét. Más módon is elérhető a cél, pl. azzal az eljárással, mikor az égőbe szilárd részecskéket – éghetőket, vagy semlegeseket – injektálnak. A finom szénrészecskék lehetővé teszik a láng hőmérsékletének emelését, és ezzel a láng sugárzóképesége is nő.

Kimondottan üvegipari célból történtek kísérletek arra, hogy a lángba egy olyan keveréket injektáljanak, melynek az összetétele a következő: 69% SiO₂, 9% mész és dolomit, valamint a többi szóda. A jelen pillanatig elért eredmények arról tanúskodnak, hogy a széncemcsék injektálása jobb hatású.

Ezeket a kísérleteket azért végezték, mert a felhasználók a földgázt az olajtüzelésre tervezett kemencékben kívánják elégetni, viszont az átadás a két esetben eléggé eltérő.

Az olajok esetében a hőátadás közvetlenül a lángból történik. A kemenceboltozat sugárzása itt nem jön számításba, mert a láng át nem eresztő.

Földgáz esetén a kemencebélés képes a hőt a lángon keresztül átsugározni, tekintettel arra, hogy ebben az esetben egy világos, kevésbé abszorbens jellegű lángról van szó. Ennek következtében az olajról a földgázfűtésre való áttérés kihat a kemencék mértani alakjára is, a földgáz bevezetése magával hozza az üvegfürdő feletti tűztér csökkentését.

Egy másik felvetődő kérdés az égőanyag –égetőanyag problémája. A földgáz gyulladási sebessége kicsi és a kialakuló láng hajlamos a leszakadásra és instabilitásra. Az előmelegített levegőbe a gázt befúvó fúvókák gondos elosztásával és az injektálási sebességnek a figyelembevételével elősegíthetjük a geometriai és lángstabilitási problémák megoldását.

Kizárólag termikus szempontból nézve a kérdést, általában elfogadott tény, hogy valamely földgázzal fűtött kemencének a fajlagos fogyasztása 5–10%-kal nagyobb, mint egy olajjal fűtötté. A hőmérlegek szerint az energia hasznosítási fok a gáz esetén 14,6%, az olajnál 15,4%-os. Figyelembe kell vennünk azonban, hogy a földgáz esetében megtakarítható az előmelegítés és az olaj szivattyúzásának motorikus energiája; mindezt figyelembe véve, a gáz alkalmazása előnyösebb.

Az üvegminőség szempontjából általában nem okoz problémát a földgáz, bár az irodalom tesz említést

olyan esetről, amikor az újrahevítés céljára felhasznált földgáz miatt az anyag felületén fehér bevonat keletkezett.

Az olaj és földgáz „csatájából” egy harmadik energiahordozó hűz hasznot, és ez az elektromos energia. Bizonyos ideje már alkalmazunk helyi elektromos fűtéseket, de a teljes mértékben elektromosan fűtött kemencék még nem terjedtek el, és ha építünk csak ott, ahol speciális összetételű terméket állítunk elő.

Annak érdekében, hogy egy kemencét, vagy üvegfürdőt elektromosan fűteni lehessen, arra van szükség, hogy elektromos potenciálkülönbséget hozzunk létre ennek a fürdőnek két, vagy több oly módon megválasztott pontja között, hogy a kívánt árameloszlást kapjuk. Az elektromos áram bevezetése a fürdőbe elektródák segítségével történik, melynek a következő követelményeknek kell eleget tennie:

1. Olvadáspontja legalább egyenlő legyen azzal a hőmérséklettel, amelyen működni fog.
2. Az üvegfürdővel szemben amennyire csak lehet, ellenálló legyen.
3. Nagy hőmérsékleten csak nagyon kismértékben legyen oxidálható.

Manapság általánosan csak a molibdént és grafitot használnak elektródaként. A molibdén – nagyfokú oxidálhatósága következtében – vízzel hűtött elektródartartókat igényel, hogy az üvegbe nem mártott elektródarészek 400 °C alatti hőfokon maradjanak.

Ölomüvegek elektromos úton való olvasztásánál csak ón-dioxid elektródát használhatunk.

Amennyiben nem kívánunk buborékokat az üvegfürdőben, és korlátozni kívánjuk az elektródák korrózióját, úgy nem szabad egy meghatározott áramsűrűséget túlhaladni. A molibdén esetén ez a határérték 3 A/cm², a grafitnál 1 A/cm². Az áramsűrűséget növelni, vagy csökkenteni többféle módon lehet:

- az elektródokon a feszültség,
- a kemence keresztmetszet,
- az elektródok helyzetének változtatásával.

Színes üvegek esetében a grafitnal és molibdénnel való érintkezésnél a reakció olyan heves, hogy az elektromos fűtési mód nem alkalmazható.

Termikus szempontból tekintve az elektromos kemencéknek igen jó a hatásfokuk, több mint 50%-os, az olajtüzelés 15%-os hatásfokával szemben. Szerkezetük sokkal egyszerűbb és kompaktabb.

1.2. A jövő perspektívái a felhasznált energiaforrásokat illetően.

Az elmondottakat is figyelembe véve, vessünk egy pillantást az üveggyártás energetikai perspektíváira.

Rövid idő elteltével látni lehet majd a teljes mértékben földgázra alapozott fűtést, illetve egy kevert, földgáz-elektromos fűtést.

Amennyiben a nukleáris energiaközpontokkal kapcsolatos remények beteljesednek, úgy az elektromos kemencetípusok gyorsan fognak fejlődni abban az irányban, hogy a közepes méretű berendezések esetén helyettesítsék a földgáztüzelést.

Rövid idő múlva a kombinált földgáz – elektromos energia-hordozók fognak kialakulni, teljesen forradalmasított kemencék fűtésére.

- Végül megemlégtünk két típust a jövő kemencéi közül:
- Lángbefúvós kemence, kerek, elektromos fűtésű finomító medencével.
 - Teljes mértékben elektromos fűtésű vákuumkemence.

2. Tűzállóanyag kutatás és a szigetelés problémái

2.1. A tűzállóanyag kutatás

Az üvegekemencék nagyobb terhelésének és hőmérsékleteknek következtében problémák jelentkeztek a tűzálló anyagoknál, és ez arra kényszerítette a kutatókat, hogy alaposan megvizsgálják ezen anyagokat.

1954 körül a tűzálló anyagokat előállító gyárak még alig végeztek ilyen vizsgálatokat. Egy amerikai cég, az Owens-Illinois (2) kifejezetten az üvegolvasztás körülményeire fejlesztett ki vizsgálatokat az üvegorróziós hatással, az átvitel és felépitmény tűzálló anyagaival és a regenerátorok átviteli hőmérsékleteivel kapcsolatban. Ezek azok a területek, melyekkel kapcsolatban minden új tűzálló anyagnál és üvegnél az alkalmazott kutatásokat végzik.

Ezen a területeken kívül végeztek tűzállóanyag kutatásokat az üvegolvasztó kádakban való használat céljából. Egy egyedi darab tűzállóanyag teljesítménye ellenőrizhető és összefüggésbe hozható a beiktatással és az aktuális üzemi körülményekkel.

A kutatásokból kiderült, hogy ugyanannyi idő alatt a kemencének nem minden része megy tönkre egyforma mértékben. Kísérletek során bebizonyosodott, hogy egy „stratégiailag” alkalmazott, részletekben való javítás óriási költségmegtakarítást jelent.

2.2. A kemenceélettartam vizsgálata

Mint hogy a tűzálló anyagok ára és a drágább anyagoknak bizonyos területeken való felhasználása általában növekedett, a fejlesztések eredménye egy sokkal drágább kemence lett; ennek következtében új kemencekonstrukciós és fenntartási eljárásokat kellett kidolgozni.

Az olaj- és földgáztüzelésre való áttéréssel csökkentték az egy tonna üveg olvasztásához szükséges tüzelőanyag mennyiségét, csökkentve ilymódon a megnövekedett tüzelőanyag költségét. Másrészt viszont növekedett a drágább tűzállóanyagok felhasználása és ez határozottan megkívánta a kemencék élettartamának javítását. A tűzállóanyag élettartamának meghatározására a Veszprémi Vegyipari Egyetem mérési módszert és berendezést készített el.

2.3. A szigetelés problémái

Az első erőfeszítéseket a regeneratív rendszer szigetelésének kapcsán tették, de ezek nem számítottak igazán komoly tűzállóanyag problémáknak. Ezt követően kísérletek történtek a kemence boltozatának, majd később az oldalfalnak a szigetelésére. A sok kudarc ellenére néhány év alatt sikerült (az Owens-Illinoisnál) megfelelő módszert kifejleszteni a boltozat és az oldalfalak szigetelésére. Problémát okozott azonban a kemencefenék veszteség.

2.4. A kemencefenéken alkalmazott tűzálló anyagok áttekintése és a velük szemben támasztott követelmények

Az első, széles körben alkalmazott anyag a „Flux” anyag volt. Ez egy döngölt, vagy öntött, nagy SiO₂ tartalmú tűzálló tömb, mely jó eredményt adott, azonban nagy hőveszteséget jelentő komoly hűtést kívánt. A „Flux” hasznos élettartama még kielégítő hűtés alkalmazása esetén is rövid volt. A kemencének sok olyan része van, mely forrón javítható, de a „Flux”-fenék elvékonyodása az egész kemencefenék cseréjét tette szükségessé.

