

ÉPÍTŐANYAG

*A SZILIKÁTIPIARI
TUDOMÁNYOS EGYESÜLET
FOLYÓIRATA*

10

XXI. ÉVFOLYAM • BUDAPEST 1969. OKTÓBER

A SZILIKÁTIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

A mész- és cementipar,
az üvegipar-, a finom-
kerámia, a téglá-, cserép-
és kő-kavicsipar tudomá-
nyos szakirodalmi folyóirata

★

Főszerkesztő:

Dr. Talabér József

★

Felelős szerkesztő:

Dr. Hinsenkamp Alfréd

★

Szerkesztő bizottság:

Dr. Beke Béla

Dr. Déry Márta

Erdély Imre

Dr. Grofcsik János

Dr. Knapp Oszkár

Dr. Kovács Róbert

Kudelka Dénesné

Lenkei György

Magyar István

Dr. Soltész Gáspár

Szabó Elek

Szentmártony Gusztáv

Dr. Tamás Ferenc

Dr. Tóth Kálmán

★

Szerkesztőség:

Budapest V., Szabadság

tér 17.

Telefon: 124-438

★

Kiadja:

Lapkiadó Vállalat,

Budapest VII.

Lenin körút 9—11.

Telefon: 221-285

★

Felelős kiadó:

Sala Sándor

Megjelenik havonként

Terjeszti a Magyar Posta. —
Előfizethető a Posta Központi
Hírlap Irodánál (Budapest V.,
József nádor tér 1. Tel.: 180-850)
és minden postahivatalnál. A
folyóirat külföldre előfizethető:
„Kultúra” P. O. B. 149. Buda-
pest 62. Előfizetési díj: ¼ évre
22,50 Ft; félévre 45,— Ft; egyes
szám ára: 7,50 Ft. — Csekkszám-
laszám egyéni 61,252; közületi
61,066 vagy átutalás az MNB 8.
sz. folyószámlájára.

60.10., 10528 Révai Nyomda,
Budapest V., Vadász utca 16.
F. v.: Pováry Jenő

Index: 25,250

TARTALOMJEGYZÉK

Lőcsei Béla—Ivócs László: Tűzálló anyagok hatása ipari kemencék konstrukciójának fejlesztésére	361
Budnikov, P. P.—Haritonov, F. Ja.: A cirkonium-dioxid kerámiai anyagok stabilitásának vizsgálata magas hőmérsékletű vízgőz hatásával szemben	375
Külföldi Lapszemle	377, 382
Lukics Gyula: Alagútkemence hőátadási viszonyai	378
Schink, Heinz: Cementművek forgókemencéinek automatikus vezérlése	383
A világ szilikátiparából	387, 392, 397, 399
Mueller, Othmár: A robbanó zagyok kőbányászati felhasználása	388
Albert Péter: Szilikátzománcozáshoz alkalmas fémek	393
Könyvismertetés	398

СОДЕРЖАНИЕ

Б. Лечаи—Л. Ивоч: Влияние огнеупоров на развитие конструкций промышленных печей	361
П. П. Бубников, Ф. Я. Харитонов: Дестабилизация керамики из двуокиси циркония в высокотемпературных водяных парах	375
Дюла Лукич: Режим теплопередачи в туннельной печи	378
Шинк Г.: Полное автоматическое управление вращающимися печами цементных заводов	383
Оттмар Мюллер: Применение взрывчатых шламов в производстве камня	388
Альберт П.: Металлы для эмалирования	393

I N H A L T

Lőcsei, Béla—László: Die Einwirkung feuerfester Stoffe auf die Konstruktionsentwicklung von Industrieöfen	361
Budnikov, P. P.—Haritonow, F. Ja.: Die Widerstandsfähigkeit des stabilisierten Zirkonumdioxyds	375
Lukics, Gyula: Wärmeübertragung in dem Tunnelofen	378
Heinz Schink: Über die Vollautomatische Führung von Drehöfen für Spezialzemente	383
Moeller, Othmár: Die Anwendung explosiver Trüben im Steinbruch ..	388
Albert, Péter: Metalle für Emailierung	393

C O N T E N S

Lőcsei, Béla—Ivócs, László: The Role of Refractories in the Development of Industrial Kiln Construction	361
Budnikov, P. P.—Haritonov, F. Ja.: Resistance of Zirconia Ceramics against High—Temperature Water Vapour.	375
Lukics, Gyula: Heat Transfer Conditions in Tunnel Kilns	378
Schink, H.: Fully Automatic Control of Rotary Cement Kilns	383
Mueller Othmár: Application of Explosive Slurries in Quarrying	388
Albert, Péter: Metals for Porcelain Enameling	393

Tűzállóanyagok hatása ipari kemencék konstrukciójának fejlesztésére

Kohászati tolókemencék tartósságának növelési lehetősége

LŐCSEI BÉLA
Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet
IVÓCS LÁSZLÓ
Ózdi Kohászati Üzemek

I. Bevezetés

A műszaki fejlesztés szükségszerű követelményként jelentkezik az ipar minden területén. Az önköltség csökkentés egyik legfontosabb tényezője, a termelékenység növelése, a fajlagos energia-költség, munkabérhányad csökkentése.

Az acéltermelés gazdaságosságának javítására az OKÚ-ban nagymérvű fejlesztést hajtottak végre. Az erre felhasznált beruházási összegnek csak igen kis hányadát fordították a hengerművek korszerűsítésére. A hengerművek fejlesztésére fordított összegből főleg a sorozatok meghajtóberendezéseit modernizálták, de ezt nem követte a kemence fejlesztése, azért aránytalanságok keletkeztek az egyes sorozatok és a kiszolgáló kemencék között. A kemencék teljesítményének növelését a tüzeléstechnológia javításával és nagyobb fűtőértékű gázkeverék alkalmazásával érték el, ami fokozottabban ráirányította a figyelmet a kemence, főleg a kemencefenék tartósság kérdésére.

A kemencealépítmény-fenék igénybevétel szempontjából két részre osztható:

- a) a tűztérfenék,
- b) előmelegítőtér-fenék.

A tűztér hőmérséklete 800—1350 °C között változik. A feldolgozandó féltermék (buga) felületén a kemencét kitöltő gázkeverék egyes alkotórészeinek — CO₂, O₂, H₂O, SO₂ — hatására a hőmérséklet és idő függvényében oxidálódik, reveréteg képződik. A hőmérséklettől, az időtől és a gázkeverék minőségétől függően laza vagy tapadó szerkezetű reveréteg alakul ki.

A reveréteg alkotórészeiből képződő eutektikumok 1000 °C körüli hőmérsékleten kezdenek megolvadni, ezért a tűztérfenéken olvadék keletkezik, ehhez járul még az anyagoszlop nyomása, minek következtében revetapadás léphet fel.

Az anyagoszlop tolatása következtében a tűztérfenék mechanikai igénybevételnek is ki van téve.

Az eddigi gyakorlatnak megfelelően a tűztérben az anyagoszlop tolatása magnezit téglára helyezett reverétegbe ágyazott ún. fenékbugákon történt. Az így kiképzett tolatási módszert az 1. ábra szemlélteti.

Az 1. ábrán bemutatott tűztérfenék megoldásánál a következő hiányosságok jelentkeznek:

- a) A féltermék túlmelegedése esetén az anyag rátapad a fenékbugákra, ilyenkor a fenékbugákat szét kell szedni, ami jelentős üzemzavarforrás.
- b) Ha a letapadás a szélső fenékbugáknál következik be, oldalra tolódik az anyagoszlop, ami az adagolás folyamatosságát zavarja meg.



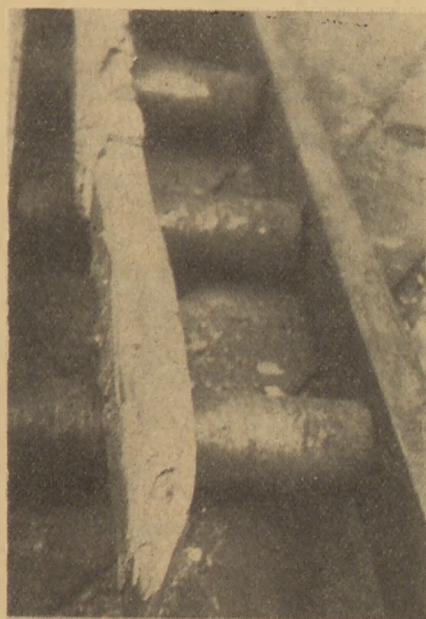
1. ábra. Az anyagtolatás reverétegbe ágyazott fenékbugákon

c) Ha a reve letapad, a fenékréteg vastagsága megnő. Ez is az anyagoszlop elferdüléséhez, tolatási, ill. adagolási zavarokhoz vezet.

d) A reve a magnezitfenékre rátapadva fenékrongálódást okoz.

e) A félkésztermék csúsztatására használt fenékbugák 5—6 nap alatt oxidálódnak és a fenék felújítása nagymértékű bugafelhasználást eredményez.

f) A tűztérfenék rendszeres karbantartása, a fenéken összegyűlt és részben feltapadt reve eltávo-



2. ábra. A kemencéből kiszedett elhasználódott fenékbuga állapota

lítása igen megerőltető, nehéz fizikai munka, amely nagyon igénybeveszi a kemence üzemfenntartását ellátó dolgozókat (1. ábra).

A 2. ábra szemlélteti a fenékhuga elhasználódását.

II. A hengerművi kemencék fejlesztési lehetősége

Korszerű kemencékben a félterméket keramikus lapokon, vagy csúsztató síneken csúsztatják.

Különös figyelmet érdemel, hogy olvasztott tűzállóanyagokat és a magyar gyártmányú korvisit idomokat kb. egy évtizede alkalmazzák külföldön fenéklapként, illetve csúsztatósíneként. Használatának hazai kialakulása üzemi tapasztalat és tájékoztatás hiánya következtében igen nehezen indult meg. Irodalmi adatok szerint a csúsztatósíneket a kemence teljes hosszában krómércbázisú betonba ágyazva alkalmazzák. A 3. ábra az alkalmazás egyik lehetőségét szemlélteti.



3. ábra. Krómérc betonba ágyazott keramikus csúsztatósín 2 3/4 évi üzemeltetés után

Az olvasztott keramikus fenéktér kialakítását a Szilikátipari Központi Kutató Intézettel kooperálva végeztük. Célul tűztük ki az ózdi üzemi adottságoknak legmegfelelőbb anyag kiválasztását, illetve kialakítását.

Az olvasztott keramikus tűzállóanyagokra jellemző, hogy a végtermék az alapanyagok megolvasztása útján kerül kialakításra. Az olvasztás hatására növekszik a termékek tömörsége. Megkülönböztetünk homogén és heterogén fázisokból felépített olvasztott tűzállóanyagokat. A homogén felépítésű tűzállóanyagok között két típust különböztethetünk meg. Egyik egy szilárd vagy egy amorf fázisból áll. A heterogén csoport kialakításában több szilárd fázis vehet részt. Az olvasztott tűzállóanyagok túlnyomó része azonban heterogén fázisú; felépítésükben egy, vagy több szilárd és amorf fázis vesz részt. Összetételük alapján az olvasztott tűzállóanyagokat az alábbi 4 csoportba oszthatjuk:

1. nagy szilícium-dioxid tartalmú, olvasztott tűzállóanyag,
2. nagy alumínium-oxid tartalmú olvasztott tűzállóanyag,
3. nagy cirkon-oxid tartalmú olvasztott tűzállóanyag,
4. nagy magnézium-oxid és króm-oxid tartalmú olvasztott tűzállóanyag.

1. Az összetétel szerinti beosztás első csoportjába a szilícium-dioxid megolvasztása útján nyert, plasztikus állapotban formázott termékek szerepelnek. Ez az anyag amorf állapotban van, a felhasználás során azonban rendszerint krisztobalittá alakul át. Az alapanyag nagy tisztaságú, legalább 99,5% szilícium-dioxid tartalmú kvarchomok. Az olvasztott kvare (kvargut) termékek terhelés alatti lágyuláspontja 1200—1300 °C között van. A teljes átkristályosodás hatására ez az érték 1700 °C-ig növekszik. A termék hőlökésállósága a kis hőtágulási együttható ($\alpha=5,8 \cdot 10^{-7}$) következtében igen jó. Azonban átkristályosodás után az anyag a továbbiakban nem hűthető többé le törés, repedés, tönkremenetel nélkül. Savakkal szembeni ellenállóképessége igen jó, bázikus anyagokkal szemben, alkálioxid, vasoxid stb. azonban nagyon rossz. Így ezek a termékek reveállóság szempontjából tolokemencék fenék kialakítására nem jöhetnek számításba.

2. A nagy alumínium-oxid tartalmú anyagokat természetes, vagy mesterségesen előállított alapanyagokból, nagy alumínium-oxid tartalommal olvasztják. Az adalékanyag cirkon- vagy krómvegyület. Az olvasztott alapanyagot formába öntve dolgozzák fel. Ide tartoznak a mullit- és korund-termékek.

Nyersanyagok: bauxit, diaszpor, timföld, cirkon-oxid, vagy cirkon-szilikát, króm-oxid, vagy krómérc.

Az alapanyagot ívfénykemencében 2000—2400 °C hőmérsékleten olvasztják. Formaanyag grafit, kvarchomok vagy megfelelő hőkapacitású méretezett öntöttvas. A formába öntött anyagot szigeteléssel látják el és szükség esetén speciális körülmények között hűtik le. Az energiaszükséglet 3,5—5 kWh/kg.

Ezek az anyagok különlegesen kopásállóak és kémiai behatásokkal szemben is ellenállóak. E tűzállóanyagok terhelés alatti lágyuláspontja 1700—2000 °C között van, az összetételtől függően. Változó porozitással rendelkeznek az összetétel és az előállítási körülményektől függően. Hőlökésekkel szemben érzékenyek. Ezek az anyagok hengerművi tolokemencékben kopásállóságuk és reveállóságuk következtében már alkalmazhatók.

3. A nagy cirkon-oxid tartalmú csoportba tartozó anyagok előállítási módja a nagy alumínium-oxid tartalmúakéhoz hasonló, a cirkon-oxid tartalom 30% felett van. A termékek igen kemények, jó a kopásállóságuk, fokozottabban ellenállnak kémiai behatásokkal szemben. Hőlökésre, gyors hőmérsékletváltozásra érzékenyek. Az amorf fázis mennyisége 20—30%.

4. A negyedik csoport alapanyaga magnézium-oxid, izzított dolomit, amely mellett cirkon-oxidot, vagy alumínium-oxidot tartalmazhatnak. Az alapanyagok magnézium-oxid, cirkonérc, bauxit, dolomit, kvarchomok és cirkonhomok. Az ívfénykemencében megolvasztott anyagot formába öntik. A hűtését igen lassan kell vezetni, hogy jó kristályosodás alakulhasson ki. Tiszta magnézium-oxid az olvadék viszkozitása következtében nem öntethető. Ezeket aprítás után keramikus úton dolgozzák fel, vagy nagyobb olvasztott blokkokból vá-

Külföldi olvasztott tűzállóanyagok összetétele, egyes tulajdonságai

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	CaO	MgO	ZrO ₂	Na ₂ O	SK	T _a	T _s	F _e	T _{fs}	P
Corhart 104	4,9	3,9	—	11,2	17,8	0,9	60,4	—	—	40	1740	—	3,87	3,40	12,2
Bakor 1956	14,4	67,0	0,3	0,6	—	0,9	0,3	15,2	1,1	—	—	—	3,6	3,3	—
Bakor 1965	13,5	51,0	0,4	0,5	—	0,8	0,4	33,2	0,8	—	—	—	—	—	—
Ifas	5,0	99,8	—	0,2	—	2,2	0,1	—	—	—	—	—	3,75	3,54	7,7
Magmalox	21,0	68,2	5,8	4,1	—	0,3	0,2	—	1,1	—	—	—	—	—	—
Jakobit	39,3	3,5	—	0,3	—	3,2	53,4	—	—	—	1680	1690	—	—	—
Corhart Standard	18,8	72,5	4,1	3,1	—	0,1	0,1	—	1,5	—	1790	1840	3,35	—	3
Monofrax H	—	92	3,0	0,15	—	—	—	—	5,0	40	1700	—	—	2,8	—
Monofrax MH ..	—	97	2,7	0,11	—	—	—	—	—	41	1700	—	—	3,12	—
Monofrax K	—	86	—	3,2	11	—	—	—	—	40	1700	—	—	3,2	—
Corhart ZAC ...	15,1	48,9	0,5	0,7	—	0,3	0,16	32,5	1,89	39	—	1740	3,83	—	8,4

gással, illetve csiszolással alakítják ki a megfelelő formákat. A négy összetételesoportba tartozó olvasztott tűzállóanyagok jellemző adatai az 1. táblázatban találhatók meg.

III. Az olvasztott keramikusan anyagok tulajdonságai

A finomhengerművi tolokemencében az olvasztott tűzállóanyagok felhasználhatóságát két tulajdonság, a kopásállóság és a reveállóság határozza meg. Az olvasztott tűzállóanyagok kopásállósága meghaladja a keramikusan eljárással előállított anyagokét. Ezen belül is különbséget kell általában tenni, részben a kémiai összetétel, részben pedig a termék tömörsége alapján. Az olvasztott tűzállóanyagok korrózióállósága szintén egyrészt az összetétel, másrészt a tömörség függvényében alakul. Az igénybevétel a finomhengerművi kemencékben helyileg változó. A betolórészben és az előmelegítő

zónában a kopásállóság a döntő, mert ebben a szakaszban a vasoxid reakcióképessége még nem elegendő ahhoz, hogy reakcióba lépjen a tűzállóanyagokkal, illetve a hőmérséklet még nem teszi lehetővé, hogy olvadék fázis alakuljon ki. A kopást a buga tolása, a bugának az olvasztott tűzállóanyagon történő csúszása okozza. Magasabb hőmérsékleten a bugák oxidációjából keletkező reve és a tűzállóanyag között végbemenő reakció lehetősége szabja meg a kémiai behatásra bekövetkező korrózió mértékét. A szilárd fázisú reakció megindulására általában következtethetünk a kérdéses anyagok olvadáspontjából, általában az olvadáspont abszolút értékéből faktor segítségével megkapjuk azt a hőmérsékletet, melyen a reakció megindulhat. Ez a faktor 0,6—0,8 között változik.

A megfelelő tűzállóanyag megválasztása tehát bizonyos mértékű kompromisszum kérdése, ami azonban a kemencében helyileg is változik. Az előmelegítőtérben a kopásállóság az elsődleges felhasználást irányító tényező. A tüztérben viszont a korrózió lép előtérbe, tehát oda olyan tűzállóanyag építendő be, amelynél a nagy tömörség olyan összetételei viszonyokkal párosul, amely korrózióállóság szempontjából a legkedvezőbb. Tömörség, illetve korrózióállóság alakulása szempontjából is lényeges a kő, az olvasztott tűzállóanyagok porozitása. Itt érdekes szerepe van annak, hogy a kövek felépítésében üvegfázis szerepel-e, vagy nem. Ennek alakulását közelebbről az öntéstechnika elemzése magyarázza meg.

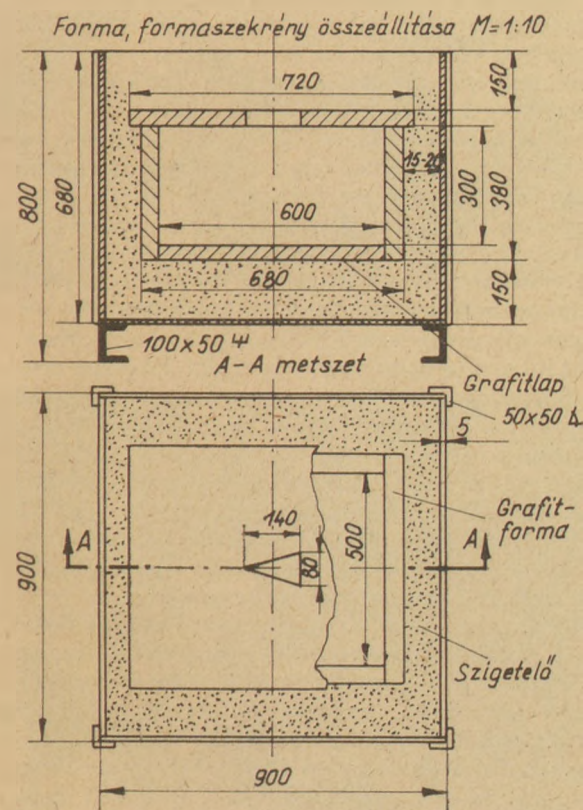
A porozitás lehetővé teszi a reve behatolását a kő szerkezetbe, és így elősegíti a kő elhasználódását.

IV. Az olvasztott kövek szerkezetének kialakulása

Az olvasztott tűzállóanyag előállítása során az alapanyagot az ívfénykemencében történt megolvasztása után az olvadékot zárt formába öntik, amelyet, oldal- és felülnézetben a 4. ábra mutatja be. A formát hőszigetelőanyag veszi körül, a kialakítása homok, fém, magnezit vagy grafit lapokból történhet.

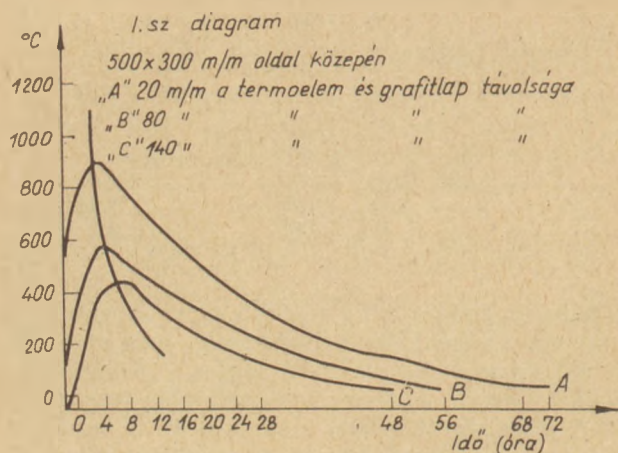
Az öntőforma termodinamikailag nyitott rendszernek fogható fel, mely a környezetből nagy entalpiával rendelkező anyagot fogad be. A környezetnek viszont hőenergiát ad át.

A formába öntött olvadék folyékony állapothól izobár folyamat keretében teljesen, vagy túlnyomórészt kristályos állapotba megy át. A lehűlés és egyben a folyékony fázisból kristályos fázisba való



1. ábra. Olvasztott tűzállóanyag előállításához használt öntőforma

átmenet módját tehát a forma hőkapacitása, hővezetési és hőátadási viszonyai szabják meg. Az 5. ábra tünteti fel a hőmérséklet alakulását az öntés

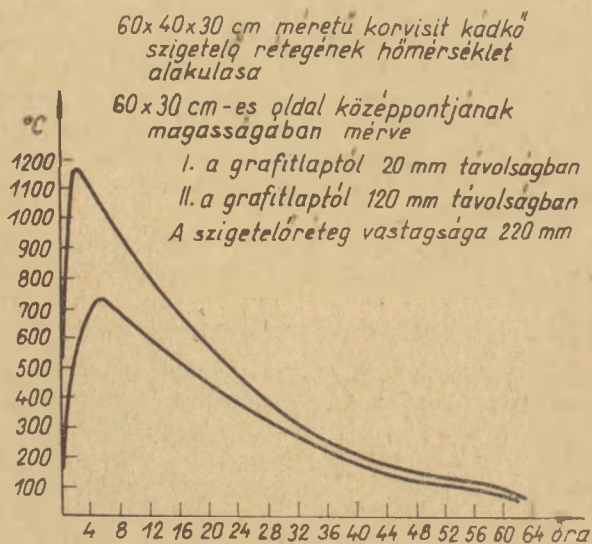


5. ábra. A hőmérséklet alakulása öntés után a szigetelőanyagban mérve

pillanatától a lehülés pillanatáig, az öntőformában, a hőszigetelő anyagban.

Az öntőforma termodinamikailag nyitott heterogén rendszer, amelyben az olvadék fokozatosan lehűl. Egyes esetekben ezt csak a formát körülvevő szigetelőanyag minősége és mennyisége határozza meg. Van azonban mód hőkezelő kemence segítségével szabályozni, lassítani a hőkiegyenlítődési folyamatot. Ennek a szilárdság alakulása szempontjából van jelentősége.

A folyékony anyag öntés közben megtölti a rendelkezésre álló teret: a formában levő üreget. Azonnal megindul a forma és a környezet termikus



6. ábra. A hőmérséklet-kiegyenlítődés alakulása, ami az öntött anyagmennyiség és a szigetelőréteg-vastagság függvénye

egyensúlyának kialakulása, aminek előrehaladása a 6. ábrán is követhető. Az olvadt anyagnak a formával érintkező rétege, amit elsősorban a jó hővezető grafit formalapok hőkapacitása idéz elő,

gyorsan lehűl. A formafal mentén minden oldalon szilárd kéreg alakul ki, amely a lehülés előrehaladásával minden irányban fokozatosan vastagszik. A blokk belsejében a hőmérséklet lassabban csökken, részben azért, mert a grafit formalapok felmelegedése után a szigetelőrétegen keresztül a hőátadás átmenetileg lassú, közel stacionárius folyamattá alakul, mindaddig míg a szilárdfázisba való átmenet, ami egzoterm jellegű, be nem fejeződik. A kvázistacionér állapot akkor kezdődik, mikor a jó hővezető lapok felvették az olvadék hőmérsékletét, vagyis az olvadt anyag és a grafit hőmérséklet kiegyenlítődése létrejött. Ez gyorsan bekövetkezik és a hőmérséklet csökkenését a felületen a szigetelőanyagon át a környezetnek átadott hőmennyiség szabja meg mindaddig, amíg az olvadáshő, ill. kristályosodási hő elvezetése az alumínium-oxiddal kitöltött térből meg nem történik.

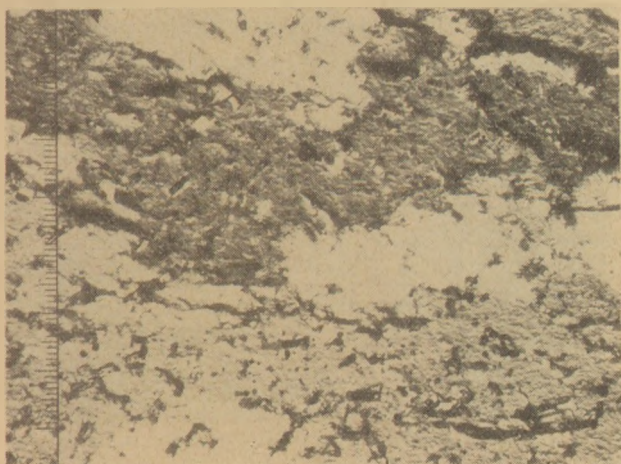
Ezt a termokémiai jelenséget az támasztja alá, hogy a kő belső szövetszerkezete fő tömegében azonos. A kőszerkezet három különböző fázisa:

1. Tömör szerkezet, a grafitlapok hőkapacitása által képviselt gyors hőelvonás hatása.
2. Átmenet a tömör és morzsalékony szerkezet között, a szigetelőanyag hőkapacitásának hűtő hatása eredményeképpen.
3. Morzsalékony, lazább szerkezet, a „kvázistacionér” hőátadási folyamat hatása.

A kő nagyobb hányada tehát hosszú ideig, több órán keresztül, folyékony állapotban található, legtovább az öntőnyílás alatt levő rész.

Az olvasztott alumínium-oxid blokkok öntésénél a kő belsejének makroszkopikus vizsgálata igazolja a fázisment fenti három típusát. A külső felület mellett van a kő legtmörebb szerkezetű, a kő tömegének viszonylag kis hányadát képviselő része, melynek vastagsága 10–20 mm. Ezt a teljesen tömör réteget a következőtől 0,1–0,01 mm-es nagyságrendű pórusok megjelenése különbözteti meg. A külső réteget követő rész még hasonlóképpen kötött szövetű, csaknem mint a külső réteg. A térfogatsúlya azonban már kisebb mint a külső rétegé, amely megközelíti a korund sűrűségét. A térfogatsúly csökkenésének részben a kis pórusok, részben a kő szövetében jelentkező, a külső felületre merőleges vékony csőszerű hólyagok az okozói. Ez a réteg fokozatos átmenetet képvisel a kő belső részére jellemző morzsalékos szerkezetbe. A morzsalékos struktúra abban nyilvánul meg, hogy kisebb-nagyobb szemcsék viszonylag kis erővel, kézi számmal is kilazíthatók a kő alapszövetéből. A kőnek ezekről a részéről készített mikroszkópi felvételek is mutatják a kő belső és külső részének eltérő felépítését, ami csak a genetikai körülményekben jelentkező különbséggel magyarázható.

A 7. ábrán — a felvétel keresztezett nikolok között készült százszoros nagyításban — az egyes kristályok nem rendelkeznek saját formával. A szövetet kisméretű, nagyszámú szabálytalan alakú kristály építi fel, jelölül annak, hogy a folyékony állapotból a szilárdba való átmenet nagy sebességgel történt, és nem volt idő nagy, definiált méretű kristályok kialakulására. Jól látható, hogy hézag nincs közöttük. Fekete határvonal, ami üreget je-



7. ábra. A Korvisitkő tömör részéről készült mikroszkópi felvétel

lentene, nem látható, a szerkezet teljesen tömör, csaknem hézagmentes. A kis fekete foltok (egy osztás 10 mikron), amelyek üreget jelentenek, nem az egyes kristályok között helyezkednek el, hanem a kristálygyedekben mikrozárványokként.

A 8. ábrán a kő morzsalékonny részének szövet-szerkezete látható. A jól kifejtett romboédes egyedi kristályok között nagyobb hézagok vannak.



8. ábra. A Korvisit morzsalékos részéről készült mikroszkópi felvétel



9. ábra. Üvegfázist tartalmazó corhart-kő mikroszkópi képe

Ezek és az 1—2 mm-es nagyságrendű pórusok okozzák a kb. 25%-os átlagporozitást.

Jó összehasonlítást ad a 9. ábrán az üvegfázist tartalmazó corhart kő (standard) képe, egyben arra is rámutat, hogy a fázisátmenet mechanizmusában lényeges különbségnek kell lennie az üvegfázist tartalmazó és az üvegfázis mentes olvasztott tűzállóanyagok fázisátmenetében. A képen a sötét felület üregeket és üveget képvisel, az üvegben rutil és magnetit vált ki.

A fázisátmenet kinetikájában jelentkező különbségek rámutatnak már arra, hogy a kinetikai folyamatok kulcsát a folyékonyból a szilárd halmazállapotba való átmenetnél fellépő térfogatkontrakció és a rendszer entalpiacsökkenésének módja adja.

