

1302935



ÉPÍTŐANYAG

A Szilikátipari
Tudományos Egyesület
folyóirata

9

XXXVII. ÉVFOLYAM
BUDAPEST 1985. SZEPTEMBER
ÉPÍTŐANYAG 37. (9) 257—288 (1985)

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

Szerkesztőbizottság:

elnöke:

Dr. Talabér József

felelős szerkesztő:

Dr. Székely Ádám

tagjai:

Dr. Bálint Pál

Dr. Beke Béla

Csáktornyai Béla

Dr. Csizi Béla

Dr. Grofcsik Elemér

Hajnal Lajos

Dr. Jilek József

Dr. Kolostori János

Dr. Kovács Róbert

Lenkei György

Riesz Lajos

Száder Rudolf

Szentmártony Gusztáv

Dr. Tamás Ferenc

Dr. Tóth Kálmán

Dr. Träger Tamás

Vajda László

TARTALOM

XIV. Szilikátipari és Szilikát tudományi Konferencia megnyitó ülése	
<i>Talabér József:</i> Elnöki megnyitó	257
<i>Somogyi László:</i> A műszaki fejlesztés fő célkitűzései a szilikátiparban	258
<i>Kuznyecova, T. V.:</i> A tudomány és technika eredményei és problémái a cementgyártás területén	263
<i>Juhász A. Zoltán:</i> A mechanikai kémia, mint interdiszciplináris tudomány	268
<i>Pádár József – Horváth Zsolt:</i> Kádkemencék olvasztástechnológiai folyamatai és vizsgálati lehetőségeik II.	274
<i>Mattyasovszky Zsolnay Tamás – Bálint Pál:</i> A klinkertégla minőségét biztosító feltételek	281
<i>Siposs Zoltán:</i> Nógrád megye építőipari nyersanyagainak lyukkártyás nyilvántartása gazdaságföldtani programok készítéséhez és értékeléséhez	285
Kitüntetettjeink	280
A világ szilikátiparából	288

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Ласло Шомоди:</i> Основные цели технического развития силикатной промышленности	258
<i>Т. В. Кузнецова:</i> Достижения и проблемы науки и техники в области производства цемента	263
<i>Золтан Юхас А.:</i> Механическая как интердисциплинарная наука	268
<i>Падар, Й – Хорват, Ж.:</i> Процессы стекловарения в ваннах печах и возможности их исследования. II.	274
<i>Маттяшовский, Ж. Т. – Балинт, П.:</i> Предпосылки, обеспечивающие качество клинкерного кирпича	281
<i>Шимон, З.:</i> Учет сырьевых материалов строительной промышленности ноградской области с помощью пробивных карт с целью подготовки и оценки экономических геологических программ	285

INHALT

<i>Somogyi, László:</i> Wichtigere Zielsetzungen der technischen Entwicklung in der Silikatindustrie	258
<i>Kusnezowa, T. V.:</i> Die Ergebnisse und Probleme der Wissenschaften, sowie Technik auf dem Gebiet der Zementproduktion	263
<i>Juhász, A. Zoltán:</i> Die Mechanochemie, als ein interdisziplinären Wissenschaftszweig	268
<i>Pádár, József – Horváth, Zsolt:</i> Schmelztechnologischer Vorgänge der Wanneöfen und deren Untersuchungsmethode Teil II.	274
<i>Mattyasovszky-Zsolnay, Tamás – Bálint, Pál:</i> Die, die Qualität des Klinkerziegels gesichernden Bedingungen	281
<i>Siposs, Zoltán:</i> Das Lochkartenregister bauindustrieller Rohstoffe für die Fertigung und Auswertung wirtschaftsgeologischer Programme in dem Komitat Nógrád	285

CONTENTS

<i>Somogyi László:</i> Main Tasks of Technical Development in the Silicate Industry	258
<i>Kuznyecova, T. V.:</i> Scientific and Technical Results and Problems in the Field of the Cement Industry	263
<i>Juhász A. Zoltán:</i> Mechanochemistry as an Interdisciplinary Branch of Silicate Science	268
<i>Pádár, József – Horváth, Zsolt:</i> Melt Technology and Examination Possibilities of Glasmelting Tank Kilns II.	274
<i>Mattyasovszky-Zsolnay, Tamás – Bálint, Pál:</i> Factors Assuring the Quality of Clinkered Bricks	281
<i>Siposs, Zoltán:</i> Punched-Card Stocktaking of raw Materials for the Building Industry to Prepare and Evaluate Economic-Geological Programs	285

XIV. Szilikátipari és Szilikáttudományi Konferencia megnyitó ülése

Budapest, 1985. május 6.

ELNÖKI MEGNYITÓ

TALABÉR JÓZSEF

egyetemi tanár, a Szilikátipari Tudományos Egyesület elnöke

A szilikátipari szakemberek nemzetközi, ma már mondhatjuk, hogy hagyományos konferenciájára jöttünk itt össze. A SILICONF konferenciák hosszú évtizedes fennállásuk alatt megtárgyalták a szilikátipari technológiák, a szilikátipar, a szilikát-tudomány minden jelentős és sok fontos kérdését.

Éltek ezek a konferenciák azzal a lehetőséggel, amely az előadók, a világ minden sarkából összegyűlt előadók, és a hallgatóság között a személyes kapcsolatok révén kialakultak. A személyes kapcsolatok rendkívül fontosak, mert ezek során mód nyílott olyan találkozásokra is, melyek során a konferencia belföldi és külföldi résztvevői ki tudták cserélni gondolataikat, meg tudták vitatni problémáikat, megismerték egymás eredményeit.

Ezek a találkozások azért is rendkívül fontosak, mert legalább olyan inspirálói a műszaki fejlődésnek, mint maguk az előadások. Ezekre a történelem során nem volt mindig lehetőség. Galileinek pl. nem volt módja problémáit megtárgyalni Keplerrel, Newton nem cserélhette ki gondolatait Leibnitz-el és a mi Bolyai Jánosunknak sem volt alkalma megvitatni problémáit édesapja ifjúkori barátjával Gaussal. Ezért támogatja egyesületünk vezetősége ezeket a személyes találkozásokat. Szeretnénk remélni azt is, hogy ezek során az egymásközi hivatalos kapcsolatokon túlmenően a barátság és a megbecsülés szálai is tovább erősödnek a hazai és külföldi szakemberek között.

A mostani szilikátipari konferenciának két fő témája van. Az egyik az interdiszciplináris kutatások, a másik a minőség kérdése. Mindkettő fontos területe a szilikátiparnak, mely szinte klasszikus területe az interdiszciplináris problémák feltárásának. A fizika, kémia, mechanika és ezek kombinációi a fizikai-kémia, mechanokémia, szilárdtest-fizika, energetika, elektronika, anyagszerkezeti vizsgálatok mind-mind ebbe a kérdéskomplexumba tartoznak még pedig úgy, hogy ezek nem érdeklődési területünk perifériáin, hanem munkánk súlypontjában helyezkednek el.

A másik a minőség kérdése. Rendkívül fontos terület a szilikátiparban, a szilikátkémiában. Egyrészt

azért, mert a minőség egyik jellemzője az ipar fejlődésének, másrészt a minőségen keresztül lehet lemérni azokat a feladatokat, amelyek az ipar közeli és távlati fejlesztésével kapcsolatosak. A másik oldala ennek a témának az, hogy mindennapi életünk során sokszor találkozunk a minőség kérdésével, nem egyszer nem éppen a kellemes oldalukról ismerve meg termékeinket. Ezért ilyen fontos a két fő téma, amellyel a XIV. SILICONF foglalkozni fog.

E pár gondolatból is látható, hogy milyen nagy területet ölel fel a konferencia. Kötelességünk azonban témáit kiegészíteni azzal a felelősséggel, mellyel a résztvevők tartoznak a konferencia színvonaláért. A genius loci megkívánja, hogy még tovább őrizzük ezt a felelősséget és kiterjesszük a tudomány fejlesztésére, az ipar fejlesztésére és az általános műszaki színvonal tovább fejlesztésére.

Ezek azok a kérdések, amelyek a mi konferenciánkat jellemzik. De van a konferenciának egy másik célja is. Az egyének fejlődésének elősegítése.

Itt legyen szabad gróf Széchenyi Istvánra hivatkozni, aki a következőket mondta: A tudományosan kiművelt emberfők mennyisége és minősége a nemzet igazi hatalma. Nemcsak a termékeny lapály, a hegyek, az ásványok, hanem a kiművelt ész, mely ezeket javunkra használni és hasznosítani tudja. Ezen a téren is sokat segíthet a konferencia.

* * *

Ezek után engedjék meg, és kérem a Konferenciát, hogy mindannyiunk nevében köszönthessem Somogyi László építésügyi és városfejlesztési minisztert, konferenciánk vezető előadóját. Köszöntöm Dr. Kádár József államtitkárt, de úgy is mint egyesületünk társelnökét, köszöntöm Füzessy Jánost a MTESZ főtitkárhelyettesét, köszöntöm Tamara Kuznyecova professzornót, a tudományok doktorát, a Moszkvai Mendelejev egyetem szilikáttanszékének vezetőjét és Juhász Zoltán professzort, a tudományok doktorát és végül megkülönböztetett tisztelettel, régi barátsággal köszöntöm, üdvözlöm konferenciánk valamennyi belföldi és külföldi résztvevőjét.



A műszaki fejlesztés fő célkitűzései a szilikátiparban

SOMOGYI LÁSZLÓ

Építésügyi és városfejlesztési miniszter

A tizennegyedik alkalommal megrendezésre kerülő szilikátipari és szilikáttudományi konferencia jó alkalom arra, hogy a magyar szilikátipar legjelesebb hazai képviselői, továbbá neves külföldi szakemberek közreműködésével

- *elemezzük* a szilikátipar és a szilikáttudomány társadalmunk és gazdaságunk fejlődésében betöltött szerepét;
- *értékeljük* az e területeken az utóbbi években elért általános előrehaladást és a legjelentősebb műszaki fejlesztési eredményeket; *végezetül*
- *meghatározzuk* jövőbeni legfontosabb fejlesztési célkitűzéseinket és megvalósításuk feltételeit, módzatait.

I.

A szilikátipar helye, szerepe társadalmunk és gazdaságunk fejlődésében

A szilikátipar gazdasági jelentőségét mindennek előtt az határozza meg, hogy különféle ágaiban állítják elő az építési anyagok döntő többségét.

Ezek mennyiségére jellemző, hogy a különféle szilikátipari termékek évenként előállított tömege meghaladja a 100 millió tonnát. A cement és a téglák a hazai építésnek ma is a legfontosabb anyagai közé tartozik. Az egész társadalom politikai közérzetét befolyásolja, hogy milyen ezekből az anyagok-

ból az ellátás. Különösen napjainkban nagy, s a jövőben méginkább nő a jelentősége annak, hogy építéspolitikai terület- és településfejlesztési céljaink megvalósításában e két fontos szilikátipari termékből ki tudjuk elégíteni a növekvő szükségleteket.

Egyre növekvő jelentőségre tesznek szert – különösen a népgazdasági energiafelhasználással való takarékoskodásban – a szilikátipar által előállított különféle hőszigetelő anyagok.

Az építésen túlmenően a szilikátipar termékei nélkülözhetetlen alap- és segédanyagok, csomagolóeszközök az ipar számos ágának, köztük a vegyiparnak, a gyógyszeriparnak és az élelmiszeriparnak is.

Ismeretes, hogy a hazánkban megtermelt mésznek csak a kisebb hányadát – 20–25%-át – használjuk fel az építésben. A nagyobbik hányada a gyógyszerek, a cukor és más termékek gyártásában, a szennyvizek tisztításában, a mezőgazdasági talajjavításban kerül felhasználásra.

A konzervipar, a borászat, a szeszipar, a gyógyszeripar legfontosabb csomagolóanyagát a különféle üvegtermékek képezik.

A villamosipar, a híradástechnikai ipar, az elektromos energia szállítás technikai berendezéseinek nélkülözhetetlen kellékei a különféle műszaki porcelánok. Ugyancsak nélkü-



lözhetetlenek az ipar különféle ágaiban a szilikátipar által gyártott köszőrűszerszámok, csiszolókorongok, híradástechnikai és világítótechnikai anyagok.

A háztartás, a gyógyítás, a vendéglátás, az idegenforgalom és a szolgáltatás számos ága sem nélkülözheti a szilikátipar termékeit.

Évente több tízmillió darab tányért, poharat, csészét, üveg- és porcelán díszműárut, műszaki üvegárut, laboratóriumi eszközöket szállít hazai és külföldi felhasználóknak a finonkerámia- és üvepipar.

Szilikátipari termékeinket világszerte ismerik és értékelik. Külföldi értékesítésükből származó bevételeink jelentős tényezőjét képezik exportbevételeinknek.

Világszerte ismerik a Herenden, a Hollóházán, a pécsi Zsolnay gyárban készített művészi kivitelű termékeinket. Ezen túlmenően jelentős exportbevételeink származnak csomagolóüvegek, gyógyszeripari és műszaki üvegtermékek forgalmazásából.

A szilikátiparban mintegy 70 ezer ember dolgozik, vagyis az összes aktív keresőknek 1,5%-a az iparban dolgozóknak 5%-a. Ezek 50 milliárd forint értékű állóeszközállománnyal évente mintegy 40 milliárd forint értékű terméket állítanak elő. Állóeszközállománya a magyar iparénak kb. 5–6%-át, termelése 3,1%-át reprezentálja.

A szilikátipari termelés egyik jellemző sajátossága, hogy hatalmas tömegű ásványi nyersanyag kiterme-

lését és feldolgozását végzi. A hazai összes ásványbányászati termék kétharmadát a szilikátipar dolgozza fel.

A szilikátipar termelési technológiáival és termékeivel sajátos hatást gyakorol a természeti környezetre.

A hatalmas tömegű ásványi nyersanyag kitermelése elkerülhetetlenül a természeti környezet rombolásával járna, ha a felszíni kitermelés befejezése után a helyreállításról nem gondoskodnánk. Jelentős környezetszennyeződést okozhat megfelelő szűrőberendezések hiányában a cementtermelésnél keletkező por, valamint a tüzelőberendezésekből kiáramló kén. E káros hatások csökkentése komoly feladatot jelent ma is és a jövőben is a szilikátipari kutató és fejlesztő szakemberek számára.

A szilikátipari gyártástechnológiák rendkívül energiaigényesek. Az egy millió forint értékű termelés előállításához felhasználásra kerülő energia mennyisége ötszöröse az ipari termelés felhasználásának.

Hazánkban az összes energiafelhasználás 5,5%-át a szilikátipar használja fel. A kohászat után a vegyiparral együtt második-harmadik helyen áll a felhasznált energia mennyisége alapján. Jellemző, hogy a szilikátipari termelési költségek egyötödét — az üvepiparban és a cementiparban még ennél is nagyobb hányadát — az energiaköltségek jelentik. Ez az egyetlen körülmény önmagában is elégséges indok arra, hogy a szilikát-

ipar kutató és fejlesztő szakemberei kiemelt feladatuknak tekintik a termelés fajlagos energiaigényességének csökkentését, hiszen a jövőben nem növekedhet számottevően a szilikátipari energiafelhasználás, noha a termelést növelni kell.

II.

A szilikátipar műszaki fejlődésének főbb eredményei

Hazánk területén 2000 évvel ezelőtt is gyártottak téglát és bányásztak építési célra követet, de korszerű szilikátipar csak az elmúlt 40 év folyamán jött létre. A szilikátipar nagyarányú fejlődésének az volt a legfőbb jellemzője, hogy a gyártmányfejlesztés tekintetében mindig következetesen igazodott építéspolitikai, építésiparosítási célkitűzéseinkhez, gyártásfejlesztése vonatkozásában pedig az ember egészségének védelme, a nehéz fizikai munkák végzése alóli mentesítése, a hatékonyság és a gazdaságosság javítása, valamint a természeti környezet megóvása állt a műszaki fejlesztési tennivalók középpontjában.

A szilikátipari gyártmányfejlesztést elsődlegesen az építés iparosításával, valamint a lakosság életkörülményeinek javításával kapcsolatos célok határozták meg.

- Az építés iparosítása főként a beton- és vasbeton-elemek gyártásában, a gyártott elemek építési rendszerekké fejlesztésében adott a szilikátipari kutatásfejlesztés számára feladatokat.
- Hazánkban korábban nem gyártott új termékek egész sorát fejlesztette ki a szilikátipar, s kezdte meg nagytömegű gyártásukat. Ezek közé tartoznak a különféle hőszigetelő anyagok (ásványgyapot, perlit), hőszigetelő üvegek.
- A téglaiipari gyártmányfejlesztések elsődlegesen a nagy hőszigetelőképeségű, élőmunkatakarékos falazást segítő termékek fejlesztésére irányultak, elősegítve ezzel egyben a lakosság kedvezőbb építőanyagellátását is.
- A téglaiipari gyártmányfejlesztések eredményeként 1984-ben ötszáz millió kisméretű téglaegységnek megfelelő korszerű falazati anyagot gyártottunk (poroton, thermoton, uniform). Ez a teljes termelés 25%-át jelenti.
- A korszerű hőtakarékos gázbeton falazati anyagokból az elmúlt évben 160 millió kisméretű téglaegységnek megfelelő mennyiséget gyártottunk. Folyamatban van a Mátra gázbetongyár építése, amely további mintegy 220 millió darab kisméretű téglaegységnek megfelelő mennyiséggel növeli falazóanyagtermelésünk kapacitását.
- A szilikátipari kutatásaink eredményeire támaszkodva sikerült elérni, hogy a vörösre égő anyagok mázas kerámiaburkolólapok gyártására történő felhasználásával a burkolóanyagok gyártásához szinte

korlátlanul rendelkezünk hazai nyersanyaggal. Általában jellemző, hogy szilikátipari termelésünk döntő mértékben hazai kitermelésű nyersanyagok felhasználásán alapul.

A szilikátipari gyártásfejlesztés a nyersanyagokkal, élőmunkával és energiával való takarékoskodást, a hatékonyság és a minőség javítását, az egészségre ártalmas és nehéz fizikai erőkifejtést igénylő folyamatok kiküszöbölését, a természeti környezet védelmét szolgálta.

- Az egymással összehangolt nyersanyagkutatás és technológiafejlesztés eredményeinek tudható be, hogy a magyar szilikátipar nyersanyagszükségletének döntő részét hazai forrásokból tudjuk kielégíteni.
- Világviszonylatban is korszerűnek minősíthető cementipart hoztunk létre. Gyárainkban — egy kivételével — korszerű száraz eljárással termelnek. A technológiai részfolyamatok egész során át emberi kéz érintése nélkül jut el a nyersanyag a készterméki készülségig.
- A korszerűtlen körülmények között működő, kis kapacitású elavult téglagyárakat nagykapacitású, magas színvonalú gépesített és részlegesen automatizált gyártósorokkal működő alagútkelecs téglagyárak váltották fel.
- Az üvegiipari termelés nagy területén sikeresen oldottuk meg a termelési folyamatok automatizálását.
- A szilikátipar minden ágában jelentős előrehaladást értünk el — a termelés fajlagos energiamentiségének csökkentésében. 1980. óta az üvegiiparban 12%-kal csökkent a fajlagos energiafelhasználás.
- A Beremenden üzembe helyezett mészüzem fajlagos energiafelhasználása mintegy fele a többi gyárénak. Ennek és egyéb fejlesztési intézkedéseknek tudható be, hogy a mészgyártás fajlagos energiafelhasználása 1980-hoz képest 1984-ben mintegy 30%-kal csökkent.
- Az Alföldi Porcelángyárban 1984-ben 3,6%-os termelésnövekedés mellett az energiafelhasználás 5%-kal csökkent. A Pécsi Porcelángyárban a porcelánedények gyártásában az égetési időt a negyedére, a fajlagos energiafelhasználást a felére csökkentik.
- Jelentős eredményeket sikerült elérni az ipari hulladékok és melléktermékek szilikátipari termelésében történő hasznosításában. E tekintetben elsődlegesen a cement-, beton- és üvegiiparban elért eredmények számottevőek.
- Az élőmunka megtakarítást elsősorban az anyagmozgatás, szállítás, rakodás gépesítése és részlegesen automatizálása útján érték el.

III.

A szilikátipar fejlesztésének főbb célkitűzései

A szilikátipar és a szilikáttudomány népgazdasági szerepe és jelentősége az ezredfordulóig folyamatosan tovább növekszik. Ennek számos oka van. Közülük a legfontosabbak a következők:

- Építéspolitikai, terület- és településfejlesztési céljainkban a jövőben kiemelt hangsúlyt kap a lakosság anyagi erejének és közvetlen közreműködésének fokozott mértékű bevonása az építési igények kielégítésébe;
- Jövőbeni építési feladaink minél nagyobb hányadát hazai eredetű nyersanyagokból készített építési anyagok felhasználásával kell megoldanunk, messzemenően takarékoskodva az építésben az importból származó anyagok felhasználásával.
- A társadalmi termelés, ezen belül az építés és a szilikátipari termelés prognosztizált növekedési ütemével nem tarthat lépést a népgazdaság energiafelhasználásának növekedési üteme. E körülmény önmagában is kiemelkedően nagy feladatokat jelent a szilikátipari kutatás-fejlesztés szakemberei számára.

A szilikátipar jelentőségének növekedésével növekednek a kutatás és fejlesztés feladatai is.

Támaszkodva az anyagszerkezeti alapkutatások terén eddig elért eredményekre, tovább kell folytatni azt a kutató-fejlesztő munkát, amely a híradástechnikai, az elektrotechnikai iparban, valamint az ipar sok más ágában már eddig is jelentős eredményeket hozott.

Az oxidkerámia, a szilícium különböző vegyületei, a nitridek, boridok, karbidok, a különleges üvegtermékek – tehát az úgynevezett „különleges anyagok” – az elkövetkező évtizedekben szinte forradalmasítani fogják a különféle iparágak technikai fejlődését. Ezt igazolják a világ technikailag legfejlettebb államaiban már eddig is elért eredmények (pl. rakéta-technika).