A következő, a „Flux”-hoz képest javulást hozó anyag a „Super-Flux” volt. Ez hasonló a „Flux”-hoz, de jobb szolgálatot tett a kis SiO₂ és nagyobb alumínium-oxid tartalom miatt. Bár a „Super-Flux”-szal jobb eredményeket kaptak, a „Flux” hátrányai még mindig jelentkeztek.

A kemencefenék korróziójának és eróziójának csökkentésére ezután a „Flux” és „Super-Flux” bevonatra megpróbáltak burkolóanyagot alkalmazni. Ezek a burkolóanyagok döngölt keverékű tűzálló anyagok voltak. Ez a burkolóanyag nagymértékben megnövelte a kemencefenék korróziós és eróziós ellenállását, de megmaradt a nagy hőveszteségi tényező és javítási költség.

A kemencefenék megjavítására vonatkozó elgondolások magukban foglalták a tüzelőanyag fogyasztás és a fenék keresztül történő hőveszteség csökkentését, valamint egy praktikus és gazdaságos konstrukció kialakítását.

Ezek alapján a következő öt fontos követelményt állítottuk össze a kemencefenék jellemzőivel kapcsolatban.

1. A hőátadás szempontjából jó ellenállás legyen.
2. Az olvadákkal való érintkezési felületen a kopással szemben legalább olyan ellenállást mutasson, mint a szigeteletlen fenék.
3. A kezdeti beruházási költség a lehető legkisebb legyen.
4. Az esetleges javítások munkában és költségben minimálisak legyenek.
5. A teljes vastagság ne legyen több, mint ami a maximális kopáshoz és maximális szigeteléshez szükséges.

Ezeket kívül az ilyen fenékekkel rendelkező kemencének alkalmasnak kell lennie a szükséges mennyiségű kereskedelmi üveg előállítására, ésszerű élettartam mellett.

2.5. A szigetelt kemencefenék kialakításának néhány gazdasági vonatkozása

A kezdeti beruházásokat tekintve egy szigetelt kemencefenék kialakítása természetesen többbe kerül, mint egy szigeteletlené; a tüzelőanyag-szükséglet csökkentéséből származó költségcsökkenés azonban ezt jelentősen ellensúlyozza.

A fenék javítási költségei alacsonyak. Kísérletileg kimutatták, hogy csak az üveggel érintkező réteg részleges cseréjére van szükség, míg a töltő- és szigetelőanyagok a helyükön maradnak a további működés időtartamára.

A szigetelés hatásosságának illusztrálására bemutatjuk a következő példákat:

HŐVESZTESÉG	(kJ/m ² ·h)
30,05 cm-es „Flux” agyagon keresztül	94 709
Szigetelt fenéken keresztül	5 367
Termikus megtakarítás:	89 342

A tüzelőanyag-fogyasztással kapcsolatban végzett kísérletekből kiderült, hogy 1 kJ hőnek az üvegbe juttatásához 1,5 kJ-t kell az olvadék felett előállítani. Minthogy a kemencefenéken a veszteség az üvegből származik, a szigeteléssel megtakarított minden egyes kJ-al 1,5 kJ-nyi tüzelőanyag megtakarítás érhető el.

Ez önmagában is mutatja a tűzállóanyag probléma felvetésének jogosságát és a hőszigetelési kutatások jelentőségét.

3. Az üvegekemencék fejlesztési tendenciái és az ezt elősegítő kutatások

3.1. Általános szempontok

Az üvegekemencék tervezésének fő vonalai sok éven keresztül nem változtak, jóllehet a kemencék állandó és meglehetősen látványos fejlődésen mentek keresztül.

A kádkemencék hatásfoka méretükkel és termelékenységükkel együtt (minőségileg éppúgy, mint mennyiségileg) jelentős mértékben növekedett, ez a sík- és öblösüvegek vonatkozásában egyaránt igaz.

Ez a haladás számos fejlesztő tényezőnek tulajdonítható, így a kemencetervezésnek, a jobb anyagoknak, az égéssel összefüggő problémák jobb ismeretének, a fűtés minőségének és a hőcserének, melyek állandóan fejlődtek.

Mindazonáltal az eredmény még nem kielégítő és ez magyarázza azt az érdeklődést, mely az új típusú kemencék koncepcióival kapcsolatban megnyilvánul.

Az üveg előállítására szolgáló szisztematikus változtatása — a kemence körvonalától az üveg áramlásán keresztül a fűtés módjáig terjedően — új alapokra fog kerülni.

Az elektromos üveglvasztást is állandóan fejlesztik, és ez az új elektrodaanyagok bevezetésével egyre látványosabbá válik.

Másrészt a különböző fűtési módok kombinálása (lángkemence és elektromos pótűtés) további fejlődésnek nyithatnak kaput, jobb kemence-hatásfokot és egy adott üvegminőségre alacsonyabb költségeket fognak eredményezni.

Az új típusú kemencék tervezésénél meg kell próbálni a következő tényezők kombinálását:

1. Gyorsabb reakciót kell létrehozni az olvasztótérben.
2. Az üvegyártás folyamán el kell kerülni az egyes anyagok szegregációját.
3. Növelni kell az üvegtisztítás lehetőségeit vagy sebességét.

A mai korszerű kemence rendelkezik a következő előnyökkel:

- javítja a hőcserét a források, tehát a láng, illetve az elektródák és az üveg között,
 - javítja az alapanyagok előkészítését a belső hőcserére meggyorsítása céljából,
 - homogén úton növeli az üveg turbulenciáját a reakció gyorsítása érdekében,
 - megvalósítja a tisztítás ideális körülményeit anélkül, hogy „megfelelkezne” az előző tényezőkről, nevezetesen néhány anyag szegregációs hajlamanak csökkentéséről,
 - a kemence tervét figyelembe véve az anyag jobb homogenitását valósítja meg, a zárványokat és az üveg minőségét rontó gázokat jól eliminálja.
- Új kemencék tervezésénél ezért figyelembe kell venni azt, hogy milyen anyagokat fogunk használni a falakhoz, illetve, hogy azoknak milyen az üvegekorróziós állóképessége, szennyeződése és szigetelőképessége.

Ez az általános elemzés a következőkben foglalható össze:

1. Meg kell próbálnunk a veszteségek csökkentését a kemence külső részei felé úgy, hogy az anyagok fajtáját, illetve a hasznosítási hőmérsékletet befolyásoljuk.
2. Képeseknek kell lennünk arra, hogy az üveg előállítását szabályozzuk; a tűzálló anyagok korróziójának nyomai könnyen eltüntethetőek legyenek.
3. Végül, a legtöbb kemencében — különösen azokban, ahol a hevítés lángokkal történik — meg kell valósítani a hulladékhők visszanyerését.

A hővisszanyerés területén valóban új megoldások vannak és ezek ipari körülmények között alkalmazhatók viszonylag olcsón, az automatizálást is lehetővé téve.

3.2. A kádkemencék fejlesztési tendenciái

Az üveglvasztó kádkemencék néhány része komoly fejlődésen ment keresztül az utóbbi néhány évben, minőségileg és mennyiségileg is jó eredményeket adott akár a sík-, akár az öblösüvegeket tekintjük.

Ez a fejlődés főként a következő tényezőknek köszönhető:

- a láng és üveg közötti hőátadással kapcsolatos adatok pontosabb ismeretének,
- a modell-kádkakkal végzett kísérleteknek,
- a kemence hatásfokának javításához használt eszközöknek és változtatásoknak, így az üveg keverésének, a buborékoltatásnak, a szívónyomás változtatásának, a molibdén használatának, valamint a rekuperátorok és a működő kemencék szabályozási módszereinek.

A fűtőanyag kémiai energiájának terjedése a lángban és az elérhető legnagyobb hőmérséklet kialakítása eléggé összetett jelenségek, az ezekkel kapcsolatos kutatások az elméleti alapoktól az égetőtechnológiáig terjednek.

Hinshelwood (3), Glasstone, Laidler, Eyring (4) és Kassel (5) a reakciók termodinamikai alapjait és az egyensúlyi konstansok hőmérséklettel való változását behatóan tanulmányozták.

A szénhidrogénláncok változásával és a bomlási reakcióknál az égés során keletkező gyökökkel Gaydon foglalkozott.

A hő- és anyageloszlást a gázkeverékek lángfront-

jában és annak terjedésében Lewis és Von Elbe (6), Gaydon, Wolfhard (7) és Tanford (8) tanulmányozták.

Mizutani, Ogasawa (9), Spalding, Thring (10 és 11) megvizsgálták, hogyan égnek el a tüzelőanyag cseppjei és hogyan terjednek a lángok az ilyen anyagok felhőjében.

Sogreak (12), Hawthorne, Hottel és Weddel (13 és 14) kísérletei megmutatták a hőemisszió és az égők építésének karakterisztikái, valamint a betáplálók mechanikus mozgása és a kemencékben a visszafolyó áramok aerodinamikája közötti közvetlen kapcsolatot.

Az oxigén hatását az égés hőmérsékletére, a lángok magasabb hőmérsékletét Kissel és Michaud (15 és 16) tanulmányozták.

Meister (17) kiszámította a lángcsere megnövelt kapacitását tiszta oxigén és peroxidált levegő használata esetén.