Al_2O_3 esetében a folyékony—szilárd halmazállapot átmenet térfogatváltozásának (V) kvantitatív alakulása [8]:

$$V = V_{\text{folyékony}} - V_{\text{szilárd}} = 15,3 \text{ cm}^3/\text{gmol} \quad (1)$$

amiből a relatív kontrakció értékek nyerhetők. V_{sz} értéke az Al_2O_3 (korund) sűrűsége, hőtágulási együtthatója segítségével számítható T_u -on (2050 °C).

$$\begin{aligned} M_{\text{Al}_2\text{O}_3} &= 101,94 \\ d_{\text{Al}_2\text{O}_3, 20^\circ\text{C}} &= 4,0 \text{ g/cm}^3 \\ V_{sz, 20^\circ\text{C}} &= 25,475 \text{ cm}^3/\text{gmol} \\ V_{sz, 2050^\circ\text{C}} &= 27,336 \text{ cm}^3/\text{gmol} \\ V_f, 2050^\circ\text{C} &= V_{sz, 2050^\circ\text{C}} + V \\ V_f, 2050^\circ\text{C} &= 42,636 \text{ cm}^3/\text{gmol} \end{aligned} \quad (2)$$

A relatív kontrakció értéke:

$$\frac{V}{V_f} = 0,3589$$

A tűzállóanyag formázása alkalmával a formával definiált tér a folyékony halmazállapotú anyag fajlagos térfogatának megfelelő tömeget fogadja magába, illetve a formafalak mentén az öntés alkalmával rögtön kialakuló kéreg már a szilárd halmazállapotú korund fajlagos térfogatával szerepel a térkitöltésben. A folyékony alumínium-oxid hőmérséklete 2150—2200 °C, vagyis jóval meghaladja a likvidusz hőmérsékletet ($T_u = 2050^\circ\text{C} = 2323^\circ\text{K}$).

Ilyen körülmények között a végtermék szerkezetét kvantitatíve a térfogatkontrakció mértéke, a formázó rendszer hőleadásának vektoriális viszonyai, valamint ezek következményeként a fázisátmenet dimenzionális és időbeli lefolyás határozza meg.

A formázó rendszerbe került anyag E entalpiaváltozása lehűlése közben:

$$E = n \int_{T_a}^{T_u} C_p \cdot dT + n \cdot Q_u + n \int_{T_u}^{T_f} C_p \cdot dT \quad (4)$$

ahol n a formába juttatott anyag gramm-moljainak száma, T_f a formába öntött folyékony anyag hőfoka, T_u a folyékony—szilárd fázis egyensúlyi hőmérséklete, Q_u gmol-nyi anyag fázisátmeneti entalpiája, a forma hőmérséklete — T_a — a környezetével azonos.

A forma feltöltése közben keletkező kéreg méretét az olvadákot befogadó teret lezáró tűzálló tes-

tek, — olvasztott Al_2O_3 esetében grafitlapok-hőkapacitása határozza meg.

A tömör réteg kialakulásának termodinamikai feltétele:

$$\frac{V_g \cdot d_g}{M_g} \int_{T_a}^{T_u} C_{p,g} \cdot dT = \frac{V_{\text{Al}_2\text{O}_3} \cdot d_{\text{Al}_2\text{O}_3}}{M_{\text{Al}_2\text{O}_3}} \int_{T_u}^{T_f} C_p \cdot dT + Q_{u, \text{Al}_2\text{O}_3} \quad (5)$$

ahol V_g a grafit térfogata, cm^3
 d_g a grafit térfogatsúlya, g/cm^3
 M_g a grafit grammatomsúlya, g
 $C_{p,g}$ a grafit atomhője, cal/gmol
 $V_{\text{Al}_2\text{O}_3}$ a formával érintkező átkristályosodó Al_2O_3 térfogat, cm^3
 $d_{\text{Al}_2\text{O}_3}$ Al_2O_3 sűrűsége 2050 °C-on, g/cm^3
 $M_{\text{Al}_2\text{O}_3}$ Al_2O_3 g/mol súly, g
 $C_{p, \text{Al}_2\text{O}_3}$ Al_2O_3 mol hője cal/gmol
 T_u Al_2O_3 likvidusz hőfoka
 T_a a grafit hőfoka az öntés előtt
 T_f az olvadék hőfoka az öntés pillanatában.

Ha kéreg nem képződne, és így a folyékony és szilárd Al_2O_3 fajlagos térfogatában tapasztalható különbség pórústérfogatként jelentkezne, a kövek térfogatsúlyának 2,56 g/cm^3 -nek kellene lennie, mivel

$$\frac{M}{V_f} (1 + \alpha \cdot T) = \frac{101 \cdot 94}{39,733} = 2,565 \text{ g/cm}^3 \quad (6)$$

Ebből a térfogatsúlyból, továbbá a gyakorlatban tapasztalt átlagos 3,0 g/cm^3 értékből, ami 24,9 átlagporozitást jelent, továbbá a folyékony és az alfa-korund fajlagos térfogatából (0,268 cm^3/g , 2050 °C-on) számítással adódik, hogy a jelenlegi technológia mellett, átlagos kőminőséget számítva az olvasztott alumínium-oxid kádkő 25–30 térfogat %-a tömör, a többi lazább szövetű.

A tömör kéreg tehát behatárolja a folyékony anyag részére rendelkezésre álló teret, amit az anyag a jelzett sűrűségnövekedés következtében szilárd halmazállapotban már nem tud homogénen kitölteni. A szilárd kéreg viszont nem követheti a fázisátmenet előrehaladásának megfelelően jelentkező kontrakciós törekvést. Az anyag belsejében tehát nagy feszültségek lépnek fel a kontrakció következtében, ami kihat a korábban kialakult szilárd kéregre is. Ez a feszültség idézi elő az anyagnak bizonyos felületek mentén bekövetkező elszakadását, kedvezőbb esetben még folyékony, hátrányosban pedig szilárd fázisban.

V. Finomhengerművi kemencék tűztér fenékkiképzése olvasztott tűzállóanyagból

Tűzállóság szempontjából az olvasztott kerámiai anyagok messze túlhaladják az igénybevételt, így ezzel nem is szükséges külön foglalkozni. Ez végeredményben kedvező, azért, mert a tűzállóság figyelembevétele nélkül választható a korrózióállóság és kopásállóság alapján a célnak legmegfelelőbb anyag.

Hazailag kétféle olvasztott tűzállóanyag előállítása folyik.

1. Korvisit,
2. Cirkon-kő.

Annak eldöntése érdekében, hogy tűztérfenék kiképzésre milyen olvasztott keramikus anyag alkalmas, kísérleti kötítusokat alakítottunk ki, amelyeket a Szilikátipari Kutató Intézet Kísérleti Üzeme gyártott le. Ezeknek az anyagoknak a jellemzése a 3. és 4. táblázatban található.

Korrózióállóság szempontjából vizsgálat tárgyát képezte, hogy a korund, illetve mullit bázisú tűzállóanyagok korrózióállóság, revetapadás szempontjából miképpen viselkednek, illetve hogyan alakul a revetapadás az olvasztott kerámiai anyagok vas-oxidtartalmának függvényében.

A bauxit-olvasztást elsősorban az alapanyag olcsó volta és relatív nagy vasoxid tartalma ajánlja. Mullit, korund és üvegfázis építi fel. Korund adagolása bauxithoz, csökkenti az olvasztott tűzállóanyag üvegfázis mennyiségét. A korundnak tekinthető korvisitet elsősorban a kitűnő kopásállóság indokolhatja. A korelbit szintén korund, ami speciális adalékanyag következtében megnövelt kopás- és korrózióállósággal rendelkezik.

A korvisit és korelbit anyagok szerkezetét a 8. és 10. ábrákon bemutatott mikroszkópi csiszolat jellemzi. A korelbit egyenletesebb szerkezettel rendelkezik, mint a korvisit és ütőszilárdsága is kedvezőbb. Reve-kontakt reakcióvizsgálat is a korelbitnél mutat kedvezőbb eredményt.

Az első kísérletsorozat az Ózdi Kohászati Üzemek finomhengerművi II. sz. kemencéjében folyt le. A hengerművi kemencék üzemi viszonyait a 2. táblázatban összegyűjtött adatok jellemzik. Három és fél hónapos üzem után a 3. táblázatban feltüntetett kísérleti anyagok kipróbálása során a következő tapasztalatokat szereztük:

— A laza szerkezetű reve az olvasztott tűzálló lapokról kaparással eltávolítható.

— Reve a buganyomás hatására rátapad a fenéklapra, lehűléskor azonban elválik és eltávolítható.

2. táblázat

Tolókemencék jellemző mutatói

Sorszám	Kemence szám	Munkatér-fogat, m^3	Fénék hasznos felülete, m^2	Tűztér hőmérséklete, °C	Teljesítmény, t/ó	Hőterhelés mkal/ó	A salak állapota
1	F h II.	57,50	46,50	1250—1350	15—25	9,20	Száraz
2	F h III.	57,50	46,50	1250—1350	15—25	9,40	Száraz
3	F h V.	60,70	46,50	1250—1350	17—25	17,00	Száraz
4	D h IV.	73,70	56,00	1300—1350	14	14,00	Folyékony
5	D h V.	25,30	41,00	1450—1500	7	7,30	Folyékony

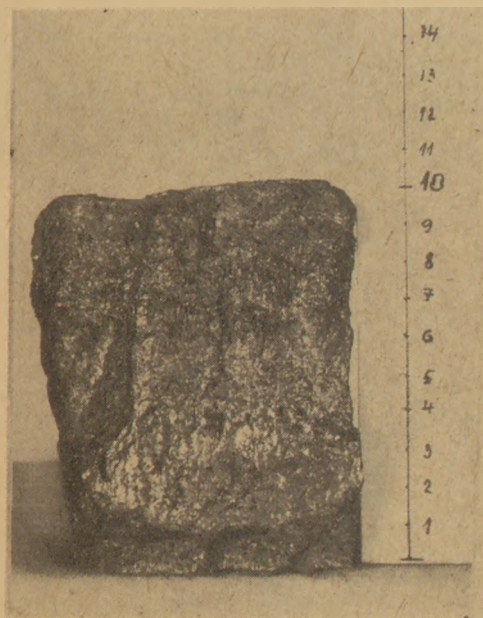


10. ábra. 4. sz. Koresbit mikroszkópi csiszolata. $N=300$

— A folyékony reve letapad, és a tapadás mértéke az alkalmazott keramikus lap minőségének függvénye.

— Amikor a revét vízzel hűtik, hogy a tapadást megszüntessék, a keramikus lapok megrepedeznek, mivel ezek az anyagok természetüknél fogva a gyors hőmérsékletváltozást nehezen viselik el.

— A tüztérfenék magnezit tégláiban levő magnéziumoxid $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on vízgőzzel egyesülve magnézium-hidroxiddá alakul, a $\text{MgO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Mg}(\text{OH})_2$ reakció nagymérvű térfogatnövekedés mellett játszódik le, a tüztérfenék magnezit téglái szétporlanak, és fenékegyenetlenséget idéznek elő. A kopásállóság szempontjából az öntött tűzállólapok a minőségtől függetlenül egyenértékűnek mutatkoztak a kísérlet időtartama alatt.



11. ábra. Olvasztott bauxit keramikus lap vastagsága 3 és félhónapos használat után

A 11. ábra bemutatja a bauxit lapok (1. táblázat 1. sor) állapotát 3,5 havi használat után. A felvételen látható, hogy az eredetileg 100 mm vastag lapon kopás gyakorlatilag nem jelentkezett.

A 12. és 13. ábra Korvisit lapokról eltávolított

reve anyagot mutat be, amely folyékony állapotban rátapadt az olvasztott tűzálló lapra. Az ábrán látható, hogy folyékony reve eltávolítása során a korvisit lap kisebb darabjai is kitöredeznek.

A kísérleti eredmények alapján 1965 májusától a finomhengerműi II., III. és V. sz. kemence teljes tüztérét a 3. táblázatban 4. sz. alatt feltüntetett



12. ábra. Folyékony állapotban Korvisit-lapról eltávolított rátapadt reve oldalnézetben

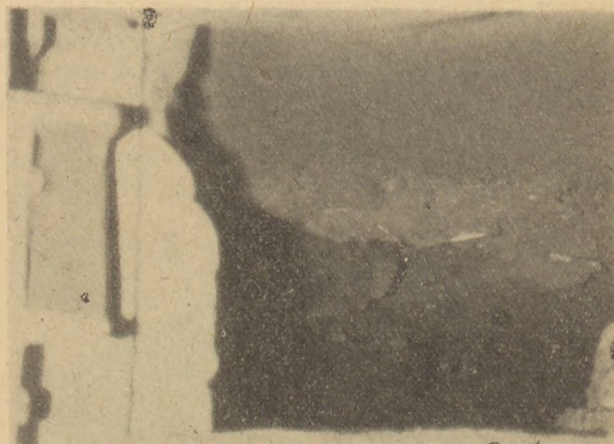


13. ábra. Folyékony állapotban Korvisit lapra tapadt reve által leszakított Korvisit darabok. A revének a lappal érintkező része

Koresbit elnevezésű fenéklapokkal burkoltuk be. A Koresbit fenéklapok alkalmazása során a Korvisit lapoknál jelentkező hiányosságok gyakorlatilag megszűntek. Ennek magyarázata, hogy a Koresbit korrózióállósága és szilárdsága nagyobb. A folyékony reve csak magasabb hőmérsékleten tapad rá.

A tüztérfenék korábbi kiképzésével járó nehézségek, illetve hátrányok, értve ezalatt a fenékfeljövést, a reve eltávolításánál jelentkező nehéz fizikai munkát, valamint az acél fenékbuga alkalmazását, az öntött tűzálló lapok alkalmazása következtében megszűntek. A 14. ábra mutatja be, hogy kaparóvas segítségével a koresbit lapokról a reve könnyen eltávolítható.

A tüztérfenék olvasztott tűzálló lapokból történő kiképzése a fenék élettartam növekedése következtében számszerűen kifejezhető anyagmegtakarítást is eredményez — az Ózdi Kohászati Üzemek Fi-



14. ábra. Reve eltávolítása kaparóvas segítségével Korelbit fenéklapokról



15. ábra. Cirkon-korund (4. táblázat 2. sz.) burkolólap makroszerkezete

nonhengertermékben évenként kb. 150 000 Ft — sokkal jelentősebb azonban a felsorolt egyéb műszaki fejlődés.

A tűztérfenék kiképzésénél elsőrendű fontosságú korrózióállóság fokozása érdekében további összetételű olvasztott tűzálló anyagot vizsgáltunk, különös tekintettel a durvahengerdei igénybevételre, ahol folyékony salaknak kell ellenállnia a tűztérfenék kialakulására alkalmas anyagnak. A 4. táblázat tünteti fel a továbbiakban vizsgált anyagok jellemző adatait.

A cirkonoxid tartalmú olvasztott kövek amorf fázist is tartalmaznak. Ennek hatására elsősorban a szövetszerkezet tömörségének alakulásában nyilvánul meg. A 15. és 16. ábra a cirkon-korund, illetve a cirkon-mullit köveket jellemzik. A képek $350 \times 350 \times 150$ mm-es méretű kettőtört lapok törésfelületei. Ugyanilyen törésfelület képet mutat be korvisit és korelbit esetében a 17. és 18. ábra. Látható, hogy a fázisátmenet vázolt kinetikájának

megfelelően a homogén fázisú korund kövek porózusak, üregesek, szemben a 20—30% amorf fázist tartalmazó cirkonos olvasztott tűzállóanyagokkal. A 19. ábra a cirkolbit-kő szövetszerkezetét ábrázolja. Ez technológiai okokból — vasoxidnak túlredukciójával történő eltávolítása, majd oxigén befúvatás — porózusabb, mint a 4. táblázat három, másik cirkonos köve.

A IV. táblázat 1. és 2. sz. kísérleti köveinek szerkezeti felépítését jellemzi a 20. és 21. ábrán bemutatott diffrakciós felvétel, amely igazolja, hogy az 1. sz. anyagot főleg monoklin ZrO_2 és mullit, a 2. sz. anyagot ZrO_2 és korund építi fel a már említett amorf fázis mellett. A további fejlesztés kialakítása szempontjából fontos kísérleti anyagok finomszerkezetét mikroszkópi felvételek mutatják be. A 22. és 23. ábrán látható mikroszkópi csiszolat a cirkon-mullit és cirkon-korund típusú tömör makroszerkezetű, olvasztott tűzállóanyagok mikroszerkezetét mutatja be. A mikroszkópi felvételek is azt iga-

Az olvasztott keramikusan anyagok jellemzése

3. táblázat

Sorszám	Megnevezés	Anyagbázis	Olvadáspont, °C	Sűrűség, g/cm ³	Térfogatsúly, g/cm ³
1	Bauxit-M	Ívfenyőkemencében megolvasztott vasszegény bauxit	1700	2,9—3,0	2,6
2	Bauxit-K	Timföldadagolással olvasztott, dúsított vasszegény bauxit	1800	3,1—3,4	2,8
3	Korvisit	Olvasztott timföld, 99% Al_2O_3	1950	3,9—4,0	2,9
4	Korelbit	Timföld speciális adalékkal olvasztva	2000	3,95—4,0	3,1

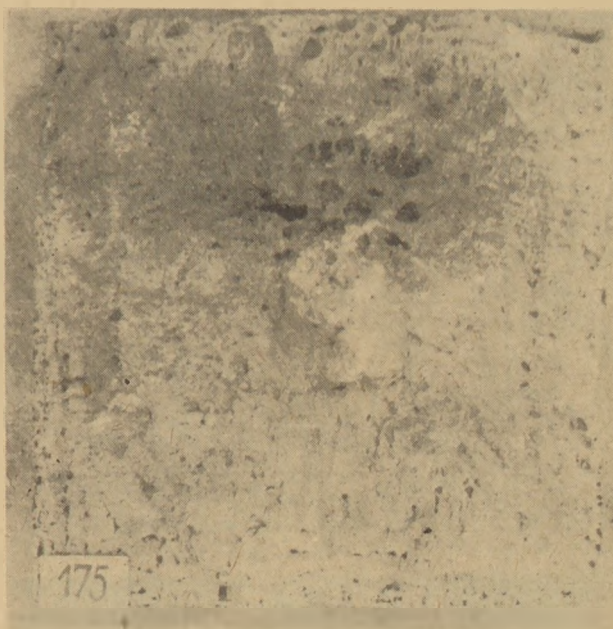
Kísérleti olvasztott keramikusan anyagok jellemzése

4. táblázat

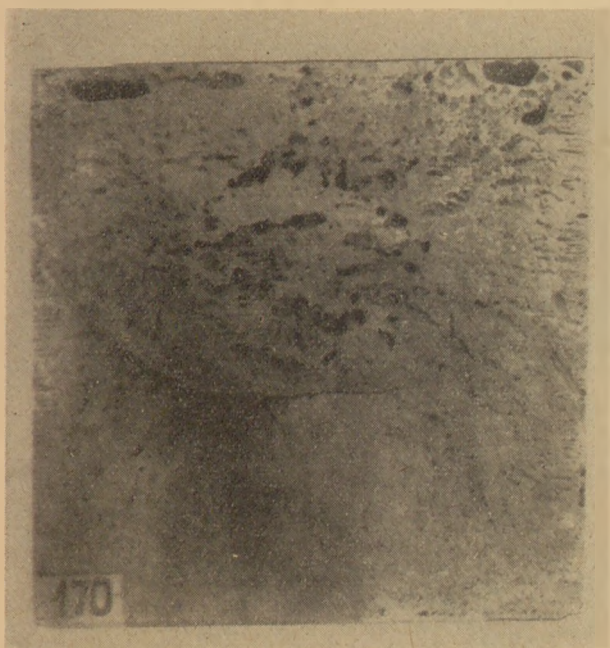
Sorszám	Megnevezése	Anyagbázis	Olvadáspont, °C	Sűrűség, g/cm ³	Térfogatsúly, g/cm ³
1	Cirkon—Mullit	Cirkonhomok és korund megolvasztva	1850	3,4—3,7	3,3
2	Zirkolbit	Cirkon, krómérc keverék speciális adalékkal olvasztva	1850	3,4—3,7	3,3
3	ZKM	Cirkon-timföld-magnezit keverék megolvasztva	1800	3,5—3,8	3,1
4	Cirkon—Korund	Csökkentett SiO_2 tartalmú cirkonkorund	1900	3,7—4,0	3,4



16. ábra. Cirkon-mullit burkolólap (1. sz. táblázat 1. sz.) makroszerkezete



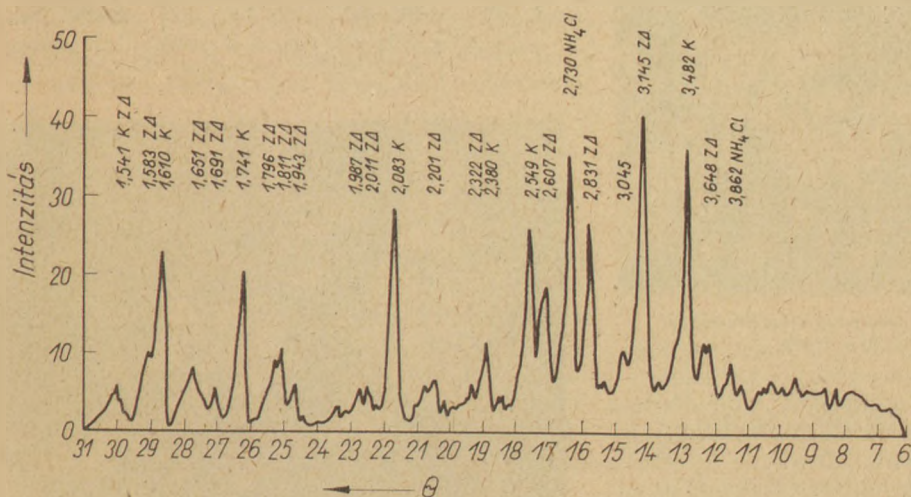
18. ábra. Koralbit-kő törésfelületéről készült felvétel



17. ábra. Korvisit-kő törésfelületéről készült felvétel



19. ábra. Cirkolbit-kő törésfelületéről készült felvétel

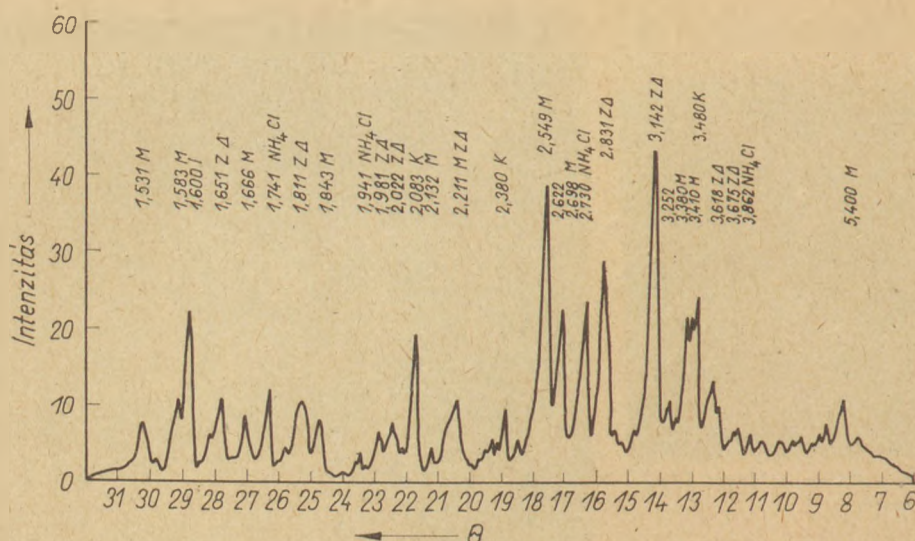


20. ábra. Cirkon-korund kő kristályos fázisának meghatározása diffrakciós felvétele. (k = korund, z-nonoklincirkon-dioxid.)

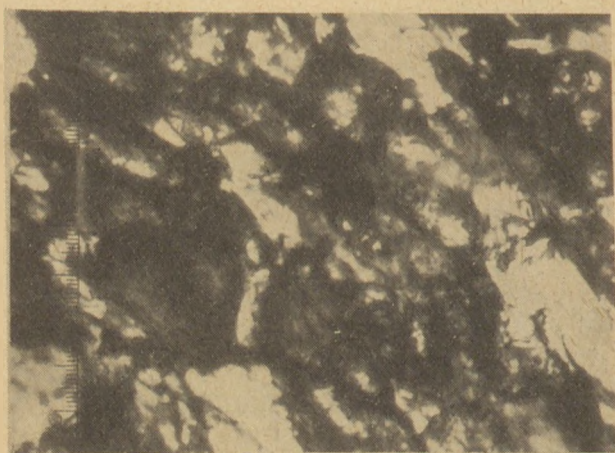
zolják, hogy az egyedi kristályok amorf fázisba ágyazódtak be.

A 23. ábra szerint a cirkonos kő a nagyobb SiO_2

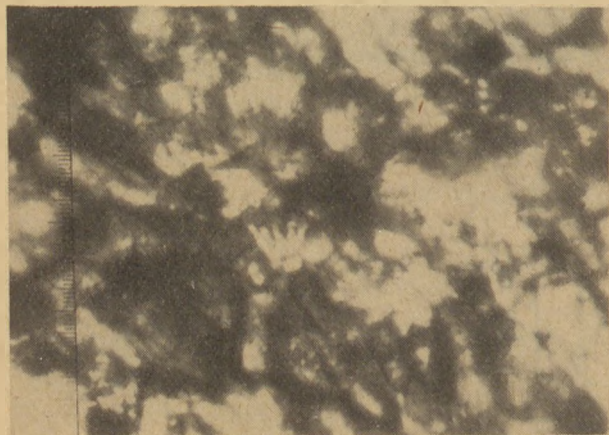
tartalomnak megfelelően több amorf fázist (a felvételen a sötét foltok) tartalmaz, mint a 22. ábrán bemutatott kisebb SiO_2 tartalmú cirkon-korund



21. ábra. Cirkon-mullit-kő kristályos fázisának meghatározása diffrakciós felvétele. (k = korund, m = mullit, z = monoklin-cirkon-dioxid)



22. ábra. Cirkon-korund olvasztott tűzállóanyag mikroszerkezete. N = 1000



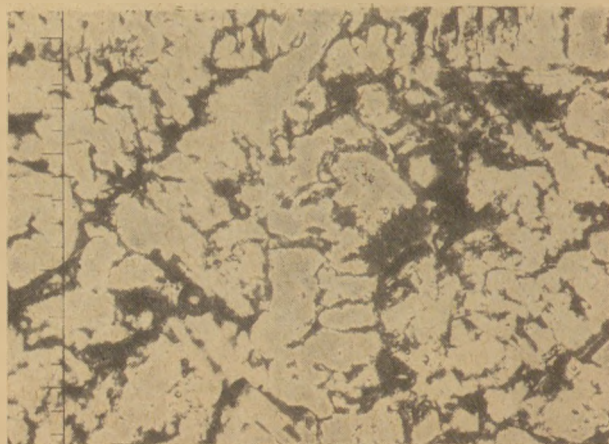
23. ábra. Cirkon-mullit olvasztott tűzállóanyag mikroszerkezete. N = 1000

típusú anyag. A 24. ábrán a cirkolbit, a 25. ábrán a ZKM típusú olvasztott kövek mikroszerkezete látható, míg a 26. ábrán látható diffrakciós felvétel a IV. táblázatban 4. sz. alatt felvett ZKM jelű anyagot jellemzi.

A tömör szerkezetű cirkonoskövek kedvező korrózióállósága alkálitartalmú üvegolvadékkal szemben ismert. Ennek alapján előrelátható volt a reve-

állóság kedvezőbb alakulása is. A 4. táblázatban 2. sz. alatt szereplő cirkolbit elnevezésű, krómérc-cirkon bázison előállított anyag ellenállóképesség vizsgálat céljából a durvahengerművi lemeztoló kemence tűzterébe került beépítésre.

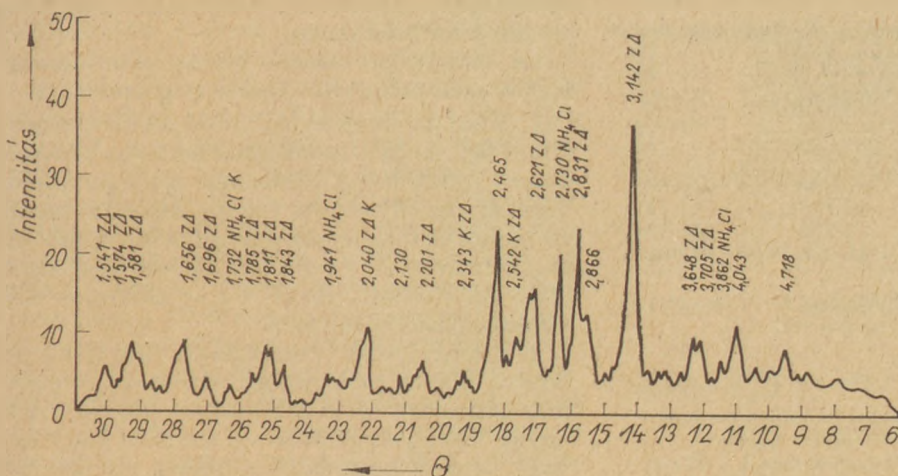
A durvahengerművi kemencékben a tűztér hőmérséklete — a 2. táblázatból is leolvasható IV., V. kemence — jóval magasabb, mint a finomhen-



24. ábra. Cirkolbit típusú olvasztott tűzállóanyag mikroszkópi csiszolata. N = 200



25. ábra. Magnézium-oxid adalékos cirkon-korund tűzállóanyag mikroszkópi csiszolata. N = 300



26. ábra. Magnézium-oxid adalékos olvasztott tűzálló anyag kristályos fázisai. Diffrakciós felvétellel (k = korund, z = cirkon-dioxid)



27. ábra. Magmalox olvasztott tűzállóanyag elhasználódása termites salakozás hatására

gerművi kemencékben. A salak is folyékony állapotban van. A folyékony salaknak ellenálló kőtipust cirkon és krómérc bázison alakítottuk ki.

Ezt a jelenséget az 1. táblázat 5. sorszáma alatt szereplő Magmalox elnevezésű olvasztott mullitkőekkel 1968-ban lefolytatott kísérlet is megerősíti. A Magmalox kővek az Ózdi Kohászati üveg lemezoló kemencéjébe kerültek beépítésre, és ezek a kővek is fokozatosan tönkrementek a termites salak eltávolítás következtében eutektikus olvadékképződés mellett. A 27. ábra mutatja a folyékony salak hatására tönkrement Magmalox fenék állapotát.

VI. A hengerművi kemencék fenékkiképzésének módosítási lehetősége az előmelegítő szakaszban

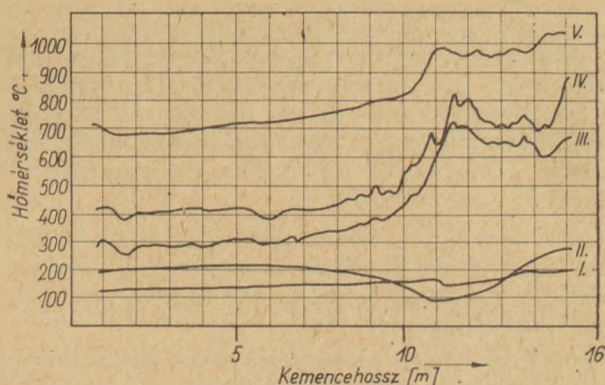
Az előmelegítőtér hőmérséklete 300–800 °C között változik. Az előmelegítő térben a betoló oldalon a rendszeres üzemi karbantartás alkalmával nagymértékű hőingadozással is számolni kell. A 28. ábra mutatja a karbantartás során bekövetkező hőmérséklet alkalmazást. A kemencefenék igénybevétele elsősorban koptató jellegű. Itt a reveképződés még minimális. Az anyagoszlop koptató hatásának kell ellenállnia a kemencefenéknek.

A 29. ábrán a kemence keresztmetszete látható.

