

302935

ÉPÍTŐANYAG ○ 94/2

A SZILIKÁTIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

VEDALA



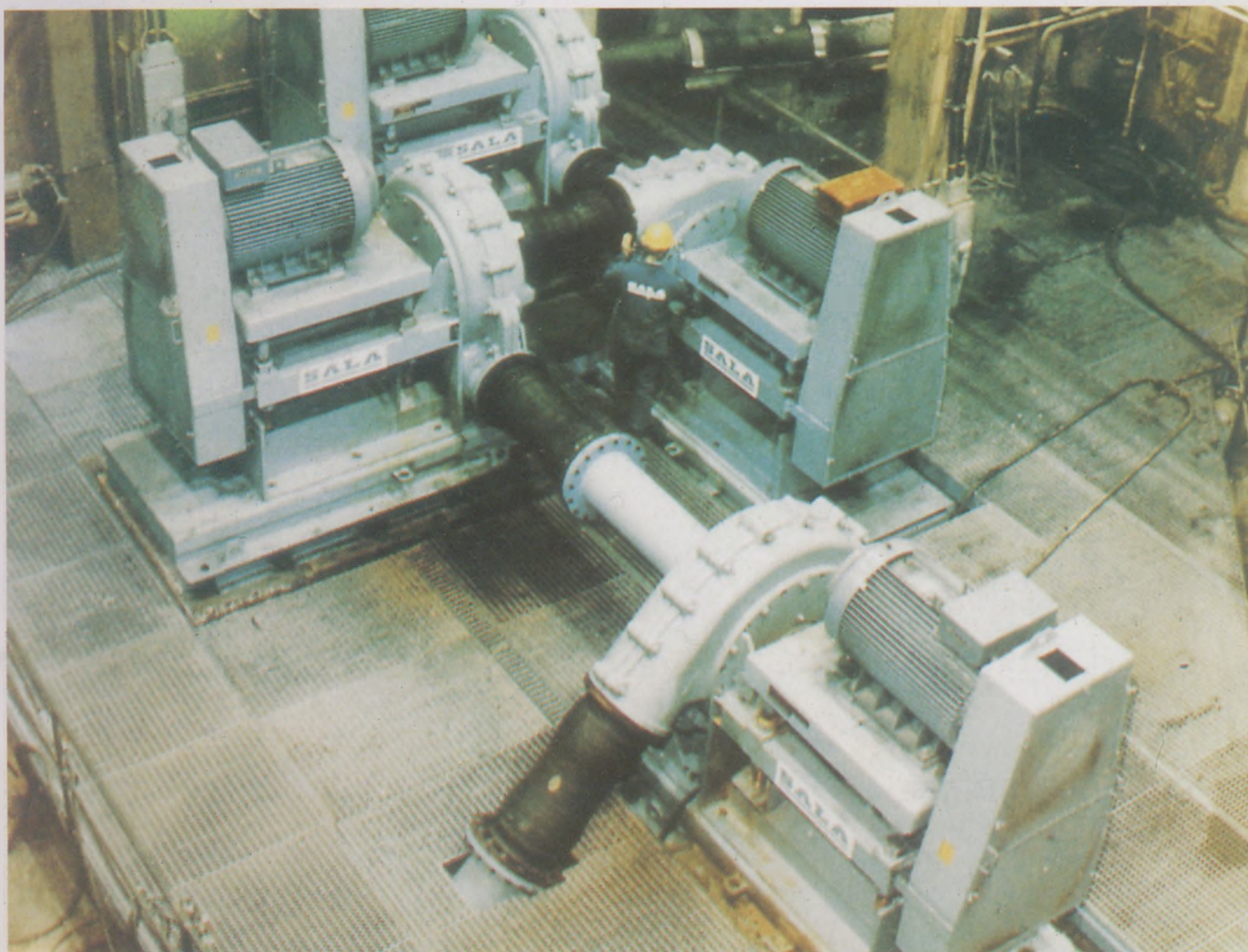
ALLIS

MINERAL SYSTEMS

ALLIS TIDCO KFT.



SZIVATTYÚK MINDEN ALKALMAZÁSI TERÜLETRE



ALLIS TIDCO KFT. BUDAPEST, 1016 MÉSZÁROS U. 48-54. TEL.: 155-9884 FAX: 175-0173

„ZAJ ELLEN VÉDŐ FÜLKE”

RHEINHOLD & MAHLA

Építő és Szigetelő Kft.

A „Zaj ellen védő fülke” a **RHEINHOLD & MAHLA Építő és Szigetelő Kft.** által gyártott termék. A megrendelt fülkék a helyszínen igen gyorsan összeszerelhetők, a felállításuk után azonnal használatba vehetők.

Alkalmazási terület:

- zajos ipari és mezőgazdasági üzemekben,
- tartózkodó-, művezetői, vezénylő-, irányítófülke,
- labor-, vizsgáló-, tolmács- vagy tárgyalófülke,
- géptokozásra.

Szerkezeti felépítés:

A fülkék rezgéscsillapító gumibakokon álló acél alaperetire épített modul oldalfalpanelekből készülnek. Az oldalfalpanelek különlegesen eloxált alumíniumprofil keretbe szerelt szendvicsszerű hanggátló-

hangelnyelő szerkezetek kombinációja. A panelek mérete: 850 x 2400 mm. Lehetőség van azonban ettől eltérő méret alkalmazására is.

Oldalfalpanel-típusok:

- tömör vagy ablakos (3 rétegű hanggátló üveggel);
- ajtós; a tömör részben mélyen üvegezett.

Alaprajzi elrendezés:

A különféle oldalfalpanel-típusok tetszőleges sorolással változatos alaprajzi elrendezés érhető el. A fülkék alakíthatók a Megrendelő egyedi igényei szerint.

A fülke szolgáltatásai:

Klíma; igény szerinti világítás; számítógépek csatlakozási helyének kialakítása.

A fülke szabadalmi száma: 183845

A fülke szerkezeti megoldásaival a mérhető beiktatási veszteség átlagos értéke: 33 dB.



A **RHEINHOLD & MAHLA** Akusztikai Mérnöki Iroda a meglévő zajviszonyok mérését, a zajcsökkenés és a környezeti zajvédelem tervezését is vállalja. Az elkészült megoldások helyszíni mérésekkel való minősítését jegyzőkönyvben dokumentálja, mely a szakhatóságok részére szükséges.

REFERENCIAHELYEK:

- **ALCOA-KÖFÉM**
- **MOL Rt.**
- **Paksi Atomerőmű**
- **Budapesti erőművek**
- **Papírgyárak**



R&M
Építő és Szigetelő Kft.

1475 Budapest, Pf. 254
1106 Budapest, Akna u. 2-4.
Telefon: 260-0688/124
Telefax: 260-0228

„ **N i n c s b a j b a n , h a z a j v a n . . .** ”

Szerkesztőbizottság:

Elnök:
Prof. dr. TALABÉR JÓZSEF
Felelős szerkesztő:
WOJNÁROVITSNÉ
Doz. dr. HRAPKA ILONA

Rovatvezetők:

Szilikáttudomány
Prof. dr. JUHÁSZ A. ZOLTÁN
Szilikáttechnika
GARAI GYÖRGY
Újdonságok
Dr. HILGER MIKLÓS

Tagok:

Dr. ÁBRAHÁM Ferenc
Prof. dr. BALÁZS György
FODORNÉ dr. SZÖRÉNYI Márta
GALLÉ Gábor
Doz. dr. GÁLÓS Miklós
Dr. KOLOSTORI János
Dr. KOVÁCS Károly
Dr. LIPTAY András
PÉTER Gyula
SEY Pongrác
Prof. dr. TAMÁS Ferenc
Doz. dr. TERÉNYI Gyula
Dr. WAGNER Endre

Szerkesztőség: 1027 Budapest II., Fő u. 68.
Telefon: 201-9360
Kiadja az Építésiügyi Tájékoztatói
Központ Kft.
Felelős kiadó: dr. Hamvai Péter igazgató.
Készült a TYPOPRESS Kft.
Nyomdaüzemében (940077) Budapest, 1994.
Felelős vezető: Vincze Sándor.
Kiadói szerkesztő: Ágoston Jánosné.
Műszaki szerkesztő: Zaffiry Kálmán.
Azonossági szám: 12/94.
Megjelent: A/4 alakban,
4,5 A/5 fv terjedelemben.
Egy szám ára: 218,- Ft.
Külföldön terjeszti a Kultúra,
1399 Budapest, Pf. 149 és a Magyar Média,
1932 Budapest, Pf. 86-253
Belföldön terjeszti az ÉTK Kft.
1400 Budapest, Pf. 83

INDEX: 2 52 50

TARTALOM

Kotsis, L.-né – Eniszné Bódogh, M. – Dudás, I.: A MOL Rt.-nél keletkező hulladék anyag felhasználásával készült kerámiai burkolólapok	30
Tamás, F. – Pátkainé Horváth, M. – Tritthart, J.: Veszélyes hulladékok megkötése cement-mátrixban	34
Kocsis, G.: A habüveg granulátum gyártási módszere	41
Hajnal, L.: A vibráció alkalmazása szemcsés ásványi anyagok víztelenítésénél	48
Kászonyi, G.: Műanyagszál-adalékos betonok szilárdsági jellemzőinek vizsgálata	53
Farnady, F.: A cementgyártás és felhasználás energetikai áttekintése	54
Az építő-, építőanyag-ipar 1993. I-X. havi teljesítménye, előrejelzés az 1994. évben várható folyamatokról	61

CONTENS

Kotsis, Ildikó – Enisz-Bódogh, M. – Dudás, I.: The Use of Hydrocarbon Processing Waste for the Manufacture of Ceramic Tiles	30
Tamás, F. – Pátkai-Horváth, M. – Tritthart J.: Immobilization of Hazardous Wastes in Cementitious Matrix	34
Kocsis, G.: Manufacture of Cellular Glass Granulates	41
Hajnal, L.: The Use of Vibration in the Dewatering og Particulate Materials	48
Kászonyi, G.: Strength Characteristics of Concretes Reinforced with Plastics Fibers	53
Farnady, F.: Energetical Overview of Cement Manufacture and Use	54
Activity of the Hungarian Building Materials Industry in Jan.-Oct. 1993 and Forecasts for 1994	61

INHALT

Frau Kotsis, L. – Frau Enisz Bódogh, M. – Dudás, I.: Keramische Blendplatten hergestellt durch Verwendender bei MOL AG entstandenen Abfallstoffen	30
Tamás, F. – Frau Pátkai Horváth, M. – Tritthart, J.: Abbildung der gefährlichen Abfälle in Zementmatrix	34
Kocsis, G.: Herstellungsmethode für Schaumglas-Granulaten	41
Hajnal, L.: Entwässerung der kornförmigen Mineralien durch Verwendung von Vibration	48
Kászonyi, G.: Prüfung der Festigkeitswerten von Betone mit Kunststoffzuschläge	53
Farnady, F.: Energetische Übersich der Zementherstellung und -Anwendung	54
Aktivität der Bau- und Baumaterialindustrie Jan.-Oct. 1993, Voraussage auf 1994	61

СОДЕРЖАНИЕ

Котшиш, Л.-не – Енисне Бодог, М. – Дудаш, И.: Керамические облицовочные плитки, изготовленные с использованием отходов АО-МОЛ	30
Тамаш, Ф. – Паткаине, Х. М. – Триттхарт, Я.: Связывание вредных отходов в цементной матрице	34
Кочши, Г.: Метод производства гранулированного пеностекла	41
Хайнал, Л.: Применение вибрации для обезвоживания зернистых минеральных материалов	48
Касони, Г.: Испытание прочностных характеристик бетонов с добавкой синтетических волокон	53
Фарнади, Ф.: Обзор производства и применения цемента с энергетической точки зрения	54
Результаты, достигнутые строительной промышленностью и промышленностью строительных материалов в период I-X месяцев 1993г., а также прогноз процессов на 1994г.	61

A MOL Rt.-nél keletkező hulladék anyag felhasználásával készült kerámiai burkolólapok

Kotsis Leventéné* – Eniszné Bódogh Margit* – Dudás István**
 *Veszprémi Egyetem, **MOL Rt., Komárom

A MOL Rt.-nél keletkező bentonitot és tonsilt tartalmazó olajos derítőföld alkalmazható kerámiai burkolólap masszakomponenseként anélkül, hogy a burkolólap égetési csúcshőmérsékletén (1150 °C) és egyéb masszakomponenseinek arányán változtatni kellene. A 20% (m/m)-ban alkalmazott hulladék anyag felhasználásával 28 MPa hajlítószilárdságú, 1,7% vízfelvételű, 10–30 µm-es pórusokat tartalmazó termék nyerhető. A hulladék anyagot nem tartalmazó burkolólap 10%-kal kisebb szilárdsággal és 20%-kal nagyobb vízfelvétellel rendelkezik. Így a veszélyes hulladék megsemmisítése nemcsak környezetvédelmi szempontból, továbbá energiamegtakarítás okán, hanem a fizikai tulajdonságok javítása miatt is célszerű.

A hazardous waste, oil-containing Fuller's earth, is formed during petroleum refining. This waste can be safely disposed of, and at the same time, utilized as a raw material for the manufacture of ceramic tiles, without changing the firing temperature (1150 °C) or the ratio of other body constituents. The waste is added in 20 (m/m)%. Main properties of the product: flexural strength of 28 MPa, water uptake 1,7%, pore size between 10–30 µm; the counter product, made without waste addition, has a lower strength (by 10%) and a higher water uptake (by 20%). Thus disposal of the hazardous waste serves not only environmental reasons, but at the same time energy conservation and an improvement of product properties.

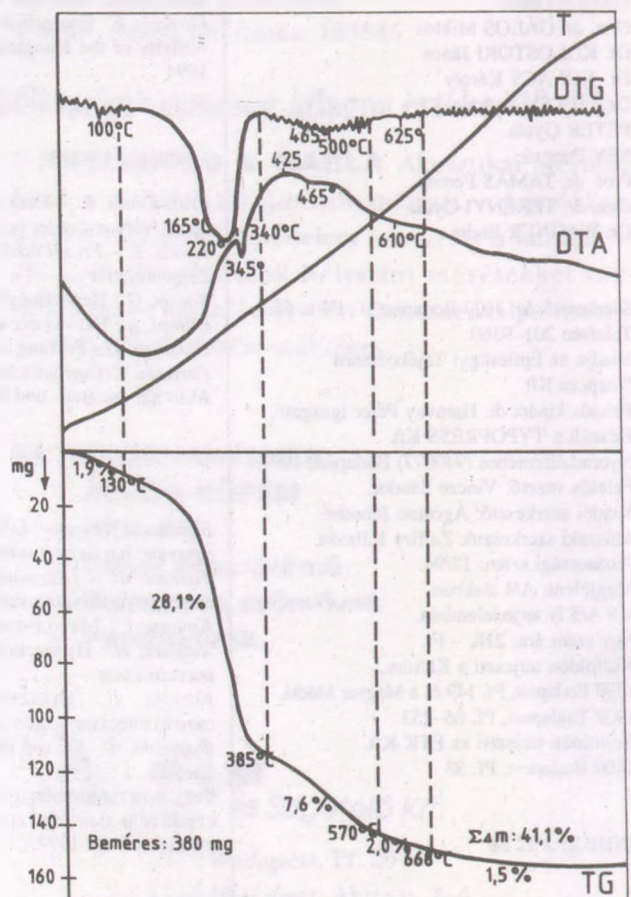
Bevezetés

Az olajfinomítás során felhasznált derítőföldek jó adszorbeáló képességű, felületaktív anyagok, melyekkel az olajokban levő kedvezőtlen tulajdonságú oldott vegyületek (gyanták, bitumenes anyagok, kellemetlen ízt, színt és szagot adó anyagok) és a finom eloszlású lebegő szilárd szennyeződések eltávolíthatók.

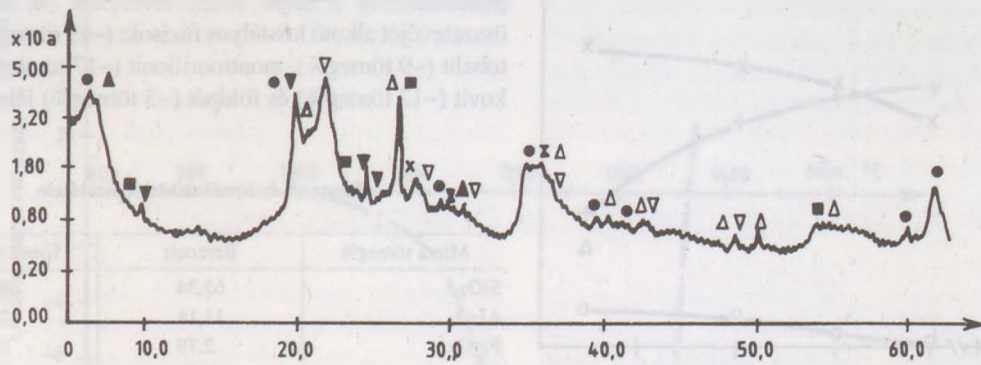
A MOL Rt.-nél a különböző minőségű technikai, ipari, kozmetikai és gyógyászati fehérólaajok finomításánál derítőföldként elsősorban aktiválatlan ~70 m²/g (BET) fajlagos felületű 0–70 jelű mádi öntödei bentonitot és a SÜD-CHEMIE AG által forgalmazott TONSIL ACC FF aktivált, ~240 m²/g fajlagos felületű derítőföldet, illetve ezek keverékeit használják. A technológiai folyamatban veszélyes hulladék anyagként keletkező olajos derítőföldet 25–40 tömeg% szerves anyag mellett a SiO₂ különböző módosulatait, agyagásványokat és földpátot tartalmaznak, így lehetséges szilikátipari (tégla, burkolólap, samott) hasznosíthatóságuk. Ásványi összetételüknel fogva alkalmasak a kerámiai masszák plasztikus, soványító és ömlesztő komponenseinek részleges bevitelére, szervesanyag-tartalmuk révén pedig a hőkezelés folyamán energiamegtakarítást eredményeznek.

Kísérleti rész

A MOL Rt.-nél a fehérólaaj gyártásánál évente 5·10⁵–6·10⁵ kg mennyiségben keletkező bentonitot és tonsilt tartalmazó olajos derítőföld 17 140 kJ/kg égésmeleggel

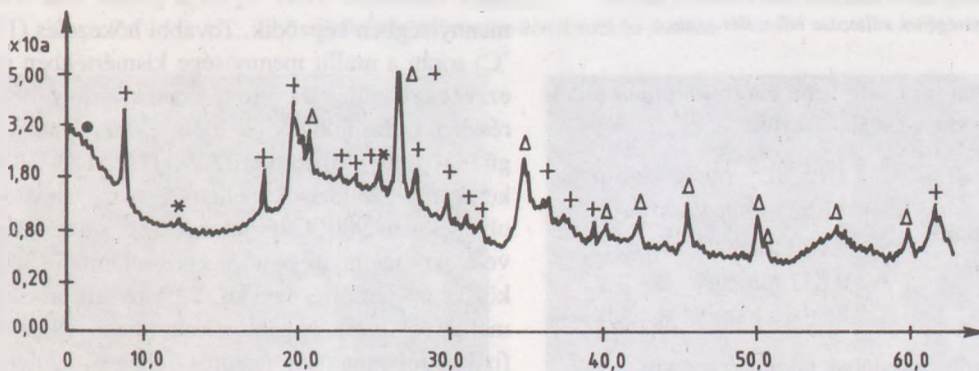


1. ábra
 Olajos derítőföld derivatográf felvétele



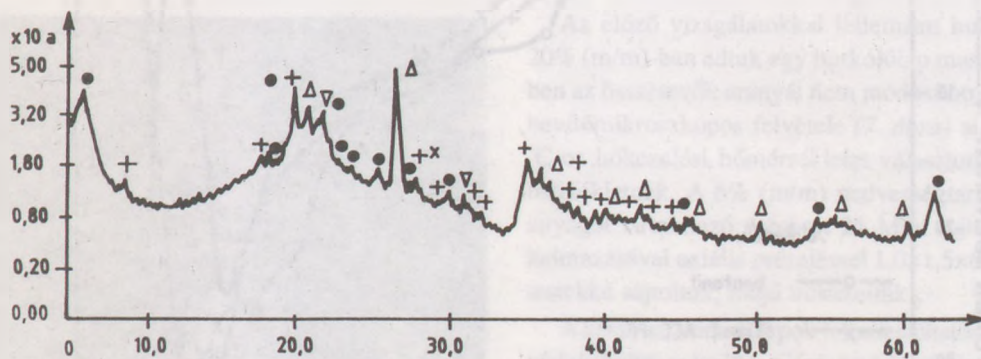
Jelölések: Δ kvarc \times kalcit
 ∇ krisztobalit \times földpát
 \bullet montmorillonit ∇ klinoptilolit
 \blacksquare illit

2. ábra
 Bentonit (a) röntgendiffrakciós felvétele



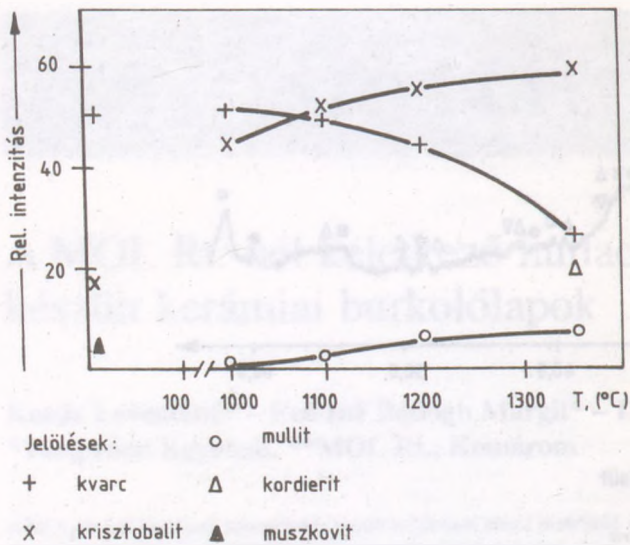
Jelölések: $+$ muszkovit \bullet montmorillonit
 Δ kvarc $*$ kaolinit

3. ábra
 Tonsil ACC FF röntgendiffrakciós felvétele



Jelölések: Δ kvarc \bullet montmorillonit
 ∇ krisztobalit \times földpát
 $+$ muszkovit

4. ábra
 Olajos derítőföld röntgendiffrakciós felvétele



5. ábra
Az olajos derítőföldben található főbb kristályos fázisok mennyiségének változása hőkezelés során

jellemezhető anyag. A Carlo Erba EA-1108 típusú elem-analizátorral végzett vizsgálat szerint:

39,164%	}	38,531%	{	1,15 · 10 ⁻² tömeg% nitrogén
				31,522 tömeg% szén
				7,009 tömeg% hidrogén
				0,621 tömeg% kén
				tartalommal rendelkezik.

Hőkezelés során a mintában található szerves anyagok kiégése két lépcsőben (340 °C, 425 °C) történik, s mindez 39,2%-os tömegcsökkenéssel jár együtt (1. ábra). A vizsgált derítőföld közel azonos mennyiségű bentonitot (2. ábra) és tonsilt (3. ábra) tartalmaz, s ennek megfelelően rönt-

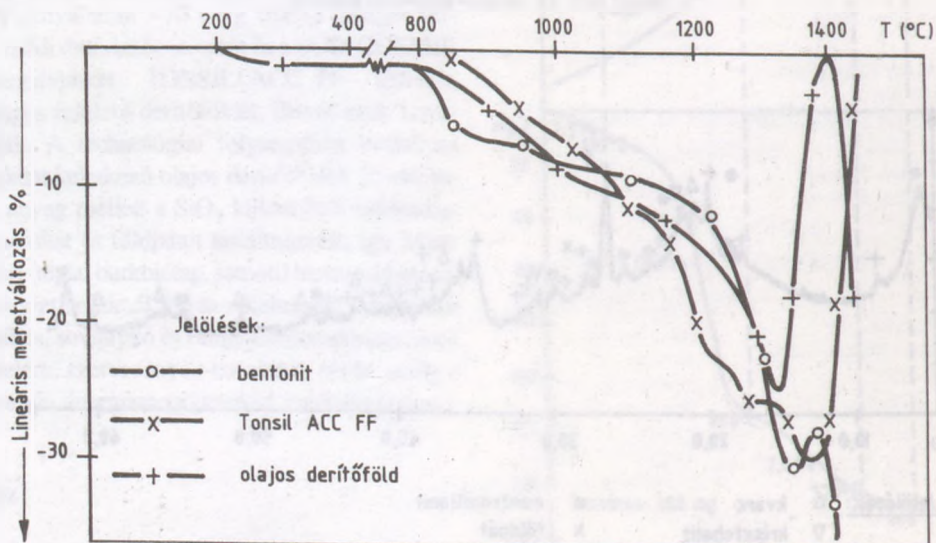
gendiffrakciós (Philips 1825) felvételén (4. ábra) a két összetevőjét alkotó kristályos fázisok: (~9 tömeg%), krisztobalit (~9 tömeg%), montmorillonit (~17 tömeg%), muszkovit (~12 tömeg%) és földpát (~3 tömeg%) jelentkeznek.