Az üvegre irányított konvektív és sugárzásos hőátadással sok kutató foglalkozott. Az olaj és az elégett, illetve el nem égett lángok emissziós faktorát M. W. Thring mérte meg.

Az égésgázokkal a falba történő hőátadás elméletét Mottel és Cohen (18) állapította meg.

A lángból az üvegbe való hőátadás kapcsán végzett kutatásokban jelentős munkát fejtett ki Trier (19) és Germerdenk (2).

Fontos tényező a sugárzásos hőátadás tanulmányozása a „Jet” égők esetében, mert ez közvetlen hatással van a hőcserére.

Más kísérletek is szükségesek a hőátadás lehetőségeinek javítását illetően. A lángok különböző méretűek és emisszivitásúak az új kemencékben.

Buckingham (21–23) kísérletei a modell-kemencék dimenzióanalízissel való kezelésére jelentős fejlődést tett lehetővé a kádmedencék tervezésénél.

Az üvegolvadék homogenitását javító eszközök között említsük meg a buborékolgató és keverő szerkezeteket és a különböző elektródákat, melyek lehetővé teszik a konvekciós áramok szabályozását. A homogenizálással kapcsolatban jelentős munkát végzett Penberthy (32, 33) Glaverbel és Pilkington (34).

Új irányzat a hőálló fémeknek, vagy ötvözeteknek az üvegolvasztó kemencéknél való felhasználása. Bizonyosodott, hogy ezeket a fémeket, pl. molibdént, molibdénötvözeteket, wolframot szinte mindenféle üvegbe be lehet meríteni anélkül, hogy szennyződést okoznának (35).

A regenerátor-kamrák építésére használt eljárások is erősen fejlődtek; ez a fejlődés nagyrészt a felhasznált anyagoknak köszönhető, maga a kemence azonban alapvetően nem változott.

A fejlődési irány hosszú idő óta az, hogy regenerátorok helyett fém rekuperátorokat alkalmaznak. Ezen a téren lassú a fejlődés, mivel nehéz olyan fém szerkezeti anyagokat találni, melyek hővezetési tényezője elég nagy és hosszú ideig képesek ellenállni a füstgázok és néhány alkálifémgőz roncsoló hatásának.

A kemenceüzem vizsgálata során kapott jellegzőbék tanulmányozására néhány szerző olyan lépétkű kemencemódelleken végez kísérleteket, amelyek működésmódja ugyanolyan, mint a valódi kemencéé; más szerzők nyomjelző elemeket használtak, vagy pedig magában a kemencében végezték a kísérleteiket.

A számítógépes szabályozást már eredményesen használják sík és az öblösüveg gyártásánál, és ennek segítségével remélhetőleg a kádmedencéknél is sikerül majd stabilizálni a kemence üzemét és javítani az üveg minőségét.

IRODALOM

- [1] P. Eloy: Silicates Industriels 12 (1971), 297–301.
- [2] J. C. Hamilton: Ind. Eng. Chem. 62, 2 (1970), 16–21.
- [3] C. N. Hinshelwood: The Kinetics of Chemical Changes (Oxford University Press).
- [4] S. Glasstone, K. J. Laidler, H. Eyring: The Theory of Rate Processes (Mc. Graw Hill, 1941)
- [5] L. S. Kassel: Am. Chem. Soc. Monograph (1932)
- [6] B. Lewis, G. Elbe: Trans. A. S. M. E., 70 (1948), 307.
- [7] A. G. Gaydon, H. G. Wolfhard: Proc. Roy. Soc. A., 196 (1949), 105.
- [8] C. Tanford: J. Chem. Phys., 15 (1947), 431 et 861.
- [9] Y. Mizutani, M. Ogasawa: International J. of Heat and Mass Transfer 8n. 6, (1963), 921.
- [10] M. W. Thring: J. Instit. Fuel, 29 (1956), 27.
- [11] E. G. Masdin, M. W. Thring: Ibid., 35 (1962), 251.
- [12] Flame Radiation Research Joint Committee: Ibid., 24 (1951), 1; 25 (1952), 17, 26 (1953), 189.
- [13] W. R. Hawthorne, D. S. Weddel, H. C. Hottel: Third Symposium on Combustion Flame and Explosion Phenomena, Baltimore, Williams et Wilkins (1949), 266–288.
- [14] H. C. Hottel, W. R. Hawthorne: Ibid 27 (1954) 254–266.
- [15] R. R. Kissel et M. Michaud: J. Inst. fuel, 35 (1962), 109.
- [16] M. Michaud: Application aux fours de verrerie. IV^e Congrès International du Chauffage Industriel, Paris (1952), conférence n° 124.
- [17] R. Meister: Verres et Réfractaires, 20, n° 2 (1966), 106.
- [18] H. C. Hottel, E. S. Cohen: Inst. Chem. Eng. J., 4, (1958), 3.
- [19] W. Trier: Glastechnische Berichte, 36, 3 (1963), 73.
- [20] R. Gearmerdenk: Ibid., 36, 3 (1963), 86, 36, 5 (1963), 158.
- [21] E. Buckingham: Journal of The American Ceramic Society, 20, 1 (1937), 1.
- [22] P. A. Michaels: Journal of the Society of Glass Technology, 40, 10 (1956), 470 T.
- [23] R. Patel: Glast. Ber., 32 K (1959), IV/30.
- [24] A. Moutl: Glass Techn. 23, 2 (1982) 106.
- [25] G. H. Grenne: The Glass Industry, 42, 11 (1961), 632.
- [26] I. Payches: Verres et Refractaires, 1, 4 (1947), 26.
- [27] R. Toway, M. Zortea, J. Gailbhand: Ibid, 17, 6 (1963), 401.
- [28] W. Trier: Glassschmelzöfen, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg New York, Tokyo 1984.
- [29] I. Sawai, M. Tashiro, K. Takasahi: Proceedings I. C. G., 1, (1954), 96.
- [30] M. Kunugi, K. Takahashi et I. Sawai: Advances in Glass Technology (VI^e Congrès International du Verre Washington, (1962), 165.
- [31] S. Kruszewski: Journal of the Society of Glass Technology, 41 (1957), 253.
- [32] H. L. Penberthy: U.S. Szabadalom 3. 206. 291 (11. 9. 1961).
Brit szabadalom 1. 039. 952 (26. 1. 1965).
U.S. Szabadalom 3. 198. 618 (9. 3. 1955).
- [33] Pilkington Brothers Ltd.
Brit szabadalom 1. 019. 980 (29. 7. 1963).
- [34] S. A. Glaverbel: Belga szabadalom 626. 920; E. Brichard, E. Plumet et M. Duperry (8. 1. 1963).

Кочис, Г.: Новые направления в проектировании стекловаренных печей

Kocsis, Géza: New Aspects of Glassmelting Kiln Design

Kocsis, Géza: Neue Richtungen in der Projektierung von Glasschmelzöfen

Fokozott hőszigetelőképesű és tűzgátló azbesztcement termékek kifejlesztése és alkalmazása*

SZATURA LÁSZLÓ—OPOCZKY LUDMILLA—BAKOS JÓZSEF

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

Bevezetés

Magyarországon az épületfizikai és tűzvédelmi előírások szigorítása következtében jelentős igény merült fel az építőipar és az ipar területén a hagyományos azbesztcement anyagokhoz hasonló, de fokozott hőszigetelő-, ill. tűzgátlóképesű anyagok iránt.

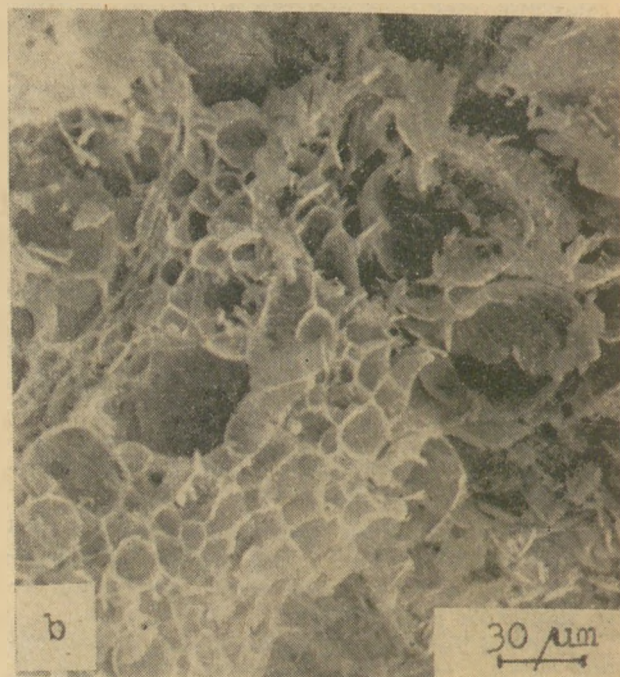
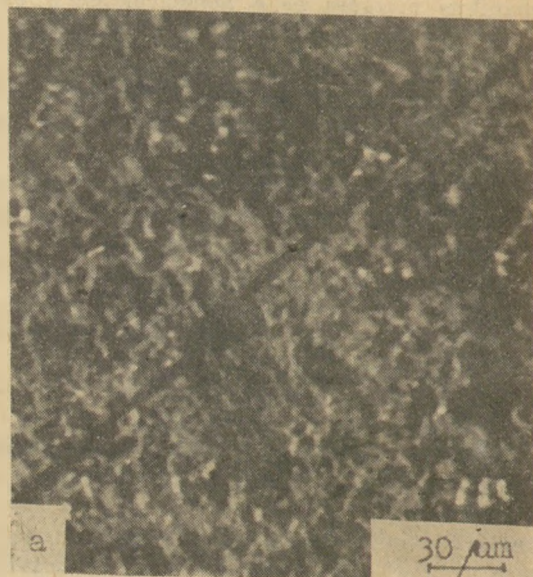
Közismert, hogy a hagyományos azbesztcement burkolólemez — melyet azbeszt, cement és víz keverékéből állítanak elő — hőállósága max. 573 K, hővezetési tényezője átlagosan 0,33 W/mK.