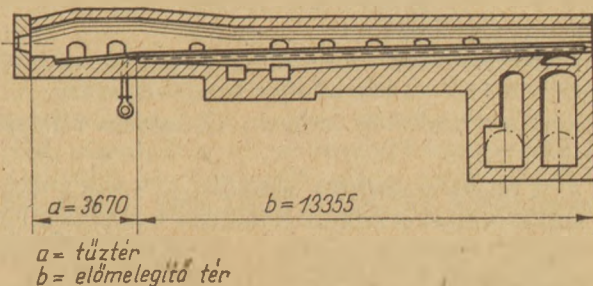
Az előmelegítőtérben a bugák betolására 4 db 76 mm külső átmérőjű, 10 mm falvastagságú víz-hűtéses acélforrcsőpálya szolgál, amelyek a ke-

mence fenekében öntöttvas párnázatban helyezkednek el. A csövek felületére különleges koptatósint hegesztenek. Alsó tüzeléssel ellátott kemencék-nél a csöveket kromogén betonnal szigetelik.

A bugák ilyen koptatósín rendszeren történő to-



28. ábra. Az előmelegítő tér hőmérsékletesése a belső oldalon



29. ábra. Finomhengerművi tolókemence hosszmetsete

lása esetében a következő megfontolások alapján indokolható a műszaki fejlesztés szükségessége:

1. A csúszófelületek hűtése nagy vízfogyasztást jelent.

2. A hűtővíz kalóriaveszteséget okoz, mely növeli a kemence energiafelhasználását. Az Ózdi Kohászati Üzemek Energia Osztálya által végzett mérések alapján két kemencénél felhasznált víz és kalória veszteség az 5. és 6. táblázat szerint alakul.

5. táblázat

A III. sz. kemence vízfogyasztása és kalóriavesztése
(10 t/ó teljesítménnyel mérve)

Cső- szám	Befogó víz °C	Távozó víz °C	Vízfogyasztás l/ó	Elvitt kcal/ó
1.	28	50	11 088	243 936
2.	28	43	10 476	157 140
3.	28	42	9 936	139 104
4.	28	50	11 088	243 936
Összesen				748 116

6. táblázat

A VI. sz. kemence vízfogyasztása és kalóriavesztése

Cső- szám	Befolyó víz °C	Távozó víz °C	Vízfogyasztás l/ó	Elvitt kcal/ó
1.	28	42	7200	100 800
2.	28	41	4392	57 096
3.	28	48	7200	144 000
4.	28	38	6984	48 888
Összesen				350 784

Ha a II. sz. kemence fogyasztását a III. sz. kemencéével, a IV. sz. kemence fogyasztását pedig az V. sz. kemencéével vesszük azonosnak, az óránkénti hővesztés 2 279 800 kcal, értéke pedig éves viszonylatban kb. 2 millió Ft. A felhasznált víz értéke kb. 0,3 millió Ft.

3. A fém koptatósínek tartóssága nem éri el a ciklusidőt. A cső kilyukad, a vizet le kell zárni, ezáltal a csúsztatósín teljesen elég, ami az alábbi következményekkel jár:

a) Hosszú buga melegítésekor a kiégett sín helyén (különösen a két szélső sín helyén) a buga lehajlik, akkor a kemence fenékre fordítja az anyagoszlopot.

b) Az anyagoszlop elferdül, a kemence oldalfalába ütközik, megakad, üzemzavart okoz, és rombolja az oldalfalat is.

c) Rövid bugák tolatása nehézséget okoz, mivel ezek nem tudnak felfeküdni a kiégett síneken.

d) Kemenceleállás, csövek, koptatósínek felújítása.

4. A bugák melegítése egyenetlen, mivel a buga a koptatósínnél érintkező felfekvési felületen a hűtés miatt átmelegedni olyan mértékben nem tud, mint az egyéb helyeken.

Korszerű kemencéknél a fémből készült csúszó felületeket már megszüntették. Olyan megoldást fejlesztettek ki, ahol a vízűtéses csúsztatósíneket korvisit-sínekkel vagy lapokkal helyettesítik.

A Szilikátipari Kutató Intézet fejlesztési eredményei alapján, a helyi adottságok figyelembevételével az 1966. szeptemberi átépítésnél a finomhengerművi III. sz. kemencénél a vízűtéses csúsztatósíneket kísérletileg olvasztott keramikusszerű csúsztatófelülettel helyettesítettük. Az előmelegítőtér fenekét 350 × 350 × 150 mm méretű olvasztott tűzálló lapokkal fedtük le. Mind a tűztérben, mind az

előmelegítő szakaszban cirkonbázisú fenéklapok kerültek felhasználásra.

Az olvasztott tűzálló lapok lefektetésénél az alábbi szempontoknak kell érvényesülni:

1. Mind az előmelegítő, mind a tűztérben biztosítani kell, hogy a lapok sima felületet képezzenek. Ennek érdekében a lefektetést igen gondosan kell végezni. Az olvasztott tűzálló anyagok előállításai technikájából, az anyag jellegéből következően vastagság méreténél $\pm 2-3$ mm eltérés lehetséges. Ez oly módon eliminálható, ha a lefektetés habarcs felhasználásával történik.

2. A fenékkövek elmozdulását meg lehet akadályozni, illetve csökkenti $AlPO_4$ -os kötással. Ez már 300–500 °C-on kellő kötést biztosít. A kötőanyag foszforsavoldatból és timföld, vagy bauxit, vagy samott keverékből állítható elő oly módon, hogy a keverékben biztosítva legyen a 1:2 $P_2O_5: Al_2O_3$ oxidarány. Ez a kötőanyag biztosítja az olvasztott burkolókövek és a kemence samotttégla aléptítmény közötti kötést és ezzel a kötőanyaggal kell kitölteni a lapok hézagait és ezzel csökkenthető a lapok közötti esetleges egyenetlenség, a csúszófenék simaságának javítása érdekében.

3. $AlPO_4$ -el javíthatók a fenéklapok kisebb meghibásodásai is.

4. A tűztérfenék kiképzésére legalkalmasabb a nagy korrózióállóságú korund vagy cirkon-korund típusú olvasztott tűzállóanyag.

5. Előmelegítőtérben a kopásállóság alapján a korelbit típusú anyag adhatja a legkedvezőbb ellenállást.

5. Üzemeltetés és kezelés szempontjából ismerni kell azt a körülményt, hogy az olvasztott tűzálló anyagok hőlékésállósága kedvezőtlen, így ezt mindig szemelött kell tartani, mind kemence felfűtés, lehűtés, üzemeltetés során.

7. Az előmelegítőtér kiképzésére olvasztott tűzállóanyagból két lehetőség áll fenn:

- a) fenékburkoló lapokkal — sima fenék,
- b) idomkövekből csúsztató sín kialakítása.

Az első esetben a bugák sima felületen, a második esetben a kemencefenékből kiemelkedő sínrendszeren csúsznak.

A sima kemencefenékkal az Ózdi Kohászati Üze-



30. ábra. A tűztér fenék minősége finomhengerművi kemence üzemeltetési periódusa után lehűlt állapotban

mek Finomhengerművében a kísérlet 1966. októberében kezdődött. Két hónapos üzemeltetés alapján a tapasztalatok az alábbiakban foglalhatók össze.

A tűztérben igen jól bevált a cirkon-mullit és cirkon-korund olvasztott tűzálló lap is. Reveállósága javult, a tűztér teljesen sima, kifogástalan állapotban volt, amit a 30. ábra is érzékeltet.

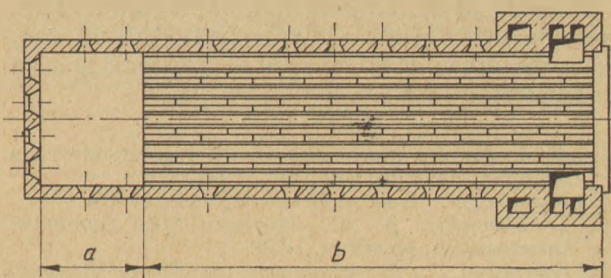
Az előmelegítőtérben a vízhűtéses csőrendszer helyettesítése következtében 15–20%-os gázszükséglet csökkenés mutatkozik a mérések szerint. Az előmelegítő térben olvasztott tűzállóanyag azonban nem bírja a 28. ábrán már bemutatott hőmérséklet-ingadozást. A gyors hőmérsékletváltozás hatására, ami főleg a karbantartási műveletek alkalmával következik be, a lehúzónyílások könyökén az olvasztott tűzállóanyag lapok megrepedtek és tönkrementek. Amint azt a 31. ábra mutatja.



31. ábra. A hőmérsékletingadozás hatására megrepedt fenékburkoló tűzállóanyag állapota a lehúzó nyílások közelében

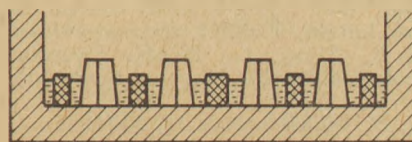
A sima fenékkiképzés esetében a bugatolás folyamatossága a jelenlegi buga minőségénél teljesen nem biztosítható. A tolatásra kerülő bugák teljes hosszukban felfeksznek a sima felületen. Ezért első sorban nehezebbé vált a tolatás a nagy felfekvési felület miatt. A nagy tolóerő következtében a rozszul hengerelt bugák zavart is okoznak. Az anyagoszlop megemelkedik, sőt az erősebb görbülettel bekerülő bugák felugranak és esetenként torlódást, üzemzavart idéznek elő. Ez a jelenség a kemence hidegebb részében jelentkezik, a melegebb kemence zónákon a felmelegedett buga már alakulhat és a görbeség megszűnhet.

A következő hibalehetőség a ferdén vágott bugáknál jelentkezik. Ezek annyira élesek a ferde vágás miatt, hogy kis hézagba, fugába is beakadhatnak, ami szintén torlódáshoz vezethet. Mivel a kemencefenék kiképzésénél habarcsot nem alkalmaztak, előfordult, hogy a kemence szélén az éles buga $250 \times 750 \times 150$ mm-es idomot a helyéből is kimozdított. Ha a bugák minősége megfelelő, sarkos, nem görbült, az üzemmenet zavartalan, amint a tapasztalat mutatja. Annak ellenére, hogy van példa sík fenékkiképzésre, a hazai viszonyoknak mégis a sínrendszeres megoldás felel meg, amelyet a 32. és 33. ábrán látható vázlat mutat be. A csúszósín kiképzésére alkalmas olvadékból önthető formát a 34.

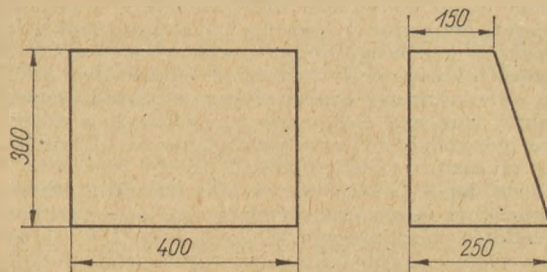


32. ábra. Olvasztott tűzállóanyagból kialakítandó sínrendszer vázlata felül nézeten

-  Korelbit
-  Nagyszilárdságú samott
-  Alumíniumfoszfát döngölőmassza



33. ábra. Olvasztott tűzállóanyagból kialakítandó sínrendszer keresztmetszetének vázlata. a) Olvasztott tűzállóanyag, b) zsugorított keramikussal tűzállóanyag, c) alumíniumfoszfát-beton



34. ábra. Csúszósín kiképzésre alkalmas olvasztott tűzállóanyag formatest

ábra jellemzi. Eszerint a kemencében négy dupla kőorból álló sínrendszer alakítandó ki. A közbenső teret nagy szilárdságú téglával kell falazni, amelyet foszfátkötésű habarcs köt össze. A falazott rész és az olvasztott anyagú sínrendszer között a teret foszfátos döngölő masszával kell kitölteni, így szilárd, monolitikusnak tekinthető kemencefenék képezhető ki az előmelegítő térben. Az olvasztott kövek ékszerű kiképzése a biztonságos beépítést szolgálja.

A betoló oldalon jelentkező hőmérsékletingadozás fokozottabb figyelembevétele érdekében előmelegítő térben 4–5 m-es szakaszon nagy kopásállóságú, keramikussal tűzállóanyag sínrendszer kialakítása célszerű.

A síkfenékkel szemben a jelenlegi tapasztalatok alapján a sínrendszer az alábbi előnyöket biztosítja:

1. Kisebbség a tolatásra kerülő bugák felfekvése,
2. A bugák kevésbé lesznek hajlamosak felugrássra,
3. A szerkezet olcsóbb kivitelű biztosít, minél kisebb lesz az olvasztott tűzállóanyag szükséglet.

Hasonló elvek alapján képezhető ki a durvahenger-germői tolátókemencék előmelegítő tere is, ezekenél a tűztérben egyelőre ezek az anyagok nem javasolhatók.

IRODALOM

- [1] Verő, J.: Az ipari vasötvözetek metallográfiája. Akadémiai Kiadó. Budapest. 1960.
- [2] Kupffer, N.: Stahl u. Eisen, 82. 825. (1960).
- [3] Litvakovszkij, A. A.: Playlenie litüe egneuporü Gosztroizdat. Moszkva. 1959.
- [4] Sövegjártó, J.: A vaskohászat tűzálló építőanyagai. Akadémiai Kiadó. Budapest. 1960.
- [5] Busby, T. S.: Porosity and refractory corrosion. Silicates ind. 22. 1 (1957).
- [6] Korányi, G., Söllei, I., Vissy L.: Olvasztott kád-kövek gyártásával kapcsolatos vizsgálatok. ÉAKKI 23. sz. jelentés, Budapest, 1956.
- [7] Veress, Z.: Építőanyag 11, 164 (1959).
- [8] Perry, J. H.: Chemical Engineers Handbook. Mc.Graw Hill P. C. New York, 1950.
- [9] Loeb, A.: J. Amer. ceram. Soc. 37, 96 (1954).
- [10] Kingery, W. D., Franck, J., Colle, R. L., Vasiloo, T.: Amer. ceram. Soc. 37, 100 (1954).
- [11] Korányi, Gy.: Üvegolvastó kemencék oldalkő-sorának hűtése, ÉAKKI jelentés, Budapest, 1955.
- [12] Lócsei, B., Vissy, L.: Eljárás olvasztott tűzálló anyagok előállítására. Magyar szabadsalom 146. 872. 1961.
- [13] Lócsei, B.: Silikattechnik 12, 25 (1961).

Lócsei Béla—Ivócs László: Tűzállóanyagok hatása ipari kemencék szerkezetének fejlesztésére.

Hazai viszonylatban is igazolásra került, hogy az olvasztás útján formázott tűzállóanyagok alkalmazása kohászati hengergermői kemencék kialakításánál számos műszaki és gazdasági előnyt eredményez. A finomhengergermői tolókemencék tűztérének kialakítása korelbit vagy cirkon-korund bázisú olvasztott tűzálló lapokból növeli a kemence élettartamát, csökkenti a dolgozók fizikai igénybevételét, csökkenti a kemence állásidejét.

Az olvasztott tűzállólapokból, illetve idomokból kialakított, lapos fenekű, illetve sínrendszerrel kiképzett kemencékben megszűnik a vízfelhasználás és csökken az üzemeltetés energiaigénye. Teljesen lapokból kiképzett kemencefenék esetében a rosszul vágott, görbe bugák az anyagoszlop tolatása során kisebb egyenletlenségekre is érzékenyen reagálnak és torlódás forrásává válnak.

Ezért célszerűbb a felső tüzelési rendszer megtartásával a kemence előmelegítő terének kiképzése négy keramikusan csúsztatósín vonallal betonba ágyazva. Ennek a térnek a kialakítására korelbit, illetve nagy kopásállóságú keramikusan csúszósínnel kombinálva tűzállóanyag előnyös megoldást eredményez.

Б. Лечаи—Л. Ивоч: Влияние огнеупоров на развитие конструкций промышленных печей.

Отечественный опыт применения плавящихся огнеупоров еще раз подтвердил, что применение последних открывает многочисленные технико-экономические возможности при конструкции металлургических печей. Футеровка топок печей с подвижным подом плавящимися огнеупорными плитками из корельбита или же циркония-корунда повышает долговечность печей, снижает затраты физического труда, а также сокращает время простоев.

В печах с плоским подом, а также в печах рельсовой системы, выполненных из плавящихся огнеупоров или же фасонов отсутствует необходимость применения воды, а также снижаются расходы на эксплуатацию.

В случае таких печей, у которых под полностью выполнен из огнеупорных плиток, толкатели при передвижении столба материала весьма чувствительно реагируют на самые незначительные неравномерности в работе печи, и являются источником застоя материала.

Поэтому более целесообразным является оформление области подогрева печи в виде линии, состоящей из четырех керамических рельсов скольжения, размещенных в бетонном растворе, при сохранении в неизменной форме верхней системы отопления. Применение для оформления области подогрева печи корельбита, а также комбинации огнеупорного материала с керамическими рельсами скольжения, обладающими повышенной износостойкостью, имеет в данном случае большие преимущества.

Lócsei, Béla—Ivócs, László: Die Einwirkung feuerfester Stoffe auf die Konstruktionsentwicklung von Industrieöfen

Es hat sich auch in der ungarländischen Praxis bestätigt, daß die Anwendung von mittels Schmelze geformten feuerfesten Stoffen bei der Gestaltung Walzwerk-Hochöfen von technischen und wirtschaftlichen Vorteilen begleitet wird. Die Ausgestaltung des Heizraums von Stoßöfen der Feineisenstraßen mit Korelbit-Platten, oder mit feuerfesten Zirkon-Korundplatten steigert die Lebensdauer des Ofens, vermindert seine Stehzeit und die Inanspruchnahme der Werkstätigen.

Bei mittels Schmelzplatten resp. Formkörper entwickelten Öfen mit flachem, bez. mit einem Geleissystem versehenem Bodenteil erlischt der Wasserverbrauch und der Energieanspruch nimmt ab. Besteht der Bodenteil durchwegs aus Platten, dann können fehlerhafter Schnitt, schiefe Knüppel beim Verschieben des Brennsatzes zu Ungleichmäßigkeiten führen, zur Quelle von Anhäufungen werden. Es empfiehlt sich also die Oberfeuerung beizubehalten, den Vorwärmmraum nach vier in Beton gebetteten keramischen Schubgeleisen auszugestalten. Die Anwendung von Korelbit, resp. die Kombination mit verschleißbeständigen Schubgeleisen aus keramischen Material ermöglicht eine vorteilhafte Lösung. (S. G.)

Lócsei, Béla—Ivócs, László: The Role of Refractories in the Development of Industrial Kiln Construction

Recent Hungarian results proved that the use of electrocast refractories in metallurgical rollerplant kilns brings technical and economic advantages. The lining of fine roller pushing kilns with corelbite and zirconcorundum base slabs increase the time of kiln campaign, decrease stillstand time and reduce the physical burden of labourers. Flat-bottom or rail-bottom kilns made of electrocast refractory slabs need no water and the energy demand of operations is reduced. In case of flat bottoms, constructed entirely of even slabs, miscut, curved ingots will react to minor unevennesses during the pushing of the material column and thus cause bottleneck. Therefore the preheating zone of the kiln should be designed by incorporating four ceramic gliding rails embedded into concrete.

A cirkonium-dioxid kerámiai anyagok stabilitásának vizsgálata magas hőmérsékletű vízgőz hatásával szemben

BUDNIKOV, P. P. — HARITONOV, F. Ja.
Moszkva

A korszerű technikában igen sokat ígérő s ezért a jövőben egyre inkább előtérbe kerül a cirkonium-dioxid alkalmazása, mivel magas hőmérsékleten is jól ellenáll az agresszív hatásoknak [1—3]. Az utóbbi időben hőhordozó közegként egyre kiterjedtebben használnak vizet, vagy vízgőzt, ami erős korróziós hatást gyakorol a szerkezeti anyagokra, többek között a kerámiai anyagokra is. Többen vallják azt az álláspontot [4, 5], hogy a kerámiai anyagok ellenállóképessége ilyen hatásokkal szemben nem kielégítő: amennyiben a víz hőmérsékletét zárt rendszerben 93 °C-ról 260 °C-ra növeljük, a korrózió sebessége 5—20-szorosra növekszik. A 350 °C hőmérsékletű vízgőzzel 140 atm nyomáson dolgozó reaktorokban a stabilizált cirkonium-dioxid kerámiai anyagok a korund-kerámiákhoz hasonlóan mintegy 20—50%-os súlyvesztéssel szenvednek [6], sőt, mint kimutatták, atmoszférikus nyomáson már 200 órán át tartó forróvízes kezelés hatására is súly- és méretváltozások következnek be [7]. A különböző cirkonátok korrózióállósága szintén meglehetősen kicsi. Az ólom-cirkonát például 200—500 °C-os, 280—700 atm nyomású vízgőz hatására alkotóelemeire bomlik [4].

E munka során azt tűztük ki célul, hogy megvizsgáljuk, miként változik a 7% CaO-dal stabilizált cirkonium-dioxid telített és túlhevített vízgőzzel szembeni korrózióállósága a hőmérséklet, a nyomás és a kezelési idő függvényében. Ennek során megvizsgáltuk az irodalmi adatok alapján [8] 1750 °C-os zsugorítással előállított, nagy tisztaságú cirkonium-dioxidból készített próbatestek fizikai és műszaki tulajdonságainak változását.

Az előzetesen CaO-dal stabilizált cirkonium-dioxidból acél golyósmalomban, acélgolyókkal történő órlással 8500 cm²/g finomságú port készítetünk, melyet forró sósavas mosással dúsítottunk.

A próbatesteket nyomás alatti öntés módszerével formáztuk. Az öntőmasszát a por alakú anyaghoz kevert 10 s% parafin és 1 s% viasz hozzákeverésével állítottuk elő, 65—70 °C-on vákuum-keverőben történő keveréssel.

A kötőanyagot 300 °C-ra való hevítéssel, alumínium-oxid adszorbens közé helyezve távolítottuk el, úgy hogy a visszamaradó mennyiség nem volt több 1%-nál. A nagytisztaságú cirkonium-dioxid oxidos összetétele a következő volt:

SiO ₂	: 0,25%
Al ₂ O ₃	: 0,01%
MgO	: 0,02%
ZrO ₂	: 99,10%
HfO ₂	: 0,03%
izz. vesz.	: 0,53%

A kalcium-oxiddal stabilizált cirkonium-dioxid minták hidrotermális kezelés előtti, valamint a hidrotermális kezelés utáni jellemző adatait (40, 100, 170 és 300 atm., illetve 250, 310, 351 és 370 °C) az 1. táblázatban foglaljuk össze.

40 atmoszférás nyomás esetén a próbatestek felületén elváltozások nem mutatkoztak és legfontosabb jellemzőik is gyakorlatilag változatlanok maradtak. 1000 órás hidrotermális kezelés után a próbatestek vízfelvétele 0,11%, nyitott pórustartalma: 0,56% volt.

A kísérletek során kémiai és röntgenszerkezeti fázis elemzést és mikroszkópiai vizsgálatokat is végeztünk.

A kémiai fázisösszetétel vizsgálatok alapelve az volt, hogy az 1 : 1-es hígítású sósav csak azt a CaO-t oldja ki, amely a ZrO₂-dal nem képez szilárd oldatot. A röntgen-szerkezetvizsgálatokat ionizációs regisztrálással, porfelvételi eljárással hajtottuk

1. táblázat

A cirkonium-dioxid próbatestek tulajdonságai hidrotermális kezelés után

Vizsgálati körülmények			Vízfelvétel, %	Térfogat súly, g/cm ³	Porozitás		Hajlítószilárdság		Szilárdság csökkenés, %		Az egységnyi felületre eső súlyvesztés, g/cm ²
nyomás, kp/cm ²	hőmérséklet, °C	idő, óra			zárt, %	nyitott, %	statikus, kp/cm ²	ütési kp·cm/cm ²	statikus	ütési	
Kezelés előtt			0,00	5,20	0,00	5,62	1100	6,1	—	—	—
40	250	300	0,02	5,11	0,10	7,27	1000	5,5	10,0	10	0,0001
40	250	1000	0,04	5,11	0,20	7,17	1000	4,7	10,0	23,0	0,0003
170	351	300	0,08	5,11	0,42	6,86	860	6,1	21,8	0,00	0,0001
300	370	300	0,22	5,07	1,12	7,41	920	4,6	16,4	25,00	0,0008

A kezelés körülményei	Kiinduló összetétel			Az égetett termék fázisösszetétele		
	komponensek	mól, %	súly, %	A fázisösszetétel vizsgálat módja		
				kémiai, %	mikroszkópikus	röntgenografikus
Kezelés előtt	ZrO ₂	85,3	93,0	1,45 ZrO ₂	Szabályos módosulat	Szilárd oldat
	CaO	14,7	7,0	0,78 CaO		
Hidroterm. kezelés.....	ZrO ₂	85,3	93,0	2,30 ZrO ₂	Szabályos + monoklin (5—10%)	Szabályos + monoklin (5—10%)
P=40 atm., t=250 °C ...	CaO	14,7	7,0	1,16 CaO		
Hidroterm. kezelés.....	ZrO ₂	85,3	93,0	2,50 ZrO ₂	Szabályos + monoklin (15—20%)	Szabályos + monoklin (15—20%)
P=300 atm., t=370 °C ..	CaO	14,6	7,0	1,35 CaO		

vége. A zsugorított próbatestek röntgen fázisanálízisének eredményét a 2. táblázat tartalmazza.

1750 °C-os égetés hatására szilárd oldat-képződés játszódik le. Ézelőtt azonban közbenső fázisként kalcium-cirkonát képződik és így a CaO egy része mellett a ZrO₂ is oldatba megy [9].

Ugyanebben a táblázatban a magas hőmérsékletű és nagy nyomású kezelésnek kitett próbatestek vizsgálati eredményeit is közöljük.

A szilárd oldat túlnyomórészt szabályos rendszerű kristályokból áll (1. ábra). A szilárd oldat hidrotermális kezelés hatására bekövetkező szét-esése után monoklin rendszerben kristályosodó CaZrO₃ összetételű fázis jelenik meg. Mivel a képződő monoklin rendszerű fázis mennyisége viszonylag kicsi, így a kalcium-cirkonát mennyisége sem jelentős.

A CaZrO₃ jelenléte a szilárd oldatban csak kémiai fázisanálízissel határozható meg.

Ha összehasonlítjuk a hidrotermális kezelés előtt és után sósavban oldható ZrO₂ mennyiségét, észrevehetjük, hogy ez az utóbbi esetben nagyobb. A sósavval kioldható ZrO₂ mennyisége annál több, minél nagyobb az alkalmazott hidrotermális kezelésnél a vízgőz nyomása és hőmérséklete.

A cirkonium-dioxid hidrotermális kezelés hatá-

sára bekövetkező stabilitáscsökkenését porozitás-növekedés és szilárdságcsökkenés is kíséri. Ez annak a következménye, hogy az eredetileg jelenlevő, nem stabilizált monoklin ZrO₂ térfogatváltozással járó polimorf átalakulással tetragonálissá alakul át.

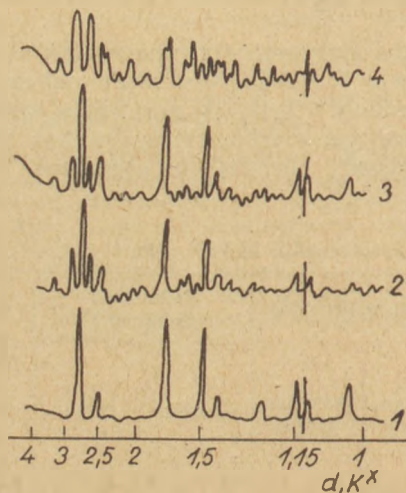
Feltehető, hogy ennek hatására kedvező körülmények jönnek létre a stabilizált forma kalcium-ionjainak diffúziójához, mivel a korrózióknak kitett zónában a szabályos rendszerű kristályokban nyomófeszültség keletkezik. A korróziós hatás a próbatestek felületén és a szemcsehatárokon a legintenzívebb. A kémiai- és röntgen fázisanálízis adatai alapján megállapítható, hogy a korrózió hatására ZrO(OH)₂·nH₂O vagy Zr(OH)₂·nH₂O összetételű cirkonhidroxidok képződnek.

IRODALOM

- [1] Kingury, W. D.: Issledovaniya pri vüszokih temperaturah I. I. L. M. 1962.
- [2] Campbell, I. E.: Tehnika vüszokih temperatur, I. I. L. M. 1959.
- [3] Ryschkevitsch, E.: Oxide ceramics. Physical chemistry and technology, N. Y. L. 1960.
- [4] De-Paul szerkesztésében: Korrozija i iznosz v vodoohlazdaemüh reaktorah. Szudpromgiz. L. 1959.
- [5] Kopel'man, B.: Materialü dlja jadernüh reaktorov. Goszatomizdat. 1962.
- [6] Csetvertüj szimpozium po primeneniju keramiki v jadernoj energetike. 1959, 26. 7. sz. 1419, 1420, 1422, 1424. o.
- [7] Metallovedenie reaktornüh materialov, III. kötet, Materialü zamedlitelja otrazsatelja i regulirujuscih usztrojstv. Goszatomizdat. M. 1962.
- [8] Zin'ko, E. I., Haritonov, F. Ja.: Novoe v elektrokeramike. (Szab. trudov Goszudarsztvennogo naucno-issledovatel'szkogo elektrokeramiceszkogo insztituta. 7. M. 1964. 26. p.)
- [9] Keler, E. K., Godina, N. A.: DAN. SZSZSZR 1955. 2. sz. 247. o.

Budnikov, P. P.—Haritonov, F. Ja.: A cirkonium-dioxid kerámia anyagok stabilitásának vizsgálata magas hőmérsékletű vízgőz hatásával szemben

Megvizsgáltuk, hogyan változnak a CaO-dal stabilizált cirkonium-dioxid fizikai és műszaki tulajdonságai telített, túlhevített vízgőzkezelés hatására, a hőmérséklet, nyomás és a kezelési idő függvényében. A szerkezeti változásokat mikroszkópikus, röntgenografikus és kémiai módszerekkel tanulmányoztuk. Megállapítottuk, hogy a hidrotermális kezelés hatására a cirkonium-dioxid részben destabilizálódik, ami porozitás növekedéssel, szilárdságcsökkenéssel és hidroxidok keletkezésével jár.



1. ábra

A cirkonium-dioxid röntgendiffraktogramja

1. A ZrO₂—CaO szilárd oldat a hidrotermális kezelés előtt. 2. U. ez 1000 óráig tartó, 100 kp/cm² nyomáson és 310 °C-on végrehajtott hidrotermális kezelés után. 3. U. e. 1000 óráig tartó, 100 kp/cm² nyomáson 370 °C-on végrehajtott hidrotermális kezelés után.

И. П. Будников, Ф. Я. Харитонов: Дестабилизация керамики из двуокиси циркония в высокотемпературных водяных парах

Исследовалась стойкость стабилизированной окисью кальция двуокиси циркония по изменению физико-технических характеристик в зависимости от температуры, давления и времени воздействия насыщенного и перегретого водяного пара. Анализировались также структурные превращения петрографическим, рентгеноструктурным и химическим методами. Установлено, что в водяном паре происходит частичная дестабилизация двуокиси циркония, сопровождающаяся ростом пористости и снижением прочности, с образованием гидроокисей.