Csupán ennek az egyetlen szakterületnek a fejlesztési perspektívái is megérdemelnek egy átfogó nemzetközi együttműködést, amelynek megalapozása ennek a Konferenciának is célja lehet.

Kiemelten fontos feladat a hazai szilikátipari nyersanyagbázis további bővítése, fejlesztése.

Ez a földtani kutatásokon túlmenően szükségessé teszi a már feltárt nyersanyag-lelőhelyek hatékonyabb hasznosítását, az ezeken fellelhető nyersanyagvagyon teljes kitermelését. Fokozott gondot kell fordítani az anyagnemesítésre. Az osztályozás, mosás gazdaságos műszaki megoldásával is elő kell segíteni a telepített üzemi beton- és vasbe-



tongyártás gazdaságosságának és minőségének lényeges javítását. Egyidejűleg figyelmet kell fordítani arra is, hogy a nyersanyagok kitermelése ne járjon együtt a természeti környezet, a növényzet felesleges pusztításával.

A gazdaságos nyersanyagellátás fontos feltevéle a hulladékhasznosítás fokozása. Ebben kétirányú előrelépés szükséges. A szilikátiparnak egyrészt növekvő mértékben kell felhasználnia a más iparágakban — a kohászatban, bányászatban — keletkező hulladékokat (kohósalak, pernye) és ipari melléktermékeket. Másrészt növekvő mértékben kell újrahasznosítani az építő- és építőanyagiparban keletkezett hulladékokat (üvegcsérep, massa hulladék, hányóanyagok, stb.).

Kiemelt fontosságú — és az eddigi kutatásokkal részben már megalapozott fejlesztési feladat az anyagi termelés és szolgáltatás különféle ágaiban felhasználásra kerülő speciális szilikátipari termékek választékának gazdagítása.

Ezt indokolja a lakosság egyre növekvő esztétikai igénye a különféle szilikátipari — főleg üveg- és finomkerámiaipari — termékekkel szemben.

Ezt a célt kell szolgálniuk azoknak a gyártmányfejlesztéseknek is, amelyek az esztétikai igények magasszínvonalú kielégítése mellett — a különféle termékek fajlagos tömegének csökkentése útján — anyag- és energiamegtakarítást eredményeznek.

A szilikátipari gyártmányfejlesztés fontos feladata a betongyártásban szükséges gőzölési igény csökkentését elősegítő cementfajták kifejlesztése és előállítás. Növelni kell a jó minőségű előrekevert kavicsadalek anyagok, differenciált felhasználási célú száraz habarcsanyagok, fokozott hőszigetelőképeségű falazóanyagok, valamint egyéb hőszigetelőanyagok (pl. üveggyapot) választékát.

További nagyjelentőségű feladat a szilikátipari termelés fajlagos energiaigényességének csökkentése.

Energiahelyzetünk az elkövetkező 5–10 évben a jelenleginél is szigorúbb takarékoságot követel. Ezért a kutatásnak és a fejlesztésnek arra kell irányulnia, hogy

— a meglévő berendezések üzemeltetésének fajlagos energiaigénye csökkenjen.

— a hőkezelési energia többcélú hasznosítása megoldható legyen.

Figyelembevételül azt, hogy az épületek üzemeltetésére használjuk fel évente az országos energiafelhasználás mintegy negyedét, nagyfontosságú fejlesztési feladat az olyan szilikátipari termékek gyártásának fokozása is, amelyek építésben történő felhasználásával számottevően csökkenthető az épületüzemeltetési célú energiafelhasználás.

Tovább kell javítani a szilikátipari termékek minőségét és csökkenteni a gyártás közben keletkező selejtet. Ez egyben az anyaggal, energiával és élőmunkával történő takarékoskodásnak is fontos módszere.

A minőség javítását, a minőségi jellemzők szóródásának csökkentését a gyártástechnológiai folyamatokba épített minőségellenőrzési pontok beiktatásával is elő kell segíteni. A minőség javítása egyébként rendkívül összetett feladat, amelynek megoldása a technológiai berendezések korszerűsítésétől a szervezés és az érdekeltég, valamint a munkafegyelem javításán túlmenően számos egyéb tennivalót foglal magában.

A következő években rohamosan tovább növekszik a mikroelektronikus berendezések és számítógépek alkalmazása. Fokozódik az igény a folyamatszabályozás, az automatizáció, egyes területeken a robottechnika alkalmazása iránt. Mindezek következtében egyre több elektronikus készülék kerül üzemünkbe, amelyeknek biztonságos működtetése, sokrétű hasznosítása érdekében szakembereinket már képzésük során fel kell készíteni az ezzel járó minőségi változásokra.

A technikai forradalom jellegű elektronikai fejlődés kihat egész életünkre, műszaki fejlődésünk irányára, ütemére, körülményeink alakulására. Ezért javítani kell a jól képzett szakmunkásokkal, közép- és felsőfokú végzettségű szakemberekkel való ellátottságot. Létre kell hozni a szilikátipari középfokú szakemberképzés intézményi bázisait az ország azon régióiban (Borsod, Dél-Dunántúl, Dél-Tiszántúl), amelyekben a hazai szilikátipari termelés területileg összpontosul.

Szilikátipari műszaki fejlesztési törekvéseink csak akkor lehetnek eredményesek, ha az eddigieknél is nagyobb mértékben támaszkodunk a tudományos kutatásban, a nemzetközi műszaki tudományos együttműködésben rejlő lehetőségek kihasználására. Alapvető követelmény az innovációs folyamatok felgyorsítása, a kutatás-kísérletezés-minősítés-tömeggyártás folyamatlánc időtartamának lerövidítése.

Nagyobb figyelmet kell fordítani a szilikátipar technológiai megújításában, korszerű új gyártmányok kifejlesztésében élenjáró kutató-fejlesztő szakemberek erkölcsi és anyagi megbecsülésére.

A szilikátipar magas műszaki színvonalú fejlesztéséhez hazai adottságaink kedvezőek. Nemzetközileg is elismert, szakmailag jól felkészült kutató-fejlesztő szakembergárdával rendelkezünk.

A konferencia színvonalas anyagai a jelenlevő külföldi vendégek és a hazai szakemberek kollektív szellemi alkotómunkája, tudományos összefogása szilárd biztosítékot jelent a szilikátiparban kitűzött közép- és hosszútávú műszaki fejlesztési feladataink sikeres megoldásához.

Ласло Шомоди: Основные цели технического развития силикатной промышленности

Somogyi, László: Wichtigere Zielsetzungen der technischen Entwicklung in der Silikatindustrie

Somogyi László: Main Tasks of Technical Development in the Silicate Industry

A tudomány és technika eredményei és problémái a cementgyártás területén

KUZNYECOVA T. V.

Mendelevjev Kémiai-technológiai Intézet, Moszkva

A cementgyártás fejlődésének elemzése azt mutatja, hogy a termelés lendületesen növekszik, 1990-re várható, hogy a világ cementtermelése meghaladja az 1 milliárd tonnát, azaz több mint 26-szorosa lesz a XX. század elején elért szintnek.

A cementipar a tüzelőanyag- és villamos energia egyik legnagyobb felhasználója. Ezért az energetikai és anyagi erőforrások gazdaságos kihasználására irányuló, a technológiai folyamatok intenzifikálását célzó eljárások felkutatása az ágazat egyik legfontosabb problémája. Ennek megoldása hatékony technológiai módszerek, új cementfajták kialakítását és ipari bevezetését, különböző termelő ágazatok hulladékanyagának és különösen előkészített anyagoknak a felhasználását feltételezi.

Mind ezideig a tüzelőanyagmegtakarítás legfontosabb módja a cementipar száraz gyártási eljárásra való átállítása, nagyteljesítményű, ciklonos hőcserélőkkel ellátott kemencék üzembe helyezésével, bár ezek hatásfoka egyelőre csak mintegy 50% körül van. A ciklonos hőcserélőkből ugyanis a nyerskeverék csak kb. 40%-ban dekarbonizálva kerül a kemencébe, s a további bomlás már a kemence-térfogaton belül történik. Ezért a kemencében a CaCO_3 nem eléggé intenzíven bomlik el, emiatt megfelelő hosszúságú kemencéket terveznek. A ciklonos hőcserélőkkel felszerelt kemencéknél az L/D viszonyszám átlagosan 17, aminek következtében jelentős a környezeti hőveszteség. A hőfelhasználás csökkentésére és a száraz eljárású berendezések tökéletesítésére irányuló törekvés vezetett a nyersanyag előzetes dekarbonizációján alapuló új konstrukciók kialakításához.

Az előkalcináló berendezések beállítása lehetővé teszi a kemence teljesítményének 2–2,5-szeresére való növelését, minimális, mintegy 3000 kJ/kg klinker fajlagos hőfelhasználás mellett. Ennek az értéknek a további csökkentésére irányuló próbálkozások vezettek az utóbbi időben egy ötödik ciklonfokozat beépítéséhez, aminek következtében a hőfelhasználást további 125 kJ/kg értékkel sikerült csökkenteni.

Az ötödik ciklonfokozat beiktatásával szerzett kedvező tapasztalatok megnövelték az érdeklődést egy hatodik ciklonfokozat beszerelése iránt. A számítások azonban azt mutatták, hogy a várható hőenergiamegtakarítás csekély mértékű, ugyanakkor jelentősen megnövekszik a rendszer hidraulikus ellenállása és a villamosenergia-felhasználás. Általában a hatodik ciklonfokozat beépítése egyelőre nem ígérkezik gazdaságosnak.

Az előkalcináló berendezéssel ellátott rendszerekben az egyik leggyakrabban alkalmazott konstrukció a kétágú (iker) hőcserélő. Az egyik ágon a kemencéből távozó füstgázokat, míg a másik ágon az előkalcináló berendezés füstgázait szivattyúják át. Az ilyen módosítás könnyebbé teszi a gázáramok áthaladását, és szükség-

telenné válik külön berendezések beiktatása a hidraulikus ellenállás kiegyensúlyozására. Az ilyen rendszerekben a hőfelhasználás 30 kJ/kg klinkerrel csökken. Az előkalcináló kemencék tökéletesítése vezetett a rövidlángú égők kialakításához, melyek lehetővé teszik a különböző tüzelőanyagfajták együttes elégetését.

A száraz eljárásnál a tüzelőanyagfelhasználás csökkentése főképpen a technológiai kapcsolás tökéletesítése, a kemence, előkalcináló berendezés, hűtők és egyéb segédberendezések konstrukciós megoldásainak korszerűsítése révén érhető el.

A forgókemencés gyártástechnológia tökéletesítése révén elérhető további tüzelőanyag-megtakarítás lehetőségei gyakorlatilag kimerültek. Ezért erősen foglalkoznak stationer égetőberendezések kialakításával.

A tüzelőanyagfelhasználás csökkentés problémájának egyik megoldási módjaként felmerül a nyerskeverék villamos kemencében történő égetése. Itt a legnehezebb feladat a villamos energia hőenergiává történő átalakítási módjának megválasztása. A villamosenergia felhasználásával történő hagyományos égetési eljárások közül a cementipar részére egyelőre csak a villamos ívkemencék alkalmazása tűnik reálisnak, az újabb eljárások közül pedig a plazmatechnológia.

1982-ben a Smidth cég ismertette egy izlandi technológiai intézettel közösen végrehajtott kísérleteit. Villamos kemencében a klinkernek megfelelő fázisösszetételű olvasztott terméket állítottak elő, amely attól csak a köztes fázis összetételében különbözött. A magas olvasztási hőmérséklet révén csökkent a klinker alkálitartalma, a gyors hűtés következtében pedig megnőtt a cement szilárdsága. A vélemények szerint Izland részére, amelynek nincs saját kibányászható tüzelőanyaga, azonban viszonylag olcsó villamos energiával rendelkezik, a villamos kemencék alkalmazása a cementgyártás egyetlen perspektivikus módszere. Problémaként jelentkezik azonban az előbbi esetében a kemencepark teljes lecserélése és az olcsó villamos energia előállítása, a második esetben pedig a kielégítő teljesítményű villamosenergia-források hiánya.

Ilyen módon tehát az évtized folyamán gyökeres változások a technikában nem várhatók, azonban már az évszázad végére, a kémia és fizika fejlődésével párhuzamosan megjelenhetnek az új energiahordozók és a megfelelő műszaki és tudományos megoldások. Egyelőre azonban a meglévő technológiák problémáit kell megoldani.

A tudomány jelenlegi helyzetéről és a cementipar műszaki fejlődésében betöltött szerepéről a következőt mondhatjuk: a fő figyelmet manapság a tüzelőanyagmegtakarításnak, a hulladékok felhasználásának és különleges cementek létrehozásának szentelik. A cementipar egész történelmi fejlődése so-

rán sohasem voltak ilyen élesek az említett problémák. Megoldásuk útját pedig mindenekelőtt a klinkerképződés területére vonatkozó ismereteink további elmélyítésében találhatjuk meg.

Az ismert klinkerásványoknak a szennyeződésekkel képzett szilárd oldatai — állandó és mind mélyebb kutatások tárgya.

Mikro-röntgenspektrálanalízis módszerével meghatározták az alit és a belit összetételét a klinkerben, illetve tanulmányozták a C_3A , Na_2O -val és a kalcium-aluminát-ferritek Na , K , Mg , Cr , Mn , illetve Ti oxidjaival alkotott szilárd oldatainak összetételét és tulajdonságait. Megállapítást nyert, hogy az alit csak minimális mennyiségű, max. 4%-nyi szennyeződést tartalmazhat, míg a legnagyobb mennyiséget — kb. 13 tömegszázalékot — a C_3A tartalmazza.

Különös érdeklődésre tarthat számot az aluminát-ferrit-fázis tanulmányozása. Bebizonyosodott, hogy összetétele jelentős mértékben befolyásolja az azbeszt-cement szuszpenziók filtrációs tulajdonságait. Rá kell mutatni, hogy a filtrációs folyamat és az azbeszt-cement-film kialakulása a termékek műszaki tulajdonságait meghatározó egyik legfontosabb tényező.

Hatásuk mértéke alapján a kalcium-aluminát-ferriteket a következő sorrendben helyezhetjük el:



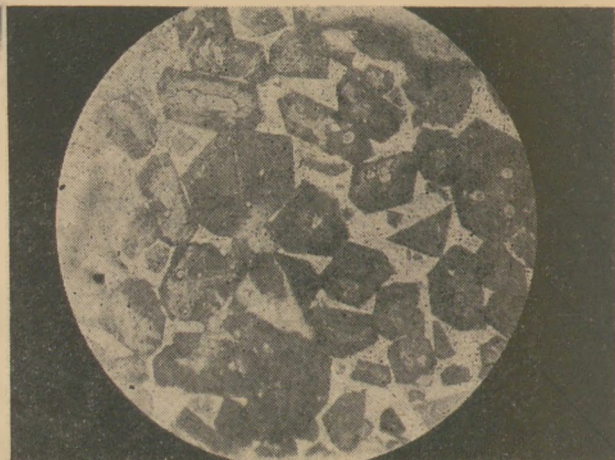
A MgO beépülése a kalcium-aluminát-ferritekbe valamelyest javítja a helyzetet, a Na_2O pedig rontja. Hasonló hatással vannak a kalcium-aluminát-ferritek a betonkeverék reológiai tulajdonságaira is.

A szilárd oldatok vizsgálatában újdonságnak minősül a reális fázisok összetételének megállapítása és a különböző komplex kristályszerkezet-módosító anyagok kidolgozása. A klinkerszemcsében a módosító anyagok természetétől és koncentrációjától függően oxidos és oxidos-sós oldadék keletkezik, melyek tulajdonságait a kialakuló klinkerszemcse lokális térfogatában az elemek egymáshoz viszonyított aránya határozza meg. A sók mennyiségének és oldhatóságának változásakor az oxidos oldadékokban megfigyelhető a sós összetételű likvációs zónák megjelenése (3. ábra). A K_2SO_4 , CaF_2 , $CaCl_2$ likváló sóoldadékaiban, ill. keverékeiben jelentős mennyiségű CaO oldódik, míg a SiO_2 , Al_2O_3 és Fe_2O_3 -ból kisebb mennyiség. A halogén-szulfát oldadékokban az alitképződés folyamata meggyorsul és ez a kristályok külalakján is tükröződik.

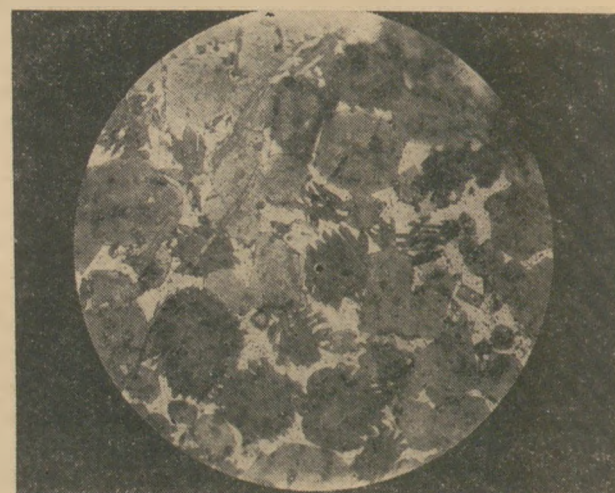
Megállapították, hogy nemcsak az ásványi összetétel, hanem az alit és belit kristályosodási jellemzői is fontos szerepet játszanak a cement tulajdonságainak kialakulásában.

Az 1. és 2. ábrán különböző kristályosodási fokú klinkerek tipikus mikroszerkezetét láthatjuk. Azonos ásványi összetétel mellett, ez az oka a gyártott cementek különböző szilárdságának. Sok olyan kutató, aki korábban a klinkerkristályok formájának és méreteinek vizsgálatával foglalkozott, az utóbbi időben a fő figyelmet a kristályhibák megállapításának és azok a hidratációs aktivitással való összefüggése megállapításának szenteli.

Több ipari klinker alitkristályainak mikroröntgenspektrál elemzése azt mutatta, hogy az ásványi összetétel nem egynemű: a kristály középpontjában a C/S arány meghaladja a 3-at, a szélein viszont a C/S kisebb, mint 3, és az előző esetben a központi terület



1. ábra. Jól kristályosodott ásványokat tartalmazó klinker mikroszerkezete



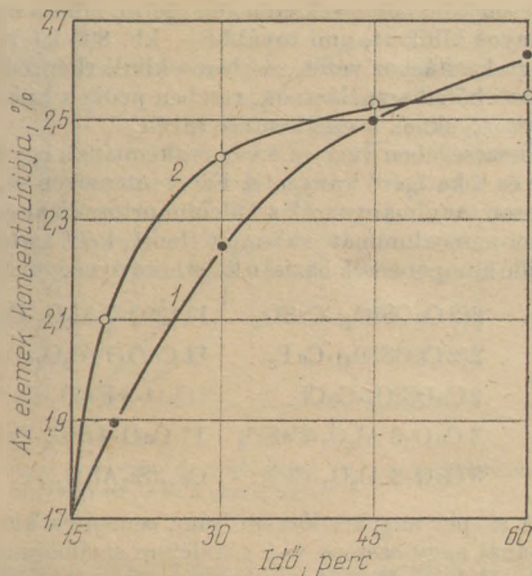
2. ábra. Gyengén kristályosodott ásványok

magnéziumban szegény. A jelentős mennyiségű szennyező ion lokalizációja megnöveli a rácshibák számát az alitkristályok szerkezetében a perifériális területeken.

A nyerskeverék égetési körülményei nemcsak a klinker fázisösszetételére gyakorolnak döntő hatást, hanem az elemeknek a fázisokban és az alitkristályok térfogatában való eloszlására is. A nyerskeverék égetési időtartalmának növelése megnöveli az Al , Fe , Mg -elemek mennyiségét mind az alitszemcsék közepontjában, mind pedig külső területein (3. ábra).

Röntgen fáziselemzés, mikrokalometria, valamint mágneses magrezonancia (spin-visszhang) módszereivel komplex módon vizsgáltuk a trikálcium-szilikát különböző elemekkel alkotott szilárd oldatai hidratációs aktivitását, 0,5 víz:szilárdanyag tényező mellett. Kimutattuk, hogy ásványok rácshibás szerkezete lényeges mértékben befolyásolja a hidratációs fokot és a kezdeti szakaszok időtartamát (4. ábra).

Tehát a szilárd oldatok további tanulmányozása, az ipari klinkerek tényleges fázisszerkezete, a fő klinkerásványok habitusának és rácshibáinak szabályozási lehetőségei, az égetési katalizátorok megalapozott kiválasztása — íme ezek ama tudományos feladatok, melyek megoldása a gyakorlat részére nagy jelentőségű.