Kutatásaink célja volt olyan nagyobb hőszigetelőképesű, 1073 ill. 1473 K-ig hőálló, és tűzgátló azbesztcementtermékek kifejlesztése, [melyek előállítása a hagyományos nedveseljárású azbesztcement gyártási technológiával megvalósítható.

Az ac. termék hőszigetelő-, illetve tűzgátlóképesége növelésének lehetőségei

A kísérletek során a megfelelő minőségű cementhez, valamint optimális összetételű és foszlatási fokú azbesztkeverékhez 30–40 tömeg%-ban megfelelő szemcseméret-eloszlású duzzasztott perlitet (vagy pumicitet) adagoltunk, majd a gyártási paraméterek célszerű beállításával kedvező pórusszerkezetű, kis testsűrűségű azbesztcementlemez (terméket) állítottunk elő. Közismert, hogy a préselt, hagyományos azbesztcement lemez tömör pórusszerkezettel rendelkezik (1. és 2. ábra), minek következtében hirtelen hő hatására a kémiailag kötött, valamint a párusvíz nem tud eltávozni, hanem az anyag robbanás-szerű széttörését eredményezi. Megfelelő szemszerkezetű duzzasztott perlit hozzáadásával az anyag szerkezete fellazítható, és ezáltal olyan kedvező pórusszerkezetű anyag állítható elő, mely a hirtelen fellépő hőhatást károsodás nélkül elviseli (1. és 2. ábra).

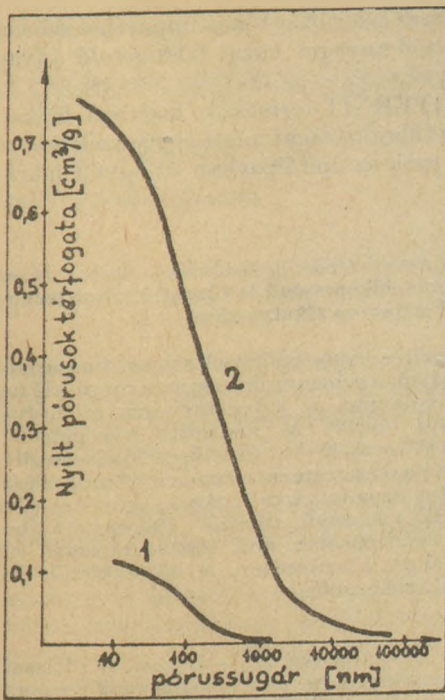
A duzzasztott perlittartalmú azbesztcementtermék tűzállóságának további fokozása céljából a portlandcementet tűzálló (aluminát) cementtel a krizolitazbesztet részben krokidolit v. kékazbeszttel helyettesítettük, a következő elgondolásokból kiindulva: A tűzálló (aluminát) klinkert alapvetően monokalcium-aluminát (CA), illetve kalcium-dialuminát (CA₂) klinkerásványok alkotják. Ezek hidraulikus kötése biztosítja a cement kezdeti szilárdságát, melyet 1273 K felett keramikus kötés vált fel. A tűzálló (aluminát) cementek kötési és szilárdsági tulajdonságai eltérnek a portlandcementétől, amit figyelembe kell venni az ac. termékek tűzálló (aluminát) cementből történő előállításánál.



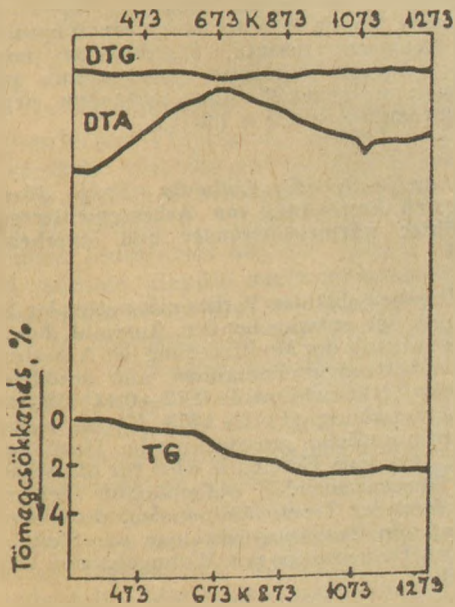
1. ábra. Pásztázó elektronmikroszkópi felvételek
a) hagyományos ac. termék
b) duzzasztott perlitet tartalmazó ac. termék

Az azbeszt éghetetlen anyag, azonban hevítéske-szerkezeti és mechanikai tulajdonságai megváltoznak. A krizolitazbeszt 973–983 K-en elveszti szerkezeti vizét és forszterit (Mg₂SiO₄), SiO₂ és H₂O képződése mellett bomlik (4. ábra).

* A XIV. Szilikátipari és Szilikáttudományi Konferencia anyagából



2. ábra. Azbesztcement-termékek pórus szerkezeti jellemzői
 1. présselt ac. burkolólemez: nyílt pórustérfogat $v_p = 0,108 \text{ cm}^3/\text{g}$; porozitás - 22,04%
 2. duzzasztott perlit tartalmú ac. termék: nyílt pórustérfogat $V_p = 0,755 \text{ cm}^3/\text{g}$; porozitás - 64,04%



3. ábra. Krokidolit v. kékaszbest derivatogramja

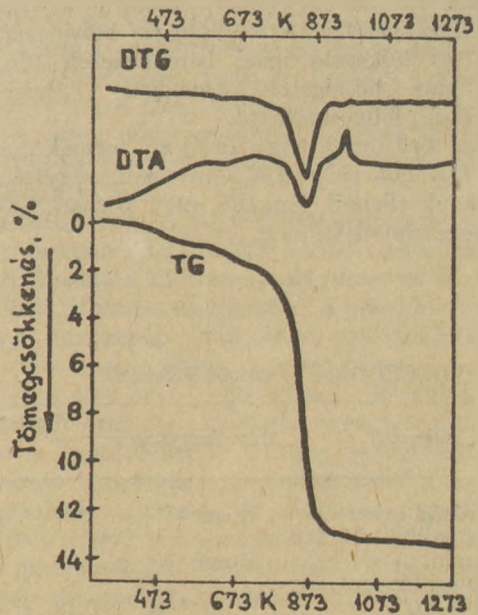
A krizotilaszbest szálak szilárdsága 753 K-en 40%-kal, 843 K-en már több mint 60%-kal csökken. A krokidolit- vagy kékaszbest 1273 K-ig történő hevítéskor szerkezeti változásokat nem szenved (izzítási vesztesége - 2,4%) (3. ábra).

A kékaszbest szálai hosszabbak, mint a krizotilaszbesté és a szálak szakítószilárdsága is nagyobb (~3000 N/mm²). E kedvező tulajdonságok révén a kékaszbest már kis mennyiségben alkalmazva is nagymértékben növeli az azbesztcement termék szilárdságát, valamint a hőterheléssel szembeni ellenállását.

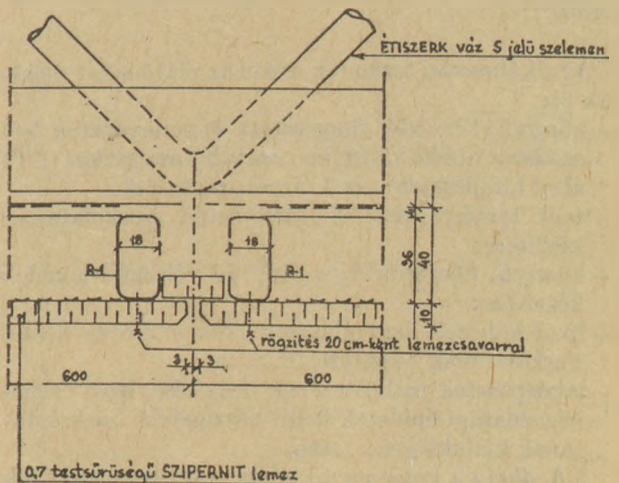
A duzzasztott perlitet tartalmazó ac. termék hőszigetelő- ill. tűzgátlóképessége tehát a cement minőségének megfelelő megválasztásával, valamint az azbesztkeverék módosításával növelhető.

A duzzasztott perlit adagolása miatt fellépő hajlítószilárdság-csökkenés egyrészt a perlit szemcseméret-eloszlásának optimális beállításával, másrészt pedig az azbesztmennyiség növelésével mérsékelhető. Tekintettel a perlitzemcsék kis adhéziós hajlamára, az azbesztkeverék foszlatási fokát úgy kell beállítani, hogy az azbesztszálak adszorpciós tulajdonságai fokozottabban érvényesüljenek.

