

ÉPÍTŐANYAG



**CEMENT, MÉSZ
TÉGLA, KERÁMIA
ÜVEG ÉS KŐIPAR**

2. SZÁM

AZ ÉPÍTŐANYAGIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

A mész- és cementipar,
az üvegipar, a finom-
kerámia-, a téglá-, cserép-
és kőbányaipar tudományos
szakirodalmi folyóirata

Felelős szerkesztő:

Egyed Zoltán

★

Főszerkesztő:

Dr. Korányi György

★

Szerkesztőségi titkár:

Hinsenkamp Alfréd

★

Szerkesztőbizottság:

Bereczky Endre

Beke Béla

Erdély Imre

Grofcsik János

dr. Knapp Oszkár

dr. Lehmann Edit

Mayer Károly

Németh Béla

★

Szerkesztőség:

Budapest, V., Honvéd-u. 22.

II. lépcső I. emelet 4.

Telefon: 124-438

★

Felelős kiadó:

az É. M. Építőipari

Könyv- és Lapkiadóvállalat

igazgatója

★

Kiadóhivatal:

V., Kossuth Lajos-utca 17.

Telefon: 384-324

TARTALOM

	Old.
Magyar-Szovjet Barátsági Hónap	41
<i>Dr. Predmerszky Tibor</i> : Az építőanyagipar egészségügye	42
<i>Makoldi Mihály</i> : Forgókemencék hőfolyamatainak vizsgálata	46
<i>Sövegjártó János</i> : Tűzálló téglák magas hőmérsékleti szilárdsági viselkedése és korróziója	55
Kérdés-felelet	63
<i>Lázár Jenő</i> : Beszámoló zúzógépekkel végzett vizsgálatok eredmé- nyeiről	64
A Magyar Tudományos Akadémia Építőipari Főbizottságának mun- kájából	76

СОДЕРЖАНИЕ:

	сторона
Месяц Советской-Венгерской дружбы.	41
<i>Предмерский Тибор</i> : Здоровохранение в промышленности строи- тельных материалов	42
<i>Маколди Михай</i> : Исследования термических процессов в враща- ющихся печах	46
<i>Шювеярто Янош</i> : Прочность и коррозия огнеупорных, кирпи- чей при высоких температурах	55
Вопрос—ответ	63
<i>Лазар Енё</i> : Доклад о результатах испытаний, проведенных дро- бильными машинами	64
Из работ главной комиссии академии наук Венгрии по строительной промышленности	76

CONTENU:

	Nos. Pages
Mois de l'Amitié Hungaro-Soviétique	41
<i>Dr. Tibor Predmerszky</i> : Les problèmes sanitaires de l'industrie des matériaux de construction	42
<i>Mihály Makoldi</i> : Examen des processus thermiques des fours rotatifs <i>János Sövegjártó</i> : Résistance et corrosion des briques réfractaires à des température élevées	46
Questions-réponses	55
<i>Jenő Lázár</i> : Compte rendu des recherches effectuées avec des broyeuses	63
Compte rendu du travail du Comité pour l'Industrie du Bâtiment de l'Académie Hongroise des Sciences	64
	76



Címlapon: Keramit burkolólap válogatása

ÉPÍTŐANYAG

6. ÉVFOLYAM 2. SZÁM

Magyar-Szovjet Barátsági Hónap

A Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetségébe tömörült tudományos egyesületek így az Építőanyagipari Tudományos Egyesület is, ez évben ismét megrendezi a Magyar-Szovjet Barátsági Hónapot 1954 február 18 és április 4 között.

Az eddigi évek tapasztalatai szerint az egyesületi tevékenység a barátsági hónapok alatt nagy lendületet vett és az építőanyagipar műszaki értelmisége szívesen vett részt ilyen megmozdulásokban. Elmult évben például az ipar vezetőszerveivel együttesen rendezett előadások, tapasztalateserék és ankétok jelentős mértékben előrelendítették a szovjet élenjáró tapasztalatok átvételét pl. a téglá- és cserépipar, üvegipar és más iparágak terén.

Az új kormányprogram és Pártunk Központi Vezetőségének 1953 október 31-i határozata a főfeladatok közé sorolja azt, hogy „...meg kell javítani a termékek minőségét, mind a könnyű- és élelmiszeriparban, mind az egyéb iparágakban és az építkezéseken.” Ennek a feladatnak minél sikeresebb megvalósítása érdekében Egyesületünk elnöksége úgy döntött, hogy az 1954. évi barátsági hónap alkalmával a minőség kérdését tekinti legdöntőbbnek és csatlakozik a „termékek jobb minőségéért” indított mozgalomhoz.

A rendkívül értékes és pótolhatatlan szovjet tapasztalatok alkalmazásán és széleskörű elterjesztésén kívül ez évben a hazai minőségjavítási kezdeményezéseket és mozgalmakat is fel kell karolnia műszaki értelmiségünknek. Különösen fontos ez olyan iparágak és termelési ágazatok terén, melyek a szocializmus építésének új szakasza szempontjából hatalmas jelentőségre tettek szert, illetőleg melyeknek nagy jelentőségére Pártunk és Kormányunk új programja hívta fel a figyelmet.

A mezőgazdaságnak megfelelő mennyiségű és különösen minőségű építőanyaggal való ellátása tág teret nyújt az alkotó kezdeményezéseknek. A mezőgazdaságban leginkább használt építőanyagoknak, a téglának és mésznek minőségjavítása rendkívül sok problémát jelent a műszakiak számára, melyekhez a szovjet tapasztalatok értékes segítséget nyújtanak. A téglaiipar műszaki vezetői nemrég a Szovjetunióban jártak és értékes tapasztalataikat éppen a barátsági hónap keretén belül nyújtják át a vidéki téglaiipari szakembereknek.

Az építőanyagipar termelési profiljához szorosan hozzátartozó üveg- és kerámiai edénygyártás, valamint díszműáru gyártás eddig nem részesült kellő segítségben Egyesületünk részéről. A barátsági hónap keretén belül a díszmű- és edényáruk minőségi kérdéseit alaposan megvizsgáljuk. Az üveg- és kerámiai iparban dolgozó műszaki értelmiségiek a szovjet tapasztalatok átvétele és saját kezdeményezéseik kiszélesítése terén nagy segítséget nyújthatnak a minőségi mozgalom kifejlődésének.

A Magyar-Szovjet Barátság Hónapja előkészítésében és megrendezésében ez évben sokkal jobban kívánunk támaszkodni az egyes üzemek pártszervezeteinek, szakszervezeti bizottságainak és MSZT szervezeteinek segítségére, melyek már a múltban is sokhelyütt nagy segítséget nyújtottak. Ez alkalommal különösen a pártszervezetek segítségét fokozott mértékben igényeljük.

A Magyar-Szovjet Barátság Hónapja sikeres lebonyolítása segítséget nyújt a műszaki értelmiség munkájához és előrelendíti az ipar, a termelés és a minőség ügyét.

Az építőanyagipar egészségügye

DR. PREDMERSZKY TIBOR

Az építőanyagipar számos foglalkozási ágat ölel fel, így az egészségi ártalom kérdését is célszerű az egyes üzemfajták szerint megbeszélni. A kőbányák, a kő- és ásványfeldolgozás, a porcelán- és kőedény-, a cement- és cementáru-, téglá- és üvegyártás egészségügye azonban minden szakmai jellegzetesség mellett számos közös munkaegészségügyi kérdést is felvet, így az egyes gyártási ágak részletesebb tárgyalása előtt a közös ártalmakat külön ismertetjük.

Az építőanyagipar munkahelyein általánosságban három egészségi ártalommal lehet számolni: az első az ipari por, mely különböző formában csaknem valamennyi gyártási ág munkafolyamatait jellemzi, a második az ipari mikroklíma, míg a harmadik egészségi ártalmat az ipari mérgezések, illetve bőrártalmak jelentik.

Porártalom

Az építőanyagiparban levegőszennyeződést okozó porokat az egészségre kifejtett hatás alapján négy csoportba oszthatjuk:

az első csoportba tartozó porok általános mérgezést válthatnak ki (pl. ólom, arzén);

a második csoportba azok a porok tartoznak, amelyek magas kavasvartalmuknál fogva a tüdőben kötőszövetes csomóképződést váltanak ki (homok, kvarc, samott stb.);

a harmadik csoportba tartozók a bőrön, nyálkahártyán váltanak ki izgató hatást (pl. kromátok);

a negyedik csoportba azok a porok tartoznak, amelyeknek belégzése nyomán az általános nyálkahártyaizgató hatáson túlmenő következmény nem lép fel.

A porok egészségi hatását nemcsak az anyaga, hanem a levegőszennyeződés mértéke és az ártalmat jelentő porszemcsék nagysága is megszabja. Az egészségügyi előírások ólomtartalmú por esetén $0,01 \text{ mg/m}^3$, arzénpor esetén $0,3 \text{ mg/m}^3$, tiszta kavasvartalmú por esetén 1 mg/m^3 , 50%-nál kevesebb kavasvat tartalmazó pornál pedig 2 mg/m^3 levegőszennyeződést engednek meg. Azoknál a poroknál, amelyek a felsorolás negyedik csoportjába esnek, a megengedhető határ 10 mg/m^3 . A szemcseszám szerinti por-meghatározás értékeléséhez kavasvartalmú poroknál 200 szemese/cm^3 , kavasvmentes és nem mérgező poroknál pedig $1000 \text{ szemese/cm}^3$ a megengedett határérték. A bőrizgató hatású poroknál az egészségkárosodás nem a levegő porszennyeződésének függvénye, mert ilyen esetben a bőrártalom rendszerint közvetlen érintkezésből ered.

A szemcsenagyság a belégzett por kórokozó hatását nagymértékben befolyásolja. A tüdő légutai egyre csökkenő átmérőjűek; a légeserét lefolytató léghólyagocskákhoz vezető légesövecskék átmérője már csak 10 mikron körül van. Ennek megfelelően csak azok a levegőben lebegő porok tudnak a tüdő legmélyebb részébe bekerülni, amelyek ennél a nagyságnál kisebbek.

A szervezet a belégzett porral szemben nem védtelen. A szájon vagy orron át belégzett levegő a gégen keresztül a légesőbe, majd onnan a tüdő mélyebb járataiba jut. Porlekötés szempontjából nagy jelentősége van az orron át való légzésnek. Az orr a belégzett levegőre jelentős szűrőhatást fejt ki, a durva porszemeket az orrnyílás szőrőszálai szűri meg, a kisebb porszemek pedig a nyálkahártyával bevont kanyarulatot csatornák falára tapadnak. Ezeknek a nedvesfalú járatoknak igen nagy a porlekötő képessége; így egészséges ember orra a beszívott por 50—80%-át visszatartja. A légeső és a hörgők porvédelmét a csillószőrös hámsejtek látják el. A csillók kifelé irányuló heves mozgása a rájuk kerülő korom- vagy porszemcséket a mélyebb hörgőkbe a felsőbb légutakba juttatják, ahonnan köhögés vagy tüszentes távolítja el azokat. Ha a levegő porszennyezettsége nagyfokú és a nyálkahártyák olymértékben kerülnek porral érintkezésbe, hogy azokat már lekötni, illetve eltávolítani nem képesek, úgy gyulladási jelenségek, a légutak heveny vagy idült hurutja lépnek fel.

A fenti csoportosításban első helyre azok a porok kerültek, amelyeknek káros hatása az egész szervezetre kiterjedő mérgezésben nyilvánul meg. Az építőanyagiparban több helyen használnak ólomvegyületeket. Részben színes tárgyak festésénél, részben a porcelán- és kerámiatárgyak mázainak előállításánál, továbbá üvegyártásnál lehet az ólommérgezés veszélyével számolni. Ezen a helyeken az ólomtartalmú por őrlése, keverése, a máz vagy üveg nyersanyagának előkészítése, a kemence adagolása során a levegő ólomporral nagymértékben szennyeződhet. A mérgezés vagy az ólomtartalmú por lenyelése útján lép fel, vagy pedig a belégzés alkalmával tüdőbe kerülő portól ered. Az ólom egészségre káros hatása a vörösvértestek számának csökkenésében, a megzavart vérképzésben, emésztő- és idegrendszeri panaszokban nyilvánul meg. Az ellene való védekezés többirányú. Mindazokon a helyeken, ahol technológiai szempontból ez megvalósítható, törekedni kell az ólomtartalmú por kiküszöbölésére. A nagyfokú porképződéssel járó munkahelyeken a por lekötését nedves úton kell megkísérelni,

vagy ha ez a gyártásmenet szempontjából nem biztosítható, úgy jólműködő helyi porelszívókat kell felszerelni. Ólomtartalmú nyersanyag adagolásánál, keverésénél zárt berendezéssel kell biztosítani, hogy a levegőbe ólomtartalmú por ne kerüljön. Az ólom egészségkárosító hatását nem egyik pillanatról a másikra fejt ki, így megfelelő laboratóriumi módszerekkel az ólommérgezés már akkor is kimutatható, amikor a dolgozó magát még teljesen egészségesnek érzi. Ez a körülmény alapja az időszakos orvosi vizsgálatnak. Azok, akik mérgezés veszélyének vannak kitéve, rendszeresen — 3—6 havonként — megfelelő orvosi vizsgálatra kerülnek. Amennyiben súlyosabb ólomfelszívódás állapítható meg, úgy az ólom szervezethez való kiürülésének idejére, illetve a gyógykezelés időtartamára, más — ólommentes — munkahelyre osztják be a dolgozót. A rendszeresen végzett orvosi vizsgálat és az idejében végrehajtott munkahelyváltoztatás alkalmas arra, hogy a mérgezés kifejlődését megakadályozzuk és munkából való kiesés nélkül a dolgozó egészségét megvédjük.

Az üvegyártás során arzéntartalmú anyagok is felhasználásra kerülnek. Az arzénsók mérgező hatásúak, ezért a levegő porszennyeződését a fentebb ismertetett módokon meg kell akadályozni. Arzénporral rendszeresen dolgozók számára ugyancsak szükséges az időszakos orvosi vizsgálat megszervezése.

A porok második csoportját azok alkotják, amelyek szabad kovásvat tartalmaznak. A rendszeres orvosi vizsgálatok alkalmával megállapítható volt, hogy mindazokon a helyeken, ahol homokkal, kvarccal, samottal állandóan dolgoznak és a levegő porral nagymértékben szennyeződik, egyes dolgozóknál 5—10 évi munka után röntgenátvilágítással kimutatható tüdőelváltozás lép fel. A röntgenkép a tüdőben göbképződést mutat. A göbök nagysága a munkában töltött időnek megfelelően egyre nagyobb. A dolgozók fulladás-érzésről, köhögésről panaszkodnak. Az így létrejövő kórkép — a szilikózis — komoly figyelmet érdemel, mert egyelőre az orvostudomány nem ismer olyan gyógykezelést, amely a kifejlődött elváltozásokat képes lenne visszafejleszteni. A röntgenvizsgáló módszerek tökéletesedésével sikerült a szilikózis korai stádiumát kimutatni, így mód nyílik arra, hogy az érintett dolgozót idejében kiemeljék az egészségére ártalmas munkakörből, megakadályozva ezzel a betegség további kifejlődését. A veszélynek kitétt dolgozókat évenként ellenőrző tüdőrontgenvizsgálatnak vetik alá, így a szilikózis kifejlődése megelőzhető.

A tudományos kutatás már régebb idő óta igyekszik a szilikózis ellenszerét megtalálni és elsősorban az alumíniumpor belélegeztetésével kapcsolatosan olvashatunk számos kísérletről. Több szerző az alumíniumpor belélegeztetésétől jó hatást vélt látni, azonban nagyszámú olyan kísérletről is olvashatunk, ahol az alumíniumpor belélegeztetésének káros volta volt kimutatható. Ennek alapján ma már általában csak fenntartással tekintik az alumíniumpor belélegeztetést alkalmasnak a szilikózis megelőzésére és azokon a helyeken,

ahol ilyen irányú kísérletek folynak, a kérdést nagy óvatossággal kezelik.

A szilikózis gyógykezelésének bizonytalan volta fokozottan szükségessé teszi a porelhárítást. Ma a szilikózis megelőzésének teljesen hatásos módját a szabad kovásvat tartalmú anyagok mellőzésében, vagy ezen anyagok porának tökéletes lekötésében, illetve elszívásában látjuk.

Egyes porokat a bőrizgató hatás jellemez. A cementporban előforduló kromátok túlrézkénységet válthatnak ki egyes dolgozóknál. A porral való érintkezés bőrkiütéseket okoz. A veszélynek kitétt és túlrézkénységet mutató dolgozóknál a bőr védelméről kell gondoskodni, illetve nagyfokú túlrézkénységnél munkahelyváltoztatás lehet szükséges.

Az építőanyagipar a felsoroltakon kívül nagyszámú további olyan nyersanyagot is felhasznál, amelynek pora munkaközben a levegőt nagymértékben szennyezi. Már a bevezetőben említettük, hogy egészségi szempontból semmiféle port nem tartunk kívánatosnak. Így bármiféle anyagtól is eredjen a porképződés, mindenképpen törekedni kell annak leküzdésére. Egészségi szempontból az a megoldás a legjobb, melynél a gépi berendezés teljesen zárt és a porelhárítás a gép üzemeltetésével szervesen összefügg. Számos helyen ez a kívánatos megoldás még nem valósult meg, így a gépekre utólag szerelik fel a porelhárító berendezéseket. Ezeknek nagy hibája, hogy használatuk bizonyos mértékig a dolgozók tetszésére van bízva és a gépről könnyen eltávolíthatók. Ilyenkor legtöbbször a szigorúan végrehajtott ellenőrzés biztosíthatja csak a porelhárító berendezések hatáson működését.

Egyes munkahelyeken a technika mai fejlettsége mellett sem valósítható meg a tökéletes porelhárítás, így a dolgozók egyéni porvédő eszközök, porálarok viselésére kényszerülnek. A porszűrő álarc (respirátor) az orrot, száját fedi, a belégett levegő szűrésére megfelelő szűrőbetét szolgál, a kilégett levegő kivezetését pedig külön szelep biztosítja. Szűrőbetét céljaira általában vattát, szűrőpapírt, préselt tollat használnak fel, azonban leghatásosabb a különleges eljárással készült ún. kolloid szűrő. A porszűrő álarc nem tekinthető teljesértékű porelhárítási módnak, mivel huzamosabb ideig nehéz testi munka nem végezhető viselésük közben. Egyhelyben végzett könnyű testi munkánál kellő hozzászokás után a dolgozó több órán át is viseli a respirátort, míg nehéz testi munka végzésekor 25—30 perc után általában leteszi az álarcot.

Ipari mikroklíma

Az építőanyaggyártás munkafolyamataira jellemző, hogy a dolgozót környező mikroklíma a szokásos ipari munkahelyekétől eltér. Mikroklíma alatt a dolgozót közvetlenül körülvevő levegő hőmérsékletének, páratartalmának és áramlási sebességének összhatását értjük, amelyhez még a környező testektől eredő hőszugárzás is járul. Mindezek az emberi szervezet hőszabályozását befolyásolják,

így a dolgozók közérzetére és munkavégző képességére jelentős hatást gyakorolnak.

A kő-, kavics-, agyagbányákban a külső időjárás szabja meg a munkahelyek klímakörülményeit. Nyári időben a körülzárt munkahelyeken akadályozott a légáramlás, így a bánya levegője felmelegszik. A napsugárzás közvetlen hatásán kívül a bánya faláról visszavert sugárhatással, valamint a felmelegedett köztől eredő hősugárzással is számolnunk kell. Ősszel és télen az eső és hóesés, a csapadék elvezetése, továbbá a hideg levegő áramlása jellemzik a munkahelyet klimatikus szempontból. A bányákon kívül is tekintetbe kell venni a külső időjárás alakulását azokon a gyártelepeken, ahol a technológiai folyamat — pl. nyersanyagok előkészítése — a szabadban, vagy féligfedett helyen zajlik le, vagy pedig ahol a féligkész, vagy készárut hasonló módon tárolják, pl. téglagyárakban.

Zárt munkahelyeken különböző klímafeltételeket találhatunk. Egyes üzemekben, pl. cementgyárakban a munka nedves körülmények között folyik, mely különösen téli időszakban kellemetlen. A porcelán- és kőedény-, valamint téglagyártás egyes munkahelyein a nedves nyersanyagtól eredően a levegő erősen párás. Legtöbbször ezekhez a munkahelyekhez közel találjuk a kemencéket, így végső fokon meleg, párás munkaklíma alakul ki. A kemence melletti munkahelyeket, illetve a kemencékbe való rakodást a magas levegőhőmérséklet és a környezetből eredő sugárzó hőhatás jellemzi.

Az ipari mikroklíma hatásának ismeretéhez szükséges, hogy az emberi szervezet hőszabályozásával foglalkozzunk. A szervezet életműködései 37°C belső hőmérséklet mellett folynak, így ennek fenntartása elsődrendű fontosságú. A 37° -os hőmérséklet egy egyensúlyi helyzet következménye, melynek összetevői a hőfelvétel és hőleadás. Az étkezések során felvett tápanyagok elégetése nagymennyiségű kalóriát biztosít a szervezet számára, hő fejlődik munkavégzés közben is, de melegüzemekben ezeken túlmenően számolni kell a környezettől eredő, vezetés és sugárzás útján való hőfelvétellel is. A hőleadás a környezet felé vezetéssel és sugárzással történik abban az esetben, ha a levegő, illetve a környező tárgyak hőmérséklete alacsonyabb a bőr hőmérsékleténél ($30\text{—}35^{\circ}\text{C}$). Ha a levegő, illetve a környező tárgyak hőmérséklete a bőrhőmérsékletéhez közel esik, úgy mind vezetés, mind sugárzás útján a hőleadás akadályozott. Ilyen esetben csak a verejték elpárolgása jelent hőelvonást. 1 g verejték elpárolgása kb. 580 kiskalória hővesztést jelent a szervezetnek, így a párolgás a szervezet hőleadásának egyik leg hatékonyabb tényezője. A szokásos környezeti feltételek mellett a hőleadás 40%-a sugárzás, 30—30%-a vezetés, illetve párolgás útján történik. Nedves környezetben a párolgás akadályozott, így a hőleadás sugárzásos és vezetéses módját kell biztosítani. Ez gyakorlati szempontból azt jelenti, hogy azokon a munkahelyeken, ahol a levegő magas páratartalmú, ott a levegő hőmérséklete soha ne érjen el olyan magas hőfokot, mint száraz helyen. Egészségi szempontból a következő elő-

írást kell szem előtt tartani: $22\text{—}24^{\circ}$ levegőhőmérsékletnél 75—80%, $25\text{—}26^{\circ}$ -nál 65—70%, $27\text{—}28^{\circ}$ -nál 55—60%, $29\text{—}30^{\circ}$ -nál 50—55% relatív nedvesség engedhető meg. Meleglevegőjű munkahelyen a vezetéses hőleadás háttérbe szorul, sőt a bőr hőmérsékleténél magasabb hőfokú helyen a szervezet hőt vesz fel. Ilyenkor rendszerint a sugárzásos hőleadás is akadályozott, tehát csakis párolgás révén ad le hőt a szervezet. Kemencék közelében, valamint kihűlő tárgyak mellett sugárzásos hőfelvétel lép előtérbe. A melegüzemekben gyakran észlelhető igen nagymértékű izzadás elsősorban a sugárzó hőhatásra vezethető vissza. Az izzadás oka az elmondottakból megérthető, célja: nagymennyiségű verejték elpárolgatatása révén a szervezet által termelt és a sugárzás által felvett hő leadása. Melegüzemekben folytatott vizsgálatok alapján megállapítható, hogy különösen meleg munkahelyeken a dolgozók verejtékvesztése 1 litert is elér óránként. A verejtkezés során a dolgozó jelentős mennyiségű konyhasót is veszít, ezért ezeken a munkahelyeken védőitalként 0,5%-os konyhasós víz áll rendelkezésre.

A szervezet hőszabályozása az idegrendszer által szabályozott élettani folyamat, amely meglehetősen tág határok között biztosítja az ember alkalmazkodását a környezethez. Ennek tulajdonítható, hogy a szokásostól lényegesen eltérő munkakörülmények között is sokáig fennmarad a dolgozók egészsége. A hőszabályozás azonban csak bizonyos határig képes a szervezet hőegyensúlyát fenntartani. Azon túl az ipari mikroklíma már közvetlen egészségi veszélyt jelent a dolgozóra.

A mikroklíma befolyásolása elsősorban műszaki kérdés. Mindazonok a helyeken, ahol ennek lehetősége fennáll, a dolgozókat hatásosan védeni kell a külső időjárás befolyásától. Nedves munkahelyeken jó csatornázással biztosítani kell a víz elvezetését és ezzel kell megakadályozni, hogy felesleges módon a dolgozók vízben álljanak. Azokat a dolgozókat, akik rendszeresen kerülnek vízzel érintkezésbe, gumikesztyűvel, gumieszizmával, gumiköténnyel kell ellátni. Nedves munkahelyek levegőhőmérsékletére különösen ügyelni kell. A 10° körüli, vagy annál alacsonyabb levegőhőmérséklet nedves környezetben a nyirkosság kellemetlen érzését váltja ki. Magasabb levegőhőmérséklet esetén (25° felett) ugyanott a dolgozóknál fülledtség érzése lép fel. Ebből következik, hogy télen ezeket a munkahelyeket megfelelően fűteni kell, míg nyáron kielégítő szellőztetésükről kell gondoskodni.