Budnikow, P. P.—Haritonow, F. Ja.: Die Widerstandsfähigkeit des stabilisierten Zirkonumdioxyds

Man hat untersucht die Änderung physikalischer und technischer Eigenschaften des mit CaO stabilisierten Zirkonumdioxyds auf Einwirkung des überhitzten Wasserdampfes, in Funktion der Temperatur, des Druckes

und der Zeitdauer der Behandlung. Die strukturellen Änderungen wurden mit Hilfe mikroskopischer, röntgenographischer und chemischer Methoden studiert. Es konnte festgestellt werden, daß infolge der hydrothermalischen Behandlung ein Teil des Zirkoniumoxyds destabilisiert wird, eine Tatsache, welche die Steigerung der Porosität, die Festigkeitsabnahme und die Entstehung von Hydroxyden kennzeichnet. (S. G.)

Budnikov, P. P.—Haratinov, F. Ja. (Kharitonov, F. Ya.) Resistance of Zirconia Ceramics against High-Temperature Water Vapour.

Physical and technical properties of CaO-stabilized zirconia ceramics were examined under the effect of saturated and superheated steam. Temperature & gauge pressure of the steam as well as the time of exposition were changed systematically during the experiments. The changes were studied by optical microscopy, X-ray diffraction and chemical methods. Under hydrothermal effect zirconia gets partly destabilized, and, as a consequence strength decreases, porosity increases and hydroxides are formed.

KÜLFÖLDI LAPSZEMLE

SILIKATTECHNIK,
Berlin, 20. k. 1969. 4. sz.

ETO: 666.1/2

Theuner, M.—P.:

Üvegipari diplomamunkák a Bergakademie Freiberg külön fakultásán, 140. old.

A 7 szemeszteres külön szakon 23 végzett szakiskolász mérnök vett részt, akik már az üvegiparban is többéves gyakorlattal rendelkeztek. Diplomamunkáik: **Anderssohn, H.:** Az Al_2O_3 , ZrO_2 és Cr_2O_3 oldódásáról egy Ca—Na-üveggolvadékban. **Bartsch, D.:** Tanulmány egy folyamatosan működő olvasztó- és adagolóberendezés építésére, Fourcault-berendezéshez, színes borított üveg gyártására. **Benser, W.:** Kovasav és alkáliák vízben oldódása a SiO_2 — B_2O_3 — K_2O -rendszer néhány nagy kovasavtartalmú üvegénél, összefüggésben a fázisválasztással. **Bicbas, W.:** A színezett üvegornánc beégetési viselkedéséről. **Czerzenka, B.:** Kísérletek hőelnyelő üvegek olvasztására. **Eichhorn, E.:** A Dewar-palack hőszigetelő viselkedéséről. **Hartig, H.:** A G40S kádtkő és két megfelelő, Caminau-i kaolin felhasználásával készült, próbakeverék összehasonlító vizsgálata. **Kessler, W.:** A BG 18 kék foszfátüveg optikai tulajdonságainak függése a gyártási feltételektől.

Latterman, H.: Olvadék- és diffúziós festékek hőmérőüvegek jelzésére. **Miersch, E.:** Kísérletek a homályosodás keletkezésének meghatározására az opálüvegnél. **Rieger, K.:** Üvegolvasztókemenékek külső falának hőmérsékletéről. **Rother, M.:** Modell-kísérletek nyeles üvegek alsó részének előállítására szolgáló présautomata cseppadagolójának keletkező cseppképződésre vonatkozóan. **Schwanitz, G.:** Kísérletek az öblösüveg-keverék beolvasztási viselkedésének jellemzé-

sére. **Schwarzbach, E. M.:** Az elektromos pótűtésről üvegolvasztókemenében. **Schwochert, A.:** A kovasav viselkedéséről boroszilikátüveg olvasztásánál. **Schmidt, E.:** Egy automatikus hőpalack-gyártó berendezés problémái. **Schmidt, H.:** Hibavizsgálatok a precíziós higanyoxid-barométeren. **Tabler:** A tárolás problémája az üvegiparban. **Wolf, J.:** Nagyüzemi kísérlet egy táblaüveg-kemenecé üszójának jelentőségéről. **Wölfl, A.:** Kísérletek alkálimentes alumobór-silikát-üvegekkel kapcsolatban üvegselyem előállításához.

BAUSTOFFINDUSTRIE,
Berlin, 12. k. 1969. 4. sz.

ETO: 666. 972-52

Heinrich, J.:

A betonipar automatizálásáról, 114—117. old.

A beton-nyersanyagok átrakodásánál és tárolásánál adódó szabályozási és automatizálási lehetőségek: az adalékanyagok önműködő kirakodása, elosztás és továbbszállítás a tároló silókba (ez a munka nem automatizálható teljesen: kézi gombnyomásos irányítással oldható meg), a munkasilók ellátása a tárolósilókból, a silók telítettségi szintjének ellenőrzése, a cementellátás automatizálása. A frissbeton készítésénél automatizálható folyamatok: programozott keverők, az adalékanyag nedvességének mérése stb. (a vertikális keverőberendezés automatizálás tekintetében kedvezőbb, mint a horizontális). A frissbeton közben — a keverőtől a formázóhoz való — szállítására a drótkötélpálya vagy a lépcsőformájú szállítószalag-rendszer a legmegfelelőbb. A formázás és tömörítés terén a kisformátumú elemgyártásnál az automatizálás általában megoldottnak tekinthető, a nagyformátumú elemek esetében

azonban számos kérdés megoldásra vár még.

ETO:666.972.124:666.972.017

Dahl, H.—Glatte, R.:

A homok, mint finomszemcsés könnyű adalékanyag, hatása a megszilárdult beton tulajdonságaira, 117—119. old.

Az NDK-ban egyre nagyobb mértékben törekszenek könnyűbetonok készítésénél a finomszemcsés adalékanyag-részek 0/2 mm frakciójú homokkal való helyettesítésére. Az ismert tulajdonságok közül azonban csak a homoknak a beton nyers tömörségére vonatkozó hatását lehet előre megjósolni. A nyomószilárdságot és rugalmassági moduluszt azonban az adalékanyag-tulajdonságok, a beton összetétele és a feldolgozás annyira befolyásolja, hogy ezekre vonatkozóan csak nagyon bizonytalan becslések lehetségesek.

ETO:691.215.1:666.972.12

Knieriem, B.:

A mészkő széles körű felhasználhatóságáról, 131—134. old.

A mészkövet sikeresen alkalmazzák számos országban (SzU, Magyarország, USA, Nyugatnémetország) és a vizsgálati eredmények is ezeket a tapasztalatokat igazolják. Az NDK-ban az objektív nehézségek mellett szubjektív előítéletek is gátolják az egyébként gazdag mészkőfelhasználások jobb kihasználását. Összehasonlító vizsgálatokat végeztek kavics- és homokkal, illetve mészkővel készült betonokkal. Az eredmények szerint a legfontosabb mutatók tekintetében a mészkő egyenértékű, vagy jobb mint a hagyományos adalékanyagok. Mivel az adalékanyagoknak a gyakorlati építés szempontjából igen fontos a kémiai-fizikai szerkezete, minden esetben célszerű az alkalmassági kísérletek elvégzése.

Az alagútkemence hűlőzónájában bonyolult hőátadási viszonyok uralkodnak. Egy adott rendszer-nél a hűlési, illetve felmelegedési görbére nagy hatással van a hűlőzóna hossza, a tolási sebesség s végül, de nem utolsó sorban a rendszeren keresztül szívott levegő.

Ezeket a görbéket gyakorlati úton meghatározni rendkívül nehéz, úgyszólván lehetetlen. Ismeretes ugyanis, hogy a kemence egy adott keresztmetszetének különböző pontjai között a hőmérsékletkülönbség elérheti a 300 °C-ot is. Ezért rendkívül sok mérést kellene elvégezni, illetve kiértékelni, hogy elfogadható eredményt kapjunk. A fenti mérés elvégzése azért is nagyon problematikus, mivel hosszú időn át hasonló viszonyokat fenntartani a rendszerben úgyszólván lehetetlen.

Kemence tervezésnél szükség lenne olyan módszerre, amely lehetővé tenné olyan hűlési görbe kialakítását, amely hasonló a laboratóriumi hűlési görbéhez.

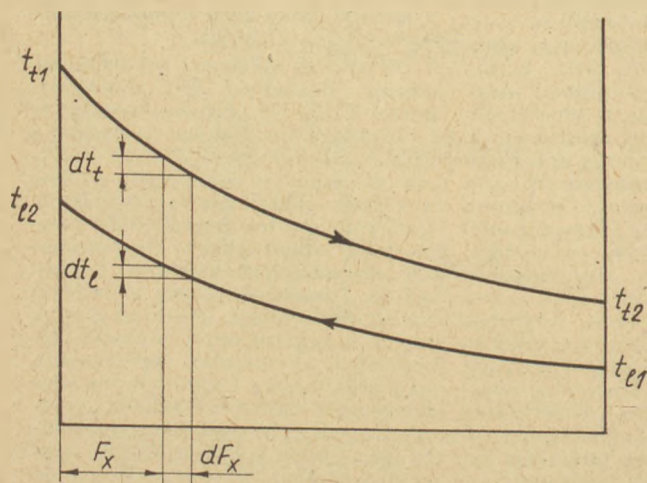
A fenti probléma matematikai megoldásához az alábbi elhanyagolások szükségesek:

1. A levegő abszolút nedvességtartalma a hűlőzóna hossza mentén állandó.
2. A k hőátadási tényező állandó, értéke a hűlőzóna átlaghőmérsékletéből kiszámítható.
3. A hűlőzónának nincs kifelé hővesztesége.

Az első elhanyagolást azért kell hangsúlyozni, mivel a levegő a hűlőzónában nedvességet ad le. (Tégla felületén a parciális vízgőz nyomás 0 Hgmm.)

Ismeretes, hogy az alagútkemence hűlőzónája ellenáramú. A téglá hőmérsékletét jelző betűknél „t” index, a levegő hőmérsékletét jelző betűknél „l” index található. Az ellenáramú rendszerbe való belépésnél 1-es és a kilépésnél 2-es index található.

A fenti ellenáramú rendszer jellegét az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra

Írjuk fel azt a dQ elemi hőmennyiséget, amely a kezdő ponttól F_x távolságban elhelyezkedő elemi dF_x felületen áramlik át a téglából a levegőbe:

$$dQ = k \cdot dF_x \cdot (t_l - t_l) \quad (1)$$

Ez a hőmennyiség azonos a téglá által leadott és a levegő által felvett hőmennyiséggel.

Ha a téglá haladási irányában vesszük fel az F_x pozitív irányát, akkor az F_x pozitív irányú változásával (+ dF -fel) a t_l és a t_l negatív irányú változása, csökkenése jár ($-dt$).

Így írható, hogy

$$dQ = k \cdot dF_x \cdot (t_l - t_l) = -G_l \cdot c_l \cdot dt_l = -G_l \cdot c_l \cdot dt_l \quad (2)$$

Legyen

$$G_l \cdot c_l = W_l \text{ és } G_l \cdot c_l = W_l$$

$$dQ = k \cdot dF_x \cdot (t_l - t_l) = -W_l \cdot dt_l = -W_l \cdot dt_l \quad (3)$$

A hármas egyenletből

$$dt_l = -\frac{dQ}{W_l} \quad (4)$$

illetve

$$dt_l = -\frac{dQ}{W_l} \quad (5)$$

A (4)-es és (5)-ös egyenlet különbségét képezve kapjuk:

$$d(t_l - t_l) = -dQ \left(\frac{1}{W_l} - \frac{1}{W_l} \right)$$

A fentiekbe behelyettesítve a (2)-es egyenlet dQ értékét kapjuk:

$$d(t_l - t_l) = -k \cdot dF_x \cdot (t_l - t_l) \cdot \left(\frac{1}{W_l} - \frac{1}{W_l} \right)$$

$$\frac{d(t_l - t_l)}{t_l - t_l} = -k \cdot dF_x \cdot \left(\frac{1}{W_l} - \frac{1}{W_l} \right) \quad (6)$$

A fenti differenciálegyenletet meg kell oldani, illetve $0 < F_x < F$ és $t_{l2} - t_{l1} > t > t_{l1} - t_{l2}$ határok között értelmezni kell

$$\int_{t_{l1}-t_{l2}}^{t_{l2}-t_{l1}} \frac{d(t_l - t_l)}{t_l - t_l} = -k \cdot \left(\frac{1}{W_l} - \frac{1}{W_l} \right) \cdot \int_0^F dF_x$$

$$[\ln(t_l - t_l)]_{t_{l1}-t_{l2}}^{t_{l2}-t_{l1}} = -k \cdot F \cdot \left(\frac{1}{W_l} - \frac{1}{W_l} \right)$$

$$\ln \left(\frac{t_{l2} - t_{l1}}{t_{l1} - t_{l2}} \right) = -k \cdot F \cdot \left(\frac{1}{W_l} - \frac{1}{W_l} \right) \cdot \ln e \quad (\ln e = 1)$$

$$\frac{t_{l2} - t_{l1}}{t_{l1} - t_{l2}} = e^{-k \cdot F \cdot \left(\frac{1}{W_t} - \frac{1}{W_l} \right)}$$

$$t_{l2} = t_{l1} + (t_{l1} - t_{l2}) \cdot e^{-k \cdot F \cdot \left(\frac{1}{W_t} - \frac{1}{W_l} \right)}$$

$$t_{l2} = t_{l1} - (t_{l2} - t_{l1}) \cdot e^{-k \cdot F \cdot \left(\frac{1}{W_t} - \frac{1}{W_l} \right)}$$

Legyen

$$a = -k \cdot F \cdot \left(\frac{1}{W_t} - \frac{1}{W_l} \right)$$

és

$$b = \frac{W_t}{W_l},$$

így

$$t_{l2} = t_{l1} - (t_{l2} - t_{l1}) \cdot e^a$$

De

$$-Q = W_t \cdot (t_{l1} - t_{l2}) = W_l \cdot (t_{l2} - t_{l1})$$

$$t_{l2} = \frac{W_t}{W_l} \cdot (t_{l1} - t_{l2}) + t_{l1}$$

$$t_{l2} = t_{l1} - (b \cdot t_{l1} - b \cdot t_{l2} + t_{l1} - t_{l1}) \cdot e^a$$

$$t_{l2} \cdot (1 - e^a \cdot b) = e^a \cdot t_{l1} \cdot (1 - b) + t_{l1} \cdot (1 - e^a)$$

$$t_{l2} = \frac{t_{l1} \cdot e^a \cdot (1 - b) + t_{l1} \cdot (1 - e^a)}{1 - e^a \cdot b} \quad \text{I.}$$

Ezután ki kell számolni t_{l2} értékét:

$$\frac{t_{l2} - t_{l1}}{t_{l1} - t_{l2}} = e^a$$

és

$$W_t \cdot (t_{l1} - t_{l2}) = W_l \cdot (t_{l2} - t_{l1})$$

$$t_{l2} = t_{l1} - (t_{l2} - t_{l1}) \cdot \frac{1}{e^a}$$

$$t_{l2} = t_{l1} - \frac{1}{b} \cdot (t_{l2} - t_{l1}),$$

ezekből

$$t_{l2} = t_{l1} - \frac{t_{l1} - \frac{1}{b} \cdot (t_{l2} - t_{l1}) - t_{l1}}{e^a}$$

$$e^a \cdot t_{l2} = e^a \cdot t_{l1} - \left[t_{l1} - \frac{1}{b} \cdot (t_{l2} - t_{l1}) - t_{l1} \right]$$

$$e^a \cdot t_{l2} = e^a \cdot t_{l1} - t_{l1} + \frac{1}{b} \cdot t_{l2} - \frac{1}{b} \cdot t_{l1} + t_{l1}$$

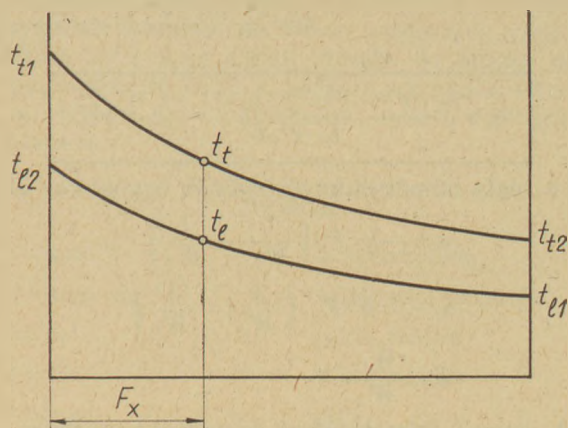
$$t_{l2} \cdot \left(e^a - \frac{1}{b} \right) = t_{l1} \cdot (e^a - 1) - t_{l1} \cdot \left(-1 + \frac{1}{b} \right)$$

$$t_{l2} = \frac{b \cdot t_{l1} \cdot (1 - e^a) + t_{l1} \cdot (1 - b)}{1 - e^a \cdot b} \quad \text{II.}$$

ahol ismét

$$a = -k \cdot F \cdot \left(\frac{1}{W_t} - \frac{1}{W_l} \right)$$

$$b = \frac{W_t}{W_l}$$



2. ábra

Hőmérsékletgörbék:

A téglá lehűlési hőmérsékletgörbéje a 2. ábrán található.

Meg kell oldani a (6)-os differenciálegyenletet és $0 < F_x < F$, illetve $t_{l1} - t_{l2} > t_t - t_l > t_{l2} - t_{l1}$ határok között értelmezni, ahol t_t és t_l a téglá, illetve a levegő hőmérsékletgörbéjén felvett összetartozó futó pont, az F_x pedig a hozzájuk tartozó felület.

$$\int_{t_{l1}-t_{l2}}^{t_t-t_l} \frac{d(t_l - t_l)}{t_l - t_l} = -k \cdot \left(\frac{1}{W_t} - \frac{1}{W_l} \right) \cdot \int_0^{F_x} dF_x$$

$$[\ln(t_l - t_l)]_{t_{l1}-t_{l2}}^{t_t-t_l} = -k \cdot F_x \cdot \left(\frac{1}{W_t} - \frac{1}{W_l} \right)$$

Legyen

$$a_x = -k \cdot F_x \cdot \left(\frac{1}{W_t} - \frac{1}{W_l} \right)$$

$$\ln \frac{t_t - t_l}{t_{l1} - t_{l2}} = e^{a_x} \quad (7)$$

A (7)-es egyenletből t_t -t kifejezve:

$$t_t - t_l = t_{l1} \cdot e^{a_x} - t_{l2} \cdot e^{a_x}$$

$$t_t = t_l + t_{l1} \cdot e^{a_x} - t_{l2} \cdot e^{a_x} \quad (8)$$

Amennyi hőmennyiséget az egyik közeg lead, annyit a másik közeg felvesz.

$$(t_{l1} - t_t) \cdot W_t = W_l \cdot (t_{l2} - t_l)$$

Ebből kifejezzük a t_t -t és behelyettesítjük a (8)-as egyenletbe.

$$b \cdot t_{l1} - b \cdot t_t - t_{l2} = -t_l$$

$$t_t = t_{l2} + b \cdot t_t - b \cdot t_{l1}$$

$$t_t = t_{l2} + b \cdot t_t - b \cdot t_{l1} + t_{l1} \cdot e^{a_x} - t_{l2} \cdot e^{a_x}$$

$$t_t \cdot (1 - b) = t_{l2} \cdot (1 - e^{a_x}) + t_{l1} \cdot (e^{a_x} - b) \quad (9)$$

Ebbe az egyenletbe (9) helyettesítjük be a (II)-es egyenlet t_{l2} értékét.

$$t_t(1 - b) = \frac{b \cdot t_{l1} \cdot (1 - e^a) + t_{l1} \cdot (1 - b)}{1 - e^a \cdot b} \cdot (1 - e^{a_x}) + t_{l1} \cdot (e^{a_x} - b)$$

$$t_1 = \frac{[b \cdot t_{11} \cdot (1 - e^a) + t_{11}(1 - b)](1 - e^{ax}) + t_{11} \cdot (e^{ax} - b) \cdot (1 - e^a \cdot b)}{(1 - b)(1 - e^a \cdot b)}$$

$$t_1 = \frac{t_{11} \cdot (e^{ax} - b \cdot e^a) + t_{11} \cdot (1 - e^{ax})}{1 - e^a \cdot b} \quad \text{III.}$$

Ez a téglá hőmérsékletgörbéjének egyenlete, ahol

$$a = -k \cdot F \cdot \left(\frac{1}{W_t} - \frac{1}{W_l} \right)$$

$$a_x = -k \cdot F_x \cdot \left(\frac{1}{W_t} - \frac{1}{W_l} \right)$$

$$b = \frac{W_t}{W_l}$$

A levegő felmelegedési hőmérsékletgörbéje. A (7)-es egyenletből a t_1 -t fejezzük ki.

$$t_1 - t_l = t_{11} \cdot e^{ax} - t_{12} \cdot e^{ax}$$

$$t_1 = \frac{bt_{11} \cdot (1 - e^{ax}) \cdot (1 - e^a \cdot b) + [b \cdot t_{11} \cdot (1 - e^a) + t_{11}(1 - b)] \cdot (b \cdot e^{ax} - 1)}{(b - 1) \cdot (1 - e^a \cdot b)}$$

$$t_1 = \frac{b \cdot t_{11} \cdot (e^{ax} - e^a) + t_{11} \cdot (1 - b \cdot e^{ax})}{1 - e^a \cdot b} \quad \text{IV.}$$

Ez tehát a levegő felmelegedési hőmérsékletgörbéjének egyenlete, ahol a , a_x és b az előzőek szerint értelmezendő

A fentiek alapján könnyen felrajzolható a levegő felmelegedési, illetve a téglá lehülési görbéje. Egy laboratóriumban kikísérletezett lehülési görbéhez az előbb levezetett számítások alapján ki lehet választani a megfelelő kemence méreteket. Ha a görbék jellegét vizsgáljuk, tehát képezzük $\frac{d^2 t}{dF^2}$ differenciálhányadost, megállapítható, hogy $W_t < W_l$ esetén a második differenciálhányados pozitív, tehát a görbe alulról domború.

Ha $W_t = W_l$ akkor a görbék egyenesbe mennek át. Ha $W_t > W_l$ akkor a görbe alulról homorú, mert a második differenciálhányados bármely F_x értékre negatív.

Számítsuk ki egy konkrét rendszernél t_{12} , illetve t_{12} értékét.

Rendszer legyen a kőröshegyi téglagyár alagút-kemencéje.

Kiindulási adatok:

Hűlőzóna hossza: 26 m $\approx$ 12 kocsi hossz

Égetési hőmérséklet: $t_{11} = 1000^\circ\text{C}$

Külső levegő hőmérséklet: $t_{11} = 20^\circ\text{C}$

1 kocsin levő téglá mennyiség 1800 db magasított

1 kocsin levő téglasúly: 6100 kp

Tolási idő: 1 óra

500 °C-on téglá fajhő: $c = 0,3 \frac{\text{kcal}}{\text{kp}^\circ\text{C}}$

Hűlőzónában áramló légmennyiség

$$G_w = 35\,000 \text{ kp/ó}$$

Kiszámítandó a hűlőzónában levő összes téglának szabad felülete: F

Egy magasított téglá lapjainak felülete:

$$t_l = t_t - t_{11} \cdot e^{ax} + t_{12} \cdot e^{ax}$$

Amennyi hőmennyiséget az egyik közeg lead, ugyanannyit a másik közeg felvesz.

$$(t_{11} - t_l) \cdot W_t = (t_{12} - t_l) \cdot W_l$$

$$t_l = t_{11} - \frac{1}{b} \cdot t_{12} + \frac{1}{b} \cdot t_l$$

$$t_l = t_{11} - \frac{1}{b} \cdot t_{12} + \frac{1}{b} \cdot t_l - t_{11} \cdot e^{ax} + t_{12} \cdot e^{ax}$$

$$t_l \cdot \left(1 - \frac{1}{b}\right) = t_{11} \cdot (1 - e^{ax}) + t_{12} \cdot \left(e^{ax} - \frac{1}{b}\right)$$

$$t_l \cdot (b - 1) = b \cdot t_{11} \cdot (1 - e^{ax}) + t_{12} \cdot (b \cdot e^{ax} - 1)$$

$$F_1 = 12,85 \text{ dm}^2$$

Egy téglán a takart felület (egymásra rakás miatt)

$$F_2 = 3,1 \text{ dm}^2$$

Lyukak felülete

$$F_3 = 3,33 \text{ dm}^2$$

Ezeknek a lyukaknak kb. 50%-át lehet számítani, mivel a téglák fele áll az áramlás irányára merőlegesen.

Így egy téglá szabad felülete

$$F_0 = F_1 - F_2 + \frac{F_3}{2} = 11,42 \text{ dm}^2 = 0,1142 \text{ m}^2$$

Így

$$F = F_0 \cdot 1800 \cdot 12 = 2470 \text{ m}^2$$

Turbulensen áramló gázok esetére

$$Nu = 0,0362 \cdot Re^{0,786} \cdot Pr^{0,786} \cdot \left(\frac{d}{L}\right)^{0,015}$$

Az összefüggésben valamennyi anyagjellemző a határreteg közepes hőfokán helyettesítendő

$$t_h = \frac{t_{11} + t_{12}}{2} + \frac{t_{11} + t_{12}}{2} = 340^\circ\text{C}$$

$$Re = 3,35 \cdot 10^5 \quad Pr = 0,722 \quad d = 0,15 \text{ m} \quad L = 26 \text{ m}$$

$$Re^{0,786} = 22\,010 \quad Pr^{0,786} = 0,7742 \quad \left(\frac{d}{L}\right)^{0,015} = 0,757$$

$$Nu = \frac{\alpha \cdot d}{\lambda} = 473$$

Nu számból

$$\alpha = 124 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{ó}^\circ\text{C}}$$

$S' = 0,01 \text{ m}$ az áramlás irányára merőlegesen álló téglákra.

$S'' = 0,044 \text{ m}$ az áramlás irányával párhuzamosan álló téglák esetében.

Mivel a téglák 50%-a áll párhuzamosan az áramlás irányával és 50%-a merőlegesen az áramlás irányára, tehát számítható a közepes falvastagság.

$$S = \frac{S' + S''}{2} = 0,027 \text{ m} \quad \lambda = 1,00 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{ó}^\circ\text{C}} \quad (500^\circ\text{C-nál})$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha} + \frac{S}{\lambda}} = 28,6 \text{ kcal/m}^2 \text{ó}^\circ\text{C}$$

A téglát hűtő levegőmennyiség előzetes számítások alapján $G_l = 35\,000 \text{ kp/ó}$. Így W_t és W_l számítható.

$$W_t = 6\,100 \cdot 0,30 \cdot 12 = 2,2 \cdot 10^4$$

$$W_l = 35\,000 \cdot 0,24 \cdot 12 = 10,1 \cdot 10^4$$

$$a = -k \cdot F \cdot \left(\frac{1}{W_t} - \frac{1}{W_l} \right) = -2,51$$

$$e^a = \frac{1}{12,9} = 0,0785 \quad b = 0,218$$

Fenti adatok alapján számítható t_{t2} , illetve t_{l2} .

$$t_{t2} = \frac{b \cdot t_{l1} \cdot (1 - e^a) + t_{t1} \cdot (1 - b)}{1 - e^a \cdot b} = 216^\circ\text{C}$$

A felvett kiindulási adatokból a tűzzónába érkező levegő hőmérséklete $t_{l2} = 216^\circ\text{C}$

A kemencéből kiérkező téglá hőmérséklete 95°C .

$$t_{l2} = \frac{t_{t1} \cdot e^a \cdot (1 - b) + t_{l1} (1 - e^a)}{1 - e^a \cdot b} = 95^\circ\text{C}$$

Amennyiben a téglá által leadott hőmennyiség megegyezik a levegő által felvett hőmennyiséggel akkor az elvégzett számítás helyes.

$$Q_{\text{téglá}} = 6100 \cdot 0,3 \cdot (1000 - 95) = 1\,656\,000 \text{ kcal/ó}$$

$$Q_{\text{levegő}} = 35\,000 \cdot 0,24 \cdot (216 - 20) = 1\,646\,000 \text{ kcal/ó}$$

Az eltérés minimális, 0,6%, ami számítási pontatlanságból is, illetve nem pontos értékek felvételéből adódhat.

A 3. ábrán látható a téglá lehűlési és a levegő felmelegedési görbéje. Az ábrán szaggatott vonallal húztam be a mért hűlési görbét. Az eltérés nem nagy, valószínű, hogy a mérések számának növelésével elérhető egy olyan állapot, amikor a két görbe egybeesik.

Jelölések

$Q = \text{kcal/ó}$	hőmennyiség
$k = \text{kcal} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{ó}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$	hőátadási tényező
$F = \text{m}^2$	tégla felület
$t = ^\circ\text{C}$	hőmérséklet
$G = \text{kp/ó}$	súly
$c = \text{kcal} \cdot \text{kp}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$	fajhő
$W = \text{kcal} \cdot \text{ó}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$	vízérték
$Nu =$	Nusselt-szám
$Re =$	Reynolds-szám
$Pr =$	Prandtl-szám
$d = \text{m}$	a téglá között levő légcSATORNA egyenértékű átmérője
$L = \text{m}$	hűlőzóna hossza
$\alpha = \text{kcal} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{ó}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$	hőátadási tényező
$S = \text{m}$	falvastagság
$\lambda = \text{kcal} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{ó}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$	hővezetési tényező

FELHASZNÁLT IRODALOM

- D. B. Spalding*: Konvektív hőátadás Bp. 1968.
Kuzman Raznjevic: Hőtechnikai Táblázatok Bp. 1968.
Knuth K.: Fűtés, szellőzés, hűtés Bp. 1957.
Mihejev: Hőátadás gyakorlati számításának alapjai Bp. 1953.
Sallay Gyula: Hőcserélő készülékek gazdaságos méretezése (Épületgépészet 1961. 2. sz.).
Dr. Macskásy Árpád: Központi fűtés Bp. 1963.
Jászay Tamás: Műszaki hőtan Bp. 1968.

Lukics Gyula: Alagútkemence hőátadási viszonyai.

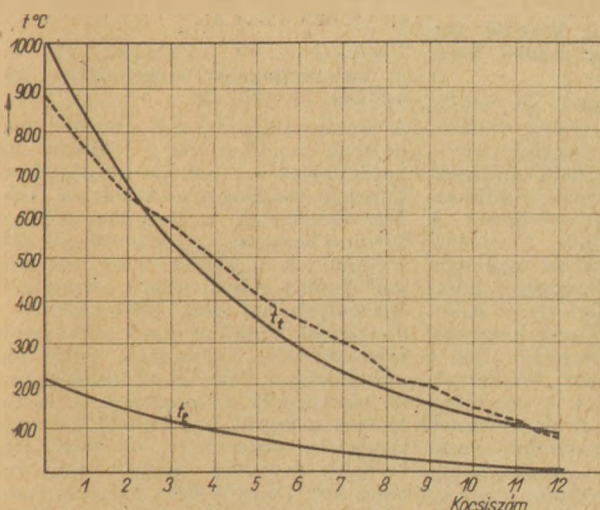
Kényes, finom áruknál a hűlőzónában tönkremehet az addig kifogástalan áru. Ezért célszerű betartani a laboratóriumban kikísérlelt lehűlési görbét. A görbe egyenletére tervezésnél van szükség. Gyakorlatban az ellenőrzés az átáramló téglá, illetve levegő mennyiségével kell, hogy történjen.

Szénbekeverés esetén azzal a pontatlansággal is számolni kell, hogy a hűlőzónában is történhet égés.