1. táblázat

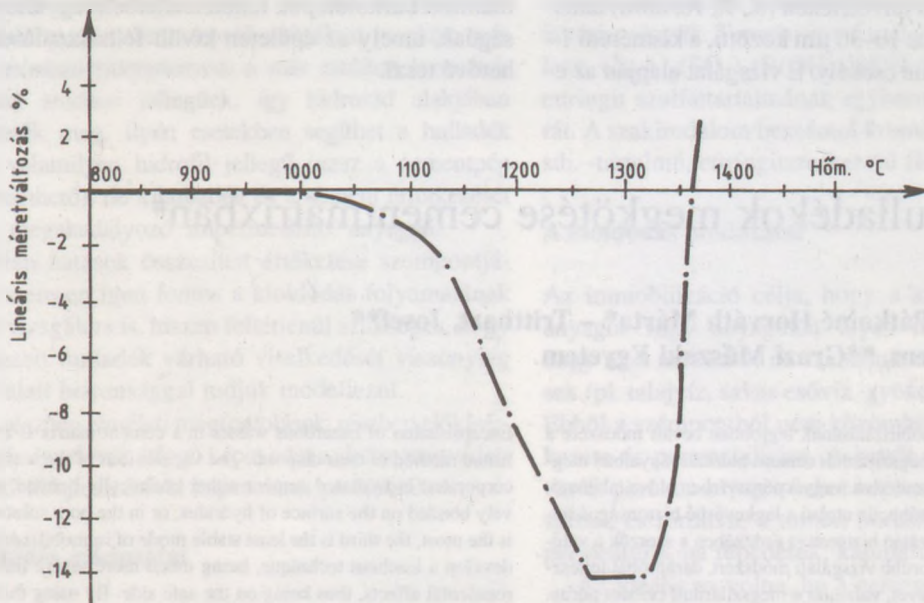
Bentonit és tonsil oxidos összetétele

Minta tömeg%	Bentonit	Tonsil ACC FF
SiO ₂	65,34	68,45
Al ₂ O ₃	11,18	12,90
Fe ₂ O ₃	2,79	2,40
CaO	2,71	0,73
MgO	3,73	1,26
Na ₂ O	0,30	0,26
K ₂ O	0,74	2,50
izz. vesz.	13,21	11,50

Hőkezelés során 1000 °C-on 3 órás hűn tartás után a montmorillonit teljesen, a muszkovit pedig túlnyomórészt elbomlik. 1100 °C-on a mullit már kimutatható mennyiségben képződik. További hőkezelés (1200, 1350 °C) során a mullit mennyisége kismértékben növekszik, ezzel egyidejűleg a kvarc részben krisztobalittá alakul át, részben pedig feloldódik. 1350 °C-on jelentős mennyiségű (~10 tömeg%) kordierit (2MgO · 2Al₂O₃ · 5SiO₂) keletkezik az előző fázisok mellett (5. ábra). Hívítés során az olvadákfázis 900 °C-on jelenik meg, s a hőmérséklet növelésekor mennyisége nő, s a préselt minta 1320–1330 °C között ég tömörre egy kb. 23%-os lineáris zsugorodás mellett (6. ábra). A szintereléskor bekövetkező kémiai és fizikai folyamatokat jelentős fajlagos felületcsökkenés kíséri, így az 1000 °C-on hőkezelt anyag fajlagos felülete mindössze 4,3 m²/g, a fajlagos felület növekvő hőmérséklettel csökken, míg az 1330 °C-on hőkezelt anyagnál már nem mérhető.

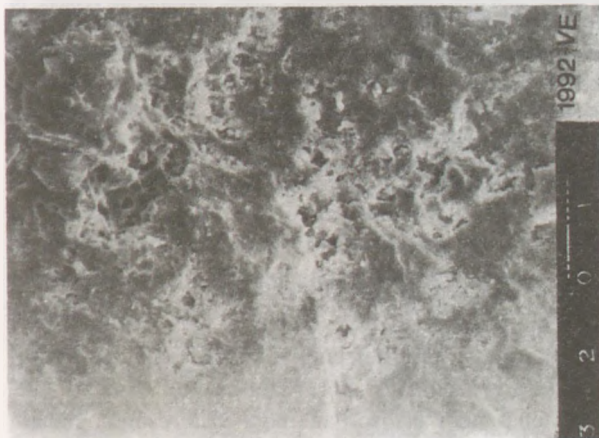


6. ábra
Az olajos derítőföld hevítés során bekövetkező lineáris méretváltozása MHO-2 Zeiss hevítőmikroszkópi felvétel alapján



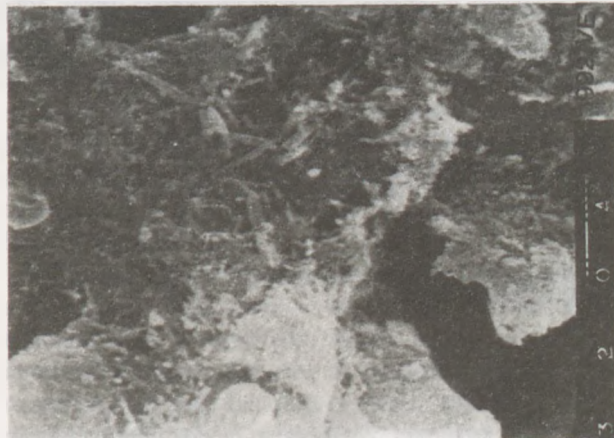
7. ábra

Burkolólap présor hevítőmikroszkópi felvétele



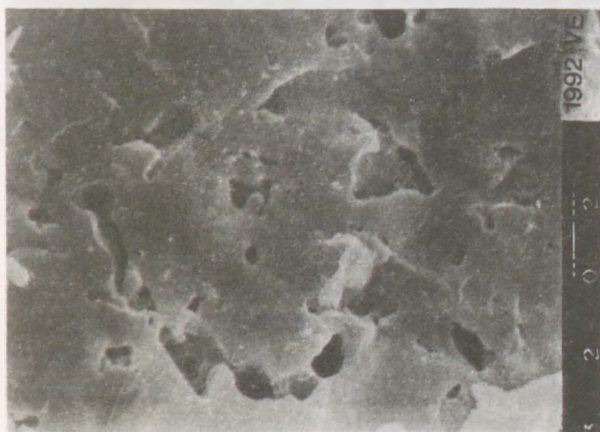
8. ábra

Burkolólap maratlan töretfelületének pásztázó elektronmikroszkópi felvétele (N = 300 ×)



10. ábra

Burkolólap maratott (1:1 HF) töretfelületének pásztázó elektronmikroszkópi felvétele (N = 10 000 ×)



9. ábra

Burkolólap maratlan töretfelületének pásztázó elektronmikroszkópi felvétele (N = 1000 ×)

Az előző vizsgálatokkal jellemzett hulladék anyagot 20% (m/m)-ban adtuk egy burkolólap masszához, amelyben az összetevők arányát nem módosítottuk. Ezen anyag hevítőmikroszkópos felvétele (7. ábra) alapján, az 1150 °C-os hőkezelési hőmérsékletet választottuk égetési hőmérsékletnek. A 6% (m/m) nedvességtartalmú hulladék anyagot tartalmazó présport 25 MPa sajtoló nyomás alkalmazásával axiális préssel 1,0×1,5×6 cm³-es próbatestekké sajtoltuk, majd hőkezeltük.

A kerámiai burkolólapok felhasználhatóságát elsősorban vízfelvételük és hajlítószilárdságuk határozza meg. Az 1150 °C-on 5 órán át hőkezelt burkolólapnál 1,7% (V/V)-os vízfelvételt és 28 MPa-os hajlítószilárdságot mértünk.

A vízfelvétel számértékéből a minták fagyállóságára még nem tudunk következtetni, arra vonatkozóan a szövetszerkezet vizsgálata szükséges. A bemutatott pásztázó

elektronmikroszkópos felvételeken (8, 9, 10. ábra) látható, hogy a pórusok zöme 10–30 µm közötti, a kisméretű 1–2 µm-es pórusok száma csekély. E vizsgálat alapján az e-

lőállított burkolólapok feltételezhetően fagyálló tulajdonságúak, amely az épületen kívüli felhasználásukat is lehetővé teszi.

Veszélyes hulladékok megkötése cementmátrixban[#]

Tamás Ferenc* – Pátkainé Horváth Márta* – Tritthart, Josef**

*Veszprémi Egyetem, **Grazi Műszaki Egyetem

Veszélyes hulladékok immobilizálásának legjobban bevált módszere a cementezés. A hulladék a megszilárdult cement hidrátásványában megkötve, vagy azokon adszorbeálódva, vagy a pórusvízben oldva található; az első adja a legmegbízhatóbb, az utolsó a legkevésbé biztonságos immobilizációt. Az immobilizáció biztonsága érdekében a szerzők a valóságos igénybevételnél szigorúbb vizsgálati módszert, darapróbát fejlesztettek ki, és ennek segítségével, valamint a megszilárdult cement pórusolatának vizsgálatával tanulmányozták a cement- vagy klinkermátrixban megkötött nehézfémek mozgékonyosságát (részben tiszta vegyszerek, mint kadmium-szulfát, nikkelszulfát vagy káliumbikromát, részben ipari galvániszap formájában), különböző adszorbensek (pernye, szilikafüst vagy aktív szén) jelen-, ill. távollétében. Az alkalmazott vegyszerek közül a legnagyobb mértékben a kromát alakjában jelen lévő króm oldódik ki, a kadmium, ill. nikkelszulfát hidroxid alakjában megkötődve oldhatatlanná válik. Galvániszap esetében is a króm kioldása a legjelentősebb, de csak gyenge savas közegben. A nehézfémek kioldódása napos eluálás után a legintenzívebb, kezdetben, ill. későbbi időben csökken. Szilikafüst jelenléte növeli az immobilizáció biztonságát.

Encapsulation of hazardous wastes in a cement matrix is a well-established method of their disposal. The various ions of the waste can be incorporated in hydrated cement either chemically bonded, or adsorptively bonded on the surface of hydrates, or in the pore solution; the first is the most, the third is the least stable mode of immobilization. Authors develop a leachout technique, being much more severe than real environmental effects, thus being on the safe side. By using this technique, jointly with pore solution analysis the mobility of heavy metals in a hydrated cement (or clinker) matrix has been studied, partly with pure chemicals (cadmium sulfate, nickel sulfate or potassium dichromate) and partly with industrial electroplating sludge added to the cement, in the presence or absence of adsorbents (fly ash, activated carbon or silica fume). Chromium, added as a chromate is readily leached out of the matrix, while cadmium and nickel become immobilized by the formation of insoluble hydroxides. In case of electroplating sludge chromium is removed by using slightly acid elution agent only. Leachout reaches a maximum after several days and is less at early and final ages. The presence of silica fume improves the safety of immobilization.

Helyzetismertetés

Bevezetés

Újra nem hasznosítható, vagy csak nagy költséggel feldolgozható veszélyes hulladékok végleges tárolásához feltétlenül szükséges a környezettől való biztonságos elszigetelés, ill. immobilizálás. Ennek egyik régóta alkalmazott módja a cementezés: a hulladék cementben történő megkötése betonozott tömbök alakjában; világszerte elterjedt, elsősorban kis vagy közepes aktivitású atomerőművi hulladékok esetében, de más célokra is. Az ilyen módon beágyazott hulladékok – természetesen a hatósági biztonsági előírások fegyelmezett megtartásával – környezeti ártalom nélkül szállíthatók a végleges lerakóhelyre, mert (ellentétben a bitumenbe vagy műgyantába ágyazott hulladékkal) esetleges baleset, vagy extrém esetben terrorista támadás esetében sem jelent azonnali veszélyt a cementezett hulladék szétszóródása. Más veszélyes hulladékok, így pl. a galvanizáló üzemek hulladéka, a toxikus nehézfémeket tartalmazó galvániszap hasonló módon köthető meg a cementmátrixban.

Természetesen az immobilizált hulladéktól meg kell követelni, hogy a veszélyes anyagok még extrém körülmények közt se kerülhessenek a környezetbe. Az immobilizálásra használható „környezetvédelmi cement” esetében tehát nem elsősorban nagy szilárdságot, hanem hosszú időn át tartó kilúgzásállóságot, repedésmentességet, időállóságot kell megkövetelni.

Az immobilizálási technológia is különbözik a szokványos betontechnológiától: míg a klasszikus betontechnológia esetében tiszta vizet alkalmazunk, lehetőleg kis mennyiségben (mert a felesleges víz a későbbiek során elpárologva üreget hagy maga után, mely a szilárdságot rontja), addig a beágyazás során a veszélyes anyag rendszerint oldat formájában van jelen, és a gazdaságosság érdekében célszerű minél töményebb oldatot használni, lehetőleg nagy mennyiségben. A „környezetvédelmi cementtel” szemben támasztott további követelmény tehát, hogy kötését ne befolyásolják nagymértékben a hulladékoldatban jelen lévő (és rendszerint kötéskeletető vagy -gátló) alkotók. Ilyenek pl. a nyomott vizes atomerőművi hulladékvizekben rendszerint jelen lévő borátok, vagy a galvániszapokban lévő kromátvegyületek.

Igen fontos, hogy a cement a hulladék kioldódását ne csak fizikai gátként akadályozza, hanem a veszélyes anyag kémiaileg és/vagy adszorpcióval is megkötődjék. Szeren-

[#] Elhangzott a „Veszprémi Környezetvédelmi Konferencia és Kiállítás”-on (1993. március 10.)

csére a cement, mint lúgos anyag, számos veszélyes nehézfémeket oldhatatlan fémhidroxid alakjában megköt; más anyagok azonban (idetartoznak a már említett kromátok és borátok) anionos jellegűek, így hidroxid alakjában nem köthetők meg. Ilyen esetekben segíthet a hulladék bevonása valamilyen hidrofil jellegű (azaz a cementpép által nedvesíthető), de a hulladék és a cement érintkezését fizikailag megakadályozó impermeábilis anyaggal.

Mindezen hatások összesített értékelése szempontjából természetesen igen fontos a kioldódás folyamatának gyorsított vizsgálata is, hiszen feltétlenül szükséges, hogy a cementezett hulladék várható viselkedését viszonylag rövid idő alatt biztonsággal tudjuk modellezni.

A cikk részben elméleti megfontolások, részben előkísérletek alapján igyekszik átfogó képet adni a „környezetvédelmi cement” kifejlesztésével kapcsolatos problémákról.

A megkötődés módozatai

A megszilárdult cementet szilárd halmazállapotú hidrátvegyületek és részben üres, részben oldattal töltött pórusok alkotják. A cementbe ágyazott hulladék oldható alkotói vagy kémiaiilag kötődnek meg a hidrátokban, vagy adszorpcióval a hidrát-fázisok felületén, vagy a pórusoldatban helyezkednek el. A cementből való kioldódás veszélyessége szempontjából legmegbízhatóbb az elsőnek, legkevésbé az utolsónak említett lehetőség.

A feltételezhető kémiai reakciók közül már a bevezetésben említettük az oldhatatlan hidroxidok képződését. A cement hidratációs termékei közt mindig jelen van a kalcium-hidroxid. Ennek oldhatósága hideg vízben kb. 2 g/l, és ennek következtében a pórusoldat mindig erősen lúgos. A galvaniszapokban jelen lévő egyes veszélyes nehézfémek hidroxidjai ezzel szemben alig oldódnak (a kadmium- és nikkelt-hidroxid oldhatósága 0,026 ill. 0,13 g/l), következésképpen ezek a hidroxidok gyakorlatilag oldhatatlan formában, csapadék alakjában kötődnek meg. A cink-hidroxid lúgos közegben leválik ugyan, majd újraoldódik (cinkát alakjában), de szerencsére a telített kalcium-hidroxid oldatban keletkező kalcium-cinkát már oldhatatlan. Más a helyzet a krómmal: ez ugyanis a galvaniszapokban kromát alakjában van jelen, azaz nem alkot hidroxidot, és a kalcium-kromát vízben elég jól oldódik. A nukleáris hulladékok boráttartalmát sem lehet hidroxid vagy oldhatatlan kalciumsók alakjában megkötöni.

A megszilárdult cement szilárd fázisai közül a legnagyobb mennyiségben a kalcium-szilikát-hidrát fordul elő. Ez gyakorlatilag amorf, de vannak kristályos hidrátok is, bár kisebb mennyiségben: ilyen pl. a már említett kalcium-hidroxid, vagy az ettringit, mely a cementben lévő tri-kalcium-aluminát és a gipsz kölcsönhatásából keletkezik, kristálykémiai formulája $\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12}\cdot 26\text{H}_2\text{O}$. A kalcium-szilikát-hidrát csak adszorpció útján tud különböző ionokat megkötöni, de az ettringit esetében elvileg mód van arra, hogy a szerkezetben jelen lévő szulfátot részben vagy egészben más oxianionnal, pl. borát- vagy

kromát-anionokkal helyettesítsük, és ilyen módon kémiai kötésbe vigyük. Természetes ásványként is létezik a charlesit, $\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)_2(\text{B}(\text{OH})_4)(\text{OH}, \text{O})_{12}\cdot 26\text{H}_2\text{O}$, ahol az ettringit szulfáttartalmának egyharmadát helyettesíti borát. A szakirodalom beszámol kromát-, arzenát-, vanadát-stb. -tartalmú, ettringitszerkezetű fázisokról is.

A kioldódás módozatai

Az immobilizáció célja, hogy a környezetre veszélyes anyagot vagy anyagokat olyan mértékben megkösse, hogy az a mátrixból ne szabadulhasson ki kilúgzó ágensek (pl. talajvíz, savas esővíz, gyökérsavak stb.) hatására. Ebből a szempontból nem közömbös a mátrix pórus szerkezete és permeabilitása. A kettőt nem szabad összekeverni: porózus anyag is lehet impermeábilis, ha a pórusok zártak, és fordítva, a tömör, pórusmentes anyag is lehet permeábilis, ha repedések, kapillárisok szeldelik.

Az ideális az volna, ha a cementezéssel immobilizált tömb a veszélyes anyagot kémiaiilag megkötve tartalmazná. Az adszorpciós kötés már sokkal gyengébb, és még ennél is kedvezőtlenebb, ha a veszélyes anyag a pórusvízben oldva található. Ezen túlmenően környezeti szempontból az volna jó, ha a tömb pórusoktól, kapillárisoktól és repedésektől mentes; mivel azonban ez gyakorlatilag sohasem érhető el, akkor legalább arra kell törekedni, hogy a porozitás zárt pórusok alakjában jelentkezzen, és a kapillárisok, repedések keresztmetszete kicsi és a transzportútvonala hosszú legyen, mert mindkettő csökkenti a permeabilitást.

A fentieket összefoglalva: környezeti szempontból az a legkárosabb, ha a veszélyes anyag a pórusvízben oldva található, és a pórusok nem zártak, hanem összefüggő rendszert alkotnak. Ilyenkor az anyagtranszport a hidrosztatikus nyomás hatására, a Darcy-törvény alapján, meglehetősen gyorsan megtörténik, hiszen az átfolyó víz egyszerűen magával ragadja a veszélyes anyagot. Ennél valamivel kedvezőbb az eset, ha a veszélyes anyag nem a pórusvízben oldva, hanem a nagy felületű szilárd fázisokon adszorbeálódva helyezkedik el a betonban. Ilyenkor az előbbi, egylépcsős folyamatot egy újabb lépcső lassítja: az átfolyó víz (vagy más ágens) ugyanis először le kell, hogy oldja az adszorbeálódott anyagot, és az anyagtranszport csak ezzel dinamikus egyensúlyban áll be. Mivel az adszorbeálódott anyag leoldása nem nagyon gyors, így ez a lépés válik sebességmeghatározóvá; végeredményben a veszélyes oldott anyag, ha lassabban is, de viszonylag hamar elhagyja a mátrixot és a környezetbe kerül.

Ha a pórusok zártak, akkor a kioldódás sokkal lassúbb, mert a veszélyes anyag transzportja a pórusból a kapillárisba vagy repedésbe diffúzióval történik, a Fick-törvény alapján. Mivel a diffúziós transzport sokkal lassabb, mint az előbbieket, ezért környezetvédelmi szempontból arra kell törekedni, hogy – ha már a kapillárisok, repedések jelenléte nem kerülhető el – leg-

alább ez utóbbi mechanizmus szerint történik a kioldódás. Természetesen a legjobb, ha a veszélyes anyag oldhatatlanul, kémiai kötésben található.

A vizsgálati módszer jelentősége

Az immobilizált hulladék nagy tömbök alakjában kerül a tárolóba vagy máshová; ésszerű volna tehát a kilúgzó hatást ilyen tömbökön vizsgálni, hogy a természetben lezajló folyamatokat lehetőleg hűen modellezzük. A tömböt nagy, vízzel vagy más eluenssel töltött teknőbe helyezik és időről időre megvizsgálják a kioldott anyagok koncentrációját. (Német nyelvterületen „Trogverfahren”, angolul „Trough method” e módszer neve, mely számos országban szabványosítva van.) Sajnos az ilyen módszerek igen hosszadalmasak, ezért nem használhatók a laboratóriumi hulladékmegkötés termékeinek gyors minősítésére. Jobb és gyorsabb eljárás, amikor kb. 10 cm átmérőjű és magasságú korongokat készítenek az anyagból, és az eluens zárt rendszerben, nyomás alatt sajtolják át a próbatesteken. („Átfolyási próba”, „Durchflußverfahren”, „Percolation method”). Sokak szerint az ilyen típusú eljárások a legmegbízhatóbbak.

Mindkét fenti eljárás során a cementezett tömböt használják próbatestként. Így valóság-hű eredményeket kapnak, de a hosszú kioldódási út a tömb belsejéből a felületig nagyon meglassítja a vizsgálatot. Gyors, „screen”-vizsgálathoz célszerűbb a cementezett anyagot darává vagy porrá törti, majd ebből kioldani a vizsgálandó alkatrészt. Így voltaképpen a kioldódás, ill. diffúzió útját rövidítjük meg. Az ilyen módszerekkel a munka időigénye nagyságrendekkel rövidebb, anyagigénye nagyságrendekkel kisebb, mint a korábbiak esetében. További előnye e por- vagy darapróbáknak, hogy környezeti szempontból biztonságosak: az a cement, ill. cementezési módszer, mely a darapróbával megfelelően bizonyul, egész biztosan alkalmas lesz a veszélyes anyag kioldódásának megakadályozására tömb esetében.

Világszerte számos szabványosított eljárás létezik a veszélyes anyagok kioldhatóságának por- vagy darapróbás meghatározására. Európában legjobban a Németországban szabványosított DEV S4 eljárás (Deutsches Einheitsverfahren, DIN 38 414) terjedt el: a cementezett tömböt 10 mm szemcseméret alá aprítják, majd 100 g ilyen darát 1 liter vízbe, vagy más ágenssel 24 órán át rázzák. Ezután a zagyot leszűrik, majd a vizsgált elemre, ill. iona elemzőre a szüredéket.

A DEV-eljárást azonban kettős hiba terheli: egyrészt a 10 mm szitán való áthullás nem jelent egységes szemcse-nagyságot, hiszen ebben a borsónagyságtól lisztfinomságig mindenféle méretű szemcse előfordulhat, és egészen biztos, hogy a nagyfinomságú őrlemény nagyobb kioldódást mutat, mint a durva dara. A másik hiba: a kioldódás hajtóereje nyilvánvalóan a koncentrációkülönbség az eluens és a pórusoldat közt; márpedig, ahogyan az eluens egyre jobban telítődik, úgy csökken ez a koncentrációkülönbség.

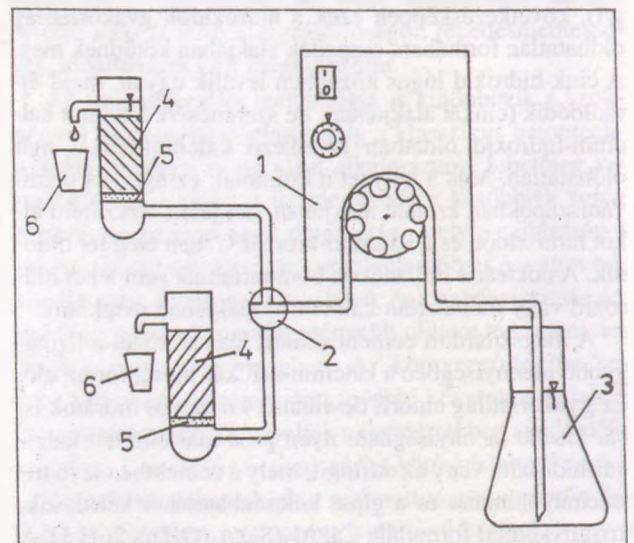
Ez a tény nehezíti a kioldódási állandók (permeációs, ill. diffúziós együttható) számítását, sőt, nagymértékű kioldódás esetén teljesen irreális eredményeket szolgáltat.

Kísérleti rész

Munkánk során különböző szilikátbázisú kötőanyagokban (cement, ill. klinker) megkötött nehézfémek, ill. galvániszap viselkedését vizsgáltuk meg. Tanulmányoztuk a nehézfémek megoszlását a pórusoldat és a szilárd fázis közt, továbbá (újszerű darapróba segítségével) a vízzel, ill. 2%-os citromsavval kioldható mennyiségeket. Megkísérreljük az eredmények szilikátkémiai és gyakorlati szempontú értékelését; ez a jövőben kifejlesztendő „környezetvédelmi cement” gyártásának megalapozását szolgálja.

Anyagok

A kísérletekhez osztrák gyártmányú PZ-375 típusú portlandcementet vagy finomra őrölt (480 m²/kg Blaine) PC-450 típusú cementhez gyártott magyar klinkert használtunk, részben önmagában, részben 10% mennyiségű, nagy felületű adszorpcióképes anyaggal (aktív szén, pernye vagy szilikafüst) keverve. Az első sorozatban a tiszta vegyszer alakjában hozzáadott nikkel-szulfát, kadmium-szulfát, ill. a nátrium-dikromát viselkedését tanulmányoztuk. A vegyszereket 1 mol/l nehézfém-tartalmú vizes oldat formájában adagoltuk; mivel a víz/cement tényező mindig 0,6 volt, ez 0,6 mol/kg kötőanyag-koncentrációt jelentett. (A nehézfémek adagolása során a fenti 0,6 mol/kg koncentráció mindig a cement + adszorbens összesített mennyiségére vonatkozik.) A próbatesteket 28



1. ábra

A módosított darapróba-vizsgálat kivitelezése

1 – perisztaltikus szivattyú; 2 – háromállású csap; 3 – eluens; 4 – mintatartó; 5 – üvegszűrőlemez; 6 – eluált anyagminta

napos korban vizsgáltuk meg. (A vizsgálatokról már korábban beszámoltunk [3], itt csak rövid összefoglalást adunk.) A készített minták jelzését az 1. táblázatban adjuk meg.