Az új n. melegmunkahelyeken legtöbbször a magas levegőhőmérséklet és sugárzó hőhatás együtt váltja ki a hőség érzését. Az erre irányuló műszaki elhárítás terén gyakran észlelhetünk hiányosságokat. Sajnos, sok helyen nem használják fel a kemencék által keltett, felfelé irányuló meleg levegő áramlását a megszervezett természetes szellőztetés biztosítására. Gyakori az alacsony tetőszerkezet, és a tetőablakok sok helyen nem nyithatók. Az újabb melegüzemi építkezések tapasztalatai alapján bebizonyult, hogy az épület megfelelő kiképzésével, csupán a természetes szellőztetés szakszerű megszervezése révén, az egészség-

segi szempontból kívánatos levegőhőmérséklet jelentősen biztosítható.

Melegüzemekben a hőszigetelés másik forrása a hőszugárzás. Ez ellen a védekezés elsősorban szigetelés kérdése. Ha a kemencék fala megfelelően szigetelt, úgy a hőszugárzás nagymértékben csökkent. Nyomatékosan fel kell hívni a figyelmet a kihűlő anyagoktól eredő hőszugárzásra is; legtöbb üzemben a kihűlő anyagok elhelyezésénél erre nincsenek tekintettel: minden számításba-jöhető helyre kemencékből kikerülő anyagot raktároznak, így a minden irányból jövő intenzív hőszugárzás a dolgozóknál gyakran vált ki egészségi panaszt.

A sugárzó hő elhárításának további módja a hőforrás ernyőzése. Építőanyagipari üzemekben ezzel a műszaki megoldással aránylag ritkán találkozunk. Nehézipari melegüzemekben a kemencék adagolónyílásainál vízfüggöny alkalmazásával folynak kísérletek annak biztosítására, hogy folyamatos adagolás mellett is a dolgozók mind a hőszugárzástól, mind az erős fénytől védve legyenek. A hőszugárzás elleni védelem céljából egyes helyeken alumíniumvédőfalakat helyeznek el, mivel az alumíniumburkolat az infravörös sugarakat csaknem teljes mértékben visszaveri. Legújabbban alumíniumból készült munkaruhával folynak kísérletek.

A sugárzó hő elleni védekezés leggyakoribb módja a szellőztetés fokozása. A fokozott légáramlás elősegíti a vezetésszerű és párologtató hőleadást, és ezáltal mintegy ellensúlyozza a sugárzás útján való hőfelvételt. Legkorszerűbb megoldás a légáramlás fokozására a légzuhany. A légzuhany nem egyszerű ventilátor. Működése nem a munkahely levegőjének keverését jelenti csupán, hanem vagy külső friss levegő bevezetése, vagy a belső levegő vízporlasztással való hűtése révén megfelelő hőmérsékletű és áramlási sebességű levegőt biztosít a munkatérben.

Az építőanyagipari munkafolyamatok nagy mértékben befolyásolják a munkahelyek mikroklímáját, így az elmondottakból következik, hogy új gyárak létesítésénél, régiak átalakításánál, sőt újabb munkafolyamatok bevezetésénél is a termelés várható hatását a munkaklíma kialakulására tekintetbe kell venni.

A levegő gázszennyeződése

Az építőanyaggyártás jellegzetes munkafolyamata a megfelelően kialakított nyersanyag szárítása vagy égetése. A kemencék fűtőanyaga elektromos áram, generátorgáz, vagy szénpor közvetlen elégetése. Az elektromos fűtéstől eltekintve a kemencék körüli munkáknál állandó egészségügyi panasz forrása a fűtőanyag elégéséből eredő szénmonoxidgáz. Sokszor, ha a szén kénnel szennyezett, emellett még kellemetlen szagú kéndioxidgáz is kerülhet a levegőbe. A gázártalom egészségi szempontból való megítélésénél kétfajta hatással kell számolni. A gáz tömény állapotban való belégzése azonnali súlyos mérgezést válthat ki, míg

kisebbségi mennyisége a levegőben — rendszeresen végzett munka esetén — idült gázmérgezés kifejlődéséhez vezethet. Heveny gázmérgezés veszélyével általában csak kevés helyen kell számolni. Így pl. tégláégető körkemencék szénporadagoló szintjén gyakori a gázbántalom abban az esetben, ha az adagolóter szellőztetése nem megfelelő. Idült szénmonoxidmérgezés veszélyével mindazonokon a helyeken számolni kell, ahol a dolgozók kisebb-nagyobb mértékben, de rendszeresen vannak gázártalomnak kitéve.

A szénmonoxid színtelen, szagtalan gáz, melynek jelenléte éppen ezért érzékszerveink által nem mutatható ki. A gáz jelenlétére legtöbbször az utal, hogy az ott tartózkodóknál heves fejfájás lép fel. A szénmonoxid mérgező hatását azáltal fejti ki, hogy a vérfestékhez (haemoglobin) az oxigénnél 250—300-szor erősebben kötődik, így már aránylag kis levegőkoncentráció esetén is a vérfesték szénmonoxiddal telítődik. Egészségi szempontból 20 mg/m³ szénmonoxid engedhető meg a munkahely levegőjében. Ennél magasabb koncentráció esetén a vér szénmonoxiddal fokozatosan telítődik. Ha a vérfesték 10%-a telítődött szénmonoxiddal, úgy a legtöbb embernél még nem lép fel egészségi panasz; ilyen mértékű telítődés erős dohányosoknál is előfordul. 20%-os telítődésnél már jellegzetes tarkótáji fájdalom, szédülés, rossz közérzet lép fel. A vérfesték szénmonoxid-tartalmának további emelkedésével a közérzet egyre rosszabbá válik és 60—70%-os telítődésnél az öntudat elvész.

A gázártalom elleni védekezés elsősorban szellőztetés kérdése, ezért minden egyes munkahelyen, illetve a munkafolyamatok megszervezésénél figyelemmel kell arra lenni, hogy a dolgozó még kis mértékű szénmonoxidhatásnak se legyen kitéve. Ha valamely munkahelyen állandó a fejfájásos, szédülésszerű panasz és ez a kemencék fűtőanyagából eredő gáz hatására vezethető vissza, úgy semmiképpen sem szabad ebbe belenyugodni, hanem a kemencék helyes üzemeltetésével, valamint a szellőztetés hatásos megszervezésével az ártalom felépését meg kell akadályozni.

A kéndioxid egészségi szempontból az ingerlő hatású gázok közé tartozik. Jellegzetes szaga már korán elárulja jelenlétét a levegőben, így a dolgozókat védekezésre készíti. Erős ingerlő hatása miatt általában ritkán észlelhetünk kéndioxidmérgezést, ugyanis a dolgozók az egészségre ártalmas levegőkoncentráció elérése előtt már a helyiség elhagyására kényszerülnek. A vele kapcsolatosan fellépő egészségi panaszok egy részéért a vele együtt jelenlévő, de nem érzékelhető szénmonoxidgáz felelős.

Röviden ismertettük az építőanyagipar legfontosabb egészségügyi ártalmait. A különböző foglalkozási ágak munkaegészségügyi kérdései elsősorban ezekből tevődnek össze. Az általános szempontokon túlmenően azonban minden egyes gyártási ágnak sajátos munkafeltételei vannak, amelyek a dolgozó egészségére sem közömbösek. Ezekkel részletesen később foglalkozunk.

Forgókemencék hőfolyamatainak vizsgálata

MAKOLDI MIHÁLY*

1. A HŐKI vizsgálatainak célja

A cementipari igazgatóság felkérésére a Hőtechnikai Kutatóintézet 1951—52-ben négy hazai cementgyárban 14 forgókemencén hőmérték megállapítása céljából méréseket végzett. A munkát nagymértékben megkönnyítette a cementgyárak műszaki vezetőinek és műszaki dolgozóinak megértő, hathatós segítsége.

A vizsgálatokat rendes üzemi körülmények között végeztük és semmiféle különleges üzembeállítás nem előzte meg. A mérések tehát nem ú. n. parádés mérések, hanem átlagos üzemviszonyokat rögzítenek. Csak arra törekedtünk, hogy állandósult állapotban mérjünk, azaz a mérés ne essék a kemence felfűtési, vagy jelentős terhelésváltoztatási időszakára. A méréseket úgy szerveztük meg, hogy ne zavarják az üzem rendes menetét. A mérések minden esetben 24 órás üzemidőt öleltek fel, tehát három egymást követő műszakot. Igen nagy gondot fordítottunk a szépminnyiség, az iszapminnyiség és a klinkerminnyiség megállapítására. Méréstechnikai tekintetben igyekeztünk az adott körülmények között a legnagyobb pontosságra. Az elért pontosság a gyakorlati igényeket kielégítette ugyan, de a jövőben egyes rész-kérdések kutatási munkálatainál lényegesen nagyobb pontosságot kell elérnünk.

A mérésekről szóló részletes beszámolóinkban ismertettük az összes méréstechnikai módszereket és a mért eredményeket is. Most ezekre nem térek ki.

A vizsgálatok eredeti célja csak a hőmérlegek megállapítása volt. A cementipari igazgatóság a hőmérlegekből teljesítményi és üzemviteli következtetéseket kívánt levonni. A mérési eredmények tudomásom szerint ennek a célnak meg is feleltek és a hőmérlegeket gyakorlati kiértékelésekhez fel is használták.

Időközben azáltal változott a helyzet, hogy szóba került a forgókemencék hazai tervezése. A tervezéshez szükség volt a hazai kemencék hőmérlegein kívül a kemencék egyéb hőtechnikai adottságainak az ismeretére is. Főként ismerni kellett a kemencékben végbemenő hőfolyamatok lefolyásának menetét. Ez azt jelenti, hogy kívánatos volt meghatározni a kemencében lejátszódó technológiai folyamat egyes szakaszainak valószínű hosszúságát a kemence hossza mentén. A mérések ezekre a kérdésekre közvetlen választ nem adtak, mert a kemencék belső vizsgálata

méréstechnikai nehézségek miatt nem volt megoldható. A kemencéken nem álltak rendelkezésre megfelelő nyílások, azok elkészítése pedig a kemencék termelésének időleges kiesésével járt volna.

A tervezéshez szükséges adatokat konkrét mért értékek hiányában elméleti megfontolások alapján elvégzett számításokkal igyekeztünk pótolni. Reméljük, hogy ez a törekvésünk nem volt sikertelen. Számításainkhoz az elvégzett mérések megbízható alapot nyújtottak.

2. A hőmérlegek

A megmért 14 nedves eljárással dolgozó kemence 1 kg klinkerre kiszámított hőmérlegei a következő tételekből állnak:

- az égetés hőszükséglete,
- a vízelgőzítés hőszükséglete,
- a hűtőből kilépő klinker hőtartalma,
- a füstgázvesztesség: érezhető hő, elégtelen gázvesztesség,
- köpenyvesztesség: sugárzás és hővesztesség a környezetben,
- maradéktag.

1 kg klinker termelésének hőszükséglete: a fentiek összege.

A hőhasznosító kazánban gőztermelésre fordított hő.

A klinkertermelésre fordított hő a gőztermelésre felhasznált hő levonásával.

a) az égetés hőszükséglete hazai viszonylatban nem mutat túlságosan nagy eltéréseket, amennyiben értéke 423 és 475 kcal/kg klinker között változik, a feldolgozott iszap CaCO_3 tartalmától függően.

b) A vízelgőzítés hőszükséglete már sokkal eltérőbb, 435—629 kcal/kg klinker. A kiugróan magas érték csak egyik üzemben volt tapasztalható, ahol a kemencék hőhasznosító kazánal dolgoznak és iszapszűke idején a gőztermelés biztosítása miatt néha kénytelenek az iszapot hígítani.

c) A hűtőből kilépő klinker érezhető hőtartalmának értéke, mely 11—42 kcal között változik, viszonylag igen kedvező.

d) A füstgázvesztesség mutatja a legnagyobb kilengéseket: 380 és 1770 kcal/kg klinker között. Ez az érték a használt szén minőségének csökkenésével és az iszap víztartalmának növekedésével rohamosan nő.

Az elégtelen-gáz veszteség jelentéktelen.

e) A kemencék külső felületi vesztesége, mely 255—560 kcal/kg klinker között változik, általában a rövid kemencéknél nő meg tetemesen, mert

* A Magyar Tudományos Akadémia Kötőanyagipari Szakbizottsága előtt 1953 XI. 17-én elhangzott előadás.

ezen belső hőmérsékletének átlagértéke lényegesen magasabb a hosszú kemencékénél és hőkihasználásuk rosszabb.

1 kg klinker termelésének hőszükségletét a hazai kemencék között összevetve, legkisebb hőfelhasználással dolgozik az ipar két leghosszabb kemenceegysége. A rövidebb kemencék hosszúságukkal fordított arányban álló fajlagos hőfelhasználást mutatnak. Meglepően nagy a hőhasznosító kazánnal kapcsolt kemencék nagy fajlagos hőszükséglete, ami egyrészt az ott használt iszap nagyobb nedvességtartalmára, másrészt a kemencék erőltetett üzemvitelére vezethető vissza.

A hőhasznosító kazánok lényegesen javítják a kemencék fajlagos hőfelhasználását, de a hazai kemencéken végzett mérések tanúsága szerint távolról sem érhető el a kazánok utánkapcsolásával a hosszú kemencékkel elért kedvező fajlagos kalória-felhasználás.

Kemencék megítélésénél sokféle hatásfokról lehet beszélni. Vizsgálatainkkal kapcsolatban kétféle hatásfokot számítottunk ki. *Technológiai hatásfok* alatt értjük az égetés elméleti hőszükségletének és az összes hőfelhasználásnak a viszonyát. *Kemence hatásfok* alatt pedig az elméleti hőszükséglet és a vízelgőzítésre fordított hő összegének viszonyát az összes hőfelhasználáshoz.

A gyártási eljárási, vagy technológiai hatásokot összevetve azt látjuk, hogy csak a hosszú egységek hatásfoka haladja meg a 20%-ot.

Kemencehatásfok tekintetében is a hosszú egységek járnak élen és hazai viszonylatban a legjobb hatásfokú kemence 54% hatásfokkal dolgozik. A kisebb kemencék közül a legrosszabb kemencehatásfokkal működő egység hatásfoka csak 30%.

3. A belső hőfolyamatok

A belső hőfolyamatok pontos ismerete nem elsősorban üzemviteli szempontból nélkülözhetetlen, hanem a biztos tervezésnek elengedhetetlen kelléke.

Mivel a kemencék belső hőfolyamatainak közvetlen mérésrel való megállapítására és ellenőrzésére nem volt módunk és mégis segítségére akartunk lenni a hazai tervező kartársaknak feladatuk megoldásában, irodalmi kutatást végeztünk a problémának a gyakorlati igényeket kielégítő megoldására.

A rendelkezésre álló széleskörű irodalmi anyagban két erőteljes pillért találtunk, melyekre támaszkodva elindulhattunk. A közzététel sorrendjében első Gygi: „Wärmetechnische Untersuchungen des Drehofens zur Herstellung von Portlandzementklinker“ című (13) 1937-ben Zürichben benyújtott doktori disszertációja. A másik Hodorov: „Cementipari kemencék“ című kitűnő, 1953-ban magyar fordításban is megjelent munkája, melynek szovjet kiadása 1950-ből való (14). További anyagot találtunk a szovjet és nyugati irodalomban is. (Lásd: Irodalomjegyzéket.)

A 14 kemencéről elkészített részletes hőmérlegek által nyújtott energiakeretek és az említett

szakirodalom birtokában megkísérelhettük a belső hőfolyamatoknak a kiszámítását hazai kemencéinkre vonatkozóan.

A tervezőnek tudnia kell, hogy egy bizonyos kemenceteljesítmény eléréséhez milyen kemenceméretekre van szüksége. A főméreteket statisztikai átlagok alapján ki is tudja választani. Mikor azonban a részletekre kerül a sor, a belső hőfolyamatok ismerete illetve kiszámítása nélkül nem tudja meghatározni, hogy a felvett keresztmetszeti és hosszúsági méretek mellett mi lesz a kemence legnagyobb és legkisebb teljesítménye, milyen lesz az anyag mozgása és átalakulása a kemencében, milyen kemencehosszat foglalnak el az egyes anyagátalakulási övezetek, hogyan fog alakulni a kemence mentén a hőfokeloszlás, mennyi láncbetétre van szükség stb., stb. Módszerre van tehát szüksége, amellyel mindezeket a kérdéseket megbízható számításokkal előre meg tudja válaszolni.

4. A belső hőfolyamatok számításának módszere

Gygi (13) és számos szovjet kutató eredményeire támaszkodva Hodorov (14) közvetlen gyakorlati kiértékelésre alkalmas módszert dolgozott ki, melynek segítségével megközelíthetjük a forgókemencékben lejátszódó hőfolyamatokat. Munkánkban elsősorban az ő útmutatásait követtük, de különleges viszonyaink szükségessé tették, hogy módszerét bizonyos tekintetben értelemszerűen alkalmazva módosítsuk és egyes részleteiben az általa nyújtott lehetőségeken túlmenően kereszünk megoldásokat.

A kemencén áthaladó anyag jellegzetes átalakulási fokozatokon megy át. A belső folyamatokkal foglalkozó szerzők az anyag átalakulásának menetét több-kevesebb, elméletileg elhatárolható, szakaszra bontják. A Hodorov könyvében javasolt tagozás szerint a kemencék hossza mentén hét jellegzetes övezet különböztethető meg:

1. övezet: a láncövezet, vagy szárító övezet, melyben az anyag hőfoka 90 °C-ra emelkedik és víztartalmának jelentős részétől megszabadul.

2. övezet: ebben az anyag tovább szárad és hőfoka 250 °C-ra nő.

3. övezet: a dehidrációs és előmelegítő övezet. Az anyag elveszti kristályvizét és 500 °C-ra melegszik fel.

4. övezet: a decarbonizációs övezetben az anyagból a carbonátok bomlása folytán kiválik a CO₂ és az anyag hőfoka eléri a 900 °C-t.

5. övezet: az exoterm reakciók övezete, ahol az anyag hőfokának emelkedése meggyorsul és 900 °C-ról 1400 °C-ra emelkedik.

6. övezet: a zsugorodási övezetben éri el a klinker a megkívánt kémiai átalakulásának végső állapotát kb. 1400—1450 °C-on.

7. övezet: lehűlési övezet, melyben a láng közvetlen hatása alól kikerülő klinker már hűlni kezd a beáramló szekunder levegő hűtőhatására.

Az így felállított övezetek természetesen nem különülnek el egymástól élesen, hanem bizonyos mértékben átlapolják egymást. Mivel azonban

egy-egy anyagszemcsékre a hét lépésben végbemenő változás igen jellemző, elméleti megfontolások céljára nagyon célszerű a folyamat egyes szakaszainak ilyen módon való szétválasztása.

A belső hőfolyamatok kiszámításához elsősorban ismernünk kell az anyag, azaz a termelt klinker egy kilogrammjára számítottan szükséges hőigényt. Meglévő kemencéknél ehhez az értékhez a hőmérleg segítségével jutunk el. Az egy kilogramm klinkerre felállított hőmérleget az előbb említett hét övezetre a következő megfontolás alapján bonthatjuk fel. Az egyes övezetekben az áramló gázok hatására a felszabaduló gázok és az áthaladó anyag az övezetben uralkodó hőfokszintre kell, hogy melegedjen. Az övezetben az elpárolgó nedvesség köt meg hőt: hőt von el a CO₂ kihajtása és a zsugorodás, ezenkívül az övezet felületi hővesztését is pótolni kell. Megtérül az exoterm övezetben az exoterm reakciók hője. Számításba kell venni a hűtőből kilépő klinker érezhető hőtartalmát. Mivel a füstgázok hőtartalma az egyes övezetekben mint anyagfelhevítéshez szükséges hő már szerepelt, a távozó füstgáz hőtartalmát külön nem kell kimutatni. Az elégéshez felhasznált levegőnek az előmelegítés hőfokáról az elégés hőfokára való felmelegítéséhez szükséges hő maradéktagként vesszük figyelembe. A számításokat elvégezve az alábbi táblázatot kapjuk, mely példaképpen egy olyan láncbetétes hosszú kemencékre vonatkozik, melynek 1 kg klinkerre számított fajlagos hőszükséglete 1700 kcal.

A következő lépés az áramló gázok hőfokának a megállapítása. A táblázatban részletezett hőmennyiségekkel és az egyes övezetek határán óránként átáramló, a klinker 1 kilogrammjára számított gázmennyiségekkel kiszámítjuk az áramló gáz 1 Nm³-ének szükséges hőtartalmát, melyet az övezeten áthaladva az anyagnak, ill. a kemence falának át kell adnia a hőszükségletek fedezésére és tartalmaznia kell a később következő övezetek, illetve a kemencéből kilépő gázok hőtartalmát is.

A gáz így kiszámított szükséges hőtartalmából a fajhő segítségével kiszámítható az áramló gázok hőfoka az egyes övezetek határán. Ez a számítási módszer azonban csak azokban az övezetekben (I—IV) helyes, melyekbe a füstgázok teljesen befejezett égés után lépnek. Az égési zónában ezzel a módszerrel a valóságban be nem következő magas gázhőfokok adódnak. A tényleges elégési hőfok az így kiszámítottnál lényegesen alacsonyabb, mert a láng és a gázsugárzás már az elégés közben tetemes hőmennyiséget átad sugárzással; magasabb hőfokon fellép a CO₂ és H₂O disszociációja is, és ezek által a valóban kifejlődő láng hőfok lényegesen csökken. A kifejlődésben lévő láng sugárzása hőfokcsökkentő hatásának számítására még nincsen elfogadott módszer, ezért külön számítottuk ki az égés kalorimetrikus hőfokát és az égés elméleti hőfokát. Ugyancsak meghatároztuk az égés tapasztalati alapon észlelt valóságos hőfokát, mely az előbbi két elméleti hőfoknak 0,70—0,75-szorososa.

1. táblázat

Öv	Anyaghevítés	Víz elgőzösítés	CO ₂ kihajtás	Zsugorodás*	Exoterm hő	Együtt	Felületi veszteség	Összesen
I.	80	354	—	—	—	434	10	444
II.	53	110	—	—	—	163	10	173
III.	87	22	—	—	—	109	20	129
IV.	90	—	526	—	—	616	80	696
V.	120	—	—	—	-129	-9	65	56
VI.	—	—	—	—*	—	—*	40	40
	430	486	526	—*	-129	1313	225	1538
1. Hűtők	—	—	—	—	—	—	112	112
2. Klinker	29	—	—	—	—	29	—	29
3. Levegő	21	—	—	—	—	21	—	21
	50	—	—	—	—	50	112	162
						1363	337	1700

1. A hűtők felületi vesztesége.

2. A hűtőből kilépő klinker hőtartalma.

3. Az elégéshez felhasznált levegőnek az előmelegítés hőfokára való felmelegítéséhez szükséges hő.

A teljes hőfelhasználás és a számítással meghatározott rész különbségeként adódik.

* A zsugorítás kalóriaszükséglete, kb. 5 kcal/kg klinker, jelentéktelen értékénél fogva nincs figyelembevéve.

Az elvi hasonlóságot mutató övezetek számítási módszere

A belső hőfolyamatok számítása szempontjából a hét övezet közül öt elvi hasonlóságot mutat. Ezek a 2—5. és 7. övezet. Különleges megfontolásokat igényel a láncövezet és a zsugorodási övezet. Bizonyos tekintetben az ötödik, exoterm övezet is eltérő sajátosságokat mutat. Elsősorban az elvi azonosságot mutató övezetek számítási módszerét szeretném ismertetni és utána térnék rá a különleges övezetekre, mint a láncbetétes, zsugorodási és exoterm övezetre.

A hőátadás az egyes övezetekben annyira bonyolult, hogy egy lépésben nem számítható. Ezért Hodorov gondolatmenetét követve végezzük el a számítást. A forgókemencében a lángesóvá és annak füstgázai szolgáltatják a hőt, melyet sugárzással és konvekcióval adnak át az anyagnak és a bélés belső felületének.

A forgókemencén belüli hőátadás vázlata az 1. ábrán látható.

A láng és az áramló gázok sugárzással és konvekcióval hevítik az anyag felületét és a bélést. Hőt közölnek az anyagból elszálló gázzal (CO₂) és vízgőzzel, valamint a szálló porral. A kemence forgása következtében a bélés felvett hőtartalmának nagyobb részét vezetéssel adja át a rajta végiggördülő anyagnak. Az anyagon belül a felvett hő vezetéssel adódik át az anyag belsejébe, amelynek szemcséi akkor melegszenek a legerőteljesebben, amikor gördülésük közben az anyag felületére kerülnek, vagy a bélés felületén mozogva vesznek fel hőt.

A számítást ΔL hosszúságú szakaszokra végezzük el, feltételezve természetesen, hogy a kiragadott szakasz az előtte és utána következő szakaszoktól elszigetelt és az egyes szakaszok között nincsen hőcsere.

Az ábrán alkalmazott jelölések szerint :

- Q_g = a gázáram által leadott teljes hőmennyiség, kcal/óra.
- Q_{gf}^s = a gázáram által a bélés szabad felületére sugárzással átadott hő, kcal/óra.
- Q_{gf}^k = a gázáram és bélés között konvekcióval átadott hő, kcal/óra.
- Q_{gm}^s = a gázáram és az anyag felülete között sugárzással átadott hő, kcal/óra.
- Q_{gm}^k = a gázáram és az anyag felülete között konvekcióval átadott hő, kcal/óra.
- Q_c = a gázáram és a hevített anyagból kiváló gáz, vízgőz és por közötti hőcsere, kcal/óra.
- Q_{fm}^s = a bélés szabad felülete által az anyag felületére sugárzással átadott hő, kcal/óra.
- Q_{fm}^o = a bélés anyaggal eltakart felülete által az anyagnak vezetéssel átadott hő, kcal/óra.
- Q_n = a kemence felületi hővesztesége, kcal/óra.
- Q_m = az anyag által felvett teljes hőmennyiség, kcal/óra.
- l_{df} = a bélés szabad ívének hosszúsága, m.
- l_{dm} = az anyag által fedett ívhosszúság, m.
- l_{zm} = az anyagréteg felületével egybeeső húr hosszúsága, m.