Дюла Лукич: Режим теплопередачи в туннельной печи

При обжиге тонких изделий брак может образоваться и в зоне охлаждения. Поэтому, целесообразно соблюдать кривую охлаждения, разработанную экспериментальным путем в лаборатории. Уравнение кривой потребуется при проектировании печи. На практике контроль должен осуществляться учетом количества обжигаемого материала и воздуха, просасываемого через туннель.

При обжиге материала, к которому примешан уголь, следует считаться и с тем, что сгорание топлива может частично происходить и в зоне обжига.



3. ábra

Lukics, Gyula: Wärmeübertragung in dem Tunnelofen

Im Falle von heikler Feinware kann in der Kühlzone das bis dahin tadellos ausgebrannte Gut verderben. Es ist also empfehlenswert sich an die im Laboratorium festgestellte Abkühlungskurve zu richten. Man bedarf der Kurve beim Projektieren. In der Praxis soll die Kontrolle hinsichtlich auf die passierende Ziegelmenge, beziehungsweise auf die durchströmende Menge der Luft erfolgen. Wird Kohle beigemischt, dann hat man auch mit der Störungsquelle zu rechnen, daß auch in der Kühlzone ein Brand möglich ist. (S. G.)

Lukics, Gyula: Heat Transfer Conditions in Tunnel Kilns

Faultless ware might be damaged in the cooling zone of tunnel kilns if the predetermined cooling curve is not kept. The theoretical curve, given in the form of an equation is used during design only and must be re-examined later by laboratory experiments. The most important control variables in practice are the quantity of air and the flow of ware. In case of fuel added to the clay some combustion may take place in the cooling zone as well.

KÜLFÖLDI LAPSZEMLE

ETO: 541.123

Schlegel, E.:

A $\text{CaO}-\text{MgO}-\text{CaF}_2$ rendszer, 93—95. old.

Termikus analízissal és hevítő-mikroszkóppal vizsgálták a $\text{CaO}-\text{CaF}_2$, $\text{MgO}-\text{CaF}_2$ kettős és a $\text{CaO}-\text{MgO}-\text{CaF}_2$ hármas rendszereket. A 81% CaF_2 és 19% CaO összetételű eutektikus keverék 1361 °C-on olvadt, míg a 88% CaF_2 és 12% MgO összetételű eutektikum olvadási hőmérséklete 1943 °C volt. Vegyületeket és keverékkristályokat a $\text{CaO}-\text{MgO}-\text{CaF}_2$ hármasrendszerben nem találtak.

ETO: 666.94.015.45

Schumann, I.:

A hőeloszlás meghatározása a cementek szilárdulásánál, 124—127. old.

A cement kötéskor lejátszódó kémiai folyamatok során hő szabadul fel. A betonoknál — a beton rossz hővezető lévén — tekintetbe kell venni a felszabaduló hőt, mivel — különösen tömegbetonnál — ez a beton károsodását is előidézhetheti. Hőpalack-eljárással mérték a hőeloszlást a cementek szilárdulásánál. A kísérletsorozatot a különböző barnászépnyer-mennyiséget tartalmazó cementekkel végezték. A pernye minden esetben csökkentette a különbséget a kiindulási hőmérséklet és a maximum között, a csökkenés a pernye mennyiségétől függött.

Ugyanakkor a hőmérsékleti maximum időbeli eltolódását is észlelték: minél több pernyét adagoltak, annál kevésbé játszódtott le spontán a hőfejlődés, és a hőmérséklet annál kevésbé emelkedett.

ETO: 66.94.022

666.92.022

Pako J.—Hegyi J.:

Kötőanyagipari nyersanyagok vizsgálata, 134—136. old.

A Lábatlani Cement- és Mészmű nyersanyagbázisának biztosítása céljából különböző fúrásokat végeztek. Ezek értékelése azt mutatta, hogy a mészkő — kevés kivétellel — alkalmas cement és fehérmész előállítására. A márga — bár kémiaiilag nagyon különböző és számos vékony ho-

mokkórétgel van átszőve — technológiai szempontból homogénnek tekinthető, és alkalmas 500-as portlandcement gyártására.

ETO: 666.7

A technológia a távlati tervezésben, 139—141. old.

A téglaiipar jelenlegi fejlettségi fokát a világszínvonal mutatja. Ma már nem elég egy bizonyos technológia megjavítása, hanem tekintettel kell lenni a téglaszerepének, illetve az ennek megfelelő előállítási módoknak a jövőjére. A téglajövőbeni szerepét az építőipar fejlődése határozza meg: nagyformátumú téglák, a téglabevonása az elemgyártásba. Az elemek nagysága a felhasználásnak megfelelően 3—12 normál téglaközött lesz. A téglateherhordó szerepe hátterbe szorul a térkitöltő feladattal szemben. A technológiai vonalat úgy kell tervezni — kiindulva abból, hogy az előkészítési és keverési folyamatok a nyersanyagok szerint különbözőek, a szárítás és égetés viszont egyforma — hogy egy üzemben nagyobb változtatások nélkül speciális termékképeségek is előállíthatók legyenek.

SZTROITELNÜE MATERIALÜ

Moszkva, 15. k. 1969. 6. sz.

ETO: 624.012.4:666.965

Kluaszon, V. R.—Eving, P. V.:

Nehéz szilikátbetonból készülő termékek gyártási fejlesztésének hatékonysága, 6—8. old.

A Szovjetunióban 1969. év elején léptették hatályba a nehéz szilikátbetonból készülő szerkezetek tervezésére vonatkozó utasítást. Az utasítás lényegesen kiterjeszti a szilikátszerkezetek alkalmazási területét. A mészhomok-kötőanyagok mellett ezekben a szerkezetekben megengedik a mészsálak-kötőanyagok használatát, ami lehetőséget nyújt a kohászati üzemek salakjának hasznosítására. Az utasítás meghatározása a szerkezetek készítéséhez felhasználható anyagok normatív és számítási jellemzőit, megadja az építőelemek tervezésének elveit, valamint a számítási képleteket és táblázatokat. A cikk ismerteti a tömör szilikátbetonból készülő szerkezetek műszaki-gazdasági jellemzőit és értékeli

a gyártás távlati fejlesztését. A táblázatok feltüntetik a mészhomok- és mészsálak-kötőanyagból készülő szilikátbeton előállításához szükséges komponensek fajlagos mennyiségeit, a költségeket és összehasonlítja a különböző betonszerkezetek önköltségeit.

ETO: 666.961

Grizak, Ju. Sz.—Bloh, G. Sz.:

Az azbesztfelhasználás megjavításának lehetőségei az azbesztcement-termékekben, 12—14. old.

Az azbesztcement-termékek gyártásánál alkalmazott módszerek szerint az azbesztet egyenletesen osztják el a termék keresztmetszetében. A módszer nem teszi lehetővé teljes mértékben az azbeszt-szilárdság kihasználását, mivel a hajlításhoz igénybevevett termék keresztmetszetének nem minden része van azonos feszültségi állapotban. A sztatikus- és ütőhajlításra igénybevevett termék mechanikai tulajdonságait javíthatjuk úgy, hogy az azbesztet egyenletesen osztjuk meg a keresztmetszetben. Ugyanakkor bizonyos mennyiségű azbesztet is megtakaríthatunk. Számítások a többreteleges azbesztcementtermékek gyártási technológiájának javítására. A húzószilárdság számítása három különböző minőségű azbeszt százalékos mennyiségének függvényében.

ETO: 666.3.041.9

Tutjunik, L. I.—Vorobjev, Ju. L.:
A keramzítőgetés automatikus irányítása, 19—20. old.

A keramzítőgetés automatikus irányítása megkönnyíti a kemence kihasználását és javítja munkájának műszaki-gazdasági mutatóit. A cikkben ismertetik a forgókemencében történő keramzítőgetés automatizálási sémáiban alkalmazott automatikus stabilizálás kontúrjainak elemzését. Vizsgálják az ipari hőelemeknél a duzzadási zónában való alkalmazás célszerűségét. Javasolják, hogy impulzátorként RAPIR-típusú kisugárzó pirométert alkalmazzanak. A tányéros adagoló ismertettett irányító rendszere percenként öt fordulatig terjedő sebesség mellett lehetővé teszi azt, hogy a félgymányt stabilabb térfogat szerinti adagolással futtassák a kemencébe.

Cementművek forgókemencéinek automatikus vezérlése*

SCHINK, HEINZ
J. C. Eckardt A. G. Stuttgart, NSZK

Bevezetés

A századforduló körül az égetési eljárást majdnem kizárólagosan aknakemencékben folytatták le, amelyekbe a beadagolás és a kiürítés kézzel történt. Csak a forgókemence feltalálásakor sikerült az égetési eljárás gazdaságosságát fokozni, és magát az eljárást automatizálni.

A tulajdonképpeni cementégetési folyamat a szárításból, a kalcinálásból és a granáliák zsugorításából tevődik össze. E folyamatok nem egymástól szigorúan elhatárolt zónákban megy végbe; az egyes zónák egymásba átnyúlnak.

A termokémiai vizsgálatok azt mutatták, hogy mintegy 500 °C hőmérsékletig szárad az anyag; 900 °C hőmérsékletig eltávozik a széndioxid, és 1000 és 1250 °C között következik be a még nem zsugorító égetés, exoterm reakciók közben, 1250 °C felett ez zsugorítóégetésbe megy át, megkezdődik az eutektikus olvadékok képződése. További olvadás — az ún. erőségetés — azután 1400 °C feletti hőmérsékleten következik be.

„A klinker litersúlya”, mint szabályozási jellemző

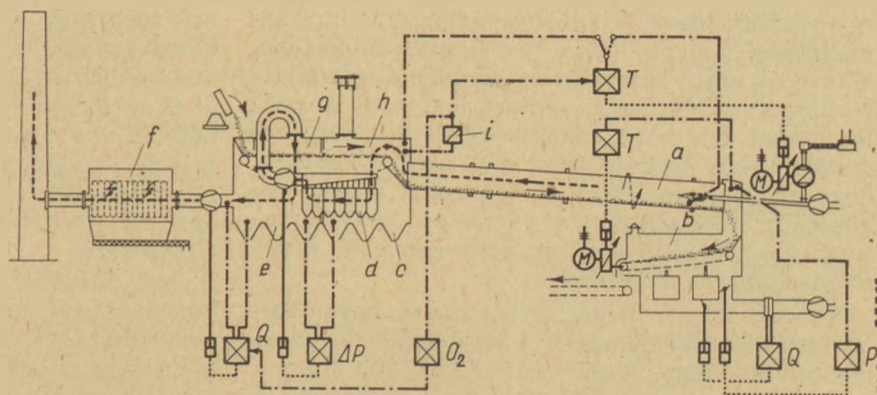
A kiégetett klinkernek meghatározott litersúlyal kell rendelkezni. Ennek megfelelően ennek a klinkersúlynak kellene lenni a forgókemencék központi szabályozási jellemzőjének. Nincs azonban arra lehetőség, hogy a klinkersúlyt folyamatosan és olyan gyorsan lehessen mérni, hogy azt szabályozási jellemzőként fel lehessen használni. Ettől eltekintve, elég hosszú ideig vitatott kérdés volt, hogy

a litersúly felhasználható-e a minőség mérésére: sokáig azt feltételezték, hogy a fizikai és műszaki klinkertulajdonságok a litersúlytól függnének, és ezért minden cementműre egy optimális klinkersúlyt kell meghatározni. Azt is ajánlották, hogy a klinkersúly megállapítása mellett meg kell vizsgálni a térfogatállóságot is. Mások viszont azt javasolták, hogy a térfogatsúlyt kell a minőség mérésére felhasználni. Végül azonban megállapítást nyert, hogy nincs szisztematikus összefüggés a forgókemencés klinker kiégetettségi foka és a zsugorodás mértéke között az 5—7 mm szemcsefrakciók 1,2—1,5 litersúlytartományában.

Az optimális és állandó szinten maradó klinkersúly azáltal érhető el, ha a forgókemence valamennyi részében a hőmérsékleteket konstansan tartjuk. Ennek előfeltétele, hogy mind a nyersanyag minősége, mind pedig a kemencén áthaladó anyagmennyiség azonos maradjon. Konstans hőmérsékletet pedig azáltal lehet elérni, hogyha az időegység alatt bevezetett hőmennyiség megfelel az elhasznált, ill. elvezetett hőmennyiségnek.

A bevezetett hőmennyiség szabályozása

A forgókemencébe bevezetett hő legjobb kihasználását a Polysius—Lellep-féle Lepol-kemence biztosítja (1. ábra). Az eljárás specialitása az, hogy a nyersanyagot, mielőtt az belépne a tulajdonképpeni forgókemencébe (a), a kemencegázok a szárító- és forrókamrában (g, h) egy vándorrostélyon — a Lepol-rostélyon — olymértékben felmelegítik, hogy az már részben kalcinálva kerül a kemencébe. A kemencegázokat ventilátor szívja át a granáliarétegen és a rostélyon keresztül. A kemencébe külön égetési levegőként bevezetett szekunderlevegő hű-



- a. Forgókemence
- b. Klinkerhűtő
- c. 1. szivókamra
- d. Ciklonos porleválasztó
- e. 2. szivókamra

- f. Elektrofűtő
- g. Szárítókamra
- h. Forrókamra
- Q₂ - Szabályzó az O₂-érték felkapcsolásához

- P - Nyomásszabályzó
- ΔP - Nyomáskülönbség-adó
- Q - Légáramlatszabályzó
- T - Hőmérsékletszabályzó

1. ábra. Szabályozási séma Lepol-rostélyval és klinkerhűtővel felszerelt forgókemencékhez

tón (b) halad át, amelyben a kemencéből kikerülő klinker lehül és ezzel egyidejűleg a szekunderlevegő felmelegszik. Most tehát azzal a szabályozástechnikai feladattal állunk szemben, hogy a forgókemence hőháztartására olyan hatást gyakoroljunk, hogy a hőmérsékletváltozásokat ki tudjuk egyenlíteni. A hőmérsékletváltozás mindaddig nem következik be míg az anyagon, a primer- és a szekunderlevegőn átvezetett hő azonos szinten marad. Ennek előfeltétele továbbá, hogy a kemence fordulatszáma azonos maradjon, ugyanakkor a Lepol-rostély sebességét is állandó szinten kell tartani. A forgókemence hőmérsékletesésére jól használható kritériumnak bizonyult a zsugorítózóna hőmérséklete. Ha a zavaró hatások ellen megtett messze-menő övrendszabályok ellenére is hőmérsékletváltozás lenne megállapítható, úgy egy szabályozóberendezést kell beiktatni, amely a megfelelő ellenhatást váltja ki ezen változásokkal szemben. Lényeges rendszabálynak tekinthető — amivel stabil viszonyokat lehet a kemencében elérni — a füstgázmennyiség szabályozása, mégpedig a második szívókamra (c) és a füstgáz kilépőhelye közötti nyomáskülönbség mérése útján. A szívókamra és a füstgázvezeték közötti áramlási ellenállást tekinthetjük ebben az esetben a füstgázmennyiségre vonatkozó alapértéknek. Beállítási értéként a második füstgázventillátor perdület-szabályozójának állása szolgál. A stabilizálás további lehetősége az első füstgázventillátor szabályozása, amikor is legkedvezőbb szabályozási jellemzőnek az első és a második szívókamra (c és e) közötti nyomáskülönbség bizonyul. A nyomáskülönbség szabályozása biztosítja a kifogástalan gázvezetést, amennyiben megakadályozza a nemkívánatos keresztáramlatokat, amelyek a hőmérsékletre kihatással lehetnek. Ellenkező esetben az 1. szívókamrából nagyobb pormennyiségek léphetnének át a 2. szívókamrába, ami által hidegebb füstgáz áramlana vissza a 2. szívókamrából az 1. szívókamrába, és innen az első ventillátoron keresztül bekerülnének a szárítókamrába. Egy szabályozóberendezéssel, amely kizárólagosan a két szívókamra közötti állandó nyomáskülönbséggel dolgozik, a kemence kedvező járatása érhető el. Megállapíthatjuk, hogy ezzel az egy szabályozással a kemence kifogástalanul üzemeltethető, amennyiben a tüzelőanyag fűtőértéke, a keverési arány, továbbá a granulálótányérról lekerülő granáliák nedvességtartalma azonos szinten marad. A további szabályozókörök, amelyekre esetleg mégis szükség van, csak arra szolgálnak, hogy az ily módon létrejövő zavarokat ki lehessen küszöbölni. Annál inkább szükséges, hogy biztosítsuk a tüzelés ellenőrzését, hogy megfelelő képet nyerhessünk az elégetésről.

A forgókemence hőmérlegéből kitűnt, hogy a hőbevételek között szerepel egy tétel, amely a nyerslisztben levő szén elégetéséből adódik. Ezt abból a szokatlan nagy eltérésből ismertük fel, amely a mért és a számított füstgázösszetétel között mutatkozott. A CO_2 -érték mérése — amelyet egyébként szívesen alkalmaznak égetési folyamatoknál — a forgókemencék esetében, a kalcinálási folyamatnál a granáliákból felszabaduló szénsav miatt nem al-

kalmazható, mert így az elégetésre vonatkoztatott CO_2 -értéket a valóságtól eltérően túl magasnak mutatná. Így tehát kényszerűleg adódik az a követelmény, hogy a kemence vezérlésénél a CO_2 -érték helyett az O_2 -értéket alkalmazzuk. Mindenesetre az egyidejűleg lefolytatott CO_2 -analízisnek szintén megvan a jelentősége, mivel ez az O_2 -értékkel együttesen lehetővé teszi a levegőfelesleg, és ennek alapján a kemence hőfogyasztásának kiszámítását.

Mint valamennyi elégetési folyamatnál, teljes elégetés csak egy bizonyos levegőfelesleg mellett érhető el.

A számítások azt mutatják, hogy a forgókemencénél a rostélyon a szükséges füstgázmennyiség, és ezáltal a szükséges hőmennyiség 3,5 térfogat%-os oxigénkoncentrációnál van meg. Ennek ellenére a forgókemence esetében ez a nagy levegőfelesleg nem idéz elő hőgazdasági veszteséget, amennyiben olyan szekunderlevegő-tartalék áll rendelkezésre, amelynek hőmérséklete a füstgázok hőmérséklete felett van. A levegőfelesleg, amely a zsugorítózónában a hőt felveszi, a hőt ismét a kemencerendszeren belül adja le. Mint ahogy már említettük, a zsugorítózónában levő hőmérsékletet a forgókemence központi szabályozási jellemzőjének lehet tekinteni, miután a litersúly mint mérési és szabályozási jellemző nem jöhet számításba. Így tehát kézenfekvő az a gondolat, hogy az égetés szabályozására a zsugorítózóna hőmérsékletét használjuk fel, mint szabályozási jellemzőt. Tekintettel arra, hogy itt lassú lefolyású termikus kiegyenlítési folyamatról van szó, nehézséget jelent a kielégítő szabályozási minőség elérése. Az O_2 -érték, amely lényegesen kisebb késedelemmel következik be, — mivel az szintén a tüzelés függvénye — szintén jól alkalmazható, mint szabályozási jellemző. Éppen ezért ajánlatos, mint hasonló szabályozások esetében, amelyek hőtárolókkal dolgoznak, kaszkádkapcsolást alkalmazni, amikor is fő szabályozási jellemzőként a zsugorítózóna hőmérsékletét tartjuk meg és kiegészítő szabályozási jellemzőként a hőmérsékletszabályozó előírt értéktolódásához az O_2 -értéket használjuk fel. A tüzelési teljesítményben beálló gyors változások az O_2 -érték hirtelen változásában nyilvánulnak meg, míg a zsugorítózóna hőmérséklete erős késedelemmel jelentkezik.

Az előírt értéknek a hőmérsékletszabályozóban az O_2 -érték fölé történő automata eltolásával a szabályozókört megfelelő gyorsasággal tudjuk befolyásolni, ugyanakkor a zsugorítózóna-hőmérséklet lassú lefolyású eltérései integráló hatásuk folytán az utolsó korrekciót adják a megfelelő szabályozási minőséghez.

Arra is fennáll a lehetőség, hogy a forrókamra hőmérsékletét tekintsük a kemence hőszükségletére vonatkozó, jellemző nagyságrendnek, és ezt a hőmérsékletet oly módon tartjuk állandó szinten, hogy befolyást gyakorolunk a tüzelőanyagadagolásra. A gazdaságos égetés eléréséhez nem elég, ha csak a tüzelőanyagbeadagolást szabályozzuk, hanem a tüzelőanyag mennyiség szabályozásával egyidejűleg hatást kell gyakorolni az égetési levegő mennyiségére is. Olyan szabályozó berendezéseket

készítettünk, amelyekben a füstgázok O_2 -értéke kaszkádkapcsolásban van, a segéd szabályozó előírt értéke el van tolva. Ellentétben a szokványos kaszkádkapcsolással, ahol a segéd szabályozó arányos, a fő szabályozó pedig arányos-integrál-rendszerű, a forgókemencénél levő tüzelő szabályozásnál a hőmérséklet szabályozókörben az előírt értéket mereven mellé kell rendelni az O_2 -értéknek. Tekintettel arra, hogy az O_2 -érték a füstgázáramlás változása következtében az előírt értékére lesz visszavezetve, a hőmérséklet szabályozási körben az előírt érték a merev összekötés folytán, a zavar relaxációja után szintén visszatér. Ily módon az O_2 -értéknek a füstgázáramlásra való felkapcsolása tekinthető a tulajdonképpeni kaszkádkapcsolásnak, míg az O_2 -értéknek a hőmérsékleti szabályozókörre való felkapcsolása — hatását illetően — inkább egy utánengedő zavarértékre való kapcsolásnak felel meg, amely a differenciálhatás elérését szolgálja. Az O_2 -érték merev és utánengedő felkapcsolásának kombinációjával elérhető, hogy a bevezetett hőmennyiség ténylegesen a kemence hőszükségletének feleljen meg, amikor is egyidejűleg optimális elégetést tudunk elérni.

A kemence üzemeltetése szempontjából ugyancsak lényeges, hogy a forgókemence alsó végénél, a kemencefejen, a hőmérsékletet és a nyomást konstans szinten tartsuk. Ugyanis az ott uralkodó nyomásmegosztás hatást gyakorol a láng hosszúságára, és ezáltal a zsugorító zónának a forgókemencében levő helyzetére is. Továbbá a szekunderlevegő hőmérséklete a forgókemencébe való belépésekor meghatározza a hőháztartást is. A kemence fejben levő nyomást oly módon lehet befolyásolni, hogy a teljes levegőmennyiséget két részre osztjuk fel: a forgókemencébe bevezetett szekunderleve-

gőre és a Fuller-hűtő első kamrájába vezetett szekunderlevegőre.

A szekunderlevegő hőmérséklete a lépcsős rostélyhoz tartozó meghajtómotor fordulatszámának és a rostélyon levő klinkerréteg vastagságának változtatásával szabályozható. Ha a forgókemencébe belépő levegő hőmérséklete az előírt érték alá süllyed, úgy a rostély sebességét a szabályozó csökkenti, ez által a kialakuló magasabb klinkerrétegben a levegő jobban felmelegszik. Ily módon elkerülhető, hogy a rostélyon levő klinkerrétegben lyukak keletkezzenek, melyeken át beáramlik a hideg levegő.

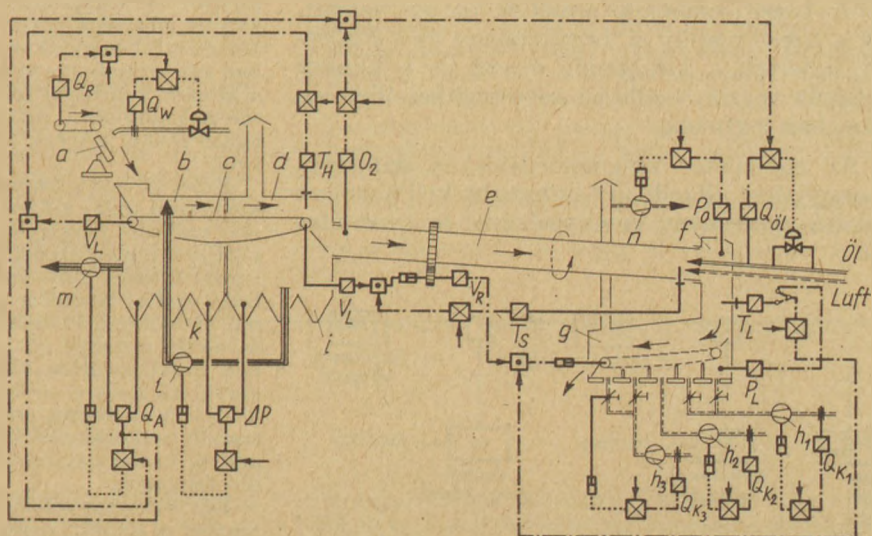
A hőmérséklet mérése

Kézenfekvő az a gondolat, hogy a forrókamra hőmérséklete helyett mint jellemző nagyságrendet, magának az anyagnak a hőmérsékletét mérjük. Ismeretesek a széles körben lefolytatott kísérletek sugárzási pirométerek alkalmazásával, általában az ily módon megkapott zsugorító zóna-hőmérsékletet regisztráláshoz használták; szabályozási jellemzőként való alkalmazásáról nincs tudomásunk.

Más esetekben a kalcináló- és a zsugorító zóna között táskák vannak és az ezekben elhelyezett, hőelemek segítségével határozzák meg az anyag hőmérsékletét. Az itt mutatkozó nehézségek első sorban a mérőkészülékek szerkezeti kivitelezésénél jelentkeznek.

Szabályozórendszer egy Lepol-kemence teljesen automatikus vezérléséhez

A 2. ábrában ábrázolt kapcsolás, amely egy Lepol-kemence égetési folyamatának teljesen automatikus vezérlését mutatja, egy sor egyedi szabályozókörből indul ki.



2. ábra. Szabályozási séma egy vándorrostélyos, Polysius rendszerű cementforgókemence teljesen automatikus vezérléséhez

a. Granulálóberendezés
b. Szárítókamra
c. Lepol-rostély
d. Forrókamra
e. Forgókemence
f. Kemencefej
g. Fuller-hűtő ferde rostélyal
h. Szekunderlevegő-ventillátor
i. 1. szivókamra

k. 2. szivókamra
l. 1. füstgázventillátor
m. II. füstgázventillátor
n. Levegő-elszívó ventillátor
o. Oxigénkoncentráció
p. A szekunderlevegő nyomás a Fuller-hűtő forrókamrájában
p₀ - Kemencefej-nyomás
Δp - Nyomáskülönbség

Q_A - Füstgázáram
Q_K - Szekunderlevegőáram
Q_{OL} - Olajáram
Q_R - Nyerslisztfeladás
Q_V - Vízáram
T_H - Forrókamra hőmérséklete
T_L - Szekunderlevegő hőmérséklete
T_S - Zsugorító zóna hőmérséklete
V_L - A Lepol-rostély sebessége
V_R - A forrókemence sebessége

A szabályozókörök messzemenő összekapcsolódása folytán a merev névleges értékek flexibilis értékekbe mennek át és ilymódon olyan szabályozási rendszer jön létre, amely a többszörös szabályozás folytán keletkező nemkívánatos csatolásokat kiegyenlíti, és az egyes szabályozóköröket kölcsönösen függővé teszi egymástól, ami az üzemi paraméterek funkcionális hozzárendelésének felel meg. Valamely értéknek, pl. a forrókamra hőmérsékletének a névleges értéktől való eltérése esetén ez a föléje rendelt szabályozás olyan értelemben módosítja a füstgázok mennyiségét, a tüzelőanyagadagolást és az egyéb értékeket, hogy minél hamarabb bekövetkezzék egy újabb hőegyensúlyi állapot, azaz ne csak akkor, ha a folyamat nagy időállandója következtében már nagy eltérések keletkeztek.

A hurokvezetékek, zavarkapcsolások és lépcsős relatívkapcsolók formájában történő kivitelezéshez csak egyszerű kapcsolási elemek szükségesek.

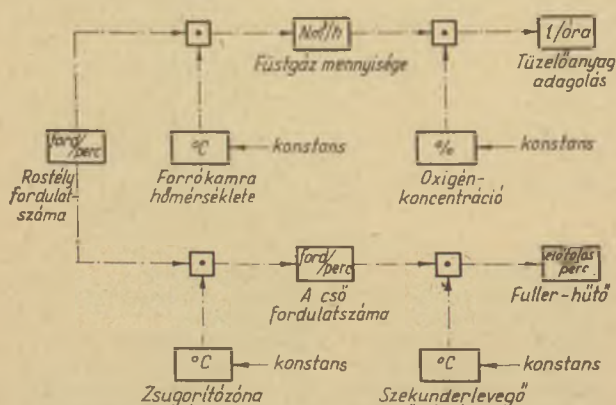
A kivitelezett szabályozóberendezés lehetővé teszi az égetési folyamat teljesen automatikus vezérlését, miközben az égő csupán a kemenceteljesítmény szabályozása céljából hat szabályozóan a Lepol-rostély fordulatszámára.

A kapcsolódó szabályozókörök sémája

A klinkerégetési folyamat teljesen automatikus, optimális lefolytatásának szabályozási kapcsolását két megfontolás figyelembevételével dolgoztuk ki:

1. Folyamatos üzemeléssel előállított termék, mint a cementklinker esetében feltétlenül szükséges, hogy akadálytalanul haladhasson át mindazon berendezéseken, amelyek a termék előállításában résztvesznek, és hogy ezek összhangban üzemeljenek. A Lepol-kemencék esetében ez azt jelenti, hogy a Lepol-rostély, a forgókemence és a Fuller-hűtő, amelyek a kiegészítendő anyag és a klinker szállítását végzik, szállítási sebességüket illetőleg összhangban legyenek.

2. Az egyenletes zsugorítóégetéshez szükséges hőmennyiséget állandóan összhangba kell hozni az áthaladó nyersanyag mennyiségével és összetételével.



3. ábra. A Lepol-kemence egyes szabályozóköreinek összekapcsolási sémája

Ebből következik az egyes szabályozókörök összekapcsolódására vonatkozó séma (3. ábra).

A Lepol-kemence fordulatszáma, a követelményeknek megfelelően, kiindulási pontként szolgál két utasítási úthoz: az anyag- és energiaáramlat-hoz.

Az egyenletes anyagáthaladás szabályozására a kapcsolódó tagokon át a rostély fordulatszáma vezérli a cső fordulatszámát, ez pedig szabályozza a Fuller-hűtő előtölését. Mindazonáltal a két kapcsolódás nem merev, hanem úgy van kialakítva, hogy amennyiben változna a rostélyfordulatszám vagy az anyagösszetétel szándékos változása esetén a hőhártartásban fellépő zavarok, (mint pl. a zsugorítózóna hőmérsékletének vagy a szekunderlevegő hőmérsékletének az állandó értékektől való eltérése) messzemenően elkerülhetők.

A hőbevezetésnek az anyagbeadagolással való összhangba való hozatal céljából a füstgázáramot és a tüzelőanyagbeadagolást ugyancsak kapcsolási elemeken keresztül, a rostélyfordulatszámmal szabályozzuk. Ezek a függőségek sem merevek, hanem korrigálhatók, ha az anyagelőkészítésben zavarok állnának elő.