A kísérletek második sorozatában galvániszapot kevertünk a cementhez. (Egyelőre még nem került sor a klinker, ill. a adszorbenstartalmú kötőanyagok galvániszap-megkötő képességének tanulmányozására.) 10 vagy 25% galvániszap-tartalmú mintákat vizsgáltunk, és összehasonlításuként tiszta cementmintákat is. A víz-cement tényező ez esetben is 0,6 volt, kivéve a 25% galvániszap-tartalmú mintát, amikor a kellő folyósság érdekében kénytelenek voltunk a v/c értékét 0,8-ra növelni. A kézzel gondosan megkevert pépeket ezután polietilénzacskóba helyezve hengeres edénybe tettük, majd állandó forgatás közben hat hétig szilárdítottuk. E sorozat mintáinak felsorolása is megtalálható az 1. táblázatban.

1. táblázat

A minták jelölése

Első sorozat (10% adszorbens-tartalmú cementben, ill. klinkerben kötött 0,6 mól nátrium-dikromát, nikkel-szulfát, ill. kadmium-szulfát)

Kötőanyagok: C = cement, K = klinker

Adszorbensok: P = pernye, S = szilikafüst, C = aktív szén

32 próbatest készült:

C	CP	CS	CC	K	KP	KS	KC
C-Cr	CP-Cr	CS-Cr	CC-Cr	K-Cr	KP-Cr	KS-Cr	KC-Cr
C-Cd	CP-Cd	CS-Cd	CC-Cd	K-Cd	KP-Cd	KS-Cd	KC-Cd
C-Ni	CP-Ni	CS-Ni	CC-Ni	K-Ni	KP-Ni	KS-Ni	KC-Ni

Második sorozat (a cementben vagy klinkerben kötött 10 vagy 25% galvániszap)

- 8 próbatest készült:
- 1 C + 0% GI
 - 2 C + 10% GI
 - 3 C + 25% GI
 - 4 K + 0% GI
 - 5 K + 10% GI
 - 11 C + 0% GI (új minta)
 - 12 C + 10% GI (új minta)
 - 13 C + 25% GI (új minta)

A próbatestekből készült szabványos darát kétféle eluenssel oldottuk:

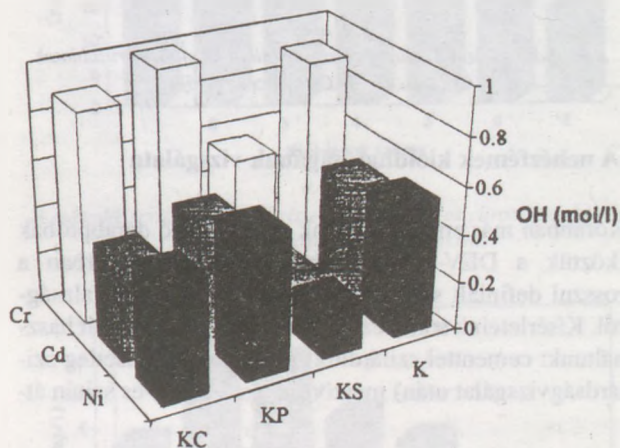
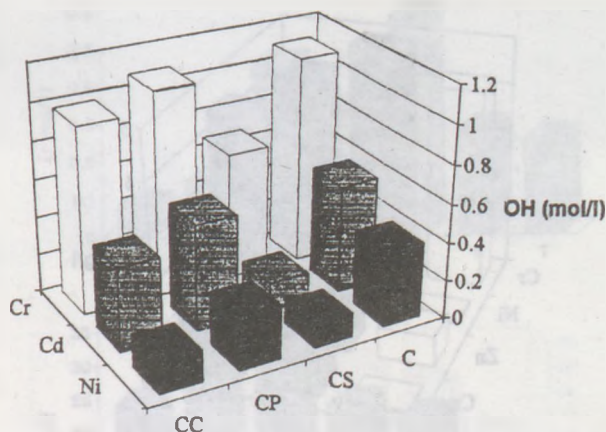
- a ionmentes víz
- b 2%-os citromsav

A kioldásokat hétszer egymás után ismételtük meg.

a 12/b/7 jel tehát a cementet + 10% galvániszapot tartalmazó új minta citromsavval történő hetedik kioldására utal.

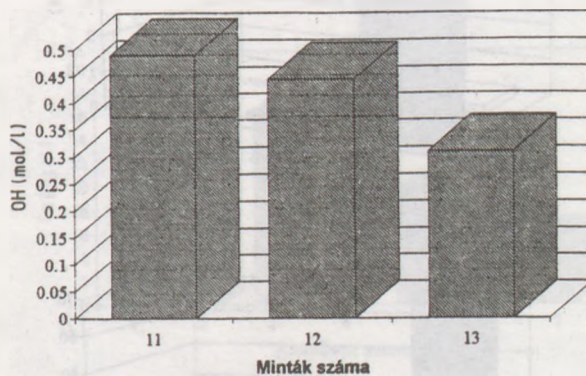
A pórusoldatok vizsgálata

Az első sorozat mintáinak (cementben, ill. klinkerben, adszorbens jelenlétében kötött tiszta vegyszerek) vizsgálata számos érdekes eredményhez vezetett. Itt csak a Ph-mérés eredményeit ismertetjük. A méréshez a 28 napig szilárdított mintákból nagy nyomáson kisajtottuk a pórusfolyadékot és azonnal megmértük az OH⁻-koncentrációt (1 ml folyadékot szénsavmentes vízzel hígítva, 0,1 M sósavoldattal való titrálás útján). (2. ábra)



2. ábra

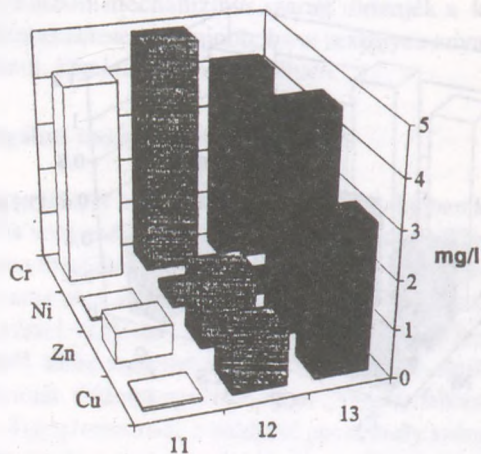
Az első sorozat 28 napig érlelt mintáiból kisajtott pórusoldatok hidroxilion koncentrációja (fent: cement, lent: klinker)



3. ábra

A második sorozat 42 napig érlelt mintáiból kisajtott pórusoldatok hidroxilion koncentrációja

A második sorozat (cementben kötött galvániszap) esetében 42 napig szilárdított mintákat használtunk. Ez esetben is a pórusvíz OH⁻-koncentrációját azonnal a sajtolás után mértük a fent leírt módon, majd maradék folyadékból ICP-elemzéssel határoztuk meg a galvániszapra jellemző nehézfémeket (Cr, Ni, Zn és Cu). Az OH⁻-koncentrációkat a 3. ábra mutatja.

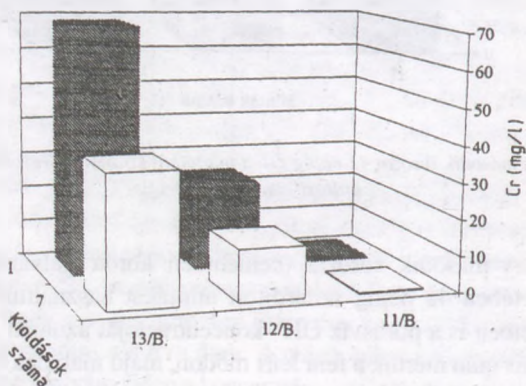
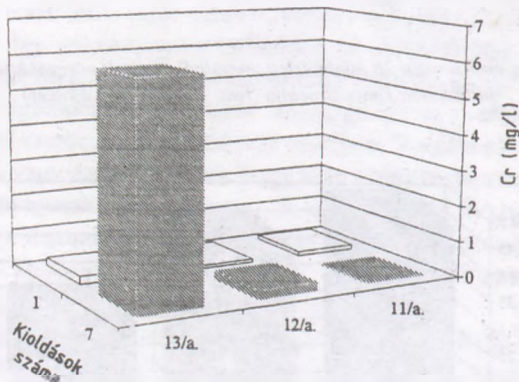


4. ábra

A második sorozat 42 napig érlelt mintáiból kisajtott pórusoldatok Cr-, Ni-, Zn- és CU-koncentrációja

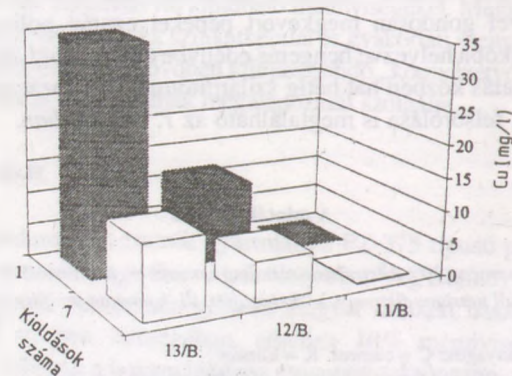
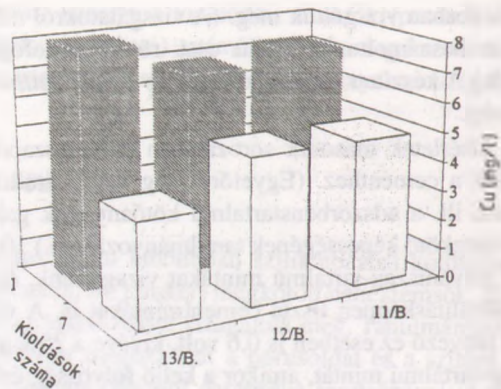
A nehézfémek kioldhatóságának vizsgálata

Korábban már említést tettünk a különböző darabpróbák (köztük a DEV-eljárás) hibaforrásairól, elsősorban a rosszul definiált szemcsefrakciók okozta bizonytalanságról. Kísérleteink során ezért módosított darabpróbát használtunk: cementtel szilárdított próbatesteket (esetleg szilárdítási vizsgálat után) megtörtük, és a 2 mm-es szitán át-



5. ábra

A második sorozat daráiból vízzel (fent) és 2% citromsavval (lent) eluált krómtartalom az első és hetedik kioldás után



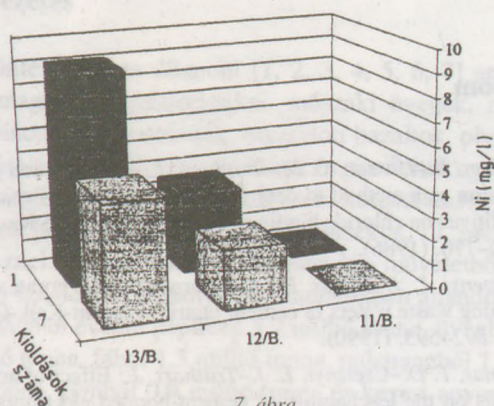
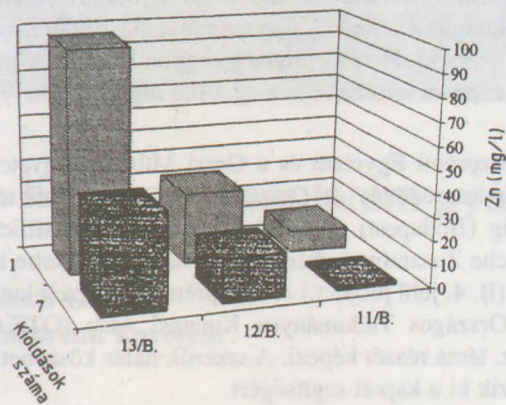
6. ábra

A második sorozat daráiból 2%-os citromsavval eluált Mn- és Cu-tartalom az első és hetedik kioldás után

hulló, de az 1 mm-es szitán fennmaradó frakciókat használtuk a kioldási kísérletekhez. Ebből mindig 7 g-ot mérünk az 1. ábrán látható készülék mintatartójában (4) elhelyezett üvegszűrőre (5), majd perisztaltikus szivattyú (1) segítségével lassú áramban (50 ml/h) mostuk a szemcséket (ionmentes vízzel vagy – a savas eső, ill. gyökérsavak hatásának modellezése érdekében – 2%-os citromsavval). Így a kioldás mindig friss eluenssel készült. 1 órás oldás után az összegyűlt folyadékot megelemezük, a darát pedig kivesszük a készülékből, megszáritjuk, majd a kioldást szükség szerint megismételjük. Általában hétszeres kioldást végzünk, bár analízisre rendszerint csak az első és a hetedik kioldás oldatai kerülnek.

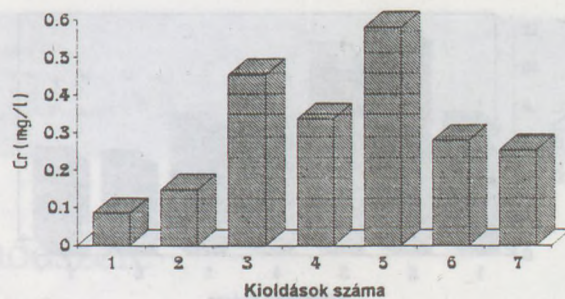
Először a tiszta (cement nélküli) galvániszap kioldhatóságát vizsgáltuk. Száritás után az iszap por alakú volt, legfeljebb egyes szemcsék összetapadása révén keletkeztek nagyobb aggregátumok, ezért ebben az esetben a szemcsézet korábban említett behatárolásától el kellett tekinteni. Megállapítottuk, hogy az iszapból mérhető mennyiségben csak a Cr és a Cu oldódik ki (az első kioldás alkalmával 2,6 ill., 2,1 mg/l, a második kioldás alkalmával 0,3, ill. 0,2 mg/l); a Ni mennyisége az első kioldás után 0,05 mg/l volt, a második után már a kimutatósi határ alatt.

A második sorozat 1–5. jelű mintáit (cementben, ill. klinkerben kötött 10 vagy 25% galvániszap) a mintakészítés begyakorlásához és előkísérletekhez használtuk



7. ábra

A második sorozat daráiból 2%-os citromsavval eluált Zn- és Ni-tartalom az első és hetedik kioldás után



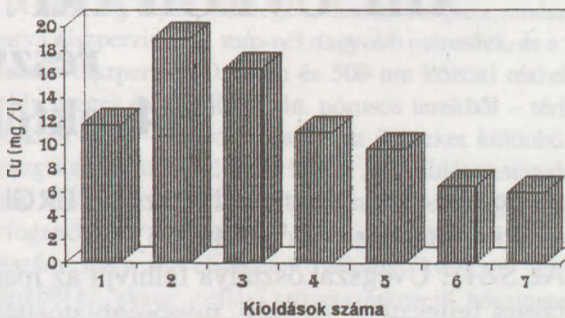
8. ábra

A második sorozat daráiból vízzel (fent) és 2%-os citromsavval (lent) eluált króm-tartalom kioldásonként



9. ábra

A második sorozat daráiból 2%-os citromsavval eluált Ni- és Cu-tartalom kioldásonként



fel. Az eredmények részletezésétől e helyütt eltekintünk, de bemutatjuk a 11., 12. és 13. sz. minták vizsgálatának eredményeit.

Az eredmények értékelése

A 2. ábrán összefoglalt eredményeket áttekintve jól látható, hogy a kisajtolt pórusolatok közül mindig a szilikafüst-tartalmú esetén a legkisebb a hidroxilion-koncentráció; ez érthető, a szilikafüst erős puccolános jellege miatt, mely a hidratáció során felszabaduló kalcium-hidroxid mennyiségének egy részét leköti. Ugyancsak csökkenti a pórusolatok lúgosságát a galvániszap (3. ábra).

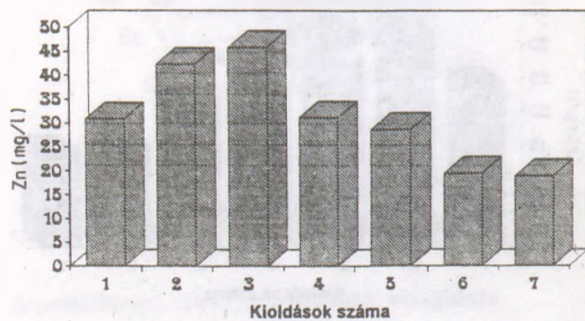
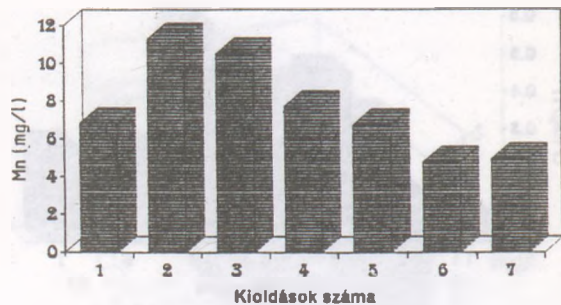
A nehézfémek – a Cr kivételével – vízzel gyakorlatilag nem oldhatók ki a galvániszap-tartalmú darákból. Króm esetében azonban a kioldás kezdetben nem jelentős, de idővel, a hetedik kioldás után, a nagyobb galvániszap-tartalmú minta esetén meghaladja az 5 mg/l-t (5. ábra, fent).

Citromsavas oldás hatására nagymértékben megnövekszik a króm-oldhatóság (5. ábra, lent); a fenti mintából az első kioldás után csaknem 70 mg az oldat Cr-tartalma, de az a hetedik kioldás után felére csökken. Hasonló tendencia mutatkozik a kisebb galvániszap-tartalmú minta esetében is.

A többi nehézfém citromsavas oldása esetében is hasonló jellegzetességeket tapasztalunk (6. és 7. ábra). Ér-

dekes, hogy a Mn-tartalom fő forrása nem a galvániszap, hanem a cement (ez feltehetően a cementörelő malom töltetének kopásából ered).

Érdekesnek mutatkozott annak vizsgálata, hogy kioldásonként hogyan változnak a koncentrációk (mint láttuk, általában az egynapos oldat nehézfém-koncentrációja volt a nagyobb). Jogos tehát a kérdés: vajon a kioldódó



10. ábra

A második sorozat daráiból 2% citromsavval eluált Mn- és Zn-tartalom kioldásonként

nehézfém-mennyiség a kísérleti időszak (7 nap) alatt egyenletesen csökken-e? A 8–10. ábrákon összefoglalt eredmények azt mutatják, hogy nem! Az eluált oldat koncentrációja (a 10% galvániszap-tartalmú minták eseté-

ben) mindig a második-harmadik kioldás után a legnagyobb. Ez alól csak a króm vizes kioldhatósága a kivétel, ahol a maximum az ötödik nap után mutatkozik; itt azonban az összes kioldott mennyiség nagyon kicsi, még maximális esetben sem haladja meg a 0,6 mg/l értéket.

A Veszprémi Egyetem és a Grazi Műszaki Egyetem közti együttműködés az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság (Budapest) és a Büro Für Wissenschaftlich-Technische Zusammenarbeit (Wien) támogatása tette lehetővé. (B. 4. jelű projekt.) A Veszprémben végzett kutatás az Országos Tudományos Kutatási Alap (OTKA) 2556. sz. téma részét képezi. A szerzők hálás köszönetüket fejezik ki a kapott segítségért.

Irodalom

- [1] Byfors, K.–Hasson, C. M.–Tritthart, J.: Pore solution expression as a method to determine the influence of mineral additives on chloride binding. *Cement & Concrete Res.* **16**, 760–770. (1986).
- [2] Csetenyi, L. J.–Tamas, F. D.: Incorporation of borate containing waste waters in cement matrix. *Zement-Kalk-Gips.* **43**, 592–595. (1990).
- [3] Tamas, F. D.–Csetenyi, L. J.–Tritthart, J.: Effect of adsorbents on the leachability of cement-bonded electroplating wastes. *Cement & Concrete Res.* **22**, 399–404. (1992).

Tájékoztatjuk az érdeklődőket, hogy a

XIII. ÜVEGIPARI NAPOK-at nemzetközi részvétellel 1994. október 13–14-én

rendezzük meg, kapcsolódva az INTERGLASS '94, 2. Budapesti Nemzetközi Üvegipari Szakkiállításához (október 12–15).

Az SZTE Üvegszakosztálya felhívja az iparágban dolgozó szakembereket előadás megtartására fejlesztési, kutatási, minőségbiztosítási, környezetvédelmi és egyéb szabadon választott témakörben.

A jelentkezéseket 1994. május 31-ig, a téma néhány mondatos kivonatával együtt, az SZTE titkárságára kérjük leadni.

A beszállítóknak díjazás ellenében biztosítunk termékismertetési lehetőséget.

Információ: Gallé Gábor titkár (tel.: 251-2888).

Mihócs Ferenc
SZTE-elnök

Simon István
Üvegszakosztály elnöke

A habüveg granulátum gyártási módszere

Kocsis Géza
Veszprémi Egyetem

Bevezetés

Különbéle üveges állapotú [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7] anyagok (csomagoló-, építéstechnikai, műszaki üvegek, mázak, zománcok, vitrokerámiák, olvasztott bazaltok, olvasztott kohósalakok, vulkanikus perlitek és pumicitok) gyártása, az üveges termékek forgalmazása és használata folytán az emberi környezetet szennyező hulladékok, ill. porok keletkeznek. A kereskedelmi csomagolási művelethez tartozó hulladékok mennyisége napjainkban állandóan nő. A világban évente papírból 3,9 millió tonna, üvegből 3,1 millió tonna, fából 1,5 millió tonna, műanyagból 1,2 millió tonna, fémből 0,9 millió tonna és kevert anyagokból 0,4 millió tonna hulladék keletkezik. A keletkezett hulladékok és poraik elsősorban emberi környezetünket (földünket, vizeinket, városainkat, falvainkat, üdülőhelyeinket), a természetet és a levegőt szennyezik. Hazánkban évente kb. 30–35 ezer tonna üveges állapotú hulladék keletkezik. Ebből a mennyiségből a MÉH kb. 12 ezer tonna/év üveghulladékot gyűjt be. A hulladék gyűjtése, osztályozása és tisztítása, valamint technológiai hasznosítása nincs megoldva [8], pedig:

- már egyszer megolvasztott, és bizonyos mennyiségű energia-(entalpia) tartalommal rendelkezik;
- stabil kémiai összetétellel (sőt importból származó alkália-oxiddal) rendelkezik, és újbóli hasznosításakor léghő szennyező szén-dioxid (CO_2) nem keletkezik.

Munkámban az üveges állapotú hulladék anyagok újbóli hasznosítását, a hangszigetelő habüveg granulátum általam kidolgozott gyártási technológiáját ismertetem.

A habüveggyártás szakirodalma

A habüvegnek mint speciális szervesetlen bázisú hő- és hangszigetelő anyagnak az előállítását a II. világháború előtti években már ismerték az USA-ban, Németországban és Oroszországban [9, 10, 11]. Később Japán és az európai országok [12, 13, 14, 15, 16, 17, 18] kutatói is foglalkoztak a habüveggyártás elvi és gyakorlati kérdéseivel. Az előállítás lényege, hogy az üvegesanyagok (főleg

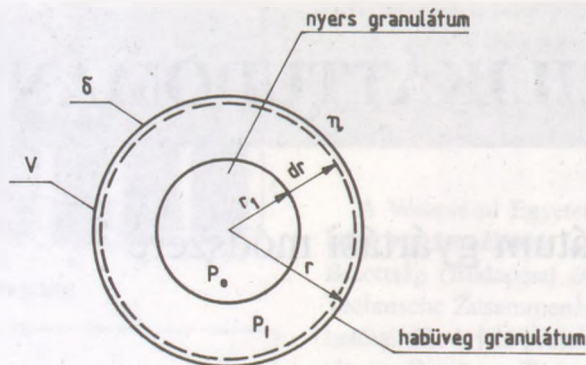
kereskedelmi üvegek) finom őrlményeit ($< 0,63 \text{ mm } \varnothing$), porait vagy iszapját, ill. azok ismert kémiai összetételű keverékeit – mint alapanyagokat – optimális mennyiségű habosítószerrel (karbonáttal, vagy szulfáttal, vagy nitráttal, vagy különböző széntartalmú vegyületekkel, vagy szilíciumkarbiddal, vagy több vegyértékű fém-oxiddal, vagy párolgó fémmel, vagy egyéb gőzöket és gázokat tartalmazó ásványi anyaggal), valamint kötőanyagokkal (vízzel, vízüveg-, Na_3PO_4 -, melasz, glicerin-, enyv-, vadgesztenyeliszt-, polivinilalkohol-oldatokkal, alkáli-lúggal stb.) homogénan összekeverjük, mechanikailag aktiváljuk [19, 20], formázzuk vagy granuláljuk [21] és pirotechnikai művelettel habosítjuk [22, 23].

Habüveg alatt olyan üreges és üveges heterogén durva diszperz rendszert értünk, amelyben a diszperz rész a gázfázis, és a diszperziós közeg az üvegfázis.

A definíció szerint a habüveggyártási folyamat mechnikai [24, 25], valamint pirotechnikai [26, 27] módszerekkel ún. gázlioszol előállítást jelent, azaz a diszperziós közeg és a diszperz rész különválik, koagulálódik.

A habüveg olyan heterogén, durva, diszperz rendszer (durva diszperziók $0,1 \text{ mm}$ -nél nagyobb méretűek, és a finomabb diszperziók $0,1 \text{ mm}$ és 500 nm közötti részek), amely üreges és kapilláris, ún. pórusos terekből – térfogatokból (ΣV) – tevődik össze. Az üregeket különböző vastagságú (δ) üvegfal veszi körül. A δ minél vastagabb, annál kevesebb üreg, ill. póruszám van jelen egységnyi térfogattömegű habüvegben. Ha a habüvegben a póruszám nagy és elszigetelt vékony üvegfalú térfogatokból áll, akkor „cellás” szövetszerkezetű, hőszigetelő jellegű habüvegről beszélünk. Ha pedig a habüveg pirotechnikai habosítása úgy történik, hogy a szövetszerkezetben a buborékok deformálódnak, s a vékony üvegfalak áttörődnek, és a „cellák” szövetszerkezete csatomaszerű „szivacs”-szerkezetűvé, összefüggő nagy fajlagos felületűvé válik, akkor a hangszigetelési (rezgésállási) jelleg dominál a termékben.