3. ábra. Az alíba beépült elemek koncentrációja az égetési idő függvényében
 1 - a kristály központi része
 2 - a kristály széle

A cementkő hidratációja és szilárdulása

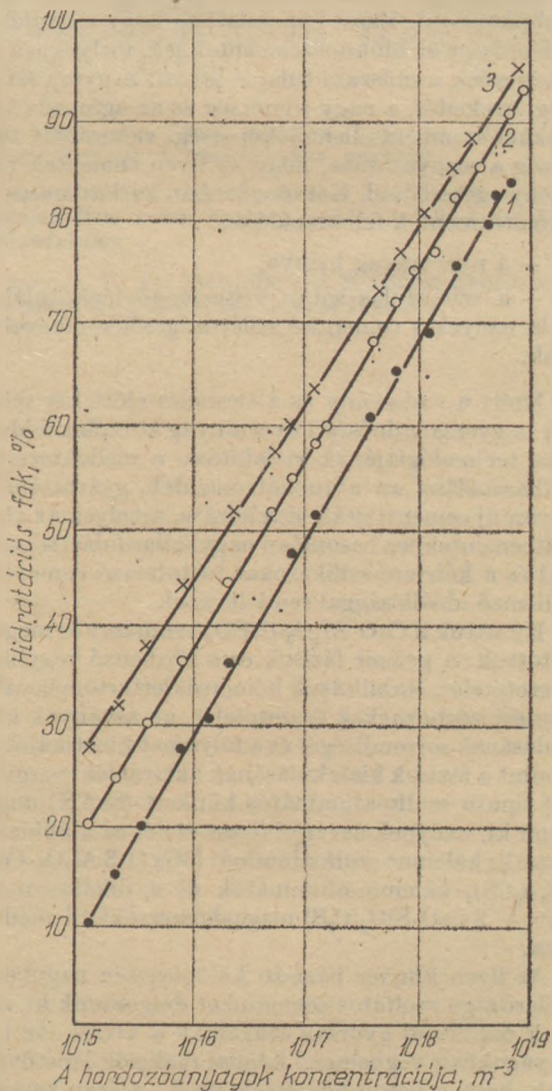
Napjainkra már sok, a cementkövet képező kristályhidrátot előállítottak monokristály formájában és meghatározták fizikai-műszaki tulajdonságaikat, tanulmányozták a különböző kristályhidrátok összenövésének törvényszerűségeit és a különböző típusú kristályok összenövési szilárdságát, kidolgozták a cementkő, mint kompozíciós anyag modelljeit, és feltárták a kristályos és gélyszerű fázisok szerepét a cementkő szerkezetének kialakulásában. Részletes elektronmikroszkópos vizsgálatokkal elemezték a főbb fázisok mikrokristályai közötti kölcsönhatást a hidratált cementre gyakorolt külső terhelés elviselése folyamán és kimutatták, hogy a fázisok közötti mikrorepedések keletkezése, melyek magisztrális roncsolódási repedésekké nőnek össze, a kristályok és kristályösszenövések szimmetriájának különbözőségével magyarázhatók. A mikrorepedések az alacsonyabb szimmetria kategóriába tartozó portlandit és kalcium-aluminát-hidrát zónák közelében keletkeznek. A szilikát- és aluminát-hidrogélek, melyek a megszilárdult cementben szubmikrokristályos matrixokat képeznek, lehetővé teszik a cementkőben keletkező mikrofeszültségek relaxációját, ellenállnak a mikrorepedések kifejlődésének, mivel ezeket a géleket átszövik a kalcium-hidroszilikátok és az ettringit túszerű szálas kristályos összenövésai.

Az e területen szerzett ismeretek bővülése lehetővé tette, hogy kidolgozzák a nagyszilárdságú cement előállításának elméleti alapjait. A cementkő szilárdsága a klasszikus cementgyártási módszerek mellett egy bizonyos határértékhez, kb. 65 MPa-hoz közelít, mivel annak egyik alkotórésze a kalcium-hidroxid. Ha ennek mennyisége meghaladja a 23–25%-ot (ami pedig lehetséges, ha a klinker alittartalma 65–70% felett van), akkor a cement szilárdsága nem növekszik, sőt esetleg csökken. Amint ezt felismerték, megindult az új irányok keresése e korlátozás elkerülése érdeké-

ben. Előállították a kristályosító kompozíciós alkotórészeket (az ún. krenteket). A krentek hatásának tudományos alapja az, hogy ezek egyrészt kiindulási reagensek, másrészt kristálycsírák a cementpépben a portlandcement két alapvető szilárdsághordozója szintéziséhez. A korai szilárdságot az ettringit, a tartós szilárdságot pedig a kalcium-hidroszilikátok biztosítják.

A kalcium alapú cementek által elérhető határszilárdság több okból is korlátozott. Ide sorolhatók:

- a cementkő rendezetlen szálas szerkezete, melynek főbb jellemzőit csak az utóbbi öt évben tanulmányozták rendszeresen transzmissziós és scanning-elektronmikroszkópok segítségével;
- az új hidrátképződmények összenövésekor keletkező belső feszültségek;
- valamint az, hogy a kiindulási cementszemcsék területén kialakuló aktív központok száma nem felel meg a cement vízzel való bekeverése során az oldatból kikristályosodni képes kristálycsírák



4. ábra. Az alít hidratációs foka a kristály rácshibák mennyiségének függvényében
 1 - MgO beépülésekor
 2 - Al_2O_3 beépülésekor
 3 - MgO + Al_2O_3 beépülésekor

számának. Ha kevés a kristálycsírák száma, a szilárdság lassan kezd növekedni és későn fejlődik ki, ami kedvezőtlen a cement építőipari termékekben és szerkezetekben való hatékony felhasználása szempontjából.

Megállapították, hogy az egyes szálak méretei és geometriai jellemzői a cement összetételének és őrlési feltételeinek változtatásával módosíthatók. Szükség van a szálas-géles szerkezetek matematikai szilárdságméletére, mely megmutathatná, milyen szálméretek és a szálaknak a szövetekben milyen elrendezése a legjobb, miáltal technológiai módszerek segítségével lehetne megkísérlni, hogy közelítsünk az optimális jellemzőkhöz.

A szuper-nagykezdőszilárdságú cementek problémája. Az építőipar területén a műszaki-tudományos fejlődés legfontosabb feladatai: a létesítmények kivitelezésénél a szerkezetek könnyítése, a vasbeton termékek előállításánál, a vízszigetelési és tapétázási munkák elvégzésénél a technológiai termelőfolyamatok gyorsítása és költségcsökkentése nem oldható meg, vagy hatékonyan nem oldható meg a jelenlegi cementek alkalmazásával. Ezzel kapcsolatban nagy a gyakorlati jelentősége az alumínátcementeknek, melyeknek igen kedvezőek a műszaki tulajdonságai. A gyors szilárdságnövekedés, a nagy tömörség és az agresszív közegekkel szembeni ellenállóképesség, valamint a tűzállóság a magyarázata, hogy az ilyen cementek iránti igény egyre bővül. Két ok azonban korlátozza az alumínátcementek felhasználását:

- a nyersanyag hiánya,
- a szilárdulás során végbemenő fázisátalakulások, melyek a cementkő szilárdságcsökkenésével járnak.

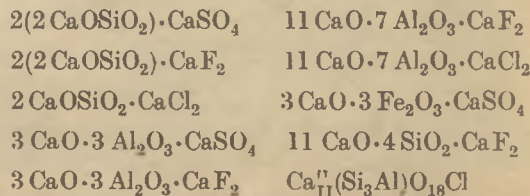
Ezért a tudomány és a termelés előtt két feladat áll: a gyenge minőségű nyersanyag komplex feldolgozási technológiájának kialakítása, a melléktermékek felhasználása az alumínátcementek gyártásánál és olyan új cementfajták létrehozása, amelyek az alumínátcementekhez hasonlóan nagy szilárdulási sebességgel és a kalcium-szilikátokat tartalmazó cementekre jellemző időállósággal rendelkeznek.

Kutattuk a $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-CaSO}_4$ -rendszer és megállapítottuk: a primer fázisok és a közbenső vegyületek összetételét, stabilitásuk hőmérséklettartományát, az égetési végtermékek összetételét, az ásványok kialakulásának sorrendiségét és a folyamat kinetikáját, valamint a fázisok kialakulásának aktivációs energiáját. Új típusú szulfo-aluminátos klinkert (SzAK) dolgoztunk ki, melynek ásványi összetételét az alábbiak alkotják: kalcium-szulfoaluminát ($3\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaSO}_4$ ($\text{C}_3\text{A}_3\text{CS}$)), kalcium-aluminátok és a dikalcium-szilikát – $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (C_2S) magashőmérsékletű módosulata.

Az ilyen klinker bázisán különlegesen nagykezdőszilárdságú szulfátos cementeket dolgoztunk ki, amelyek rendkívül gyorsan reagálnak a vízzel. Az ilyen anyagokban végbemenő kémiai reakciók lehetővé teszik, hogy a beton hőmérséklete 3–4 órán keresztül magas legyen, miáltal több esetben szükségtelenné válik a betontermékek gőzölése. Az ily módon elérhető hőenergiamegtakarítás 1200 kJ/kg cement nagyságú. Az említett cementfajták klinkerét 150–200 °C-kal

alacsonyabb hőmérsékleten kell égetni, mint a hagyományos klinkert, ami további – kb. 800 kJ/kg hőmegtakarításhoz vezet, részben a klinkerképződés elméleti hőfelhasználásának, részben pedig a külső hővesztéseknek a csökkentése révén.

Összeségében véve ez a cementkémiának egy érdekes és sokatígérvő irányzata. Ezért intenzíven és részletesen tanulmányozzák a kalcium-ortoszilikát és kalcium-monoaluminát, valamint fluort, ként tartalmazó illó komponensek bázisán keletkező új vegyületeket:



A szuper nagykezdőszilárdságú cementek kidolgozásánál nagy szerepe van a kalcium szulfoaluminátoknak. Hidratációjának tanulmányozása során kitűnt, hogy hidratációs sebessége a C_{12}A_7 -éhez közelít, míg a hidratátvegyületek összetétele és morfológiája tekintetben a CA_7 -höz áll közelebb.

– a cementkő szerkezetét hosszúkás, hálószerű kristályok képezik, melyek között a sejteket gélfázis tölti ki, ezáltal biztosítva a cementkő megnövekedett tömörségét és szilárdságát;

– a hidratációs időszak kezdetén keletkező ettringit, a CAH_{10} és C_2AH_8 kalcium-alumináthidrátok és az alumíniumhidroxid hosszú ideig megmarad a megszilárdult cementkőben. A C_{12}A_7 -től eltérően a $\text{C}_4\text{A}_3\text{S}$ hidratációja és szilárdulása során nem következik be a hidratátvegyületek átkristályosodása, ezért a cementkő szilárdsága időben egyenletesen növekszik.

A $\text{C}_4\text{A}_3\text{S}$ -nek a trikalcium-szilikáthoz való adagolása a hidratációs folyamatok intenzifikálását váltja ki, mivel megköti a keletkező $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -ot, és elősegíti a kis bázicitású kalcium-szilikáthidrátok képződését. A $\text{C}_4\text{A}_3\text{S}$ -t tartalmazó C_3S és C_2S kompozíciókból álló cementkő szilárdsága minden korosztályban viszonylag magas.

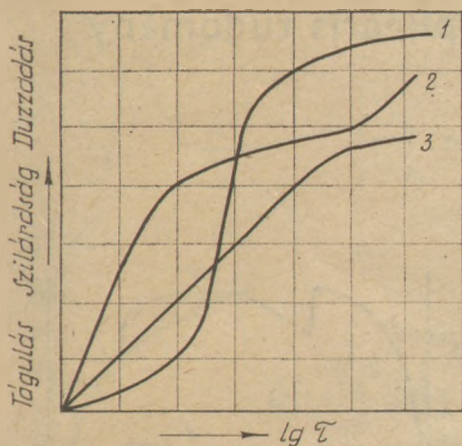
A $\text{C}_4\text{A}_3\text{S}$ hidratációs termékeinek összetétele alapján e terméket a megfelelő cementek előállításánál duzzadó adalékként is lehet alkalmazni.

Duzzadó cementek. A cementkő duzzadása a hidratáció során kialakuló szilárd fázis térfogatnövekedésével függ össze; és az a része váltja ki, amely nem fér el a hidratálódó cementkő szerkezetének pórustérfogatában.

E körülmények leginkább a „szekunder” kalcium-szulfoaluminát-hidrát keletkezésénél valósulnak meg, amikor a gipsz oldat a kalcium-aluminát-hidrátokhoz diffundál és azokkal reakcióba lép.

A szilárd fázis térfogatának növekedése révén bekövetkező duzzadás mértéke a környezetet jellegetől függ. Ha ez összenyomható (levegő), vagy elmozdítható (folyadék a kapillárisokban), akkor a térfogatnövekedés a szerkezet tömörödéséhez vezet; a tömörödés mértéke a szerkezet szilárdságától és plaszticitásától függ.

A különböző duzzadó cementeken végzett kutatások alapján megállapíthattuk a szilárdságnövekedés, a duzzadásnövekedés és az önfeszítés általános törvényszerűségeit (5. ábra).



5. ábra. A cementő duzzadásának (1), a szilárdságának (2) és önfeszítésének (3) változása

A kezdeti időszakban (a duzzadó cement és önfeszítő cement fajtájától függően a bekeverés pillanatától számított 1–3 nap) során gyorsan növekszik a szilárdság és kicsi a cementő duzzadása és önfeszítése.

A második időszakban (3–7 nap) a szilárdságnövekedés jelentéktelen (vagy esetleg csökkenés is bekövetkezhet), de jelentős mértékben növekszik a duzzadás és lassan nő az önfeszítés.

A harmadik időszakban (7 nap után) növekszik a szilárdság, stabilizálódik a cementő duzzadása és önfeszítése. Ha ezeket az eredményeket összehasonlítjuk a cementőben levő ettringit mennyiségére és fizikai-mechanikai jellemzőire vonatkozó adatokkal, megállapíthatjuk, hogy az intenzív gipszlekötés idő-

szakában (1 napos korrig) nagy mennyiségben keletkező ettringit (teljes mennyiségének max. 65%-a), az egyéb hidratációs termékekkel együtt, tömörebbé és szilárdabbá teszi a szerkezetet, minimális duzzadás mellett. A következő időszakban az ettringit-tartalom viszonylag csekély növekedése mellett, jelentősen növekszik a cementő duzzadása, amit ebben a szakaszban az alumináthidrátok és a gipsz oldat kölcsönhatásából kialakuló „szekunder” ettringit megjelenésével lehet magyarázni. Figyelembe véve, hogy ebben a szilárdulási szakaszban a cementő szerkezetének meghatározott szilárdsága és plaszticitása van, az ettringit képződéskor jelentkező feszültségek a szerkezet duzzadását okozzák. Az elvégzett kutatások alapján a cementő önfeszítése a cementhidratáció során egyidejűleg végbemenő két folyamat szuperponálásával magyarázható: egyrészt a cement szilárdsága növekszik, az időben állandóan növekedő hidratációs fok következtében, másrészt a cement duzzad a kialakuló kalcium-szulfon aluminát-hidrát mennyiségétől és képződési sebességétől függően. A szerkezet duzzadását és szilárdulását kiváltó tényezők szabályozásával előre meghatározott tulajdonságú, szuper nagykezdőszilárdságú, nem zsugorodó, duzzadó, önfeszítő cementek állíthatók elő.

T. B. Кузнецова: Достижения и проблемы науки и техники в области производства цемента

Kusnezowa, T. V.: Die Ergebnisse und Probleme der Wissenschaften, sowie Technik auf dem Gebiet der Zementproduktion

Kuznyecova, T. V.: Scientific and Technical Results and Problems in the Field of the Cement Industry

A mechanikai kémia, mint interdiszciplináris tudomány

JUHÁSZ A. ZOLTÁN

Veszprémi Vegyipari Egyetem, Szilikátkémiai és Technológiai Intézet

A szilikátipari gyakorlatban — kimondva, vagy nem kimondva — olyan általános nézet alakult ki, miszerint az anyagok fizikai állapotának megváltoztatása, tehát az aprítás és formázás, tisztán mechanikai energiával hajtható végre; azoknak a kémiai reakcióknak az energiaszükséglete pedig, melyek a forma állandóságát, illetve a fázisváltozásokat eredményezik, tisztán termikus energiával biztosítható.

A mechanikai és termikus energia szerepének ez az éles szétválasztása azonban nem helyénvaló. Tudjuk ugyanis, hogy a kémiai reakciók során létrejött szöveti szerkezet és az abból fakadó belső feszültségek milyen messzemenően befolyásolják a termékek fizikai-mechanikai tulajdonságait. Ugyanakkor ma már az is közismert, hogy a szilárd anyagokat ért mechanikai hatások olyan kémiai folyamatokat, fizikokémiai átalakulásokat eredményezhetnek, melyek az anyagok feszültségállapotában, termikus, vagy más fajta energia közlése nélkül mennek végbe.

E jelenségekkel, tehát egyrészt a kémiai folyamatok következtében kialakuló feszültségállapottal, másrészt a feszültségállapothól fakadó finomszerkezeti és fázis változásokkal a mechanikai kémia (mechanokémia) foglalkozik. Tipikusan interdiszciplináris helyzete folytán a mechanikai kémia alapvető feladata a kémiai és mechanikai jelenségek kapcsolatainak megismerése, ezeknek az ismereteknek a rendezése és gyakorlati alkalmazása.

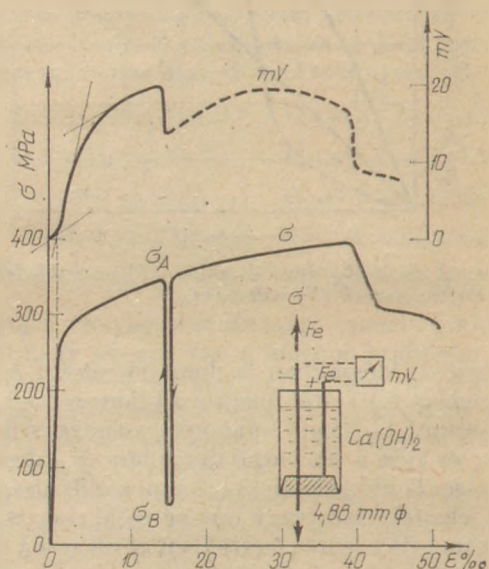
Tapasztalat szerint mechanikai-kémiai folyamatok őrléssel könnyen előidézhetőek, így tehát a jelenségeket ezúton lehet a legjobban tanulmányozni. Az őrléssel elsősorban az anyagok reakcióképességét növelhetjük meg, s ezzel — más anyagokkal való kölcsönhatásokra nézve — aktívabbá tesszük azokat. Ezért beszélünk általánosságban — a szó köznapi és termodinamikai értelmében — az őrlésről, mint a mechanikai aktiválás egyik módjáról — de nyomatékosan hangsúlyozva, hogy a mechanikai kémia nem korlátozható valamilyen „őrlés-kémiára”.

Őrlési kísérleteink során szerzett tapasztalatainkat három féle anyagmodell segítségével próbáltuk értelmezni:

1. A *mechanikai anyagmodell* izotrop, homogén szilárd test, melyet egyre növekvő mértékben terhelünk. A mechanika tanítása szerint terheléskor a test rugalmasan, vagy maradón deformálódik, majd eltörik, ha a maximális terheléskor ébredő feszültségek a törőfeszültséget elérik.

Ha a terhelés-alakváltozás kapcsolatának kémiai vonatkozásait vizsgáljuk, különös gondot kell tanulmányoznunk a kémiai reakcióképesség változását a test különböző mértékű terhelésekor, továbbá tehermentesítés és törés után. E feladat megoldására két féle kísérletet hajtottunk végre:

Az egyik kísérlet abból áll, hogy betonacél darabot úgy fogtunk be szakítógépbe, hogy az acélpálcát telített kalcium-hidroxid oldatot tartalmazó edénnyel



1. ábra. Vaspálca szakítódigramja, potenciálkülönbség a feszített és nyugalomban levő vaspálca között

vettük körül, az 1. ábrán feltüntetett séma szerint. A folyadékba egy másik, szabad acélpálcát is elhelyeztünk és a két fémdarabot galvánelemmé kapcsoltuk, melynek elektromos feszültségét az egyik pálcá folyamatos terhelése közben folyamatosan mértük. A húzófeszültség-alakváltozás (nyúlás) diagramot és az elektromos feszültség görbét az 1. ábrán feltüntetettük. σ_A -nál a terhelést σ_B -ig csökkentettük, majd a további terhelést egészen a szakadásig folytattuk.

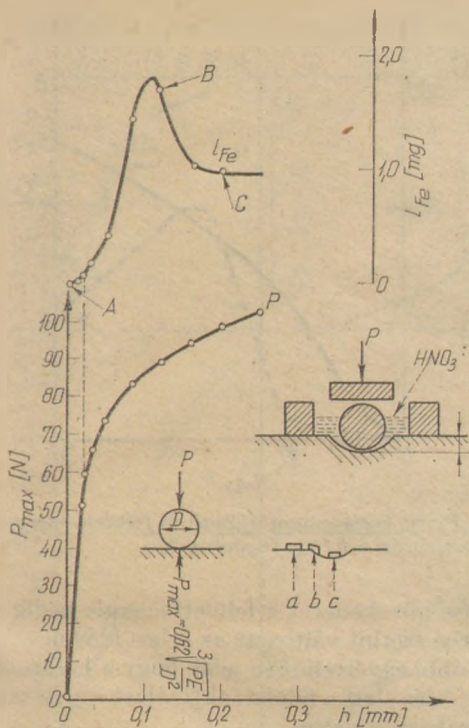
Mint ismeretes, a galvánelemek feszültsége arányos a bennük végbemenő kémiai folyamatok kémiai potenciáljával, tehát elemünk elektromos feszültsége alapján a húzott pálcá kémiai aktivitására következtethettünk a terheletlen pálcához képest, továbbá módunk volt a húzódiagram és kémiai potenciál párhuzamos vizsgálatára is.

A kísérletekből megállapítható, hogy

- nagyon kis elektromos feszültség volt tapasztalható a rugalmas alakváltozás szakaszában;
- a folyáshatár közelében az elektromos feszültség hirtelen megnövekedett;
- a plasztikus folyás szakaszában az elektromos feszültség kisebb ütemben növekedett tovább, de tehermentesítéskor csökkent és újratelheléskor eredeti értékét nem érte el;
- a pálcá elszakadásakor az elektromos potenciál hirtelen csökkent, de a nulla értéket csak huzamosabb pihentetés után érte el.

Megjegyezzük, hogy a galvánelem negatív sarka a feszített pálcá volt.

Egy másik kísérlet abból állt, hogy polírozott felületi acélhasáb felületébe salétromsavval körülvett üveggolyót nyomtunk, a 2. ábra szerinti elrendezés-



2. ábra. A vas felületének oldhatósága terhelés közben

ben. Gondosan betartott, mindig egyforma kísérleti körülmények között mértük a különböző terhelésnél kioldott vas mennyiségét, melyet a golyó behatolása és a terhelés alapján szerkesztett terhelés-alakváltozás diagrammal hasonlítottunk össze.

A kísérletből az alábbiak voltak megállapíthatók:

- a rugalmas alakváltozás szakaszában kicsi az oldékonyság;
- a folyáshatár közelében az oldékonyság jelentős növekedése tapasztalható;
- a plasztikus alakváltozás szakaszában az oldékonyság viszonylagosan csökkent.