A gázáram teljes leadott hője :

$$Q_g = \underbrace{Q_{gf}^s + Q_{gf}^k}_{\text{bélésre}} + \underbrace{Q_{gm}^s + Q_{gm}^k + Q_c}_{\text{anyagra CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{por}}$$

A bélés által felvett hő :

$$Q_g^s + Q_{gf}^k = \underbrace{Q_{fm}^s + Q_{fm}^o}_{\text{a bélésről}} + \underbrace{Q_n}_{\text{felületi az anyagra veszteség}}$$

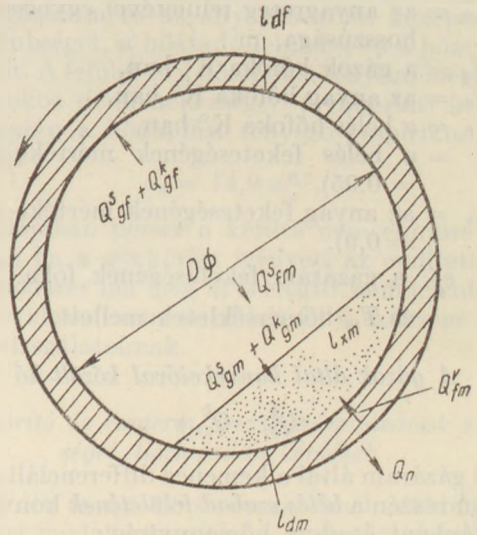
Az anyag által felvett hő:

$$Q_m = \underbrace{Q_{gm}^s + Q_{gm}^k}_{\text{gázokból}} + \underbrace{Q_{fm}^s + Q_{fm}^o}_{\text{a bélésről}}$$

A gázáram teljes leadott hőtartalma tehát

$$Q_g = \underbrace{Q_m}_{\text{anyaggal közölt hő}} + \underbrace{Q_c}_{\text{gáz}} + \underbrace{Q_n}_{\text{felületi gőz veszti. por}}$$

A továbbiakban vizsgáljuk egyenként az itt felállított hőmennyiségeket.



1. ábra

Az áramló gázok által sugárzással közölt hő (Q_{gf}^s ; Q_{gm}^s)

A gázok sugárzása köztudomásúan szelektált sugárzás. A gázokban lebegő szilárd szemcsék azonban szilárd testek módján szürketestekként sugároznak. A kemencén végigáramló gáz alkotórészeiből csak a CO₂ és a H₂O sugárzása számottevő. Jelentős szerepet játszanak azonban a lebegő szilárd porszemcsék. A hőátadástanból a gáz-sugárzás számítása közismert, ezért erre részletesen nem térek ki. A lebegő szilárd szemcsék viszonylagos sugárzási együtthatója Vinogradov szerint $\epsilon_m = 1 - e^{-x}$, ahol

$$x = \frac{d^2 G_m l 273 p}{4 \cdot \frac{1}{6} \cdot \pi d^3 V_g T_g 10^4} = \frac{1,5 G_m l 273 p}{d \gamma_m V_g T_g 10^4}$$

ahol e = a természetes logaritmus alapszáma, G_m = a gázokban lebegő szilárd részecskék súlya kg/órában,

l = a kemence egyenértékű sugárzási sugara ($l = 0,9 d$) m-ben,

p = a gázok abszolút nyomása mm v. o.,
 d = a szilárd részecskék közepes átmérője m-ben,

γ_m = a szilárd részecskék fajsúlya kg/m^3 -ben,

T_g = a gázok abszolút hőfoka K° -ban,

V_g = a gázok térfogata $\text{Nm}^3/\text{óra}$.

A gázáram által a kemence ΔL hosszúságú részén a *bélés szabad felületének* sugárzással óránként átadott hőmennyiség:

$$Q_{gf}^s = 4,96 \cdot \varepsilon_f \cdot \left[\varepsilon'_g \left(\frac{T_g}{100} \right)^4 - \varepsilon''_g \left(\frac{T_f}{100} \right)^4 \right] l_{df} \Delta L.$$

A gázáram által a kemence ΔL hosszúságú részén az *anyag felületének* sugárzással óránként átadott hőmennyiség:

$$Q_{gm}^s = 4,96 \cdot \varepsilon_m \left[\varepsilon'_g \left(\frac{T_g}{100} \right)^4 - \varepsilon'''_g \left(\frac{T_m}{100} \right)^4 \right] l_{xm} \Delta L.$$

Ebben és az előző képletben

l_{df} = a bélés szabad ívének hosszúsága, m

l_{xm} = az anyagréteg felületével egybeeső húr hosszúsága, m

T_g = a gázok hőfoka K° -ban,

T_m = az anyag hőfoka K° -ban,

T_f = a bélés hőfoka K° -ban,

ε_f = a bélés feketeségének mértéke ($\varepsilon_f = 0,95$),

ε_m = az anyag feketeségének mértéke ($\varepsilon_m = 0,9$),

$\varepsilon'_g, \varepsilon''_g, \varepsilon'''_g$ a gázáram feketeségének foka T_g, T_f és T_m hőmérsékletek mellett.

A gázok által konvekcióval közölt hő

$$(Q_{gf}^k; Q_{gm}^k)$$

A gázáram által a kemence differenciális hosszúságú részén a *bélés szabad felületének* konvekcióval óránként átadott hőmennyiség:

$$Q_{gf}^k = \alpha_k (t_g - t_f) l_{df} \Delta L.$$

A gázáram által az *anyag szabad felületének* konvekcióval átadott hőmennyiség:

$$Q_{gm}^k = \alpha_k (t_g - t_m) l_{xm} \Delta L,$$

ahol α_k = a konvekciós hőátadási tényező $\text{kcal/m}^2 \text{ó C}^\circ$,

t_g = a gázok hőfoka C° ,

t_m = az anyag hőfoka C° ,

t_f = a bélés hőfoka C° .

Miként az egyszerű összefüggésből látjuk, minden a hőátadási tényező helyességétől függ. Sok kutató eltérő eredményeiből az alábbi kiszámítási képlet mutatkozik a gyakorlati tapasztalatokhoz legközelebb álló hőátadási tényező kiszámítására alkalmasnak (14):

$$\alpha_k = 17,8 \frac{(w_g c_g)^{0,8} \lambda_g^{0,2}}{D^{0,2}}$$

ahol w_g = a gázok sebessége m/sec ,

c_g = a gázok fajhője $\text{kcal/Nm}^3 \text{C}^\circ$,

λ_g = a gázok hővezetési tényezője $\text{kcal/m}^2 \text{ó C}^\circ$,

D = a kemence belső átmérője, m.

A bélés és az anyag közötti hőszugárzás:

$$(Q_{fm}^s)$$

Elvileg hasonló az előbbi jelenségekhez, csak hogy itt számításba kell venni, hogy a gázáram bizonyos mértékig leárnyékolja a két szilárd felület közötti hőszugárzást:

$$Q_{fm}^s = 4,96 \varepsilon_f \varepsilon_m \left[(1 - \varepsilon''_g) \left(\frac{T}{100} \right)^4 - (1 - \varepsilon'''_g) \left(\frac{T}{100} \right)^4 \right] l_{xm} \Delta L.$$

A bélés és az anyag közötti hővezetési hőátadás

$$(Q_{fm}^m)$$

A bélés anyaggal fedett felülete által az anyag fallal érintkező felületének hővezetéssel átadott hőmennyiség a szereplő hőfokok változása miatt rendkívül bonyolult. Ha ismerjük a béléssel határos közeg hőmérsékletének változási törvényét, valamint ezen közeg és a bélés közötti hőleadás együtthatóját, akkor meghatározhatjuk a bélés hőfokának, valamint a bélés felületén áthaladó hőáramlásnak változását az idő függvényében. Átugorva a levezetés hosszúság és bonyolult műveletén, csak a végeredményt véve szemügyre (14):

$$Q_{fm}^m = \sqrt{\frac{\lambda_f c_f \gamma_f}{\tau_0}} (t_g - t_m) I (l_{df} + l_{dm}) \Delta L,$$

ahol λ_f = a bélés hővezetési tényezője $\text{kcal/m}^2 \text{ó C}^\circ$,

c_f = a bélés fajhője kcal/kg fok ,

γ_f = a bélés fajsúlya kg/m^3 ,

τ_0 = a kemence fordulatanak időtartama, óra,

t_g = a gáz hőmérséklete C° ,

t_m = az anyag hőmérséklete C° ,

I = a hőfokváltozásra jellemző integrál,

l_{df} = a bélés szabad ívének hossza, m,

l_{dm} = az anyag és a bélés érintkezési ívének hossza, m.

Az egyenletben az I integrál két tényező függvénye:

$$1. \quad W = P_f^2 a_f \tau^\circ$$

ahol P_f = a hőleadás viszonylagos együtthatója,

a_f = a bélés hővezetőképességi együtthatója,

τ° = a kemence fordulatanak időtartama órában.

2. $A = \frac{l_{df}}{l_{df} + l_{dm}}$ a bélés szabad ívének viszonya a bélés teljes felületéhez.

Az összefüggést a mellékelt görbék szemléltetik.

A környezetnek átadott hő (Q_n)

A felületi hőveszteség az alábbi képlet szerint számítható:

$$Q_n = \alpha_k (t_n - t_b) \pi D_k \Delta L$$

ahol α_n = a külső felület hőátadási tényezője kcal/m²ó C°,

t_n = a kemence külső felületének a hőfoka C°

t_b = a külső környező levegő hőmérséklete C°

D_k = a kemence külső átmérője, m.

A kísérleti adatok alapján α_n értéke közelítően a következő (14):

$$\alpha_n = 3,5 + 0,062 t_n$$

Az anyagrészeszkék felmelegedési folyamata

A forgókemencékben az anyagrészeszkék átszóródásuk közben az anyag felületére, vagy a bélés felületére kerülnek. A kemence bizonyos fordulatszámra esetében a részeszkék átszóródása annyira erőteljes, hogy az anyagrétegben a hőmérsékleteloszlás egyenletessége biztosítva van. A forgás sebességének további növelése már nem befolyásolja a hőmérsékleteloszlás egyenletességét a rétegben, tehát felesleges.

Az eddig ismertetett számítási módszer esetében mindig abból a feltevésből indultunk ki, hogy az anyagon belül egyenletes a hőfok, az anyag tehát a hőfokkülönbség arányában a legnagyobb hőmennyiséget vesz fel.

Ha a kemence forgási sebessége kisebb annál a sebességnél, amely a hőfok egyenletességéhez szükséges, akkor az anyag hőmérséklete a gázokkal érintkező felületén és a bélessel érintkező felületén nagyobb lesz, mint az anyaghalmoz belsejében. Ennek következtében az anyag kevesebb hőt képes felvenni, mint egyenletes hőfoka esetében, és a hőfelvétel mértéke a kemence forgási sebességétől függ.

Azt a körülményt, hogy az anyag nem tökéletesen egyenletes hőmérsékleteloszláskor kevesebb hőt képes csak felvenni, oly módon vesszük a számításakor figyelembe, hogy meghatározzuk az anyag hőmérsékleti eloszlási egyenletességének mértékét a rétegben. Ez nem egyéb, mint az anyagnak tényleg átadott és maximálisan átadható hőmennyiség viszonya.

Az anyagrészeszkék által egy felmelegedési folyamat alatt felvehető hőmennyiség két érték függvénye:

$$Fo = \frac{a_m \tau}{d^2} \text{ (Fourier kritériuma),}$$

$$Bi = \frac{\alpha_n d}{\lambda_m} \text{ (Biot kritériuma),}$$

ahol a_m = az anyag hőfokvezetési száma, m²/sec,

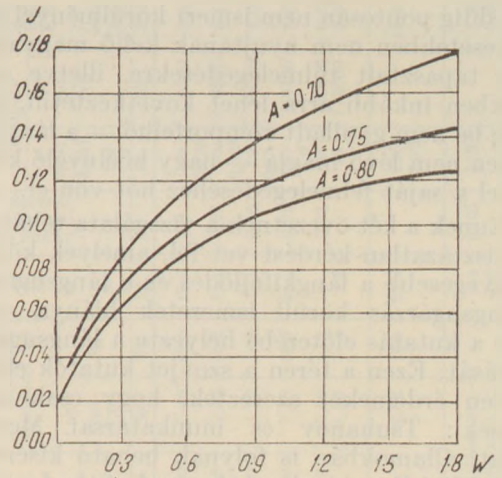
τ = idő, óra,

α_n = az általános hőátadási szám kcal/m²óC°

d = az anyagszemcsék mérete, m

λ_m = az anyag hővezetőképessége kcal/m²óC°.

Az anyag hőfok egyenletességi tényezője végeredményben a Bi és a $FoBi^2$ függvénye és diagrammból leolvasható (14). Ha már most az egyenletes hőfokeloszlás esetére kiszámított hőfelvételt szorozzuk az anyaghőfok egyenletességi tényezővel, melynek értéke kemencéknél $k = 0,75 - 1,00$ között változik, megkapjuk az anyag valóságos hőfelvételét.



2. ábra

A láncbetétes övezet számításának módszere

A láncövezetben kizárólag konvekciós hőátadásról van szó. Ennek kiszámításához ismerni kell a gázáram és az anyag közötti közepes hőfokkülönbséget, a hőátadó felületet és a hőátadási tényezőt. A felület és a hőátadási tényező meghatározása okoz némi nehézséget. Gyakorlati kísérletek alapján a hőátadási tényező empirikus képlete (14):

$$\alpha_c = 14,9 w_g^{0,7}$$

Valójában persze a kérdés nem ennyire egyszerű, és ha a gyakorlat igényeit az említett primitív módszer ma még ki is elégíti, nem jelenti azt, hogy rövidesen nem merülhet fel a szüksége finomabb vizsgálatoknak.

A zsugorító és exoterm övezet számításának nehézségei, tisztázatlan kérdések

Ha itt is az előző övezeteknél alkalmazott számítási módot követjük, a gyakorlati tapasztalatokkal nem egyező eredményhez jutunk. Az eltérést elsősorban az a körülmény okozza, hogy ebben a két övezetben folyik le az égés. Itt tehát nem állandó jellegű gázáramról, hanem időben és térben igen változó bonyolult folyamatokról van szó. Az exoterm övezetbe nem minden anyagrészeszke kerül kellő módon előkészített hőállapotban. Az anyag egyrésze az előző övezetekben felvett hő és az exoterm hő következtében az átalakulás kellő hőpotenciálján van, míg más anyagrészeszkékkel itt még tetemes hőmennyiséget kell közölni. A kiegészben lévő láng állapotától függően nemcsak kibocsát hőt, hanem esetleg maga is von el hőt az anyagtól.

A bélés felületének sugárzási lehetőségét is erőteljesen befolyásolja a láng mindenkori sugárzásátértesztő képessége. Mivel a lángsugárzás maga még nem egészen tisztázott, az exoterm övezetben az előzőkhöz hasonlóan részekre bontott számítási módszer nem vezet eredményre.

A zsugorodás övezetében az anyaggal már nem kellene hőt közölni, csak a szükséges hőfokszintet biztosítani. Itt azonban a lángkifejlődés

még eddig pontosan nem ismert körülményei bizonyos esetekben nem nyújtanak kellő magyarázatot a tapasztalt túlmelegedésekre, illetve egyes esetekben inkább arra lehet következtetni, hogy a még be nem gyulladt szénporfelhő — a láng még égésben nem lévő magja — nagy hőelnyelő képességével a saját felmelegedéséhez hőt von el.

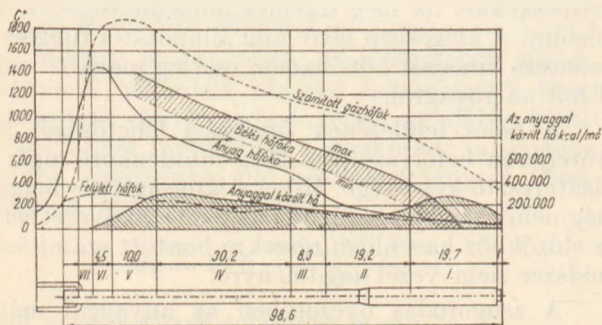
Ennek a két övezetnek a vizsgálata tehát számos tisztázatlan kérdést vet fel, amelyek közül a leglényegesebb a lángkifejlődés és a lángsugárzás. A lángsugárzás körüli ismeretek hiánya világszerte a kutatás előterébe helyezte a lángsugárzás kutatását. Ezen a téren a szovjet kutatók elévülhetetlen érdemeket szereztek, hogy csak egyet említsek: Tsuhanov és munkatársai. Most a nyugati államokban is folynak beható kísérletek a hollandiai Ilmujdenben. (Journal of the Institute of Fuel. 1951, novemberi szám.)

A forgókemencéken belüli ilyen irányú vizsgálatokat Gygi indította meg és a kutatás azóta is az ő kezdeményezésének gondolatmenetéből indul ki.

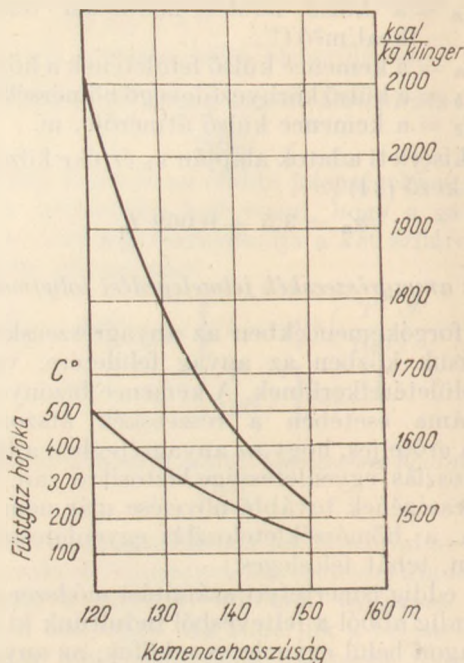
A belső hőfolyamatok számítási módszerének alkalmazása meglévő kemencékre

Az ismertetett számítási módszer gondolatmenetét követve 14 forgókemencére elvégeztük a részletes számításokat. A kapott eredményeket kemencénként táblázatba foglaltuk. A 2. számú táblázatban példaképpen egy ilyen eredménykimutatást mutatunk be. Az adatok ugyanarra a kemencére vonatkoznak, mint az 1. számú táblázaté.

Az első rovat az 1 kg klinkerre számítva átadandó hőmennyiségeket tartalmazza övezetenként felbontva (q). Az utolsó (26.) rovat az egyes övezetekben óránként közlendő hőmennyiséget tünteti fel 10^6 kcal/ó-ban. A 2—6. rovatok az anyag jellemzőit tartalmazzák. A 7., 9., 10., 12. rovatok az egyes hőátadási tételek értékei kcal/mó-ban. A 14. rovatban a k anyaghőmérséklet-egyenletességi tényezők vannak. A 15. rovat a hélés és az anyag közötti hővezetés értéke az anyag hőmérséklet-egyenletességi tényezője arányában csökkentve. ΣQ^k az egy méter hosszú kemenceszakaszon belül átadott teljes hőmennyiség, amellyel ha elosztjuk a 20. rovatban feltüntetett és az övezetben az anyaggal közlendő hőmennyiséget, megkapjuk az övezet hosszát. (Lásd a 22.



3. ábra



4. ábra

A távozó füstgázok, a fajlagos hőfelhasználás és a kemencehosszúság összefüggése

rovatot.) Az anyaggal közölt hőhöz (2.) hozzáadva a felületi hővesztés értékét (24. rovat) kapjuk az övezet teljes hőátadási értékét (26. rovat).

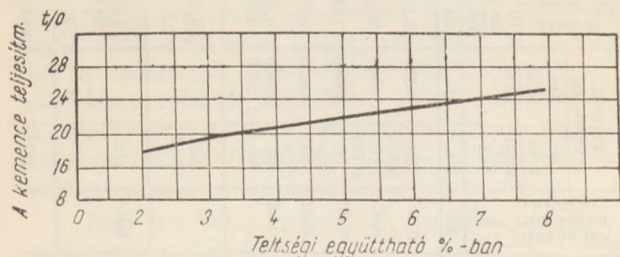
A táblázatból látható, hogy a lánchetétes övezetet kivéve a hőátadás a kemencében túlnyomóan sugárzással történik. Az anyag felvett hőmennyiségének kb. 80%-át kapja sugárzással a gáztól, míg a gáztól konvekcióval csak 5%-ot vesz át. A többi 15%-ot a hélés vezetéssel adja át az anyagnak. Ebből nyilvánvaló a sugárzási viszonyok tanulmányozásának rendkívüli fontossága a forgókemencéken belüli hőátadási viszonyok tisztázása céljából.

A táblázat adatait a 3. ábrán grafikusán is ábrázoltuk.

5. A kemencék teljesítményét meghatározó tényezők

A kemencén belüli hőfolyamatok vizsgálata nem öncél. A kutatók mindig arra törekedtek, hogy a belső hőfolyamatok vizsgálata során megismert jelenségeket a kemencék teljesítményének kiszámítására hasznosítsák. A belső hőfolyamatok felderítésétől várható az egyes kemencékkel elérhető maximális teljesítmény meghatározása, ill. annak biztos megítélése, hogy meddig érdemes a kemencék terhelését erőltetni.

Levegővel történő elégetés esetében a szénhidrogének elégetéséhez általában fűtőértékükkel arányos tér szükséges. Az elégető tér csökkenthető az elégetést meggyorsító körülmények megteremtésével: levegőelőmelegítéssel, az elégető tér hőelvonásának csökkentésével, a keveredés gyorsításával és az elégetendő anyag megfelelő finom diszpergálásával. Az így elérhető égetőtér hőterhelésének azonban határai vannak. A tapasztalat szerint az égetőtér hőterhelése forgókemencékben

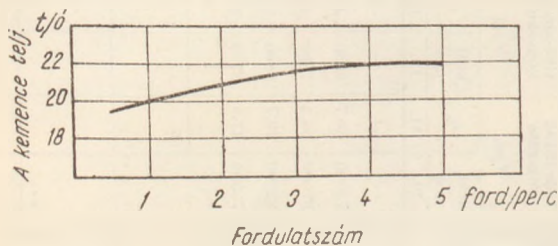


6. ábra

A kemence teljesítményének függése a teltségi együtthatótól

Megbízható mérésekre és üzematokra támaszkodó részletes számításokkal valószínűsíthető lehet az egyes kemenceegységek racionális teljesítményének felső határát, amelyen túl a teljesítménynövelés csakis a gazdaságosság rovására történhetik.

Az elmondottakból kitűnik, hogy a forgókemencék belső hőfolyamatainak ismeretét már nem csupán empirikumokra vagyunk utalva. A hőfolyamatok nagyrészt már számítani tudjuk, ami az üzem és a tervezés számára nagyon megkönnyíti a biztos tájékozódást. Van azonban még számos igen lényeges, sőt mondhatnám leglényegesebb tisztázatlan kérdés, amelyek egy része általános jelentőségű, másik részé viszont sajátos hazai viszonyainkból ered. Hiányos ismereteink kiegészítése a kutatásra hárul.



7. ábra

A kemence teljesítményének függése a fordulatszámtól

A kutatás legsürgősebb feladatai ezen a téren tehát:

a *lángsugárzás vizsgálata* és ezen keresztül világosság derítése az exoterm és zsugorító övezetekben lejátszódó folyamatokra. Ebben a tekintetben az egész világ szakembereinek együttműködésére számíthatunk, mert ez a probléma általánosan fennáll;

a *forgókemencék viszonylag gyengébb minőségű barnaszennel* való üzemeltetésének vizsgálata, mint sajátos magyar probléma. Nekünk még sokkal égetőbb kérdés az égetőövezet belső jelenségeinek a vizsgálata, mert a kényes körülményeket folytán nekünk meg kell oldanunk a klinkerégetést gyengébb minőségű szennel támaszkodva. Ebben a tekintetben véleményem szerint a kevert tüzelések irányában kell keresnünk a megoldást.

Trodalom

1. Adam, Wilhelm : Befeuerung von Zementdrehöfen mit Braunkohlenstaub unter Verbesserung der Wärmewirtschaft der Öfen. Silikattechnik. 4 évf. (1953) 4. füzet, 171—172. old.

2. Anselm, Wilhelm : Temperaturverhältnisse beim Drehofen mit und ohne Vorwärmer. Zement-Kalk-Gips 3. évf. (1950) 48. füzet, 227. old.

3. Anselm, Wilhelm : Der Drehofen. Dimensionsbestimmungen und Modellähnlichkeit. Zement-Kalk-Gips 6. évf. (1953) 5. füzet, 151—164. old.

4. Anselm, Wilhelm : Die Wärmerechnung bei Brennöfen für Zement, Kalk, Magnesit und Dolomit. Richtlinien für Leistungsversuche. Radex-Rundschau (1950). 1. füzet.

5. Bellwinkel, A. : Untersuchungen an Drehöfen. (Ergänzungen der Ofenversuche.) Zement-Kalk-Gips 6. évf. (1953) 9. füzet, 329—338. old.