A habszerkezet kialakításának fizikai-kémiai alapjait, matematikai modelljét az 1. ábra szemlélteti [28, 29]. A habképződés két alapvető tényezője a lágyuló üvegesanyag (folyadék) meghatározott viszkozitás (η) és hőmérséklet (T), valamint a kis felületi feszültség (γ) és hő-



Vizsgált modell

Habosításakor fellépő sebességváltozás és felületi feszültség, illetve viszkozitás közötti kapcsolat:

$$\frac{dr}{dt} = \frac{3}{8} \cdot \frac{p \cdot r}{\eta} - \frac{3}{4} \cdot \frac{\gamma}{\eta}$$

T = konstans

Habosításakor fellépő nyomás (P):

$$P = P_0 + P_1 = \frac{m}{M} \cdot \frac{R \cdot T}{V}$$

Habosítási munka (W):

$$W = dW_T + dW_\eta = 8\pi \delta \cdot r \cdot \frac{dr}{dt} \cdot \frac{32}{3} \pi \eta \left(\frac{dr}{dt} \right)^2$$

Habosítási idő (t):

$$t = \frac{8}{3} \cdot \frac{\eta}{P} \int_{r_1}^r \frac{dr}{r} = \frac{8}{3} \cdot \frac{\eta}{P} \ln \frac{r}{r_1}$$

Habosítás foka (n):

$$n = \left(\frac{r}{r_1} \right)^3$$

Jelölések:

- r_1 nyers granulátum sugara, m
- $r = r_1 + dr$ habosított granulátum sugara, m
- P_0 habosítószer gócainak nyomása, Pa v. bar
- P_1 gáznyomás a habüveg granulátumban, Pa v. bar
- δ üvegfal vastagsága, m
- γ felületi feszültség, Nm⁻¹
- V habüveg térfogata, m³
- η viszkozitás, Pa.s v. Nm⁻².s
- t idő, s
- m habosítószer tömege, kg
- M habosítószer átlag mólőtömege
- W munka, J. ill. Nm v. Ws
- R 8,314 JK⁻¹ mol⁻¹
- T hőmérséklet, K

1. ábra

A habüveg-előállítás modelljének főbb fizikai összefüggései

mérséklet (T) összefüggésének ismerete [30]. A képződő habüveg szerkezeti egyenlőtlenségét és a pórusok nagyságát, számát és szilárdságát döntően befolyásolja a kiindulási üvegesanyag összetétele, a szemcseméret eloszlása, valamint a habosítószer, kötőanyagok kémiai összetétele és ezen anyagok mennyiségének aránya, továbbá a termikus tulajdonságai (lágyulási pont, habosodási hőmérséklet, hevítési és hűtési viszonyok) [31, 32].

Laboratóriumi kísérletek

Alapanyagfélék

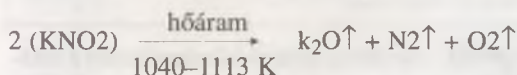
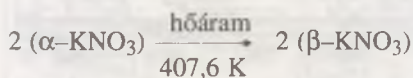
A felhasznált üveges állapotú hulladék anyagok a fehér, zöld, barna színű ún. „recycling” csomagolóüvegek, csi-szolási üvegiszapok, kerámiai mázak, zománcok, bazalt-

és ásványi pumicitüvegek, ill. ezek keverékei voltak. Minden egyes üveges állapotú hulladékot külön tároltam, és aprítási műveleteknek vettem alá. Az aprításhoz forgókalapácsos elötörőt és finomórló dobmalmost alkalmaztam. A fajlagos teljesítményszükséglet 50 kW (t üvegpor/h). Az üvegpor Ø 63 µm alatti polidiszperz frakcióból állt. Fajlagos felülete 350–400 m²/kg, permeabilitási módszerrel meghatározva.

Az alapanyagok kémiai összetételét és termikus tulajdonságait az 1. táblázat tartalmazza. A habüveggyártást sok kémiai és fizikai paraméter befolyásolja, ezért nagyon fontos betartani a kiindulási alapanyag (vagy keverék) kémiai összetételét és fizikai állandóit.

Habosítószerként KNO₃-ot és SiC-ot választottam, melyek hatásukat úgy fejtik ki, hogy a finom szemcsés hulladéküveg-porba elkeverve a pirotechnikai kezelés során elbomlanak. A 4–6% mennyiségű habosító hatása az

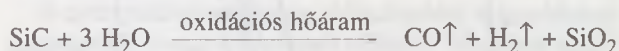
üvegesanyag lágyulási hőmérsékletének T_L ($10^{6,6}$ Pa-s) közelében megy végbe. A kálium-nitrát (KNO_3) fehér színű kristályos anyag. A természetben sok helyen tű alakú, hajszálszerű halmazállapotban, vagy lisztszerű formában keletkezik. Használata – a nátrium-nitráttal ellentétben – előnyös, mert nem nedvszívó anyag. A K-salétrom erős oxidálószer, bomlása a hőmérséklet függvényében két lépcsőben játszódik le:



A KNO_3 polimorf módosulatának átalakulását differenciális scanning kalorimetrikus (DSC) műszerrel vizsgáltam. Bebizonyítottam, hogy a KNO_3 mint habosítószer 840°C -on fejti ki legerősebben hatását, de a habképző forrásként lágyuló üvegesanyagban már 604°C -tól alkalmazható.

Szilíciumkarbid (SiC) Lonza AG 800 minőségű ($\varnothing 4-7 \mu\text{m}$), vagy őrlött SiC hulladékpor (pl. szennyezett atomreaktori vagy köszörűipari SiC hulladékpor) is felhasználható üvegesanyagok porainak habosítására. Tulajdonságai: erős redukálószer, és reagál a sok oxigént tartalmazó üvegesanyagok poraival. A SiC minél finomabb

szemcseszerkezetű és minél nagyobb fajlagos felületű, annál gyorsabban oxidálódik. Kielégítő sebességgel bomlik $850-1200^\circ\text{C}$ hőmérséklet-tartományban, ahol a KNO_3 habosítószer a zsugorodó és lágyuló üvegesanyag porban már nem alkalmazható. A következő termodinamikai bomlási reakciók játszódhatnak le:



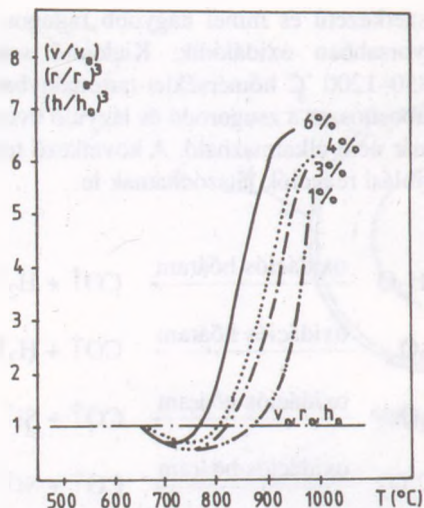
Az előzőek alapján látható, hogy a víz-, az oxigén-, az alkália-tartalmú vegyületek és az oxidáló atmoszféra jelenlétében a SiC bomlik. A SiC gázképző hatása az üveges poranyagokban igen bonyolult, és vizsgálataim alapján (DTA, DSC és hevíthető mikroszkóp) sem egyértelmű, hogy melyik reakció dominál.

Megállapítottam, hogy a SiC 850°C felett jól reagál az üvegesanyagok poraival és azt duzzasztja. A duzzasztás mértéke lehet (V/V_0) vagy $(r/r_0)^3$ sugárárány, vagy $(h/h_0)^3$ magassárány, ahol V_0 , r_0 és h_0 a kiindulási minta, és V , r illetve h a duzzasztott minta alakváltozásának

I. táblázat

A vizsgált üvegesanyagok összetétele, lágyuláspontja (T_L) és lineáris hőtágulása (α)

Kémiai összetétel %	Csomagoló és sfküvegek %	Hőálló és gyógyszeres üvegek %	Kristály vákuumtechnikai üvegek %	Csiszoló üvegiszapok %	Kerámiai mázak %	Zománcok fémre %	Bazalt-üvegek %	Perlit, pumicit ásványi üvegek %
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
SiO ₂	74,0–70,0	79,0–73,0	74,0–58,0	73,0–50,0	44,5–70,0	60–35	43,0–49,0	77,0–71,0
Al ₂ O ₃	1,3–2,0	2,0–5,40	0,3–4,7	0,5–7,0	6,5–9,5	0,1–6,5	13,0–8,0	12,0–14,0
Fe ₂ O ₃	0,06–0,2	0,04–0,06	–	0,1	0,06	0,06	7,0–10,0	1,2–1,7
B ₂ O ₃	–	13,00–9,00	–	0–10	0,0–8,0	0–16,6	–	–
CaO	10,0–8,0	0,30–0,90	3,7–0,0	3,8–0,3	12,0–2,0	0,1–7,5	8,0–16,0	1,1–3,4
MgO	2,0–3,9	0,20–0,10	2,6–0,0	3,0–0,2	6,0–1,0	–	10,0–7,0	–
BaO	–	0,0–4,0	0–1,5	0,0–1,3	0,0–2,0	0,0–9,0	0,3–0,2	–
ZnO	–	–	0–3,5	–	0,0–8,0	0,0–5,0	–	–
Na ₂ O	13,0–15,0	4,0–7,5	17,0–5,3	16,0–6,0	0,0–4,0	6,0–10,0	1,0–3,0	1,0–1,4
K ₂ O	0,5–2,0	0,5–0,2	2,5–5,5	1,0–5,0	2,6–11,0	10,0–1,0	2,0–1,0	2,5–3,0
PbO	–	–	0–25,5	0,0–30,0	22,0–0,0	–	–	–
CaF ₂	–	–	–	–	–	–	–	–
ZrO ₂	–	–	–	–	0,0–6,0	4,0–15,0	–	–
SO ₃	0,2–0,4	–	–	–	–	–	–	–
F ₂	–	–	0–6,5	–	–	1,0–8,0	–	0,8–1,3
TiO ₂	–	–	–	–	–	1,0–15,0	1,0–2,0	–
Co + Ni	–	–	–	–	–	0,0–3,0	–	–
H ₂ O	–	–	–	–	–	–	–	3,0–5,0
T_L ($^\circ\text{C}$)	740–710	820–760	650–700	550–700	700–1180	700–800	860–1160	960–1300
α (grd^{-1})	$85-90 \cdot 10^{-7}$	$32-60 \cdot 10^{-7}$	$95-90 \cdot 10^{-7}$	$85-90 \cdot 10^{-7}$	$35-26 \cdot 10^{-7}$	$85-100 \cdot 10^{-7}$	$70-80 \cdot 10^{-7}$	$60-70 \cdot 10^{-7}$



2. ábra
SiC-koncentráció hatása a habosítás mértékére

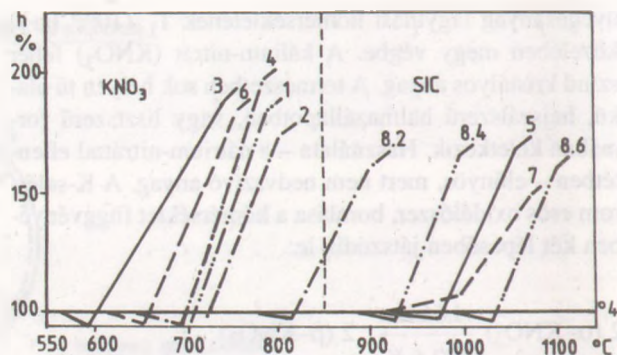
mértéke (2. ábra). A duzzasztott üvegesanyag pórusszerkezete lehet durva vagy finom, illetve zárt vagy nyitott pórusszerkezetű, ami a duzzasztószer szemcseméretétől (leghatásosabb a 4–7 μm Ø-jű) és az alkalmazott koncentrációtól (1–6%) függ.

A vizsgált üvegesanyagok fontosabb jellemzői az 1. táblázatban láthatók.

Ismert kémiai összetételű üvegporszerű hulladékból az 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, és a 8.2., 8.4., valamint 8.6 jelű számjellel ellátott mintákat használtam. A 8.2., 8.4. és 8.6. számozás azt jelenti, hogy az 1. jelű csomagoló-síkűveg hulladék-üveg-örleményliszthez 20, 40 és 60% mennyiségben ásványi, vulkanikus eredetű, üveges állapotú, hulladékpumicit-(perlit) lisztet (< 63 μm Ø) adagoltam. Az egyjegyű számozású minták esetén 100 tömegrész lisztfinomságú üvegesanyagokhoz vagy az anyagok keverékéhez – a lágyulási hőmérséklet-tartománytól függően – maximálisan 4% KNO₃-t vagy 6% SiC lisztet kevertem, majd dobmalomban homogenizáltam (7–10 perc). A leírt módon előkészített porkeverékekből kéziszerszámmal, konstans nyomás mellett 3 mm magas hengereket sajtoltam és hevítő mikroszkóppal vizsgáltam. A vízszintes elhelyezésű elektromos kemencében a kívánt oxidáló atmoszférát, a megfelelő felfűtési sebességet és a hőmérsékletet biztosítani tudtam. A különböző kémiai összetételű minták magasságváltozásait a felmelegítési, a zsugorodási, a lágyulási, a habosítási (duzzasztási) szakaszokban, valamint a habszerkezet stabilitását a hűtési tartományban, a hőmérséklet függvényében vizuálisan megfigyeltem és a kapott értéket rögzítettem.

Megállapítottam, hogy a különböző összetételű minták magasságváltozásai (4%) más-más irántangensű egyenesekkel és fix metszéspontokkal jellemezhetők (3. ábra).

A megfigyelt vonal kezdő fix pontja az, amikor a 100% h értéket éppen csak elhagyja, miután a zsugo-



3. ábra
KNO₃ valamint SiC hatása a különböző összetételű üvegesanyagok alakváltozására

rodás elkezdődik – az ehhez tartozó hőmérsékleten a viszkozitás 10⁹ Pa · s. A zsugorodási tartományban található egyenesek metszéspontjai jelentik az üvegesanyag lágyulási hőmérsékletét, ahol a viszkozitás nagysága 10^{6.6}. Az ezután növekvő szakaszok a minták duzzadási mértékét mutatják és ennek „törése” azt jelenti, hogy befejeződik az üvegesanyag lágyulási tartománya (a hozzá tartozó viszkozitás 10⁶ Pa · s). A hőkezelést, ha most gyorsítottal, ún. stabilizálással befejezem, akkor zárt pórusú cellás szerkezetű, hőszigetelő jellegű habüveget kapok. Ha a duzzasztási folyamatot, a hőkezelést úgy irányítom, hogy a hőmérséklet kissé a lágyulási tartomány fölött legyen, úgy az üvegesanyag folyóssága érvényesül (η < 10⁵ Pa · s-nél), és ebben az esetben a gyors hűtés során „szivacsos” zajcsökkentő, hangszigetelő jellegű habüveg szerkezet képződik.

Üzemi kísérletek

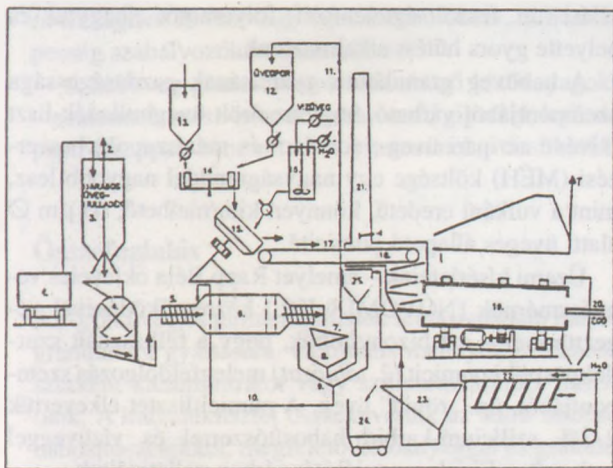
Az üzemi habüveg-granulátum gyártástechnológiáját (4. ábra) és kísérleteit a veszprémi BRAMAC Kft.-nél, valamint a kövesgyúri NOVOMIX Kft.-nél működő ellenáramú forogódobos kemencében a feltaláló társaimmal, Kürti Gábor okl. gépészmérnökkel és Zana Gábor okl. villamosmérnökkel együtt végeztük el.

Nyersanyagbázis, a keverék és nyersgranulátum előkészítése

1000 kg ún kommersz (vegyes fehér, barna és zöld színű) hulladékűveg állt rendelkezésünkre.

A mosott és szárított üvegcserepet kalapáctörőben összezúrtuk, és dobmalomban „szárazon” őröltük. Az őrlemény (rezgőszítási osztályozás utáni) 100 μm Ø alatti frakcióját használtuk fel a nyersgranulátum előállítására.

A kiindulási üvegliszt kémiai összetétele: 71,5% SiO₂, 2,0% Al₂O₃, 0,3% Fe₂O₃, 0,2% Cr₂O₃, 0,04% TiO₂, 11,0% CaO, 12,6% MgO, 13,4% Na₂O, 0,2% K₂O, 0,2% SO₃; sűrűsége: 2500 kg/m³; lágyulási hőmérséklete: 720



4. ábra

A habüveg granulátum gyártástechnológiája

1. üveges hulladékok érkezése; 2., 3. hulladékok tárolása; 4. durvaörlés; 5. szállítás; 6. finomörlés; 7., 8. őrlemény osztályozása; 9. durva őrlemény visszajuttatása finomörlésre; 10. ua.; 11. finomliszt-szállítás; 12. finomliszt-tárolás, -mérés, -adagolás; 13. habosítószer-tárolás, -mérés és -adagolás; 14. homogenizálás Eirich-keverőben; 15. nyers pelletizálás; 16. nedvesítés; 17., 18. nyerspellet szállítása, szárítása és előmelegítése; 19. hőkezelés ellenáramú forgókemencében (T-1 diagram); 20. gáz- vagy olajtűzelés; 21. kémény; 22. duzzasztott granulátumok gyors hűtése hideg rezgőtálon; 23. habüveg granulátum és homokágy szétválasztása rezgőszítán; 24. habüveg granulátumok csomagolása konténerbe; 25. elválasztott homok tárolása és visszaadagolása a forgódobos kemencébe

°C; kémiai ellenállóképessége gyengén saválló; lúgossága közepesen oldódó (DIN 1211, 5233 szerint).

Az őrlött üvegszemcsékhez 100–100 kg-os egységenként 4–4 kg technikai minőségű kálium-nitrát port mérünk és dobkeverőben homogenizáltuk.

A keverékből nyerspelletet Eirich-féle forgótányéron (2. táblázat) ún. gördülésszerű-folyadékporlasztásos granulálási módszerrel készítettünk. Pelletképző nedvesítőként, kötő- és ragasztóanyagként ún. granulációs csíra (aggregátum) képzőként nátriumszilikát vízüvegoldat (összetétele: SiO₂ 25,8%, Na₂O 7,7%, H₂O 66,5%, sűrűség: 1,35 kg/l; szárazanyagtartalom: 35,8 g/l) és víz 1:1 arányú elegyét használtuk.

2. táblázat

A granulátótányér és a nyerspelletek műszaki adatai

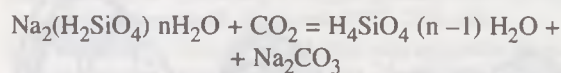
Granulátótányér típusa	Eirich TR 14
Tányérátmérő (D)	1400 mm
Tányérperem magassága	400 mm
Tányérdőlésszög	50 fok
Tányérfordulatszám	15–20 min ⁻¹
Teljesítmény (T D ²)	2 t/h
Vízüvegoldat	460 l/h
Pelletek szemcsemérete	0,7–4,0 mm Ø
Nyers, szárított pellet szilárdsága	0,3–0,5 MPA

Granulálásakor és nedvesítéskor (porlasztáskor) a véletlenszerű ütközések során fellépnek a kapilláris, adhé-

ziós, kohéziós, ill. molekuláris erők és ezek hatására agglomerizáció, kötőhíd és kolloid (szól) réteg alakul ki a szilárd és folyékony fázis határfelületén. A folytonos mechanikai mozgáskor a keletkező sűrűlódási, centrifugális, ill. nehézségi erők hatása még fokozza a részecskék összetapadását, növekedését, és nyerspelletek (gömb) képződés jön létre.

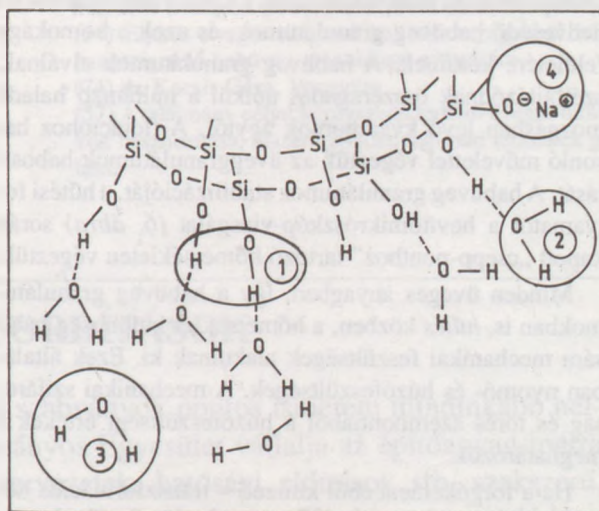
A nyerspelletek szárítása, előmelegítése a forgódobos kemencéből távozó ellenáramú hulladék füstgázok melegével közvetlenül történik.

A granulátumból az ún. nedves xerogélből 20 és 80 °C között szabad és kapilláris víz távozik. A füstgázból szármaszó CO₂ hatására 80 °C-on a „száraz” xero-(kovasav) gél keletkezik:



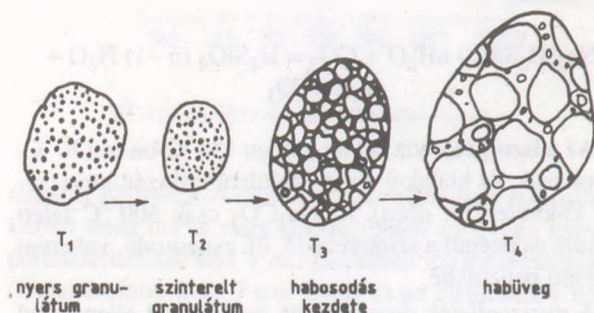
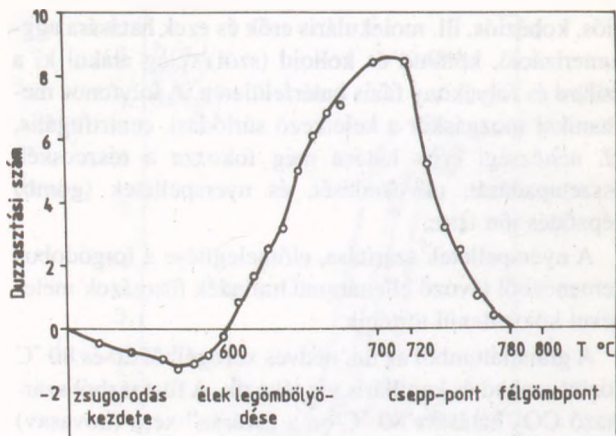
Az adszorpciós víz két lépcsőben 130 °C-on és 170 °C-on távozik, és kialakul a nagy felületű sziloxán kovasavgél kötőréteg (5. ábra). A Na₂CO₃ csak 500 °C felett bomlik és beépül a szintereződő, ill. zsugorodó, valamint lágyuló pelletbe.

A nyerspelletek duzzasztását, habosítását ellenáramú közvetlen olaj (gáz) tüzelésű forgódobos kemencében végeztük. Lényege, hogy az egyik oldalon a száraz nyerspelletet és a kvarchomokot együtt vezetjük be. A homok nem nedvesedő, mozgó úszó-ágyként viselkedik, amelyben helyet foglalnak a hőmérséklet hatására zsugorodó, lágyuló és habosuló pelletek. A pelletben lévő üveges részecsketölet zsugorodik, valamint viszkózus lágy állapotba kerül; optimális hőmérsékleti tartományban gázkiválás, habosodás, ill. duzzadás történik. Ennek



5. ábra

Vízüvegoldat kapcsolódásának szerepe a nyers üvegpelletben
1 – konstitúciós víz (szerkezeti víz) a sziloxán $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$ formációba beépül; 2 – adszorpciós víz jelenléte a sziloxán formációban; 3 – szabad víz jelenléte; 4 – az alkália ionoknál vagy sóinál beépülés történik a sziloxán hálóba, a kémiai kötést erősíti és a lágyulást elősegíti



6. ábra

Nyersgranulátum habosításának modellje hevítőmikroszkópi vizsgálat alapján [1]

lényege, hogy a pelletkeben levő lágyuló és összeragadó üvegrészecskék között üregek (pórusok) jönnek létre és a felszabaduló gázok növekvő parciális nyomásával a térfogatuk növekszik (6. ábra), a pórusfal szakadása nélkül.

A forgódobos kemencében úszó, nagy felhajtóerejű kvarchomok ágyban kialakulnak a kis térfogattömegű, jól nedvesedő habüveg granulátumok, és azok a homokágy felületére kerülnek. A habüveg granulátumok elválnak, szétfajtázódnak összeragadás nélkül a hullámozó haladó mozgásban levő kvarchomok ágytól. A flotációhoz hasonló művelettel végeztük az üvegranulátumok habosítását. A habüveg granulátumok stabilizációját, a hűtési folyamatot a hevítőmikroszkóp-vizsgálat (6. ábra) során kapott „csepp-pont” tartozó hőmérsékleten végeztük.

Minden üveges anyagban, így a habüveg granulátumokban is, hűtés közben, a hőmérséklet-különbség hatására mechanikai feszültségek alakulnak ki. Ezek általában nyomó- és húzófeszültségek. A mechanikai szilárdság és törés szempontjából a húzófeszültségi értékek a meghatározók.