Megjegyezzük, hogy a nyomás alatt kioldott vas mennyisége közel kétszerese annak a vasnak, mely a terhelés megszüntetése után oldható ki a felületről.

A két kísérletből az a következtetés vonható le, hogy az anyagok kémiai aktivitása terhelés alatt, tehát mechanikai feszültségállapotban sokkal nagyobb, mint a terhelés megszűnése, vagy az anyag eltérése után. A jelenség azzal magyarázható, hogy a terhelés alatti deformációban a diszlokációs-sűrűség sokkal nagyobb, mint a terhelés után visszamaradt feszültség-állapotban. A legnagyobb kémiai aktivitás azért érhető el a folyáshatár közelében, mert itt a legnagyobb a diszlokáció-sűrűség, illetve az anyagban rugalmasan tárolt energia.

A plasztikus folyás tartományában tapasztalható kémiai aktivitás-csökkenés relaxációs jelenségekre, tehát a belső feszültségek részleges megszűnésére, a tárolt energia hő alakjában való leadására és a mindezekkel összefüggő szerkezetváltozásokra, elsősorban diszlokációk kölcsönös kioltására vezethető vissza.

Ha a bemutatott kísérleti eredményeket az őrlés alatti folyamatokra vetítjük, akkor arra a fontos eredményre kell jutnunk, hogy az őrlemények az őrlésnek abban a periódusában, midőn a szemcséket deformá-

cióval járó erőhatások érik, kémiailag igen aktív állapotba kerülhetnek. Maximális az aktivitás, ha a szemcsék túlnyomó részében a folyáshatárt megközelítő feszültségek ébrednek.

Az őrlés után tapasztalható kémiai aktivitás-növekedés mindig kisebb, mint az őrlés alatt bekövetkező aktiválódás.

Ha pedig a szemcsékben olyan hibahelyek, mikrorepedések, kis energiájú csúszási síkok, stb. vannak, melyek már kisebb terheléskor törést okoznak, az őrlemény azért sem érheti el a maximális aktivitását, mert a szemcsék eltörnek, a bennük felhalmozott energiát pedig leadják, még mielőtt a maximális deformációs állapotukat elérhetnék.

Ezzel magyarázható, hogy mechanokémiai jelenségek főleg a nagy diszperzitásfokú őrlemények továbbőrlésekor tapasztalhatók. A nagyon kis méretűvé vált szemcsékben ugyanis már kevesebb a korai töréseket okozó hibahelyek száma, s így nagyobb a valószínűsége annak, hogy a szükséges deformációk, illetve feszültségek kialakuljanak.

Ezzel magyarázható továbbá, hogy a mechanokémiai jelenségek fellépése az anyagi minőség és a malomtípus függvénye.

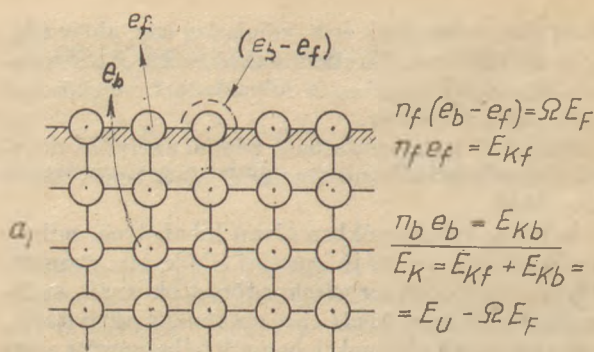
2. A kristálykémiai anyagmodell belső és felületi atomok rendezett, vagy rendezetlen halmaza, melyben az atomok között a kötési módtól és a halmazszerkezettől függő erőhatások vannak, s a külső mechanikai erő következtében beálló állapotváltozások a kötési energia és a halmazszerkezet változásaival jellemezhetők.

Kötési energián azt az energiát értjük, melyet ahhoz kell felhasználnunk, hogy valamilyen 1 kg tömegű szilárd anyag valamennyi atomját környezetéből kiemelve, egymástól gyakorlatilag „végtelen” távolságra vigyük. A kötési energia a stabilitás, változása pedig az aktivitás mértéke lehet.

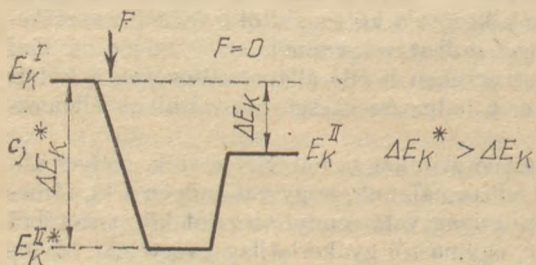
Nyilvánvaló, hogy a felületen lévő atomok könnyebben kiemelhetők a környezetükből, mint a belső atomok, ezért a felületre vonatkoztatott kötési energia is kisebb, mint a kristály belső részére vonatkoztatott kötési energia. A kettő különbsége a felület potenciális energiáját képviseli. Egy diszperz rendszer kötési energiája tehát mindig kisebb, mint ugyanennek a rendszernek a kötési energiája nem-diszperz állapotban (3. ábra). Ha ez utóbbit rácsergiának nevezzük, akkor a diszperz rendszer kötési energiája a felületi szabadenergiával csökkentett rácsergia.

Ha a halmazt olyan erőhatások érik, melyek csupán a rácsszerkezet deformációját eredményezik, akkor a kötési energia kontinuanus, ha pedig az anyag el is törik, akkor diszkontinuanus változik meg. Mindkét esetben az anyag aktív állapotba kerül, mégpedig azért, hogy

- a) csupán a fajlagos felülete növekszik meg,
- b) a felület növekedésével együtt megváltozik a felületi határréteg szerkezete, tehát a felületi potenciál is,
- c) a rácsszerkezet deformációja következtében csökken a rácsergiája,
- d) megváltozik a fajlagos felülete, felületi potenciálja és rácsszerkezete.



1. $\Delta E_K = -E_F \Delta \Omega$
 2. $\Delta E_K = -\Delta(E_F \Omega)$
 3. $\Delta E_K = \Delta E_U$
 4. $\Delta E_K = \Delta E_U - \Delta(E_F \Omega)$
- Felületi, aktiválás
 Szerkezeti aktiválás
 Mechanokémiai aktiválás



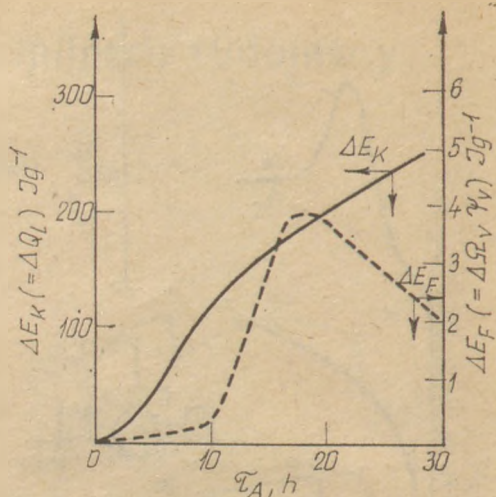
3. ábra. Vázlat a kristálykémiai modell értelmezéséhez

Jelölések: e_b, e_f = belső és felületi atom kötési energiája, n_b, n_f = belső és felületi atomok száma, E_K = kötési energia, E_U = rácsenergia, E_F = felületi energia, F = külső erő E_K^* : a kötési energia változása I. és II. végállapot között

Az a) – b) esetben felületi, a c) esetben szerkezeti és a d) (általános) esetben mechanokémiai aktiválásról beszélünk, megjegyezve azonban azt, hogy a részfolyamatok szétválasztása egy gyakorlati őrlés során igen nehéz, mert ezek jórészt fedik egymást, illetve időrendi sorrendjük felcserélődhet.

Az előzőekben ismertetett kísérletek és fejtegetések alapján joggal feltételezhető, hogy a kötési energia változásai a terhelés alatti feszültségállapotban nagyobbak, mint amit a terhelés után határozhatunk meg, hiszen tehermentesítéskor az anyag az előzőleg tárolt energia egy részét leadja (3. ábra, c. rajz). Szilikátoknál már az utóbbi, tehát a kezdeti és vég állapot különbségéből számítható kötésenergiái mérésénél is komoly kísérleti nehézségekkel kell megküzdeni.

Egy perlit-aktiválási kísérlet termékeinek kötési energiaváltozásait – melyet lúgos oldás oldáshőjéből számoltunk –, valamint a vízgőzadszorpciós izotermákból számított adszorpciós (felületi) energia értékeit az őrlési idő függvényében a 4. ábrán mutatjuk be. Mint látható, a kötési energia monoton csökkent



4. ábra. Perlit kötési energiájának és felületi energiájának változása az őrlési idő (τ_A) függvényében

(változása növekedett), a felületi energia pedig maximumgörbe szerint változott az őrlési idővel.

Ez utóbbi egyértelműen jelzi, hogy a hosszantartó, intenzív őrlés alatt a felületi aktiválást egy dezaktiválódási szakasz követte.

A felületi aktiválás és dezaktiválódás folyamatát sokkal könnyebb olyan kísérleti görbéken tanulmányozni, melyek az aktiválási idő, esetleg a fajlagos felület függvényében tüntetik fel a felülettel kapcsolatos tulajdonságok változásait. Egy ilyen kísérleti görbesort az 5. ábrán mutatunk be, példaként.

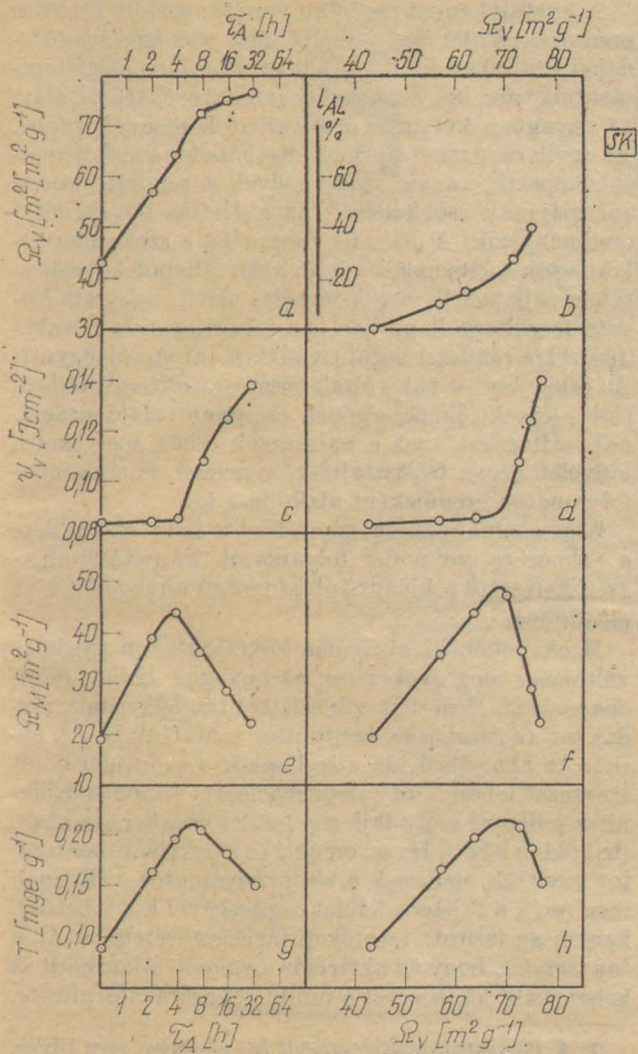
A görbék egy kaolin minta vízgőzadszorpciós fajlagos felületét és adszorpciós potenciálját, vizes szuszpenzióban metilénkék „szabad” felületét és kationcsere kapacitását tüntetik fel, az aktiválási idő és a diszperzitásfok függvényében.

Mint látható, a kísérleti eredmények nem támasztják alá azt a „klasszikus” felfogást, miszerint a szilárd anyagok őrlésének egyetlen eredménye a szemcse nagyság csökkenése és ezzel együtt a reakcióképesség növekedése. Görbéink ennél sokkal bonyolultabb jelenségekre utalnak.

Csak az őrlés kezdeti szakaszában tapasztalható ugyanis a fajlagos felületnek az őrlési energiával arányos növekedése, vagyis a felületi törvény érvényesülése. Éppen ezért ezt a szakaszt Opoczky Ludmilla „Rittinger szakasznak” nevezte. Megjegyezzük, hogy a Rittinger-szakasz anyagokint változó terjedelmű, és extrém esetekben, pl. a montmorillonitnál, jóformán meg sem jelenik.

Kritikus őrlési időnél a fajlagos felület görbén törés mutatkozik és ezzel együtt a mindezideig alig változó adszorpciós energia meredek emelkedésbe megy át. Kétségtelen, hogy az őrlésnek egy olyan szakaszába jutottunk itt el, amire az jellemző, hogy miután eltűntek a szemcsékben lévő gyenge pontok, tehát a szemcse méret kellően lecsökkent, a további őrléskor a friss törési felületeken nagy kötőerők szabadulnak fel, melyek hozzájárulnak a felületi potenciál növekedéséhez.

A felületi aktiválódásnak tudhatók be azok a dezaktiválódással járó másodlagos folyamatok, melyek a vizes szuszpenzió felázóképességének és a kaolin kationcsere kapacitásának csökkenését okozzák.



5. ábra. A mechanikai aktiválás hatása a sárisápi kaolin tulajdonságaira

Jelölések: Ω_V „vízgőzadszorpciós” fajlagos felület, ψ_v = adszorpciós potenciál, Ω_M = „metilénkék” fajlagos felület, T = kationcsere kapacitás, τ_A = őrlési idő

Ilyen szekunder folyamatok a következők:

a) Szemcsék halmozódása szekunder részecskékké. Opoczky L. különbséget tesz aggregáció és agglomeráció között. Az aggregáció: szemcsék fizikai erővel való laza kapcsolata; az agglomeráció viszont felületek kémiai erővel való „összesülését” jelenti. Mindkettő, de főleg az agglomeráció, a fajlagos felület csökkenésével jár együtt.

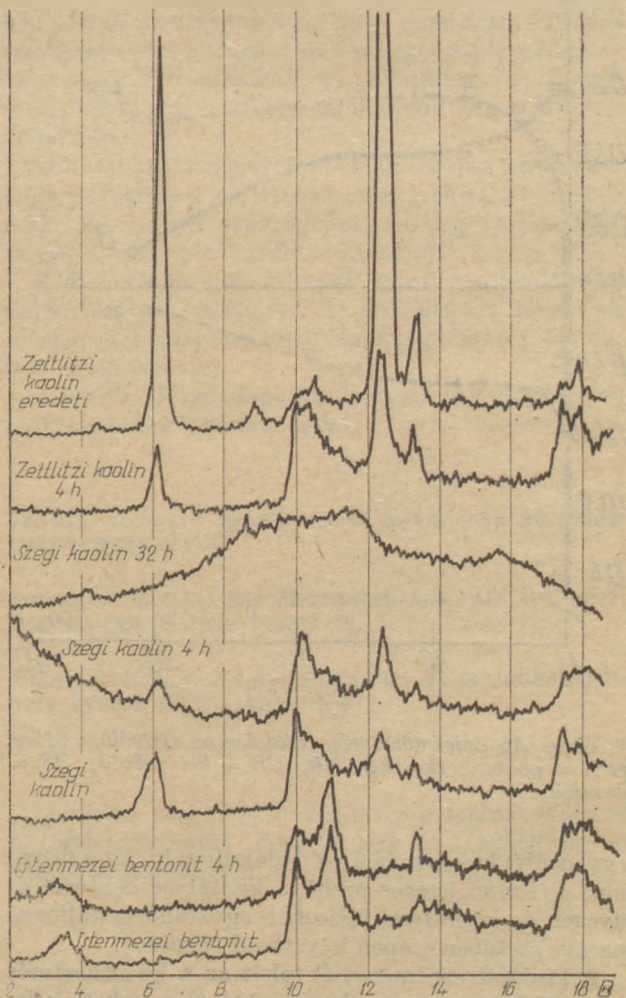
b) Szomszédos szemcsék aktív felületi centrumainak kölcsönös letakarása, melyet lefedési effektusnak nevezünk el. A lefedési effektusnak az a jellemzője, hogy egyes felületi tulajdonságok, pl. kationcsere képesség, felületi reakciók sebessége, néha az oldhatóság is, nagyobb mértékben csökken az agglomeráció periódusában, mint az a fajlagos felület csökkenéséből következne.

c) Az adszorpcióképesség és adhézióval kapcsolatos tulajdonságok intenzitásának fokozódása. Opoczky szerint ebben a szakaszban pl. a felületaktív őrlési segédanyagok kemiszorpcióval kötődnek az őrleményhez.

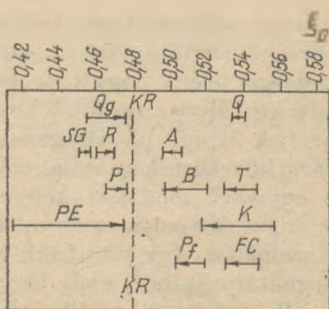
Az atomhalmaz-szerkezet természetesen a kristályrács paramétereivel írható le szabatosan. Esetünkben azonban nehézséget jelent, hogy a mechanokémiai folyamatokban a kristályos anyagok fokozatosan amorf állapotba mennek át, így pl. röntgenanalitikai úton csak egy határig követhetők az átalakulások (6. ábra). Ezért olyan egyszerű módszert kerestünk, mely a kristályos és amorf állapotra egyaránt alkalmazható mérőszámot szolgáltat. Így jutottunk el az „oxigéntömörtség” meghatározásához, mely lényegében a szilikátiüvegek jellemzésére használt oxigéntérkitöltés kiszámításából áll, majd az oxigének által képviselt térfogatot az egész szilikátszerkezet térfogatára vonatkoztatjuk. Az oxigénsűrűség tehát az oxigénatomok halmazának térkitöltése a teljes szilikátvázban.

Az oxigéntömörtség a kristályos anyagok mechanikai aktiválásakor rendszeresen csökken, a szilikátszerkezet fellazulása miatt (7. ábra). Ez teljes mértékben érthető, hiszen a rács maradó deformációja egyet jelent az atomok legtömörebb halmozódásának részleges megszűnésével.

Meglepő volt azonban, hogy a már eleve amorf szerkezetű anyagoknál, mint pl. a természetes és mesterséges üvegek, szilikagél, az oxigéntömörtség növekedése volt tapasztalható. A tendencia mindkét irányból az, hogy a krisztobalit oxigénsűrűsége, mint egy



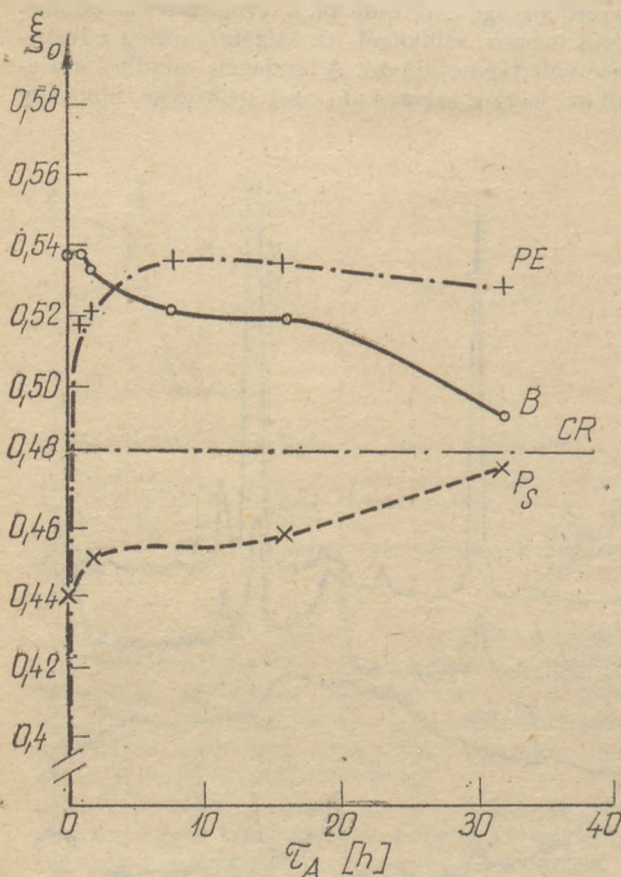
6. ábra. Bentonit és kaolinok röntgendiffrakciogramjai különböző ideig tartó őrlés után



Jelzések:

Q_g = kvarcűveg	P = perlit
Q = kvarc	B = bentonit
KR = krisztobalit	T = talkum
SG = szilikagél	PE = pernye
R = techn. üveg	K = kaolin
A = aplit	P_p = pirofillit
	FC = fire clay

7. ábra. Az „oxigéntömörtség” változása őrlés után



8. ábra. Az oxigéntömörtség változása az aktiválási idővel (PE = pernye, B = bentonit, CR = krisztobalit, PS = pumicit)

egyensúlyi halmozódási mód alakuljon ki. Ez a folyamat a tisztán üveges perlit, a kristályos bentonit és üveges és kristályos fázisokat egyaránt tartalmazó pernye esetében szépen követhető (8. ábra).

A kísérleti eredményből tehát az a következtetés vonható le, hogy a szerkezeti aktiválás mellett is lejátszódhatnak dezaktiválódási folyamatok, melyek lokális rendeződésekben nyilvánulnak meg.

A kristálykémiai modellre vonatkoztatott kísérleti eredmények alapján — melyeknek csak igen kis töredékét mutattuk itt be — azt az általános megállapítást tehetjük, hogy már a mechanikai erőhatások alatt az anyagban két irányú folyamatok mennek végbe. Az egyik csoportot a primer mechanokémiai folyamatok képezik, vagyis azok, melyek a rendszer kötési energiájának csökkenését, az aktivitás növekedését eredményezik. A második csoportba a szekunder folyamatok tartoznak, ezek az aktív állapot következtében zajlanak le még a terhelés alatti, vagy azt követő feszültségállapotban, s a kötési energia növekedésével, a rendszer dezaktiválódásával járnak együtt. Az őrlemény — vagy általánosan: az aktivált szilárd test — reakcióképességének és egyéb tulajdonságainak változásai, azok a változások tehát, melyeket a művelet végén tapasztalunk, a primer és szekunder folyamatok eredőjeként alakulnak ki.