6. Bohman, W. : Drehofenkonstruktion. Zement-Kalk-Gips 3. évf. (1950). 11. füzet.

7. Cserednyikov, P. : A nagykapacitású forgókemencék kihasználásának módjai. Promislenoszty Sztrójtyelnik Matyerialov (1950 okt.) 21. sz. Fordításban : „Építőanyag“ (Bp. 1953) 2. sz. 47—48. old.

8. Frey, R. : Brennstoffeinsparung am Zementdrehofen. Zement-Kalk-Gips 4. évf. (1951). 236. old.

9. Frey, R. : Die Abgastemperaturen von Drehrohröfen, ihre Vorausberechnung und die Vorausberechnung von Brennstoffverbrauch und Wirkungsgrad. Diss. Charlottenburg (1933).

10. Dr. Gottlieb István—Szabó László : Hőmennyiségek felhasználása és hőmérséklet eloszlás a forgókemencékben. Építőanyag 1—2. sz. (1949) 9—13. old.

11. Gottlieb István : Korszerű cement- és mészgétező kemencék. Építőanyag 7—8. sz. (1949) 13—21. old. 17 ábra.

12. Gumz, Wilhelm : Beiträge zur wärmetechnischen Berechnung von Zementdrehöfen. Zement (1933) 49. füzet, 677—682. old., 50. füzet, 691—694. old.

13. Gygi, Hans : Wärmetechnische Untersuchungen des Drehofens zur Herstellung von Portlandzementklinker. Doktorische Dissertation an der Universität Zürich. Emil Rüeegg & Co. 1937.

14. Hodorov, E. I. : Cementipari kemencék. Budapest. É. M. Építőipari Könyv- és Lapkiadó. 1953. I. köt. 442. old. II. köt. 204. old. Fordítás orosz eredetiből. A könyv eredeti címe : Pjesci Cementnoi Promislenosztyi. Moszkva (1950).

15. Hodorov, Lurje, Dobrovolszkij, Gladkov vitája : A forgókemencék tökéletesítése. Építőanyag 1953. 2. sz. 59—62. old. Fordítás orosz eredetiből. „Cement“ (1952). 1. sz. 5—9. old.

16. Jaspers, I. M. Michael : Die thermische Leistungsfähigkeit des Zementrotierofens. Radex Rundschau (1951). 1., 2., 3. füzet.

17. Kovalev, Je. Sz. : A régi szerkezetű forgókemencék teljesítménynövelésének útjai. „Cement“ 1951. 6. sz. 19—20. old.

18. Péntek László : A forgókemencés klinkerégetés új módszerei. Építőanyag (1953). 2. sz. 53—58. old.

19. Sahbajzan, T. O.—Manovjan, A. K. : A korszerű forgókemencék tervezésének alapjai. Építőanyag (1953). 2. sz. 65—66. old. Fordítás orosz eredetiből. „Cement“ (1952). 5. sz. 6—7. old.

20. Rock, E. : Drehzahl und Neigung von Drehöfen. Zement-Kalk-Gips 5. évf. (1952) 9. füzet, 289—292. old.

21. Schott, E. : Leistungsversuche an Zementbrennöfen. Tagungsberichte der Zementindustrie. 1952. 7. füzet, 117—170. old.

Praktische Versuche an den zur Zeit in der deutschen Zementindustrie üblichen Ofensystem. Zement-Kalk-Gips (1952). 9. füzet, 269—286. old.

22. Tsisjakov, S. F.—Radun, L. W. : Temperaturmessungen am Material in der Sinterzone von Zementdrehöfen. Silikattechnik 1953. 4. füzet, 168—180. old. Fordítás orosz eredetiből. (Cement), Leningrad. 18. évf. (1952). 2. füzet, 12—16. old.

23. Zollinger, R. : Beitrag zur Materialbewegung im Drehofen. Mitteilungen des Institutes für Beton und Eisenbeton Technische Hochschule Karlsruhe und Mitteilung N. 62 des Sonderringes Zement. „Zement“ (1944). 2. füzet, 34—38. old., 3. füzet, 47—52. old.

Tűzálló téglák magashőmérsékleti szilárdsági viselkedése és korróziója

SÖVEGJÁRTÓ JÁNOS

A fenti címmel megjelölt tárgykör a problémák olyan tömegét öleli fel, hogy arról egy viszonylag rövid szakbizottsági előadás keretében csak általános tájékoztatást tudok nyújtani és arra fokok szorítkozni, hogy az egyes részletkérdések tárgyalásánál a szilikátkémiai kutatás legújabb felismeréseit, vagy kialakított elgondolásait ismeressem.

A választott tárgykör tulajdonképpen magában foglalja mindazt, amitől egy tűzálló bélés tartóssága függ, magában foglalja a gyártás egész menetét, kezdve a nyersanyagok helyes megválasztásától az egyes technológiai fázisokon át a helyes hőkezelésig, mert amint tudjuk, mindezen tényezők kisebb-nagyobb mértékben kihatással vannak a tűzálló végtermék korrózióval szemben tanúsított ellenállására és lágyulási viselkedésére.

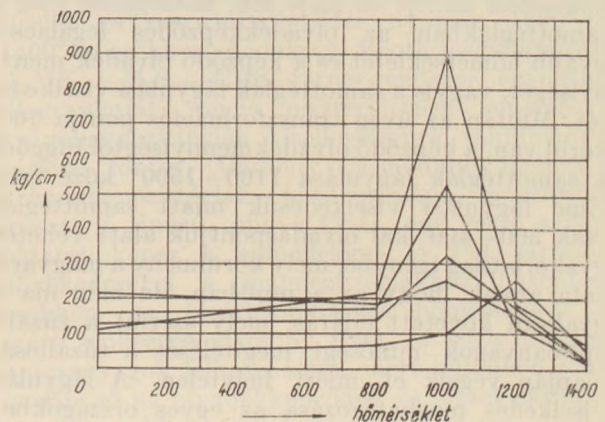
Mindkettő erősen komplex folyamat. A sok tényező közül kiemelem elsősorban a vegyi összetételt. Rendszeresen 10—12, vagy még több oxid egymásra gyakorolt hatásáról van szó, amelyek különböző diszperzitásban vannak jelen a rendszerben és a hőmérsékleti szinttől is függő viszkozitásban fejtik ki romboló hatásukat a különböző porozitású és összetételű tűzálló téglákkal szemben. E sokrétű tematikával számos kutató foglalkozott és sikerült is több alapvető összefüggést megállapítani, de az összefüggések jórésében csak tapogatózunk és igen bő tere nyílik még az ilyen vonatkozású szilikátkémiai kutató munkának.

A következőkben nézzük meg egynéhány általános érdeklődést keltő felismerés mibenlétét.

1. Tűzálló téglák lágyulási viselkedése

Tűzálló téglák magashőmérsékleti viselkedésénél a fémektől részben eltérő viselkedést tapasztalhatunk. Míg a fémek nyomószilárdsága a hőmérséklet emelésével kisebb-nagyobb mértékben, de mindenképpen csökken, a samottéglák szilárdsága 800—1000° között éri el maximumát. A felhasználás szempontjából tehát a hidegszilárdsági értékek ismeretének bizonyos fokig csak relatív jelentősége van és mondhatnám csak következtetni enged a magas hőmérsékleti szilárdságra. A magas hidegszilárdságú téglák kevésbé csorbulnak kezelés közben és ilyformán kéreltetik az olvadékok behatolási lehetőségeit. Ahol koptatási igénybevételek lépnek fel, természetesen döntő jelentősége van a nyomószilárdság nagyságrendiségének.

Hirsch (1) állapította meg, hogy a maximum kialakulása független az Al_2O_3 tartalomtól, sőt az alacsonyabb Al_2O_3 tartalmú samottéglák 1000—1200° körül általában magasabb nyomószilárdsági értékeket mutatnak. Lásd az 1. ábrát.



1. ábra

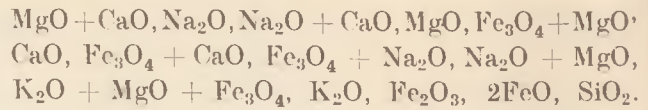
Samottéglák nyomószilárdsága a hőmérséklet függvényében Hirsch szerint

Tűzállótéglák magashőmérsékleti viselkedését, az egyes hőmérsékleti szinteken, a képződő olvadékok mennyisége és kémiai összetétele határozza meg, mely tényezők mellett döntő szerepet játszik a komponensek diszperzitása. Azt is tudjuk, hogy tűzálló anyagaink gyártási technológiájának egy igen fontos fázisa a hőkezelés, mely hivatva van a késztermék minősége szempontjából kívánatos szilárdfázisú reakciók lezajlását, rekristallizációs folyamatok végbemenetelét, vagy bizonyos ásványképződmények kialakulását biztosítani. Samottégláknál, ismereteink mai állása szerint, kívánatos a minél magasabb százalékos arányú mullitképződés elérése. A hosszú mullitűk egymásbafont szövete nagyfőmőrségű és magas lágyulási kezdettel bíró téglák gyártását biztosítja. A mullitképződés feltételeivel, tulajdonságaival és a kerámiai készgyártmányok ismerveire gyakorolt hatásával stb. sok kutató foglalkozott (2), de teljesen tisztán még nem látunk e kérdésben. Hazánkban többek között Sztrócai (3), valamint Grofesik és Vágó (4) foglalkoznak a kérdéssel. Utóbbi két kutató exakt röntgenspektrográfiai módszert dolgozott ki a mullit meghatározására (5). Méréseik szerint még egyszerűbb samottgyártmányokban is 20—30% a mullittartalom, de nem ritka a 60% sem. Ilyen magas mullit-tartalom azt jelenti, hogy a samottégla

gyártásakor felhasznált nyersanyagok teljes Al_2O_3 mennyisége alakult át mullittá. A téglá minőségére ezek szerint nemcsak a mullit-tartalom százalékos aránya, hanem a képződő tűk nagysága és fekvése, vagy globuláris mivolta mérvadó, mely utóbbi képződményeket Halm vizsgálta és írta le (6). Katalizátorok lényegesen elősegítik a mullitképződést. A leghatékonyabb katalizátorok közé tartozik Parmelee szerint a ZnO (7), vagy Budnikow szerint az MnO (8), melynek 2%-nyi mennyiségben való adagolása mellett agyag és kalcinált timföld keverékből karbon kiválásra kevésbé érzékeny kohóbélesztéglák gyárthatók.

A felhasznált nyersanyagok összetételétől és az alkalmazott gyártási technológiától függően ú. n. szemeseösszetétel, soványítási arány, az alkalmazott soványító adalék kiegészítő hőmérséklete, az alakítás nyomásviszonyai, a késztermék hőkezelési szintje és ideje stb. határozzák meg a samottéglákban az olvadékképződés legalacsonyabb hőmérsékletét és a képződő olvadék mennyiségét, vagyis a samottéglák lágyulási viselkedését. Miután az üveg transzformációs pontja 700° körül van, a képződő olvadék mennyiségétől függően a samottéglák lágyulása $1100\text{—}1500^\circ$ közé esik. Eme lágyulási viselkedésük miatt samottéglák csak $300\text{—}400^\circ$ -kal olvadáspontjuk alatt vehetők gyakorlatilag igénybe, mely körülmény a magyarázata annak, hogy az a mullitban, de még ma is gyakran követett eljárás, mely szerint a tűzálló építőanyagok minőségi megítélését a tűzállóság alapján végzik el, miért helytelen. A lágyulási viselkedés meghatározása az egyes országokban sajnos nem azonos módszer szerint történik. A legelterjedtebb, egy kivágott hengeralakú próbatestnek $1\text{—}2\text{ kg/cm}^2$ terhelés mellett történő hevítése szendára ellenállású villamoskemencében és a henger magasságváltozásának különböző hőmérsékleteken való regisztrálása. A téglák lágyulási viselkedését íróműszerrel grafikusán is felvesszük és azon két jellegzetes pontot szoktunk kiemelni, ú. m. a „lágyulás kezdetét“-t, amely a görbe maximumához képest 3 mm-es süllyedést, és a „lágyulás végét“-t, amely a próbatest 20%-os összenyomódását jelzi. A fenti módszer azt a hőmérsékletet határozza meg, amelyen a próbatest megadott terhelés mellett a vizsgálandó tűzállóanyag gyakorlatilag használható. A franciák inkább különböző hőmérsékleteken nyomásszilárdsági vizsgálatokat végeznek. Az amerikaiak pedig előírt fűtési görbe szerint hevítik a próbatesteket rendszeren 4 órán át és lehűlés után regisztrálják a próbatesten észlelt változásokat. A módszerek egyike sem tökéletes, mert mindegyik eltér a tűzálló téglák gyakorlati igénybevételi viszonyaitól. A kapott vizsgálati értékek tehát csak megközelítő értékek.

Hirsch vizsgálatai szerint (9) olvasztó oxidok erősen, SiO_2 kevésbé csökkentik a samott lágyuláspontját. A szokásos 0,5—2,0% TiO_2 tartalom szintén csak kevésbé csökkenti azt. Hyslop és Mc. Nab a legkülönbözőbb oxidok keverésével végeztek sorozatvizsgálatokat (10) és mindinkább csökkenő hatás mellett azoknak az alábbi rangsorát állították fel :



Magas porozitású téglák rendszeren alacsonyabb lágyuláspontúak, mert hiszen a szemecék érintkezési felülete kisebb és így magas hőmérsékletnél rosszabbul állnak ellen nyomási igénybevételnek, mint tömör masszák. A szemeseösszetételre vonatkozólag pedig megállapíthatjuk, hogy kisebb szeménagságú téglák előnyösebb lágyulási viselkedést mutatnak, mi mellett, azon belül, tömörségi okok miatt, a vegyes szemecszerkezeti felépítés a kívánatos.

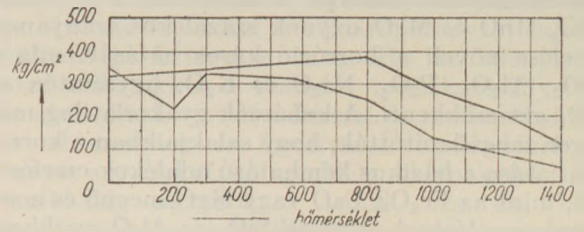
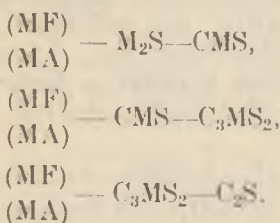
Samottéglák magas hőmérsékleteken tanúsított szilárdsági viselkedésére vonatkozó hiányos ismereteinket az utóbbi időben Viechula és Roberts gazdagították igen értékes adatokkal (11). A magashőmérsékleti olvadékképződés tényéből kiindulva, öt samottféleségen, amelyek Al_2O_3 -tartalma 30—80%-ig terjedt, torziós igénybevételi méréseket végeztek és megállapították ezen téglák rugalmassági együtthatóit, maximális nyírószilárdságait, a hőmérséklet függvényében. A megfelelő fázisegyensúlyok diagramjaiból kiszámították az üveg-fázis százalékos arányait és ezen adatokból vontak le következtetéseket a samottéglák lágyulási viselkedésére és minőségi javítására. Igen részletes és érdekes vizsgálataik végső következtetései igazolják és megerősítik a samottéglák lágyulására vonatkozó eddigi, részben kutatási munkák, részben gyakorlati tapasztalatok árán szerzett alábbi ismereteinket, nevezetesen :

1. A samottanyagokban erősen kovasavdús az üveges kötőanyag.
2. A ridegség csökkenését és a lágyulás megindulását az üveges kötőanyag olvadása idézi elő.
3. Folyósítók, főként alkáliak, lényegesen leszállíthatják az olvadékképződés megindulásának hőmérsékletét.
4. A timföldtartalom emelkedése elősegíti a kristályképződést, ami viszont az üveges olvadék viszkozitását növeli.
5. A kovasav az olvadékban gyorsan oldódik, némi szabad kovasav azonban megmarad, de a mullit és a korund nagyon lassan oldódik. Mászóval a kovasav jelenléte elősegíti az olyan olvadékképződést, amely összetételét hevítésre könnyen változtatja, míg a mullit és a korund viszonylag nagyon stabil és olvadékban való oldásra sokkal csekélyebb hajlamú.
6. Erős égetés növeli a mullitképződést úgy mennyiség, mint az egyes kristályok nagysága tekintetében és ezáltal növeli a samottéglák stabilitását.

Szilikatéglák magas hőmérsékleti szilárdsági viselkedése hasonló a samottéglákéhoz. Szilárdságukat Hirsch tanulmányozta (12) és megállapította, hogy szilárdságuk a hőmérséklet emelkedésével általában először nő, miként a samottégláké, csak hogy nem az $1000\text{—}1200^\circ$ intervallumban, hanem egyenletesen, 800° -ig, majd erősen csökken. Lásd a 2. ábrát. Vannak olyan esetek is, amikor szilárdságnövekedés nem lép fel. A jelen-

levő szennyeződésektől függően itt is olvadékok képződnek, amelyek mennyisége jóval kisebb, mint a samottnál és így az egész téglalágyulása is magasabb hőmérsékleten kezdődik, éspedig 1650—1700° körül, de hirtelen fokozódik, úgy hogy a lágyulás kezdete és vége a gyakorlatban rendszeren azonos hőmérsékletnél áll be. A fentemlített Roberts a szilikatéglákat is bevonta torziós vizsgálatai körébe és megállapította, hogy torziós igénybevételnél a samott-téglákhoz hasonlóan viselkednek.

A bázikus téglák magas hőmérsékleti szilárdságának változásával szintén sok kutató foglalkozott és az elmúlt 10 év alatt sikerült is szép eredményeket elérni, bár ez a területe a szilikat-kémiaának különösen bonyolult, mert hiszen 5—8-alkotós rendszerekkel állunk szemben, amelyek egyensúly-viszonyainak ábrázolása, mai ismereteinkkel sajnos nem lehetséges. A folyamatok megismeréséhez a rendszereket egyszerűsíteni kell és vagy ki kell hagynunk és elhanyagolhatónak kell tekinteniük egyes komponenseket, vagy pedig csak egyes részterületeket tudunk tanulmányozni. A bázikus tűzállóanyagok magas hőmérsékleti szilárdsági és korrózióval szemben tanúsított viselkedését is az olvadékképződés kezdő hőmérséklete és a képződő olvadék mennyisége határozza meg. Birch megállapította, hogy a magnezittéglákban nagy tömegben jelenlevő periklász kristályok rácsába építődik be a vasoxyd, ezenkívül dendritikusan növekvő magneziaferrit kristályok formájában jelentkeznek, míg a periklász szemcséket körülhatároló olvadékokban gyűlnek össze a CaO, Al₂O₃ és SiO₂ oxidjai, némi MgO-tartalommal. Cornu, Salmang, Krause, Kisnik és mások felismerték, hogy az optimális vastartalmú magnezittéglák egyik főalkotóeleme a magneziaferrit. Más kutatók megállapították, hogy sok magnezittermék lényeges mennyiségű forszteritot tartalmaz, ismét mások, mint Seil és Schott, monticellit is találtak bennük. Konopický és Kassel a dikalciumferrit és dikalciumszilikát jelenlétéről emlékeznek meg, míg Tavasci brownmillerit szilárd oldatának jelenlétét állapította meg. Rigby és munkatársai végül igen beható vizsgálatok alapján a képződő ásványi komponensek kiszámítását tették lehetővé (13). Ugyanazt dolomitteglákra Brampton és társai (14) és krómmagnezittéglákra Reit (15) valósították meg. Booth a bázikus téglagyártás legérdekesebb területeire sok adatot gyűjtött (16), amelyekből elfogadható pontossággal meg lehet becslélni az olvadékképződés megindulásának legalacsonyabb hőmérsékletét és az egyes hőmérsékleti szinteken képződő olvadék mennyiségét. Az alábbi három pseudoterner rendszer olvadáspontjait állapította meg és rögzítette izoterma-diagrammokban:



2. ábra

Szilikatéglák nyomásslárdsága a hőmérséklet függvényében Hirsch szerint

Miután a bázikus SM-kemence legveszélyesebb olvasztó oxidjai szintén CaO és Fe₂O₃, Booth ezen diagrammok segítségével kimutatta, hogy a forszteritkötésű magnezittéglák előnyös magashőmérsékleti szilárdsági viselkedésüket CaO felvétel miatt elvesztik, mert a forszteritkötésű téglákban az olvadékképződés hőmérséklete monticellit és merwinittképződés nyomán 1600°-ról 1400°-ra eszik. Azonkívül Booth megállapította a MK—M₂S—CMS terner-rendszer egyensúly diagrammját, amely részterületnek ismerete a krómmagnezittéglák viselkedésének tanulmányozásánál fontos. Alacsony Ca-modulus mellett a krómmagnezittéglák kötőmasszája monticellit-forszterit típusú, míg a Cr₂O₃ egy része szilárd oldatot képez a spinellekkel. A CaO-tartalom növekedésével a magnezittéglákhoz hasonlóan csökken az olvadékképződés hőmérséklete és ezért szükséges alacsony CaO és SiO₂-tartalmú nyersanyagok felhasználása, mert különben rohamosan nő az olvadékképződés és ezzel párhuzamosan romlik a téglák melegsilárdsági viselkedése. Rait említett munkája alapvető fontosságú, különösen a krómmagnezittéglák melegsilárdsági és korróziós viselkedésének megítélése szempontjából. Nagy adathalmazt gyűjtött a CaO—MgO—SiO₂—Fe₂O₃—Al₂O₃ rendkívül fontos ötos rendszer egyes részterületeinek egyensúlyviszonyairól és olvadékképződési összefüggéseiről. Mérései szerint a számbajövő legalacsonyabb olvadékképződési hőmérséklet 1260°, amely szerencsés mineralógiai összetétel esetén 1450°-ra emelkedhet. Az olvadékképződés kezdeti hőmérsékletének leszállítását legtöbbször a C₂S, C₃MS₂, CMS, és M₂S képződések okozzák. Tehát az ő vizsgálatai is igazolják Booth megállapításait, amelyek szerint a magnezittéglák gyártásánál melegsilárdsági és korróziós viselkedés szempontjából, minél alacsonyabb CaO és SiO₂ tartalmú nyersanyagokat kell felhasználnunk. Igaz, hogy sajnos, sok esetben a felhasználás helyén dúsulnak fel ezek a béléstéglák salakok hatására CaO-ban vagy SiO₂-ben, ezzel megváltozik mineralógiai felépítésük, nő az olvadékmenyiség és romlik a melegsilárdság, valamint a korrózióval szemben tanúsított ellenállás.

II. Tűzálló téglák olvadékokkal szemben tanúsított ellenállása

Salmang és munkatársai (17) sokat foglalkoztak kohászati vonatkozású salakállósági kísérletekkel. Megállapították, hogy a kohosalak gyakori

vas-mészaluminoszilikát összetételében a CaO, FeO, MnO és MgO oxydok százalékos arányának emelése növeli a korrózió káros hatását, míg a TiO₂, Al₂O₃, P₂O₅, Na₂O és K₂O, úgyszintén az SiO₂ azt csökkenti. A kohászok gyakorlatilag már régen megállapították, hogy salakjaikban a korrózió hatása a bázikus kémhatású adalékok emelésével, mint az Fe₂O₃, CaO vagy MgO megnő és a savasak emelésével, mint az SiO₂ és Al₂O₃ csökken.

Salmang és társai képletbe is foglalták felismerésüket, mely szerint

$$K\ 1500^\circ = \frac{7\text{ CaO} + 4\text{ MgO} + 4\text{ FeO} + 3\text{ MnO}}{\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{ SiO}_2 + 0,5\text{ Fe}_2\text{O}_3 + 2,5\text{ P}_2\text{O}_5} \text{ mm,}$$

mely képletben az oxydok arányait súlyszázalékokban jegyezzük fel és eredményként a salak samottéglába való behatolásának mélységét kapjuk meg mm-ekben, 1500°-os hőmérsékleten. (Salmang idézett közleménye nem adja meg, hogy mennyi idő alatt jelentkezik a korrózió-nak ez a mérve.)