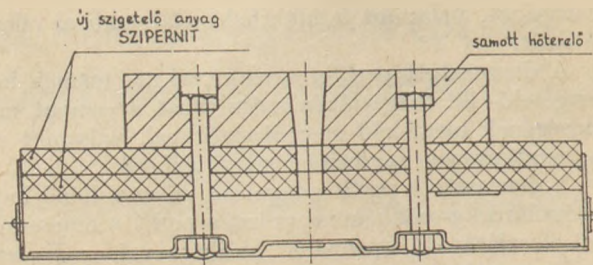
A fenti megfontolások és előkísérletek alapján kifejlesztésre került fokozott hőszigetelő- és tűzgátlóképességű ac. termék (továbbiakban SZIPERNIT), és megvalósult annak folyamatos üzemi gyártása.



4. ábra. Krizotilaszbest derivatogramja



5. ábra. Álmennyezet (ÉTISZERK)



6. ábra. Az izzítókemence hőszigetelő szerkezete (ajtó)

SZIPERNIT-termék műszaki jellemzői és alkalmazási területei

A SZIPERNIT-termékek (lemezek) alapvetően két-féle minőségben, kétféle testsűrűségben készülhetnek. Az egyik elsősorban építőipari rendeltetésű- ún. hagyományos SZIPERNIT, amelynek kötőanyaga a portlandcement, és amely 1073 K-ig alkalmazható. A másik tűzálló cementből, valamint a krizotilazbeszt kékazbeszttel való részleges helyettesítésével készül és hőkezelő ipari berendezések (önállóan, vagy más hőszigetelő anyaggal) hőszigetelésre (1473 K-ig) felhasználható.

Hozzá kell tenni, hogy az új ac. termék „nem éghető” anyagok csoportjába tartozik, vegyi igénybevételeknek ellenáll, lángálló, nem korhad, baktériumok nem támadják meg.

1. táblázat

A SZIPERNIT-lemez fontosabb jellemzői

Jellemző	Mértékegység	Minőség	
		A	B
Testsűrűség, max.	kg · m ⁻³	700	1000
Átlagos hajlítószilárdság, min.	N · mm ⁻²	7,0	10,0
Hővezetési tényező, max. (283 K-en)	W · m ⁻¹ · K ⁻¹	0,12	0,14
Hőállósági határérték	K	1073	1073
	K	1473*	-

*tűzálló cement és kékazbeszt felhasználásával készült termék

Az alkalmazási területek közül az alábbiakat emeljük ki:

- könnyű, tűzvédő, függesztett álmennyezetek készítése többféle kivitelben, melyből az egyiket (ÉTI által kifejlesztett) az 5. ábrán mutatjuk;
- acél tartószerkezetek tűzvédelmi burkolatának készítése;
- könnyű, hőszigetelő és tűzvédő válaszfal-panelek készítése;
- ipari hőkezelő berendezések hőszigetelő és hőálló burkolatának készítése (6. ábra);
- lakóépületek padlasterének beépítése, ipari és mezőgazdasági épületek belső hőszigetelő burkolatának kialakítása, ... stb.

A 6. ábrán a kemence új hőszigetelő szerkezetének egy része, illetve az ajtó szigetelése látható. Ezzel a

megoldással sikerült a tőkés importból származó szálas szigetelő anyagot hazai hőszigetelő anyaggal helyettesíteni.

A SZIPERNIT-termékek kedvező fizikai és mechanikai tulajdonságai miatt egyre szélesebb alkalmazást nyernek az építőiparban és egyéb iparágakban.

Szatura László – Opoczky Ludmilla – Bakos József: Fokozott hőszigetelőképeségű és tűzgátló azbesztcementtermékek kifejlesztése és alkalmazása

Az optimális szemcsméret-eloszlású duzzasztott perlit adagolásával, a cement minőségének megfelelő megválasztásával, valamint az azbesztkeverék módosításával kifejlesztésre került a fokozott hőszigetelő- (0,12 – 0,14 W · m⁻¹ · K⁻¹) és tűzgátlóképességű (1073 – 1273 K) azbesztcementtermékek és megvalósult annak folyamatos üzemi-gyártása. Az új terméket sikeresen alkalmazzák a könnyű, tűzvédő, függesztett álmennyezetek, válaszfal-panelek, acél tartószerkezetek tűzvédelmi burkolatának készítéséhez, a lakóépületek padlasterének készítéséhez, stb.

Сатура, Л. — Опочки, Л. — Бакос, Й.: Разработка азбестоцементных изделий с повышенной теплоизоляционной и огнезащитной способностью и их применение

Путем добавки вспученного перлита с оптимальным распределением зернового состава, применения цемента соответствующего качества а также видоизмененной смеси асбеста были разработаны новые азбестоцементные материалы с повышенной теплоизоляционной способностью (0,12—1,14 Вт/мК) и теплоустойчивостью (1073—1273 К), и осуществлено их промышленное производство. Новые материалы с успехом применяются для изготовления легких, огнестойких, подвесных наборных черных потолков, огнестойких стеновых перегородок и панелей, для застройки черновых помещений жилых домов и т.д.

Szatura, László – Opoczky, Ludmilla – Bakos, József: Entwicklung und Anwendung von Asbestzementernzeugnissen mit erhöhter Wärmeisolierender und feuerhemmender Fähigkeit

Bei per Zugabe geblähtes Perlits mit optimaler Kornverteilung, mit der entsprechenden Auswahl der Zementqualität, sowie mit der Modifizierung der Asbestmischung wurden Asbestzementernzeugnisse mit erhöhter Wärmeisolierung (Wämeleitzahl 0,12–0,14 W · m⁻¹ · K⁻¹) und Feuerhemmung (1073–1273 K) entwickelt, und derer kontinuierliche grosstechnische Herstellung verwirklicht. Das neue Erzeugnis wird für die Verfertigung leichter, feuerhämmer aufgehängter Scheindecken, wärmeisolierender Trennwandpanelen, der Feuerschutzgekleidung von Tragkonstruktionen aus Stahl, für den Einbau des Bodenraums von Wohngebäuden erfolgreich angewandt.

Szatura, László – Opoczky, Ludmilla – Bakos József: Development and Application of Asbestos Cement Products of Increased Heat Insulation – and Fire- Breaking Capacity

By adding expanded perlite of optimal particle size distribution and by convenient choosing of the cement quality as well as by modifying the asbestos mixture composition asbestocement products of increased heat insulating- (0,12–0,14 W · m⁻¹ · K⁻¹) and fire-breaking (1073–1273 K) capacity have been developed and their continuous industrial production has been realized. The new products are successfully applied to make light-weight, fire-protecting false ceilings, facings of separation wall panels and steel frameworks as well as to erect the unfloored lofts of residential buildings.

A cementhidratáció tanulmányozása elektromos vezetőképességméréssel és termometrállisan*

FARKAS ISTVÁNNÉ

Veszprémi Vegyipari Egyetem

Bevezetés

A cementpép hidratációs folyamatának vizsgálata fényt derít a cement felhasználási lehetőségeire is.

A cement és víz között lejárló kémiai folyamatok (hidrolízis, hidratáció) meglehetősen ismertek. Az elsődleges szerkezetkialakítás meghatározza a szilárdulást, azaz a megkötött termék tulajdonságait. Ezért a hidratáció kezdeti fázisának tanulmányozása nagy jelentőségű.

A cementpépek kötésének megismerésére az ipari gyakorlatban alkalmazott egyszerű szabványmódszerek ismereteseek és a szilárd állapotot vizsgáló „klasszikus” kutatási módszerek; a röntgendiffrakció, a magmágneses rezonancia [Kocuvén, B., Ursic, J. (1979)] az elektrokinetikai potenciál [Ebot, J. (1979)] vagy a dielektromos diszperzió [Efimenko, Yu. V. (1975)] meghatározásán alapuló mérések.

Jóval nagyobb gyakorlati jelentőségűek az egyszerű, bármely laboratóriumban könnyen kivitelezhető, nagyértékű berendezést nem igénylő, nem hagyományos kísérleti módszerek. Ezek között megemlítjük a Veszprémi Vegyipari Egyetem Szilikát-kémiai és -Technológiai Intézetében kidolgozott trimetil-szililezést [Tamás, F., Amrich L-né (1978)], az elektromos vezetőképesség mérést [Tamás F., Farkas, E. (1982)], és a hőfejlődést követő módszert [Farkas, E., Tamás, F., (1983)].

A cement hidratációs hőjének megállapítására az oldáshő mérésen alapuló szabványmódszerek használatosak. Ezek módosítása [Brandstr, J., (1977)] sem ad kellő felvilágosítást a hőfejlődés folyamatára. Kalorimetriás mérésekre igen kiterjedten alkalmaznak nagy pontosságú érzékeny, de igen drága adiabatikus vagy izotermikus kalorimétereket. A cementpépek vagy betonok hőfejlődésének jellegzetes görbéi számos közleményben megtalálhatók, pl. [Kondo, R., (1980), Forrester, J. A. (1970)].