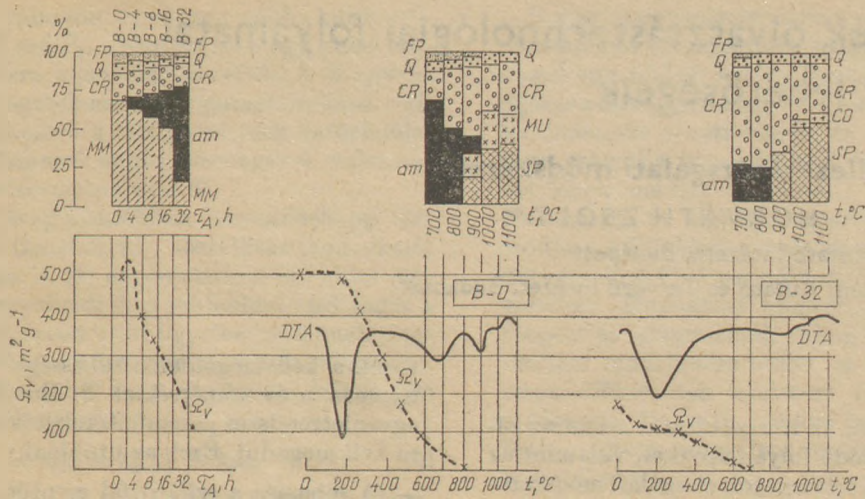
A mechanikai kémia egyik fontos kutatási területe a primer és szekunder folyamatok irányításának, s ezen keresztül a kívánt tulajdonságú anyagoknak az előállítása.

Mechanokémiai aktiválás következtében gyakran változnak meg gyökeresen az anyagok kémiai tulajdonságai is. Erre már sok adattal rendelkezünk, példáulként az istenmezei bentonitot mutatjuk be (9. ábra). Az aktiválási idő növelésekor a montmorillonit szerkezet lebomlását (amorfizációját) a montmorillonitra jellemző nagy fajlagos felület csökkenése kíséri (bal oldali ábra). Ha az eredeti és az aktivált bentonitot hevítjük, nemcsak a zinterfolyamatok változnak meg (ezek a fajlagos felület segítségével követhetők), hanem az izzított termékek fázisösszetétele is. Az a tapasztalat, hogy az aktiválás a spinell, a kordierit és krisztobalit képződését a mullit rovására elősegítette.

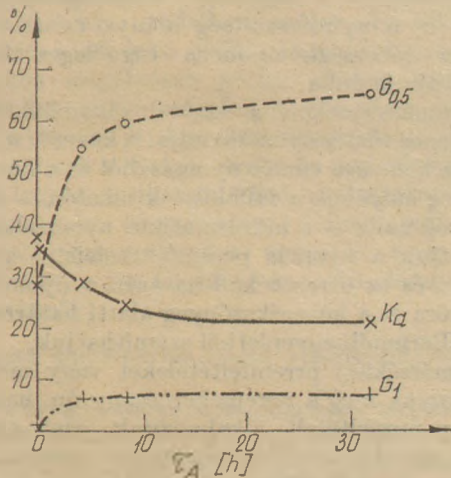
3. A termodinamikai modell lényegében egy olyan izolált energia-cserélő, mellyel mechanikai energiát közölve, a bevezetett energia egy része kémiai munka formájában hasznosítható.

Mai ismereteink szerint az őrlési munkának kisebb, mint 1%-a hasznosul felületnövekedés, tehát aprítás formájában. Sajnos nem ismerjük pontosan az őrlés alatt elnyelt összes energia nagyságát, mert meghatározása kísérleti nehézségekbe ütközik, ezért ismereteink is hiányosak ezen a téren. Közelítő mérések alapján az összes energiának mintegy 6–9%-a lehet az az energia, mely egy őrlési folyamatban a kezdeti és végállapot között, mint az anyagban tárolódott energia eltűnik. Ez a hatásfok igen kedvezőtlennek látszik. Kísérleti bizonyítékaink vannak azonban arra, hogy a terhelés alatti feszültségállapotban a mechanikai energiának ennél jóval nagyobb része is fordulhat kémiai reakciók energiaszükségletének fedezésére. Ezek a reakciók különösen akkor érdekesek, ha speciális mechanokémiai reakciók, tehát csak mechanikai energiával hajthatók végre. Erre is bemutatok egy példát:

Ha gipsz-anhidritet — finomra őrlve — kaolinőrleménnyel keverünk össze, akkor sem hosszas pihentetés, sem pedig néhány száz fokra való hevítés közben kölcsönhatást a két anyag között nem tapasztalunk. Ha azonban a keveréket pl. rezgőmalommal őrljük, akkor a kaolin fokozatos — és gyors — dehidroxileződése mellett gipsz-hemihidráttal és kevés di-



9. ábra. Bentonit fázisösszetétele különböző ideig tartó (τ_A) őrlés, illetve különböző hőmérsékleten (t) való kezelés után
 Jelölések: MM = montmorillonit, am = amorf, CR = krisztobalit, Q = kvarc, FP = földpát, MU = mullit, SP = spinell, CO = kordierit



10. ábra. Kaolin és gipsz-anhidrit együttes őrlése után a hemihidrát ($G_{0,5}$), dihidrát (G_1) és kaolinit (K_a) mennyiségének változása

hidrát képződést figyelhetjük meg (10. ábra). Az egyébként nagyobb hőmérsékleten disszociáló kaolin tehát ebben az esetben olyan kis hőmérsékleten bomlik, hogy a leadott vizet az anhidrit képes felvenni. Ez a klasszikus termodinamikai alapokon nem magyarázható reakció csak úgy érthető meg, ha figyelembe vesszük a kaolin stabilitásának mechanikai feszültségállapotban való csökkenését és az anhidrit kémiai reakcióképességének növekedését.

Szép, bár koránt sem könnyű feladat a mechano-kémiai kutatásoknak, hogy a fenti példákhoz hasonló kémiai reakciókat ismerjünk meg, az anyagi tulajdonságok változásait felderítsük és az ismereteket a kémiai technológia számára hasznosítsuk.

A mechanikai kémia valóban interdiszciplináris tudományterület, a „tisztá” mechanika és kémia kontaktusában. Tárgyköre az anyagok mechanikai és kémiai tulajdonságainak együttes vizsgálata, a finomszerkezet és kémiai reakcióképesség feszültségállapotban való változásainak megállapítása, a finomszerkezet és mechanikai tudományok kapcsolatának felderítése.

Szilikátoknál nagyon fontosnak tartjuk azoknak a lehetőségeknek a felderítését is, melyekkel a termikus reakciók energia szükségletét, esetleg reakcióútját vagy teljes lefutását befolyásolhatjuk.

Fontosnak tartjuk azoknak az eljárásoknak a kidolgozását is, melyekkel a szilikátipari termékek mechanikai tulajdonságait, esetleg gyártási folyamatait módosíthatjuk.

A jelenleg folyó alapkutatásoknak tulajdonképpen ezek a végső gyakorlati céljai.

Золтан Юзас А.: Механическая химия как интердисциплинарная наука

Juhász, A. Zoltán: Die Mechanochemie, als ein interdisziplinären Wissenschaftszweig

Juhász A. Zoltán: Mechanochemistry as an Interdisciplinary Branch of Silicate Science

* * *

A plenáris ülés után a konferencia szekció üléseken folytatta munkáját. Folyóiratunk a következőkben a konferencia anyagából cikkeket közöl majd.

Kádkemencék olvasztástechnológiai folyamatai és vizsgálati lehetőségeik

II. rész: A modellezési vizsgálati módszerek

PÁDÁR JÓZSEF*—HORVÁTH ZSOLT**

* Üvegipari Művek Kutató Intézete, Budapest

** Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

1. Bevezetés

Cikkünk első részében az üvegolvasztás során az olvasztókádban lejátszódó folyamatokkal, valamint az olvasztástechnológiai folyamatok vizsgálati módszereivel foglalkoztunk. Megmutattuk, milyen úton lehet eljutni az olvasztási folyamat és technológia analitikus leírásához, ahol is a végcél matematikai összefüggések felírása

$$Y_i = f(x_j) \quad (1)$$

formában. Ebben az összefüggésben a különböző gazdasági és technológiai jellemzőket y_i ($i = 1, \dots, n$)-vel, valamint a kemence konstrukciós és operációs változóit x_j ($j = 1, \dots, m$)-vel jelöltük. [1] Az (1) képletnek megfelelő összefüggések felírásának analitikus eljárása két részre bontható. Az első rész x_j függvényében az olvadékból a sebesség- és hőmérséklet-eloszlás meghatározása, majd ennek ismeretében a második rész, az y_i gazdasági és technológiai jellemzők vizsgálata. A sebesség- és hőmérsékletmező felírása történhet direkt üzemi kemencén történő mérés vagy indirekt meghatározási módszer, azaz modellezés alapján. A modellezésnek számos előnye van a direkt, kemencében történő méréshez szemben, amelyekről a korábbiakban szintén szóltunk. A következőkben ismertetjük az üvegolvasztás modellezésére használatos egyes modellezési módszereket.

1. Az üvegolvasztás modellezésének alapjai

A modellezési módszerek alapja az üvegolvadék áramlását és hőátadását leíró differenciálegyenletrendszer a hozzátartozó peremfeltételekkel. Ezek az egyenletek a kontinuitás egyenlet (2), a Navier-Stokes egyenlet (3) és az energia- (vagy más néven hőtranszport-) egyenlet (4):

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial (\rho \cdot v_k)}{\partial x} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial (\rho \cdot v_i)}{\partial t} + v_k \cdot \frac{\partial (\rho \cdot v_i)}{\partial x_k} = - \frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_k} \left[\eta \cdot \left(\frac{\partial v_i}{\partial x_k} + \frac{\partial v_k}{\partial x_i} \right) \right] + P_i \quad (3)$$

$$\frac{\partial (T \cdot \rho \cdot c)}{\partial t} + v_k \cdot \frac{\partial (T \cdot \rho \cdot c)}{\partial x_k} = \frac{\partial}{\partial x_k} \left(\lambda \cdot \frac{\partial T}{\partial x_k} \right) + \Phi \quad (4)$$

Az üvegolvadékat itt egy kémiaileg homogén fluidnak tételezzük fel, amelynek mozgását és hőmérsékleti viszonyait a (2), (3) és (4) egyenletek határozzák meg. Az egyenletek megoldását a következő vál-

tozókra kell megoldani: sebesség: v_k ($k = 1, 2, 3$), nyomás p és hőmérséklet T . Ennek megfelelően az egyenletrendszer peremfeltételeit is ezekre a változókra kell megadni. Ezek az utóbbiak:

- A sebesség a szilárd fal mentén a tapadási feltétel miatt nulla. A keverékszőnyeg alatt feltételezzük, hogy csak függőleges irányú sebességkomponens van, aminek értéke megfelel a keverék beoldódásának. Az átfolyóban az áramlás csak a kidolgozásnak megfelelő irányú, és nagyságát is a kidolgozási teljesítmény szabja meg. A szabad olvadékfelszínen a függőleges sebességkomponens nulla, és a nyírófeszültség hiánya miatt a vízszintes sebességkomponens függőleges irányú deriváltja is nulla.
- A nyomás értékeit a szabad olvadékfelszínen a kemence tűztér nyomása adja. A keverékszőnyeg alatt a kemence tűztér nyomásából és a keverékszőnyeg súlyából, a felfelületek mentén – ahol a sebesség nulla – a hidrosztatikus nyomásból számíthatjuk a nyomás peremfeltételeit. Végül az átfolyó és az olvasztókád határán a nyomást az átfolyóra és a keverékszőnyeg alatti határrétegre felírt Bernoulli-egyenletből számíthatjuk.
- A hőmérsékleti peremfeltételeket vagy mérésel határozzuk meg a peremeken, vagy ún. harmadfajú peremfeltételt alkalmazunk, ami minden egyes dA határfelület-elemen az olvadékból a felületre áramló hőáram és a felületről a környezetbe áramló hőáram egyenlőségét írja fel.

Az üvegolvadék sebesség- és hőmérsékleteloszlását leíró egyenletrendszer (2), (3), (4) tartalmazza továbbá az áramlási és hőátadási folyamatokat befolyásoló anyagi tulajdonságokat is. Ezek a fizikai tulajdonságok a sűrűség ρ , viszkozitás η , fajhő c és a hővezetési tényező λ . Ezek természetesen a kémiai összetétel, valamint a nyomás és a hőmérséklet függvényében változnak. Mivel a modellezés során az üvegolvadékat kémiaileg homogén fluidnak tekintjük, így az egyes fizikai tulajdonságoknak az összetétel változásától való eltérést nem kell figyelembe vennünk. (Természetesen nem tehetjük ezt meg, ha figyelembe akarjuk venni az olvadék áramlásának leírásánál az olvadék egyes komponenseinek koncentrációeloszlását is.) Az egyes tulajdonságok nyomástól való függősége elhanyagolhatóan kicsi. Ezért a továbbiakban az anyagi jellemzőknek csak hőmérsékletfüggését vesszük figyelembe az egyenletrendszer megoldása során.

A (3) egyenlet jelentése, hogy minden térfogatelem impulzusának megváltozása egyenlő a térfogatelemre ható erők összegével. Egy áramló folyadékban ható erők a tehetetlenségi erő, a nyomásból származó erő,

a súrlódási erő, valamint egy (vagy több) külső erő-tér által kifejtett erő P_i . Jelen esetben egy külső erő-tér hat az áramlásra, a gravitációs erőter. A (4) egyenlet az egyes térfogatelemek energiataralmának változását teszi egyenlővé a térfogatelemek határfelületén átáramló hőáramok előjeles összegével, valamint a térfogatelem hőforrástagjával Φ .

A hőátadás az üveglvadékban háromféleképp történik: hővezetés (kondukción), hőszállítás (konvekció) és sugárzás útján. A (4) egyenletben a bal oldal második tagja a konvekciót és a jobb oldal első tagja a kondukción és sugárzást veszi figyelembe. Ennek megfelelően λ egy effektív hővezetési tényezőt jelent, ami a hővezetési tényezőből és a sugárzásos hővezetési tényezőből tevődik össze:

$$\lambda = \lambda_{\text{eff}} = \lambda_{\text{kon}} + \lambda_{\text{sug}} \quad (5)$$

Természetesen λ_{sug} nem egy valós, hanem egy absztrakt fizikai mennyiség, amit a hőátadási problémák a különböző hőátadási formák együttes számításának megkönnyítésére vezettek be. [2]

2. A matematikai modellezés

A matematikai modellezés az üveglvadék áramlását és hőátadását leíró differenciálegyenlet-rendszer numerikus megoldását jelenti. Ehhez természetesen nagy kapacitású számítógép szükséges. Ennek ellenére a (2), (3), (4) egyenletrendszer még túl bonyolult ahhoz, hogy a számítástechnika mai szintjén megoldható legyen. Szükséges tehát az üveglvasztási technológia és az üveglvasztás folyamatainak ismeretében elhanyagolásokat tennünk. A matematikai modellezés során általában használt elhanyagolások a következők:

- csak stacionárius esetet vizsgálunk: $\frac{\partial}{\partial t} = 0$;
- az üveglvadéknak nagyon nagy a viszkozitása, az olvasztókádban ún. kúszóáramlás alakul ki, még a legmelegebb helyeken is a Reynolds-szám sokkal kisebb, mint 1, ezért a Navier–Stokes egyenletben a tehetetlenségi erő és az energiaegyenletben pedig a disszipációs energia, ami jelen esetben a forrástagot alkotja, elhanyagolható;
- a sűrűséget a Navier–Stokes egyenlet gravitációs erő tagjában a

$$\rho = \rho_0 \cdot (1 - \beta \cdot (T - T_0)) \quad (6)$$

képlet alapján kell meghatározni, míg a többi helyen konstansnak tekinthető (ez az ún. „Boussinesq-approximáció”);

– az effektív hővezetőképesség és viszkozitás deriváltjait a könnyebb számíthatóság kedvéért elhanyagoljuk.

Ezeket az elhanyagolásokat a (2), (3) és (4) egyenletbe behelyettesítve a szükséges átalakítások és egyszerűsítések elvégzése után vektor alakban a következő egyenletrendszert kapjuk:

$$\text{div } v = 0 \quad (6)$$

$$0 = -\text{grad } p + \eta \text{ div grad } v + g \cdot \rho \quad (7)$$

$$v \cdot \text{grad } T = \frac{\lambda}{\rho \cdot c} \cdot \text{div grad } T \quad (8)$$

Ennek az egyenletrendszernek a megoldása során az olvasztókád olvasztóterét szükséges valamilyen eljárással egy térbeli hálóra bontani, ahol a numerikus eljárás a differenciálegyenlet-rendszert algebrai egyenletrendszerre vezeti vissza, és a térháló csomópontjaira számolja ki a változók értékeit. A térháló felvételének módja, valamint a differenciál-egyenlet-rendszerből az algebrai egyenletrendszer felírásának módja a különböző numerikus eljárások esetén mindig más és más. A parciális differenciálegyenlet-rendszerekre alkalmazott numerikus eljárások két nagy csoportját alkalmazták eddig üveglvasztás matematikai modellezése során, ez a két nagy csoport a véges differenciák módszere, illetve a véges elemek módszere. Az ilyen módon leszűkített probléma a fent említett numerikus módszerek egyikével már megoldható.

Mivel a matematikai modell megalkotása csak a nagy kapacitású számítógépek elterjedése után volt lehetséges, így az üveglvasztás matematikai modellezése az 1960-as évek közepére vezethető vissza. A (6), (7), (8) egyenletek által meghatározott egyenletrendszert sok esetben tovább egyszerűsítették, valamint a nagy számítási idő és számítási kapacitás csökkentése miatt (az akkor még meglévő számítógépek többet nem is tettek lehetővé) a problémát leegyszerűsítették kétdimenziós problémává. Ilyen módon az egyszerűsített egyenletrendszert a kemence egy metszetében oldották meg. Az első modelleket VON PESCHKE [3] és TRIER [4] készítették. Utánuk az 1960-as évek végétől számos kétdimenziós matematikai modellt készítettek az üveglvadék lángtüzelésű olvasztókádban történő áramlásának számítására [5–17]. Ezek a kétdimenziós modellek is jelentős előrelépést jelentettek, és könnyen tudták ezek segítségével a kemencegeometriának, bükögát helyének és méretének, buborékolatás intenzitásának, helyének a kidolgozási teljesítmény változtatásának és egyéb paramétereknek az olvadék sebességeloszlására gyakorolt hatását tanulmányozni. Természetesen a tett elhanyagolások miatt ezeknek a modelleknek van egy bizonyos pontatlanságuk, az egyes paraméterek hatásának tanulmányozásában a megfigyelt tendenciák azonban így is hasznos előrelépést jelentettek. A kétdimenziós modellek fő hibája, hogy elhanyagolják a kétdimenziós metszet síkjára merőleges irányú áramlásokat, valamint, hogy csak a vizsgált síkra vonatkozólag szolgáltatnak eredményeket, a kád többi tartományáról nem mondanak semmit. Tradicionális lángtüzelésű kemence olvasztókádjában az olvadék áramlási és hőmérsékleti viszonyainak kiszámítására háromdimenziós matematikai modellt egyedül MOULT [18] publikált. Ez a modell is számos további egyszerűsítő feltételt tartalmazott, a kapott eredmények a mérésekkel azonban elég jól egyeztek.

3. A fizikai modellezés

A fizikai modellezés alapja a folyamatok fizikai hasonlóságának elve. Hasonló fizikai jelenségek azonos típusú differenciálegyenletekkel írhatóak le. Az ezekben a differenciálegyenletekben szereplő változók felbonthatók egy dimenzió nélküli változóra és egy

Fizikai modellezéssel a különböző technológiai paraméterek hatását az üveglvadék áramlására szintén lehet vizsgálni. [23–26]

4. Az elektromos modellezés

Az elektromos modellezés a fizikai modellezéshez hasonlóan a folyamatok hasonlóságán alapszik vagyis azon, hogy különböző folyamatok azonos típusú differenciálegyenletekkel írhatók le. Míg azonban a fizikai modellezésnél két azonos fizikai jelenséget hasonlítottunk össze, itt egymástól eltérő fizikai jelenségeket vehetünk össze. Az impulzusáram, a hőáram, illetve elektromos áram törvényszerűségeinek hasonlóságából, vagyis az őket leíró differenciálegyenletek analógiájából következik, hogy anyagáramokat, illetve hőáramokat könnyen lehet elektromos árammal modellezni. A leképezés során az egymásnak megfelelő mennyiségeket a 2. táblázat tartalmazza [29]. A megfelelő fizikai mennyiségek egymásnak való megfeleltetésével felépíthető egy elektromos hálózati elemekből álló rendszer, amelyeken különböző áramlási mezők vizsgálhatók. Az elektromos hálózati elemekből álló rendszeren bármely típusú peremfeltétel könnyen leképezhető.

Ennek a módszernek az a nagy hátránya, ami miatt nem tudott általánosan elterjedni az üveglvadék modellezésében, hogy egyszerre csak egyfajta mezőt lehet vele modellezni, az áramlási és a hőmérsékleti mezőt együttesen nem.

Ugyanakkor az elektromos modellezésnek van számos előnye:

- gyors változtathatóság, különböző geometriai elrendezések leképezése gyorsan megvalósítható,
- tetszőleges kezdeti és peremfeltételek könnyen megvalósíthatók,
- a mérések elvégzésének lehetősége a rendszer bármely pontján,
- valamint a mérések tetszőleges megismételhetősége.

Üveglvasztás során az üveglvadék hőmérsékleteloszlását COOPER és BUCHANAN [30] vizsgálta elektromos analógiával, miközben az olvadékok áramlását elhanyagolta. Az üveglvadék áramlását HACKESCHMIDT [31, 32] modellezte elektromos modell segítségével, ahol a nemlineáris ellenállásokkal az egyes anyagi állandók hőmérsékletfüggését szimulálta, de magát a hőmérsékletmezőt a sebességmezővel együtt leképezni nem tudta.