Az 1,8-as tényező természetesen samottminőségénként változik. Feltűnő fenti képletben, hogy az FeO a számlálóban és az Fe₂O₃ a nevezőben áll. Ez azonban megfelel ama tapasztalatunknak, hogy az előbbi, mint bázikus kémhatású anyag a korróziót növeli, míg a savas Fe₂O₃ azt csökkenti. Kohászati salakoknál az alkáloxidok rendszeren a savas kémhatású komponensek viselkedését mutatják, ami szintén szokatlan, de Salmang szerint abban leli magyarázatát, hogy a képződés hőszínezete a maga 100 kal/kg értékével lényegesen magasabb, mint az egyéb szilikátoknál mutatózó 6—20 kal/kg. E lényegesen magasabb hőszínezet ugyanis egyszersmind kifejezője az alkálszilikátok sokkal erősebb vegyikötésének, aminek következtében ezen olvadákokban kevésbé disszociálnak. Tammann vizsgálataiból tudjuk, hogy a szilikátok disszociációja olvadákokban eléggé tökéletes, tehát az olvadákok erős korrózió hatását szabad bázistartalmukban kell keresnünk. Ha viszont az alkálszilikátok, erős kötésük révén csak kevésbé disszociálnak, kisebb a szabad bázistartalmuk, azaz kevésbé támadják a samott-téglát. Bartsch (18) vizsgálatai szerint fenti megállapításainkat savanyú kémhatású olvadákokra — tehát üvegekre — nem szabad érvényesítenünk, mert vonatkozó tárgyú kísérleteinél erősebb korróziót állapított meg, alkáldús olvadákoknál, mint mészdús olvadákoknál és ez a megállapítása egyezik saját tapasztalatainkkal. Az olyan bázikus, vagy kohászati salakoknál, amelyekben az alkáli nem szilikátos kötésben, hanem szabad alkáliként van jelen, szintén erős korrózió hatással kell számolnunk, pl. erre a Herendi Poreclángyárfatüzelésű kemencéiben tapasztalható erős samottok-korrózió. Figyelembe kell vennünk az alkáliáknál még, a szóbanforgó magas hőmérsékleteknél fellépő magas gáznyomásokat is, amelyeknek

következtében jelentős párologással és a keletkezett gázok korróziójával is kell számolnunk. Miután a salakbehatás főleg szilárd fázisok, vagy szilárd és folyékony fázisok között lejátszódó reakciók eredménye, a korrózió mérve, függvénye a reakciófelületek nagyságának is. Ha azonos tömegű anyag szemesenagyságának és szemcsefelületének összefüggését nézzük az alábbi néhány számszerűség tükrében, azonnal helyesen tudjuk értékelni a reakciófelületek döntő jelentőségét, mert pl. :

1 cm³-nyi anyagot figyelembe véve

1 cm élhosszúságú kocka teljes felülete 6 cm²,
azt 1 m/m élhosszúságú kockákra bontva,
azok teljese felülete 60 cm²,

vagy 1 μ élhosszúságú kockákra
bontva azok teljes felülete .. 6 m²

vagy 1 μμ élhosszúságú kockákra
bontva azok teljes felülete .. 6000 m²

vagy 0,001 μμ élhosszúságú kockákra
bontva azok teljes felülete 6 000 000 m²

Ezen néhány adatból álló számszerű összefüggés minden ékesszólásnál szembetűnőbben kiemeli a reakciófelületek nagyságának döntő jelentőségét. A reakciófelület kialakulása nagyságrendiségénél fontos szerepet játszik a porozitás kérdése. Ha a tűzállóanyagok kémiai igénybevételénél eltekintünk a hőmérsékleti igénybevételtől és a téglá vegyi összetételétől, valamint azonos szemeseszerkezetet tételezünk fel, azt mondhatjuk, hogy a porozitás emelkedésével a korrózió nagysága is emelkedni fog. Miehr, Kratzert és Koch (19) vizsgálatai igazolták e szakkörökben ismert gyakorlati szabályt. A porozitás szerepének vizsgálatánál éles különbséget kell tennünk a nyílt és zárt pórusok között, mert hiszen nyilvánvaló, hogy elsősorban a nyílt pórusok azok, amelyekben át a sokszor alacsony viszkozitású olvadákok behatolnak heterogén rendszerünkbe. Hartmann (20) vizsgálatai során kimutatta, hogy az erősen FeO, Al₂O₃ és CaO-tartalmú olvadákok lágyulási intervalluma lényegesen kisebb, mint az SiO₂-dús olvadákoké. Endell (21) megállapításai szerint pedig az olvadákok korrózió hatását jobban növeli a viszkozitás csökkenése, mint az olvadákok vegyi összetételének változása. Bartsch úgy találta, hogy ZnO üvegolvadákokban erős támadóhatást fejt ki, úgyszintén a BaO, amelyet erősebben korródálónak talált, mint a Pb-oxydot. ZnO-dús őrlmények vagy porok a magas Al₂O₃-tartalmú bélést kevésbé támadja meg, mint a SiO₂-dús béléseket. Az MgO a samottbéléseket erősen támadja, míg szillimanit, magnezit és krómmagnezit-béléseket nem. A fentemlített Salmang-féle oxydos képletet a fentiekkel bővítve az alábbiak szerint fogalmazhatjuk :

$$K\ 1400^\circ = \frac{10\text{ (PbO)} + 8\text{ (Cn}_2\text{O)} + 7\text{ (BaO)} + 6\text{ (CaO)} + 5\text{ (MgO)} + 4\text{ (SnO)} + 3\text{ (FeO)} + 3\text{ (NiO)} + 2\text{ (MnO)}}{\text{(Ni}_2\text{O}_3) + 1,6\text{ (Al}_2\text{O}_3) + 1,6\text{ (SiO}_2) + 2,2\text{ (Fe}_2\text{O}_3) + 3\text{ (ZnO)} + 5\text{ (Sb}_2\text{O}_5) + 14\text{ (SnO}_2) + 18\text{ (Cr}_2\text{O}_3)} \text{ mm}$$

vagy általános fogalmazásban

$$K = \frac{(R_2O - \text{alkáli}) + RO}{R_2O_3 + RO_2 + R_2O_5 + \text{alkálszilikátok}}$$

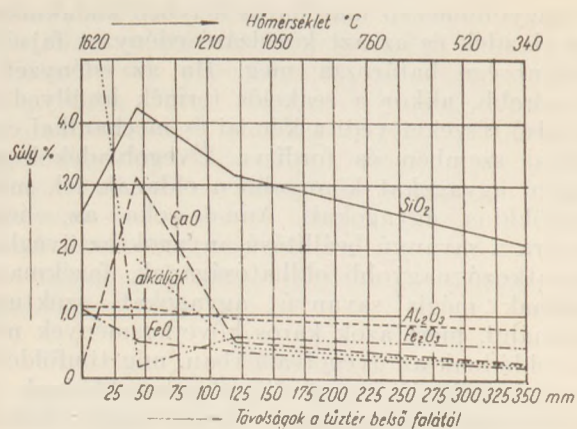
Az alkáliák korrózióv hatását Green (22) és társai vizsgálták behatóan. Ezen vizsgálatok szerint KCl-gőzök 1000°-nál szilikát kevésbé, timfölddúsanyagokat erősebben és samottot a legerősebben támadnak meg. H₂O-gőz jelenlétében, különösen szilikánál, lényegesen erősebb a korrózió. Magnezit és krómagnezitet viszonylag jól állanak ellen az alkáli hatásának.

Chlór 1000° feletti hőmérsékleteken a kloridokká alakuló oxydok egy részét eltávolítja és így messzemenő változásokat okozhat a tűzállóanyagok összetételében (23). Samott a Cl₂ gáznak elég jól ellenáll, még akkor is, ha magas az Fe₂O₃-tartalma. Disszociált H₂SO₄ vagy SO₂ + O₂ 600° körül tetemes súlyemelkedést okozhat, szulfátok képződése mellett. Az Na₂SO₄ szulfátos üvegolvasztási technológia betartása mellett, mint ahogy hazai üveggyáraink is kísérleteket folytatnak ilyen irányban, jelentős korrózióval kell számolnunk. A támadás kemizmusai még nem teljesen tisztázott, vannak, akik a Na₂O és SO₂ képződésben vélik az erős korrózió okát látni, mint Yebsen-Marwedel és vannak, akik a Na₂S képződésben, mint Tammann és Budnikow. Tény az, hogy a képződő és az olvadákon úszó epe nem igen erősen támadja a tűzálló bélést. Az epe rendszeren a kádak hidegebb részei felé húzódik, mint a fugák, mérőműszerek nyílásai, vagy nézőnyílások felé és ott fejt ki leginkább romboló hatását.

A Cl₂-gáz a magnezittéglákat szétrombolja, az SO₂ viszont szilárdságukat növeli. Egyébként a magnezittéglák bázikus salakok hatásának igen jól állanak ellen, hiszen egyéb jótulajdonságuk mellett ez az egyik főoka a kohászatban való előnyös felhasználhatóságuknak. Erősen savanyú salakok megtámadják őket, különösképen, ha azok B₂O₃ vagy P₂O₅-ot tartalmaznak. Mindenféle bázikus salaknak, különösen CaO-tartalmú salakoknak még 1600°-on és a felett is jól ellenállnak. Poliner salakok kevésbé támadják, mint biner salakok, különösképen, ha azok CaO és FeO-t tartalmaznak, mely eset acélművi salakoknál mindig fennáll. A korrózió igen gyakran nem tisztán kémiai behatás, hanem mechanikai behatások következménye. A kétféle korrózió összefüggésével különösen az üvegtechnológusok foglalkoztak és megállapították, hogy előnyös a kádak és fazékok munkafelületeinek üzembhelyezésekor való bezománcozása. A samottfal és vékony üvegréteg határfelületén egy mullitdús fehér réteg keletkezik, amely elég jól megvédi a samottfalat a gyors korródálástól. A mullitdúsulás nyilván az üvegolvadék mineralizáló hatása nyomán keletkezik. Fel- és leszálló áramlatok is csökkentik a bélés falvastagságát. Egyes üvegolvadékok a fürdő felületén korródálják legerősebben a bélést, egyesek pedig a kád, vagy fazék alsó részeit marják fel elsősorban. Konyhasó és gipszpáléáknak vízben való oldási viszonyainak tanulmányozása útján Coad-Prior (24) kimutatta, hogy

a nagyobb mérvű maróhatás helybeli kialakulását az olvadék és az azt körülzáró edényzet fajkülönbsége határozza meg. Ha az edényzet a tömörebb, akkor a reakciós termék lesüllyed és az alsó részeket védi a kémiai és mechanikai erózióval szemben és fordítva. Üvegolvadékok savanyú agyagokat könnyebben oldanak fel, mint timfölddús agyagokat. Annak oka az, hogy dacára a savanyú beállítású anyagok az üvegben mutatkozó nagyobb oldhatóságának, fazékmaszszáknak mégis savanyú agyagokat szoktunk használni, mert azok káros következmények nélkül oldódnak az üvegolvadékban, míg timfölddús keverékek levált szemcséi nehezen oldódnak és nagy selejtkárokat okoznak. Az üveggyári samottanyagok korrózióját Seal (25) szerint az üvegolvasztó kemencék atmoszférájában jelenlevő fémoxyd gázok indítják meg. Schauer vizsgálatai azt bizonyítják, hogy a beszivárgó olvadék komponensei közül a vastartalmúak a tűzoldali részen rakódnak le elsősorban, míg a mész-szilikátok a belső részekbe vándorolnak.

Egyéb tűzállóanyagoknál is találkozunk ilyen vándorlási jelenségekkel. Kohászati kemencékben, a magas hőmérsékleti igénybevételi helyeken a beépített szilikatéglákon nagyjából 3—4 szabadszemmel is megkülönböztethető réteg szokott képződni. Sok kutató foglalkozott ezzel a kérdéssel (27) és megállapították, hogy a tűztér felé fordított első réteg egy szürkés vagy sárgás réteg, azután következik egy barnás, majd egy átmeneti réteg és végül a változatlan réteg. A legbelső krisztobalitból áll és a szállópor, salakfreccsenések és a láng hatása alatt olvad és lecesepeg. A barna réteg főleg tridimitből áll. A salak- és oxydgőzök a tűztérből a téglába vándorolnak és rendszeren a II. rétegben találjuk a legmagasabb vastartalmat, míg mészben a III. réteg dúsul maximálisan. Azt is tapasztaljuk, hogy az I. réteg CaO-tartalma viszont az eredeti mérték alá csökken. Megváltozik a téglák porozitása, hideg nyomószilárdsága stb. is, amennyiben a porozitás a belső rétegben 1% alá csökken, a szilárdság viszont 1000 kg/cm² fölé emelkedik. Üvegolvasztó kemencék szilikatégláiban Badger (28) hasonló jelenségeket állapított meg. A belső réteg fehér, nagyon tömör, vaszegény és krisztobalitból áll és utána egy szürke, magasabb vastartalmú és tridimitből álló réteg következik. Kokszó kemencék szilikatégláinál fenti jelenségek kevésbé tapasztalhatók, miután azok alacsonyabb hőmérsékleti igénybevételnek vannak kitéve. Bázikus téglákban is nagymértékben tapasztalhatunk ilyen vándorlási jelenségeket. Wells és Van Vlack (29) közölték legutóbb pontosabb adatokat ilyen vizsgálatokról. Megállapításaik szerint a magnezittéglákban szilikátolvadékok főként az 1500° hőmérsékleti hatásnak kitétt rétegben alakulnak ki. A téglákban egyébként 10 egymástól különböző réteget állapítottak meg. Olyan téglákat vizsgáltak, amelyek SM-kemence első falában, egyes boltozati részekben és turbókemencékben voltak beépítve. Az egyes rétegek vegyelemzése — ha a kemence bármely részébe is voltak beépítve a téglák — a fentjelzett vándorlási jelenségeket mutatták, nevezetesen azt, hogy



3. ábra

Fémoxidok vándorlása S-M kemencébe épített magnezittéglákban Wells és Van Vlack szerint

vasoxydok a tűzoldali részekben dúsultak fel és a mész a téglá belsejébe vándorolt. A Mn, Si, P és alkáliák szintén a tűzfelőli oldalon dúsultak. Az Al₂O₃-tartalom elég egyenletesen oszlott el az egyes rétegekben. A spektrográfiai vizsgálatok két főcsoportra osztották a komponenseket: a szilikátok magukba foglalták az összes SiO₂-t a CaO-t és némi MgO-t. Az oxydos ásványok magukba foglalták az MgO legnagyobb részét, MnO-t, a vasoxydokat és valószínűleg az Al₂O₃ zömét. Monticellit és forszterit a boltozattéglákban mindenütt jelen volt, dikalciumszilikát csak a téglák tűzfelőli oldalán. Aránylag magasabb mésztartalom mellett a magas hőmérsékleti zónákban több volt a tri- és dikalciumszilikát, míg a forszterit csak hidegebb rétegekben mutatkozott. Az összes minták tűzfelőli oldala nagyrészt magnézia-vasoxydfázisokból állt. A periklász hirtelen lehűléskor a vasoxydot szilárd oldatban tartja vissza; ha azonban a periklász-vasoxyd szilárd oldatot lassan hűtjük le, a magneziaferrit kikristályosodik dendritikusan növekvő keresztcskek alakjában. A negyedik zónán túl a magneziaferrit eltűnt, de volt még némi vasoxyd a periklászban, szilárd oldatban. A szilárd oldat a hideg oldal felé esőként, míg az utolsó zónákban a téglá már tiszta periklászából állott. Hasonló megállapításokat tettünk mi is Martin-kemencékbe épített téglák vizsgálata alkalmával. Minden esetben megállapítottuk a Ca vándorlását a téglá belsejébe, a hidegebb részek felé, és az Si és Fe vándorlását a melegebb részek felé. Nem egyeznek megállapításaink Wells megállapításaival, a magneziaferrit tekintetében, amennyiben mi azt a téglá teljes hosszmetsete mentén megtaláltuk a hideg zónákban is. A különbség nyilván abból ered, hogy a Gömör-Szepesi Ércheység ércéből készített téglákban több magneziaferrit képződik, sokszor a 20-szorosa is az egyéb tégláknál és így ilyen tömegvándorlásra nem nyílik lehetőség. Ezenkívül a magneziaferrit tégláinkban főleg a gyártásnál képződik és nem a kohászati kemencékbe való beépítésnél, használat közben. (Lásd a 3. sz. ábrát).

Érdekes és sokat vizsgált módja a korróziónak a szénlerakódások által okozott korrózió. Karbon-

nak szénmonoxydból és metánból való leválása, valamint szénnek tökéletlen elégeése következtében a karbonnak a téglák pórusaiban való lerakódása megbonthatja a jóminőségű és tömör téglák szerkezetét is és a tűzállófalazatok időelőtti megpedését, tönkremenetelét okozhatja.

Szénhidrogének krakkolási folyamata 550° körül kezdődik, mint pl. az C₂H₄ és C₂H₂-é, vagy 850° körül a CH₄-é. A szénhidrogének ekkor C-re és H₂-re bomlanak. A CO a Boudouard-reakció értelmében C-re és CO₂-re bomlik. Rigby, Booth és Green (30) megállapítása szerint CO₂-nek keverése a CO-hoz lényegesen csökkenti a C-lerakódás veszélyét. Már 25%-os adagolás lényeges eredménnyel jár. A Boudouard-egyenlet egyensúlygörbéjéből megállapíthatjuk, hogy a reakció csak 400 és 1000° között megy végbe és 600 és 800° között a legkönnyebben. Mint egyéb gázreakció, úgy ez a reakció is szilárd közeg felületén játszódik le könnyen. Hubbard (31) szerint nem is annyira a katalizátor kémiai sajátságai a döntők, hanem annak a felületi kiképzése. Olvadékok pl. nem katalizálják a reakciót. A kohótéglák korróziójának eseteiből tudjuk, hogy a vasoxyd pl. igen erős katalizátorként hat, és a karbonlerakódás a kohóbélés samottégláit viszonylag rövid időn belül morzsalékonnyá tudja tenni. Rowen és Green (32) mérései szerint a vasoxydok térfogatuk 70-szeresét képesek karbonból lekötöni. Ezek a lerakódások elérhetik a 20 mm vastagságot is és a C-lerakódás közben a téglában a nyomás 1000 kg/cm²-re is emelkedhet. A veszélyes C-lerakódás olyan magas vasoxydtartalmú samot és magnezittégláknál lép fel, amelyeket 500–800° között kell alkalmaznunk. Heuer (33) vizsgálatai szerint a vas katalitikus hatása csak akkor érvényesül, ha oxydos kötésben van jelen, szilikátos kötésben nem. Ebből a tényből azt a következtetést kell levonnunk, hogy a kohóbélesztéglákat vasszegény agyagokból és palákból kell gyártanunk, magas hőmérsékletre és tűzkitartással, valamint redukáló légkörben égetnünk, hogy egyéb minőségi előnyökön kívül a vasvegyületeket szilikátokká alakítsuk és megvédjük a C-lerakódás veszélyétől. A magnezittéglákat pedig óvjuk meg 900° alatt a CO-tartalmú gázokkal való érintkezéstől.

Olaszországban, ahol az elmúlt években különösen emelkedett a földgáznak ipari célokra való alkalmazása, a szakemberek sok panaszt közöltek a samotbélések időelőtti tönkremeneteléről oly beépítési helyeknél, ahol azonos hőmérsékleti igénybevétel, de szén- vagy olajtüzelés mellett az azonos minőségű samottéglák jól tartottak. Biagotti-Grungo (34) és Inzigneri (35) ezeket a jelenségeket nagyrészt a fent leírt C-lerakódásoknak tulajdonítják.

Trostel számol be amerikai vizsgálatokról (36), amelyek arra irányulnak, hogy kohótéglákról a beépítés előtt végzett vizsgálat útján lehessen következtetni valószínű tartósságukra. Vizsgálati módszeréhez monel-fémből készült és egyszerűen kezelhető reakciós kamrákba helyezett, minél nagyobb méretű, frissen égetett mészporba ágyazott, kb. 60 db mintatéglára 24 órán át CO-t vezet. A téglákon észrevehető változásokat egyéni meg-

ítélés alapján 5 csoportba osztja, kezdve az „ép, érintetlen“ fokozattól a „teljesen szétesett“ fokozatig. A reakciós hőmérséklet 500° . A mészporba ágyazás célja a CO_2 lekötése. Három évig folytatott mérései alapján azt a következtetést vonja le, hogy 12 SK-ra égetett kohótéglák — egyéb tényezők változatlanul hagyása mellett — általában 50 órai fenti CO -behatás után tönkremennek, míg 18 SK-ra égetett téglák még 500 órai behatás után sem mutatnak semmi változást. A fentemlített szubjektív meghatározás helyett exakt összefüggéseket is igyekezett megállapítani, pl. a CO -behatás és szilárdság összefüggését, de eddig ez megnyugtató módon nem sikerült.

III. Tűzállótéglák melegszilárdsági és korróziós ismérveinek vizsgálata és javítása

Az elmondottakból kiténik, hogy tűzállótéglák melegszilárdsági viselkedése és korrózióval szemben tanúsított ellenállása messzemenően olvadékképződési kérdés, amely a hőkezelés hőmérsékleti szintjétől, vegyi összetételtől, mineralógiai felépítéstől, viszkozitástól, porozitástól, a pórusok alakjától, az olvadékok felületi feszültségétől, a támadó salak és tűzállótégla nedvesítési szögétől stb., — tehát igen sok tényezőtől függ, amelyeknek kézbe tartása és az optimális tartósság szempontjából történő irányítása sokszor nehézségeket okoz, mert ellentétes intézkedésekhez vezet, amiért is csak kompromisszumokról lehet szó. Két tényezőt nézzünk még meg közelebbről. Az egyik a támadó olvadék és a tűzállótégla nedvesítési szöge, a másik a felületi feszültség kihatása. A nedvesítési szöggel újabban Comeforo-Hursh foglalkozott (37). Nedvesítési szög alatt értjük az általában domború olvadékesepnek a szilárd testtel érintkező pontjában fektetett érintő és a szilárd test felülete által bezárt szöveget. A nedvesítési szög függ az olvadék és a szilárd rész közötti tapadó erő nagyságától és az olvadék kohéziójától. A definíció szerint 180° -os nedvesítési szög azt jelenti, hogy az olvadék és a szilárd test között nincsen tapadás és 0° azt jelenti, hogy a tapadási erő lényegesen nagyobb, mint az olvadék kohéziós erői, vagyis ez az eset áll fenn akkor, amikor az olvadék beszívárog a szilárd testbe. Az olvadékbehatolás mértékének meghatározására a szerzők különböző összetételű — az Al_2O_3 — SiO_2 rendszerbe tartozó tűzállóanyagokon végezték kísérleteiket és azt tapasztalták, hogy a beszívódás-beszívárgás, azonos üveglvadék alkalmazása mellett az alábbi sorrendben csökkent:

1. Szilikátégla.
2. 99%-os Al_2O_3 .
3. Mullittégla.
4. Öntött kádkő.
5. Magas minőségű samot.
6. Felsősavanyú samot.

A fenti meglepő rangsorral kapcsolatban a szerzők sajnos nem térnek ki a próbatestek porozitására, csak megállapítják, hogy az olvadékbeha-

tolás mérve sokkal inkább függ a nedvesítési szög-től, mint a pórusok nagyságától.

A felületi feszültség olvadék behatolási és nedvesítési szerepével szintén foglalkoztak különböző kutatók. Ehelyütt Staerker munkáira szeretnék kitérni, aki figyelemreméltó eredményekről számol be a korrózióvédelem terén és pedig minimális felületi feszültségek biztosítása útján (38). Elgondolása a következőképpen foglalható össze.

Amint tudjuk, a szilikátkémiában döntő jelentőségűek a szilárd fázisban végbemenő reakciók, amelyeket hőkezelés útján biztosítunk. A hőmérséklet emelésével a molekulák és ezzel a kristályok szétesése jár. Ezzel a folyamattal a reagáló felületeket nagymértékben növeljük. Egyszermind növeljük az élek és sarkok képződését is, és ilyen formán a határfelületeken is megsokszorozódik az élek és sarkok száma. A mineralogusok vizsgálatai nyomán tudjuk, hogy az ilyen élek és sarkok telítetlenségük révén különösen reakcióképes részek. Nagy felületi feszültség esetében a felületen elhelyezkedő molekulák a test belsejébe igyekeznek vándorolni mindaddig, amíg a test felülete a lehető legkisebb értéket éri el. Az itt fellépő nyomást belső nyomásnak nevezhetjük és annak nagysága a felületi feszültséggel arányos. Nagy felületi feszültséggel rendelkező anyagnál, mint pl. a higanynál a molekulák a nagy belső nyomás hatására az anyag belseje felé igyekeznek vándorolni, aminek következtében az a legkisebb felületű alakot igyekszik felvenni, vagyis a gömbalakot. Alacsony felületi feszültségű anyagoknál fordított a helyzet; ezek a legnagyobb felületű alakot igyekeznek kitölteni, ha az érintkező más anyagból álló felülethez nagyobb az adhéziójuk, mint saját kohéziójuk, ami gyakran monomolekuláris réteg kialakulásában érvényesül. A felületi és belső erők eme törvényszerűségének figyelembevételével igyekszik a zománccipar zománcainak jó nedvesítési tulajdonságokat, azaz jó tapadási viszonyokat biztosítani. Staerker fentieket szem előtt tartva, samottégláknál a fordított viszonyokat igyekezett megvalósítani, azaz igyekezett a támadó olvadék és tűzálló téglák között minél nagyobb határfelületi feszültséget biztosítani, amit a tégláknak egy általa „Vanal“-nak nevezett védőréteggel történő bevonása útján ért el. A korróziós károk csökkentését eddig úgy igyekeztek elérni, hogy a téglák összetételét változtatták a támadó salak jellege szerint, tehát bázikusabbá vagy savanyúbbá tettük, vagy a tömörségét növeltük. E két klasszikus lehetőség mellé sorakozik mint harmadik lehetőség a Staerker által javasolt nagy felületi feszültségdifferenciának biztosítása a tűzálló falazat és támadó médium között. Védőrétegeket eddig is alkalmaztunk sokszor, de nem a fenti tények szem előtt tartása mellett.

Az újabb irodalomban több kutató hangsúlyozta már, hogy abból a célból, hogy a tűzállóanyagokkal szemben állandóan fokozódó követelményeknek eleget lehessen tenni, helyes volna egyalkotós rendszerek alkalmazására áttérni, amellyel a legmesszebbmenő nyersanyagválogatást biztosítani és végül a késztermékekben üvegfázisok keletkezését elkerülni. Az utóbbiak ugyanis mindig

a kiinduló helyei a korróziónak. A javaslat elméletileg helyes, de nyersanyag és költségkérdések miatt csak különleges esetekben valósítható meg. A nagy határfelületi feszültségek védőbevonatok által történő biztosítása és a tűzállófalazatok élettartamának ilymódon való meghosszabbítása figyelemreméltó haladást jelentene a tűzállóanyagipar, illetőleg az egész felhasználó ipar részére.