A cement vagy beton elektromos tulajdonságaival több kutató foglalkozott. Mérték a cementszuszpenzió és szűrleteik elektromos vezetőképességét [Krstulovic, R. (1980), Vernet, C. (1980)]. Megállapították, hogy kezdetben nő, majd fokozatosan csökken egy koagulációs szerkezetképződésen át [Batalov, D. M. (1975)]. Mások szerint a beton elektromos vezetőképessége az alkálitalommal függ össze [Frolova, L. Z. (1972), Náray-Szabó I. [(1955), (1958)] és Szuk, G. (1964) sorozatos közleményeiben a cement

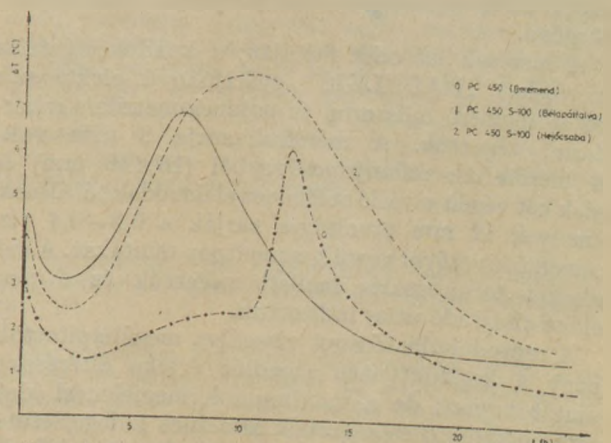
és betonpépek elektromos ellenállását is vizsgálták. Ők rendszerint egy hosszan tartó vezetőképességi maximumon két kisebb átmeneti jellegű csúcsot találtak, de ennek kauzativ értelmezését nem adták meg. Mások foglalkoztak a cementpépek elektrokinetikus potenciálváltozásának mérésével magasabb frekvencián [Ved, E. E., Zsarov, E. F., Szatarin, A. V., Bocsarov, V. K. (1976)].

Kísérleti rész

Feladatunk az volt, hogy vagy olyan nagyműszert használjunk a cementhidratáció kezdő szakaszának nyomon követésére, mely a legtöbb cementipari laboratóriumban megtalálható, vagy olyan módszert hozunk létre, mely egyszerű eszközök segítségével ad a kérdésre, vagy annak egy részére kielégítő pontosságú választ.

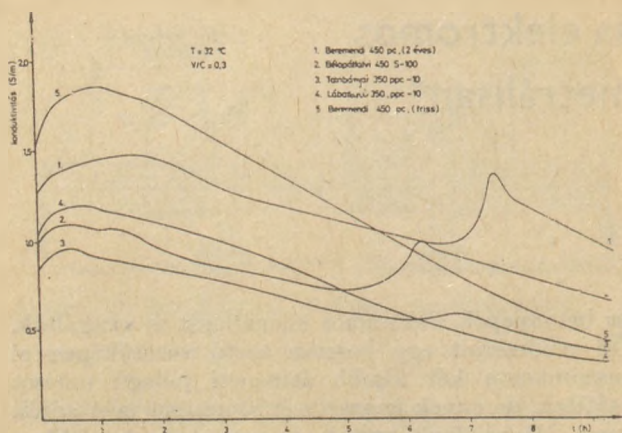
Az első esetben a vegyi gyorslemezhez elterjedten használt „DITHERMANAL” készüléket tettük alkalmassá a hidratációs folyamat során fejlődő hő időbeli lefutásának mérésére; a második feladatot pedig a cementpép elektromos vezetőképességének folyamatos regisztrálásával oldottuk meg.

A termometriás („Dithermanal” készülék alkalmazásával végzett) mérések eredményeiről már korábban beszámoltunk. Néhány jellegzetes görbét az 1. ábrán mutatunk be. A mérés abból állt, hogy a cementmintát gyorsan és alaposan összekeverve desztillált vízzel (vízcementtényező 0,3–0,35) műanyag mintatartóba tömörítettük. A pépbe merülő rez vagy üvegcsőbe hőérzékelő termisztort helyeztünk. A kezdeti (6 perc után mért) hőmérsékleten a készüléket nulláztuk. A mérő és referencia cellák termisztorjai differenciaállásban mérőhídon keresztül

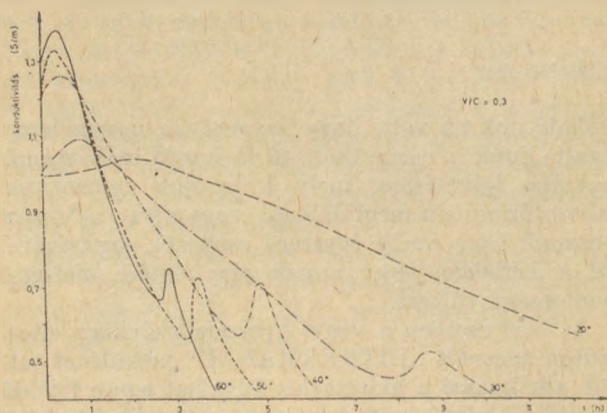


1. ábra. Cementpépek hőfejlődési görbéi

* A XIV. Szilikátipari és Szilikáttudományi Konferencia anyagából



2. ábra. Cementpépek konduktogramjai



3. ábra. Hőmérséklet hatása a konduktogramokra

egymással szembekapcsolva, a készülék digitális kijelzőjén is követhetők. A hőmérsékletváltozást (ΔT) folyamatosan regisztráltuk. A viszonylag hosszantartó termikus stabilitást a mérőcella izolálása és termosztálása által biztosítottuk. A kaloriméterrendszer kvázi-adiabatikus.

A hőfejlődés két maximumot mutat (24 óra alatt); az első, rövid ideig tartó, jóval nagyobb értékű lenne, de technikailag a mérés csak egy bizonyos idő elteltével kezdhető el. A második maximum jellegzetesen alakul a cementminta fajtájától és az adalékszerektől függően.

A mérések második fajtáját; a konduktometriás méréseket „RADELKIS” gyártmányú elektromos vezetőségmérő műszerrel és potenciometrikus rekorderrel végeztük. A mérőfrekvencia 3 kHz volt. A mérőcellák műanyagcsövekből (16×16 mm) és ezek két végén saválló acéllemez elektródákból állnak, amelyek 12 mm távolságra zárják a 0,3–0,4 vízcementtényezővel készült cementpép mintákat. A méréseket termosztálás mellett végeztük és 6 perc előkészítési idő után indítottuk.

A reprodukálhatóságot vizsgálva megállapítottuk, hogy a konduktivitás abszolút értéke eltéréseket mutat ugyan; de a maximumok megjelenési ideje reprodukálható és a görbék általános jellege, lefutásának módja jellemző az adott mintára. A mérőcella

méreteinek ismeretében kiszámítva, a konduktivitás értékét (γ) ábrázoltuk az idő függvényében (2. ábra).

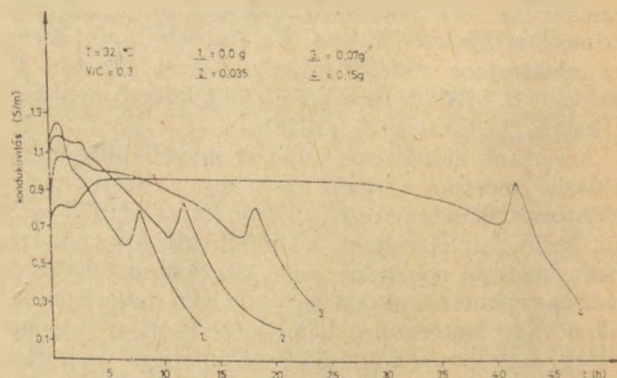
Az összes konduktogramon az első percekben jelentkező elektromos vezetőképességnövekedés látható, majd fokozatos csökkenés. A második maximum nem mindig alakul ki, de az elektromos vezetőképesség növekedése pár óra elteltével lelassul vagy a görbe inflexiót mutat.

A csúcsok kialakulása, azaz a konduktogram jellege függ a mérési hőmérséklettől, a cementpép vízcementtényezőjétől, az adalékszerek jellegétől és koncentrációjától, a cementminta fajtájától és gipsztartalmától is, amint ez a 3–5. ábrákon látható. Követhető a klinker+gipsz keverékek konduktogramjain a második maximum kialakulása (6., 7. ábrák).

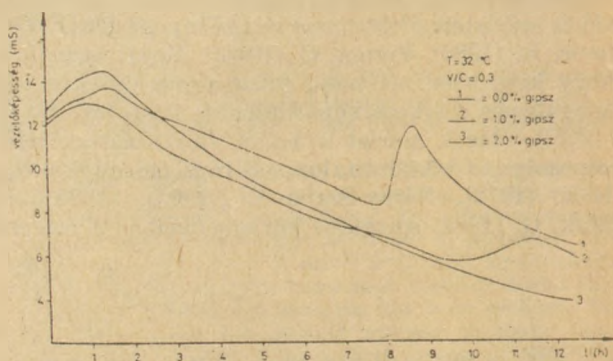
Következtetések

Az előzőekben leírt, kisfrekvencián mért kísérleteinkben a konduktivitást a töltéshordozó részecskék okozzák. Dielektromos tulajdonságok hatása és elektroforetikus töltés átvitel kizárható, a cementrészecskék viszonylag durva szemcsézete miatt.