Az elektromos modellezési módszer egyes részfeladatokat vizsgálataira, illetve izotermikus mező sebességeloszlásának vagy szilárd testekben tranzienst hőmérsékleteloszlás vizsgálatára jól használható, de áramló folyadékok – mint pl. az üveglvadék – együttes áramlási és hőmérsékleti mezőnek leírására nem alkalmas.

5. A különböző modellezési módszerek összehasonlítása

A matematikai, fizikai és az elektromos modellezések mindegyikének kiindulópontja az áramlási és hőátadási rendszert leíró differenciálegyenlet-rendszer,

megoldásként mindegyik az üveglvadék hőmérséklet- és sebességeloszlását határozza meg. A matematikai modell egy nagy teljesítményű számítógépen a differenciálegyenlet-rendszer numerikus megoldását jelenti, míg a fizikai és az elektromos modellezés során a modellen végzett mérésekkel és az eredmények lineáris transzformációjával a sebesség-, illetve hőmérsékleteloszlás a differenciálegyenletek megoldása nélkül határozható meg. Innen látható, hogy mindegyik módszernek más az előnye és más a hátránya.

A matematikai modellezés pontosságának a számítógép kapacitása, valamint a számítások egyszerűsítésére tett elhanyagolások szabnak határt. A számítástechnika és a vele együtt járó numerikus matematika rohamos fejlődésével egyre kevesebb elhanyagolást szükséges tenni, és elvileg az olvadékok hőmérséklet- és sebességeloszlása tetszőleges pontossággal meghatározható. A hagyományos lángtüzelésű olvasztó kemencék olvasztókádjainak leírására eddig többnyire kétdimenziós matematikai modellek készültek. Ezek a modellek sok tekintetben előrelépést jelentettek, de az áramlási viszonyok pontos meghatározásánál még volt egy bizonyos hibájuk.

A keresztirányú áramlások teljes elhanyagolása meghamisította az áramlási képet. Háromdimenziós matematikai modellt eddig egyedül MOULT publikált. Szükség van további háromdimenziós matematikai modellekre, amelyek alapján az üveglvasztó kemencében az áramlási és hőmérsékleti viszonyok pontosan meghatározhatók. Ennek megfelelően a matematikai modellezés gyors ütemű fejlődése várható.

A fizikai modellezés keretében egy modellen végzett mérés eredményeit kell a valós üzemi kemence viszonyaira transzformálni. Itt a leképezés a hasonlósági kritériumok alapján történik. A fizikai modellezés pontosságának ezért a hasonlósági kritériumok betartásának mértéke és a modellen végzett mérések pontossága szab határt. A modellen végzett mérések a gyakorlati kiértékelés számára kielégítő pontossággal végezhetőek. A fizikai modell elkészítése során azonban lehetetlen olyan modellfolyadékot találni, amely az összes hasonlósági kritériumot kielégíti. A gyakorlatban ezért a modellkészítés során csak a legfontosabb két-három hasonlósági kritériumot szokták betartani, a többi elhanyagolják. Ezért a modell és a kemence fizikailag nem teljesen hasonló egymáshoz, viselkedésük az elhanyagolt hasonlósági kritériumok hatásának mértékében eltérnek egymástól. Lényegesen nagyobb pontosságot tehát nem várhatunk a fizikai modellezés módszerének továbbfejlesztésével. Ugyanakkor a fizikai modellezés előnye a matematikai modellezéssel szemben, hogy nem számítanak a matematikai modell elhanyagolásai, közelítései, nem függ a számítástechnika fejlettségétől, és az eredményeket természetesen háromdimenziós esetre kapjuk.

A jelenlegi szinten tehát mind a matematikai, mind a fizikai modellnek magvan a maga pontatlansága, amely a fent felsorolt okokra vezethető vissza. UNGAN, TURNER és VISKANTA [33] buborékok útját vizsgálták az üveglvasztó kemencében kialakult sebességmezőben, és ehhez elkészítették az olvasztó kemence matematikai és fizikai modelljét. Összehasonlították a kétfajta modellezés eredmé-

nyeit, és megállapították, hogy egyik modellezés sem írja le pontosan a kemence viszonyait, és a két modellezés hibája azonos nagyságrendű.

Az elektromos modellezés nem alkalmas folyadékok sebesség- és hőmérsékleteloszlásának egyidejű, együttes meghatározására.

6. Összefoglalás

A műszaki fejlesztésnek, a technológia automatizálásának nélkülözhetetlen alapja, hogy ismerjük a technológia során lejátszódó folyamatokat, valamint, hogy matematikai összefüggésekkel tudjuk leírni a kemence üzemvitelét leíró változókat, a gazdaságossági és technológiai paraméterek, valamint a kidolgozott üveg tulajdonságai közötti kapcsolatokat. Az ilyen összefüggések feltárására irányuló vizsgálatok két részre bonthatók. Először szükség van a kemencében az olvadék hőmérséklet- és sebességeloszlásának meghatározására, majd ennek ismeretében az olvasztási folyamatának nyomonkövetésére, és olyan feltételek, kritériumok meghatározására, amelyek az üvegolvadék kívánt minősége és a kemence energetikai viszonyai szempontjából az olvadék sebesség- és hőmérsékleteloszlásán keresztül a kemence üzemvitelét befolyásoló konstrukciós és operációs változóknak állítanak feltételeket. Ilyen irányú számottevő kutatási eredmények még nem születtek, és szükség van ezek mielőbbi feltárására, mert az olvasztási technológia fejlesztésének ez az egyetlen perspektívikus útja.

Az eddigi kutatások többnyire a sebesség- és hőmérsékleteloszlás meghatározására koncentráltak. Az üzemi kemencén történő direkt mérések nehéz hozzáférhetősége és nagy pontatlansága miatt a matematikai és fizikai modellezés módszere terjedt el. Ezen módszerek is további fejlesztésre, kutatásra szorulnak. Cikkünk második része a modellezési módszerek elméletével és megvalósításának néhány gyakorlati problémájával foglalkozik. Szükségesnek látjuk a modellezési módszerek továbbfejlesztését és az üvegolvasztási technológia ennek alapján történő kiterjedt vizsgálatát.

IRODALOM

- [1] *Hrma, P.*: Sklar a keramik 31 (1981), 36-40.
- [2] *Elsner, N.*: Grundlagen der Technischen Thermodynamik Akademie-Verlag, Berlin (1980)
- [3] *Von Peschke, J.*: Glastechnische Berichte 38 (1965), 276-281.
- [4] *Trier, W.*: Glastechnische Berichte 38 (1965), 282-292
- [5] *Leyens, G.*: I. rész: Glastechnische Berichte 47 (1974), 251-259.
II. rész: Glastechnische Berichte 47 (1974), 261-270.
- [6] *Noble, J. J.*; *Clomburg, L. A.*; *Sarofim, A. F.*; *Hottel, H. C.*: Transactions of the ASME, Journal of Heat Transfer (1972), 149-154.
- [7] *Wright, S.*; *Rawson, H.*: Glass Technology 14 (1973), 42-49.
- [8] *Gajewski, H.*; *Zschocher, H.*: I. rész: Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule für Architektur und Bauwesen Weimar 19 (1972), 315-322.
II. rész: Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule für Architektur und Bauwesen Weimar 19 (1972), 401-408.
- [9] *Burley, D. M.*; *Moult, A.*; *Rawson, H.*: Glass Technology 19 (1978), 86-91.

- [10] *Bärwolff, G.*: Silikattechnik 35 (1984), 132-134.
- [11] *Popov, V. V.*: Fizikai himija sztekla 6 (1980), 493-497.
- [12] *Völksch, G.*; *Hilbig, G.*: 6. IBAUSIL, Weimar (1978), Konferenciakiadvány, 3. kötet: 290-296. o.
- [13] *Hayakawa, H.*; *Mishima, M.*; *Kato, T.*; *Takahashi, K.*: XI. ICG, Prague (1977), Konferenciakiadvány; 4. kötet: 33-42 o.
- [14] *Stefan, J.*; *Skrivan, M.*: XI. ICG, Prague (1977), Konferenciakiadvány, 4. kötet: 43-53. o.
- [15] *Mase, H.*; *Oda, K.*: XII. ICG, Albuquerque (1980), Konferenciakiadvány: Journal of Non-Crystalline Solids 38 & 39 (1980), 807-812.
- [16] *Schmid, F.*: 7. IBAUSILi Weimar (1979), Konferenciakiadvány, 4. kötet: 92-95 o.
- [17] *Schmid, F.*: 8. IBAUSIL, Weimar (1982), Konferenciakiadvány, 4. kötet: 36-40. o.
- [18] *Moult, A.*: Glass Technology 23 (1982), 106-112.
- [19] *Katanek, S.*; *Groger, R.*; *Bode, C.*: Ähnlichkeitstheorie, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig (1976)
- [20] *Hrma, P.*: Journal of the American Ceramic Society 66 (1983), 517-523.
- [21] *Wolf, P.*; *Staudte, W.*: Silikattechnik 28 (1977), 266-268.
- [22] *Kaliski, H.*: Silikattechnik 27 (1976), 266-271.
- [23] *Safaieh, M. R.*: I. rész: Glastechnische Berichte 41 (1968) 87-96.
II. rész: Glastechnische Berichte 41 (1968), 129-137.
- [24] *Lennertz, H. E.*: I. rész: Glastechnische Berichte 44 (1971), 141-161.
II. rész: Glastechnische Berichte 44 (1971), 177-186.
- [25] *Plumat, E.*: Glastechnische Berichte 48 (1975), 21-26
- [26] *Kruszewski, S.*: Journal of the Society of Glass Technology 41 (1957), 257-175T
- [27] *Guarga, R. A.*: Journal of the American Ceramic Society 61 (1978), 388-391.
- [28] *Novotny, F.*: Sklár a keramik 31 (1981), 347-351.
- [29] *Imre László*: Hőátvitel összetett szerkezetekben, Akadémiai Kiadó, Budapest (1983)
- [30] *Cooper, Jr. A. R.*; *Buchanan, R. C.*: Journal of the American Ceramic Society 46 (1963), 588-592.
- [31] *Hackeschmidt, M.*: Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule für Architektur und Bauwesen, Weimar 24 (1977), 393-398.
- [32] *Hackeschmidt, M.*: Silikattechnik 28 (1977), 336-341.
- [33] *Ungan, A.*; *Turen W. H.*; *Viskanta, R.*: XIII. ICG, Hamburg (1983), Konferenciakiadvány: Glastechnische Berichte, 56K (1983), Bd.I., 125-129. o.

Pádár József - Horváth Zsolt: Kádkemencék olvasztástechnológiai folyamatai és vizsgálati lehetőségeik II.

Az üvegolvasztókád modellezésének a célja: az olvadék sebesség- és hőmérsékleteloszlásának meghatározása. Az üvegolvadék áramlásának modellezésére - az eddigi gyakorlatot tekintve - az alábbi modellezési módszerek ismereteseik:

- matematikai modellezés,
- fizikai modellezés,
- elektromos modellezés.

Mindhárom modellezési módszer alapja a jelenséget leíró differenciálegyenlet-rendszer és a hozzátartozó peremfeltétel-rendszer. Az alapvető eltérés az egyes modellezési módszerek között a megoldáshoz vezető utak különbözőségében van. A matematikai modellezés a differenciálegyenlet-rendszer numerikus megoldását jelenti nagy teljesítményű számítógépen. A fizikai és az elektromos modellezés pedig a hasonlóságelmélet alapján épített modellek méréseit és a mérési adatok lineáris transzformációját jelenti, melynek során a differenciálegyenlet-rendszer megoldása nélkül jutunk eredményre.

Падар, Й. - Хорват, Ж.: Процессы стекловарения в ваннах печах и возможности их исследования. II

Целью моделирования стекловаренной ванны печи является определение распределения скоростей и температуры расплава. Для моделирования потока стеклорасплава согласно сложившейся практике применяются следующие методы моделирования:

- математическое моделирование,
- физическое моделирование,
- электрическое моделирование.

Основой всех трех методов моделирования является система-дифференциального уравнения, записывающая явление, и относящаяся к ней бортовая условная система. Основной разницей между отдельными методами моделирования являются пути решения. При математическом моделировании система-дифференциальных уравнений решается численно с помощью высокопроизводительной вычислительной машины. Физическое и электрическое моделирование означает измерение моделей, построенных на основе теории подобия, и линейное трансформирование данных измерения, при котором конечный результат получают без решения системы дифференциальных уравнений.

Pádár, József – Horváth, Zsolt: Schmelztechnologische Vorgänge der Wanneöfen und deren Untersuchungsmethode Teil II.

Ziel der Modellierung der Glasschmelzwanne ist die Bestimmung der Geschwindigkeits-, und Temperaturverteilung. Für die Modellierung der Strömung der Schmelze sind bekannt die folgenden Modellmethode hinsichtlich der bisherigen Praktik:

- mathematische Modellierung
- physikalische Modellierung
- elektrische Modellierung.

Der Grund aller dreien Modellsysteme sind, dass die Erscheinung abbeschriebene Differentialgleichung-System und das zu diesen gehörenden Randbedingung-System. Die grundlegende Abweichung von den einzelnen Modellmethoden liegt in der Verschiedenheit der zu der Lösung führenden Wege. Die mathematische Modellierung bedeutet die numerische Lösung des Differentialgleichung-System mittels Rechnermaschine mit hoher Leistung. Obgleich die physikalische und elektrische Modellierung bedeutet das Messen der auf Grund der Ähnlichkeitstheorie gebauten Modelle und die lineare Transformation der Messangaben.

Pádár, József – Horváth, Zsolt: Melt Technology and Examination Possibilities of Glassmelting Tank Kilns II.

The aim of tank kiln modelling is the determination of the velocity and temperature distribution of the flow. Three modelling methods exist for this purpose: mathematical, physical and electrical modelling. The basis of all methods in the determination of a differential equation system (and its limiting conditions) which describe the phenomenon; the difference is the ways how to obtain them. Mathematical modelling means the solution of the system by high-capacity computers, while physical and electrical modelling methods mean measuring data on models built according to the similarity principles and the linear transformation of them. By these two methods results are obtained without the solution of the equation system.

KITÜNTETETTJEINK

az építésügyi és városfejlesztési miniszter

a Hollóházi Porcelángyár beruházásán végzett eredményes tevékenységéért

ZSÓFI Lászlónak a Hollóházi Porcelángyár üzemvezetőjének

KIVÁLÓ MUNKÁÉRT

kitüntetéssel adományozott.

A Magyar Népköztársaság Elnöki Tanácsa eredményes munkája elismeréseként, nyugállományba vonulása alkalmából

ZEMCOV Józsefnek, a Magnezitipari Művek asztalos csoportvezetőjének a

MUNKA ÉRDEMREND bronz fokozata

kitüntetéssel adományozta.

Az építésügyi és városfejlesztési miniszter

hazánk felszabadulásának 40. évfordulója alkalmából eddig végzett eredményes munkájuk elismeréséül

FÜVESI Margitnak, az Építőanyagipari Főosztály főmunkatársának

KIVÁLÓ MUNKÁÉRT

kitüntetéssel adományozott.

Az építésügyi és városfejlesztési miniszter hazánk felszabadulásának 40. évfordulója alkalmából eredményes munkájukért

KIVÁLÓ MUNKÁÉRT

kitüntetéssel adományozott

KOLLÁR József,

a Romhányi Építési Kerámia-gyár igazgatójának,

MÁTÓ Gyula,

az Északmagyarországi Téglá-és Cserépipari Vállalat osztályvezetőjének,

TÓTH Sándor,

a Középdunántúli Téglaiipari Vállalat osztályvezetőjének,

FÖLDI László,

az Üvegipari Művek Tokodi Üveggyár igazgatójának,

MAKAI János,

az Üvegipari Művek munkavédelmi irodavezetőjének,

SÁPI Lajos,

az Üvegipari Művek műszaki vezérigazgató-helyettesének,

Dr. OLASZNÉ KOVÁCS

Katalin, az Alföldi Porcelángyár laborvezetőjének,

PERSAY György,

az Alföldi Porcelángyár műszaki igazgató-helyettesének,

STERCZER Gergely,

a Cement és Műszaki Művek Látatlan Gyár üzemvezetőjének,

KISSNÉ HORVÁTH Mária,

a GRÁNIT Csiszolószerszám és Kőedénygyártó Vállalat gyáregységvezető helyettesének.

A kitüntetteknek gratulál a Szilikátipari Tudományos Egyesület vezetősége

A klinkertégla minőségét biztosító feltételek

MATTYASOVSZKY ZSOLNAY TAMÁS–BÁLINT PÁL

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

1. Bevezetés

Az NSZK-ban és az NDK-ban többféle minőségű klinkertéglát gyártanak [1].

A klinkertégla gyűjtőfogalom tisztázása céljából azok három fő jellemzőjének minőségi követelményeit az 1. táblázatban foglaltuk össze.

Az NSZK-ban a „Klinker” és a „hochfeste Klinker” olyan fagyálló téglák, amelynek csak a felülete szinterelődött az égetés folyamán. A „Klinker” tehát esztétikus megjelenésű és kis vízfelvevőképességű-, a „hochfeste Klinker” esztétikus megjelenésű, kis vízfelvevőképességű és nagyszilárdságú homlokzati-, burkolótégla tekinthető. A TGL szerint a „Mauerklinker K 35”-től nem követelmény a fagyállóság, a KV 35-től viszont igen. Így az előző csak belső felületen míg a KV 35 külső felületen is alkalmazható homlokzati-, burkolótégla.

1. táblázat

A különböző típusú klinkertéglák jellemző tulajdonságai

Terméktípus	Nyomószilárdság MPa	Test-sűrűség kg/dm ³	Víz-felvétel %
DIN 105 Teil 1, 3, 4 Klinker	≤ 35	≥ 1,9	≤ 7
Hochfeste Klinker	45–75	≥ 1,9	≤ 7
Keramikklinker	> 75	≥ 2,0	≤ 6
TGL 22821/04 Mauerklinker K35	35	1,8 ¹	
Mauerklinker verbländfähig KV35	35	1,8 ¹	
Mauerklinker verbländfähig, saurebeständig KVS 35	35	1,9 ¹	≤ 9
Hartbrandklinker KH 50	50	1,9 ¹	≤ 10
BSA 3921 Engineering brick A	48,5	=	≤ 7 ²
Engineering brick B	69	=	≤ 4,5 ²
ÖNORM 3220 Klinker	60	=	≤ 8
MSZ 3555/3 Falburkoló klinkertégla	20–28	=	≤ 8

¹ Legkisebb egyedi érték

² Vákuumban telítve

Az MSZ 3555/3 lapban előírt klinker-minőségnek – a szó szoros értelmében vett klinkernek – az NSZK-ban csak a DIN 105 Teil 4 szerinti „Keramikklinker” és a TGL 22821/04 szerint „Mauerklinker”

ker KVS 35” valamint a „Hartbrandklinker” felel meg.

A „falburkoló klinkertégla” csak viszonylag kis nyomószilárdságával tér el a többi klinkertégla előírásától.

Érdemes még megemlíteni, hogy korábban a német nyelvterületen a vörösbarna, kékes vöröstől a fekete színű, esetleg sómázás termékekre az „Eisenklinker” elnevezés, továbbá a kis vastartalmú tűzálló anyagból készült, szürke vagy barna színű, esetleg sómázás termékekre a „svéd klinker” elnevezés is használatos volt [2].

2. A klinkertégla gyártására alkalmas agyagok és masszák minősége

Közönséges téglagyagból adalék nélkül klinkert gyártani ritkán van lehetőség. A klinker gyártására alkalmas masszát a legtöbb esetben különböző minőségű agyagok, adalékok és az égetés folyamán folyósító hatású anyagok keverékéből lehet előállítani.

Bock és Nawrath [3] szerint klinker gyártására legjobban azok az agyagok alkalmasak, amelyeknek a szárítás és az égetés folyamán aránylag kicsi a lineáris zsugorodása és ennek ellenére képlékenyek. A figyelembevehető nyersanyagok sokfélesége miatt általános érvényű adat, megfelelő massaösszetétel nem adható meg. Fontos, hogy a soványító adalék finom szemcseméretű legyen.

Az égetés folyamán hirtelen lágyuló agyag esetén tűzállóagyag hozzáadásával növelhető a massa szinterelődési hőmérséklettartománya; nehezen lágyuló agyag esetén folyósító agyag hozzáadásával csökkenthető a tömörreégés hőmérséklete.

Zeöld [4] szerint a klinkertégla olyan mészszegény agyagból, agyagkeverékből készíthető, amelynek tömörödési hőmérséklete és a lágyulás kezdeti hőmérséklete között legalább 120–150 °C a különbség (szinterelődési hőmérséklet tartomány).

A klinkertégla gyártására használt agyaghoz olvasz toanyagként vasoxidot kevernek. A ferri-oxidnál (Fe₂O₃) jobb olvasztó hatású a ferro-oxid (FeO).

Plaul [5] szerint a klinker gyártásához alkalmas nyersanyagoknak nemcsak a szemcseösszetétele fontos, hanem az oxidos összetétele is. A megfelelő nagyságú szinterelődési hőmérséklet tartomány feltétele 1–5% alkáli és 1–8 % vasoxidtartalom. A földalkálioxid csak finom eloszlásban lehet és az 5%-ot ne haladja meg, mert különben a szinter-hőmérséklettartomány kicsi lesz.

Budnikov [6] szerint az agyag lágyulása és tömörreégése közötti hőmérséklet különbség lehetőleg 190–200 °C legyen. Mivel a természetben olyan agyagot ritkán lehet találni, amely a kívánt tulajdonságokkal rendelkezik, a megfelelő keveréket többféle agyagból kell összeállítani.

A nagyobb CaO tartalom esetén jelentősen csökken a szinterelődés hőmérséklettartománya és lágyulási hőmérséklete, a téglá gyorsan lágyul és a rakat alsó részében lévő téglák deformálódnak.

A CaCO₃ bomlása következtében távozó CO₂ porozussá teszi a téglát és a korán tömörre égett, szinterelődött felület felfúvódik.