Staerker szerint nagy határfelületi feszültséget biztosítanak pl. a B, K, Na, Pb, Va, Mo oxydjai, amelyek közül tűzállósági okokból csak 2—3 érdekes, attól függően, hogy milyen hőmérsékleten akarjuk a védelmet biztosítani. Staerker eddigi ipari kísérleteknél igen jó eredményeket ért el kerámiai ipari kemencéknél, samot és SiC idomok védelménél és hónapok óta vannak beépítve acélművi elektrokemence boltozatba és üvegolvasztó kemencékbe „Vanal“-al védett tűzállótéglák, amelyek eddig kifogástalanul viselkednek.

Egy 1520°-ra járó fazékkemencébe beépített kövek közül a védetlen, teljesen átváltozott és részben szétroncsolt téglákkal szemben a védett téglák eredeti szerkezetüket megtartották.

Az olvadékok okozta korrózió vizsgálatára nagyjából két elv szerinti vizsgálati módszert szoktunk alkalmazni, de miként a magas hőmérsékleti szilárdsági viselkedés vizsgálatánál, úgy ebben az esetben is nehéz a gyakorlati beépítés helyén fellépő viszonyokat a kísérleti berendezésben reprodukálni és így a kapott eredmények gyakran nem egyeznek a nagyüzemi tartósság eredményeivel. Az egyik módszer szerint tégelyszerű mélyedést vágunk a vizsgálandó téglába és abba helyezük a maró médiumot, vagy a téglá próbakockáját helyezük egy tégelybe ömlesztett olvadékba és az első esetben a kísérlet után kettévágott felületen planimetráljuk az olvadék által átítatott területet, vagy a másik esetben a próbatégla fogyását ítéljük meg. A másik módszer szerint, amely talán dinamikusnak mondható, a támadó salak örleményét vagy olvadékát a meghatározott hőmérsékletre izzított próbatéglára hullatjuk, illetve csepegtetjük. A maróhatás nagyságát a próbatégla fogyásából ítéljük meg. A második módszer talán kissé közelebb áll a gyakorlati behatás viszonyaihoz.

IV. A fejlődés útja

Összegezve az elmondottakat, megállapíthatjuk, hogy tűzállóanyagok melegszilárdsági és korróziós viselkedése igen komplex kérdés. Az egyes tényezők felderítésével sok kutató alapos munkát végzett, de mint annyi más szilikátkémiai problémánál, úgy ennél a kérdésnél is azt kell megállapítanunk, hogy az eddigi kutatások első sorban arra világítottak rá, hogy mennyit nem tudunk még, kezdve az 5—8 alkotós heterogén rendszerek egyensúlyi viszonyaitól a felületi feszültség molekuláris erőinek befolyásáig.

A melegszilárdsági és korróziós ismérvek javítása érdekében az alábbi lehetőségeket jelölöm meg különös hangsúllyal:

1. A tömörség fokozása, helyes nyersanyag megválasztás, magas hőfokon levezetett előégetés,

gondos szemeseválogatásra felépített szemese-szerkezet, alakításnál optimális nyomásviszonyok biztosítása és optimális hőmérsékleten és időtartamra terjedő végső hőkezelés biztosítása útján.

2. Minél magasabb határfelületi feszültség biztosítása az alkalmazott tűzállótégla és a támadó médium között.

3. Csúcs-igénybevételek esetében lehetőleg egyfázisú rendszerek alkalmazása.

4. Üvegfázis keletkezésének a lehetőségekhez képest történő elkerülése.

5. Kristályos szerkezetű tűzállótestek alkalmazása, mert viselkedésük előnyösebb, mint az amorfoké.

6. Vizsgálati módszerek tökéletesítése és nemzetközi egységesítése.

Ha ezen szempontok betartása mellett fogjuk tűzálló termékeinket gyártani, ezekre fogjuk irányítani kutatóink tevékenységét, technológusaink figyelmét, akkor iparágunknak sikerülni fog a felhasználó ipar, de főleg a kohászat rohamosan fejlődő igényeit kielégíteni.

Irodalom

1. Hirsch : Ber. Deutsch. Ker. Ges. 9. köt. (1929), 11. köt. (1930).
2. Bowen—Greig : J. Amer. Ceram. Soc. 7. köt. (1924).
- Hugill : Trans. Ceram. Soc. 39. köt. (1940).
- Parmellee—Rodriguez : J. Amer. Ceram. Soc. 25. köt. (1942).
- Comofozo—Fischer—Bradley : J. Amer. Ceram. Soc. 31. köt. (1948).
3. Sztrókai : Földt. Közl. 1951.
4. Grofcsik—Vágó : Építőanyagipar. 1952. 11—12. szám.
5. Grofcsik : Tud. Akad. Kém. Oszt. közleményei. 2. évf. 1—2. sz.
6. Halm : Bull. Soc. Franc. Céram. 1. köt. (1948).
7. Parmelec : J. Amer. Ceram. Soc. 25. köt. (1942).
8. Budnikow—Chisch : Ber. Deutsch. Keram. Ges. 10. köt. (1929).
- Budnikow—Schmukler : Prikl. Chim. 19. köt. (1946).
9. Hirsch : Keram. Rundsch. 32. köt. (1924). Tonind.-Ztg. 54. köt. (1930).
10. Hyslop—Mc. Nab : Trans. Ceram. Soc. 37. köt. (1938).
11. Wiechula—Roberts : Trans. Brit. Ceram. Soc. 51. köt. (1952).
12. Hirsch : Tonind. Ztg. 53. köt. (1929).
13. Rigby—Richardson—Ball : Trans. Brit. Ceram. Soc. 46. köt. (1947).
14. Brampton—Parnham—White : Journ. Iron Steel. Inst. 152. köt. (1945).
15. Reit : „Basic Refractories“, Dorset House, London.
16. Booth : Trans. Brit. Ceram. Soc. 58. köt. (1950).
17. Salmang, stb. : Archiv f. d. Eisenhüttenwesen. 4. köt. (1930/31). 229. old.
- Feuerfest. 7. köt. (1931.) 161. old.
18. Bartsch : Ber. d. Deutsch. Keramischen Gesell. 15. köt. (1934). 295. o.
19. Miehr—Kratzert—Koch : Tonindustriezeitung. (1930.) 49., 55., 56.
20. Hartmann : Stahl und Eisen. (1939.) 19. köt. 10. sz. Ber. d. Dtsch. Keramischen Gesell. 15. köt. (1934). 375. o.
21. Endell : Ber. d. Dtsch. Keramischen Gesell. 19. köt. (1938). 12. sz.
- Glastechnische Berichte, 13., 78. köt. (1935).

22. Green : Trans. Cer. Soc. 34. köt. (1935), 36. köt. (1937), 39. köt. (1946), 40. köt. (1941), 42. köt. (1943).
 23. Green : Trans. Brit. Cer. Soc. 41. köt. (1942).
 43. köt. (1944).
 24. Coad—Prior : I. Soc. Glass Technol. 2. köt. (1918).
 25. Seal : I. Soc. Glass Techn. 32. köt. (1948).
 26. Schauer : Sprechsaal. 72. köt. (1939).
 27. Bigot : Trans. Ceram. Soc. 18. köt. (1918/19).
 Graham : Trans. Ceram. Soc. 18. köt. (1918/19).
 Sieurin : Ber. d. Dtsch. Ker. Ges. 7. köt. (1926).
 Grum—Grjmaylo : Feuerfest. 4. köt. (1928).
 Rees : J. Am. Ceram. Soc. 8. köt. (1925).
 28. Badger : Fuels a. Furn. 7. köt. (1929).
 29. Wells—Van Vlack : Journ. Amer. Ceram. Soc. 2. köt. (1951).
 30. Rigby—Booth—Green : Trans. Brit. Ceram. Soc. 43. köt. (1944).
 31. Hubbard : Trans. Ceram. Soc. 28. köt. (1928).
 32. Rowden—Green : Trans. Cer. Soc. 37. köt. (1938), 38. köt. (1939), 43. köt. (1944).
 33. Hener : Journ. Amer. Ceram. Soc. 12. köt. (1929).
 34. Biagotti—Grungo : La Ceramica. 8. köt. 7. sz. (1953).
 35. Inzigneri : La Ceramica. 8. köt. 6. sz. (1953).
 36. Trostel : Journ. Amer. Ceram. Soc. 34. köt. (1951).
 37. Comoforo—Hurch : Journ. Amer. Ceram. Soc. 35. köt. (1953). 5—6. sz.
 38. Staerker : Ber. Deutsch. Keram. Gesell. 29. köt. (1952). Tonind. Ztg. 76. köt. (1952).
 Salmang : Die physikalischen u. chemischen Grundlagen der Keramik, Springer Verlag, Berlin (1951).
 Rasch—Skornia : Feuerfeste Baustoffe in der Glasindustrie, Kurt Fahdt, Dresden, 1951.
 Sövegjártó : Bázikus tűzállóanyagok. Mérnöki Továbbképző Int. Budapest, 1952.

Kérdés — felelet

Kérdések

37. *Hogyan történjék fehér és színes öblösüveg termékek minőségének gyártásközbeni ellenőrzése? Különösen a falvastagság ingadozása és deformáció ellenőrzési módszereinek helyes kialakítására volna szükség.*

38. *Kiskapacitású körkemencénk épülete nem alkalmas arra, hogy a tűzelszinten nyers téglát szárítsunk, mert erre hely nincs. Érdemes-e a kemence-épületet átépítve a helyet megnövelni, hogy ott a hideg időszakban téglát száríthassunk?*

39. *Villamosított téglagyárban milyen elektromos műszerek beszerzése szükséges, hogy az üzemenetet és energiafelhasználást ellenőrizni tudjuk?*

Feleletek

28. *kérdés: Hogyan lehet a mészhomok téglagyártáshoz felhasznált égetett mészhomok CaO tartalmát megközelítőleg könnyű és gyors módszerekkel az üzemekben ellenőrizni?*

Felelet: Égetett mészhomok CaO-tartalmának üzemi ellenőrzése egyszerű módon történhet. A vizsgálat lényege két titrálás, amelyik közül az egyik metilnarancs-indikátor jelenlétében az égetett mészhom jelenlévő összes meszet adja meg, függetlenül attól, hogy az CaO, vagy CaCO₃ formájában van jelen. A másik titrálás, melyet fenolftalein-indikátorral végzünk, az égetett mészhom jelenlévő aktív CaO-tartalom meghatározására szolgál.

A vizsgálathoz szükséges eszközök a következők:

- 1 db 500 g-os taramérleg súlysorozattal,
- 2 db 50 ml-es büretta állvánnyal,
- 2 db 500 ml-es Erlenmayer-lombik,
- 1 db achátmozsár törővel,
- 1 db porcelánmozsár törővel,
- 1 db 20 ml-es pipetta,
- fecskendőpalack desztillált vízzel,
- normál sósav,
- normál lúg,
- metilnarancs-indikátor,
- fenolftalein-indikátor,
- elektromos főzőlap.

A vizsgálat végrehajtása a következőképpen történik.

A vizsgálandó égetett meszet porcelánmozsárban előtörjük, majd achátmozsárban egész finomra eldör-

zsölünk belőle kb. 5 g-ot. Az így előkészített anyagból taramérlegben bemérünk 1—1 g-ot két Erlenmayer-lombikban. A két 1 g-os bemérést külön-külön vizsgáljuk az alábbiak szerint.

Az egyik lombik tartalmához hozzámérünk 40 ml normál sósavat. Kiforraljuk, majd lehűlés után metilnarancs-indikátor jelenlétében normál lúggal a sav feleslegét visszatitráljuk. (Az indikátor átcsapása pirosból sárgába.) A fogyott x ml-ek számát 2,8-del megszorozva megkapjuk az összes mésztartalmát CaO-ban kifejezve = a .

A másik lombikba kb. 50 ml desztillált vizet öntünk; forralás és lehűtés után fenolftalein-indikátor mellett normál sósavval titrálunk addig, míg az oldat először elszíntelenedik. Fontos, hogy közben állandó keveréssel biztosítsuk a becsöppenő sav egyenletes elosztását.

A fogyott y ml-ek számát 2,8-del megszorozva megkapjuk a CaO formájában jelenlévő mészhom mennyiségét CaO-ban kifejezve = b .

$$\frac{a - b}{0,56} = c$$
, az égetett mészhom jelenlévő CaCO₃ 100 — ($b + c$) = a savban oldhatatlan maradék.

30. *Kérdés. Miért építik egybe az új téglaprészekkel a teknőskeverőt?*

Felelet. A korszerű téglaprés csak akkor működik megfelelő jó teljesítménnyel, ha az anyagot jól megmunkálva és egyenletesen adagoljuk a présbe. Az agyagelőkészítés utolsó és fontos fázisa az olyan intenzív keverés, amely lehetővé teszi a különböző előző örlőművek munkája által képződött agyagrétegződések felbontását, összekeverését.

Ez a művelet a téglaprés hajtócsigájában is folytatódik. Logikus tehát, hogy a technológiai folyamatok egymásutánját a két gép összeépítésével is biztosítsuk. Ezt indokolja még az is, hogy a téglaprés erős alappal kell építeni, amely a teknőskeverőt is elbírja, tehát a külön vasszerkezetű állványozást megtakaríthatjuk.

A prés feletti jól beállított, helyesen adagoló teknőskeverő véd a prés eltömődése ellen is. Valamilyen üzemi zavar esetén a könnyen takarítható teknőskeverő veszélytelenebbül veszi fel a túladagolást, mint az esetleg elfulladó téglaprés.

A prés közvetlen közelében levő nyitott teknőskeverőben könnyen ellenőrizhetjük a présbe jutó agyag minőségét, nedvességtartalmát.

Beszámoló zuzógépekkel végzett vizsgálatok eredményeiről

LÁZÁR JENŐ

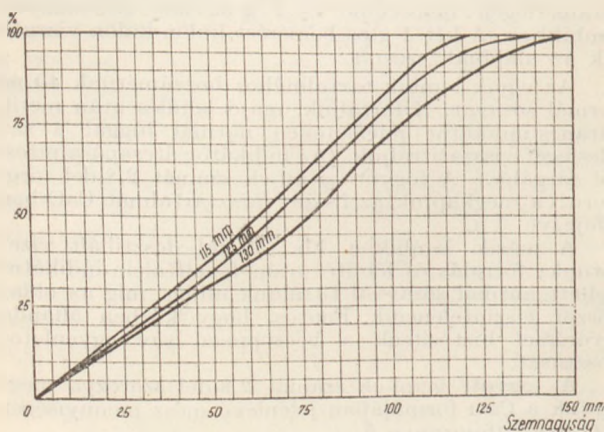
Az alábbiakban azon kísérletek eredményeit fogom ismertetni, melyeket 1953 nyarán az Alkalmazott Matematikai Intézettel együttműködve végeztünk az uzsai kőbányában. A beszámoló a vizsgálatoknak csupán azon csoportjára vonatkozik, melyek az általam vizsgált gyakorlati — tehát tervezési és üzemeltetési — problémákkal kapcsolatosak. Azon vizsgálatokról, melyek a már korábban eszközölt matematikai levezetések ellenőrzésére és kiegészítésére vonatkoztak, az Alkalmazott Matematikai Intézet fog majd beszámolni.

ban ennek a gépnek az adatait állapítottuk meg és a kapott eredmények részben meglepetéssel szolgáltak.

A X-es zuzógép kialakításánál — a kőbányaipar kívánságainak megfelelően — 50 m^3 óráteljesítményű előzuzógép megszerkesztése volt a cél. Az elkészült gép teljesítőképességét az Aprító-gépgyár katalógusa $30\text{--}40 \text{ m}^3/\text{ó}$ -val adja meg közepes szilárdságú kő és 100 mm -es pofanyílás mellett, ami a szokásos 125 mm -es pofanyílásnál nagyjából a kívánt 50 m^3 óráteljesítménynek felel meg. Az üzemi tapasztalatok azonban hamarosan megmutatták, hogy ezek a gépek ennél lényegesen többet tudnak teljesíteni, ezért a zuzógépekre vonatkozó szabványelőírások már $70 \text{ m}^3/\text{ó}$ -val adták meg ezen zuzó teljesítőképességét.

Az általunk eszközölt mérések szerint azonban a X-es zuzógép teljesítménye, bazaltkő zúzása és 125 mm -es zárt pofanyílás (a szemszerkezeti görbét az 1. sz. ábra mutatja) — tehát kb. 140 mm -es max. szemmagyság — mellett $125 \text{ m}^3/\text{óra}$ és a kiömlőrésnek 115 mm -re való összeszűkítése után is (kb. $120\text{--}130 \text{ mm}$ legnagyobb szemmagyságnál) még mindig kb. 110 m^3 az óráteljesítmény. (A kiömlőrést bordaéltől bordatáig mértük. Lásd 1/a ábrát).

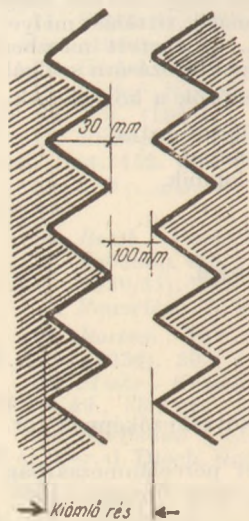
Ez a megállapítás nagy jelentőséggel bír a jövőbeni tervezések szempontjából. Az újonnan tervezett nagy kőbányauzemek előirányzott teljesítménye általában 250 t/óra , melynek eszközzésére 4 db X-es előzuzógépet tervezünk be. $70 \text{ m}^3/\text{óra}$ — tehát 100 t/óra — teljesítőképesség fel-



1. ábra

A kőbányászattal és a kő feldolgozásával kapcsolatban az utóbbi évek folyamán számos probléma merült és merül fel. Ezekre vonatkozólag azonban kísérleti vizsgálatok végzésére nem igen került sor, hanem a kérdéseket csak feltevések, és elméletek alapján lehetett eldönteni. Ily módon azonban számos oly felfogás és eljárás is vert gyökeret és nyert általánosan alkalmazást, melyekről már az eddig végzett — igen kis számú — kísérleti vizsgálatok is kideríthették, hogy helytelen alapon nyugszanak és gyakran csupán babonáknak tekinthetők. Ezek a babonák azonban sok fölösleges munkát és költséget okoznak és így műszaki vonatkozásban éppoly károsoknak bizonyulnak, mint bármely más területen. Szükséges tehát, hogy tényeken alapuló kísérletekkel és vizsgálatokkal igyekezzünk világosságot deríteni a kérdésekre és ilymódon leleplezni és kiküszöbölni a tévhiteteket. Ebben a munkában kívántunk bekapcsolódni az alant ismertetett kísérletekkel is.

A vizsgálatok zömét az Aprító-gépgyár X-jelű kétingás pofás zuzójával végeztük, ezért elsősor-



1/a. ábra

teljesítőképesség feltelezésével ez az eljárás helyes is volna, mert így a megkívánt teljesítmény eléréséhez 3 gépegység szükséges, a negyedik gépegység pedig tartalékként szerepel géphibák esetére és azért, hogy a gépek javítása ciklikusan — üzemállások szükségessége nélkül — eszközölhető legyen. A megállapított nagy teljesítőképesség mellett azonban két zuzógép bőven ellátja a szükséges előtörési munkát, még akkor is, ha nagy óvatossággal járunk

el és csak $100 \text{ m}^3/\text{óra} = 150 \text{ tonna}/\text{óra}$ teljesítőképességgel számolunk és mégis megtakarítunk egy zúzógépet, ami tervezési szempontból főleg azért fontos, mert így az előzúzó épületek 25%-kal kisebbre méretezhetőek, ami többszáz ezer forint megtakarítást jelent.

Megvizsgáltuk továbbá a X-es zúzó energiaszükségletét is. Az Aprítógépgyár 110 LE-s motorokkal szállítja a gépeket. Ezt a motorteljesítményt a kőbányaiüzemi szakemberek közül többen főlegesen nagyra tartottuk. Az eszközölt mérések szerint a felvett energia — 125 mm-es pófanýtás és bazalt zúzása mellett — kb. 60 kW ($58,6 \text{ kW}$) = 80 LE volt.

A motorok tehát — az indításnál szükséges nagyobb erő kifejtés tekintetével — nem túlméretezettek. A kifogások azonban mégsem voltak alaptalanok, mert a motorok csak azért megfelelőek, mert a zúzó teljesítőképessége több mint kétszerese az előírányttnak. $50 \text{ m}^3/\text{óra}$ teljesítmény mellett lényegesen kisebb motorok is megfeleltek volna.

A fajlagos energiafogyasztás: $80 \text{ LE}/125 \text{ m}^3 = 0,64 \text{ LE}/\text{m}^3$, ami igen kedvezőnek mondható, hiszen eddig az energiaszükséglet előbecslésénél $1 \text{ LE}/\text{m}^3$, sőt $1 \text{ kW}/\text{m}^3$ fajlagos energiaszükségletből indultunk ki, tehát a megállapított értéknek csaknem kétszereséből.

A gép üresjárás teljesítményigénye kb. $12 \text{ kW} = 16 \text{ LE}$, tehát a motor névleges teljesítőképességének 14,5%-a, ami zúzógépeknél kedvezőnek mondható.

Összefoglalólag megállapíthatjuk, hogy a X-es zúzó gép kialakítása — egyes jelentéktelen gyermekbetegségektől eltekintve — igen sikeres munka volt és ha a tervezők ennek a típusnak 800 mm és 1200 mm pófaszélességű (VIII és XII jelzésű) változatait is kialakítják, úgy a pófás előzúzó gépekkel kapcsolatos problémáink valószínűleg évtizedekre megoldást nyernek.

Megvizsgáltuk az utánzóként használt 1200 mm törökúpátmérőjű Pegson-gyártmányú körzúót is. Erre a zúzóra vonatkozólag — a X-es zúzóval ellentétben — a gyártó cég pontos adat szolgáltatást nyújt, melyet méréseink igazoltak.

A teljesítmény — a rendes üzemi beállítást (75 mm max. szemnagyság) jelentő — 22 mm-es kiömlőrés mellett $93,5 \text{ tonna}/\text{óra} = 62 \text{ m}^3/\text{óra}$ volt, ami egyezik a gyártó cég által megadott $55-63 \text{ m}^3/\text{órával}$. 38 mm-es rés mellett (95 mm max. szemnagyság) pedig $131 \text{ tonna}/\text{órára} = 88 \text{ m}^3/\text{órára}$ emelkedett a teljesítmény.

Az energiafogyasztás — 22 mm-es kiömlőrés mellett — $56,5 \text{ kW} = 75,7 \text{ LE}$, (a gyár $55-80 \text{ kW}$ -ot ad meg), ami $75,7/62 = 1,22 \text{ LE}/\text{m}^3$ fajlagos energiaszükségletnek felel meg. Ez látszólag sokkal kedvezőtlenebb eredmény, mint a X-es zúzónál nyert érték. Az így nyert fajlagos energiaszükségletek egyszerű összehasonlítása azonban nem volna megfelelő eljárás, mert a X-es zúzó terméskövet zúz ugyan meg, de csak 140 mm alá, míg a Pegson-zúzó előtört követ kap ugyan, de azt 75 mm alá zúzza meg.

Régebben megjelent tanulmányaimban* megállapítottam az energiaszükséglet és a zúzás által elért max. szemnagyság összefüggéseit úgy előmint utánzókra vonatkozólag. Ennek eredményeit mutatja a 2. ábra. Az ábra grafikonjai csupán viszonyszámokat adnak, de ha tapasztalati adatokból tudjuk, hogy valamely kőanyagnak pl. 140 mm alá való megzúzásához mekkora energia szükséges, úgy az ábrából — a megfelelő ordináták összehasonlításával — megállapítható, hogy ugyanazon anyagnak pl. 80 mm alá való megzúzásához mennyivel több energia szükséges. (A vonalkázott görbe ugyanezt az összefüggést ábrázolja utánzó részére.)

Ha összehasonlítjuk az előzúzókkal kapcsolatos — teljes vonallal meghúzott — görbe 140 mm-es max. szemnagysághoz tartozó ordinátáját az utánzókkal kapcsolatos — vonalkázott — görbe, 75 mm-es legnagyobb szemnagysághoz tartozó ordinátájával, úgy azt az eredményt kapjuk, hogy 75 mm alá zúzó utánzó gépnek kb. 50%-kal több energiára van szüksége ugyanazon mennyiség megzúzására, mint 140 mm alá zúzó előtörtő gépnek.

Ha tehát a két eredményt közös nevezőre kívánjuk hozni, úgy a Pegson-zúzó átszámított fajlagos energiaszükséglete: $1,22 : 1,5 = 0,81 \text{ LE}/\text{m}^3$ előzúzási teljesítménynek felel meg, ami már lényegesen közelebb van a X-es zúzónál megállapított értékhez ($0,64 \text{ LE}/\text{m}^3$).