Ha a forgókemencéből kimenő – transzformációs hőmérséklet T_g °C, ($\eta = 10^{12,3}$ Pa·s) fölül melegített – habüveg granulátumokat levegőben gyorsan lehűtjük, akkor az üvegfelületeken nagy nyomófeszültség (max. 8 MPa) keletkezik, mely a felületi hibákat (pl. a mikrorepedéseket) csökkenti, és ezáltal a szilárdságot növeli. Ezen gyakorlati tapasztalatok alapján a hosszú ideig tartó tempe-

rálási (ún. feszültségtelenítési) folyamatot elhagytuk és helyette gyors hűtést alkalmaztunk.

A habüveg granulátum gyártásának gazdaságossága szempontjából várható, hogy az őrlött üveghulladék-liszt (kivéve az ipari üveg-, zománc- és máziszapok) beszerzési (MÉH) költsége egy nagyságrenddel nagyobb lesz, mint a vulkáni eredetű, könnyen kitermelhető, 63 μm \varnothing alatti üveges állapotú pumicité.

Üzemi kísérleteink – amelyet Rapp Béla okleveles vegyészmérnök (NOVOMIX Kft.) közreműködésével végeztünk el – azt bizonyították, hogy a felhasznált szurdokpüspöki pumicit (2. táblázat) megfeldolgozás szempontjából, ún. „rövid” üveg. A pumicitlisztet elkevertük 2–3% szilícium-karbid habosítószerrel és vízüveggel nedvesítve Eirich granulátótányérban pelletizáltuk.

Száritás után ellenáramú tüzelés mellett forgódobos kemencében flotációs elven működő kvarchomok ágyban kb. 900 °C-on habüveg granulátumot gyártottunk és gyors hűtessel stabilizáltuk.

A habüveg granulátumok műszaki tulajdonságai

A habüveg granulátumok fontosabb fizikai tulajdonságait vizsgálva megállapítottuk, hogy a hővezetési tényező (λ), a nyomó- (σ_{ny}) ill. a hajítószilárdság (σ_H) értékek, a térfogattömeg (kg/m^3) növekedésének a függvényében hiperbolikusan emelkednek. Kísérleteink során 0,07–0,10 $\text{W/(m} \cdot \text{k)}$ hővezetési tényezőjű, 200–350 kg/m^3 térfogattömegű és 2,0–3,5 MPa nyomásszilárdságú, kis vízfeltevő képességű (max. 5%), fagyálló (–30 °C), nem éghető (min 700 °C-ig), nem gázfejlesztő és gázátengedő, kémiaiilag stabil, rácsálóknak, baktériumoknak és toxikus hatásoknak ellenálló, hosszú élettartamú hő és hangszigetelő habüveg granulátumokat tudunk előállítani [32].

A habüveg granulátumok hasznosítási lehetőségei

A habüveg granulátum építészeti töltőanyag, amely oldalfalakban, tetőszerkezetekben, garázsokban, lapokban, tömbökben, elemekben, kéményekben, szellőztetőekben, szerelvényekben, álmennyezetekben és épületvakolatban is egyszerű módon bedolgozható. Elemei kiválóan alkalmazhatók repülőterek, gyorsforgalmi utak, metrók, vasutak zajmentesítésére, valamint földrengésveszélyes helyeken számos építéstechnikai kérdés megoldására.

Mezőgazdaságban raktarak, hűtőházak, kisállattartás (hús, prém, tojás stb. termelés), növény-, virágtermesztés, boxok, épületek, gyors kialakítására alkalmas. Rendelésre előállíthatók nyitott pórusú habüveg granulátumok a felhasználási kívánalmaknak megfelelően (pl. kertészeti-ben, gyümölcsösben, szőlészeti-ben). Időjárás viszonyok-

ra érzéketlen és víz- vagy tápoldattárolóként, ill. leadóképesség szabályozóként használható.

A habüveg granulátumok különböző kötőanyagokkal – cementtel, mész-homok habarccsal, gipsszel, hulladék-papír-iszappal, bentonittal és bitumennel – társíthatók.

Összefoglalás

Az őrlött üveg és pumicithulladék felhasználható habüveg granulátum gyártására. Optimális mennyiségű habosítószerként káliumnitrátot vagy szilíciumkarbidot használunk. A hulladékisztet összekevertük az adott minőségű habosítószerrel, megfelelő kötőanyaggal és granulátumot készítettünk. A vízüveg bizonyult a legjobb kötőanyagnak. A granulátumokat ezt követően megfelelő technológiai berendezésben, pl. forgókemencében hőkezeltük. A optimális feltételek biztosításával 7–9-szeres a duzzasztás mértéke és a halmaz térfogattömege 1800-ról 200 kg/m³-re csökkent (lásd [32] szabadalmat).

Irodalom

- [1] Scholze, H.: Glas Natur Struktur und Eigenschaften Fried. Vieweg. Schohn Braunschweig Berlin (1977).
- [2] Paul, A.: Chemistry of Glasses. Amsterdam. Oxford. New York. (1982).
- [3] Salmang H.–Scholze, H.: Keramik Springer. Verlag. Berlin (1982).
- [4] Dietzel, A.: Eimailierung Springer – Verlag. Berlin–Heidelberg (181)
- [5] Lőcsei, B.: Olvasztott szilikátok és tulajdonságai. Akadémiai Kiadó, Budapest (1967).
- [6] Kocsis, G.–Wojnárovitsné Hrapka Ilona: Építőanyag 24, 23–27. (1972).
- [7] Kocsis, G.: Építőanyag. 26. 24–27. (1974).
- [8] Kocsis, G.: Építőanyag. 40. 50–61. (1989).
- [9] Umblia, E.: Glass Ind. 33, 375. (1952).
- [10] Freytag, H.: Glastechn. Ber. 16. 213. (1943).
- [11] Kitaigorodski, I. I.–Keshishian, T. N.: Schaumglas (orig. russ.) Staatsverl. Lit. über Baumater. Moskau. (1953)
- [12] Seki, Yachiho–Yogyo Kyokaishi: (Japán) 91, 368–74. (1983).
- [13] Schulz, E. O.: Szilikátechnik. 5, 343–346. (1954).
- [14] Czerwinsky, Z.: Szklo i Ceram. 15, 90, 117, 146, 199, 229, 313. (1964); 16, 5, 42, 98, 158. (1965).
- [15] Demidovich, B. K.: Steklo, Sitaly, Silik. Mater. 5, 120. (1976).
- [16] Lőcsei, B.: Építőanyag. 13. 41–44. (1961).
- [17] Mátrai, J.: Sprechsaal. 113. 11–14. (1980).
- [18] Bayer, G.–Köse, S.: Riv. Staz. Sperim. Vetro. 9. 310–320. (1979).
- [19] Juhász, A. Z.–Opoczky, L.: Szilikátok mechanikai aktiválása finomőrléssel. Akadémiai Kiadó, Budapest (1982).
- [20] Székely, I.–Szépvölgyi, J.: Bányászati és Kohászati Lapok. 119. 137. (1986).
- [21] Reis, H. B.: Keramische Zeitschrift. 27, 3–12 (1975).
- [22] Gurmai, M.: Különleges üvegek gyártástechnológiája. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977. 236. old.
- [23] Williams, T.–Bost, J. D.: Method and apparatus for making continuous foam glass USA-Pat. Nr. 4038063 (1977).
- [24] Perry, J. H.: Vegyészmemőkök kézikönyve I–II. Műszaki Könyvkiadó, Budapest (1968).
- [25] Juhász, A.: Építőanyag. 41. 53–58. (1989).
- [26] Engelleimer, W. H.: Glass Ind. 10, 8–10., 30. (1972).
- [27] Methods of making foamed glass products. USA Patents. 3,79039 (1974); 3,811851 (1975); 3,874861 (1975); 3,951632 (1976); 3,963503 (1976).
- [28] Kocsis, G.: Method for production of foamed glass. XV. Conference on Silicate Industry and Silicate Science. Budapest, 1989. page 79.
- [29] Köse, S.–Bayer, G.: Glastechn. Ber. 55, 151–160. (1982).
- [30] Zdenek, P.: Silicates Industriels. 36, 247–263. (1971).
- [31] Üvegesanyagok habosításával foglalkozó munkák. Chemical Abstract kiadványa szerint. (Összeállította: Kocsis G. Veszprém, 1990).
- [32] (51) C 03 C 11/00 BB1A Teljes vizsgálatú szabadalmi bejelentés
(11) T/60 701 (21) 333/91 (22) 91. 01. 31.
(71) (72) dr. Kocsis Géza, 50%, Veszprém (HU); Kürti Gábor, 25% Budapest (HU); Zana Gábor 25% Budapest (HU)
(54) Eljárás üveges állapotú hulladékanyagokból hő- és hangszigetelő habüveg granulátum gyártására
(74) dr. Kocsis Géza, Veszprém
(57) A találmány célja: környezetet terhelő üveges hulladékok hasznosítása, újszerű építőanyag-ipari termékek gyártása.

SZABVÁNYFORDÍTÁSOK

A külföldi ipari témék-, vizsgálati és eljárási szabványok pontos ismerete mindinkább nélkülözhetetlenné válik. A Szilikátipari Tudományos Egyesület vállalja az építőanyag-iparra és határterületeire vonatkozó szabványok, tervezetek, hatósági előírások stb. szakszerű, gyors fordítását angol, német és francia nyelvekről. Szükség esetén ehhez kapcsolódóan szabványkeresést végzünk.

Kérjük, hogy az igényeket jelezzék a SZTE titkárságára.

A vibráció alkalmazása szemcsés ásványi anyagok víztelenítésénél*

Hajnal Lajos

Szemcsés ásványi nyersanyagok víztelenítése

A közepes és finomszemcsés ásványi nyersanyagok nedves eljárással történő feldolgozásakor a hasznos anyagot a mosó folyadéktól – rendszerint a víztől – szét kell választani, azaz vízteleníteni kell. Ennek végrehajtására az ülepités, vagy a szűrés valamilyen módját alkalmazzák.

Ülepedéses osztályozó-víztelenítő berendezések

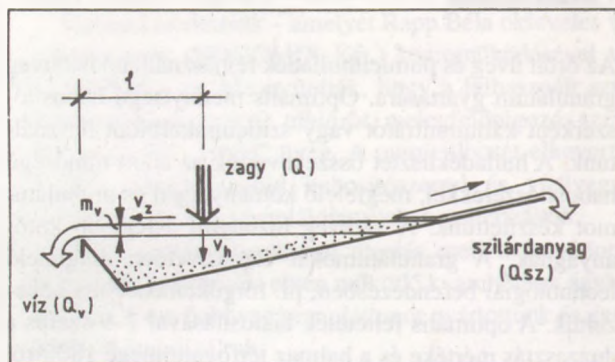
Littler (1987) után – módosításokkal – az *ülepedéses osztályozó-víztelenítő berendezések* a következők szerint csoportosíthatók:

- 1) *Gravitációs ülepedésű mechanikus víztelenítők:*
 - a) szabad ülepedésű (kaparószalagos, csigás, serleges stb.),
 - b) akadályozott ülepedésű.
- 2) *Gravitációs ülepedésű hidraulikus osztályozók:*
 - a) vízszintes vízáramú (egyen-, ellenáramú),
 - b) függőleges ellenáramú (pl. Rheax)
- 3) *Szállítószalagos víztelenítők:*
 - a) szabad ülepedésű, kettős áramú (Dekolt),
 - b) szabad ülepedésű prëshatással.
- 4) *Gravitációs-centrifugális ülepedésű víztelenítők*
 - a) hidrociklonok, multiciklonok,
 - b) centrifugák (horizontális, vertikális).

A víztelenítés John (1967) szerint „statikus”, ha a víztartalom csökkentése csupán a nehézségi erő hatására megy végbe, míg ha a nehézségi erőn kívül más erőhatást is alkalmazunk (pl. mechanikai vagy centrifugális), akkor az „dinamikus” – más elnevezéssel „mechanikus” – víztelenítésként ismeretes. Véleményem szerint a „mechanikus” elnevezést csupán a szabad ülepedésű, mechanikus szilárdanyag-kiszedő szerkezettel ellátott víztelenítőkre célszerű alkalmazni, tekintve, hogy a hidraulikus készülékeknel (a ciklonokat és víztelenítő szalagokat is ide értve) a víztelenítési folyamatra a mechanikus hatás nem jellemző.

A víztelenítést rendszerint osztályozási művelettel egybekapcsolva végzik, ezért az ilyen szerkezeteket gyakran „ülepitő-osztályozó” vagy „homokosztályozó” berendezésnek is nevezik.

* A szerző egyetemi doktori disszertációjához (BME, 1993.) felhasznált anyagból.



1. ábra
A víztelenítés hidraulikai folyamata

Az 1. ábra a gravitációs ülepedésű mechanikus víztelenítési folyamat sémáját mutatja.

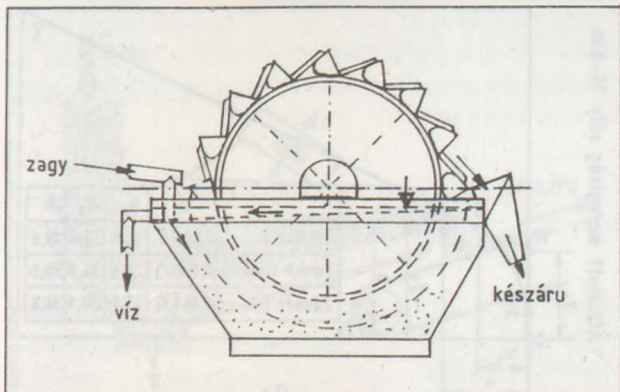
Az ülepedéses osztályozó-víztelenítő berendezések víztelenítési hatásfoka a tapasztalatok alapján igen tág határok között mozog. Viszonyítási alapként megjegyzendő, hogy a szemcsés készáru 18–25 súlyszázalékos (m%) víztartalom esetén szállítószalaggal szabad tárolóra szállítható, ahol még szivárgásos utóvíztelenítés történik. Silóban történő tároláshoz 8–15 m% alá kell vízteleníteni.

A *gravitációs ülepedésű mechanikus víztelenítő* készülékekből kinyert szilárd halmaz Backlin (1984) szerint a szemösszetételtől függően 18–25 m% vizet tartalmaz. A 2. ábra a hazai kavicsiparban leggyakrabban alkalmazott, Dehidrátor néven ismert merítőkanalas víztelenítőt mutatja be.

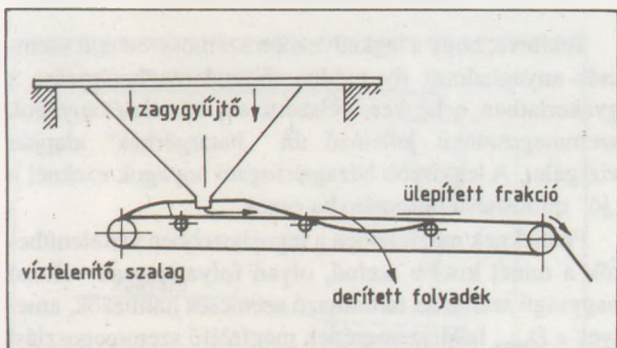
A *vízszintes vízáramlású hidraulikus berendezések* elsősorban osztályozási funkciót töltenek be. Széles körben alkalmazzák közepesen durva és finom szemcséket tartalmazó, nagy hígítású zagyok feldolgozására (pl. Wemco hidrosizer). Víztelenítési szempontból lényegében sűrítőként működnek, tekintve, hogy a rekeszekből leeresztett zagyban Littler (1987) szerint 60–70% a szilárd szemcsék súlyaránya, ezért utóvíztelenítést igényelnek.

A *függőleges ellenáramú hidraulikus készülékek* – mint Schubert (1989) rámutat – az éles-elválasztású finomhomok-osztályozás eszközei, víztelenítési funkciót nem töltenek be. Újabban egyes típusok (pl. Sogreah) sűrítési feladatot is ellátó alsó sűrítőnyílással vannak kikapcsolva.

A *centrifugális ülepedésű berendezések* közül a hidrociklonok Gärtner (1972) szerint igen jól alkalmazhatók a nagy hígítású (pl. 1:10) finomszemcsés (max. 5 mm) szilárd anyagot tartalmazó zagyok víztelenítésére, a 40–100 mikron közötti anyagiszaprészek egyidejű leválasztásá-



2. ábra
Merítőkánalas víztelenítő működési rajza



3. ábra
DEKOLT-szalag

val. A víztelenített végtermék mintegy 25–35 m% vizet tartalmaz, ezért azt vagy szabad tárolón kell elszívárogtatni, vagy utóvíztelenítésnek kell alávetni.

A centrifugák az igen finom szemcsés anyagok víztelenítésének eszközei, az adalékanyag-iparban nem használatosak.

A 60-as évek óta a szállítószalagos víztelenítők több típusát fejlesztették ki. Ezeknél a szilárd anyag ülepedése a szalagteknőben továbbított vízben statikusan, a víz leválasztása a leülepedett anyaghalmazból hidraulikusan történik. A hazai kavicsipar több üzemében a szerző által kialakított, Dekolt-szalag néven ismert típusát több mint 20 éve eredményesen alkalmazzák. A víztelenítési hatásfoka igen jó, a végtermék mintegy 18–22 m% nedvességet tartalmaz, ezért utóvíztelenítőként is megfelel. A 3. ábra a Dekolt-szalag szerkezeti és funkcionális szemléltető rajzát mutatja be.

Az ülepedéses osztályozó-víztelenítő berendezések víztelenítő hatásfokának értékeléseként megállapítható, hogy az ásványelőkészítésben 18–25 m% víztartalomig csupán a gravitációs ülepedésű mechanikus és szállítószalagos víztelenítők, valamint a centrifugák adnak kielégítő eredményt. A kő- és kavicsiparban csak az első kettő vehető számításba. A többi berendezés vagy szabad üle-

pedésű elszívárogtatást vagy utóvíztelenítést, illetve szárítást igényel.

A mechanikus víztelenítő berendezéseknek a kielégítő víztelenítési hatásfok mellett viszont közös hátrányos tulajdonságuk a viszonylag kisebb teljesítmény, a nagyméretű és -tömegű szerkezeti felépítés és a mechanizmusok jelentős karbantartási igénye. A szállítószalagos víztelenítőknél a két utóbbi hátrányos tulajdonság szintén fennáll, előnyük viszont a rendkívül rugalmas, szükség esetén igen nagy teljesítőképesség.

Víztelenítő sziták

A víztelenítési folyamatok hatékonyságának fokozására egyre kiterjedtebben alkalmazzák a lengő-, vagy körmozgás által létrehozott (gerjesztett) mozgási energiát, és az ülepedéses osztályozó-víztelenítő berendezések mellett mind nagyobb teret hódítanak a lengő- és vibrációs sziták különböző típusai, valamint a kombinált ülepedítő-vibrációs víztelenítő berendezések.

Statikus víztelenítésnél a nehézségi erő csak a vizet hozza mozgásba, míg a gravitációs ülepedésű víztelenítőknél mind a vízre, mind a szilárd szemcsékre hatást gyakorol. Ciklonokban és centrifugákban a centrifugális erő hat mindkét elemre. Sziták esetében a vízre a gravitációs erő, a szilárd anyagra a vibráció által gerjesztett röptetőerő hatása mértékadó.

Víztelenítésnél a szemcsés anyaghalmazban Batel (1968) szerint a víz megkötésének a következő módzatai fordulhatnak elő:

- A szemcsék belső, hajszálcsoveiben levő víz. Ez sem mechanikus, sem dinamikus eljárással nem távolítható el.
- A halmaz szemcséinek felületére tapadó víz, amelyet a szilárd anyag felületi molekulái tartanak megkötve. Ez mikron nagyságú réteg, tömege csak finom szemcsés anyagoknál számottevő.
- Hézagfolyadék, amely a halmazban a szemcsék közeit tölti ki. Tömege igen jelentős, a szilárd halmaz szemmegoszlásától függően változó.
- Halmaz-kapilláris víz, amely a halmazban összetapadt szemcsék között kialakuló hajszálcsovekben van. Erősen tapadó anyagoknál számottevő lehet.

A vibráció keltette erőhatás többszörösen hasznosítható a víztelenítési folyamat intenzitásának növelésére. John (1967) rámutatott, hogy nagyobb szemcsés ásványi anyagok felületéről – amelyet előzőleg kevésbé hatékony módon víztelenítettek – a még megmaradt tapadó vízfilm jelentős részét a rázóhatással el lehet távolítani, továbbá – rendszerint közepes és finom szemcsés anyagoknál – a szilárd szemcsék folyadékkal telített laza halmaza vibrációs hatással tömöríthető, miáltal a hézagok csökkenése és a szilárd anyag mozgása folytán a kapillárisok szétbomlása következtében a hézagfolyadék és a kapillárisvíz

nagy része a szemcsék közül kiszorul. A vibrációs erő tömörítő hatása nagymértékben függ a víztelenítendő anyag szemcseösszetételétől, a szemcseméret változását jellemző szemmegoszlási görbe folyamatosságától.

Minél finomabbak egy halmaz szemcséi, annál nagyobb a fajlagos felülete, annál több felületi tapadó vizet képes megkötni, számosabbak és szűkebbek a kapillárisok, amelyek a víz gravitációs szivárgását megakadályozzák. Kausay (1968) szerint a szemcsehalmaz fajlagos felületének tényleges értéke közvetlenül nem mérhető, ezért meghatározása közelítő módon, közvetett méréssel vagy számítással történik. E módszerekkel meghatározott fajlagos felület mértékéből következtethetünk a felületre tapadó víz arányára, amelynek a vibrációs víztelenítő sziták frekvenciaszámának meghatározásánál van jelentősége.

A leülepedett szemcsés anyaghalmoz hézagait kitöltő víz mennyiségét a hézagterfogat határozza meg. A szilárd anyag szedimentálódására alkalmas zagytartályban a hézagvíz mennyisége telítettség esetén azonos a halmazban levő hézagok térfogatával. A víztelenítési technológia fő problémáját ezeknél a készülékeknél éppen a szedimentálódott szilárd anyagnak a víztől való leválasztása – ezen mechanizmusok kialakítása – okozza, és ennek sikeres megoldása döntő befolyással van a víztelenítés határfokára.

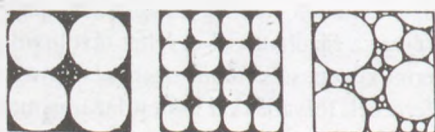
Szemcsés anyaghalmozokban a hézagterfogat alapvetően függ az anyag szemszerkezetétől. Palotás (1952) és mások közleményei alapján meg kell jegyezni, hogy a finomsági modulus értéke a hézagterfogatra nem jellemző. A szemszerkezet és a hézagterfogat összefüggését szemlélteti a 4. ábra.

Ha azonos nagyságú gömbökkel töltünk meg egy edényt, a hézagterfogat mindig 47,6% lesz, akármilyen nagy vagy kicsiny azok átmérője. Vegyes nagyságú gömbökkel történő kitöltés esetén a hézagterfogat nagymértékben csökken, elméletileg a 0-hoz közelít. A hézagterfogat mértéke a szemmegoszlási diagramon követhető. Legkisebb hézagterfogatot jellemez az olyan folytonos (lépcsőmentes) szemmegoszlási görbe, amely a betontechnológiából ismert Fuller-féle görbének legjobban megfelel (5. ábra).

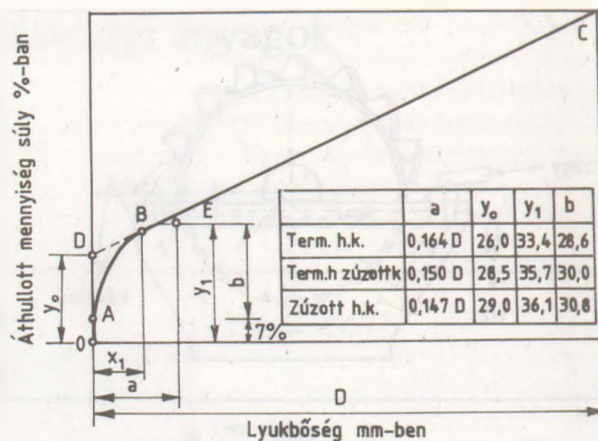
A diagram görbéjének egyenlete szemcsés anyagoknál:

$$a = 100 \sqrt{d/D},$$

ahol D a legnagyobb szemmagyság, d egy tetszőleges közbelső szemmagyság, a pedig az ezen szemmagysághoz tartozó szitán áthulló szemcsék mennyisége súlyszázalékban.



4. ábra
Szemszerkezet és hézagterfogat összefüggése



5. ábra
Szemcsés halmaz legkedvezőbb összetétele

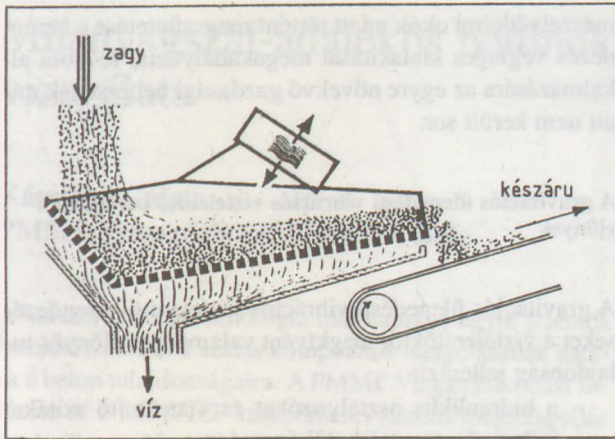
Tekintve, hogy a legkedvezőbb szemösszetételű szemcsés anyaghalmoz ily módon történő meghatározása a gyakorlatban nehézkes, célszerű azt az adalékanyagok szemmegoszlását jellemző ún. „határgörbék” alapján vizsgálni. A legkisebb hézagterfogatú anyagok ezeknél a „jó” minősítésű tartományba esnek.