Az anyagáramlat és az energiaáramlat tehát két határfeltételnek van alávetve: az anyagáramlat a zsugorítózóna hőmérsékletének és a szekunderlevegő hőmérsékletének, az energiaáramlat pedig a forrókamra hőmérsékletének és a kemencebeömlésnél levő oxigéntartalomnak van alávetve. Ezeket a határfeltételeket a szabályozás segítségével a lehető legállandóbb szinten kell tartani.

Schink, Heinz: Cementművek forgókemencéinek automatikus vezérlése

Kíváncs volt az égetés teljesen automatizált vezérlését a tulajdonképpeni szabályozási jellemző, a klinker minősége szerint elvégezni és a szabályozás céljából eszerint beavatkozni a kemencejáratba. Erre azonban két oknál fogva nincsen módunk: egyrészt nem lehet a klinker minőségét mint mérési eredményt folyamatosan megállapítani, másrészt pedig a kemencejáratot jellemző fizikai értékek kölcsönhatásait is ismernünk kellene.

Ezért követi a hagyományos szabályozási technika a következő utat: a forgókemencét, mint teljes szabályozási szakaszt foszoltják szabályozási részzszakaszok csoportjára, melyeken belül a részfolyamatokra jellemzőnek ismert értékek konstansak maradnak annak érdekében, hogy ezáltal lehetőleg egyenletes kemenceüzemet lehessen biztosítani. E szabályozókörök további kapcsolódásai révén a merev névleges értékek fokozatosan átmennek flexibilis értékekbe és így oly szabályozórendszer alakul ki, mely a többszörös szabályozás folytán keletkező nemkívánatos csatolásokat kiegyenlíti és az egyes szabályozóköröket kölcsönösen függővé teszi egymástól, ami az üzemi paraméterek funkcionális hozzárendelésének felel meg.

Egy bizonyos értéknek a névleges értékétől való eltérésekor ez a föléje rendelt szabályozás módosít egyéb értékeket abban az értelemben, hogy a hőegyensúly mielőbb helyreálljon és nemcsak akkor, ha — a folyamat nagy időállandója következtében — már nagy eltérések keletkeztek.

A hurokvezetékek zavarkapcsolások és lépcsős relatívkapcsolók formájában történő kivitelezéséhez csupán egyszerű kapcsolási elemek szükségesek.

A kivitelezett szabályozóberendezés lehetővé teszi az égetési folyamat teljes automatikus vezérlését, miközben az égő csupán a kemenceteljesítmény szabályozása céljából hat szabályozóan a Lepol-rostély fordulatszámára.

Шинк Г.: Полное автоматическое управление вращениями печами цементных заводов

Автор отмечает, что полное автоматическое управление обжига желательнее было бы осуществить по качеству клинкера, и с этой целью и соответственно этому, изменять ход печи. Осуществление последнего является невозможным по двум причинам: во-первых, невозможно непрерывно определять качество клинкера как результат измерения, во-вторых, необходимо точно знать взаимную связь физических показателей, характеризующих ход печи. В связи с этим традиционная технология регулирования придерживается следующего пути: вращающаяся печь, как целый участок регулирования подразделяется на группы отдельных участков регулирования, внутри которых отдельные показатели, характерные для данного частичного процесса, остаются постоянными в целях обеспечения, по возможности, равномерного хода печи. За счет дальнейшего соединения этих циклов регулирования группы, номинальные величины постепенно переходят в более точные „гибкие“ величины, и таким образом, создается такая система регулирования, которая компенсирует нежелательные соединения, возникающие за счет многократной регулировки, а также ставит отдельные циклы регулирования в зависимость друг от друга, что соответствует системе функциональной подчиненности заводских параметров. В случае отклонения какой-либо определенной величины от номинальной, регулятор, управляющий этой величиной, изменяет прочие показатели таким образом, чтобы в системе, как можно скорее, установилось тепловое равновесие. Созданная система регулирования дает возможность полного автоматического управления всем процессом обжига, в то время, как на долю обжигателя остается только регулировка числа оборотов решетки Леполь, в целях регулировки производительности печи.

Heinz Schink: Über die vollautomatische Führung von Drehöfen für Spezialzemente

Es wäre erstrebenswert, die vollautomatische Führung des Brennprozesses nach der eigentlichen Regelgröße, der Klinkergüte, vorzunehmen und danach regelnd in den Ofengang einzugreifen. Aus zweierlei Gründen ist dies jedoch nicht möglich; zum einen läßt sich die Klinkergüte als Meßwert nicht kontinuierlich erfassen und zum anderen müßten die den Ofengang kennzeichnenden physikalischen Größen in ihren gegenseitigen Abhängigkeiten bekannt sein.

Deshalb beschreitet die konventionelle Regelungstechnik folgenden anderen Weg: Der Drehofen als Gesamtregelstrecke wird in eine Anzahl von Einzelregelstrecken unterteilt, in welchen bestimmte, für die Teilprozesse als charakteristisch erkannte Betriebsgrößen konstant gehalten werden, um somit einen möglichst gleichmäßigen Ofenbetrieb zu erzielen. Durch eine darüber hinausgehende Vermaschung dieser Regelkreise werden ihre starren Sollwerte in gleitende übergeführt,

und es wird somit ein Regelsystem geschaffen, welches die unerwünschten Kopplungen, die durch die Mehrfachregelung gegeben sind, kompensiert und die einzelnen Regelkreise in gegenseitige Abhängigkeit versetzt, die der funktionellen Zuordnung der Betriebsgrößen entsprechen.

Bei der Abweichung einer bestimmten Größe von ihrem Sollwert werden demnach durch diese übergeordnete Regelung andere Betriebsgrößen in dem Sinne mitverändert, daß sich möglichst rasch ein Wärmegleichgewichtszustand einstellt und sich nicht erst — durch die große Zeitkonstante des Prozesses bedingt — große Abweichungen ergeben.

Zur Ausführung der Vermaschungen in Form von Störgrößenaufschaltungen und Kaskadenverhältnisschaltungen sind nur einfache Verknüpfungsglieder erforderlich.

Die ausgeführte Regelschaltung erlaubt eine vollautomatische Führung des Brennprozesses, wobei der Brenner nur noch steuernd auf die Drehzahl des Lepolrostes zur Einstellung der Ofenleistung einwirkt.

Schink, H.: Fully Automatic Control of Rotary Cement Kilns

It would be advantageous to achieve the fully automatic control of burning according to clinker quality and restrict interference with the kilning process for eventual regulation according to this parameter. This is, however, impossible for two reasons. Firstly because clinker quality cannot be continuously determined by measurements and secondly because for automated control we must know the interactions of the physical values characterising the process.

Conventional control, therefore, is as follows: the rotary kiln as a complete control section, is divided into sub-sections for regulation, in which the values known as characteristic of the part processes are kept constant in order to ensure possibly uniform operation. Through the interlinking of these control cycles the rigid rated values will gradually go over into flexible values and ultimately yield such a system which, due to multiple control, balances eventual non-desirable couplings and renders the control cycles interdependent. This is equivalent to the co-ordination of functional and operational parameters.

If a certain value shows a deviation from the rated, such superposed regulation will modify the other values in such a manner which will restore thermal equilibrium of the kiln before — due to the high time constant of the processes — deviations have increased excessively.

To implement the wiring, special switchings and stepped relative switches i.e. simple switching elements, are sufficient.

Such a system enables fully automated control of the combustion process; a skilled workman controls only the speed of the Lepol grid solely to influence the furnace output.

A világ szilikátiparából

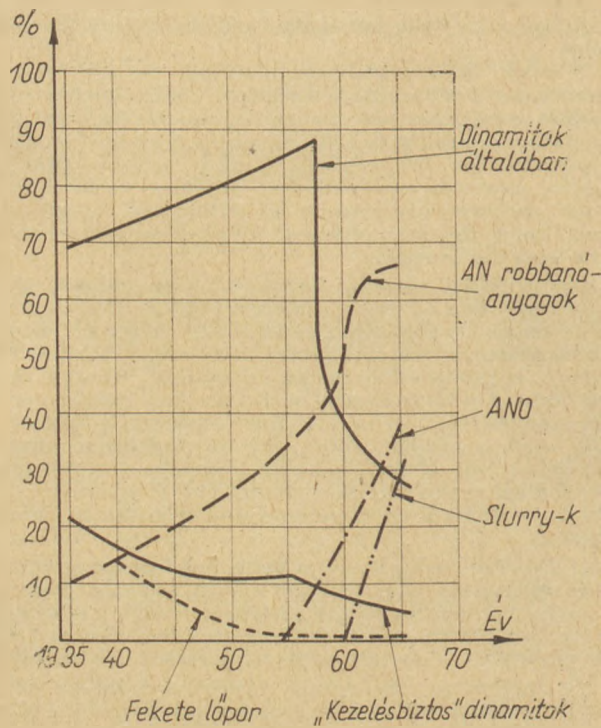
Új adagolóprést állítottak üzembe az NSZK-ban a csészegártó futószalagok anyagátállásához.

Ezt az adagolóprést speciálisan az ütemes termelésű futószalagos gyártósorok massza-adagolására fejlesztették ki. Kúpok behúzóhengerből, behúzó csigából, sajtolóhengerből, sajtoló csigával, elektromos meghajtásból, vákuum-szerkezetből, kétrészes szájdarabból, pneumatikus leválasztóból és kapcsolószerkezetből áll. Ez a berendezés alkalmas arra, hogy két órán keresztül masszával lássa el az ütemes termelésű gyártósort, természetesen az anyagszükséglet a gyártmány formájától és a berendezés teljesítményétől függ.

*

Megállapították Angliában, hogy a Li_2O , K_2O , SiO_2 üvegek tulajdonságai nagyon hosszú olvasztási idő alatt állandóan változnak; egy hét alatt, ha néhány száz fokkal az olvadási görbe felett tartják őket, vagy egy nap alatt igen magas hőmérsékleten. Például az olvasztási idő alatt nő a viszkozitás, csökken a sűrűség, változások jelentkeznek az infravörös abszorpciósínekben, továbbá igen jelentősek a változások a mechanikai szilárdságban. Ezek a tulajdonságváltozások a legtöbb esetben az üvegszerkezetben beálló változásokra vezethetők vissza, amint ezt az elektronmikroszkópban a röntgensugarak kisszögű szórása és az infravörös abszorpciós színekpek mutatják.

A világ robbanóanyag-felhasználásának jellegét bemutató 1. ábrából világosan kitűnik, hogy az ammóniumnitrát-dieselolaj (továbbiakban ANO-) robbanóanyagok mellett, erősen előretörően vannak — a kőbányászatban, azon belül pedig az igen kemény kőzetek robbantásánál is — az ún. robbanó zagyok, egyes megjelölések szerint robbanó iszapok. Ezek közismert angol neve: slurry explosives, rövi-



1. ábra. A világ robbanóanyag-fogyasztása jellegének alakulása

den slurry, illetve SE. Az előbbi angol elnevezésen kívül — a sajnálatos üzleti megnevezés-dömping és a szabványosítás-hiány miatt — még több megjelöléssel találkozhatunk. Ilyenek: DBA=Dense Blasting Agent=sűrű robbantó közeg, SBA=Slurry Blasting Agents=zagy robbantó közeg. A szocialista országokban még nem alakult ki egységes megjelölése, de a slurry mint kifejezés egyelőre általánosan használatos. Mivel — remélhetőleg hamarosan — hazánkban is sor kerül a robbanó zagyok alkalmazására, célszerűnek látszik, ha tulajdonságaik és felhasználásuk néhány kérdésével már is foglalkozunk.

1. A robbanó zagyok kifejlődése és csoportosítása

A nagymértékben elterjedt ANO robbanóanyagok hátránya vízállóságuk hiánya. Az erre vonat-

kozó kutatások az AN (ammóniumnitrát) vizes oldatának tanulmányozásán keresztül 1956-ban elvezettek a zagy jellegű robbanóanyagok felderítéséhez. Cook és Farnam ez időben több kísérleti robbantást végzett kanadai kőbányákban az AN vizes oldata és alumíniumpor keverékével. Bár az eredmény várakozáson felüli volt, nem volt még teljesen tisztázott a zagy robbantástechnikai tulajdonságainak pontos beállítása és a robbanáskor lezajló alumínium-víz reakciók alakulása, ezért az alumínizált zagyok csak 1962 körül kerültek piacra. Míg az alumíniumporral kapcsolatos kísérletek folytak, az első kereskedelmi jellegű slurry-k AN-ből, TNT-ből (trinitrotoluol), vagy füstnélküli lőporból és vízből álltak, melyeket rendszerint különleges oldó-diszpergáló-kötő anyaggal dolgoztak össze. A zagyok eme fajtájának nagy lehetőséget biztosított az, hogy a különböző hadseregek selejtezési és harcászati-haditechnikai korszerűsítési műveletei során, nagymennyiségű füstnélküli lőport kellett a robbanóanyagiparnak átvennie, másirányú hasznosítás céljából. A zagyokban való felhasználásra számításhoz jöttek — újabb kísérletek eredményeképpen — a különféle nitrokarbonátok, klorátok, a hexogén, a nitropenta is. Miután sikerült megoldani az alumínizált zagyokkal kapcsolatos problémákat, 1962—1964-ben bonyolultabb robbanóanyagokat is kialakítottak, az alumíniumport kombinálták a TNT-zagyokkal és a füstnélküli lőpor-zagyokkal is. Azóta már több száz szabadalom és az egyre emelkedő gyártási és felhasználási adatok jelzik a slurry-k elterjedését, annak ellenére, hogy áruk viszonylag magas. A tapasztalatok azonban azt mutatják, hogy a magas árat a kedvező robbantástechnikai, fűrészi és jövesztési eredmények ellensúlyozzák. A szocialista országok közül a Szovjetunióban, Bulgáriában és Csehszlovákiában, valamint — igen nagy export kapacitással — Jugoszláviában gyártanak robbanó zagyokat.

A robbanó zagyok a robbanóanyagok változatos megjelenésű, sajátos összetételű és tulajdonságú csoportját képezik. Általában híg, illetve iszapszerű konzisztenciájúak, vízérzéketlenek, igen nagy energiatartalmúak, gyutaccsal rendszerint nem indíthatóak, rendkívül kezelésbiztosak, például szivattyúzhatók, tűzzel és ütéssel szemben érzéketlenek és csak különleges indítótöltettel, a boosterrel robbanthatók.

A robbanó zagyok alapvető komponense általában a robbanóanyagipari célokra megfelelő (granulátumú stb.) ammóniumnitrát, a „tűzelőanyag”. Az AN érzékenyítését, az energiatartalom fokozását az ún. „érzékenyítők” biztosítják. Ezek rendszerint „értékes” szilárd robbanóanyagok, mint például a TNT, az NP (nitropenta), a hexogén, valamint a füstnélküli lőporok. Érzékenyítőként sze-

repelhetnek még nem robbanékony energiafokozók is, mint például az alumíniumpor. A zagyokban többször oxidálóanyagok is találhatóak, ilyenek a nátriumnitrát, a nátriumperklorát stb. Igen fontos komponens a zagyokban az oldó-diszpergáló-kötő közeg, mely például guar-gumi, egyszerű vagy összetettebb keményítő, illetve speciális emulziók valamelyike lehet. További komponens még a víz és a levegő is. A felsorolt komponensek egyrésze adott esetben hiányozhat is, illetve módosulhat.

A robbanó zagyok felosztásánál a szakirodalomban különféle irányzatokkal találkozhatunk. A legegyszerűbb felosztás a komponensek robbanóanyag jellege szerint lehetséges. Észert vannak egészében nem robbanóanyagjellegű komponensekből összeállított slurry-k, az ún. egyszerű zagyok (ilyen az első AN + Al + víz összetételű zagytypus is) és a robbanóanyag-komponensekből is összetevődő zagyok.

Ennél jellemzőbb felosztás az érzékenyítő típus szerinti felosztás. Ilyen ismérv szerint szilárd hal-

mazállapotú, brizáns vagy tolóhatású robbanóanyagokkal, kizárólag alumíniumporral, nem csak vagy nem alumíniumporral, valamint összetettebb, részben tüzelőanyagként is szereplő érzékenyítő-ekkel érzékenyített robbanózagyokat különböztethetünk meg.

Szokásos esetenként — rendszerint más robbanóanyag-etallonnal való összehasonlítás alapján — a zagyokat energiatartalom, illetve munkavégző képesség szerint is csoportosítani. Így az USA-ban az ún. relatív térfogati robbanóerőt (relative bulk strength) a tritonál nevű brizáns, dinamitjellegű katonai robbanóanyaghoz, míg a Szovjetunióban a normál ANO-hoz (94% AN + 6% dieselolaj) viszonyítják.

Az 1. táblázatban megtalálható néhány ismeretebb zagyrobbanó-anyag összetételjellege és főbb robbantástechnikai adatai. Világosan látható a robbanó zagyok nagy munkavégző képessége, ami éppen a kemény és az igen kemény közegekben előnyös.

1. táblázat
Néhány ismertebb robbanó zagy összetétel-jellege és főbb robbantástechnikai adatai.
(Szovjet adatok szerint)

Zagy-típus	Töltet-sűrűség g/cm ³	Relatív térfogati robbanóerő (Etallon: Normál ANO)
Nem robbanóanyag-jellegű komponensekből felépített zagyok		
AN + dieselolaj	0,90	1,0
AN + égőanyagadalék + víz	1,40	1,6
AN + 10 % Al + víz	1,45	2,1
AN + 20 % Al + víz	1,48	2,4
Rohbanóanyag-jellegű komponensekből is felépített zagyok		
AN + füstnélküli lőpor + víz	1,40	1,4
AN + trotil (TNT) + víz	1,50	1,7
AN + füstnélküli lőpor + 10 % Al + víz	1,45	2,0
AN + füstnélküli lőpor + 20 % Al + víz	1,45	2,3
AN + trotil + 10 % Al + víz	1,50	2,2
AN + trotil + 20 % Al + víz	1,55	2,5

2. A robbanózagyok kereskedelmi formái, szállításuk, tarolásuk és betöltésük

A robbanózagyok csomagolva vagy ömlesztve kerülnek forgalomba. A slurry-kat műanyag zsákokcsákban, tömlőkben, különböző átmérőkkel és töltőszállal szokták eladni. A legkisebb (töltény-) zsákátmérő 80 mm, a legnagyobb 150—180 mm. A zagyok csomagolási egységei általában nem töltényként kerülnek a fúrólyukba, hanem a zsák sarkát könnyen téphetővé képezik ki, s a zagyot a zsáksarok letépése után a fúrólyukba folytatják. Az egy személy által még könnyen önthető és fogható zagyos zsákok súlya ezért nem több 8—20 kg-nál. A zagyok sűrűsége általában nagy, a térfogatsúly 1,5—1,9 kg/dm³ között mozog. A könnyebb önthetőség és szállíthatóság érdekében a zagyokat 20—25 literes műanyagkannákban is szokták forgalmazni, ilyenkor elmarad a zsákok (rendszerint hármasával való) dobozolása. A kannákból két személy öntheti a fúrólyukba a robbanózagyot.

Az ömlesztett zagyot tartályos tehergépkocsikban szállítják. E tehergépkocsik többsége 5—8 t teherbírású, de az USA-ban előállítanak 15—20 t teherbírású, óriási tartálykocsikat is, amelyeket általában nyergesvontatóra kapcsolnak. A lekapcsolt teli tartály helyett az időközben leürített tartályt a robbantási munkahelyről vissza lehet szállítani. A tartályos zagyszállító járművek különleges ket-

Rohbantástechnikai adatok	Zagy-gyártmány					
	KAMEX A	KAMEX C	KAMEX M 15	KAMEX M 25	PERMON 9	EXTRA 18
	aluminizált					
Gyártó ország	Jugoszlávia				Csehszlovákia	
Térfogatsúly kg/dm ³ , ill. kp/l	1,50	1,50	1,50	1,50	1,48	1,37
Rohbanási hő, kcal/kg	830	904	1285	1400	825	670
Detosebesség, m/s	5500	6000	5500	5000	4700	4900
Gáztérfogat, l/kg	770	755	685	685	913	918
Bázis	füstnélküli lőpor		TNT + Al		TNT	

tős-csuklós-tengelyes kerékpárokkal készülnek, melyek lehetővé teszik a kedvezőtlen terepviszonyokhoz való idomulást.

Újabban Délafrikában és Ausztráliában a robbantás helyszínén előállított, illetve kevert zagyokat részesítik előnyben. E megoldások két fő típusa ismeretes. Az egyiknél a robbanózagyot a különböző komponensekből teljes egészében a helyszínen, a bányászati üzem kijelölt területén keverik össze. A helyi „mini” robbanóanyaggyárból aztán a zagyot vagy csővezetéseken szivattyúzzák az esetleg több km-re levő furatokba, vagy inkább speciális tartálykocsikkal juttatják a robbantási területre. A másik megoldás — mely főként Délafrikában terjedt el — a robbanóanyaggyárból beszerzett előkeverék és az AN helyszíni oldatát egyesíti, rendszerint keverőtartályos gépkocsik segítségével, a robbantás helyén. Nyilvánvaló, hogy a bányászati üzemben végzett — akármelyik változat szerinti — slurry-előállítás viszonylag költséges berendezéseket, gépeket követel meg, ezért a rendelkezésre álló adatok szerint ezeket a módszereket csak nagyki-terjedésű, havonta legalább többszáz tonna robbanóanyag-fogyasztású bányaterületeken, elsősorban felszíni műveléseknél gazdaságos bevezetni. Megjegyzendő azonban a helyszíni slurry-előállítás ama hatalmas robbantástechnikai előnye is, hogy az oxidáló- és tüzelőanyagok a keverési folyamat során külön vannak választva, s a zagyot a fúrólyukhoz való szállítás előtt — az esetenkénti igényeknek megfelelő összeállításban — lehet kikeverni az alumíniumkomponens szabályozása mellett.

Bár az európai zagyfelhasználás adatai arra utalnak, hogy egyelőre a csomagolt zagyok dominálnak, számítani kell azonban arra, hogy a különböző országok szállítóeszköz-gyártásának fejlődése — s ebben többek között hazánk sem áll rossz helyen — magával hozza a tartálykocsis slurry-felhasználás elterjedését. Ezért szükséges a kérdés néhány vetületével is foglalkozni.

A robbantási közetmechanizmus tanulmányozása igazolta, hogy a fúrólyukakban szorosan a közethez tapadó — sőt „beleterjedő” — nagy töltési sűrűséget és fúrólyuk kihasználást biztosító robbanóanyagok — természetesen megfelelő fojtás mellett — a töltényezett, a fúrólyukba csúsztatott robbanóanyagokkal szemben — mennyiségben és minőségben egyaránt — jóval nagyobb teljesítményt biztosítanak. A fúrólyukak tökéletes kitöltése zagyszivattyúk segítségével oldható meg. A szivattyúk gazdaságos és megfelelő üzemeltetéséhez azonban viszonylag kis zagyviszkozítás, míg a kedvező robbanási eredményhez (vízállóság, energiatartalom stb.) sűrű, ún. „jól gélezett” zagy szükséges. Az ellentmondás úgy oldható fel, ha a töltés előtt olyan besűrítő oldó-diszpergáló-kötő közeget adagolunk, melynek besűrítési hatás-idejét pontosan ismerjük, azaz a töltővezetéken való áthaladás és a fúrólyukba való betöltődés után következik be a robbantástechnikailag kívánatos viszkozitású állapot. Különösen víz alatt álló fúrólyukak szivattyús betöltése során kell a gélesedést jól méretezni. A felsoroltakból érthető, hogy a robbanóanyaggyárból való egyszerű — gravitációs úton le-

űríthető — tartályos szállítást miért szorította ki például az USA gyakorlatában a komplex felszerelésű zagyszállító tartálykocsi, melyen keverő és töltő-szivattyús berendezés is található. Az ilyen tartálykocsi az általában vizes oldatban levő tüzelőanyagot és az oxidálóanyagokat az érzékenyítőktől, valamint az oldó-diszpergáló-kötő közegektől elkülönítve szállítja. Az alkotókat aztán a robbantás helyén — rendszerint automata szabályozású — szivattyúk, illetve adagolók segítségével keverő tölcserbe juttatják. A megfelelő keveredés után újabb szivattyú nyomja be a slurry-t a fúrólyukba, ahol a végső sűrűsödés és összeállás bekövetkezik. A szivattyúzás sebessége 45 kg tömeg/perc — 227 kg tömeg/perc nagyságrend között változhat, ami szokatlan nagy töltési sebességet mutat.

A tartálykocsis szállításnál, a szakirodalmi adatok szerint, még több más keverési megoldás is ismeretes. Megjegyzendő még az is, hogy a külföldi előírások szerint, a szivattyúzó-betöltő csövek átmérőjét az adott zagyféleség kritikus átmérője alatt kell megválasztani, hogy az — egyébként teljesen valószerűtlen és precedensekre eddig még nem támaszkodó — esetleges korai robbanás vissza ne csaphasson.

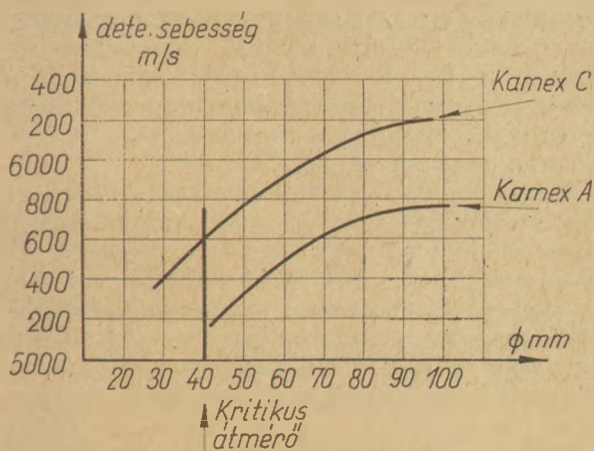
A csomagolt robbanózagyok tárolása a gyárilag megadott ideig — általában hat hónapig — minden különösebb kikötés nélkül, szokványos robbanóanyagraktári körülmények között lehetséges. Az előbbiekből azonban látható, hogy a tárolás viszonylag kis szerepet játszik a zagy robbanóanyagok felhasználásánál.

3. A robbanózagyok kőbányászati felhasználásának töltetkialakítási és robbantás-indítási kérdései

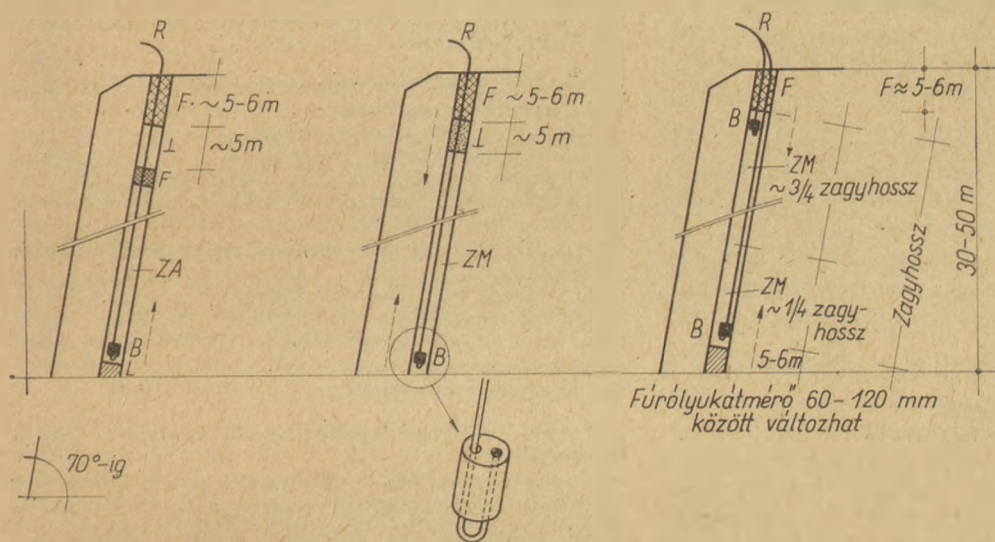
A slurry-k a szokványos 8-as erősségű gyutaccsal nem indíthatók, hanem különleges indító-tölteteket, boostereket kell felhasználni. A boosterek többnyire nitropenta vagy hozzá hasonló jellegű presztetekből készülnek oly módon, hogy akár gyutacs, akár robbanózsínor behelyezéséhez, illetve átfűzéséhez megfelelő furatok vannak a robbanótesten. Igen hosszú fúrólyukakban (30—35 m-en felül) ajánlatos a booster alkalmazásán kívül néhány kg-os gyutaccsal is iniciálható jellegű, brizánsebb, indító hatást fokozó töltet-részt kialakítani.

A kőbányászati robbantások fúrólyuk elhelyezésére exakt és általános érvényű, minden körülményre alkalmazható szabályokat még a zagyok felhasználásánál sem lehet felállítani. A különböző szakirodalmi, kísérleti adatok kiértékelése alapján azonban néhány alaptípus különíthető el. Ezek közül a mi gyakorlatunk számára különösen az igen részletesen kimunkált és közreadott jugoszláv tapasztalatok értékesek, melyeket a Kamnik robbanóanyaggyár Kamex típusú robbanózagyjainak használatában közben szereztek. Megjegyzendő, hogy az ismertetésre kerülő töltet-elrendezési típusok egyrésze bizonyos mértékben ellentétben van a hazai ÁRBSZ-el. Kívánatos volna a zagy robbanóanyagok kérdését az ÁRBSZ most folyó átdolgozásánál is legalább keretjelleggel figyelembe venni.

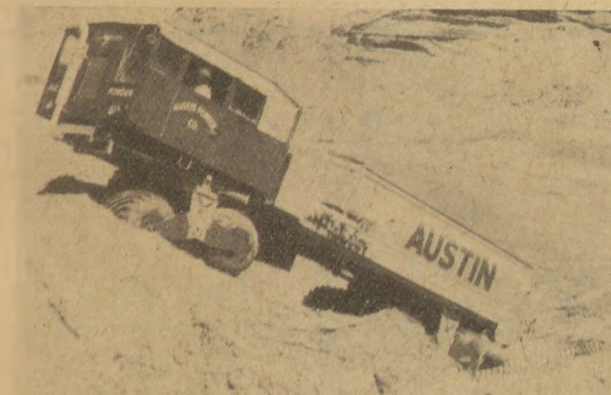
A zagyok boosteres indítása történhet felülről,



2. ábra. Jugoszláv robbanó zagyok robbanási sebességének alakulása a fúrólyukátmérő függvényében



3. ábra. Főbb töltelrendezési típusok slurry-k alkalmazása esetében. (Jugoszláv jereslat-típusok) B = booster, F = fojtás, I = fúrólyukító töltés, L = indító hatást fokozó töltetrész brizáns, általában vízálló robbanóanyagból, ZA = alacsonyabb energiatartalmú zagy, ZM = magasabb energiatartalmú zagy, R = robbanószinór



4. ábra. Különleges kiképzésű terepjáró zagyszállító, keverő és szivattyús tartálykocsi. (Austin—Powder felvétel)

alulról, illetve felülről és alulról; indítóhatást fokozó töltetrésszel vagy anélkül.

Megemlíthető, hogy amennyiben tartálykocsis betöltésre és a zagyjelleg szabályozására nincsen lehetőség, a gyári csomagolású zagyok segítségével is elérhető bizonyos, fúrólyukon belüli slurry minőségváltoztatás. A legtöbb robbanóanyaggyár legalább 2, de leginkább 3—4 féle csomagolt robbanóanyagot állít elő. A fúrólyukba különböző robban-

tástechnikai jellegű és minőségű slurry-kat öntve a gyári receptura szerint, a külön zagy-robbantó tanfolyamokon kiképzett személyzet az energiatartalom alulról felfelé való csökkenését érheti el. Egyébként a külön kiképzés nem a zagyok esetleges veszélyessége miatt, hanem a többi robbanóanyagoktól eltérő tulajdonságaik és felhasználásuk miatt szükséges.