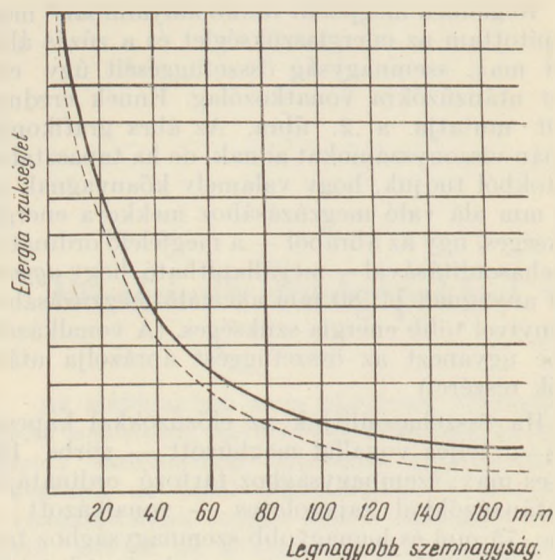
Az elő- és utánzó fajlagos teljesítmény-szükséglete közötti 1,5 viszonyszámot hasznos megjegyezni. A zúzó művek elrendezése u. i. általában olyan, hogy az előzúzó kb. 140 mm alá zúzáskor meg a beléjük adagolt terméskövet. Az előzúzott kőanyag 65 mm-nél nagyobb része utánzóra kerül és tovább lesz aprítva. Ilyen elrendezésnél általában a kőanyag fele kerül az előzúzó utáni szilóba és másik fele megy az utánzóba. Állandó probléma, melyet találgatásokkal igyekeztek megoldani, hogy hogyan viszonylik az elő- és utánzó energiaszükséglete és milyen zúzókat kell alkalmazni, hogy méretük és teljesítményük összhangban legyen. Fentiek szerint — első becslésként — úgy számolhatunk, hogy:

$$E_{\text{utánzó}} = 0,75 E_{\text{előzúzó}}$$

mert az utánzóra ugyan csak az előzúzó által megtört anyag fele kerül, viszont fajlagos energiaszükséglete 1,5-szerese az előzúzó fajlagos energiaszükségletének.

Így tehát megállapíthatjuk, hogy nem helyes az a gyakran alkalmazott elrendezés, melynél három egyforma zúzó építünk be oly módon, hogy közülük kettő előzúzóként működik, a harmadik pedig ezeknek közös utánzója, mert fentiek szerint — és ezt mint közelítő szabályt nem árt megjegyezni — ha két előzúzónak közös utánzó adunk, úgy ennek 50%-kal nagyobb legyen a teljesítőképessége, mint az előzúzó egységé. Még helytelenebb

*Építőanyag II. 1950. 3-4. sz. és a Mérnöki-Továbbképző Intézet, 1953. Éa. V. 1. „Zúzottkőhalmozatok szemszerkezeti kérdései“.



2. ábra

persze, ha — mint ez gyakran előfordul — a közös utánzúzó kisebb az előzúzóknál.

Az üresjáratú teljesítmény a Pegson-zúzónál 11—14 kW, tehát nagyjából a X-es zúzó üresjáratú teljesítményének felel meg.

Ha a Pegson-zúzó betervezésének helyességét — a megállapított teljesítőképesség tekintetében — ellenőrizzük, úgy a következő kép adódik:

A zúzóművektől 250 t/óra teljesítőképességet kívántunk. A zúzott anyagnak kb. a fele — tehát 125 t/óra — kerül utánzúzásra. A betervezett két darab Pegson-zúzó teljesítőképessége viszont 187 t/óra. Ismételten felmerült ezért az a gondolat, hogy 1200 mm-es Pegson-zúzók helyett 900 mm-eseket tervezzünk be, melyeknek teljesítőképessége kb. 65 t/óra, két darabé tehát 130 t/óra.

Vizsgálatunk eredményei alapján ez a változtatás nem javasolható. 900 mm-es Pegson-zúzók betervezése esetén u. i. egyáltalán nem rendelkezünk tartalékkal, ha egyik zúzó meghibásodna, míg 1200 mm-es zúzók alkalmazásánál teljes tartalékkal rendelkezünk. Egy-egy ilyen zúzó teljesítménye (93,5 t/óra) u. i. a kívánt utánzúzási teljesítmény 75%-át teszi ki. Az elő-és utánzúzó művek közé beépített szilók és puffertároló azonban lehetővé teszik, hogy az utánzúzót 3—4 órával hosszabb ideig járassuk, mint az előzúzót és így a hiányzó 25% teljesítményt pótoljuk.

Számolni kell továbbá azzal a lehetőséggel is, hogy idővel sor kerülhet a két darab X-es zúzó gép kapacitásának (kb. 300—320 t/óra) teljes kihasználásra. Ebben az esetben az utánzúzóra 150—160 t/óra túlfolyó-anyag kerülne, amit két nagy gép (187 t/óra kapacitás) könnyen fel tud dolgozni, két kisebb gép (130 t/óra kapacitás) azonban már nem.

A 900 mm-es Pegson-zúzó beállítása ellen szól egyébként az a körülmény is, hogy azokba 130 mm-nél nagyobb kódarabok nem adagolhatók, viszont az előzúzó szokásos beállítása mellett, az utánzúzóra kerülő túlfolyó anyagban

még sok a 140 mm, sőt 150 mm szemmagyságú kódarab is.

Ha azonban 3 lépcsőben zúznánk meg a kőanyagot — aminek sok előnye volna, különösen ha XII, vagy ennél nagyobb előzúzókat alkalmaznánk — úgy a 900 mm-es Pegsonok úgy teljesítmény, mint szemmagyság szempontjából teljes mértékben megfelelnek a harmadik lépcsőben való alkalmazásnak.

Felmerülhet az a kérdés, hogy ezeknek az alapvető kérdésekre vonatkozó és lényegében egyszerű kísérleteknek elvégzésére miért nem került már régebben sor. Erre csak azt válaszolhatom, hogy a kísérletek elvben tényleg egyszerűek, ipari üzemekben való eszközlésük azonban sok nehézségbe ütközik, akadályozza az üzemmenetet, több heti munkát igényel és ezért az üzemekben dolgozó — termelési és tervteljesítési problémákkal terhelt — kartársaknak nincs módjuk ily problémák megoldására.

Csak szemléltetésül említem, hogy még az előzúzó géppel eszközölt — viszonylag egyszerűbb — kísérleteknél is, csak úgy voltak a szemszerkezeti mérések eszközölhetők, hogy a megzúzott anyagot külön beépített csatornával eltereltük a szállító-szalagtól — ezzel erősen zavarva az üzemmenetet. A teljesítmény mérések előfeltételét képezte, hogy a zúzó gépet hosszabb ideig folyamatosan és egyenletesen etethessük és üzemzavarok a mérés folyamán ne lépjenek fel. Ezért állandóan nagyszámú, kövel megrakott csillét kellett rendelkezésre tartani, ügyelve arra, hogy azok sem túlnagy köveket — melyek a zúzó üzemét percekig akadályozták volna — sem pedig villázott kódarabokat — melyek az eredményt meghamisították volna — ne tartalmazzanak. Ez az üzemmenet további megzavarását jelentette. Ehhez járultak még azok a nehézségek, melyeket a szükséges mérőműszerek, normál-szitasorok, mérlegek stb. hiánya és beszerzése, valamint beszerzése okoztak stb., stb.

Még nagyobb nehézségek léptek fel az utánzúzónál. Ez a zúzó gép úgy épült be az üzem folyamatába, hogy a kőanyagot szűk csatornán keresztül kapja a mellette épült magas szilóból, a megzúzott anyagot pedig szállítószalagra adja, mely azt 15 m magasra emeli, azután vibrátor-rostákra adagolja, ahonnan szilókba kerül. Seholy lehetőség a feldolgozott kőanyag elvezetésére és mérlegelésére, ami nélkül viszont teljesítmény nem mérhető. A nehézséget úgy oldottuk meg, hogy ismételt mérésekkel megállapítottuk, hogy a szállító-szalag 1 fm-nyi hosszán hány kg súlyú anyag foglal helyet. A szalag meghajtódobjának átmérőjét — tehát kerületét — ismerve kiszámíthattuk, egy-egy fordulatra hány méternyi szalag-előrehaladás felel meg. A meghajtódob fordulatait leszámolva, megállapítottuk tehát, hogy a szalag — a mérési idő folyamán — hány métert haladt előre és mekkora súlyú kőanyagot szállított. Ezt elosztva a kW-órában mért teljesítménnyel, megkaptuk a fajlagos energiafogyasztást.

A kísérletek eszközéül szolgáló zúzó gépek megvizsgálása után rátérhetünk a tulajdonképen

vizsgálatok ismertetésére. Vizsgálataink egyik célja volt, hogy támpontokat nyerjünk arra a kérdésre vonatkozólag, miképpen aránylanak — azonos zúzógép beállítás mellett — 1 m^3 mennyiségű bazalt illetve andezit vagy mészkő megzúzási energiaszükségletei.

A most eszközölt vizsgálatok célja csupán — a később majd remélhetőleg elvégezhető — nagyobb szabású kísérletek előkészítése lehetett, mert üzemekben végzett vizsgálatokkal ennél több nem érhető el.

A követendő eljárás ugyanis helyesen az volna, hogy különböző pofanyílások mellett lemérjük először pl. a bazalt megzúzásához szükséges fajlagos energiát és az eredményeket grafikusán ábrázolva, megszerkesztjük az energiaszükséglet és a szemmagyság közötti összefüggés — bazaltra vonatkozó — görbéjét. Az így nyert görbe a 2. ábra görbéjének felelne meg, de most már nem viszonzyszámokat adna csupán, hanem a bazaltra érvényes — és kWórában megadott — energiaszükségletek abszolút értékét.

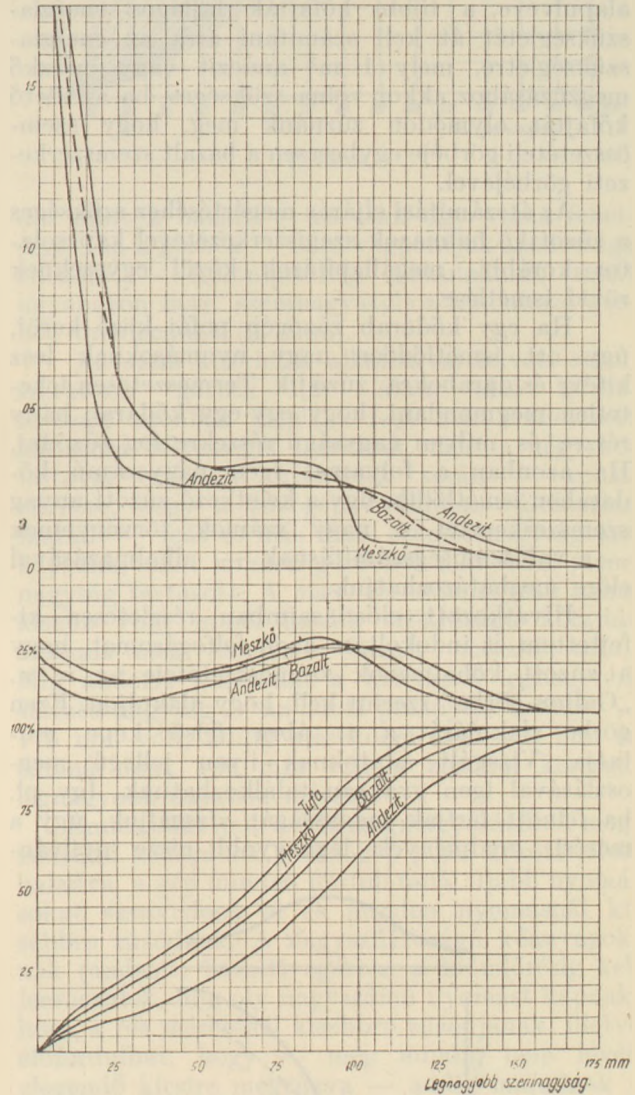
Ugyanezen görbéknek a különféle andezit és mészkő fajtákra vonatkozó megállapítása megadná a lehetőséget a fajlagos energiaszükségletek összehasonlítására.

Fenti görbe felvétele azonban csak az uzsai bazaltra vonatkozólag volt — részben — lehetséges, mely korlátlan mennyiségben rendelkezésre állott, a másik két kőanyagra vonatkozólag azonban nem, mert a X-es zúzó túl nagyméretűnek bizonyult ilyen kísérlet végrehajtásához. Ezen zúzó órateljesítménye ugyanis 125 m^3 . Ezért még 10 percig tartó mérés végrehajtásához is kb. 20 m^3 kőanyagra volna szükség. Az Uzsára szállított 20 tonna szobi andezit és 20 tonna polgárdi mészkő tehát csupán azt tették lehetővé, hogy a szokásos pofanyílás (123,5 mm) mellett állapítsuk meg mindhárom kőfajta fajlagos energiaszükségletét és ezek eredményeit hasonlítsuk össze. Ha teljes görbéket kívántunk volna felvenni, úgy minden kőfajtából legalább 100–150 tonnával kellett volna a méréseket eszközölni, erre pedig nem volt lehetőség. Az olyan üzemekben pedig, ahol kisebb zúzógépek dolgoznak, a meghajtás többnyire közös főtengelyről szíjáttétellel történik, és az egyes zúzógépek energiafelvételének mérése ezért nem lehetséges. Ha tehát ilyen kísérletek eszközölésére a jövőben kísérleti berendezést kívánnánk létesíteni, úgy megfelelő méretű — és a X-es zúzónál lényegesen kisebb — gépeket kell beépíteni.

A három kőfajtára vonatkozó vizsgálatokat úgy végeztük, hogy meghatározott időn át mértük a zúzógép energiafogyasztását és ugyanakkor mértük az — ezen idő alatt megzúzott — kömmennyiséget. A kWórában mért energiafogyasztást elosztva a megzúzott köbméterek számával, megkaptuk a fajlagos fogyasztásokat, melyeknek értéke:

andezit	0,53 kWóra/ m^3
bazalt	0,52 kWóra/ m^3
mészkő	0,37 kWóra/ m^3

Fenti fajlagos fogyasztások egyszerű összehasonlítása azonban helytelen volna, mint azt a 3. ábra görbéi mutatják. Az energia- és mennyiségmérésekkel párhuzamosan ugyanis a megzúzott anyagok szemösszetéti görbéit is felvettük és megállapítottuk, hogy — a 3. ábra legalsó grafikonjainak megfelelően — ugyanazon zúzóbeállítás mellett más és más szemszerkezeti görbéket kapunk, ha andezitot, bazaltot, mészkövet, vagy tufát zúzunk meg. *A zúzó a kisebb szilárdságú kőfajtából nemcsak nagyobb mennyiséget zúz meg, de finomabbra is zúzza össze.*



3. ábra

Már fentemlített cikkeimben kimutattam egy különleges eset kapcsán, hogy amennyiben egy zúzógépet egyszer terméskővel, másszor pedig előzúzott kővel ettünk, úgy az igénybe nem vett 27% energiából, csak 15% szolgált a zúzott kőanyag mennyiségének növelésére, az energia többi része pedig a kő finomabbra törésére fordított. Most általános érvénnyel kimondhatjuk, hogy amennyiben a zúzógép működését megkönnyítjük, akár azáltal, hogy kisebb méretű kődarabokat adagolunk belé, akár pedig azáltal, hogy

kisebb szilárdságú kővel etetjük, úgy a felszabaduló energiának csak egyik része szolgál a zúzási mennyiség emelésére, másik része pedig a kőanyag finomabbra zúzását eszközli.

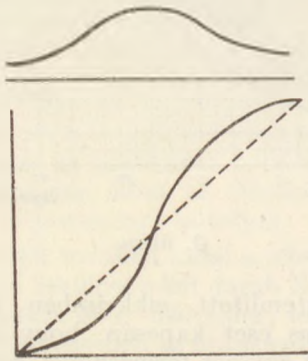
Ezért ha pl. valamely zúzóval bazaltot zútnak meg, azután pedig mészkövet kívánunk vele *ugyanolyan szemösszetételűre* megzúzni, úgy a pofák közötti kiömlőrést megfelelően tágabbra kell állítani, ami az adott energiámmennyiséggel megzúzható kömmennyiséget tovább növeli.

Ha tehát a fajlagos energiaszükségleteket helyesen akarjuk összehasonlítani, úgy a szem szerkezeti görbék egyikét — pl. a bazaltét — alapulvéve, a többi kőfajták fajlagos energiaszükségletét át kell számítani arra az energiaszükségletre, mely 1 m^3 andezit vagy mészkő megzúzásához akkor volna szükséges, ha az illető kőfajtát oly módon zúznánk meg, hogy szemösszetételi görbéje egybeessen a bazalt szem szerkezeti görbéjével.

Az átszámítási eljárás megértéséhez szükséges a zúzottkő halmazok szem szerkezetével kapcsolatos korábbi megállapítások közül egyeseknek rövid ismételése.

Ha egy kődarab zúzó gép pofái közé kerül, úgy ott ismétlődően nagy nyomásoknak lesz kitéve és darabokra zúródik. Természetesen lehetetlen megmondani, hogy egy-egy kődarab hány részre és milyen nagyságú részekre fog zúródni. Ha azonban a folyamat igen nagyszámú kődarabon ismétlődik, úgy a keletkező zúzott-anyag szem szerkezetét a nagy számok törvényeinek — a valószínűségi számításnak — alkalmazásával előre meghatározhatjuk.

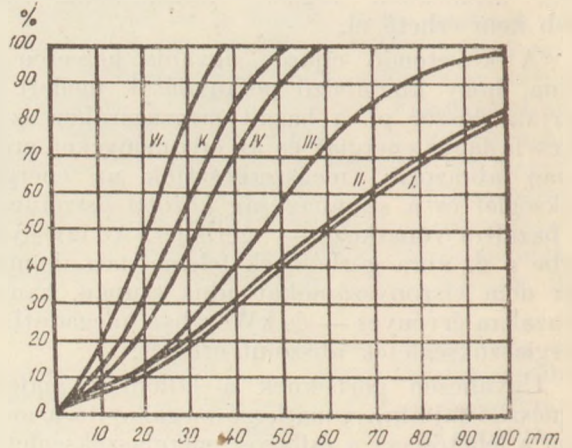
Hivatkozott előadásaimban részletesen kifejtettem és indokoltam azon felfogásomat, hogy a zúzott kőhalmazok szemösszetétele az ú. n. „Galton-görbe” szerint kell, hogy alakuljon. Ezen görbe alakulását a 4. ábra felső képe mutatja. Vizsgált adatoknak ilyen jellegű megoszlásával igen gyakran találkozhatunk. Így pl. ha felnőtt férfiak magasságát vizsgáljuk, úgy a mérési eredmények legnagyobb része nyilván-



4. ábra

valóan a 155—170 cm kategóriába esik, míg a 140—150 cm-es, vagy a 185—200 cm-es magasság már sokkal ritkábban fordul elő, a megoszlás fedi tehát a 4. számú görbe alakulását. Ugyanez a helyzet pl. testsúlyra vonatkozó vizsgálatoknál stb. Ezt a görbét ezért „normálmegoszlási”

görbének is nevezik. A 4. ábra alsó része ugyanezen megoszlás integrál-görbéjét mutatja, amely — pl. kőszem szerkezeteknél — nem azt ábrázolja, hogy bizonyos kőhalmaznak hány százaléka esik pl. a 10—20 mm-es határok közé és hány százaléka a 20—40 mm-es kategóriába, hanem mindig azt, hogy a halmaznak hány százaléka tartozik a 0—10, vagy a 0—20, 0—40 stb. kategóriákba.



5. ábra

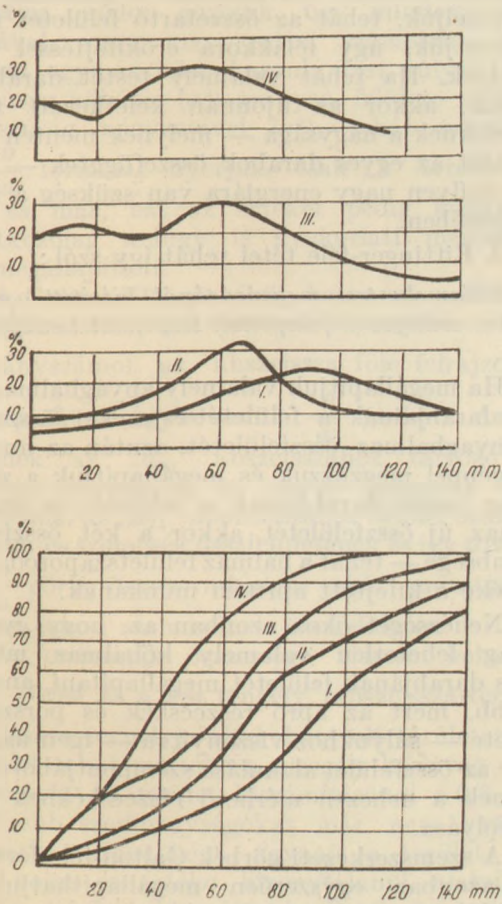
Az elméleti feltételezés helyességét a gyakorlati mérések igazolták. Az 5. ábra a Magyarországon alkalmazott pofás zúzó gépeknél felvett, a 6. ábra pedig a kúpos zúzó gépeknél megállapított szem szerkezeti görbéket mutatja, melyek teljesen megfelelnek a normál megoszlás görbéjének. Pontosan ugyanilyen görbéket szolgáltatott az Uzsán eszközölt mérések is (1., 3. és 11. ábrák).

Az ábrákból azonban továbbmenőleg az is megállapítható volt, hogy a görbék alakulása annyira rendszeres (jókarban lévő és hibátlanul működő gépek esetén) hogy amennyiben valamely görbének csak egyetlen pontját ismerjük, ezzel már a görbét — a rendszerbe illesztve — hozzávetőlegesen meg is tudjuk rajzolni. Ez a körülmény lehetővé tette oly grafikon sorozat megállapítását (7. ábra), mely feltűnteti, hogy hogyan alakul pl. az olyan zúzottkőhalmaz szemösszetétele, melynek legnagyobb szemcséje 40 mm, illetve 50 mm, . . . 150 mm stb. Ezek a görbék különösen a tervezés folyamán hasznosak, mikor olyan zúzó művek által megtört kőanyagok szemösszetételét kívánjuk előre megállapítani, melyek még nem léteznek, melyekkel kapcsolatban tehát mérések sem eszközölhetők.

Feltételezhető volna, hogy minden kőfajtára (bazalt, mészkő stb.) külön grafikon-csoport szerkesztendő meg. Ez valóban így is volna, ha a görbéket a pofanyílás függvényeként ábrázoltuk volna. A pofanyílás önmagában ugyanis még nem határozza meg a szem szerkezeti görbét, mert változatlan pofanyílás mellett is különböző görbéket nyerünk, ha egyszer bazaltot, másszor mészkövet, illetőleg, ha egyszer terméskövet, másszor pedig már előtört követ adagolunk a zúzó gépbe.

A görbéket azonban nem a pofanyílás, hanem a legnagyobb szemcseméret függvényeként ábrázoltuk, és a tapasztalati adatok alapján annak idején azt a megállapítást tettem, hogy ebben az esetben a grafikoncsoport általánosan érvényes minden kőfajtára.

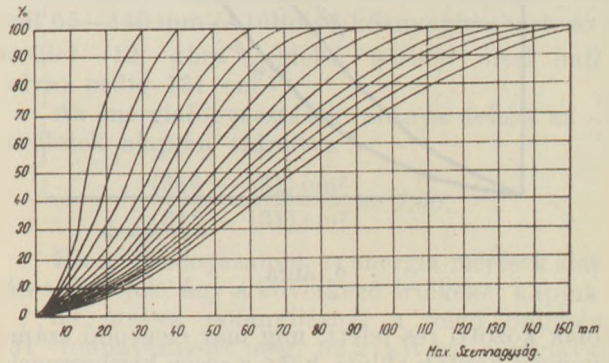
Ennek indoklására tételezzük fel, hogy 3000 kg/cm² nyomószilárdságú bazaltot zúzunk meg és felvesszük a zúzott anyag szemszerkezeti görbéjét. Ezután — változatlan pofanyílás mellett — 800 kg/cm² nyomószilárdságú mészkövet adagolunk a zúzógépbe és a zúzott mészkő-anyagnak is megállapítjuk a szemszerkezeti görbéjét, mely erősen el fog térni a bazaltanyag görbéjétől. Ha azonban a zúzógép pofanyílását addig változtatjuk, míg elérjük, hogy a zúzott mészkő-halmaz legnagyobb szemcsemérete egyezzen a zúzott bazalt-anyagnál megállapított szemcsemérettel, akkor — és ezt nagyszámú felvett görbével igyekeztem bizonyítani — a két szemszerkezeti görbe is egybe fog esni.



6. ábra

Ez a megállapítás hívta ki annakidején a legtöbb ellentmondást, melyek főleg arra hivatkoztak, hogy a zúzóból kikerülő kőanyag legnagyobb szemcseméretét a kiömlőrés beállítása szabályozza. A kőanyag ugyanis csak akkor hagyhatja el a gépet, ha már kisebbre zúzódnak a kiömlőrés méreténél (8. ábra). Ebben az esetben viszont szükségszerűen ki kell esnie azon, mert nincs ami visszatartsa. A kőanyag fajtája

ezen szerint nem befolyásolhatná a keletkező legnagyobb szemcseméretét. Mivel fenti feltevés szerint a max. szemcseméret nem változhatna, ha a kiömlőrés méretét nem változtatjuk, — viszont nyilvánvaló, hogy pl. a mészkő finomabbra zúzó-

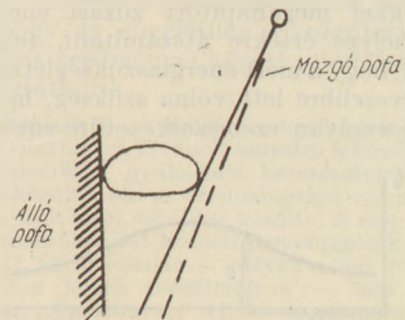


7. ábra

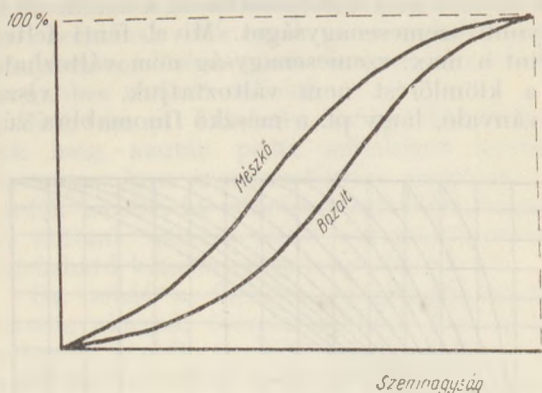
dik mint a bazalt — ez csak úgy volna lehetséges, ha a görbék — felső végpontjuk azonossága ellenére — különbözőképp alakulnának, tehát ugyanazon max. szemcseméretre különböző görbék tartoznának (9. ábra).