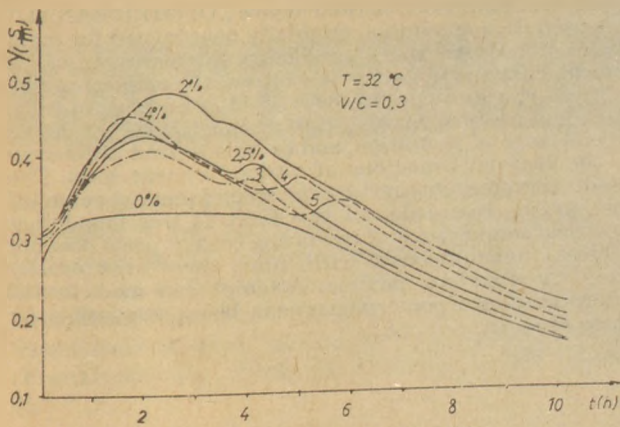
Az elektromos vezetőképesség változása a jelenlevő vagy keletkező ionok számának és mozgékonyságának tulajdonítható. Az első vezetőképességi maximum, amely röviddel a cement vízzel való érintkezése után jelentkezik (az első 1–2. órában) a hidrolízis következménye; azaz a Ca^{++} , OH^- és SO_4^- ionok jelenlétével kapcsolatos. Később ezek abszor-



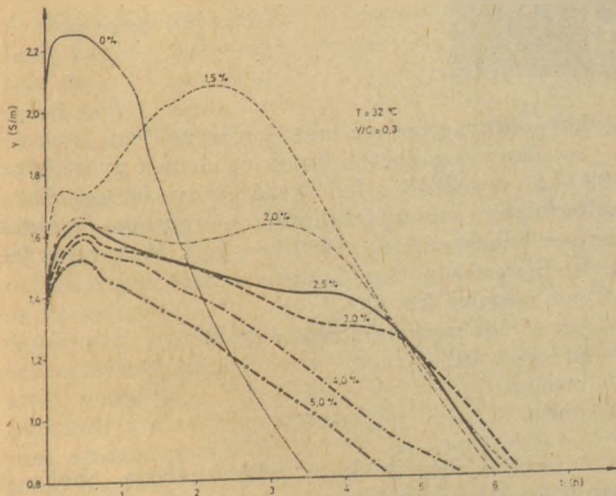
4. ábra. Citromsav készletelő adalékszer hatása



5. ábra. Gipszkő adagolás hatása a cement konduktogramra



6. ábra. Tatabányai klinker és gipsz keveréke



7. ábra. Beremendi klinker és gipsz keveréke.

bealódnak a kalcium-szilikáthidráttal, kalcium-alumínáthidráttal és ettringit képződése által; az elektromos vezetőképesség csökken.

A második csúcs, mely nem mindig jelentkezik, vagy csak bizonyos gipsztartalmú klinker + gipszkeverékekben, szintén a képződő vagy jelenlévő elektromos töltéshordozók mobilitásával és számával kapcsolatos. Lehetséges, hogy az ettringit \rightarrow monoszulfát átalakulás (amelyben 2 mol Ca^{++} és két mol SO_4^{--} ion képződik egy mol ettringitből) következménye a második maximum. A gipszkeverék túladagolása az ettringit stabilizációját okozza. Feltételezhető, hogy a részecskék körül elektromosan izoláló réteg képződik, emiatt vezetőképességsökkenés illetve ezek felszakadásakor növekedés mutatkozik. További kísérletek ezen kérdések tisztázását célozzák.

Elismerés és köszönet illeti meg a Cement és Mész-művek munkaközösségét, akik a kísérleti anyagot rendelkezésünkre bocsátják.

IRODALOM

- Batalov, D. M., Kljusov, A. A.: Tr. Zapadno-Szibir. Naucno-Iszledov. Geolog. Neft. Inst. 86. (1975)
 Bebot, J.: Ciments, Betons, Platres, Chaux (4) (1979) 207.

- Brandstetr, J.: Knizn. Odb. Ved. Spisu (Bruno) B-78 (1977) 85.
 Efimenko, Yu. V.: Zs. Prikl. Khim. 48 (1975) 1135.
 Farkas, E., Tamás, F.: 3. Seminar Thermochem. Anal. (Czech.) (1983) 18.
 Forrester, J. A.: Cement Technol. May/June (1970) 33.
 Frolova, L. Z., Szostopero, S. V.: Tr. Moszk. Avtodor. Inszt. 79 (1972)
 Kocuvan, B., Ursic, J.: Cements, Betons, Platres, Chaux (3) (1979) 172.
 Kondo, R.: 7. Int. Congr. Chem. Cements (Paris) II (1980) 170.
 Krstulovic, R., Feric, T., Krolo, P.: I. Int. Congr. Chem. Cements (Paris) II (1980) 153.
 Náray-Szabó, I., Szuk, G.: Acta Geolog. Acad. Sci. Hung. 3 (1958) 83.
 Szuk, G.: Acta Techn. Acad. Sci. Hung. 46 (1964) 317.
 Tamás, F., Amrich L.-né: Il Cemento (Roma) 75 (1978) 357.
 Tamás F., Farkas, E.: 8. Ibausil (Weimar) 1. (1982) 42.
 Vernet, C., Demonlian, E., Gourdin, P., Harothorn, H.: 7. Int. Cong. Chem. Cements (Paris) II. (1980) 219.

Farkas Istvánné: A cementhidratáció tanulmányozása elektromos vezetőképességméréssel és termometrián

Célunk a cementhidratáció kezdő szakaszának tanulmányozása volt olyan módszerekkel, melyekhez nem szükséges különleges nagy műszer. A kutatás során részben a legtöbb cementipari laboratóriumban megtalálható „DITHERMANAL” nevű termikus módszert tettük alkalmassá a cementhidratáció során felszabaduló hő folyamatos regisztrálására, részben a cementpépek elektromos vezetőképességét tanulmányoztuk. Az első eljárással jól reprodukálhatóan lehet jellemezni a kötés második szakaszát, ennek alapján meg lehet különböztetni a cementfészeségeket. A második módszer során kapott konduktogramok értékelése számos új ismerettel bővítette eddigi tudásunkat, többek között azzal, hogy a vezetőképesség az idő folyamán nem egyenletesen csökken: általában egy, de némely esetben két vezetőképességű maximum alakul ki. Megkíséreltük a vezetőképesség változását kialakító ionfolyamatok értelmezését is.

Фаркаш, И-не: Исследования гидратации цемента путем измерения электропроводности и термометрически

Целью проведенных исследований было изучение начальной стадии гидратации цемента такими методами, которые не требуют особых, крупногабаритных приборов. Для непрерывной регистрации тепла, выделяющегося при гидратации цемента, был применен термический метод „ДИТЕРМАНАЛ”, который без особого труда может быть использован в лаборатории цементной промышленности. Наряду с этим была изучена также электропроводность цементных паст. С помощью первого метода с хорошей воспроизводимостью можно характеризовать второй период схватывания и на основе этого различать различные виды цементов. Оценка кондуктограмм, полученных при испытании вторым методом, обогатила наши знания, а именно тем, что проводимость во времени снижается прямолинейно: обычно образуется один, а в некоторых случаях два максимума электропроводности. Была сделана попытка дать объяснение ионным процессам, вызывающим изменение электропроводности.

Farkas, Istvánné: Das Studieren der Zementhydratation durch elektrische Leitfähigkeitsmessung und Thermometrie

Das Ziel dieser Arbeit war das Studieren der Anfangsperiode der Zementhydratation mit jenen Methoden, die besonders grosse Instrumente nicht brauchen. Während der Forschung wurde das Instrument DITHERMANAL für die kontinuierliche Registrierung der im Laufe der

Hydratation freiwerdenen Wärme umgestaltet, und teilweise die elektrische Leitfähigkeit der Zementpasten geprüft. Durch das erste Messverfahren kann die zweite Strecke der Zementabbindung reproduzierbar gut charakterisiert werden, auf Grund dessen sich die einzelne Zementarten voneinander unterscheiden. Die Auswertung der nach dem zweiten Method erhaltenen Konduktogramme brachte mit sich zahlreiche neue Kenntnisse, z. B. Leitfähigkeit nimmt mit der Zeit ungleichmässig ab, im allgemeinen entsteht ein, manchmal aber zwei Maximum. Es wurden die, die Leitfähigkeitsänderung hervorgerufenen Ionvorgänge ausgelegt.

Farkas, Istvánné: Cement Hydration Studies by the Electrical Conductivity Method and by Thermometry

The beginning section of cement hydration was studied by methods which do not require sophisticated, high-cost

apparatus. Partly the thermal device „DITHERMANAL” was used (this apparatus, originally constructed for rapid chemical analysis can be found in most laboratories of the cement industry); partly the electrical conductivity of the setting cement paste was studied in function of time. The first method enabled the characterisation of the second stage of hydration, and by this to find differences in the thermal behaviour of various cement sorts. The conductograms, obtained by the second method extended the existing knowledge of this field. It was found that electrical conductivity of hydrating cement paste does not decrease monotonously with time, there exist usually one, but often two maxima. Attempt were made for the interpretation of ionic phenomena being responsible for these changes.

A világ szilikátiparából

Problémák az alternatív építőanyagokkal

Dr. Bernd G. Dittert és Richard Haag érdekes cikket közölték a Frankfurter Ztg, Blick d.d. Wirtschaft 1986. április 25-i számában. Ismertetik a Szövetségi Építési Minisztérium megbízásából a Battelle Intézetben végzett vizsgálódásaik eredményeit a hagyományos építőanyagok pótlásáról.