A magnéziumoxid növeli a szinterelődés hőmérséklettartományát. Hátránya, hogy növeli az égetési zsugorodást.

Az agyag nem tartalmazhat 6–8%-nál több Fe₂O₃-ot, mert magas hőmérsékleten a vasoxid redukáló atmoszférában vasoxidullá alakul át, amelynek nagy a folyósító hatása. Ez egy könnyen olvadó oxidul-szilikáttá alakul át, aminek következtében a téglá felületén a vékony tömör réteg, a „Brennhaut” alakul ki és a téglá belseje redukált lesz. Vastartalmú képlékeny agyagból gyártott téglá belső részének redukciója a massa soványításával csökkenthető.

Előnyös ha a massa 1,5–2,5% földalkáioxidot és 15–25% Al₂O₃-at tartalmaz. A massa földalkáioxiddtartalma földpát, pegmatit, nefelinszienit stb adagolással növelhető.

Finomeloszlású földpát tartalmú agyagnak szélesebb a szinterelődési hőmérséklettartománya mint a nagy CaO és Fe₂O₃ tartalmúé.

Könnyen olvadó téglagyagok önmagukban nem alkalmasak a klinkertéglá gyártáshoz; ezért ezek kis szinterelődési hőmérséklettartományára tűzállóagyag vagy samottörlemény adagolásával növelhető és így a klinkergyártásra alkalmas masszát kaphatunk.

Igen nagy képlékenységgű agyag 20%-nál kevesebb finom homokkal kedvezően soványítható. Nagyobb mennyiségű homok kedvezőtlenül befolyásolja a tömörödést. Igen képlékeny agyaghoz előnyös a samottörlemény mellett klinkerörleményt adni, ami javítja a cserép tömörségét.

Amennyiben túl magas az agyag tömörreégési hőmérséklete, folyósító adalékként alkalmas: kréta, dolomit, márga, kőszénhamú, kohósalak, csillám — vagy földpáttartalmú homok, vas- és mangánérc, vastartalmú agyag, üveg, bazalt, magnezit.

Singer [2] szerint minden tömörre éggő anyag, így a legtöbb kőagyag gyártására megfelelő agyag is alkalmas a klinker nyersanyagaként. Gyakran — mint a kőagyag gyártásánál is — folyósító agyag alkalmazása szükséges. Folyósító anyag lehet alkálidús vagy vastartalmú agyag, esetleg földpáttartalmú ásványok. Kismennyiségű mész előnyös, figyelembe kell venni, hogy 1–2% mésztartalom növelés az olvadási hőmérsékletet 1–2 SK-val (20–40 °C-kal) csökkentheti. Vasoxid jelenléte — hasonló okból — csak bizonyos feltételek mellett kívánatos. A legkedvezőbb az alkáioxiddok hatása, mivel a massa a lágyulási hőmérséklet alatt lassan kezd szinterelődni.

Összefoglalva, a szinterelődési hőmérséklet tartományt

növeli az < 5% alkáli- és földalkáioxidd,
< 8% vasoxid,
tűzállóagyag,
samottörlemény,
klinkerörlemény,

csökkenti az > 5% alkáli és földalkáioxidd,
> 8% vasoxid,
a karbonát és vastartalmú adalék.

Budnikow [6] szerint a klinkergyártáshoz az

Al₂O₃ 22–24%
SiO₂ 68–70%
folyósító anyag 6–8%

tartalmú masszából célszerű kiindulni.

Singer [2] Seger alapján a klinker és kőagyag gyártására alkalmas két agyag oxidos összetételét ismer-teti. Az agyagok izzítási vesztesége 4,92 és 6,55% volt. Az agyagok oxidos összetétele az izzítási veszteség nélkül:

	A	B
Al ₂ O ₃	22,48%	26,29%
SiO ₂	73,56%	68,99%
Fe ₂ O ₃	0,80%	1,08%
CaO	ny	ny
MgO	0,41%	0,36%
K ₂ O + Na ₂ O	2,75%	3,27%
illetve		
Al ₂ O ₃	22,48%	26,29%
SiO ₂	73,56%	68,99%
folyósító anyag	3,96%	4,72%

Amint látható a masszák folyósító anyagtartalma csak alig kisebb a Budnikow által megadott oxidos összetételhez viszonyítva.

Albert [7] szerint a klinkertéglá alapanyaga olyan sárgás- vagy vörösbarnára éggő agyag, vagy agyagkeverék, amelynek tömörreégési hőmérséklete 1150–1250 °C és lágyulás- vagy olvadáspontja ennél a hőmérsékletnél legalább 120 °C-szal magasabb. A falburkolásra és csatornaépítésre szolgáló klinker építőelemek és burkolókövek alapanyagát

tűzállóagyag,

— vasoxidban dús, alacsony hőmérsékleten tömörreéggő mészszegevény agyag, továbbá

— adalékanyagok (amelyek a kiformázott testek zsugorodását, száradási- és égetési érzékenységét csökkentik)

keverékből állítják elő.

A Kőbányai Téglagyár volt klinker masszájának összetétele

50% kisterenyei vagy nemti téglagyag

35% tűzálló petényi agyag

15% sárospataki homok (0,5 mm-nél finomabb).

Kudelkáné [8] kísérleteket végzett a Kőbányai Téglagyárban a klinkertéglá gyártásához alapanyagként alkalmazott nemti agyag helyettesíthetőségére. A nemti agyaghoz hasonló oxidos összetételű — beledi, tófeji, körmendi, görömbölyi, szentgotthárdi, csornai, sárospataki, pátyi, kőszegi, pankaszi — agyagok kerámiai vizsgálatával megállapította, hogy a nemti agyag pótlására a beledi, csornai, tófeji, körmendi, kőszegi és szentgotthárdi agyagok jöhetnek számításba. Az ezekkel az agyagokkal készített kísérleti massa összetétele

50% téglagyag,

35% tűzálló petényi agyag és

15% sóskúti homok

A TGL 29317 szerinti tömör burkoló- és kőagyagtermék gyártására alkalmas agyagok minőségi követelményei

		Vörös színűre égető tömör burkolót.	Kőagyag termék
Al ₂ O ₃	%	≥ 17	≥ 20
Fe ₂ O ₃	%	≥ 2	≥ 2
K ₂ O + Na ₂ O	%	≥ 2	≥ 2
szabad kvarc	%	≤ 30	≤ 40
> 63 μm szemcse	%	≤ 20	≤ 15
< 2 μm szemcse	%	≥ 35	≥ 35
Száradási zsugorodás	%	≤ 10	≤ 10
Égetési zsuforodás	%	≤ 12 ¹	≤ 8 ²
Száraz ahjlítószilárdság	MPa	≥ 1,5	≥ 3,0
Vízfelvétel	%	≤ 2 ¹	≤ 6 ²
Szintertartomány	°C	≥ 100	≥ 100

¹ 950 – 1200 °C között égetve

² 1000 – 1300 °C között égetve

- a massa alkotók szemcsefinomsága és
- a sajtolt termék tömörsége.

A massa megmunkálására nagy gondot kell fordítani. Budnikow szerint szárazsajtolás esetén előnyös a nagy képlékenyséű massa-komponenseket 300 – 500 °C hőmérsékleten dehidratálni [6].

A klinkertégla megfelelő tömörségének, testsűrűségének elérésére legalkalmasabb formázási mód:

- a száraz sajtolás (Troockenpressung) 4–8% massa nedvességtartalommal, forgóasztalú –, könyökemelyűs-, frikciós-, hidraulikus présekkel, vagy csökkentett nedvességtartalmú sajtolás (Steifverpressung) 12–16% massanedvességtartalommal csigaprésen, vagy
- csökkentett, esetleg hagyományos nedvességtartalommal végzett sajtolás, majd a téglák bőrke-ményre szikkasztása és utánsajtolása.

Az említett három eljárás teszi lehetővé a szép felületű, ép élű és sarkú, méretpontos klinkertégla gyártását.

Mivel a szárazsajtolás aránylag kis teljesítményű (3000 – 4000 db/h) és az utánsajtolás pedig a kis teljesítmény mellett körülményes, újabban a klinkertéglát csökkentett nedvességtartalommal csigaprésen sajtolják, amely a 30 000 db/h teljesítményt is elérheti [10]. Ennek előnye, hogy üregek áru is gyártható, kisebb a formázási nedvességtartalom és ezért elmaradhat az agyagszárítás, továbbá azonos égetési feltételek mellett a klinker vízfelvétele kisebb, mint szárazsajtolás esetén (1. és 2. ábra.).

A jó agyagon, illetve a masszamegmunkáláson kívül a klinkertégla gyártása folyamán az égetési folyamatra kell a legnagyobb figyelmet fordítani. A klinkertégla égetésénél a felfűtési sebesség jóval kisebb, mint a közönséges falazó elemeknél, továbbá a szükséges maximális égetési hőmérsékleten olyan hosszú ideig kell tartani, hogy a téglák belső magjáig is szinterelt legyen. A jó hőntartás is feltétele az egyenletes keménységű, egyenletes színű szívós klinkertéglának. Budnikow szerint az égetési idő 8–10 nap és a hűlési idő 3–4 nap.

A kemencét úgy kell megtervezni, hogy lehetséges legyen a redukáló égetés a téglák színének és felület-

volt. Az 1150 °C hőmérsékleten égetett kísérleti klinkermasszák közül csak a beledi és csornai agyagokból készült téglának volt akkora a vízfelvétele (1,7–5,5%), amely a klinkertégla megengedett vízfelvételének megfelelt. A többi agyagból gyártott klinkertégla vízfelvétele meghaladta vagy megközelítette (6,8–8,1%) a szabványban megengedett 8%-ot.

A tűzálló petényi-, nemti-, csornai- és beledi agyag izzítási veszteség nélküli oxidos összetételét a 2. táblázatban foglaltuk össze. A csornai- és beledi agyag oxidos összetételénél az alkáloxid tartalmat Kudelkáné nem közölte, ezért a 100%-ig hiányzó részt alkáloxidnak tekintettük.

2. táblázat

A klinkergyártáshoz alkalmazott agyagok és masszák oxidos összetétele

	Petényi	Nemti	Beled	Csorna
Agyag összetétel				
Al ₂ O ₃	33,4	22,4	23,7	24,7
SiO ₂	62,2	63,8	64,9	59,2
Maradék	1,4	13,8	11,4	16,1
Klinkermassza összetétel				
Al ₂ O ₃		22,9	23,6	24,0
SiO ₂		68,6	69,2	66,4
Maradék		8,5	7,2	9,6

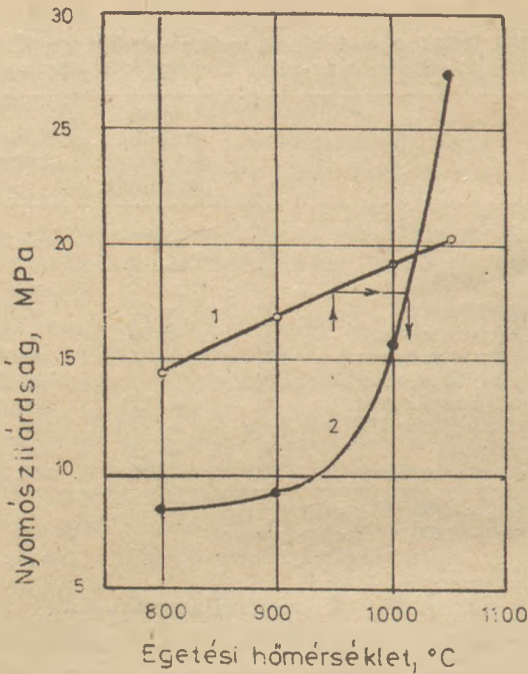
Kiszámítottuk az 50% tűzálló petényi agyagból 35% téglagyagból + 15% homokból álló keverékek oxidos összetételét. A számítás eredményeit a 2. táblázat alsó részében ismertetjük. Megállapítható, hogy a javasolt beledi alapanyagú masszakeverék összetétele a Budnikow által javasolt oxidos összetétel tartományba esik, a másik két masszakeverék oxidos összetétele megközelíti ezt.

Mivel a nemti agyagot tartalmazó klinkermasszából készült klinkertégla is megfelelt a szabvány követelményeinek, a Budnikow által javasolt oxidos összetétel tartományt iránymutatónak tekinthetjük.

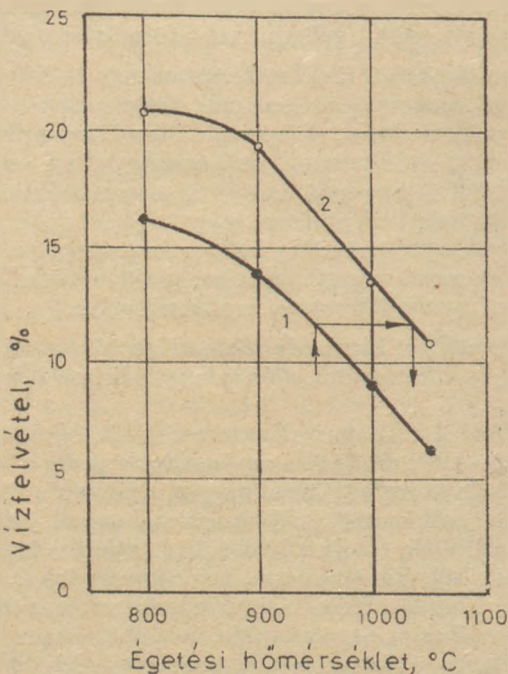
Az 1. táblázatnak megfelelő minőségű klinkertégla gyártására alkalmas agyag minőségére vonatkozó előírást a TGL 29317 is tartalmaz [9]. A TGL-ben a „Hartbrandklinker” nincs feltüntetve, csak a felületen szinterelt „Mauerklinker”-agyagminőség szerepel. Ezért a Hartbrandklinker minőségét megközelítő – vörösreégető – tömör burkolóelem és a kőagyag termék nyersanyagának minőségi követelményei lehetnek irányadók. A jellemzőket és ezek értékeit a 3. táblázat mutatja.

3. A klinkeresedést elősegítő technológiai feltételek

Amíg a homlokzati- és burkolótégla minőségét befolyásoló tényezők hatását a szakmai rodalom részletesen ismerteti, addig a klinkertégla gyártás különös szempontjairól kevés adat található. Mivel a klinkertégla égetési hőmérsékletén (1150–2150 °C) megindul az üveges fázis kialakulása, a massa ásványi összetétele helyett annak oxidos összetételén van a hangsúly. Az üveges fázis kialakulását az – oxidos összetétel mellett – lényegesen befolyásolja



1. ábra. Hagyományos nedvességtartalommal és szárazon sajtolt téglá nyomószilárdsága (6), 1. hagyományos nedvességtartalommal sajtolt, 2. szárazon sajtolt



2. ábra. Hagyományos nedvességtartalommal és szárazon sajtolt téglá vízfelvétele (6), 1. hagyományos nedvesség tartalommal sajtolt, 2. szárazon sajtolt

nek befolyásolása céljából. Az égetés végén alkalmazott redukáló atmoszféra hatására a téglá felületén könnyen olvadó vasoxidul-szilikát réteg képződik.

Budnikov szerint [6] a klinkertéglát a kemencébe tömöbben kell rakni, mint a közönséges téglát. Bender—Händle szerint [10] viszont a klinkertéglát nagy testsűrűsége miatt ritkán kell rakni.

A kemencerakás folyamán a rakat egyes sorai közé tűzálló homok szórása szükséges az egymáson fekvő téglák összeragadásának megakadályozására.

IRODALOM

- [1] *Mattyasovszky Zsolnay, P. — Bálint, P.*: Homlokzati-, burkoló- és klinkertéglák. Elnevezések, minőségi követelmények, *Építőanyag*, 1985.
- [2] *Singer, F.*: Die Keramik im dienste von Industrie und Volkswirtschaft Druck und Verlag von F. Vieweg u, Sohn A. g Braunschweig 1923.
- [3] *Bock-Nawrath.*: Die Ziegelei, Anlage und Betrieb 7. Auflage. Paul Parey in Berlin und Hamburg. 1955
- [4] *Zéld, I.*: Téglá- és cserépgyártás Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1958.
- [5] *Plaul, Th.*: Technologie der Grobkeramik. Herstellung und Prüfverfahren, Band 6. VEB Verlag für Bauwesen, Berlin 1968
- [6] *Budnikov, P. P.*: Technologie der keramischen Erzeugnissen einschliesslich der feuerfesten Baustoffe VEB Verlag Technik, Berlin 1953
- [7] *Albert, J.*: A téglá- és cserépipar agyagtelepülései. Az agyagok műszaki és gyártástechnológiai jellemzői ÉaKKI 7. sz. Tudományos Közlemények 1962.
- [8] *Kudélka, Dné.*: Közönséges tégláagyagokból készült burkoló elemek *Építőanyag* 1965. 2.50.
- [9] TGL 29 317 (1977) Keramische Roh- und Werkstoffe. Tone zur Herstellung bau- und grobkeramischer Erzeugnisse
- [10] *Benderi W. — Händle, F.*: Handbuch für die Ziegelindustrie. Verfahren und Betriebspraxis in der Grobkeramik Bauverlag GmbH. Wiesbaden, 1982.

Mattyasovszky Zsolnay Tamás — Bálint Pál: A klinkertéglá minőségét biztosító feltételek

A klinkertéglá lényegében esztétikus megjelenésű, szilárdságú és kis vízfelvévőképességű homlokzati — illetve burkolótéglá. A massa ásványi alkotói mellett lényeges szerepe van az oxidos összetételnek. A megfelelő minőségű agyagon és masszakomponenseken, a massa megmunkálásán és formázásán kívül a klinkertéglá gyártása folyamán nagy figyelmet kell fordítani az égetés folyamatára.

Маттяшовский, Ж. Т.—Балинт, П.: Предпосылки, обеспечивающие качество клинкерного кирпича

Клинкерный кирпич представляет собой по существу фасадный или же облицовочный кирпич с эстетическим внешним видом, высокой прочностью и малenкой водопоглощающей способностью. Наряду с минералогическим составом массы существенную роль играет также и окисный состав. Помимо соответствующего качества глины и компонентов массы, обработки и формирования массы при производстве клинкерного кирпича нужно обращать большое внимание также и на ход обжига.

Mattyasovszky-Zsolnay Tamás — Bálint Pál: Die, Qualität des Klinkerziegels gesichernden Bedingungen

Der Klinkerziegel ist eigentlich ein Verblend-, bzw. Fassadenziegel mit ästhetischer Erscheinung, hoher Festigkeit und niedriger Wasseraufnahme. Neben den mineralischen Bestandteilen der Masse hat eine bedeutende Rolle auch die chemische Zusammensetzung. Außerhalb dem Ton und Massekomponenten mit entsprechender Qualität muss das Brennprozess während der Herstellung des Klinkerziegels berücksichtigt werden.

Mattyasovszky-Zsolnay, Tamás — Bálint, Pál: Factors Assuring the Quality of Clinkered Bricks

Clinkered bricks are clay-based facade and cladding bricks, which are aesthetic, have high strength and low moisture uptake. Besides the mineralogical constituents also the oxide composition of the body plays an important role.

Among all manufacturing parameters (quality of clay and other components, methods of body preparation and shaping) the main item which affects the quality of the bricks is the firing process.

Nógrád megye építőipari nyersanyagainak lyukkártyás nyilvántartása gazdaságföldtani programok készítéséhez és értékeléséhez

SÍPOSS ZOLTÁN

Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest

Az építkezések és az építések utáni karbantartó munkálatok igényeinek kielégítésére széles skálán fordul elő építőipari nyersanyag Nógrád megyében. A megye területén levő különféle földtani képződményekben előforduló építőipari nyersanyagot a gazdaságföldtani térképen, valamint a nyilvántartó kartonokon rögzítjük.

A gazdaságföldtani térképek alapja a „Magyarország 1 : 200 000-es földtani térképsorozata” [1, 2, 9, 17], amelyből kiegészítésekkel és összevonásokkal szerkesztett 1 : 100 000-es térképre kerülnek az építőipari nyersanyagok előfordulási helyeinek jelzései [14]. Az eredeti térképen így 48 különféle földtani képződményt és 10 építőipari nyersanyag-nak felhasználható kőzetet tüntetünk fel. A térkép nagybátonyi részlete a megye 6 legelterjedtebb építőipari nyersanyagául szolgáló kőzetet ábrázolja (1. ábra).

A gazdaságföldtani térképen a következő 48féle földtani képződmény fordul elő: 1) Dachsteini jellegű

mészkö (triász); 2) Pizolitos bauxit (kréta); 3) Nummuliteszes-lithot amniomos mészkö (eocén); 4) Hárshgyi homokkő és tűzálló agyag, 5) Foraminiferás agyagmárga, 6) Pectunculuszos homok, homokkő, 7) Homokos agyag, slír, 8) Homok, homokkő, (oligocén); 9) Nagypectenes homok, szárazföldi kavics és tarka agyag, 10) Alsó riolittufa, 11) Alapkavics, 12) Ottnangi homok és agyag, 13) Barnakőszénteleges öszszlet, 14) Chlamyszos homok és homokkő, 15) Slír, 16) Bryozoás homok, homokkő, 17) Andezitpiroklastikumok-lávaképződmények és lakkolitok, 18) Gránátos amfibol-biotitandezit lakkolitok, lávaképződmények és piroklastikumok, 19) Biotitos dácit, 20) Középszemesés kavics, 21) Középső riolittufa, 22) Gránátos amfibolandezit, 23) Piroxénandezit, tufa és agglomerátum, 24) Andezit-elérek, 25) Piroxénos amfibolandezit, 26) Változékony andezitöszszlet, 27) Riolit és perlit, 28) Diatomit, hidrokvarcit, 29) Fedőandezit, 30) Lajtai mészkö, 31) Andezittufa és tufit kavicsrétegekkel, 32)



1. ábra. Részlet a „Nógrád megye gazdaságföldtani térképe, Építőipari nyersanyagok” c. térképből

Építőipari nyersanyagok: 1. Kavics, 2. Homok, 3. Téglaagyag, 4. Tűzálló agyag, 5. Andezit, 6. Riolit, alárendelten andezittufa.