A főbb töltelrendezési típusokat a 2. ábra mutatja be.

Tekintettel arra, hogy kezdetben a robbanó zagyok ára meglehetősen magas és a zagyok a gyártás, valamint a fogyasztás felfutása után is drágábbak a többi robbanóanyagoknál, célszerű, ha a felhasználók gondosan kiértékelik a zagyok műszaki-gazdasági paramétereit, összefüggésben a fúrási, a robbantástechnikai és a jövesztési eredményekkel.



5. ábra. Zsákos zagyot engednek le a fúrólyukba, vitatható módon a robbanószinórra függesztve. (Austin—Powder felvétel)



6. ábra. Beöntik az indító hatást fokozó töltetreszt, a boostert — ez esetben kétrészeset — készletben tartják. (Austin Powder felvétel)

Az esetek többségében kiderül, — az adott kőbánya körülményeinek megfelelő robbantásmód beállítása, bekalibrálása után — hogy a fúrási költségekben jelentékeny megtakarítás (10—40%) érhető el és a jövesztés eredménye kedvezőbben alakul, egyrészt mennyiségileg, másrészt pedig a másodlagos robbantások, aprítások elmaradása következtében.

A robbanó zagyok elterjedése magával hozta a robbanó zsinórok felhasználásának megnövekedését is. A boosterek a legegyszerűbben robbanózsinórokkal indíthatók, különösen az alsó elhelyezés esetében. (A villamos vezetékek, a hosszú furatokban bekövetkező szakadás esetében, a zagyokból nehezen emelhetők ki.) A különböző robbanózsinór-

időzítő toldatok (7—13—17—23—32 ms késleltetéssel) sokféle időzítési variációt tesznek lehetővé. A nagyobb (20—25 lyuknál több) robbantási sorozatoknál viszont a fúrólyukakból kivezető robbanózsinórok iniciálása rendszerint miliszekundumos villamos gyutacs sorozatokkal történik.

Mivel a robbanó zagyok nemcsak a bányászatban, az építőanyagiparban, hanem az építőipar sajátos feladatainál (talajtömörítés, útépités, vízalatti munkák stb.) is jól felhasználhatók, hogy — figyelembevéve a nemrégien megjelent 3/1968. BM-ÖBF együttes utasítás lehetőségeit — nemsokára a hazai robbanó zagy-féleségek felhasználásának kedvező eredményeiről számolhatunk be.

Mueller Othmár: A robbanó zagyok kőbányászati felhasználása

A tanulmány — széleskörű szakirodalmi tájékozódás alapján — részletes előzetes információt nyújt a hazai kőbányászok részére a külföldön már elterjedten alkalmazott robbanó zagyok összetételéről, szállításuk, tárolásuk és felhasználásuk módjairól.

Оттмар Мюллер: Применение взрывчатых шламов в производстве камня

Дается подробная информация — на основании иностранной специальной литературы — о применении взрывчатых шламов, распространенных за границей: об их транспорте, хранении и способах использования.

Mueller, Othmar: Die Anwendung explosiver Trüben im Steinbruch

Auf Grund von Fachliteraturangaben wird weitgehende Information für die heimischen Steinbruch-Fachleute in bezug auf Zusammensetzung, Transport, Lagerung und Anwendungsmöglichkeiten der im Ausland bereits bewährten explosiven Trüben erteilt. (S. G.)

Mueller, Othmar: Application of Explosive Slurries in Quarrying

Explosive slurries are widely used abroad. The paper gives a detailed preliminary information for Hungarian quarry experts on the composition, delivery, storage and utilization of explosive slurries.

A világ szilikátiparából

Vizsgálatokat végeztek az NSZK-ban a gipszadaléknak a cementklinker hidratációjára gyakorolt hatásáról.

A 2500 cm²/g fajlagos felületű cementhez 0—10% gipszet adtak, majd a gipszmennyiség függvényében vizsgálták a kötőhőt. A vízadagolást követően jelentős mennyiségű hő szabadul fel, mely azonban a gipszmennyiség növekedésével csökkent. A hőfejlődést ún. relief-lapokon ábrázolták, melyeken 4 csúcs különböztethető meg. Az A csúcs a CaO és C₃A hidratációjára, a B és C csúcs a C₃S hidratációjára vezethető vissza. A gipsz mind a C₃S, mind a C₃A hidratációját befolyásolja. A D csúcs 4% alatt hirtelen megszakad. Ennek oka még tisztázandó. Bizonyos — kevés — gipszmennyiségeknél a lekötés első napjaiban hőfejlődési minimumok figyelhetők meg.

Normális körülmények között a mészszeleméket bevonó C₃S-réteg akadályozza a mész oldódását. Az NSZK-ban az új mésztermékek adalékanyagot tartalmaznak, főleg a periódusos rendszer 1—3 csoportjának egy-egy oxidját vagy esetleg többet is. A leginkább használatos

adalékanyagok: konverterpor, bauxit, vörösiszap, földpát, folyópát, szóda stb. Az új mészfélék előnyei: a C₃S telítettségi terület eltolódása, a C₃S formájának befolyásolása, a CaO olvadáspontjának csökkentése. Mindezek következtében a mész utóégyése elkerülhető. Az erősen bázikus salak korai képződése a foszfortalanítás szempontjából előnyös. Az adagolási idő csökkenthető.

*

A dobmalomok őrlő hatásának javítására lefolytatott vizsgálatok az NSZK-ban azt mutatták, hogy a négyzetes alapkeresztmetszetű és legömbölyített sarkú dobmalomokban végzett finomírlésnél a fajlagos energiaigény csökken, a teljesítmény pedig nő. Főleg a „sarokspirál” páncélzattal ellátott malomokban érhető el jó eredmények. Az üzemi kísérleteknél a hagyományos malomokhoz viszonyítva a fajlagos energiaigény 30%-kal csökkent, a teljesítmény pedig 25%-kal nőtt. A szögletes bélés következtében az őrlési felület nő, a zaj csökken, az őrlőtestek a malomtengely irányába járulékos impulzust kapnak.

Bevezetés

A szilikátzománcok (a továbbiakban röviden zománcok) a fémek felületén igen jó kémiai és termikus tulajdonságú bevonatot képeznek. Nemesítik a fémek felületét és meghosszabbítják élettartamukat.

A zománcozás szerepe esztétikai szempontból sem hanyagolható el. A zománcok jól színezhetők, színválasztékuk magában foglalja a legtüzesebb és a pasztell tarkaszínek mellett a fehér és fekete színeket. A zománc lehet csillogó fényű, zsírfényű, fél-matt, vagy teljesen matt.

Ezeknek a tulajdonságoknak köszönhető, hogy a tűzzománcozást mind az iparban, mind a művészetben egyre nagyobb mértékben alkalmazzák. A zománcozás szerepe az edénygyártásnál, valamint a kályha-, a tűzhely-, és a fürdőkádgyártásnál közsímet. Fontos szerepet játszik a vegyipari készülékek és a rakéták gyártásánál is. Szívesen alkalmaznak az építőiparban is zománcozott elemeket, az iparművészetben és a képzőművészetben pedig a zománcozás újjászületését éli.

A zománcok jó tulajdonságait általánosan ismerik, és éppen ezért gyakran előfordul, hogy valamilyen tárgyat, vagy annak valamilyen alkatrészét szeretnék bezománcoztatni. Ilyen esetekben az első nehézséget az okozza, hogy milyen fémből vagy ötvözetből kell készíteni a zománcozandó tárgyat.

A zománcozható fémekkel kapcsolatban mindenki önkéntelenül is az acéllemezre, vagy az öntöttvasra gondol, és iparilag valóban a legnagyobb mennyiségben ezeket a fémeket zománcozzák. De zománcozhatók a nemes- és félnemes fémek is; az ókortól napjainkig nagyon szép és értékes dísz tárgyakat, ékszereket készítenek zománcozott nemesfémből, ill. félnemesfémből.

Nemes- és félnemes fémek

A nemesfémek és ötvözeik általában jól zománcozhatók. Előnyük az acéllemezrel szemben, amelyre a színes zománc alá egy alapzománcot kell felvinni, hogy színes zománcokkal közvetlenül zománcozhatók. Természetesen a zománcozásnál, ill. a zománc kiválasztásánál figyelembe kell venni a fém tulajdonságait, elsősorban a hőkitérjedését és az olvadáspontját.

A platina jól zománcozható, de tekintettel kell lenni kis hőtágulására. A tiszta platina 0—100 °C között mért közepes köbös hőtágulási együtthatója $270 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$. A zománcozás sikere érdekében, megfelelően kis hőtágulású zománcokat kell alkalmazni [1].

A színarany szintén jól zománcozható, sőt az aranyból készült fóliát is be lehet zománcozni. Fontos, hogy az arany ne tartalmazzon antimon-, ón-,

vagy cinkszennyeződést. Az ezüsttel és rézzel alkotott ötvözetek is jól zománcozhatók [2].

Az ezüst hőtágulása az acélhoz viszonyítva igen nagy, 0—100 °C között mért közepes köbös hőtágulási együtthatója $600 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$, olvadáspontja viszont alacsony: 961 °C. Ezeket a tulajdonságokat szem előtt tartva, azaz nagy hőtágulású és alacsony lágyulású zománcot alkalmazva, jól zománcozható [1].

A vörösréz is jól zománcozható, a színes zománcok közvetlenül felvihetők rá. Aránylag alacsony hőmérsékleten, 1084 °C-on olvad meg, és hőtágulása nagyobb az acélnál, 0—500 °C közötti közepes köbös hőtágulási együtthatója $540 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$, ezért nagy hőtágulású zománcal kell bevonni.

A vörösréz ötvözei közül elterjedten zománcozzák a tombakot, amely 10 s%, vagy annál kevesebb cinket tartalmaz. A 30 s%-nál több cinket tartalmazó rézötvözeteket nem lehet zománcozni. Jól zománcozható viszont a 87—90 s% rezet és 10—13 s% cinket tartalmazó sárgarézöntvény, amennyiben a bennelevő egyéb szennyeződések mennyisége nem haladja meg a 0,2 s%-ot [1].

Öntöttvas

A zománcozható szürkeöntvény kémiai összetételére vonatkozóan a szerzők különböző értékeket adnak meg. Ezeknek az értékeknek az alsó és felső határa (súlyszázalékban) a következő [3]:

Összes C	3,04—3,70
Grafit	2,20—3,20
Kötött C	0,22—1,00
Szilícium	2,20—3,00
Mangán	0,35—0,80
Foszfor	0,40—1,30
Kén	0,05—1,12

Andrews [4] a zománcozható öntöttvasban levő ötvözőelemek mennyiségét az alábbi százalékhatárok közé javasolja beállítani:

C	3,25—3,35
Si	2,50—2,60
Mn	0,45—0,60
P	0,60—0,70
S	max. 0,09

Az öntöttvasban a karbon részben kötött állapotban, mint cementit, részben szabad állapotban, mint grafit van jelen. A zománcozás szempontjából szükséges, hogy az öntvény karbontartalmának legalább 80%-a grafit alakban legyen, mert a ce-

mentit az égetés folyamán a hő hatására elbomlik és ennek következtében az öntöttvas fizikai tulajdonságai megváltoznak.

A szén és a többi alkotó arányát pontosan be kell állítani. Gordon [1] a tűzzománcozás szempontjából legmegfelelőbb karbon, szilícium és foszfortartalom, ill. azok arányának kiszámításához a következő képletet ajánlja:

$$C\% = 4,3 - 0,3(Si + P).$$

Amennyiben a mangántartalmat is számításba kívánjuk venni, a Brinkmann—Tobias [5] által javasolt képletet alkalmazhatjuk, amely szerint:

$$Sc = \frac{\text{összes } C\%}{4,23 - 0,312 Si - 0,33 P + 0,066 Mn\%}$$

Az öntvény összetétele akkor megfelelő, ha az Sc értéke 1,04 és 1,07 között van.

A kén hatása mind öntészeti, mind zománcozási szempontból kellemetlen. Jelenléte elősegíti a cementit képződését, és gátolja a grafit kiválását. „Keményíti” az öntvényt és zománkiforrásokat okoz. A zománcozás szempontjából különösen károsak a grafitfészkekkel párosult kénfeldúsulások [1].

Az öntvény mangántartalmának hatása előnyös, mert a mangán az öntvényben levő ként mangánszulfid alakban megköti és ezzel annak káros hatását megszünteti. Szükséges mennyiségét a jelenlevő kén mennyisége határozza meg, Dawson [6] képletével számíthatjuk ki:

$$Mn\% = 1,7 \cdot S\% \pm 0,3.$$

A foszfortartalom nem befolyásolja az öntvény zománcozhatóságát, viszont a szerepe öntészeti szempontból fontos, mert a megolvadt vasat híg folyóssá teszi és ezáltal megkönnyíti a vékony falú munkadarabok öntését [1].

A szilícium elősegíti a grafitképződést, adagolásával elérhető, hogy az öntvény összes karbontartalmának mintegy 75—90%-a grafit alakban legyen jelen. Mennyiségét előnyös 2,2 és 2,6% között tartani, mert 2,2% szilíciumtartalom alatt az öntvény repedékeny, viszont 2,6% felett hatására az öntvény szövetszerkezete eldurvul és ezáltal a zománc és a fém közötti kötés nem tud kialakulni [1].

A zománcozható öntöttvas fizikai tulajdonságai közül zománcozás szempontjából igen fontos az öntöttvas hőtágulása. Petzold [1] szerint a szürke öntöttvas közepes köhös hőtágulási együtthatója 16—500 °C között mérve $380 \times 10^{-7}/^{\circ}C$. Nagyságát a kötött szén erősen, a szilícium kisebb mértékben csökkenti, a foszfor növeli, és a mangán gyakorlatilag nem befolyásolja.

Az öntöttvas hőtágulása faktorok segítségével additív módon kiszámítható, ill. alkotók adagolásával az öntöttvas hőtágulása beállítható. A számításokhoz ismernünk kell az öntöttvasban levő alkotók százalékos mennyiségét és az egyes alkotók hőtágulási faktorát. Az alkotók százalékos mennyiségét faktorukkal beszorozva, majd a szorzatokat

összeadva kapjuk meg az öntöttvas hőtágulási értékét. A Dietzel és Lemme [7] által átdolgozott faktorokkal az öntöttvas 0—50 °C-ra vonatkozó hőtágulását lehet kiszámítani. Ezek a faktorok a következők:

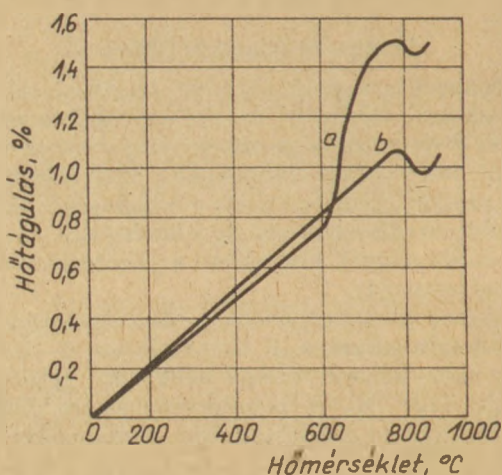
Grafit	3
Kötött C	—15
Si	—4
Mn	4
P	6
S	4
Fe	4,26

Amint már említettem, az öntöttvasban levő kötött C a hő hatására felszabadul, ugyanis a perlitben levő cementit ferritre és grafitra esik szét. Ennek következtében az öntvény szövetszerkezete és ezzel együtt a hőtágulása is irreverzibilisen megváltozik. Ezért az égetés előtt és az égetés után felvett hőtágulási görbék eltérőek [8]. Az 1. ábrán a hőkezeletlen öntöttvas hőtágulási görbéjén látható 600 °C körüli hirtelen emelkedés a hőtágulás ugrászerű növekedését jelzi. Ez az irreverzibilis növekedés (duzzadás) annak a következménye, hogy a cementit szétesésekor keletkező grafit ráakodik a már jelenlevő grafitra [9].

Mivel a nyers és a hőkezelt, ill. az égetés előtti és az égetés utáni öntöttvas szövetszerkezete eltérő, a jól zománcozható öntöttvas szövetszerkezetével szembeni követelményeket is a nyers és a hőkezelt állapotra vonatkozóan külön kell tárgyalni.

Zománcozás, ill. hőkezelés előtt az öntöttvas legyen perlitese, a benne levő grafit eloszlása legyen egyenletes, ne legyenek benne grafitfeldúsulások (gömbök, fészkek, durva lemezek). Csak kevés ferritet és cementitet tartalmazzon, továbbá a kén mangánszulfid alakban legyen lekötve.

Hőkezelés, ill. égetés után az öntöttvas legyen ferritese, a benne levő grafit legyen egyenletes eloszlású, lehetőleg ne tartalmazzon perlitet és egyáltalán ne tartalmazzon cementitet. Természetesen a kén ebben az esetben is legyen mangánszulfid



1. ábra. Az öntöttvas hőtágulási görbéje

a) zománcozás előtt, b) zománcozás után

alakban lekötve. További követelmény, hogy az öntvény ne tartalmazzon túl sok szteaditot. (Foszfid-eutektikum 91,15% Fe, 1,96% C és 6,89% P.) [3].

A jól zománcozható öntöttvas szövetszerkezete legyen egyenletes, ne tartalmazzon gáz- és salakzárványokat, valamint feldúsulást. Felületén ne legyenek pórusok, repedések és homokbeágyazódások [3].

Acél

Napjainkban a zománcozható fémek közül az acéllemez a legnagyobb jelentőségű. Háztartási edények, tűzhelyek, kályhák, egészségügyi cikkek, valamint háztartási gépek és készülékek gyártásánál egyaránt nélkülözhetetlen a zománcozott acéllemez.

Az acéllemez zománcozását hideg megmunkálás előzi meg, ami rendszerint hajlítás, sajtolás, vagy mélyhúzás. A konstruktőrök hajlamosak arra, hogy a lemez minőségének kiválasztásakor csak a hideg megmunkálás követelményeit vegyék számításba. Ez a zománcozásnál nehézségeket okoz, ezért a zománcozás sikere érdekében a nyers megmunkálás által támasztott igények mellett ügyelni kell arra is, hogy a lemez kifogástalanul zománcozható legyen.

A lemezminőség kiválasztásakor szem előtt kell tartani az acélgyártási és a hengerlési technológiát. Előnyös, ha a lemez Siemens—Martin csillapítatlan acélból hideghengerléssel készül. A más eljárással készült acélból gyártott, vagy a melegen hengerelt lemez is zománcozható, de a kifogástalan zománczás érdekében, különösen kényesebb munkadaraboknál ezeket a követelményeket célszerű teljesíteni.

Nagyon fontos a lemez felületének minősége. Legyen a lemez felülete pórus-, repedés-, és revementes. Lehesse könnyen zsírtalanítani és pácolni, hevítvé gyorsan és egyenletesen revésedjék.

A lemez kémiai összetételére vonatkozóan a szakemberek az idők folyamán különböző értékeket adtak meg. A következő táblázat a gyakorlati tapasztalatok alapján jól zománcozható lemez kísérőelemeinek maximálisan megengedhető súlyszázalékos mennyiségét ismerteti [3]:

C	0,06	Mn	0,40
P	0,05	S	0,03
Si	0,06	Cu	0,30
Cr	0,04	Mo	0,10

Nagyon fontos a lemez *karbontartalmának* a szerepe. Az előbbi felsorolásban ismertetett 0,06% ideális érték, ami ugyan elérhető, de a gyakorlatban általában megelégszünk azzal, ha a karbontartalom 0,10% alatt van. Sikertült ugyan magasabb karbontartalmú lemezeket (0,10—0,20% C) is bezománcozni, de ilyen minőségű lemezek esetében a zománczás eredménye már bizonytalan. Ennek oka, hogy a karbon reakcióba léphet a zománcban levő oxidokkal és vízzel. Ilyenkor a reakciók termékeként szén-monoxid, szén-dioxid és hidrogén keletkezik. Ezek a keletkező gázok a zománcréteget hólyagossá teszik [1].

Az égetés folyamán a lemez és a zománc határfelülete között mennek végbe a reakciók, ennek következtében elsősorban a lemez felületének karbontartalma hat zavarólag. Ezért fontos, hogy főleg a lemez felületi rétege ne tartalmazzon sok karbont. (Vastagabb lemezeknél a lemez belsejében levő karbon zavaró hatása már alig észlelhető.) A nyugtatott acélból készült lemez éppen azért nem javasolható zománczásra, mert benne a karbon egyenletesen oszlik el, míg a csillapítatlan acélban a felület szénben szegényebb [1] [8].

A lemez felületi széntartalma hőkezeléssel megváltoztatható. Pl. a felületen levő kenőanyagokból, vagy faszénből a hőkezelés folyamán az acéllemez karbont vehet fel. Erre különösen a zománczás előtti izzításnál (lágyításnál) kell vigyázni [1].

A lemez *kéntartalma* azért káros, mert amennyiben meghaladja a 0,05%-t, a pácolásnál elősegíti a hidrogénnek a lemezbe hatolását, ami később a zománczásnál különböző „hidrogénhibák” képződéséhez vezet.

A *szilícium* zománczáskor látszólag nem okoz hibát, de rontja a zománc és lemez közötti kötést, a zománc a magas szilíciumtartalmú lemezről már kis ütés hatására is lepattogzik [10].

A *réz* *tartalom* pácolásnál okoz nehézséget, ugyanis ha a lemez réztartalma meghaladja a 0,4%-ot, akkorra már kioldott réz kicsapódik a lemez felületére és a további pácolást megnehezíti [10].

A *króm* *tartalom* 0,3%-ig nem hat zavarólag, 0,3—0,5% között már gátolja a lemez felületének oxidációját és megnehezíti a kötés kialakulását, ezért az ilyen lemezt zománczás előtt elő kell oxidálni. A 0,5%-nál több krómot tartalmazó lemez már csak különleges technológiával zománcozható [1].

A kémiai összetétel ismerete egymagában nem elegendő annak megállapítására, hogy az acéllemez zománcozható vagy sem. Meg kell vizsgálni metallográfiailag a lemez belső szövetszerkezetét. A jól zománcozható lemezben a metallográfiai vizsgálat nem mutathat ki foszfor- és kénfeldúsulásokat, gáz-, salak- és oxidzárványokat, valamint hólyagokat és rétegződést. A lemez szövete legyen lényegében ferrites, a benne levő karbont egyenletes eloszlású perlit formában tartalmazza, és ne legyen benne cementit.

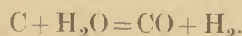
Speciális lemezek

Ezek részben kisebb karbontartalmúak, részben különleges ötvözőelemeket tartalmaznak. Mindegyikről foglalkoznunk kell az „Armco-vassal”, ill. a belőle készült lemezekkel. Az Armco-vas igen tiszta, 99,8—99,9% vasat tartalmaz. Kísérőelemeinek súlyszázalékos mennyisége a következő [1]:

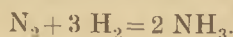
C	0,013
Mn	0,017
P	0,005
S	0,025
Si	nyomok

Az Armco-vas kiválóan zománcozható, és a belőle készült legvékonyabb lemezek sem vetemednek az égetés folyamán.

Egyes acélhengerművek zománcozásra gyártanak olyan széntelenített lemezeket, amelyeket alapzománcozás nélkül közvetlenül lehet színezni. Ezeket úgy készítik, hogy a közönséges hidegen hengerelt lemezt védőgázos atmoszférában hevítik, majd a kemencébe vízgőzt adagolnak. A vízgőz reakcióba lép a karbonnal és hidrogéngáz, valamint szén-monoxid keletkezik.



A hidrogéngáz a lemezben levő nitrogénnel NH_3 keletkezése közben reagál:



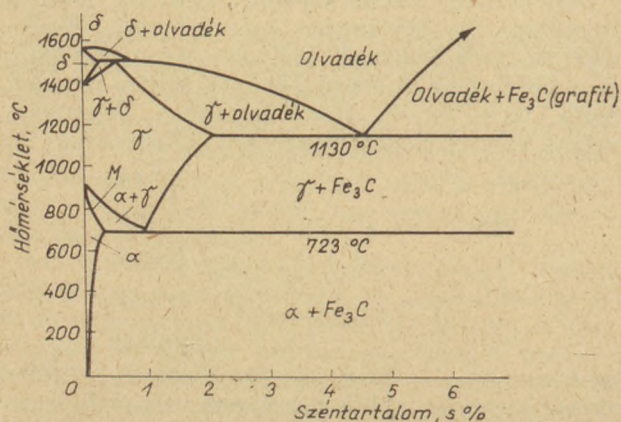
Ezzel az eljárással a hidegen hengerelt lemez karbontartalmát átlagosan 0,025% alá lehet csökkenteni, de sikerült már 0 karbontartalmú lemezt is előállítani [12], [13], [14], [15].

Ezeket a széntelenített lemezeket különböző fantázianevekkel látják el, pl. „Univit”, „Bethamel”, ez utóbbi lemez kémiai összetétele százalékban [4].

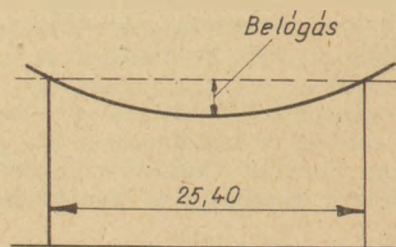
C	0,002
Mn	0,33
P	0,008
S	0,026
Si	0,004.

Mint ismeretes, az acélban hevítés hatására belső szerkezeti átalakulások mennek végbe. A zománcozásnál főleg az α vas átalakulása γ vassá játszik fontos szerepet. Ez az átalakulás térfogatváltozással jár, és a karbontartalomtól függően alacsonyabb, vagy magasabb hőmérsékleten következik be. Amennyiben a karbontartalom 0,025% felett van, az átalakulás 723 °C-on megy végbe. Ha a karbontartalom 0,25% alatt van, akkor a karbon mennyiségének csökkenésével az átalakulás hőmérséklete rohamosan növekszik és 0 karbontartalomnál az átalakulás már 900 °C felett megy végbe. A lemez vetemedését az α — γ átalakuláskor létrejött térfogatváltozás okozza, tehát ha az égetés alatt az α — γ átalakulás nem megy végbe, akkor vetemedés sem következik be.

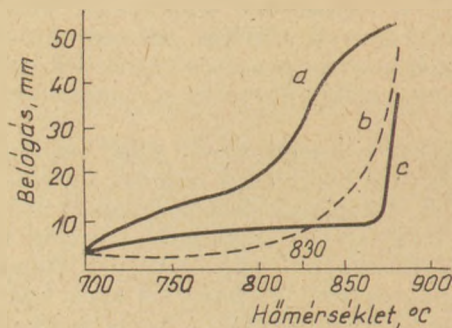
Az égetés folyamán végbemenő vetemedés különösen a nagyobb síkfelületek (pl. épületelemek) zo-



2. ábra. A vas—szén állapotábra



3. ábra. A lemez vetemedési hajlamának vizsgálata



4. ábra. 0,95 mm vastag lemezek belógása

a) melegen hengerelt lemez (0,06% C, 0,30% Mn); b) jól zománcozható lemez (0,02% C, 0,08% Mn); c) széntelenített lemez (Bethamel I, 0,001% C, 0,30% Mn)

máncozásánál káros hatású. Vetemedésmentes zománcozás érdekében célszerű a lemezt felhasználás előtt megvizsgálni.

A lemezek vetemedési hajlamát úgy vizsgálják, hogy egy 25,4 cm hosszú lemezt a két végénél felfüggesztenek és mérik a hőkezelés hatására keletkezett „belógást”, vagyis azt, hogy a lemez közepén mennyire süllyed le az eredeti állapotához képest [3].

A 4. ábrán három különböző karbontartalmú lemeznek a hőmérséklet függvényében létrejött belógása látható [11, 12]. Az ábrán jól látható, hogy a széntelenített lemez viselkedik a legkedvezőbben, mert csak 860 °C felett észlelhető számottevő belógás.

A *titánnal* ötvözött lemezek technológiai tulajdonságai igen jók. Jól hegeszthetők, az égetés folyamán nem vetemednek és nem fejlesztenek gázt. Sajnos igen drágák, és ezért nem tudták felvenni a versenyt a szénszegény lemezekkel [1].

Jól zománcozhatók a *kobalttal* és *nikkellel* ötvözött lemezek. Rajtuk az alapzománc kötőoxid nélkül is köt [1].

A *króm* — mint említettem — 0,5%-nál nagyobb mennyiségben a zománcozást megnehezíti. Ezt a káros hatását más ötvözők adagolása megszüntetheti. A *króm-nikkel* (18/8) ötvözet jól zománcozható. A 16% krómot, 30% nikkelt, 3% titánt, és 50% vasat tartalmazó „NCT” minden különleges felületi kezelés nélkül titánzománcal közvetlenül zománcozható [1], [16], [17].

Alumínium

Az alumínium zománcozását csak századunk közepétáján sikerült megoldani. Ez az alumínium alacsony olvadáspontjának (659 °C) és nagy hőtá-

gulásának (20—100 °C között $715,8 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$) tudható be [18].

Jól zománcozható a tiszta alumínium, amennyiben Al-tartalma legalább 99,5%. Hasonló az eset az alumíniummal bevont acéllemezeknél is [18].

Az alumínium ötvözetek közül a mangán, magnézium és szilíciumötvözetek, illetve ezek kombinációi jöhetnek számításba. Az 1,25% mangántartalmú „Noral 3 S” ötvözet jól zománcozható, de hajlamos a vetemedésre [19]. Az irodalom szerint jól zománcozható az 1,7% mangánt tartalmazó ötvözet is [20].

A „Noral B 50 SiWP” ötvözet, amely 1,0% szilíciumot, 0,6% magnéziumot és 0,4% mangánt tartalmaz, nem vetemedik, de csak kromátfürdős előkezelés után lehet bezománcozni [19].

Az alumínium magnézium-szilícium ötvözetek közül jól zománcozhatók a 0,4% magnéziumot és 0,7% szilíciumot, valamint a 0,7—1,0% magnéziumot és 0,7% szilíciumot tartalmazó ötvözetek. Az utóbbi a magnéziumon és szilíciumon kívül még rezet, vagy krómot is tartalmazhat [20].

Az alumínium ötvövények közül az 5% szilíciumot, valamint 11—13% szilíciumot, továbbá a 7,0% szilíciumot és 0,3% magnéziumot tartalmazó ötvözetek zománcozhatók [20, 21].

IRODALOM

- [1] Petzold, A.: Email. VEB Verlag Technik, Berlin, 1955.
- [2] Winter, E.: Enamel Art on Metals, New York, Watson-Guptil Publications. 1958.