Fentieknek megfelelően a legnehezebben vízteleníthetők a minél kisebb szemű, olyan folyamatosan változó nagyságú szemeket tartalmazó szemcsés halmazok, amelyek a D_{max} határszemcsének megfelelő szemmegoszlási határgörbe „jó” minősítésű tartományába esnek.

A víztelenítő sziták alkalmazása az utóbbi években rohamosan terjed. Fejlődésükre és alkalmazásukra számos közlemény áll rendelkezésre. A különböző típusok ismeretétől eltekintünk. A szitákkal történő víztelenítésnél a „szűrés” elvét alkalmazzuk, ahol a szilárd halmazzal együtt a zagyban levő víz gravitációsan ülepedik, és a szitalemezekon kiképzett lyukakon át – a lyukméretnél kisebb, áthullott szilárd anyaggal együtt – a függőleges szabadesést folytatva egy gyűjtőtartályba kerül. A szitalemezen fennmaradó szilárd szemek a vibráció által gerjesztett röpítőerő hatására a kifolyóvég felé mozognak. A 6. ábra a szűrési víztelenítési folyamat sémáját mutatja.

A víztelenítő sziták jellemző tulajdonsága a nagy teljesítőképesség (10–500 t/h), a jó víztelenítési határfok (a maradék nedvességtartalom 10–17 m%), viszonylag kis helyszükséglet és csekély karbantartási igény. Közös hátrányos tulajdonságuk viszont az a körülmény, hogy a szitalyukokon átfolyó folyadékkal a lyuk-, ill. résméret alatti szemcsékkel a hasznos szilárd anyag egy része is átfolyik. Ez a körülmény – tekintve hogy a víztelenítő sziták részmerete általában 0,2–0,5 mm között van, a hasznos szemcsék alsó mérethatára viszont 40–60 μm – esetenként jelentős anyagvesztéséget jelent.

A víztelenítő sziták alkalmazásával járó anyagvesztés elkerülése végett a technológiát rendszerint úgy alakítják ki, hogy a szitán átfolyó zagyot – amely még hasznos anyagot is tartalmaz – hidrociklonnal utánvíztelenítik, illetve sűrítik. Mivel azonban – mint láttuk – ezek víz-



6. ábra

A szűrési víztelenítési folyamata

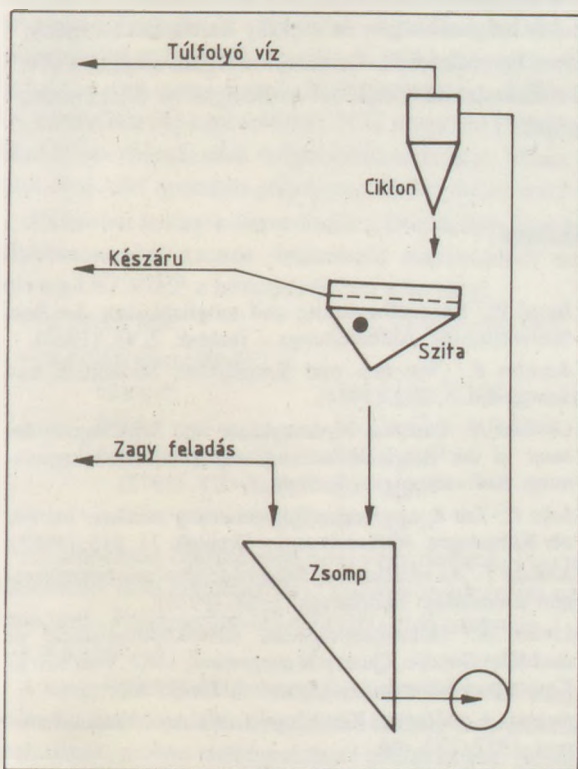
Kombinált ülepitő-vibrációs víztelenítő berendezések

Az utóbbi években kísérletek történtek a gravitációs ülepedésű osztályozó-víztelenítés hatásfokának a fokozására a vibrációs hatás alkalmazásával. Ezek nem a szűrés elvén működnek, hanem a szilárd anyag gravitációsan leülepedik és a vibrációs hatás célja a leülepedett szediment további tömörítése és olyan anyagűrítő szerkezet alkalmazása, amellyel a hasznos finom szemcsék elfolyása elkerülhető.

Iohn már 1967-ben tájékoztat egy olyan készülékről, amely a hidraulikus sűrítő-osztályozó készüléket egy függőleges vibrációs tömörítőcsővel kapcsolja össze. A készüléket a 8. ábra szemlélteti.

A sűrítőbe vezetett zagyból a leülepedett szilárd anyag egy membránon át egy szűkülő kifolyócsőbe jut, amelyben azt elektromágneses vibrátor tömöríti tovább és egy kúpos elzáróval szabályozott nyíláson kinyerhető. A berendezésről további információ nincs. A kifolyónyílás felé szűkülő vibrált cső nyilvánvalóan hajlamos az eltömődésre, ezért az a gyakorlatban nem terjedt el.

Az ülepitéssel összekapcsolt vibrációs víztelenítőknél – mint minden hidraulikus ülepitő-osztályozó berendezésnél – általában problémát jelent a leülepedett és vib-

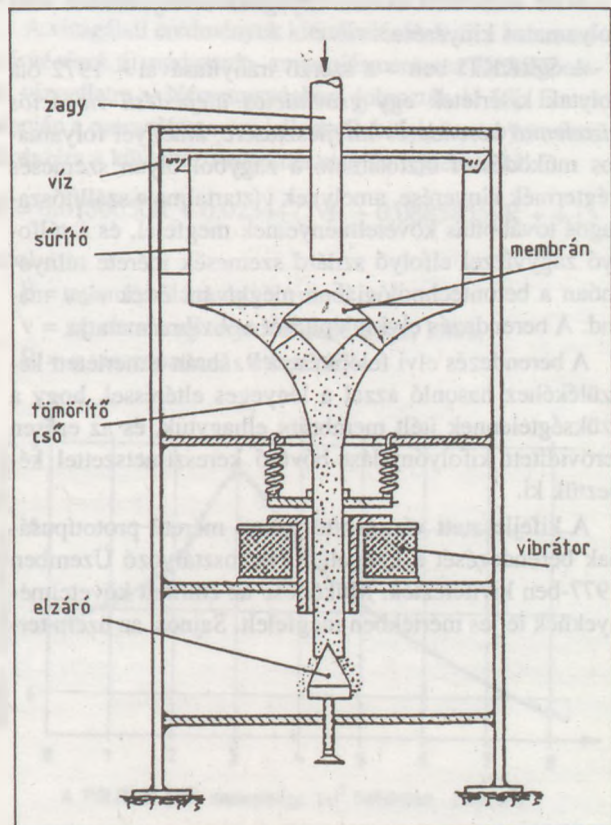


7. ábra

Körfolyamatos sűrítés és víztelenítés

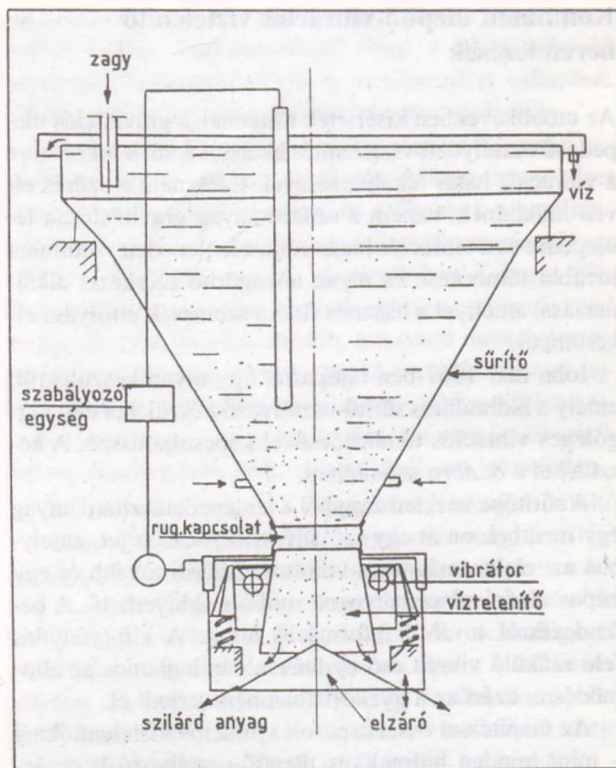
telenítési hatásfoka nem kielégítő, a szitával körfolyamatban működtetik és a ciklon alul folyó zagyát újra a víztelenítő szitára adják. Egy ilyen technológia sémáját Gärtner (1973) után a 7. ábra szemlélteti.

Mint látható a víztelenítő sziták alkalmazása a mind szélesebb körű elterjedésük ellenére sem problémamentes. A legjobb hatásfokú víztelenítő berendezéseknek – minden egyéb hátrányos tulajdonságuk ellenére – a szabad ülepedésű mechanikus víztelenítők bizonyultak, ezért ezeket különösen a kisebb és középkapacitású üzemekben továbbra is alkalmazzák.



8. ábra

Gravitációs ülepedésű vibrációs víztelenítő



9. ábra

A vibrációs víztelenítő berendezés elvi felépítése

rációval tömörített szilárd anyagnak a folyadékból való folyamatos kinyerése.

A SZIKKTI-ben – a szerző irányításával – 1972 óta folytak kísérletek egy *gravitációs ülepedésű vibrációs víztelenítő berendezés* kifejlesztésére, amellyel folyamatos működéssel biztosítható a zagyból olyan szemcsés végtermék kinyerése, amelynek víztartalma a szállítószalagos továbbítás követelményeinek megfelel, és a túlfolyó zagyvízzel elfolyó szilárd szemcsék mérete túlnyomóan a betontechnológiában megkívánt érték alatt marad. A berendezés elvi felépítését a 9. ábra mutatja.

A berendezés elvi felépítése a 9. ábrán ismertetett készülékéhez hasonló azzal a lényeges eltéréssel, hogy a szükségtelennek ítélt membránt elhagytuk, és az erősen lerövidített kifolyónyílást bővülő keresztmetszettel képeztük ki.

A kifejlesztett víztelenítő üzemi méretű prototípusának berendezését a Csepeli Kavicsosztályozó Üzemben 1977-ben kivitelezték. Működése az említett követelményeknek teljes mértékben megfelelt. Sajnos, az üzem ter-

mészetvédelmi okok miatt történt megszüntetése a berendezés végleges kialakítását megakadályozta, további alkalmazására az egyre növekvő gazdasági nehézségek miatt nem került sor.

A gravitációs ülepedésű vibrációs víztelenítő berendezés előnyei

A gravitációs ülepedésű vibrációs víztelenítő berendezéseket a víztelenítőktől megkívánt valamennyi előnyös tulajdonság jellemzi:

- a hidraulikus osztályozókat és víztelenítő szitákat jellemző nagy teljesítőképesség;
- a mechanikus víztelenítőket jellemző jó víztelenítési hatásfok;
- automatikusan szabályozott üzemvitel;
- kis helyszükséglet és csekély karbantartási igény.

Ezen berendezések – jó tulajdonságaik alapján – jövőbeni alkalmazását a fejlődés szükségszerű útjaként értékelhetjük.

Irodalom

- [1] Batel W.: Sandaufbereitung und möglichen der Sandentwässerung. Aufbereitungs – Technik. 2, 45. (1968).
- [2] Bäcklin R.: Waschen und Entwässern. Steinbruch und Sandgrube. 5, 222. (1984).
- [3] Gärtner H.: Pumpen, Hydrozyklone und Schwingentwäscher in der Sandaufbereitung und Feinsandrückgewinnung. Aufbereitungs – Technik. 6, 378. (1972).
- [4] John P.: Zur dynamischen Entwässerung mittlerer bis feiner Körnungen. Aufbereitungs – Technik. 11, 615. (1967).
- [5] Kausay T.: Az adalékanyag fajlagos felületének betontervezési jelentősége. Építőanyag. 2, 54. (1978).
- [6] Littler Á.: Homokfeldolgozás, termékoptimalizáció és meddőleválasztás. Quarry Management. 1987. 7–8. Kő- és Kavicsipari Szakmai tájékoztató. 1, 18. (1988).
- [7] Palotás L.: Mérnöki Kézikönyv I. Műszaki Kiadó, Budapest, 1952. 772. old.
- [8] Schubert H.: 30 Jahre Entwicklung der Aufbereitungstechnik I. Aufbereitungs – Technik. 1, 3. (1989).
- [9] Hajnal L. – Udvardy J.: Adalékanyag víztelenítő berendezések továbbfejlesztése. SZIKKTI 3–29. Tsz. Kutatási jelentés. 1973.
- [10] Hajnal L.: A vibráció alkalmazása szemcsés ásványi anyagok víztelenítésénél. Előadás a XV. Szilikátipari Konferencián. Bp., 1989.

Műanyagszál-adalékos betonok szilárdsági jellemzőinek vizsgálata

Kászonyi Gábor

PMMF Vízgazdálkodási Intézet, Baja

A korszerű betontechnológia mai napig is egyik jelentős kutatási területe: a szálas kompozitok adagolásának hatása a beton tulajdonságaira. A PMMF Vízgazdálkodási Intézete és a DÉLVIÉP szakemberei közötti megállapodás értelmében a Vízépítési és Gazdasági Tanszék Építő Laboratóriumában (Baja) e témában jelentős alapkísérleteket végeztünk a száladalékolás szilárdságra gyakorolt hatásának kimutatására. Különböző száladalékolású betonokat készítettünk, és vizsgáltuk e betonok szilárdsági jellemzőinek változását (kocka, hajlító-húzó nyomószilárdság) a szál mennyiségének függvényében. A TUKU-FA-munkához [8] kapcsolódott TDK munkába [9] hallgatókat is bevontunk, akik dolgozatukkal az Ipari Minisztérium által kiírt országos pályázaton II. helyezést értek el.

A kísérleti betonok összetételét a Dunakilitin beépített pillérbetonokkal azonos összetételű alapbetonból kiindulva a DÉLVIÉP a következőkben adta meg:

– a beton jele:	C12-24-vz2–f100/KK
– a beton összetétele:	
cement:	340 kg/m ³ (350 ppc-10)
víz:	164 l/m ³ (x = 0,482)
adalékanyag:	0/4 764 kg/m ³
	4/16 690 kg/m ³
	16/24 364 kg/m ³

Az alapbeton összetételén nem változtattunk, Plasztol adalékszert nem alkalmaztunk, szilikapor-adagolást nem végeztünk. Polipropilén (POLITON) szál adagolás: 1, 2, 3, 4, 8 kg/m³.

A keverékek előállításánál során nem a víz azonos adagolására, hanem azonos konzisztencia elérésére és beállítására törekedtünk, melyet területméréssel ellenőriztünk. Keverőberendezés: 80 l-es ejtdobos betonkeverőgép.

A beton keverésének menete

- Adalékanyag + cement száraz előkeverése: 180 mp.
- Vízadagolás + nedves keverés: 180 mp.
- Száladagolás és utókeverés: 240 mp.

A teljes keverési idő: cca. 600 mp.

A keverés után a száladagolás a betonban homogén eloszlást mutatott, csomósodást, „szálhiányos” foltokat nem tapasztaltunk.

- A próbatesteket 2 rétegben, rétegenként 25 szúrással *csömöszölve* dolgoztuk be a sablonokba.

Laboratóriumi vizsgálatok

A nyomószilárdság vizsgálatára az etalonból és minden keveréktípusból 3-3 db 150×150×150 mm méretű kockát készített a DÉLVIÉP. Az építési laborban keveréktípusonként 5-5 db 200×200×200 mm méretű kockát öntöttünk, melyeket 28 napos korban törtünk. A törés előtt minden esetben roncsolásmentes szilárdságbecslő vizsgálatot (Schmidt-kalapács, betonoszkóp) végeztünk. Hajlító-, húzószilárdság vizsgálatához keverékenként 3 db hasábtestet készítettünk.

Összefoglalás

A POLITON szál mennyiségének hatását a száladalékos betonok vizsgált szilárdsági jellemzőire laboratóriumi vizsgálatok alapján a mellékelt 1. és 2. ábra szemlélteti. Legmagasabb hajlító-, húzó- és nyomószilárdságot a 3 kg/m³ száladagolásnál értünk el [8], [9].

A vizsgálati eredmények kiértékelésének és a beton minősítésének új módszerét – roncsolásmentes szilárdságbecslő vizsgálatra – Németországban dolgozták ki [6]. Ennek alapján a roncsolásmentes jellemzők befolyása a nyomószilárdságra a következő egyenlet alapján fejezhető ki:

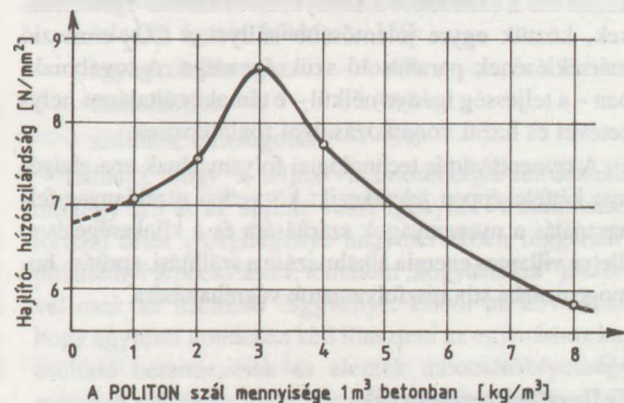
$$\beta = 0,0180650R + 0,0234477vR - 0,0885855vR + 4,13$$

ahol

β = nyomószilárdság, N/mm²,

v = az ultrahang terjedési sebessége, km/s,

R = a visszapattanás átlagértéke.



1. ábra

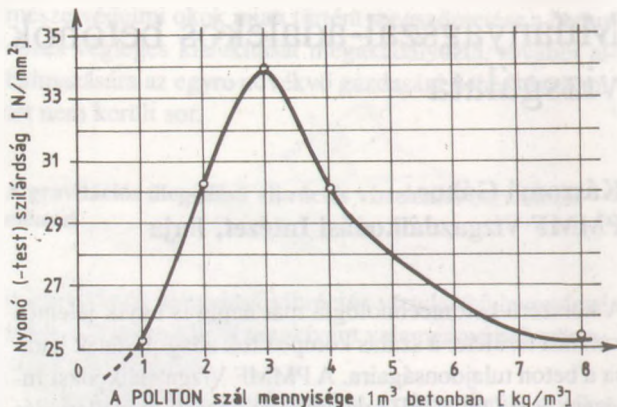
A POLITON-szál mennyiségének hatása a beton hajlító-húzó szilárdságára

A vizsgált száladalékos betonok esetére alkalmazható értékelő összefüggés kidolgozását megkezdjük [8].

A kapcsolódó TDK-dolgozat vizsgálati eredményei azt igazolják, hogy a betonban egyenletesen eloszló műanyagszál-adagolás (opt.: 3 kg/m^3) nagyobb hajlító-húzó szilárdságot eredményez, mint az 1, 2, illetve 3 réteg üvegszövet, ill. üvegszál-erősítésű műanyag háló „erősítés” [9]. E megállapítás a vizsgált gerendák lehajlására is vonatkozik.

Irodalom

- [1] Tanulmány a POLITON-szállal erősített betonok vízépítési alkalmazási lehetőségeinek feltárására végzett kísérletekről. Szám: 91-111-38/88. KTMF. Győr.
- [2] A POLITON-beton gyártmányismertető tervezési segédlet. Dr. Derzsényi – Dr. Székely, Budapest, 1987.
- [3] POLITON-beton kiegészítő anyag. A 204/87. Építőipari alkalmassági bizonyítvány. ÉMI, 1988.
- [4] MI-04-155-1990. Polipropilén szálerősítésű beton építőipari alkalmazása.
- [5] Balázs György – Tóth János: Igen nagy szilárdságú betonok előállítási technológiái. Építőanyag. 4, 1989.
- [6] Beton minősítése két roncsolásmentes vizsgálat kombinált kiértékelése alapján. Qualität und Zuverlässigkeit. 28. k. 7. sz. 1983.
- [7] Dr. Derzsényi István – Dr. Bálint Julianna: Szálas beton kompozitok speciális tulajdonságainak meghatározása. Magyar Építőipar. 4, 1989.
- [8] Dr. Kászonyi Gábor: Műanyagszál-adalékos betonok roncsolásmentes szilárdságbecslő összefüggéseinek meghatározása. TU-VG-4/1990. PMMF. VGI. Baja.
- [9] Rácz J. – Kalenic J.: Műanyag szálerősítésű („vasalású”) betonok szilárdsági jellemzői. TDK, PMMF. VGI. Baja, 1991.



2. ábra

A POLITON-szál mennyiségének a hatása a beton nyomószilárdságára

A cementgyártás és -felhasználás energetikai áttekintése

Farnady Ferenc

Az építők és építetők természetes törekvése, hogy a befektetés/eredmény viszony a lehető legkedvezőbb legyen, így elsőrendű törekvés a legjelentősebb energiaigényű építőanyag, a cement gyártásához szükséges energia, illetve az építés során felhasznált cement mennyiségének csökkentése. Az utóbbi években egyre sürgetőbben fokozza ezt a szándékot a környezetet károsító égéstermékek, köztük egyre jelentősebb súllyal a CO_2 -emisszió mérséklésének parancsoló szükségessége. A továbbiakban – a teljesség igénye nélkül – e témakör általános helyzetével és hazai vonatkozásaival foglalkozunk.

A cementgyártás technológiai folyamatának energiaigénye kétféleképpen jelentkezik: közvetlen tüzelőanyag-felhasználás a nyersanyagok szárítására és a klinkerégetésre, illetve villamos energia alkalmazása a szállítási, aprítási, homogenizálási stb. részfolyamatok végrehajtására.

Fejlesztési tendenciák

Az iparág technológiai-gépészeti fejlesztéseit a termék előállításának viszonylagosan magas energiaigénye, illet-

ve az energiaköltségnek a termék értékéhez képest kiemelkedően kedvezőtlen részaránya – szinte egyértelműen – meghatározta. A fajlagos energiafelhasználás csökkentése a második világháború utáni felfokozott építési követően annyira markáns igényként jelentkezett, hogy – hatására – az energiaválság kirobbanásakor az európai cementipar (ezen belül a magyar cementipar javarésze is) – a mai energiaszintek közelében lévő fajlagos felhasználásokkal – mintegy felkészült a nem várt óriási költségnövekedésre.

1945 táján a klinkerégetés energiaigénye világszerte általában $6\text{--}8000 \text{ kJ/kg}$ klinker volt. Ez a magas érték a kizárólagosan alkalmazott nedveseljárás, illetve a gyártóvonalak csekély, zömmel 300 t klinker/nap alatti egységteljesítményéből adódott. Nyugat-Európában, a félszáz technológiák elterjedése nyomán, 1950-ben az átlagos égetési igény már kb. 5000 kJ/kg klinkerre csökkent. Ez az elméleti hőigénynek, az $1700\text{--}1800 \text{ kJ/kg}$ klinkernek, kb. a 3-szorosa, így a hatásfok már 33%-ra javult.

A száraz technológiák bevezetése, illetve elterjedése e téren újabb ugrásszerű változást jelentett: az égetési energiaigény $\approx 3500 \text{ kJ/kg}$ klinkerre csökkent. Az iparilag fej-

lettebb országok cementipara az 1970-es évek elejére elérte ezt a – ma is korszerűnek mondható – szintet.

Elméleti és tényleges hőigények

A kalorikus energiafelhasználás a portlandklinkereknél általában az alkalmazott technológia függvényében a következők szerint alakul:

- kémiai reakcióhő: 1700–1800 kJ/kg klinker;
- vízgőz hőtartalma: nedveseljárásnál
2500–2600 kJ/kg kl.;
- félszáraz eljárásnál
1050–1150 kJ/kg kl.;
- szárazeljárásnál
≤100 kJ/kg klinker;
- hőveszteségek: 1200–1700 kJ/kg klinker.

Az energiaveszteségek csökkentésének lehetőségei és módjai

Látható, hogy a száraz technológiai eljárás bevezetése a nedves műveletekkel szemben mintegy 2500 kJ/kg, a félnedvesrel szemben pedig mintegy 1000 kJ/kg klinker hőfelhasználás csökkenést hozott. Az igen tekintélyes hőmegtakarítást napjainkig már nem alapvetően új eljárások bevezetésével, hanem kisebb-nagyobb finomítások végrehajtásával és az egységteljesítmények növelésével érik el. Ezekkel az értékekkel a klinkerégetés hatásfoka 1975-re a korszerű üzemeknél már elérte az 50%-os értéket.

A ciklonos, lebegtető hőcserélős technológiai megoldás által elért igen jelentős energiaigény-csökkenés egyrészt a víz párolgási, illetve a vízgőz hevítési hőjének szinte teljes elmaradásából következik, másrészt abból, hogy a ciklonokban a távozó füstgáz hőmérsékletéből kb. 600 °C-t veszítve, hőtartalmának jelentős részét átadja az anyagáramnak. Egy 1500 t/nap-os alapkiépítésű, ciklonos hőcserélőjű kemence hőfelhasználása a következők szerint alakul:

kémiai reakcióhő	53,7%	nem hasznosítható
falazati veszteség	9,6%	
egyéb	1,2%	
füstgáz-hőtartalom	24,5%	15,8% hasznosul
hűlési hő	9,2%	
klinker hője	1,8%	19,7% elvész

A veszendőbe menő kb. 20% mintegy felét a füstgáz hordozza, bár a hőcserélőből kilépő 350–450 °C-os közeg egy részarámát szárítási célból általában átvezetik a nyersmalmokon. Jelentős további hányad ilyen alacsony hőmérsékleten már aligha hasznosítható. Ezért az utóbbi kb. 10 év fejlesztései, az előkalcináló tüzelés bevezetésével, a klinker hűlő melegének hasznosítását is szolgálják. A legelterjedtebb megoldások a hűtőlevegőt – és ezzel a hűlő meleget – visszaviszik (tercier levegő) a hőcserélő

kalcináló tüzeléséhez, fokozva ezzel az ott végbemenő kalcinálódást. A szükséges prekalcinátorokat különböző kapcsolásokban, esetleg egy teljes második ciklonrendszer beiktatásával alakítják ki. (Ezt az erősen költségigényes megoldást azonban nemcsak a tüzelőanyag-felhasználási hatásfok javulása indokolja, hanem az is, hogy ezáltal megnő a forgókemence átbocsátóképessége is. Ez viszont a falazati veszteség relatív csökkenése folytán ismét a kedvező irányba hat.)