A területet felépítő földtani képződmények: Ol_2 = Foraminiferás anyagmárga, Ol_3 = Homokos agyag, slír, h_{01} = Homok, homokkő (oligocén); Me = Nagypectenes homok,

kavics és tarka agyag, λ_{Mot_1} = Alsó riolittufa, Mot = Ottnangi homok és agyag, Mot_{3-4} = Barnakőszénteleges öszszlet, s_{Mk_1} = Slír, α_{Mk_2} = Andezitpiroklastikumok, lávaképződmények és lakkolitok, ρ_{Mb} = Középső riolittufa, ν_{Mb_2} = Változékony andezitöszszlet, α_{Mb_4} = Fedőandezit, M_{S_1} = Szárazföldi kavics, homok, agyag (miocén); da_{Qp_2} = Lejtőagyag, dl_{Qp_1} = Lejtőlősz, barnaföld, k_{Qp_3} = Folyami kavics, Q_p = Pleisztocén általában Q_h = Holocén általában.

Lelohely:		Építőipari nyersanyagok felhasználás szerint					
Mélyépítés	Magasépítés	Vízépítés	Kötőanyagok	Kerámia any.	Tűzálló any.	Nehéz vegyipari és egyéb a.	
Útalap ágyazat	Lépcső, pihenő erkélylemez	Vízépítési terméskő	Habarcshoz	Tégla	(Samott) Tűzálló anyag	Cement	
Útburkolat és útfeljáró	Ablak-, ajtókeret párkány, oszló	Lyukacsos tufa-kő	Vakolathoz	Cserép		Mész	
Párka, árokburkoló kőhányás	Kerítés		Betonhoz	Csempe		Festőanyag	
Falazat	Boltozat					Szigetelő anyag	
Zúzott kő Makadám pálya	Falazat					Üveg	
Zúzott kő Betonburkolat	Falburkolólap						
Zúzott kő Aszfaltburkolat	Lábazat és Padlóburkolólap						
Zúzott kő Beton	Járdaburkolólap						
Hasított kő	Tetőfedőlap						
Hasított Szegélykő	Betonadalék						
Járdaszegélykő	Habarcsadalék						
Támfal fedőkő	Úsztatott kő						
	Szobrászati kő						

veb bürofechnik, AL. Organisationsmittel Leipzig Ag 315/25/68/DDR

A				B				C				D				E				F				G							
1	2	4	7	1	2	4	7	1	2	4	7	1	2	4	7	1	2	4	7	1	2	4	7	1	2	4	7	1	2	4	7

2. ábra. Az építőipari felhasználás szerinti beosztást nyilvántartó karton (első oldal)

Szárazföldi kavics, homok, agyag, 33) Durvamészke és agyag (miocén); 34) Keresztrétegzett homok, homokkő, kavics, 35) Agyag, homok, lignit, 36) Bazalt (pliocén); 37) Lössös homok, 38) Löss, 39) Lejtőagyag, 40) Lejtőlöss, barnaföld, 41) Folyóvízi kavics, 42) Folyóvízi kavics (III. terasz), 43) Folyami kavics, 44) Folyami homok, 45) Lejtőtörmelék, 46) Pleisztocén vegyesüledék, 47) Friss öntés, 48) Holocén vegyesüledék (kvarter).

A részletes további kutatásokhoz útmutatást adnak a különféle földtani térképek [5, 6, 7, 12, 13] és a mélyföldtani értékelő munkák [3, 18], valamint a nyersanyagokra vonatkozó értékelések [4, 8, 11, 16]. Szükséges rögzíteni a vízföldtani adatokat is [10, 15].

A fellelhető nyersanyagok nyilvántartása lyukkártás kartonon történik. A karton első oldalán (2. ábra) a lelőhelyet és az építőipari felhasználás szerinti beosztást tüntetjük fel.

A második oldalon (3. ábra) az építőipari nyersanyagául szolgáló kőzetek fajtáit, a földtani kort és az anyag tulajdonságait rögzítjük.

A térképen előforduló 48 féle kőzet az értékelés után 22 féle típusban kerül a kartonra.

A bemutatott kartonok a számítógépes nyilvántartás előkészítési munkáit is szolgálják.

IRODALOM

- [1] Balogh K. – Rónai A.: Magyarázó Magyarország 200 000-es földtani térképsorozatához, Eger. MÁFI Bp. 1965.
 [2] Balogh K. – Bartók L. – Láng S. – Szűcs L.: Magyarázó Magyarország 200 000-es földtani térképsorozatához, Salgótarján. MÁFI Bp. 1966.

- [3] Csiky G.: A nógrádi medencében végzett szénhidrogénkutatások eddigi eredménye. *Földtani Kutatás*, XIII. 1. 1970. 43–46.
 [4] Fülöp J.: Az ásványi nyersanyagok története Magyarországon. Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1984.
 [5] Hámor G.: A nógrád-cserhádi terület kutatási eredményei. *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1970. évről*, Bp. 1972. 19–34.
 [6] Hámor G.: Az Észak-Magyarországi Osztály működési jelentése az 1971. évről *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1971. évről*, Bp. 1973. 21–30.
 [7] Hámor G.-Czakó T.-Jankovich I.-Szőss Z. – Szentés Gy.: Nógrád-Cserhádi kutatási terület földtani térképe (1:50 000). Magyar Állami Földtani Intézet, Bp. 1974.
 [8] Hegyi I.-né Pakó J. – Podányi T. – Vitális Gy.: A dolomit bányászata és felhasználása. Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1984.
 [9] Jámbor Á. – Moldvay L. – Rónai A.: Magyarázó Magyarország 200 000-es földtani térképsorozatához, Budapest. MÁFI Bp. 1966.
 [10] Juhász J.: Hidrogeológia. Akadémiai Kiadó, Bp. 1976.
 [11] Kéri J.: Salgótarján és környéke építésföldtani vizsgálatainak eredményei. Kandidátusi értekezés. MTA. Kézirat. Bp. 1979.
 [12] Kéri J. – Józsa G.: Salgótarján város építésföldtani atlasza. Kiadta a KFH és a Salgótarján Város Tanácsa. Salgótarján, 1981.
 [13] Noszky J. id.: A Cserhát-hegység földtani viszonyai. Magyar Tájak Földtani Leírása 3. MÁFI, Bp. 1940.
 [14] Szőss Z.: Nógrád megye gazdaságföldtani viszonyai. Építőipari nyersanyagok (1:100 000). MÁFI Adattár. Kézirat. Bp. 1970.
 [15] Szőss Z.: Szlovéniai karszt, réteg és talajvízkutatás hidroleológiai és mérnökgeológiai térképek felhasználásával. (Tanulmányúti beszámoló). MÁFI Adattár. Kézirat. Bp. 1979.
 [16] Szőss Z.: A Nógrád-Cserhát kutatási terület földtani térképezésekor végzett építésföldtani vizsgálatok eredményei. MÁFI Adattár. Kézirat. Bp. 1984.

Kőzet:

Dácit	Kavics	Márga	Kovaföld	Bauxit
Andezit	Homokos kavics	Mészkö	Bentonit	Mangán
Riolit, riolittufa	Homokkő	Édesvízi mészkő	Kaolin	Egyéb
Dácittufa	Homok		Festékt föld	
Andezittufa	Lösz			
Bazalt	Agyag			

Geológiai kor, fácies:

Az anyag tulajdonságai:		Mennyiség:	Minőség:	Vastagság:
Fedővastagság:	Fajstípus:	Térfogatsúly:	Likacsosság:	Szemcseméret:
Makroszkoposan észlelhető tömörség:	Porozitás	Képlékenység:	Száradás:	Darabméret:
Vízfelvétel:	CaCO ₃	Lágyuláspont:	Zsugorodás	Tűzállóság: SK
Izzítási veszteség:	Nyomásszilárdság:	Útiszilárdság:	Szövet:	Szín:
Fagyállóság:	SiO ₂ tart.:	Szívósság:	Rétegzettség:	Munkálhatóság:
Kiterjedés:	Betelepülés:	Szerkezeti vlsz.:		

Dokumentáció:

3. ábra, Az építőipar nyersanyagául szolgáló kőzetek fajtáit, a földtani kort és az anyag tulajdonságait nyilvántartó karton (második oldal)

- 17] Szentes F.: Magyarazó Magyarország 200 000-es földtani térképsorozatához, Tatabánya. Máfi Bp. 1968.
- 18] Vitális Gy.: Magyarország földtani és vízföldtani tömbszelvénye. *Hidrológiai Közlemény*, 52. 1-2. 1972. 1-5.

Siposs Zoltán: Nógrád megye építőipari nyersanyagainak lyukkártyás nyilvántartása gazdaságföldtani programok készítéséhez és értékeléséhez

Az építkezések igényeinek kielégítésére széles skálán fordul elő nyersanyag Nógrád megyében. A különféle földtani képződményekben előforduló építőipari nyersanyagot a gazdaságföldtani térképen, valamint a nyilvántartó kartonokon rögzítjük. A térképen előforduló 48 féle kőzet adatai az értékelés után 22 féle típusban az anyag tulajdonságainak feltüntetésével és az építőipari felhasználás lehetőségének megjelölésével kerülnek a nyilvántartó kartonokra. A kőzetek között a leggyakrabban előforduló építőipari nyersanyagok a következők: kavics, homok, homokkő, téglagyag, tűzállóagyag, kovaföld, mészkő, andezit, andezittufa és riolittufa, valamint bazalt.

A felhasználás lehetőségeinek köre: mélyépítés, magasépítés, vízépités, kötőanyagok és kerámiai anyagok gyártása.

Az adatgyűjtés a számítógépes munkákhoz kíván előzetes szolgáltatást nyújtani.

Шинюши, З.: Учет сырьевых материалов строительной промышленности нogradской области с помощью пробивных карт с целью подготовки и оценки экономических геологических программ

В нogradской области имеются залежи сырьевых материалов, пригодных для удовлетворения широких потребностей строительства. Сырьевые материалы для строительной промышленности регистрируются нами на экономических геологических картах, а также учетных карточках. Данные 48 видов пород, встречающихся на карте, после оценки попадают на учетные карточки в виде 22 типов, дая которых указываются свойства материала и его возможность его использования в строительной промышленности. Среди пород наиболее часто встречаются: гравий, песок, песчаный камень, кирпичная глина, огнеупорная глина, диатома, извест-

няк, андезит, андезитовая туфа, риолитовая туфа и базальт.

Области использования этих материалов: подземное строительство, надземное строительство, гидротехника, производство вяжущих и керамических веществ.

Сбор данных дает предварительную помощь проведению вычислительных работ.

Siposs Zoltán: Das Lochkartenregister bauindustrieller Rohstoffe für die Fertigung und Auswertung wirtschaftsgeologischer Programme in dem Komitat Nógrád

In dem Komitat Nógrád befinden sich vielerlei Rohstoffe für die Befriedigung der Ansprüche der Bauindustrie. Die in den verschiedenen geologischen Gebilden vorkommenden bauindustriellen Rohstoffe werden auf den wirtschaftsgeologischen Karten, sowie auf Registerkartons registriert. Die Angabe der auf der Karte vorkommenden 48 verschiedenen Gesteine kommen nach der Auswertung in 22 Typen auf den Registerkartons mit dem Angaben der Stoffeigenschaften und der bauindustriellen Anwendungsmöglichkeiten.

Am öftest vorkommende bauindustrielle Rohstoffe sind die folgende: Schotter, Sand, Sandstein, Ziegelton, Kieselgur, Kalkstein, Andesit, Andesittuff, Riolittuff, sowie Basalt. Das Bereich der Anwendungsmöglichkeiten: Tief-, und Hochbau, Wasserbau, Herstellung von Bindemitteln und Keramischen Stoffen.

Siposs Zoltán: Punched-Card Stocktaking of raw Materials for the Building Industry to Prepare and Evaluate Economic-Geological Programs

The paper describes the title work done in Nógrád-County (N. Hungary) Geological data are stored in form of economic-geologic maps and punched cards. 48 sorts of rocks were evaluated, belonging to 22 types; properties of the materials and application possibilities were punched too. Rock types include: gravel, sandstone, limestone, brick clay, refractory clay, diatomaceous earth, andesite, andesite tuff, rhyolite tuff, while application possibilities: building of general purpose and engineering structures, hydrotechnical engineering, raw materials for hydraulic binders and for ceramics. Punched card stocktaking is the first step for the computer-aided similar works.

A világ szilikátiparából

Az USA és a fejlett tőkésországok földpáttermelése

Az USA 1984-ben a tőkés világ földpáttermelésének 24%-át adta, a termelés értékben elérte a 23 millió dollárt. Az 1984-es 644 ezer tonnával szemben 1985-re várhatóan 653 ezer tonna lesz a termelés. Az USA földpátfelhasználása 1984-ben 635 kt volt, 1985-ben becslések szerint 644 kt lesz. A földpátot főként üvegyártáshoz (összfelhasználás 58%-a) és kerámiai gyártmányokhoz (összfelhasználás 38%-a) használják fel.

Becslések szerint 1983-90. között évente 1%-kal fog nőni a földpátfelhasználás üteme az USA-ban. Az USA nettó földpátexportőr, 1984-ben 9 kt volt a kivitel. Az Egyesült Államokban a földpát átlagára 1983-ban 31,70 USD/t, 1984-ben 32,40 USD/t volt.

A fejlett tőkés és a fejlődő országok együttes földpáttermelése 1%-kal nőtt az előző évhez képest.

A főbb termelők az alábbiak:

Ezer tonnában (becsült adatok)

	1983.	1984.
Összesen:	2693	2713
Olaszország	798	798
USA	644	644
NSZK	336	336
Franciaország	172	181
Spanyolország	122	127
Mexikó	109	109
Brazília	100	100

(BIKI, 1985. április 4.)

Néhány adat az olasz márványiparról

Az olasz márványipar jelenleg 60 ezer alkalmazottat foglalkoztat, ebből 12 ezer fő a toscanai Carvara és Massa környékén elterülő hagyományos márványkitermelő körzetekben dolgozik. A márványtömbök kitermelését hipermodern, gyémántéllű fűrészekkel felszerelt berendezések végzik. Az évi termelés 6,7 Mt. Az olasz márvány legnagyobb vevői Szaud-Arábia és az NSZK 22, illetve 19%-os részesedéssel. (Die Welt, 1985. január 26.)

Diatomit termelés a fejlett tőkés országokban

A fejlett tőkés és fejlődő országok együttes diatomit termelése az alábbiak szerint alakult az elmúlt 2 évben: ezer tonnában, (becsült adatok)

	1983.	1984.
összesen:	1247	1270
USA	562	581
Franciaország	240	245
Dánia	125	127
Spanyolország	65	64
Mexikó	56	54
Dél-Korea	54	54
NSZK	43	45
Izland	25	27
Brazília	16	18

Az elmúlt évben az USA-ban a diatomit eladások 3,4%-kal nőttek a megelőző évhez képest, s így (leszámlítva

a termelőüzemek önfelhasználást) 128 M USD értéket értek el.

A termelés mintegy fele Kalifornia államból származik. A diatomitfelhasználás 1983-ról 1984-re 7,8%-kal, 463 kt-ra nőtt, a fő alkalmazási területek: 62%-ot szűrőanyagként használnak fel.

1985-ben becslések szerint a termelés 590 kt lesz, a felhasználás 463 kt. Az USA diatomit felhasználása 1981-90 között várhatóan évi 3%-kal nő, az USA nettó diatomit exportőr, 50 országba szállít, 1983-ban 132 kt, 1984-ben 118 kt volt az export. Az USA-ban a diatomit eladások éves átlagára 1984-ben 200 USD/t, míg a megelőző évben 185 USD/t volt.

(BIKI, 1985. április 4.)

India és a Szovjetunió csillámszállítási szerződése

Az indiai Mica Trading Corp 3250 tonna, többféle típusú csillám szállításáról írt alá szerződést a Szovjetunióval. A 120 millió Rupias szerződést az 1985. január-október közötti időszakra kötötték, a negyedik negyedévre későbbi időpontban írják alá. A Szovjetunió India legnagyobb csillám vásárlója, évente 150 millió Rupia értékben importál Indiából csillámot.

(Mining Journal, 1985. március 22.)

Francia üzem épít cementgyárat Tunéziában.

A francia CLE (Technip csoport) szerződést kötött a Société Tuniso-Algérienne de Ciment Blanc (SOTACIB) céggel 210 kt/év kapacitású fehércementgyár létesítésére. A kulcsrakész üzemet délnyugat Tunéziában, az algériai határ közelében, Feriana mellett építhetik fel. A gyár termékét mindkét országban értékesítik. Ez az első ipari létesítmény, amelyet a két állam közösen létesít. Az indítást 1987-re tervezik.

(Zement-Kalk-Gips, 1985. 4.)

Bővül a Didier cég

A Didier Taylor Refractories befejezte Cincinnatiban háromlépcsős bővítésének első lépcsőjét. Az üzemépületet 30 000 négyzetlábbal (cca. 2800 m²) bővítették. A 8 M USD költséggel folyó bővítés a gyártás korszerűsítése mellett új termék, a folyamatos acélöntéshez szükséges tűzálló bélesanyag bevezetését is szolgálta. Igaz az USA-ban a folyamatos acélöntés jelentősége kisebb, mint Japánban, vagy Európában, mégis jelentős piaci igényt képvisel, mivel az USA acélipara is egyre jobban rátér erre a technológiára. A gyártás fejlesztésénél jól hasznosítják a nyugatnémet anyavállalat technológiai tapasztalatát. A bővítő beruházás további lépcsői a különleges tűzállóanyagok izosztatikus sajtolását is magukban foglalják. (Industrial Minerals, 1985. április)

Üvegkerámia az űrkutatásban

Amióta a nagytérfogató üvegkerámia blokkok öntési technológiáját tökéletesítették, már 30 t tömegű tömbök előállítása is lehetséges. Ilyen méretű tömbökben készül a Glaserke Skott mainzi gyárában a „zerodur” üvegkerámiája. A gyártott tömbökből az üvegiparban ismert megmunkálási módszerekkel (fűrészelés, fúrás, köszörülés, fényezés) készülnek az egyes formatestek. A zerodur méretpontososságra jellemző, hogy egy 400 mm hosszú zerodurpálca egy év alatt mindössze 40 nanométert (μm) zsugorodik. Fő felhasználási területe a csillagászat és űrkutatás. 4,4 m átmérőjű csillagászati tükrök tartórúdjaként alkalmazzák és nagyteljesítményű lézerek rezonátorainak távtartóiként 4 m hosszú pálcákat is alkalmaznak. Alkalmazzák ezenkívül csillagászati és röntgeneszköpkokban, és lézer gíroszkópokban. Skott 1984-ben vezette be az új öntési technikát. Két fő pontra kellett ügyelni: Legyen elég olvadási hőmérséklet az anyag egyenletes minőségében történő öntéséhez és legyen olyan ütemű az öntés, hogy biztosítsa az olvasztásnál elért minőség megtartását. Az üveg „keramizálása” két lépcsőben történik. 800 °C alatt keletkeznek a kristálycsírák és nagyobb hőmérsékleten megvége a kristályok növekedése. Az öntés során biztosítani kell, hogy az üveglvadék hőmérséklete ne süllyedjen 800 °C alá (szigetelés, pótfűtés). El kell kerülni, hogy az öntőminta anyaga reagáljon az üveggel (zárványképződés, buborékok). A kísérletek során 1,5 m átmérőig öntöttek tárcákat és dolgozták ki a pontos gyártási paramétereket. Az új tükrrendszer, az ún. mozaik optika esetében a kb. 10 méteres teleszkóp 36 db egyenként 1,8 m alaptávolságú hatszögletű üvegkerámiai szegmensből készül. Az NSZK űrkutató műholdjában a „Rosat”-ban – amely 1987-től végez röntgenforrás keresést – is alkalmazzák az új üvegkerámiát.

(Frankfurter Zeitung, Blick durch die Wirtschaft, 1985. máj. 8.)

Széntüzelésre állítják át Indonézia egyik cementművét

Az energia racionalizálási intézkedések során az indonéz Indocement Group Jáva szigetén levő Cibinong-i cementgyárat olaj- és gáztüzelésű széntüzelésre állítják át. A 30 M DEM értékű munkát a KHD Humboldt Wedag AG spanyol kooperációs partnere nyerte el. A Cibinong-i cementgyár két üzemből áll, összesen nyolc gyártósorral (ezekből az utolsó kettő most van építés alatt). A most épülő széntüzelő berendezés négy gyártósor elállítására alkalmas és 3 Mt/év cement gyártására elegendő szénport termel. A berendezés 3 őrlőhengerből áll, egyenként 27 t/h őrlési kapacitással. (Zement-Kalk-Gips, 1985. 4.)

A szerkesztésért felel:

Dr. Székely Ádám

Szerkesztőség:

Budapest VI., Anker köz 1 – 3. 1368
Telefon: 226-497

Felelős kiadó:

Faklen Pál

Kiadja:

Delta Szaklapkiadó és Műszaki Szolgáltató Leányvállalat
1142 Budapest VII., Garay u. 5. Telefon: 215-440

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető a hírlapkészbesítő postahivataloknál, és a Posta Központi Hírlap Irodánál (Budapest, V., József nádor tér 1. 1900) közvetlenül, vagy postautalványon, valamint átutalással a KHI 25-96162 pénzforgalmi jelzőszámára. Előfizetési díj: negyedévre 78,- Ft félévre 156,- Ft, egyes szám ára 26,- Ft.

Megjelenik havonként



85/2242 Franklin Nyomda, Budapest
Felelős vezető: Mátyás Miklós igazgató

INDEX: 25250
HU ISSN 0013-970 X

— Lapos tetők csapadékvíz elleni szigetelésére a

BITULAX® rendszert

— talajpára, talajnedvesség elleni szigetelésére a

BITUGEL® bitumenes szigetelőhabarcsot

— ajtók, ablakok és a fal közötti hézagok kitöltésére a

**BITURÁN® 80 bitumennel telített lágy poliuretán
habcsíkot**

ajánlja a



A termékek megrendelhetők a gyártóműveknél és az ÉPTEK Vállalatánál