- [3] Albert P. P.: Tűzzománcozás. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1966.
- [4] Andrews, A. I.: Porcelain Enamels. Chantaign Illinois, 1961.
- [5] Brinkmann—Tobias: Gießerei. (1942) 340—341. old.
- [6] Dawson, J. V.: IVE Bull. 14. 122—131. 1963.
- [7] Dietzel—Lemme: Sprechsaal, 83. 5—6. 1950.
- [8] Der Email-Reporter: Emaillierbares Gußeisen, Farbenfabriken Bayer Aktiengesellschaft Leverkusen, 1958.
- [9] Szabó Ö.: A vas és acélipar gyakorlati metallográfiája. Nehézipari Könyvkiadó, Budapest, 1954.
- [10] Märker, R.: Emailliertechnik. Fachbuchverlag, Leipzig, 1956.
- [11] Der Email-Reporter: Die Direkt-Emaillierung. Farbenfabriken Bayer Aktiengesellschaft Leverkusen, 1962.
- [12] Lang, K.: Mitt. VDEFA, 10. (1962). 101—108.
- [13] Greene, R. H.: Int. Enam. 13. 18—20. (1963).
- [14] Van Der Veen, J. H.: IVE Bull. 14. 94—101. (1963).
- [15] (Anon.): Int. Enam. 11. 1. (1961).
- [16] Healy—Andrews: Journ. Amer. Ceram. Soc. 34. 207. (1951).
- [17] Petzold, A.: Silikattechnik. 4. 346. (1953).
- [18] Ziesche, D.: Glas-Keramo-Email Technik, 14. 1—9. (1963).
- [19] Anders, H.: Glas-Keramo-Email Technik. 14. 258—261. (1963).
- [20] Der Email-Reporter: Email auf Aluminium. Farbenfabriken Bayer Aktiengesellschaft Leverkusen, 1958.
- [21] Kyri, H.: Mitt. VDEFA, 5. 91—93. (1957).

Альберт П.: Металлы для эмалирования

Albert, Péter: Metalle für Emaillierung

Albert, Péter: Metals for Porcelain Enameling

A világ szilikátiparából

Üveg-kádkemencék hőtechnikai viselkedésére Belgiumban egyenletrendszer alakították ki, amelynek segítségével a kádkemencék leglényegesebb méreteinek összjátékát lehet megállapítani hőtechnikai szempontból. Az eddigi módszerekkel szembeni lényeges különbség az, hogy a kádat két részre, olvasztó és derítő részre osztották fel. Az elméleti elgondolásokat gyakorlati mérésekre támaszkodva építették ki és ez az eljárás lényeges kihatással volt az üveg minőségére.

*

A clauthali Bányászati Intézetében (NSZK) a kőzetek aprításának elektromágneses-terikus módszerét dolgozták ki. A módszer lényege: az elektromágneses energia által előidézett hőfeszültségek a kőzetben repedéseket idéznek elő. A vizsgálatokhoz 4 különböző eredetű mészkövet használtak. A mészko hőmérséklete, 2,45 GHz mellett max. 250 °C lehet. Az E és F² értéke a hőmérséklettől függ. A hullám közepes hatótávolsága, 2,45 GHz és 30° mellett 1,61 m.

*

Impregnált, valamint temperált dolomit és periklász téglák vizsgálatára olyan eljárást dolgoztak ki az USA-ban, amellyel azoknak a leggyakoribb használatban előforduló káros behatásokkal szembeni ellenálló képességüket meg lehet határozni. A tűzálló anyagok e fajtáinál előforduló leggyakoribb károsodások: a tűzben való repedezés, a salak erózió, a hasadás és a kopás. Megállapították, hogy az impregnált és hőkezelt bázikus tűzálló téglák sajátosságai elsősorban azok ellenállóképessége

különböző behatásokkal szemben nagymértékben függ a maradék karbon mennyiségétől. Ennek növekedésével a salakerózió csökken, a törési modulus pedig nő.

*

Ha kvarcúveget hosszú ideig 1480° körüli hőmérsékleten tartanak kristobalit keletkezik, mely hűtésekor metastabilis módon megmarad; a kristályok jelenléte polarizációval mutatható ki. Ismételt hevítés során a kristobalit-csírak belső nukleátorként hatnak. A vizsgálatokat 1350—1620° közti újrahevítéssel végezték. A kristálynövekedési sebesség az idővel arányos volt. E növekedés teljesen független a felülettől, vagy a szennyeződésektől, ezért igen lassú; valamennyi eddigi kísérlet során a külső nukleáció következtében lényegesen magasabb értékeket mértek az USA egyik üveg laboratóriumában.

*

A palás agyagokból készült tűzálló anyagok felülete gyakran himlőhelyhez hasonló kipattogzásokat mutat. Ennek oka, hogy égetés alatt egyes samottrészecskék explózió-szerűen szétrobbannak az agyagszemcsék gyors tömörre égése, vagy pedig 0,05—0,3 mm nagyságú maradék kvarcészecskék jelenléte miatt. A kipattogzások megelőzésére három módszert ajánlanak az NSZK-ban. 1. a samottot nem kell teljesen tömörre égetni, hogy a keletkező gázok eltávolítását lehetővé tegyék, 2. lassú égetéssel kell lehetővé tenni, hogy a gázok a tömörre égetés előtt eltávozhassanak, 3. finomabb szemcséjű palás agyagot kell alkalmazni.

Könyvismertetés

Dr. Biczók Imre: **Betonkorrózió, betonvédelem.**

Ez a könyvismertetés dr. Biczók Imre „Betonkorrosion. Betonschutz” c. könyve 1968-as német nyelvű kiadására vonatkozik. A szerzőnek a betonkorrózióval foglalkozó irodalmi munkássága bizonyos mértékben Egyesületünkre is támaszkodott. Betonkorróziós könyvének első kiadása 1956-ban, a Műszaki Könyvkiadónál magyarul jelent meg és ezt a könyvet Egyesületünk az Építőipari Tudományos Egyesülettel együttesen rendezett ankéton vitatta meg és ajánlotta idegen nyelvű kiadásra. E javaslat alapján az Akadémiai Kiadó 1960-ban németül, 1964-ben angolul jelentette meg ezt a könyvet, 1965-ben Romániában, 1967-ben az USA-ban adták ki; 1968-ban jelent meg ismertetésem tárgyát képező 6-ik kiadás; értesülesem szerint most készül el a spanyol szöveg és a legújabb közlés szerint távolkelet részére egy további angol nyelvű kiadás van előkészítés alatt. Ezen kiadások során az első kisformátum 260 oldalas magyar könyvecske 650 oldalra bővült, és reprezentációs kiállításúvá nőtt fel, az ábrák, fényképek, táblázatok száma 110-ről 250-re, a feldolgozott irodalmi hivatkozásoké 91-ről 620-ra. Aligha akad magyar műszaki író, aki ehhez hasonló könyvsikert ért volna el. Biczók e könyveivel nemcsak szakterületén ért el nemzetközileg elismert személyes sikert, hanem a magyarországi tapasztalatok és kutatási eredmények rendszerezett feldolgozásával felkeltette a figyelmet a magyar szakemberek munkásságára. Ezt a legtöbb külföldi bírálója hangsúlyozza is.

Az ismertetés tárgyát képező 6-ik, német nyelven második kiadásban a szerző figyelembe vette azt a szakértői kívánságot, hogy a könyv felépítésében bizonyos változást hajtson végre. E javaslatoknak megfelelően, ebben a kiadásban a szerző a betonkorróziós folyamatok elméletét önálló fejezetben tárgyalja és a betonvédelemmel összefüggő ismeretek és javaslatok a könyv következő fejezetébe kerültek. Ennek a felépítési átalakításnak vannak előnyei: a cement és betonkorróziós folyamatok világosra képezik tudományos kutatás tárgyát és ezeket a kutatási eredményeket hozzáférhetőbben lehet egy teoretikus színezetű fejezetben tárgyalni. Hátránya a kettéválasztásnak az, amire a szerző a 6-ik kiadás bevezetésében rá is mutat: bizonyos ismétlések elkerülhetetlenekké váltak és így módon a könyv volumene növekedett.

A szerző megtartotta az előző kiadások tárgyalási módját, ismerteti a korróziós jelenségeket és ezután foglalkozik a rendelkezésre álló védelmi módszerekkel. A Biczók előtti cement- és betonkorróziós szakirodalom legjelentősebb műve Kleinlogel „Einflüsse auf Zement” sok kiadást megért könyve volt. Kleinlogel abc sorrendben szedett címszavak alá csoportosítja mondani valóját. Ugyanezt a lexikonszerű szerkesztést választotta Novák A. és P. Fejes K. magyar szakkönyve megírásánál „Épületszerkezetek védelmi korrózió ellen”. Ennek a szerkesztésnek vannak gyakorlati előnyei, azonban a korróziós jelenségekben való elmélyedést az ilyen szerkezetű szakkönyv nem teszi lehetővé és a sok utalás is megnehezíti az áttekintést. A Biczók-féle tárgyalás — ha szabad ezt a kifejezést használnom — magasabb színvonalú.

A könyvnek 6 fejezete van. Az első fejezet a beton alapanyagival, a cementfajtákkal, adalékokkal és a beton előállításához szükséges víz minőségével foglalkozik. E fejezet legfontosabb része a cementfajták ismertetése — 23 féle cementfajtát említ — és minden cementfajtánál foglalkozik annak korrózióállóságával. A szerző kénytelen volt a klinkerkémiát, valamint a hidratációs folyamatokkal foglalkozó szöveget 10—10 oldalra összehúzni, ami azt jelenti, hogy a szerző csak nagy általánosságokban foglalkozhatott az alapvető kérdésekkel. Ha e könyv csak a betonelőállításával foglalkozók részére készült, tájékoztatásul ennyi is elég; de ha kutatók részére forrásmunkának is kíván szolgálni, részletesebben kellene az alapismereteket kidolgozni, különösen a

hidratációs folyamatoknál kellene a legújabb kutatások eredményeit feldolgozni.

Az ismertetett nagyszámú cementfajták közt vannak olyanok is, melyeknek jelenleg gyakorlati jelentősége nincs. Ilyenek az anhidritcement, az anhidrit-aluminát cement, agyagportlandcement, gumicement. Azonban a cementkutatások jelenlegi intenzitása mellett nem igen lehet megjósolni, nem lesz-e valamilyen elfelejtett cementfajtának újból jelentősége, mintahogy nem lehet előre látni milyen újabb cementfajták fognak kialakulni. Így hivatkozom a könyvben csak néhány sorral ismertetett báriumcementre. Erről már 1872-ben írt egy német kutató, Aaron J., majd Le-Chatelier is foglalkozott ezzel a cementfajtával a Tonindustrie Ztg. 20-ik és 29-ik évfolyamában, sőt 1909-ben a Record cementgyár meg is kísérlete előállítani. Ezután 40 évig Zsuravlev és Braniszki munkáinak megjelentéséig semmi hír nincs a báriumcementekről. Jelenleg azonban ez a cementfajta több kutató intézet kutatási témája és hazánkban is folynak ilyen kísérletek. Bár a fő célkitűzés nem elsősorban a korrózióállóság fokozása, mégis, ha ilyen cementet lehet előállítani, ez valószínűleg abszolút szufát álló beton készítését tenné lehetővé.

Jelenlegi ismereteink szerint a cementkő szulfátállósága a klinkerásványok kedvező arányától, a cementvíz hidroxil-ion koncentrációjától, továbbá a leváló kalciumhidroxid oldhatóságától függ. Arra kell tehát törekedni, hogy a trikálcium-aluminát minél kevesebb legyen, kössük le a hidratációs folyamán felszabaduló kalciumhidroxidot granulált kohósalakkal, vagy savanyú adalékkal, trasszal, pernyével. Bár a cementáru gőzölése a gyors szilárdulást célozza, a szulfátállóságot is javítja, mert az átkristályosodott kalciumhidroxid oldhatósága csökken. A szerző könyvében mindezt megfelelő helyen, az egyes cementfajtáknál ismerteti.

Előfordul azonban az is, hogy a szerző kénytelen tisztázatlan kérdéseken átsiklani. Így pl. a szulfát-kohósalakcement, a „cement sursulphate” kötés mechanizmusával nem foglalkozik. A szakirodalomban erről a kérdésről homlokgyenest ellenkező véleményeket találunk: mi nem igen foglalkozhatunk ezzel a cementfajtával, miután yaskohóink jelenleg nem állítanak elő olyan kohósalakot, amelyek ennek a cementfajtának előállításához szükséges és a jövőben sem lesz meg ennek a lehetősége. Külföldön azonban, Franciaországban, Angliában és más államokban nagy jelentőségű ez a szulfát-álló és más szempontokból is igen értékes cementfajta.

Hazánkban a ferrocementek csoportjába tartozó S 54-nek és a pernye tartalmú cementeknek van mint szulfátálló cementfajtáknak jelentősége (a hazánkban nagy mennyiségben és kiváló minőségben fellelhető trasszt a pernye kiszorította). Érdemes és értékes a könyv második, 11-ik, 15-ik és 21-ik diagramjait összehasonlítani, melyek laboratóriumi szinten végzett kísérletek alapján a különböző magyar cementfajták szulfát-állóságáról nyújtanak áttekintést.

A második fejezet a talajjal, illetve a talajvizekkel foglalkozik; a szerző rendkívül értékes ismeretanyagot nyújt. Érdemes a 29. ábra is, amely dél-tiszántúli talajvíz térképét ábrázolja (a Ca jelölést a legközelebbi kiadásnál ki kell javítani, CO, ill. Co megjelölés hibás) meggondolandó nem volna-e helyes a terület megnevezése akár a térkép alatt, akár a 4 fejezetben.

A III. fejezet a betonkorróziós vizsgálatok módszereivel foglalkozik. Részletesen ismerteti a hosszú időre tervezett kísérleteket (tengervíz, láptalaj, az amerikai „Long time study” kísérletet — a japánok most kezdtek el egy 20 éves „fly ash” kísérletet) valamint a gyorsvizsgálatokat. A kísérleti módszerek leírása annyira részletes, hogy reprodukálásuk minden további dokumentáció nélkül lehetséges.

A IV. fejezet a cementkő, a beton, illetve az acél korróziójának elméletét tartalmazza. A fejezet tagozódása: különbözős korrózió, kémiai cserebomlás okozta elváltozás, duzzadási folyamatok, tengervíz okozta betonkárosodás. Még két részlet került a fejezetbe:

a betonacél korróziója és korróziós folyamatokat befolyásoló tényezők ismertetése. Itt kapott helyet magyar kutatók, Wendl A., Véssey É. és Almásy Á. kutatók szulfátredukáló baktériumokkal végzett kísérleteinek eredményesei is.

A könyv főfejezete az V. fejezet, amelyik mintegy 200 oldalon át a betonvédelem kérdéseit tárgyalja részletesen. Ebben a fejezetben kaptak helyet különböző államok szabványelőírásai; részletesen foglalkozik a magyar (1963) a csehszlovák (1954), a szovjet (1954), a német (1954/1962 és 1963), az angol (1951), valamint az amerikai (1940 és 1964) előírásokkal, illetve ajánlásokkal. Tudomásom szerint jelenleg több helyen folyik munka az eddigi előírások javítására, illetve finomítására, melynek eredménye majd a következő kiadásokba fog bekerülni.

Biczók körülbelül 12 féle cement, illetve betonkorroziót okozó anyaggal foglalkozik — bár nehéz az egyes agresszív hatások ilyen számszerű kategorizálása. Ezen károsodások közül kiemelendők a széndioxid, a magnéziumsók, valamint a szulfátok okozta károsodások. A különböző méretű agressziókra a szerző megadja a biztonságot nyújtó adatokat, mind a beton tömörségére, mind a felhasználandó cement fajtájára és mennyiségére. Azonban ezek az előírások gyakran túlzottnak látszó követelményeket jelentenek, amik az építkezési költségeket jelentősen fokozzák. Csatlakozom a nemcsak elméleti ismeretekkel, hanem bőséges gyakorlati tapasztalatokkal is rendelkező szerző véleményéhez, amit kb. a következőképpen lehet megfogalmazni: az előírások és szabványok betartását tulajdonképpen ajánlani kellene; ez nagy biztonságot jelent, de esetleg indokolatlanul megdrágítja az építkezést. Az előírások revíziójánál az eddiginél nagyobb mértékben kellene a gyakorlati tapasztalatokat is figyelembe venni, „de amit wir nicht so sicher wie möglich, sondern so sicher wie nötig bauen”. A laboratóriumi kísérletek gyakran oly katasztrófálisnak látszó eredményeit a gyakorlat a beton felületének eltörmölése, a vízzárás fokozódása, a karbonizációs hatás miatt csak csökkent mértékben igazolja.

A VI. fejezet az egyes védekezési módszerek technikai kivitelezésére ad tanácsokat.

Az első német kiadás óta több bírálat jelent meg a könyvről. Német szaklapokban hat, angolokban négy, sávjai és olasz lapokban 1—1 bírálatot olvastam. A legtöbb bíráló csak elismeréssel ír Biczók könyveiről és sok külföldi szakmunka bizonyítékképpen hivatkozik rá. A nemrég elhunyt Kühl professzor közkezen forgó cement-kémiai szakkönyvének legújabb kiadása azon szakkönyvek közé sorolja Biczók könyvét, melynek tanulmányozását ajánlja. Diszonáns hangot egy angol anoním bíráló üt meg, amelyik az angol kiadásra vonatkozóan kifogásolja a mű felépítését és néhány elmélettel

foglalkozó fejezet tartalmát találja ki nem elégtőnek és több hibáztható angol szöveget közöl. E hírlátót a szerző könyvét többször átdolgozta, bár még mindig vannak, amint az előzőekben rámutattam, további átdolgozásra váró fejezetek. Néhány hírláló a szerző határozott állásfoglalását hiányolja. Ebből a szempontból a legújabb kiadás már határozottabbi szöveggel jelent meg. A szerző maga is kéri olvasóit, hogy az esetleg nem teljesen egyértelmű részletekre figyelmeztessék, hogy ezeket a további kiadásoknál tisztázhassa.

A betonkorrozio jelensege ma, amikor a beton felhasználása szinte exponenciálisan növekszik, mindjobban foglalkoztatja a kutatókat. Egymást érik a konferenciák (az őszi Tokió-i Symposiumon Biczók volt a cementkorrozio kérdésről főelőadója, előadásának szövegét lapunk ez évi 3. száma közölte) rövidesen Prágában lesz egy ilyen konferencia. Indokolt, hogy a betonkárosodásával, szilárdság vesztésével, megrepedezésével, lepatogzódásával intenzíven foglalkozzunk, hiszen annyi sérült betonnal találkozunk.

Biczók könyve foglalkozik az alumínátcementekkel is. Szerinto kétféle alumínátcementből készült betonról kell beszélni. Ha a beton megszilárdulása kedvező körülmények közt folyt le, túlynomóan monokalcium-alumínáthidráttal keletkezik, ami a nagy szilárdságot és a szulfátállóságot biztosítja. Mégha aránylag hosszú idő után ez a hidrátvegyület fokozatosan át is alakul, a kis vízcement tényezővel készült tömör cementkő megazulása nem lesz jelentős. Ha azonban a szilárdulás kedvezőtlen körülmények között 20 foknál magasabb hőmérsékleten nagy vízcement tényező jelenlétében ment végbe, az átalakulás gyorsan, nagy porozitás növekedéssel megy végbe és a kivált alumíniumhidroxid kristályos kötés nélküli por tömíthetőség nélkül van a cementkőben és megindul átnedvesedés esetén a beton tönkremenetele. Portlandcementkőnél is elképzelhető az ehhez hasonló dekomponálódás, de a kalciumhidroxid kalcitá alakulhat át, amelyik nemcsak kitölti a réseket, hanem az esetleg keletkezett repedéseket anyagtranszporttal be is hegeszti. Mindehhez mégcsak azt jegyzem meg, hogy a szétbomlott banxitecementkő már nem szulfátálló. Nem szeretnék ehelyütt az alumínátcementek hazánkban oly súlyos kérdésével foglalkozni, de arra kíváncsi rámutatni, hogy Biczók állásfoglalása ebben a kérdésben, ami lehetővé teszi az ellentmondó tapasztalatok megmagyarázását, nagy anyagismeretre vall.

Sok betonkorrozio kérdésre még mindig nehéz egyértelmű választ adni, a cementkőmia és a betontechnika fejlődése évről-évre új problémákat vet fel. Átnézve Biczók könyvének eddigi hat előttem ismert kiadását biztosra veszem, hogy az újabb kiadások, az újonnan felmerült, illetve felmerülő kémiai és technológiai kérdéseket összefoglalják gyűjteni és könyvének megfelelő fejezetében helyet fognak kapni.

(Bereczky Endre)

A világ szilkátiparából

Mérés, vezérlés, szabályozás, automatizálás a téglagyárakban.

Az automatizálás elemei a vezérlő és szabályozó berendezések. Az NSZK-ban a téglagyárak két legfontosabb egységének, az alagútkenecének és a szárító berendezésnek szabályozási lehetőségeivel foglalkoznak. A kemencéknél a különböző hőmérsékletek biztosítására szabályozó köröket alakítanak ki. Ezek általában ún. két pont-szabályozók, vagyis a kívánt érték alatt be-, fölötté kikapcsolást végeznek. A kemencében uralkodó nyomás ún. három-pont-szabályozóval szabályozható. A téglaiipari műszárítóknál a szabályozás feladata az ún. optimális paraméterek beállítása, vagyis a szárító levegő hőmérsékletét és relatív nedvességtartalmát az idő függvényében kell szabályozni. A szabályozó egység részei: a programszabályozó, a hőmérséklet és relatív nedvesség érzékelő, valamint a hajtómű.

1966-ban kezdték meg a Talbot-kikötő építését Angliában, amely két hullámtörőből áll és 2,5 millió tonna kő megmozgatását teszi szükségessé. A felhasználásra kerülő készkő szállításához 11,2 km (7 mérföld) utat építettek, melyen a szállítás hilleőszekrényes tehergépkocsikon és ezek megrakása Yale típusú homlokrakodókkal történik. A rakodók nagyméretű kődarabok felrakására alkalmas különleges hidraulikus kanállal és mérleggel vannak felszerelve. 8 t-ig terjedő súlyú kődarabok rakhatók fel a berendezéssel, mely ennek megfelelő biztonsági berendezéssel van ellátva. A követ kitermelő Cornelly kőbányában a 2 t-ig terjedő súlyú kődarabok osztályozására alkalmas előosztályozó épült. A hullámtörők megerősítéséhez, vasúton szállítanak 240 km (150 mérföld) távolságról, 6—8 t-ás és 4—6 t-ás nagyságú mészkövet. Ezek rakodása Yale 404 típusú rakodókkal történik.

Az NSZK-ban olyan kemence-periszkópot alakítottak ki, mely hossz tengelye körül 360 fokos elforgatással lehetővé teszi összesen 88 fokos térszög megfigyelését anélkül, hogy a készüléket más helyzetbe kellene vinni. Az optikai rész 65 mm külső átmérőjű vízzel hűtött védőcsőben van elhelyezve. Eddig a készüléket 1600 °C feletti üvegolvasztó kádaknál alkalmazták a lángfejlődés, a keverék berakásának és beolvadásának, valamint a tűzálló anyagok viselkedésének megfigyelésére.

*

Az USA-ban 30 mol% Li_2O litium-szilikátüveget olvasztottak platinatégelyben, majd ebből korongokat öntöttek és ezeket 1 órán át 300 °C-on feszültségtelenítették. Megvizsgálták a kapott termék elektromos (egyenáramú és váltóáramú) tulajdonságait szoba- és magasabb hőmérsékleten; ezenkívül röntgendiffrakciós és elektronmikroszkópiás vizsgálatokat is végeztek. A fenti üvegösszetétel végső kristályos fázisa a Li_2SiO_4 .

A kísérletek alapján azonban kiderült, hogy a transzformációs hőmérséklettartományban még a végső fázis megjelenése előtt Li_2SiO_3 -kristályok válnak ki. Ennek következtében erősen megnövekszik az 0,1–1000 kHz tartományban a dielektromos veszteség. Hosszabb ideig tartó hevítés során a veszteség ismét csökken a Li_2SiO_3 újraoldódása következtében.

*

Az üveg relaxációs jelenségeinek elektromos utánzására az NSZK-ban új berendezést fejlesztettek ki, mivel az üvegben a különböző hőkezelések során lejátszódó feszültségi folyamatok egy sor még megoldatlan problémát vetettek fel. A különböző hőmérsékleten bekövetkező feszültségtelenedés vizsgálatát jelentősen megkönnyíti az elektromos utánzási technika. A kifejlesztett berendezés két analógán alapszik: az elektromos ellenállás és a viszkozitás közötti, valamint az elektromos kapacitás és a képlékenységi modulus közötti analógián. Ez lehetővé teszi tíz ellenállás-kapacitás tag kombinációja révén az üveg tényleges viselkedésének viszonylag pontos utánzását. A különböző paraméterek variálását egy programszabályozó biztosítja.

*

A folyamatosan működő ultrahang tisztítógépet speciálisan a kerámia- és üvegearr számára fejlesztették ki az NSZK-ban. Feladata az, hogy a kerámia- és üvegelenyek kisebb vagy nagyobb sorozatát a kőszőrülési maradványoktól és raktározási szennyeződéstől megtisztítsa. A készülék stabil keretrendszerből, adagoló és kiemelő állomásból, fokozatnélkül szabályozható meghajtásból, előlágító és ultrahangzónából, végül öblítő zónából áll. Ezeket a szárítózóna zárja le.

*

A korábbiaktól eltérően az NSZK-ban ezúttal poláros fényben vizsgálták a kerámiai mázak felületét. A mázak felületét grafikusán jelzik. Ezen vizsgálatokkal eldönthető, hogy a máz fénycsökkenése esetén a mázban levő zavarosodásról, vagy felületi hibákból eredő fakóságról van-e szó. Kidolgozták a fakóság elméleti kérdéseit is. A fakóság mértékéből a felületi érdességre lehet következtetni.

*

A bonni Tűzállóipari Kutatóintézetben a könyökmeltyűs és excentersajtók présnyomásának mérésére új mérőműszert készítettek. A mérés alapelve: a prés egyik húzására igénybe vett konstrukciós részére, az anyagfeszültség mérésére, táglasmérő szalagot helyeznek el, melynek segítségével villamos mérőhíd útján állapítják meg a présnyomást. A készülék olcsó és pontos. A helytelenül tömörített darabok már közvetlenül a préselés után kiválogathatók. A készülékgrafikonjáról a következők olvashatók le: nyomás, darabszám, kihasználási fok. A tapasztalatok szerint 1% töltési eltérés a présnyomásnál 20% differenciát jelent.

*

Amerika és Európa nagyfeszültségű porcelánszigetelőinek és azok gyártástechnológiájának összehason-

lítását elvégezve az NSZK-ban megállapították, hogy Európában az amerikainál korszerűbb szigetelőgyártást tökéletesebb nyersanyagelőkészítési és gazdaságosabb formázási módszerek jellemzik. Az európai és az amerikai szigetelő porcelán gyártás előnyeinek kombinálása olyan új eljárásához vezethet, amely jelentős minőségjavulást és önköltségesökkentést eredményezhet.

*

Krisztobalit kiválását vizsgálták az NSZK-ban a spinell tartalmú porcelánmázakban.

A porcelán szigetelők készítéséhez barna mázat alkalmaznak, amelyek kicsiny hőkiterjedési együtthatójuk folytán szilárdság növekedést eredményeznek. Ahhoz, hogy kicsiny hőkiterjedést érjenek el, földpátot, mészpátot, vagy pedig dolomitot alkalmaznak. Természetesen ezáltal különösen a lassú lehűtésnél fellép annak a veszélye, hogy a mázakban krisztobalit kiválás lép fel, amely a porcelán testnek a szilárdságát jelentősen csökkenti. Számos máz vizsgálati módszerét alakították ki.

*

A porcelán mázak gyakran szemmel alig látható buborékokat tartalmaznak, melyeknek átmérője rendszerint 80 μ alatt van. Porcelán mázknál az NSZK-ban vizsgálták a buborékok számának, nagyságának és elhelyezkedésének alakulását különféle mázvastagságnál és különféle égetési feltételek mellett. Megállapították, hogy a buborékok túlnyomórészen a máz-cserép határteregben találhatók. A buborékok átmérő szerinti eloszlása közel statisztikus. Növekvő égetési hőmérséklettel és égetési idővel a buborékok száma növekszik.

19 különböző színezetű csempén végeztek el szín-méréseket a Bausch & Lomb cég (NSZK) „Spektronie 20” spektralfotométeren és ezekből statisztikai ismereteket vezettek le. A kapott számok különböző értékelési módszerekkel állíthatók össze azzal a céllal, hogy az ipar számára lehetőséget adjanak üzemi célokra a számszerű, vagy grafikai színábrázolására. Így elérhető a gyártásnál a lehetőleg egyformán színezett termékek előállítás. Élesen elhatárolható a „fehértartalom” és a „világosság” vonatkozó értéke.

A mázas porcelán próbatetek mérési-fehérségük tekintetében — általában leukométerrel történik. A vizuális értékelés azonban leginkább a Stephansen-féle eljárás melletti fehérségértékekkel egyezik meg. A színárnyalatot a fehérségi foknak a vörösszűrővel való mérésének és a fehérségi foknak a kékszűrővel való mérésének arányával jellemzik, amiből következtetéseket lehet levonni a porcelán égetésének minőségére.

*

A korábbi kézzel végzett csésze mázbevonást a gépi eljárással helyettesítették Belgiumban és pedig egy-néhány egyedi gépnek gépsorral való összeállításával. Ennek főbb részei: állvány központi hajtóműszekrény, mázzal bevonó kar, adagoló berendezés és mázazó medence, elektromos berendezés. A gépsorral 60–120 min átmérőjű csészéket lehet mázazni, amelyek széleit ugyancsak géppel tisztítják le.

*

A szilikátbeton előállításai és tulajdonságai az NSZK-ban. A szilikátbeton négy összetevője: őrölt homok + őrölt mész (kötőanyagok) + homok + víz. Az optimális összetétel Chavkin képletei alapján határozható meg. A kötőanyagként szereplő kvarciszit min. 80% SiO_2 -t tartalmazzon, agyagos szennyeződése 10% lehet. A mész aktív CaO tartalma min. 60% legyen, MgO tartalma az 5%-ot is elérheti. A gyártástechnológia fontosabb lépései: őrlés, keverés, nedvesítés, formázás, tömörítés, pihentetés, gőzölés. A pihentetés az elem hőfokcsökkenésének kezdetéig tart. A gőzölési nyomás ált. 12–16 atm a gőzölési idő 4–8 ó, a nyomásnövelés, ill. a hűtés ideje 1–3 ó. A szilikátbeton térfogatsúlya 1,5–2,1 t/m^3 , nyomószilárdsága 150–1500 kp/cm^2 . Nem helyettesítő anyag, komoly jövő előtt áll.

A vállalati gazdálkodás eredményessége, a termelékenység emelése
és az önköltség csökkentése szempontjából alapvető fontosságú
az anyagmozgatás és csomagolás fejlesztése

A különböző ágazatok sokrétű igényeinek megfelelő

legfrissebb szakmai információkat

szolgáltatja e téren a MTESZ Központi Anyagmozgatási Bizottsága
és az Anyagmozgatási és Csomagolási Intézet közös gondozásában megjelenő
műszaki-gazdasági folyóirat, az

Anyagmozgatás — Csomagolás

Nélkülözhetetlen minden érdekelt gazdálkodó szerv számára!

Megjelenik kéthavonta, 48 oldal terjedelemben

Előfizetési ára:	fél évre	30,— Ft
	egy évre	60,— Ft
	egy példány ára	10,— Ft

Előfizethető a Posta Központi Hírlap Iroda 61066 közületi csekkszámlán vagy átutalható
az MNB 8. egyszámlájára