A gyártósorok kapacitásának növelése a hőveszteséget okozó felületek fajlagos nagyságát csökkenti. E hatás értékelését a következő, azonos megoldású kemencék adatait tartalmazó táblázat segíti:

Egység telj. t/nap	≤1000	1000–1500	1500–2000	2000–2500	>2500
Égetési energ. kJ/kg kl.	3470	3400	3360	3320	3260

A száraz égetési technológia finomításával, az egységteljesítmények növelésével számos korszerű – és egészében újonnan épített – üzem esetében napjainkban már elérhető a 3000 kJ/kg kl. érték; azaz a 60%-os hatásfok is.

Villamosenergia-felhasználás

A cementgyártáshoz szükséges összes villamosenergia a technológiai elrendezéstől, a klinkerszilárdságtól, a cement megkívtant fajlagos felületétől függően 110–130 kW/h/t cement értékű. Középtértékben (a kisebb szilárdságú cementek magas részaránya miatt) csak a cementőrlésnél 35 kW/h/t cement átlagértékkel számolhatunk. A teljes cementgyártási villamosenergia-felhasználás a fejlett európai cementgyárak átlagában 115 kW-h/t cement.

Ennek megoszlása technológiai folyamatrészenként az alábbi:

– bányászás, törés	5%
– nyersőrlés	24%
– homogenizálás	6%
– feladás, égetés, hűtés	18%
– agyagszárítás	4%
– cementőrlés	38%
– szállítás, csomagolás	5%

Látható, hogy a teljes villamosenergia-felhasználás mintegy 2/3-át az aprítás veszi igénybe. A malmokban történő őrlés energiaigénye nagymértékben független a pillanatnyi átbocsátástól; a malom „fogyasztása” jórészt csak az üzemidő függvénye. Ebből az következik, hogy egyrészt gondosan kell illeszteni az egymáshoz kapcsolódó berendezések és elemek átbocsátóképességét, másrészt pontos és fegyelmezett termelésirányítással és a lehető leggondosabban kidolgozott folyamatirányítással kell biztosítani, hogy ezek a berendezések állandóan és folyamatosan 100%-hoz közeli terheléssel üzemeljenek.

A felhasznált energia összegzése

A cementtermelés során felhasznált kétféle alapenergia-hordozó összegzése csak becslésekkel hajtható végre. A villamosenergia-felhasználási adatok ugyanis – érthető okokból – t cementre vonatkoznak, az égetési hő pedig t klinkerre. Ezért a termékfajták szerinti megoszlás ismeretének hiányában (az eddig mindenütt alapul vett nyugat-európai átlagban) önkényesen 20 tömeg% adalékanyagot tételezünk fel. Másrészt az erőművi hatásfokot és a villamos energia szállítási veszteségeit összesen 75%-ra becsülve a kW-kJ egyenértéket 0,25-os szorzótényezővel (tehát $1 \text{ kW}\cdot\text{h} = 14\,400 \text{ kJ}$) vesszük figyelembe. Így az ezzel a $\approx 115 \text{ kW}\cdot\text{h/t}$ cement értékkel a fajlagos villamosenergia-felhasználás 1660 kJ/kg cement; illetve – a klinker és az adalékmenyiségek figyelembevételével – a hő- és a villamosenergia-felhasználást összegezve az átlagos teljes energiafelhasználás a korszerű gyárakban 4250 kJ/kg, tehát 4250 MJ/t cement. Eszerint a cementgyártás *villamosenergia-igényének részaránya* a korszerű cementgyárban *a teljes energia-előállítási folyamatot figyelembe véve* 39–40%-ra tehető.

A magyarországi cementtermelés áttekintése

A korszerű cementipar hazai fejlesztése

A második világháború, illetve az azt követő helyreállítások után a hazai cementtermelés mintegy 500 E t/év körül mozgott. A kis kapacitású, nedveseljárással működő akkori üzemeket, egy kivétellel, a többszöri rekonstrukción átesett, jelenleg kb. 250 E t klinker/év kapacitású látatlan gyár, az LCM kivételével megszüntették. Ugyancsak lebontották, ill. leállították az 1953-ban elkészült, félnedves eljárású, aknakemencés 200 E t klinker/év kapacitású első hejőcsabai gyárat, valamint a váci DCM 1963-ban beindított 3 db, egyenként 255 E t klinker/év kapacitású, félnedves eljárású LEPOL kemencéjét. Az ezt követő beruházások során már szárazeljárású, lebegtető hőcserélős égetővonalak létesültek.

DCM IV. kemence

A meglévő további berendezésekhez kapcsolt DOPOL-hőcserélős klinkerégető rendszer eredetileg fűtőolaj-, majd földgáztüzelésű, 300 E t klinker/év névleges kapacitással. Most fejeződött be a teljes rekonstrukciója.

Beremendi Cement- és Mészmű

1973-ban helyezték üzembe Beremenden a BCM két gyártósoros Humboldt-hőcserélős, rostélyhűtős, olajtüzelésű 920 E t/év klinker termelésére méretezett cementgyárat. A technológiai rendszer egészében a kölni KHD-cégtől származik, de számos egyéb beszállító (kemence-

hajtások: csehszlovák; cementmalmok: NDK; prímertörők: lengyel; agyagtörő: magyar) alapvető gépeit ötvözték egybe. Az égetés hőigénye az eredeti kiépítésben 3400 kJ/kg klinker volt. Röntgenanalizátoros, számítógépes nyerslisztbeállítás és az – eredetileg jól kiépített analóg – mérést-szabályozást kiegészítő számítógépes folyamatirányítás hatására ezt az értéket *folyamatos üzemben* kb. 3250 kJ/kg klinker értékre csökkentették. Pótlólag – célszámítógéppel illesztett – gépjármű-gumiabroncs tüzelést építettek be, mely lehetővé teszi 10–15 fűtőérték% olaj kiváltását. A mintegy 20 éve kifogástalanul működő gyárban a karbantartási és üzemfenntartási gondok – természetszerűleg – egyre szaporodnak.

Hejőcsabai Cement- és Mészmű

A majd teljesen lebontott aknakemencés üzem helyén építették fel az egységesen Polysius rendszerű, kétvonalas, gáztüzelésű, bolygóhűtős üzemet, amely 1975 óta termel. Kapacitása 1,5 millió t cement/év. A tüzelőanyag gáz. Röntgenanalizátoros off-line számítógépes nyersliszt-beállítást már eredetileg is alkalmaztak, az utóbbi években komplett Polab Polcid számítógépes irányító rendszert helyeztek üzembe. A hőcserélőbe már korábban pótlólagos előkalcináló tüzelést épített be. Stacioner üzemmódban az égetés energiaszükséglete 3150–3200 kJ/kg klinker. A berendezések elhasználtsága itt is jelentős gondokat okoz.

Bélapátfalvi Cementgyár

Ez az – elvileg teljesen korszerű technológiájú – gyárunk jellegzetes ellentmondásokat hordoz. A nyersőrlés technológiája és berendezése, a teljes folyamirányítási know-how a KHD cégtől származik. A hőcserélő (F. L. Smidth „utánérzés”) és a kemence szovjet tervezésűek, a rostélyos klinkerhűtők (melyeket néhány év után Polysius-szal kellett kiváltani) Volgacemmas gyártmányúak voltak; ugyanez a cég készítette a cementmalmokat. Ugyancsak szovjet gyártmányúak az elektrofilterek és a zsákos por-szűrők. A gyár üzembe helyezése 1979-ben ért véget. Sorra kiütköztek a technológiai illesztetlenségek, gépészeti és villamos hajtástechnikai hibák, illetve alkalmatlanságok. Az eredetileg tervezett kapacitás 1,2 millió t cement/év volt. A tervezett fajlagos energiafelhasználás 3360 kJ/kg klinker volt. A kezdeti években a tényleges érték ennek csaknem kétszerese volt; mely a szívós és folyamatos kijavító munka nyomán az utóbbi években mintegy 3800 kJ/t-ra csökkent. A gyár alternatív olaj-gáz tüzelésű.

DCM V. vonal

A leállított három Lepol-kemence helyett 1991 végén helyezték üzembe Vácott az új, egészében korszerű Polysius gyártóvonalat. Jól kiépített labor-automatikával és kö-

zel teljes körű számítógépes folyamatirányítással rendelkezik. Tüzelése alternatív olaj/gáz; névleges kapacitása 770 ezer t klinker/év. Garantált hőigénye olaj esetén 2877, földgáznál 2940 kJ/kg klinker. Valójában a mért induló értékek ennél némileg kedvezőtlenebbek: mindkét tüzelőfajtánál egyaránt 3000 kJ/kg klinker adódott.

A felsorolt üzemek technológiái, valamint az ismertett fajlagos energiafelhasználási értékek azt mutatják, hogy a magyar cementipar műszaki felkészítettség tekintetében a jelenlegi korszerűségi követelményeket energetikai szempontból kielégíti, így pozíciója a világ átlagában meglehetősen jó.

A hazai cementtermelés hőenergia-igénye

A jelenlegi építési dekonjunkcióra erősen rányomja bélyegét a hazai cementértékesítésre. Gyáraink kapacitásuk 50%-a körül termelnek, (1991-ben még 66%; 1992-ben már csak 45% volt a klinkerkapacitás kihasználtsága). Az alacsony leterheltség elvileg alaposan rontja nemcsak a gazdaságossági, hanem a műszaki mutatókat is, hiszen a fajlagos hőenergia-felhasználás nagymértékben függ az üzemmenet folyamatosságától. Energetikai szempontból ez az alacsony kihasználtság mégsem okozott döntő leromlást, mivel mind a négy szárazeljárású üzem két kemencés, tehát fele égetési kapacitással (1 kemencével) az energiahasznosítás optimuma közelében üzemeltethető.

Így a fajlagos hőenergia-felhasználás átlagértéke jelenleg is 4200 MJ/t klinker körül mozog. Ha ebből kivesszük a más kategóriába tartozó lábatlani üzem, a szárazeljárásúakra 4000 MJ/t klinker körüli értéket kapunk, amely az adott körülmények között hőenergetikai szempontból kedvezőnek tekinthető.

Hazai villamosenergia-igény

A gyártósorok kapacitásának elégtelen kihasználása a fajlagos villamosenergia-felhasználást nem, vagy alig rontja. A hazai fajlagosok 1991. évi cementre vonatkoztatott tényleges értéke az alábbiak szerint alakult:

DCM	121,9 kW·h/t (üzembe helyezés éve)
LCM	119,9 kW·h/t
HCM	111,5 kW·h/t
BÉCEM	129,1 kW·h/t
BCM	104,5 kW·h/t

Ennek súlyozott átlaga 117,8 kW·h/t cement. Ez az érték első közelítésben kedvezőnek tűnik a nyugat-európai átlaggal – a 115 kW·h/t – történő összehasonlításban, valójában azonban egyáltalán nem az. Nálunk ugyanis a 450-es cementek részaránya mindössze 14%, szemben az ottani $\approx 35\%$ -kal. Ugyanakkor a cementőrlés villamosenergia-igénye közel azonos: itthon 39% (43,3 kW·h/t), az NSZK-ban pl. 38% (43,7 kW·h/t).

Összehasonlítási alapként megadjuk az NSZK cementőrlési adatait:

Cementfajta	Fajlagos felület cm ² /g	Fajl. vill. en.-felh. kW·h/t cement
Pernyeadalékos portl. cem. PZ35	2500–3900	22–35
Pernyeadalékos portl. cem. PZ45	3200–4700	32–60
Pernyeadalékos portl. cem. PZ55	4500–5000	55–80
Kohósalakcement HS < 35	2700–3800	30–55
Kohósalakcement HS 40–60	3200–4500	40–70
Kohósalakcement HS 60–80	3200–4500	45–85

Hazai adatok cementfajtként nem állnak rendelkezésre, de az átlagos 43,3 kW·h/t cement értéket korábbi SZIKKTI kutatási eredmények, illetve irodalmi adatok alapján számítással az alábbiak szerint bonthatjuk fel:

450 pc:	64,4 kW·h/t cement
350 ppc:	41,4 kW·h/t cement
350 kspc:	45,7 kW·h/t cement

Fajta szerinti és összesített fajlagos energiaigény

Részletes adatsor áll rendelkezésünkre az 1991. évi cement-értékesítésről és a felhasznált energiamennyiségekről:

Cementfajta	Mennyiség, E t	Fajl. energ. tart., MJ/t			
		hőenerg.	villamos energ.	beszállítás	összesen
450 R pc	21	3971 + 2124	+	7	= 6102
450 pc	199	3971 + 2124	+	7	= 6102
350 S-54 pc	54	3971 + 1820	+	7	= 5798
350 ppc 10	912	3553 + 1672	+	22	= 5247
350 ppc 20	210	3135 + 1545	+	36	= 4716
350 kspc 20	813	3135 + 1610	+	36	= 4781
350 kspc 40	318	2299 + 1365	+	65	= 3729
350 AcM	95	3971 + 1820	+	7	= 5798

A teljes értékesített mennyiség eszerint 1991-ben 2573 ezer t volt; a gyártás ettől csak kis mértékben tért el: 2529 ezer t. Az 1992. évi 2235 ezer t cementtermelés az előző évvel szemben csak 18%-os csökkenést jelent, szemben a klinkertermelés 24%-os csökkenésével. A nagymérvű keresletromlással egyidejűleg ugyanis erősen megnőtt az olcsó, nagy adalékhányadú cementek részaránya.

Korszerűségi tendenciák a világ cementiparában

A cementipari fejlesztések – a minőségi igények természetes és növekvő betartása mellett – továbbra is uralják

az energiatakarékossági megfontolások. Jelenleg a – nem mindig betartható – 2950 MJ/t klinker hőenergiaigényt (ez az a bizonyos 700 kalóriás „álomhatár”) tűzik ki célul. Ezt a szintet képviseli a közelmúltban üzembe helyezett DCM V. vonal.

Nagy egységteljesítmények kialakítása

Itt több tényező játszik alapvető szerepet:

- csökken a fajlagos falazati hőveszteség,
- az arányosnál kevésbé növekszenek egyes villamos teljesítményigények,
- csökken a fajlagos élőmunka-ráfordítás,
- nem, vagy kevésbé növekednek egyes járulékos ráfordítások.

Példák a DCM V. vonalnál még nagyobb egységteljesítményű üzemekre: A Polysius cég Dél-Koreában épített 7600 t/nap-os kétvonalas üzem (Tong-Yang Cement Corp. 1990), melynek hőigénye 2910 kJ/kg kl., illetve 1994-ben fejez be Mexikóban egy 6500 t/nap teljesítményű ugyancsak kétvonalas üzem.

Technológia-gépészeti korszerűsítés

Folyamatosan jelentkeznek olyan tüzelés-, őrlés- és légtechnikai megoldások, melyek – bár alapvető változásokat nem eredményeznek – energetikai, üzembiztonsági, minőségbeli javulásokat hoznak. A technológiai finomítások zöme a hulladékhő energiájának egyre alacsonyabb hőmérsékleteken való visszanyerését és magában a technológiában, vagy azon kívüli értékesítését célozza.

Komplex folyamatoptimalás kialakítása

A gyártás minden egyes elhatárolható részfolyamatát (puffertől-pufferig) számítógép irányítja. Vonatkozik ez általában a bányaművelésre is. A részegységek működését fölrendelt felügyeleti rendszer irányítja. Mivel az irányítandó folyamatrészek esetenként nem írhatók le absztrakt algoritmusokkal, magasszintű „öntanuló”, „szakértői” rendszereket működtetnek. Teljes körű a dokumentáltság, illetve az aktuális értékekkel folytonosan feltöltött folyamatmegjelenítés.

Számítógépek segítik a gyártásirányítást és a karbantartás szervezését is.

Szennyezett tüzelőanyagok elhasználása, hulladékégetés

A korszerű, megfelelő légtisztító berendezésekkel kialakított cementipari technológia már önmagában kiválóan alkalmas bizonyos környezetre ártalmas hulladékok megsemmisítésére, hasznosítására.

Kellő mértékű technológiai biztonság, gondos kezelés, megfelelően működő füstgáz-kondicionálók és elektrofilterek alkalmazása esetén talán az összes ipari technológia

közül a klinkerégetés a mérgező anyagok megsemmisítésének legjobb, legközvetlenebb lehetősége. Egész Nyugat-Európában előszeretettel alkalmazzák. A hulladékmegsemmisítés a cementgyártóknak jól értékelhető többletbevétel biztosíthat, a szennyezett olajok és egyéb éghető anyagok eltüzelése csökkentheti a primer energiahordozó igényt. (Ausztriában pl. az összes keletkezett gumibroncs-hulladék 80%-át eltüzelik, méghozzá a tájvédelmi körzetben fekvő gmundi cementgyárban.)

Azért tartjuk szükségesnek ennek a lehetőségnek a megemléztetését, mert Magyarországon a néhány év előtti ez irányú próbálkozásokat gyökeresen visszazorították, inkább vállalva ma is a deponált mérgező anyagok egyre veszedelme- sebb felszaporodását; akadozik a gumitüzelés is.

Az alkalmazott energiahordozók módosítása

A korszerű gyártóvonalak kialakításánál a korábbi széntüzelés helyett Nyugat-Európában egyre inkább elterjedt a szénhidrogén energiahordozók alkalmazása. Az NSZK cementiparának megoszlása 1973-ban: tüzelőolaj 72%; földgáz 20%; szénpor 5%. Az energiaválság hatására sok helyen visszatértek a széntüzelésre: tüzelőolaj 10%; földgáz 30%; szénpor 58%.

A Föld légkörében feldúsuló CO₂-tartalom, illetve az ennek következményeként jelentkező üvegházhatás miatt nemzetközi egyezmények (illetve inkább csak ezek tervezetei) szabályozzák a CO₂-emisszió megengedett mértékét. Mivel a szénhidrogének esetében lényegesen kisebb az azonos hőmennyiséggel megjelenő CO₂, már tapasztalható az újbóli váltás igénye. (A magyar cementipar ezt a vargabetűt szerencsésen elkerülte.)

Nedves technológiák korszerűsítése

Az elmúlt évek gyakorlatában világszerte elterjedt a régebbi üzemek kapacitásbővítő, egyben energiatakarékos célzatú rekonstrukciója. Esetenként költségkímélési célból, vagy a műszaki adottságok miatt korszerűsített fél-száraz eljárást alkalmaznak. Ilyen esetekben ökol szabályként fogadják el, hogy az energiaigény nem lehet magasabb, mint az adott kapacitású szárazeljárásé + 1000 kJ/kg kl.

Cementipari minőségbiztosítás

Az energiaköltségek növekedése a takarékosági intézkedések ellenére (illetve részben ezek miatt) folyamatosan növeli a cementek árát. A felhasználó szükségképpen keresi a beton-cement tartalom csökkentésének lehetőségét, illetve adott esetben ennek érdekében többletköltséget is vállal. A takarékos betonkészítés legelső alapfeltétele a cement minőségének folyamatos biztosítása, a termékparamétereknek szűk határok között való tartása.

A minimális cementfelhasználás (illetve a túladagolás elkerülése), valamint a betonnal szemben támasztott fokozott követelmények előtérbe helyezik a cementminőség, elsősorban a nyomószilárdság kérdéseit. A megfelelő technológiai eljárás megválasztása és a teljes körű folyamatirányítás, illetve optimalás bevezetése egyben minőségállandósítást jelent. A most induló nyugat-európai vámmentes kereskedelem sarkalatos követelménye a minőségbiztosítás.

Energiatakarékosság a betonelőállításnál

Minden esetben, melyben adott építményelem nyomó, húzó, hajlító, csavaró igénybevételnek van kitéve, kimutatható, hogy az adott terhelésre méretezett tartó nagyobb szilárdságú betonból készítve kisebb energiatartalmú. Adott terhelhetőségű tartó készítésénél B250-es betonminőség mellett 11–12%-kal nagyobb annak energiatartalma, mint B400 esetén. További – csak egyedi esetekben számszerűsíthető – előny, hogy a beton önsúlya lecsökkenve, ön maga számára is kisebb terhelést jelent. Ennek hatása különösen a nagy fesztávú szerkezeteknél mutatkozik meg, de számba jön az alapozás méretezésénél is.

Követelmények a betonadalékokkal szemben

A cementek minőségi követelményeinek betartása önmagában nem elégséges az energiatakarékos betonkészítéshez. A minőségbiztosítás követelményrendszere kiterjed az adalékanyagokra is; a vonatkozó szabványok szigorú betartását ugyancsak kétfokozatú ellenőrzéssel kell biztosítani. A vonatkozó nyugat-európai szabványok és az ezekhez csatlakozó EN szabványtervezet részletes pontossággal írja elő a kő- és kavicsadalékokkal szemben támasztott követelményeket az alábbi tulajdonságok tekintetében:

- a szemcsék törőszilárdsága,
- a szemcsék alakja,
- az egyes méretosztályok megjelölése és az osztályozási élesség hibahatárai,
- szennyezettség (iszap, szerves szennyezők, kloridok és szulfátok),
- kagyló- és csigaháztartalom (nem minden szabványban).

A nagy szilárdságú betonok készítésénél gyakorta alkalmaznak magmatikus anyagok – elsősorban bazalt – aprításával előállított 2/8 és 8/16-os nemeszűzalékot.

Minőségi követelmények a betonkészítésnél

A minőségbiztosítás láncza itt a nyersbeton-előállítás követelményeivel folytatódik. Előírt az egyes adalékkomponensek receptúra szerinti adagolásának pontossága. A követelményeknek megfelelően esetenként négy (három

kavics és egy homok), vagy ennél is több adalékfrakciót alkalmaznak. További követelmény a cement adagolási pontosságának és a célszerűen alacsony víz/cement tényezőnek pontos betartása, illetve a megfelelő keverés.

Követelmények a transzportbetonnal kapcsolatban

A beton plaszticitásának – területi számának – a beépítés helyén és időpontjában kell felvennie előírt értékét. A szállítás közepes, illetve az előre látható leghosszabb időtartamának, a nyersbeton hőmérsékletének és a környezeti hőmérséklet pillanatnyi értékének megfelelően állítják be (rendszerint számítógépes vezérléssel) kötésyorsító, vagy lassító, plasztifikáló szerek segítségével a kiszállítási minőséget.

A nyersbeton véglegesítése a munkahelyen

A mixerkocsiból a beérkezéskor mintát vesznek területi vizsgálat céljából. Amennyiben szükséges (egy táblázatból vett értékkel), adalékszerekkel állítják be a végleges értéket még a keverőkocsiban.

Különlegesen nagy szilárdságú betonok alkalmazása

Észak-Amerika és Japán után előbb Svédországban, majd napjainkban Német- és Franciaországban is elterjed a nagy szilárdságú cementekkel készített, igen magas szilárdságú betonok alkalmazása a magasépítésben. Az egyéb költségkihatásokat (szállítás, tárolás, bedolgozás stb.), illetve a szerkezet könnyebbé válásából fakadó további előnyöket nem vizsgálva, csupán a felhasznált cement energiatartalmát tekintve, ennek kihatását a következő számpéldán mutatjuk be.

Függőleges terhelésű tartót (oszlopot) készítenek azonos terhelésre kétféle betonból: A esetben 40 N/mm² átlagos szilárdságú betont 325 kg/m³ 450 pc jelű cementtel, B esetben nagy szilárdságú 85 N/mm²-es betont készítenek 450 kg/m³ PZ55-ös cementtel. A tartók keresztmetszete (ezzel térfogata) a szilárdságok reciprokával arányos, tehát A esetben 2,14-szerese a B esetben szükségesnek. Ebből és a cementhányadból kifolyólag a bedolgozott cement mennyiségek aránya 1/1,51. B esetben a cementtörlés energiaigénye A-hoz képest 1/1,36, azaz 0,74. Ennek alapján megállapíthatjuk, hogy a nagy szilárdságú betonból méretezett azonos terhelhetőségű tartó energiatartalma a cement tekintetében 75%-a a hagyományosnak.

Ilyen mértékű energiamegtakarítás a cementgyártásban már semmiképpen nem érhető el. A kivitelező építőanyag-ipar ez irányú elmozdulását, ráfordításait azonban mindenképpen csak az indokolhatja, ha a cement értékesítési ára híven tükrözi a tényleges ráfordításokat; ezek között jelesül az energiaköltségeket.

EGYESÜLETI ÉS SZAKHÍREK

BESZÁMOLÓ RENDEZVÉNYRŐL



Bautec '94

**Német Építőipari Szakvásár, Berlin
1994. február 9–13.**

Az egyik legnagyobb német építőipari szakvásáron 24 országból 1158 kiállító vett részt. Bár a kiállítási területet 83 500 m²-ről 103 000 m²-re növelték, mégis helyhiány miatt több jelentkezőt el kellett utasítani. Öt évvel a berlini fal lebontása után, különösen Berlin keleti felén – de magán a vásár területén is – lázas építkezés folyik. Németország jövőd fővárosában csak ez évben 27 milliárd márkát szándékoznak beruházni.

A vásáron az építő- és építőanyag-ipar valamennyi vezető cége részt vett, és a német keleti tartományokkal, valamint a közép- és kelet-európai országokkal már eddig kiépített kapcsolataik kibővítésén, illetve elmélyítésén munkálkodott. Ehhez a vásárigazgatóság – közép- és kelet-európai képviselőinek kiépítésével, az innen érkező kiállítók és látogatók részvételének támogatásával és a Kelet-Nyugat Fórum megszervezésével – is hozzájárult.