Az alternatív építőanyagokat és nyersanyagokat három csoportba sorolják:

1. Jól használható anyagok,
2. Részben alkalmazható anyagok,
3. Egyenlőre még nem alkalmazható anyagok.

Az első csoportba a következő anyagokat sorolják: füstgáztisztítási gipsz, kőszén pernye, építési hulladék, építési maradványok, háztartási hulladék égetéséből származó salak, háztartási hulladék, kikötői medencéből kitermelt kavics, folyami kavics és agyag.

A füstgáztisztítási gipsz (REA-gipsz) a 90-es évek közepétől kb. 2,4–2,5 Mt mennyiségben keletkezik az NSZK kőszén- és olajtüzelésű berendezéseiből. Ehhez jöhet még a barnaszén tüzelésű erőművek füstgáz tisztítási gipsze is. Napjainkban a keletkező gipszet csak a német gipsz- és cementipar használja fel.

Igaz, hogy a természetes gipsz bányászatát az NSZK-ban környezetvédelmi okokból egyre inkább korlátozzák, mégis a jövőt illetően nem látszik biztosítottnak a füstgáztisztításból keletkező gipsz teljes mennyiségének értékesítése.

Kőszén pernye: 1995-re az NSZK-ban 47,5 Mt kőszén eltüzelését várják az erőművekben. Ebből kb. 7 Mt pernye keletkezik, melynek fele finom, fele durva-pernye.

A pernye fő felhasználási területei a következők:

- cementgyártás adalékanyaga,
- adalékanyag a betonkészítéséhez és betontermékek készítéséhez,
- ásványi töltőanyag bitumenes hordozó és borító rétegekhez,

- keverőanyag pernye-mész keverékekben,
- építőanyag gázbeton lapok és elemek gyártására.

1980-ban az NSZK a keletkező pernye 65%-át használta fel, ami messze felülmúlja más európai országok pernye felhasználását. 1987-ben 1,27 Mt pernye felhasználása a következőképpen oszlott meg:

- betonadalék kb. 58%
- egyéb ismeretlen felhasználás 24%
- útépités 10%
- cement 5%
- mükő 3%

A pernye főleg ott kerül felhasználásra, ahol a jó szállítási lehetőségek a cementgyárak, vagy beton-elem gyárak ellátását lehetővé teszik.

Építési hulladék: 1983-ban az NSZK-ban 16 Mt építési hulladék keletkezett. Összetétele nagyon eltérő. Feltételezhető, hogy az építési hulladék 25%-a beton, így évi 4 millió betonhulladék keletkezésére lehet számolni. A jövőben ez a szám növekedni fog, mivel a háború utáni épületek betonaránya nagyobb. Az építési hulladékból a fa, acél, üveg és műanyag kiválasztása után kb. 10 Mt évi hulladék rendelkezésre állására számíthatunk. Építési hulladék — különösen beton — ott kerül felhasználásra, ahol a kavicsellátás nehézségekbe ütközik és a beton tárolása, vagy elhelyezése különleges költségekkel jár.

Háztartási hulladék égetésének salakja: jelenleg 44 hulladékégető berendezés működik az NSZK-ban kb. 2 Mt évi salaktermeléssel, ehhez jön a tervezés alatt álló 23 további égetőberendezés. A háztartási salak különösen könnyűbeton idomok adalékanyagaként használható fel. A háztartási hulladék salakjának felhasználása még nem egyértelmű az NSZK-ban. A gyárak egy része és számos lehetséges felhasználó még idegenkedik alkalmazásától.

Kikötői, folyami kavics: az NSZK vízi útjaiból, csatornáiból, tavaiból, folyóiból és kikötőiben évi 40–50 Mm³ homok és kavics kitermelésével lehet számolni. Ennek legnagyobb részét az Északi- és Keleti-tenger kikötőiben és folyótorkolataiban termelik ki. A kitermelt anyag nagy részét más helyen

A világ szilikátiparából

ismét visszaviszik a folyókba. Egy részét azonban a szárazföldön kell elhelyezni. Erre a célra korábban fölhagyott kavics- homok és agyagbányákat használtak fel. Az utóbbi időben azonban Hamburgban és Brémában olyan kevés a hely, hogy keresik a felhasználását ezeknek az anyagoknak építési célokra. (Frankfurter Ztg., Blick dd. Wirtschaft, 1986. április 25.)

Újabb adatok a világ tűzállóanyag iparáról

A világ 1984. évi szillimanit ásvány termelése (andaluzit, kianit, szillimanit) 400 kt volt. Ebből 220 kt-t tett ki a kianit termelés. India kimerülő készletei miatt csökkentette termelését (40 kt). A legnagyobb termelő az USA (100 kt), a termelés 65%-át exportálja.

Nyugat Európa kianit felhasználását 20–30 kt közötti mennyiségre becsülik, az acéipari konjunktúrá-tól függően. A kianit 1/4-ét kalcinált állapotban használják fel. Fő fogyasztók: Anglia, Olaszország, NSZK és Franciaország. A tűzállóipari felhasználáson kívül egyéb elvi lehetőségeket (pl. azbeszt, illetve egyéb szülas ásványi anyagok helyett történő felhasználást) most vizsgálják. Ugyancsak elméleti lehetőségként felmerült a kianit nyersanyagként történő alkalmazása alumíniumszilikát ötvözetek gyártásában. Hasonló nagyságban jelöli a szillimanit ásványok össztermelését (350–400 kt) az ausztrál „Recent developments to produce synthetic mullite and fluorine by products from Australian industrial topaz” című anyag is.

Az USA termeléséből az Ione-clay nevű alumíniumszilikát anyagot emelik ki. Mivel a mullit természetes formában csak kis mennyiségben fordul elő a skóciai Mull-szigetén, a tűzállóipar céljaira magas Al_2O_3 tartalmú alumíniumszilikátokból állítják elő zsugorítás vagy olvasztás révén. A mullitot a tűzállóanyagiparon kívül az üvegyártás, cement- és kerámiaipar is használja.

A tűzállóipar másik fontos alapanyagáról, a grafitról szól a „Chinasource offlake graphite for refractories industry” (W. B. Hill, R. Rostombe Wtd., Sheffield előadása). A lemezes grafit fő felhasználási területe kb. 5 évvel korábbi időpontig az agyaggráfit és szénkötésű SIC téglék gyártása volt. Tradicionális forrása Madagaszkár volt.

A 70-es évek végén a vízűtéses elektromos ívke-mencék, boltozatok és oxigénkonverterek tűzálló-anyagainak magasabb hőlékés, hővezetőképesség, stb. iránti igénye a magnezit-szén téglák bevezetését eredményezte. Ezeket a téglákat a 60-as években az USA-ban fejlesztették ki és a japán tűzállóanyagipar fogadtatta el. A magnezitgráfit tűzálló boltozatok irányában a kontinentális Európa csak lassan mozdult, itt hagyományosnak a szurokkötésű magnezit és dolomittéglák tekintendők. Ennek ellenére az utóbbi 2–3 évben az európai konverterekben a magnezit-gráfit mindinkább a kemenceépítés standard anyagává válik, és mint azt az 1984. évi aacheni tűzállóipari konferencián megállapították (Refractories for the steel making converters) felhasználásuk ezidő alatt megkétszereződött. Feltételezve, hogy a tendencia világméretűvé válik, a grafit-szükségletet is előre becsülhetjük abból kiindulva, hogy a világ acélgyártásának 70–75%-át kitevő konverteres acélgyártás grafit-szükséglete 3 kg/t és a magnezit-gráfit téglák átlagos grafit-tartalmát 10%-ra becsülik. A Mag-carbon tűzállóanyagok iránti kereslet-növekedéssel egyidejűleg növekedett az alumínium-oxid-szén tűzállóanyagok iránti kereslet is a folyamatos acélöntés és másodlagos acélgyártás területén. Kína óriási grafitkészletei miatt egyedülálló helyzetben van. A legnagyobb grafitbányák a szovjet határhoz közel, az ország keleti részén találhatóak.

Jelentős grafittermelők a Szovjetunió (80 kt/év), Észak- és Dél-Korea (25 illetve 58 kt), Ausztria, Mexikó, valamint Brazília (évi 43,7–41,5 illetve 32 kt termeléssel).

(7th Industrial Minerals International Congress, Industrial Minerals, 1986. 4.)

A szerkesztésért felel:

Dr. Székely Ádám

Szerkesztőség:

1368 Budapest VI., Anker köz 1–3.

Telefon: 226-497

Felelős kiadó:

Dr. Varga György igazgató

Kiadja:

Delta Szaklapkiadó és Műszaki Szolgáltató Leányvállalat
Budapest VII., Garay u. 5. 1442

Telefon: 415-583, 215-440

Terjeszti a Magyar Posta Előfizethető a Hirlapkézbesztő hivataloknál és a Posta Hirlapelőfizetési és lapellátási Irodáján 1900 Budapest, V., József nádor tér 1. vagy átutalással a 215–90 162 pénzforgalmi jelzőszámmal. Egy szám ára 26,- Ft, előfizetés egy évre 312,- Ft. Külföldön terjeszti a Kultúra, 1389 Budapest, Pf. 149 és a Magyar Média, 1392 Budapest, Pf. 86–253



86/2582 Franklin Nyomda, Budapest
Felelős vezető: Mátyás Miklós igazgató

INDEX: 25250

HU ISSN 0013–970 X

93

1914