Irmgard Schwaetzer szövetségi építési miniszter asszony meghívta közép-, kelet- és délkelet-európai kollégáit a Berlini Kongresszusi Központban (ICG) a lakásépítés, -felújítás és a várostervezés területén lehetséges jövőbeni együttműködés témakörben tartott véleménycserére. Ennek egyik súlyponti témája volt a német cégeknek ezen országok infrastruktúrájának fejlesztésében való komplex – finanszírozás, tervezés, kivitelezés – részvételi lehetőségének vizsgálata.

A magyar részvételt a Német–Magyar Ipari és Kereskedelmi Kamara, Messe-Berlin vásár képviselője, illetve a BAUCENTRUM Kft. szervezte, mindenki megelégedésére.

A több mint 25 magyar cég (termékgyártók, vállalkozók, informatikával foglalkozók) bemutatásának, képviselőinek szükségességét és hasznosságát az is bizonyítja,

hogy a magyar kiállítást több mint 18 ország – részben miniszteri szintű – delegációja látogatta meg. Nagy volt az érdeklődés az EXPO '96 megrendezésével kapcsolatos kérdések iránt is.

A széles körű, aktuális és jól rendszerezett termék- és szolgáltatáskínálat mind a kiállítók, mind a látogatók részére hatékony tájékozódást és információcserét tett lehetővé az építéstervezés, -finanszírozás, -biztosítás, épületvegyészet és épületek védelme, építési kerámia és tartozékok, mélyépítés, szerkezetépítés, nyílászárók, homlokzatkialakítás, tető, fűtőrendszer/energiagazdálkodás, szanitär rendszerek, belsőépítészet, biztonságtechnika, kész házak, megelőző tűzvédelem, számítástechnika, rajzológépek, villamos berendezések, kültéri létesítmények, építőgépek/szerszámok területén.

A vásárral párhuzamosan a Berlini Kongresszusi Központban (ICG) kapcsolódó szakmai kongresszusok is zajlottak.

A VILÁG SZILIKÁTIPARÁBÓL

Tégla és tetőcserép

Az olasz téglá- és tetőcserépiparban szerkezet- és technológiaiaváltás történt az utóbbi években. A 25-27 millió tonna/év kapacitás ugyan változatlan maradt, az égető kemencék száma az 1961. évi 1100-ról 349-re csökkent (1991. évi adat). A foglalkoztatottak száma drasztikusan csökkent (1960-ban 56 000; 1991-ben 18 000). A főként Észak-Olaszországban található téglagyárakban a modernizációt a gyorségetés bevezetése jelentette. A leggazdagabb kemenceméret jelenleg a 80 000–90 000 t/év kapacitás, de léteznek 200 000 t/év-nél nagyobb kemencék is. Ez utóbbiak esetén még nem sikerült az égetést megelőző technológiai lépések és az égetés tökéletes illesztése, elért e 10-20%-nyi energiamegtakarítás hatása ez esetben nem érvényesül.

Becsült adatok szerint a lakásépítés 1993-ban 3%-kal visszaesett, maga után vonva a téglá- és cserépgyártás 5-10%-os visszaesését, így az olasz téglaiipar jelentős kapacitásfelesleggel rendelkezik.

Keramische Zeitschrift. 46. Jahrgang, Nr. 1. 1994.

Az építő-, építőanyag-ipar 1993. I–X. havi teljesítménye, előrejelzés az 1994. évben várható folyamatokról

Az ipari termelés az év első tíz hónapjában 1 887 785 millió forint volt, ez 3,9%-kal haladta meg az 1992. év azonos időszakát, azaz a növekedés üteme a január-szeptemberi időszakhoz képest (ekkor 4,3%-os volt a növekedés) kissé mérséklődött.

A gazdasági ágak közül a termelés a feldolgozóiparban 3%-kal nőtt, míg a villamosenergia-, gáz-, hő- és villanyellátásban 2,9%-kal, a bányászatban 3%-kal csökkent.

A legnagyobb mértékben a nem fém ásványi termékek (ez tulajdonképpen az építőanyag-ipari termékek statisztikai megnevezése) gyártása, továbbá a kohászat és fémfeldolgozás termelése bővült (13,7%-kal, illetve 11,7%-kal). A gépipar termelésének növekedése is jelentős (10,9%), azonban itt a növekedés üteme az I–III. negyed-évhez képest kissé visszaesett.

A több éve tartó építési keresletcsökkenés az építőipart folyamatos alkalmazkodásra készítette. Mára az építési keresletet a piacgazdaságra jellemző, főként kis- és középszervezetekből álló, alkalmazkodóképes építési kínálat fogadja.

A nagyvállalati szervezeti rendszer decentralizációja eredményeként mintegy 5000 új cég jött létre, a jellemző szervezetenagyság 500 főről 25 főre mérséklődött. A tevékenység felét 50 főnél kevesebbet foglalkoztató cégek végzik. A kettős könyvvitelt vezető nagyobb cégeknél 50% alá csökkent az állami tulajdon aránya, a külföldi tulajdon pedig elérte a 18%-ot. Az 1993. év végére – beleértve a nem jogi személyű vállalkozásokat és az egyéni vállalkozókat is – várhatóan 6700 építőipari szervezet működik. A szervezetek 91%-a 10 főnél kevesebbet foglalkoztat.

Az építőipari egésze (a jogi és nem jogi személyek, egyéni vállalkozók) az 1993. év I–III. negyedéve folyamán 159,4 milliárd forint összegű építési-szerelési munkát valósított meg. Ez a teljesítmény folyó árakon az egy évvel korábbinál 19%-kal több, összehasonlító árszinten viszont a tavalyival azonos. Az 1993. III. negyedévben a múlt évihez képest bekövetkezett nagyobb teljesítményt a kivitelezők szerződésállományára, a megkezdett építmenyek alakulására vonatkozó évközi adatok, valamint az építőanyagok termelése és az építési beruházásokra vonatkozó közvetett információk is valószínűsítették.

1993-ban az év egészében a múlt évvel azonos nagyságrendű építési-szerelési teljesítmény várható. Ezen belül növekedésre elsősorban a mélyépítőiparban lehet szá-

mítani (I–III. negyedéves növekedés 7%-os volt) az infrastrukturális építkezések (autópálya, híd- és vasúti pályaépítések, közművezetékek), valamint az EXPO-val kapcsolatos előkészítési munkák beindulásának hatására. A szakszerelőiparban az 1992. évnek megfelelő teljesítmény várható, a magasépítésben folytatódik a recesszió, bár üteme mérséklődik.

A lakásépítés 1993. első félévében a múlt év azonos időszakához képest 6,9%-kal növekedett, az első háromnegyed évben pedig 6,4%-kal csökkent (1992-ben 25 807 lakás, 1993. január-szeptember között 11 788 lakás épült), 1993-ban éves szinten a lakásépítés várhatóan az 1992. évi szintet éri el (egyészakértői vélemények szerint a darabszám kismértékben ez alatt marad, de a lakások alapterülete, négyzetmétere, növekszik).

A mérsékelt belföldi kereslet ellensúlyozására az építési vállalkozások egy része jelentős exporttevékenységet végez. Az export dinamikus bővítésére a német-magyar munkavállalási kontingens felemelése nyújtott lehetőséget (1989 és 1992 között az export 3,6-szeresére nőtt). Az építési export 1993-ban várhatóan 420 millió dollár lesz, a múlt évinél 24%-kal több.

A nem fém ásványi termékek (építőanyag-ipari termékek) 1993. I–X. havi termelési és értékesítési adatait az 1. táblázat tartalmazza (értékek millió forintban):

A táblázat elemzéséből kiderül, hogy az 1993. I–X. havi bruttó termelés 13,7%-kal, az összes értékesítés 11,6%-kal nőtt, mint az 1992. év hasonló időszakában. Az érték-

1. táblázat

1993	Bruttó termelési érték	Értékesítés árbevétele		
		Belföldi	Export	Összesen
Január	3409	2424	793	3218
Február	3787	2541	1026	3567
Március	5377	3699	1311	5010
Április	6044	4704	1225	5930
Május	6537	4907	1364	6271
Június	6860	5643	1311	6954
Július	6386	5491	1084	6575
Augusztus	6538	5518	1037	6555
Szeptember	7201	5806	1368	7173
Október	6618	5215	1414	6629
I–X. hó összesen	58 757	45 948	11 934	57 882

SZAKÁGAZATOK		Bruttó termelési érték		Értékesítés árbevétele					
Kódja	Neve	millió Ft	index %	Összesen		Belföldi		Export	
				M Ft	%	M Ft	%	M Ft	%
2610	Üveg és üvegtermék gyártása	14 769	113,3	14 495	107,7	7 786	123,0	6709	94,1
2632	Tégla, cserép és egyéb agyagtermékek gyártása	6 619	127,4	6 537	119,1	6 400	119,1	137	120,5
2620	Nem építési célú kerámia termékek gyártása	6 339	92,9	6 199	103,8	3 511	109,7	2688	97,0
2651	Cement, mész és gipszgyártás	10 688	111,5	10 691	107,0	10 481	105,2	210	795,7
2652	Beton-, cement- és gipsztermékek gyártása	10 641	125,3	10 543	122,6	10 160	123,6	383	101,9
2021	Épületács- és épületasztalos-ipari termékek gyártása	6 872	109,3	6 700	113,1	5 734	109,8	966	137,0

Az előző év azonos időszaka = 100%.

kesítésen belül a belföldi értékesítés volumenindexe 115,4%, míg az exporté 98,9%-os volt.

A fenti statisztikai adatok arra engednek következtetni, hogy az építőanyagok belföldi piacán a visszaesés megállt, az élénkülés megkezdődött, és ez a tendencia várhatóan 1994-ben is folytatódik.

Az export 1992. évi igen jelentős, csaknem másfélszeres bővülését – amit alapvetően a hazai floatüveg gyártásának a beindítása eredményezett – a főleg üveg- és finomkerámia-ipari szervezetek már nem tudták tovább fokozni, így az I–X. hónap 1,1%-kal elmarad attól. Ennek ellenére az export az 1993. évben a bázisszint körül alakul.

Az egyes szakágazatok 1993. évi I–X. havi termelési és értékesítési adatait a 2. táblázat tartalmazza.

A táblázatból kitűnik, hogy az építőanyag-ipar 1993-ban a feldolgozóipar ágazatai között a legnagyobb mértékben (az első háromnegyed évben összesen 15%-kal) növelte termelését a múlt évhez képest. Ezen belül az építési főszezonnak számító májusban, júniusban és augusztusban a termelésbővülés a 20%-ot is meghaladta a múlt évi azonos hónapokhoz képest. A szeptemberi termelés 19%-kal, az októberi 5%-kal volt több a múlt évinél.

Tehát egyértelműen megállapítható, hogy 1993. I–III. negyedévében az építőanyagok piacán – döntően az infrastrukturális beruházások megkezdése (autópálya, illetve elkerülő szakaszok megkezdése, települések közműveinek – út, csatorna, gáz, telefon, stb. – fejlesztése), valamint a lakossági építőanyag-beszerzések növekedése miatt – élénkülés kezdődött meg. Ennek megfelelően elsősorban a téglaiiparban, a cementiparban és a betoniparban növekedett a termelés. Várhatóan ez a tendencia – ha mérsékeltébb ütemben is – tovább tart.

Ha az egyes kiemelt termékek 1993. I–X. havi termelését vizsgáljuk, akkor a 3. táblázat adatait kapjuk.

A cementgyártásban bekövetkezett pozitív elmozdulást segítette a hazai cementgyártók védelme érdekében hozott sikeres piacvédelmi intézkedés is, amely 1993. április 1-jétől egy éves időtartamra, 130 ezer tonnára mérsékelte a cementbehozatalt. Ezt a piacvédelmi intézkedést 1994-ben meg kívánjuk hosszabbítani, sőt más termékek-

3. táblázat

ITJ szám	Megnevezés	Mértékegység	Termelés 1993. I–X. hó	
			menyiség	index
15–11	Cement	ezer tonna	2 322	114,7
15–31	Égetett téglá	millió db	879	111,3
15–32	Égetett cserép	millió db	50	97,8
16–31	Vasbeton gerenda	ezer fm.	4 591	116,1
17–11	Falburkoló csempe	ezer m ²	4 022	114,1
17–15	Padlóburkoló, kerámialap	ezer m ²	2 556	125,1
17–23	Finomkerámia-ipari termék	tonna	10 645	129,3
18–12	Húzott síkúveg	ezer m ²	27 655	107,1
18–21	Csomagoló üveg	ezer tonna	143	123,1
15–13	Égetett mész	ezer tonna	312	84,8

Figyelem! Az előző év azonos időszaka = 100%. Az égetett téglá kisméretű téglaegységre, az égetett cserép kúpcseréppel együtt hornyolt cserépre van átszámítva.

nél (padlóburkolólap) is hasonló piacvédelmi intézkedést kezdeményezünk.

Az ágazatban a foglalkoztatottak száma mintegy 36 ezer fő. Az idej termelésbővülés folyamatosan csökkenő létszám mellett következett be, így a termelékenység jelentős növekedése a gazdálkodásban alapvető fordulatot jelez még akkor is, ha figyelembe vesszük, hogy az előző évi alacsony bázishoz viszonyítva valósult meg.

Összegezve

Az ágazat működése az 1993. évben pozitívnak minősíthető annak ellenére, hogy egyes szakterületeken továbbra is stagnálás mutatkozik.

Mit várhatunk 1994-ben

Az 1994-re vonatkozó előrejelzések rendkívül óvatosak. Az 1994. évi gazdaságpolitika mozgásterét nagyban meghatározza az 1993-ban kialakult kül- és belgazdasági

helyzet, az év második felében és végén kialakított gazdasági szabályozó döntések hatásai, valamint a választásokkal és esetleges kormányváltással összefüggő gazdaságpolitikai döntésképtelenségi helyzetek, halogatások, irányváltások stb. Gyökeres gazdaságpolitikai irányváltást részleteiben megfogalmazó és ennek hatásait számszerűsítő alternatív programok egyelőre nem ismeretesek.

A Pénzügyminisztérium által megfogalmazott koncepció szerint a gazdaságpolitika 1994-ben a külső és belső pénzügyi egyensúly megtartását, a gazdasági növekedés feltételeinek biztosítását és az infláció fékezését tekinti legfőbb feladatának. A kormány a külső pénzügyi egyensúly megtartása érdekében csak az exportteljesítmények fejlődésével párhuzamosan kívánja a makrogazdasági kereslet szabályozásával a belföldi kereslet növekedését is előmozdítani. A Pénzügyminisztérium koncepciója szerint abban a kedvezőtlen – de ki nem zárható – esetben, ha a fizetési mérleg egyensúlyának és a külkereskedelmi mérleg egyensúlyának romlása folytatódna, a belföldi felhasználást korlátozni kellene mindaddig, míg a kiesett export helyébe gazdaságos kivitel nem lép. E változat a kapacitások kihasználtságának romlásán, a vállalatok pénzügyi helyzetének súlyosbodásán, a létszámleépítések erősödésén stb. keresztül a recessziós spirál felpörgetésével fenyeget. (A belföldi kereslet összehúzódását rövid távon csak igen drágán ellentételezhetné az export növelése.)

A költségvetési hiány várható nagysága és a külső pénzügyi egyensúly megőrzéséhez fűződő érdekek következtében alig van lehetőség a belföldi kereslet élénkítésére. A Pénzügyminisztérium előrejelzése szerint a lakosság egy főre jutó reáljövedelme és fogyasztása 1994-ben megközelíti az 1993. évi szintet, s a beruházások 0–5%-kal növekednek. Összességében a PM a belföldi kereslet 1–3%-os növekedését valószínűsíti.

Beruházások

A nemzetgazdasági beruházások várhatóan 0–5%-kal nőnek. A termelői infrastruktúra-fejlesztések (közlekedési rekonstrukciós programok, közúthálózat fejlesztése, vasútfejlesztés, távközlés-fejlesztés), az EXPO-hoz kapcsolódó infrastrukturális fejlesztések részben külföldi közvetlen tőkebefektetésből (koncessziók), részben (számottevő arányban) nemzetközi hitelintézmények, valamint kül- és belföldi kereskedelmi bankok hiteleivel, részben közvetlen költségvetési támogatással, jelentős állami garanciával valósulnak meg. Jelentős a kommunális beruházások és egészségügyi beruházások hatása is. Várhatóan továbbra is magas marad a külföldi működőtőke beáramlásának a volumene, de legalábbis nem csökken nagymértékben. (Egyrészt a nyereségadó kedvezmények megszüntetése előtt várható bizonyos élénkülés, másrészt a már Magyarországon működő külföldi tulajdonú, illetve vegyes vállalatok befektetései további beruházásokat in-

dukálnak az adott cégeknél a megjelenést követő években is (lásd Suzuki, GE, Ganz-Ansaldo stb. tőkeemeléseit, beruházásait), és más befektetőket is vonzanak.) Számolni lehet a Világkiállítás multiplikatív hatásaival, a gazdálkodók EXPO-hoz kapcsolódó beruházásainak növekedésével is. (Az EXPO-val összefüggő fejlesztések főleg Budapesthez és a Dunántúlhoz kötődnek majd, fokozva a keleti régiók relatív elmaradását.)

A koncessziós beruházásoktól várható belföldi keresletélénkítő hatás – a hazai beszállítások alacsony aránya miatt – többnyire gyenge. Az energiatermelő vállalatok (MOL, MVM Rt.) és a távközlés (MATÁV) privatizálása jelentős tőkebeáramlással fog együtt jární, és az e területeken kiadott koncessziók számottevő hazai beszállítást is igényelnek.

A lakásépítések 1994. évi alakulásában az 1993. évinél nagyobb élénkségre lehet számítani.

Lakossági fogyasztás

1993-ban a lakossági jövedelem-felhasználáson belül némileg növekedett a fogyasztás és a reáljavakban történő megtakarítás részaránya a pénzügyi megtakarítások rovására. E tendencia folytatódása prognosztizálható 1994-re is. A Pénzügyminisztérium szerint a lassan stabilizálódó gazdasági helyzet kedvezően, a költségvetés hiánya pedig kedvezőtlenül befolyásolja a lakossági jövedelmeket. Összességében a lakosság egy főre jutó reáljövedelme és fogyasztása az 1993. évi szinten fog alakulni, kismértékű növekedés nem zárható ki.

Előrejelzés szerint a gazdaságpolitika vállalkozásösztönző céljaival összhangban a gazdálkodók részesedése a belföldön rendelkezésre álló jövedelmekből egy százalékponttal növekszik. Az 1994. évi adótvány valamelyest csökkenti a vállalkozások adóterheit. (E változások iránya megegyezik a vállalatok által kívánatosnak tartottal, de mértéke lényegesen elmarad a vállalati szféra modernizálásához szükséges szinttől.) Az exportteljesítmények növelése, a beruházási, fejlesztések támogatása érdekében adópolitikai és egyéb ösztönzők kerülnek bevezetésre.

Az infláció korlátozása változatlanul fontos gazdaságpolitikai cél. Keresleti oldalról nem várható nagyobb mértékű inflációs nyomás. A piaci működést segíti és a piaci erőfölénnyel való visszaélést korlátozza a természetes monopóliumok működésére vonatkozó szakmai törvények elfogadása és a hatékonyabb fogyasztói érdekvédelem. Az infláció azonban továbbra is magas marad: a fogyasztói árak várhatóan 22–26%-kal haladják meg az idei árszintet, a belföldi termelői árszint pedig 13–15%-kal nő.

1994-ben nem változik lényegesen a munkaerőpiaci helyzet. A foglalkoztatottak számának csökkenése várhatóan 1994 elején megáll, majd rövid stagnálás után las-

sú csökkenés indul meg. A munkanélküliségi ráta a jövő évben is az 1993. év végére várható 13% körüli értéken marad.

1994-re vonatkozóan a kutatóintézetek és a kormány egyaránt valószínűtlennek ítélik az ipari export további visszaesését, sőt az exportösztönző csomagterv tényleges alkalmazásától a feldolgozóipari export 0–5%-os növekedését (tehát az 1992-es szinttől való elmaradást) várják. A belföldi kereslet elemei közül a lakosság fogyasztása stagnál, míg a beruházások növekedésére vonatkozó előrejelzések a 0 és 8% közötti tartományban szóródnak, a készletfelhalmozás szintje vélhetően változatlan marad. Összességében 1994-ben az infrastrukturális beruházások élénkítő hatásának (amelyet várhatóan erősít az állami megrendelési kódex is), a megkezdődő vállalati reorganizációnak, a külső kereslet egyes relációkban és egyes ágazatokban várható növekedésének következtében az ipari termelés 1–3%-os növekedésére lehet legvalószínűbben számítani.

Az építőipari kereslet 1994-ben várhatóan növekedni fog. A belföldi igények szerény bővülése és a német munkavállalási kontingens szűkítése miatt 1–2 százalékos növekedés várható. Növekedést elsősorban a mélyépítőipari, illetve a külföldi többségű tulajdonban lévő cégek valószínűsítene. A mérsékelt termelésnövekedés miatt az ágazat létszáma kismértékben tovább csökken.

A prognózis bizonytalansági elemei közé sorolható (1) a lakásfinanszírozás területén várható változások valószínűleg kedvező hatása, (2) a távközlés privatizálásának előrehaladása, valamint (3) az építési vonzatú koncessziós pályázatok szélesebb körű beindulása. Az építési piac egyre fontosabb (és nehezen prognosztizálható magatartású) szereplői az önkormányzatok, amelyek nem csupán saját és normatív bevételeikkel, hanem céltámogatások formájában elnyerhető forrásaikból is végezhetnek beruházási és rekonstrukciós tevékenységeket, továbbá a tulajdonukban lévő területekkel és épületállománnyal is gazdálkodnak.

Az 1994. évi programirányelvek

A privatizáció elősegítése:

- külföldi bemutatkozások,
- együttműködés az ÁVÜ Reorganizációs Bizottsággal.

Szakmai fórum szervezése együttműködő partnerekkel a 2. táblázatban jelzett szakágazatokkal).

Építési termékek bemutatóházának létrehozása.

Építési árutőzsde: közreműködés, környező országok beszerzése.

„Az EXPO '96” munkáihoz az építőanyag-ipar, illetve hazai termékek szervezetszerű bekapcsolása.

- A minősített (EK követelményeknek megfelelő) termékek felhasználása az ÉMI, MSZH, Minőség Társaság és a MÉASZ ajánlásával.
- Megállapodást kell létrehozni az EXPO Irodával, illetve az ÉVOSZ-szal a kivitelezői munkák magyar anyagbeszállításának optimalizálására.

Információk begyűjtése, szétosztása. Számítógépes hálózat létrehozása.

PR („Építőanyag”, „Építési Piac” folyóiratokban való megjelenéssel).

Piacvédelem importárúk minőségellenőrzésével, hazai termékek piacra segítésével.

Illetékes szerveknél kezdeményezzük:

- a tender kiírásánál a minőség jelentsen előnyt,
- a menedzserek erkölcsi elismerését.

Kamarai törvény hatályba lépésére történő felkészülés.

Kiállítások szervezése, részvétel.

– Belföldi: épületasztalos-ipar; betonipar; porcelán-, fajansz-, üveg-, díszműgyártó cégek, termékek bemutatása.

– Külföldi: Rzeszów; Krakkó; Lvov; Kies-ban rendezett kiállításokon való részvétel.

– Utazás szervezése külföldi kiállításokra, illetve konferenciákra.

Nemzetközi kapcsolatok bővítése, működtetése.

Tagozatok, szakmai csoportok tevékenysége: szervezés, támogatás.

– Beton: MÉASZ-rendezvény a MCSZ-szel közösen; kiállítás (termékek, technológiai berendezések bemutatásával).

– Kő-Kavics: környezetvédelmi szabvány a bányák rekultivációjához; Bajor Szövetséggel közös rendezvény.

– Finomkerámia, porcelán.

– Burkolóanyagok.

– Hőszigetelő anyagok.

– Épületasztalos és készház.

Szervezés:

- tagtoborzás;
- vidéki (regionális) szervezetek;
- építőanyag-kereskedők bevonása.

Szakoktatás szervezése az építőanyag-ipari dolgozók részére.

1994. évi Építőanyag-ipari évkönyv kiadása.

A **KEMIKÁL** Építőanyagipari RT.

ORIGÓ tapaszai

az építőipari tömítési feladatok egész sorára nyújtanak megoldást.

NYÍLÁSZÁRÓK ÜVEGEZÉSÉRE:

fakeret esetén:

ORIGÓ S-1 kencés
f-1 fehér
f-3 sötétbarna tapaszt,

alumíniumkeret esetén:

ORIGÓ F-2 tapaszt,

vas- és acélkeretekhez:

ORIGÓ S-5 rozsdagátló
tapaszt ajánlunk.



MAGAS HŐÁLLÓSÁGÚ az **ORIGÓ** S-3 mangános tapasz kazán- és gáz-csővezetékekhez. ROZSDAGÁTLÓ, VÍZZÁRÓ, RUGALMAS az **ORIGÓ** S-6 fémszerkezeti és járműipari tapasz. Mindeneken felül csúcsminőségű, poliszulfid kötőanyagú tapaszokat, bitumenes kittet, idomüveg elemek hézag-tömítő anyagát is gyártjuk.

BETON MŰTÁRGYAK

– aknák, medencék, támfalak, pincék – utólagos vízzáró vakolásához ajánljuk

a **RESOLIT** 131 cementhabarcs-adalékot,
a **RESOLIT** KM-257,

vagy a **BARRA** 2000 készre kevert
szárazhabarcsot,

melyek használatával a víznyomás elleni védelem vékony (2–4 mm) rétegben, negatív oldalon is létrehozható.



A fenti és több mint száz más termékünkkel (ragasztók, festékek, javító- és felületkiegyenlítő anyagok, szigetelések stb.) kapcsolatos műszaki és beszerzési tanácsadással állunk szíves rendelkezésükre!

KEMIKÁL RT. Kereskedelempolitikai Iroda
1072 Budapest VII., Nagydíófa u. 10–12.

Vevőszolgálat: 122–1066 • Szaktanácsadás: 142–8969 • Telefax: 142-2152