Az uzsai kísérletek alkalmával felvett szemszerkezeti görbék (3. ábra, alsó görbesorozat) azonban mégis a fent már részletezett állításon helyességét igazolták, mert a négy kőfajttal eszközölt kísérletek során — annak ellenére, hogy a zúzógép beállítása változatlan maradt — más és más max. szemcseméretet kaptunk, tehát minden görbéhez más max. szemcseméret tartozott. A max. szemcseméret annál kisebb volt, minél kisebb szilárdságú kőfajta zúzódnak meg. (Andezit-, bazalt-, mészkő, tufa). Míg andezit zúzásánál a keletkező legnagyobb szemcseméret — az adott pofanyílás mellett — 175 mm volt, addig mészkőnél csak 140 mm és tufánál csak 130 mm volt a zúzóból kikerülő legnagyobb darabok mérete.

Ennek okát nem nehéz megmagyarázni. A megzúzó kődarabok a zúzógép pofái között lefelé haladva, a gép minden fordulójánál újabb nyomásokat szenvednek el és minden nyomásnál kisebbre zúzódnak. A nagyszilárdságú kőanyagoknak (andezit, bazalt) egészen a kiömlőrésig kell lecsúszniuk, míg oly nagyszámú nyomást kapnak, hogy a rés méreténél kisebbre zúzódnak, illetve előfordulhat, hogy — még mindig nem lévén elegendő kicsire megzúzva — addig maradnak a



8. ábra



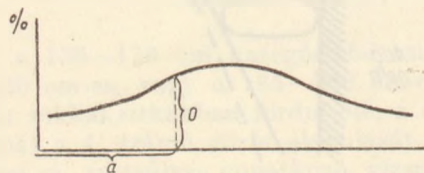
9. ábra

pofák közötti rés felett, míg már elegendő számú nyomást kaptak ahhoz, hogy a résen kieshessenek. A gyengébb kőanyagok (mész, tufa) azonban — kisebb szilárdságuk következtében — már jóval a kiömlés fölött kisebbre zúzódnak a rés méreténél (8. ábra). Míg azonban ezek — a résnél már kisebb — kődarabok, viszonylag magas helyükről a résig lecsúsznak, a zúzó gép további fordulatokat tesz meg, a kődarabok tehát egymáson torlódva további nyomásokat szenvednek el és tovább zúzódnak, úgyhogy mire a kiömlésig érnek, méretük még tovább csökken. Ez az oka annak is, hogy ha ugyanazon zúzó gép beállítás mellett előzött követ adagolunk a törőbe, úgy a keletkező max. szeménagság kisebb lesz, mintha terméskövet zúszunk meg.

Az egyes kőanyagokra vonatkozóan felvett görbék alakulása — a természetesen előadódó néhány százaléki szórástól eltekintve — a 7. ábrán mutatott átlag-görbe sorozat alakulásának megfelelő és ezzel igazolja annak helyességét.

A kísérletek eredményei közül váratlanul hatott az a körülmény, hogy az andezit valamivel nehezebben apríthatóknak mutatkozott a bazaltnál. Ebből természetesen nem lehet végleges következtetést levonni, a bazaltok és andezitek szilárdságával kapcsolatban. A vizsgálatok eredményei mindössze azt mutatták, hogy annak a 20 tonna szobi andezitnek, melyet a kísérletek eszközzésére rendelkezésünkre bocsátottak (és valószínűleg nem a legrosszabb kövüket küldték), valamivel magasabb volt a szilárdsága az uzsai bazalt átlagánál.

A kérdés tehát most az, hogy mikép lehet a mérésekkel megállapított zúzási energiaszükségletet helyes értékre átszámítani, tehát megállapítani, hogy a mért energiaszükségletnél mennyivel kevesebbre lett volna szükség, ha a mész-követ ugyanolyan szemszerkezetűre zúztuk volna



10. ábra

meg mint a bazaltot (és nem finomabbra), illetőleg mennyivel több energia kellett volna az andezit megzúzásához, ha azt is ugyanolyan szemszerkezetűre zúztuk volna meg, mint a bazaltot (és nem durvábbra).

Ezzel kapcsolatban ismét vissza kell térni a régebbi fejtegetéseimben eszközölt megállapításokra:

Vizsgálatainkat annak idején az úgynevezett Rittinger-féle tételre építettük. Rittinger — kb. 100 évvel ezelőtt, midőn tételét felállította — abból a megállapításból indult ki, hogy a zúzócrének az aprítandó test részecskéi közötti kohéziót kell legyőznie. Az összetartó erő annál nagyobb, minél több részecske között lép fel kohézió, tehát — homogén testnél, ahol a részecskék megoszlása egyenletes — minél nagyobb az összefüggési felület, melynek mentén az aprítandó test részeit el kell egymástól választanunk. Nagy keresztmetszetű, vastag gerenda eltöréséhez ezért nagy erő szükséges, vékony pálcikát pedig könnyen eltörhetünk. Ha azonban a gerendát félig átfűrészljük, tehát az összetartó felületet felére csökkentjük, úgy félakkora erő kifejtéssel el is törhetjük. Ha tehát valamely testet darabokra törünk, akkor az újonnan keletkezett törési felületeknek a nagysága — melynek mentén a törés előtt az egyes darabok összefüggtek — jelzi, hogy milyen nagy energiára van szükség a zúzás elvégzésében.

A Rittinger-féle tétel tehát így szól:

Valamely test megzúzásánál kifejtett aprítási munka arányos a felaprított test felület-szaporodásával.

Ha megállapítjuk valamely anyag halmaz összes darabjainak a felületét és ezeket összeadva az anyag halmaz összfelületét, azután az anyagot zúzógéppel megzúzzuk és megállapítjuk a zúzott anyag összes darabjainak a felületét és ezzel a halmaz új összfelületét, akkor a két összfelület különbsége — tehát a halmaz felületszaporodása — mértéke a kifejtett aprítási munkának.

Nehézséget okoz azonban az, hogy gyakorlatilag lehetetlen valamely kőhalmaz minden egyes darabjának felületét megállapítani, annál is inkább, mert az apró részecskék és porszemek felülete — súlyukhoz viszonyítva — igen nagy és ezért az összfelület alakulása szempontjából éppen ezeknek a nehezen mérhető részecskéknek nagy a befolyása.

A szemszerkezeti görbék Galton-féle formájából azonban egyszerűen megállapíthatjuk az összfelületet a következő módon:

Szitálási próbával megállapítjuk a zúzott anyag szemszerkezetét és megrajzoljuk Galton-féle görbéjét (10. ábra). A görbe ordinátáit „ σ ”-val és abszcisszáit „ a ”-val jelöljük. „ σ ” tehát azt mutatja, hogy bizonyos szeménagságú anyag darabjainak összsúlya hány százaléka a teljes súlynak. Ha feltételezzük, hogy a megzúzott kőanyag teljes súlya 100 kg és pl. a 20 mm-es szeménagságú anyaghoz ($a = 20$) tartozó ordinátája „ $\sigma = 25\%$ ”, úgy ez azt jelenti, hogy a 20 mm szeménagságú darabok (valójában olyan

szemnagyságu darabok, melyeknek 20 mm a középértéke, tehát pl. 15—25 mm-es darabok) összsúlya 25 kg. (Ez az eljárás közelítő. Pontos értékek úgy nyerhetők, hogy a frakcióhatárokat differenciális kisértékűre vesszük.)

Ha egyelőre feltételezzük, hogy a ködarabok csupa kockára zúzódnak, úgy egy olyan kockának, melynek élhossza „ a ” dm, a súlya a^3f ahol f a fajsúlyt jelenti.

Az „ a ” élhosszúságu darabok összsúlya a szítási görbe szerint „ o ” kg. Az „ a ” élhosszúságu kockák számát (n) megkapjuk, ha az összsúlyt elosztjuk 1 kocka súlyával:

$$n = \frac{o}{a^3f}$$

Egy-egy kocka felülete $6a^2$, az összes „ a ” élhosszúságu kockák felülete tehát:

$$n \cdot 6a^2 = \frac{o}{a^3f} \cdot 6a^2 = \frac{6}{f} \cdot \frac{o}{a} = k \cdot \frac{o}{a}$$

ahol „ k ” konstans tényező.

Ha feltételezzük, hogy minden szemnagyság egyforma módon zúzódik, úgy mindegy, hogy kockával, vagy más testtel számolunk, mert minden egymás közt hasonló test súlya az élhosszúság köbével (a^3) arányos, felülete pedig az élhosszúság négyzetével (a^2), tehát mindig a $k = \frac{o}{a}$ formulát nyerjük, csak „ k ” értéke lesz más és más, ezt az értéket pedig kőanyagra vonatkozólag amúgy is gyakorlati mérésekkel kell megállapítani.

A Galton-féle görbéből, ha ennek ordinátáit elosztjuk a hozzájuk tartozó abszcisszával és az $\frac{o}{a}$ arányszámot az abszcissza fölé felrajzoljuk, megkapjuk az úgynevezett $\frac{o}{a}$ görbét. Az $\frac{o}{a}$ görbének az „ a_{20} ” abszcisszához tartozó ordinátája mértéke a 20 mm-es szemcsék összfelületének, az „ a_{21} ” abszcisszához tartozó ordinátája a 21 mm-es szemcsék összfelületének és így tovább. Az $\frac{o}{a}$ görbe összes ordinátái tehát mutatják a halmaz összes szemcséinek összfelületét.

Az ordináták összessége viszont beborítja az $\frac{o}{a}$ görbe és a két tengely (abszcissza-tengely és ordináta-tengely) által határolt területet. Ez a terület tehát mértéke a vizsgált kőanyag összfelületének. (A terület kiszámításánál a 0,5 mm-nél kisebb szemnagyságokat már nem vesszük tekintetbe. Egyébként ugyanis a terület igen nagy volna és értéke bizonytalanul alakulna.)

Az eljárás helyességének ellenőrzésére összehasonlítjuk a Pegson-zúzó kétféle beállításánál eszközölt energiamérések eredményeit, a szemszerkezeti görbék — fent részletezett — elméleti úton kiszámított eredményekkel.

A Pegson-zúzónál felvett szemszerkezeti görbéket (22 mm-es és 38 mm-es kiömlőrés mellett) a 11. ábra mutatja. Az ábra középső része a szemszerkezeti görbék Galton-féle formáját, a felső görbék pedig az ezekből megszerkesztett $\frac{o}{a}$ -görbéket ábrázolják.

Az $\frac{o}{a}$ görbe és a koordináta tengelyek által bezárt területek nagysága (az eredeti — és nem lekicsinyített — ábrán) a 22-es kiömlőréshez tartozó I. számú görbénél 386 cm² volt, 38 mm kiömlőrésnél (II) pedig 313 cm². A zúzóba adagolt 65—140 mm-es túlfolyó-kőanyaghoz tartozó $\frac{o}{a}$ terület (12. ábra legfelső görbéje által határolva) pedig 131 cm².

Az energiafogyasztások aránya tehát az $\frac{o}{a}$ területek alapján számítva:

$$\frac{(386 - 131) \text{ cm}^2}{(313 - 131) \text{ cm}^2} = 1,40.$$

Ha a viszonyszámot az energia-mérések alapján számítjuk, úgy a következő értékeket kapjuk: 38 mm-es pofanyílásnál a zúzó óránként 131 tonnát zúzott meg, 52,2 kWóra energiával. Az 1 tonnára eső energiafogyasztás tehát: $52,2/131 = 0,42 \text{ kWóra/tonna}$.

22 mm pofanyílásnál 93,65 tonnát zúztunk meg óránként 56,38 kWóra energiafogyasztással. Az 1 tonnára eső energiafogyasztás tehát: $56,38/93,65 = 0,60 \text{ kWóra/tonna}$.

Az energiafogyasztások aránya tehát:

$$\frac{0,60}{0,42} = 1,43.$$

Ha azonban pontosan akarunk számolni, úgy nem az 1 m³-ra eső összenegiaszükségleteket, hanem az 1 m³-re eső zúzási energiaszükségleteket kell összehasonlítani, ezért a teljes felhasznált energiából le kell vonnunk az üresjáratú energiaszükségletet, hogy megkapjuk azokat az energiamentiségeket, melyek valóban a zúzás elvégzésére fordítottak. Az üresjáratú energiaszükséglet a Pegson-zúzónál 12 kW volt.

Az 1 tonnára eső zúzási energiafogyasztás tehát:

$$\frac{(52,2 - 12) \text{ kWóra}}{131 \text{ t}} = 0,30 \text{ kWóra/t.}$$

22 mm-es kiömlőrésnél:

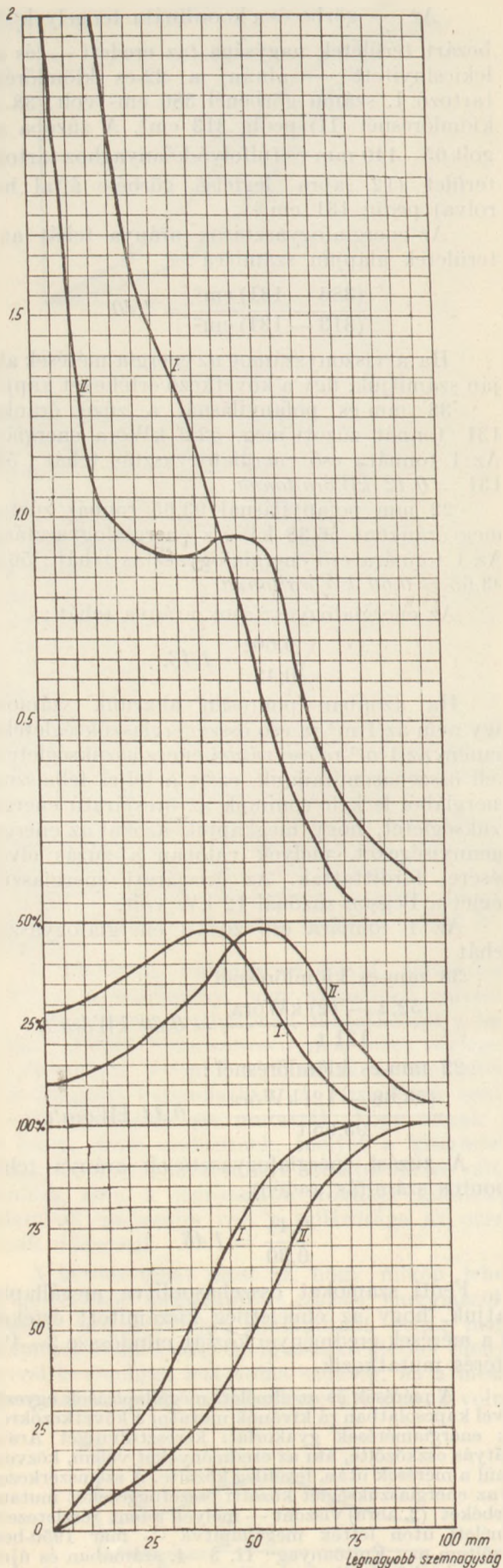
$$\frac{(56,38 - 12) \text{ kWóra}}{93,65 \text{ t}} = 0,44 \text{ kWóra/t.}$$

A zúzási energiafogyasztások aránya tehát (pontos számítás esetén):

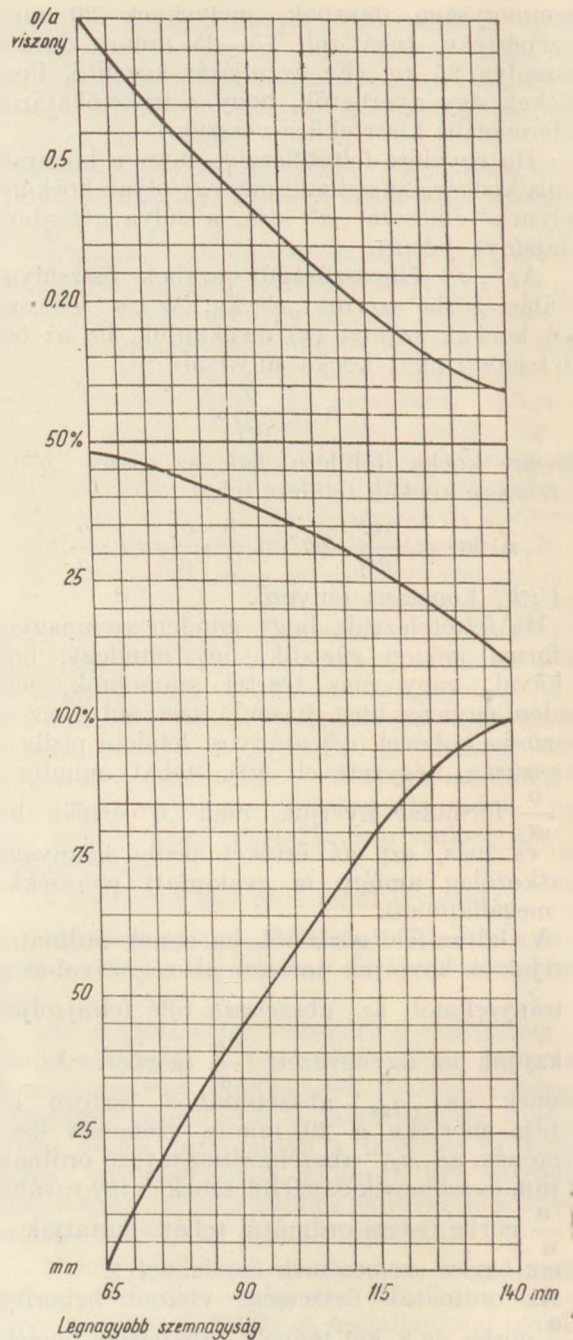
$$\frac{0,44}{0,30} = 1,46.$$

Fenti számokat összehasonlítva megállapítjuk, hogy az elméletileg kiszámított értékek és a mérések eredményei között mindössze 3—4% eltérés mutatkozik.

A mérések és az elméleti megállapítások egyezéssel kapcsolatban rá kívánok mutatni a következőkre: Az energiamérések gyakorlati keresztülvitelét Arató Mátyás eszközölte, aki az eredményeket velem, közvetlenül a mérések után, levélileg közölte. A szemszerkezet és az energiaszükséglet közötti összefüggéseket mutató görbéket (2. ábra) viszont — melyek a fent részletezett elméleti úton lettek megállapítva — már 1950-ben közöltem az „Építőanyag” II. 3—4. számában és újra — a most közölt ábrával teljesen egyező nagyobb léptékben — a Mérnöki Továbbképző Int. kiadásában



11. ábra



12. ábra

1953. januárjában megjelent jegyzetben, tehát jóval a most ismertetett vizsgálatok eszközlése előtt. Így tehát az eredmények bármilyen csinosításának a lehetősége ki volt zárva. Mégis, ha a 2. ábrán lemérjük az utánzúzóhoz tartozó — vonalkázott — görbén a 75 mm-es legnagyobb szemmagysághoz tartozó ordinátát (20 mm) és a 95 mm-es max. szemmagyság ordinátáját (14 mm), úgy a viszonyszám: $\frac{19}{13} = 1,46$, tehát pontosan egyezik a mérések eredményeivel.

Fent tárgyaltak alapján most már eszközölhetjük az andezit-, bazalt- és mészkőanyagok mért energiaszükségleteinek átszámítását, azonos szerkezetű halmazokra.

A 12. számú ábra legfelső görbéi szerint, a mészkőhöz tartozó $\frac{o}{a}$ terület 103,3%-a a

bazalthoz tartozó $\frac{0}{a}$ területnek, az andezithez tartozó $\frac{0}{a}$ terület pedig 82,16%-a ugyanezen területnek.

A terméskőhöz tartozó $\frac{0}{a}$ területeket — viszonylagos csekélységük miatt — az egyszerűbb számítás kedvéért nem vesszük tekintetbe, mert ezzel az eredménnyel alig változtatunk és — mivel csak hozzávetőleges számításról van szó — ez alkalommal az üresjárat energiát sem vonjuk le a teljes energifogyasztásból, mert láttuk, hogy ez az energiaszükségletek viszonzszámát csak kb. 2% erejéig befolyásolja.

1 m³ mészkő megzúzásához 0,37 kWóra volt szükséges, 1 m³ bazaltéhoz pedig 0,52 kWóra. Ha azonban a mészkövet nem zúztuk volna finomabb szemszerkezetűre, mint a bazaltot, hanem a zúzót úgy állítottuk volna be, hogy a két zúzóhalmaz szerkezete pontosan egyezzen, úgy csupán

$$\frac{0,37 \text{ kWóra}}{103,3\%} = 0,358 \text{ kWóra}$$

kellett volna 1 m³ mészkő megzúzásához.

Ha az energiaszükségleteket összehasonlítjuk, úgy azt az eredményt kapjuk, hogy — egyenlő szemszerkezet mellett — az 1 m³ mészkő megzúzásához szükséges energia

$$\frac{0,358}{0,52} = 68,8\% \text{-a}$$

az 1 m³ bazalt megzúzásához szükséges energiának.

Ugyanilyen alapon az 1 m³ andezit megzúzásának energiaszükséglete = $\frac{0,53}{0,52} \cdot 82\% = 124\% \text{-a}$ a bazalt zúzási energiaszükségletének.

Az andezittal és bazalttal kapcsolatban már rámutattunk arra, hogy a mért eredményeket nem szabad általánosítani. Mégis az a körülmény, hogy ez alkalommal az andezit megzúzásához több energia kellett, mint a bazaltéhoz — annak ellenére, hogy általában a bazaltot nagyobb szilárdságúnak tartjuk — arra mutat, hogy a bazaltok és andezitek átlagos zúzási energiaszükséglete nem sokkal különbözhetik és a mutatkozó eltérések inkább az egyes előfordulási helyek egyéni adottságaira, valamint a könyhet jobb vagy rosszabb megválogatására vezethetők vissza, semmint a kőfajták miatti különbözősége.

A — jóminőségű — mészkő megzúzására azonban kb. 30%-kal kevesebb energia kell, mint bazaltok vagy andezitek megzúzásához.

További méréseket eszközöltünk arra vonatkozólag is, miként alakul a zúzási energiaszükséglet, ha bazaltkővet különböző pofanyílások mellett zúzunk meg. Az eredményeket a 13. ábra mutatja, mely görbe nagyjából egyezik a 2. ábra elméletileg megállapított hiperbolájának lapos szárával. Persze érdekesebb lett volna, ha a hiperbola meredek szárán is végezhetünk volna méréseket, sajnos azonban erre nem kerülhetett sor,

mert ha a zúzót 100 m-nél kisebb pofanyílásra húztuk össze, a motor túlságosan melegezett.

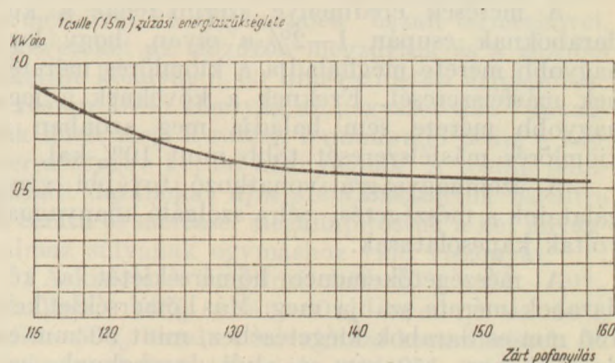
A további kísérletek már nem az energiaszükséglettel, hanem szemmagysági kérdésekkel foglalkoztak. Elsősorban a zúzógép kiömlőrése és a zúzótkőhalmazban előforduló legnagyobb szemcsenagyság közötti összefüggéseket vizsgáltuk meg. Ezek az összefüggések azért fontosak, mert az üzemeltetők szempontjából általában nem a pofanyílások mérete, hanem a megkívánt legnagyobb szemmagyság fontos. Így pl. eruptív kőbánya-üzemekben, az utánzúzóknál általában oly beállítást kívánunk, hogy a megzúzott anyag legnagyobb szemmagysága 65 mm legyen, előzúzóknál pedig 130—150 mm. Adva van tehát a legnagyobb szemcsenagyság és ehhez kell megtalálnunk a megfelelő kiömlőres-beállítást. A tervezések folyamán azonban gyakran előfordul, hogy valamely zúzógépről csak annyit tudunk, hogy mekkora az elérhető legkisebb és legnagyobb kiömlőres-beállítása és szeretnénk tudni, hogy ezekhez a beállításokhoz milyen szemszerkezeti görbék tartoznak.

Mint a 3. számú grafikon mutatja, ezt a kérdést nem lehet egyértelműleg megválaszolni, mert ugyanazon pofanyíláshoz más-más max. szemmagyságok tartoznak, aszerint, hogy milyen könyhet zúzunk meg. Mégis lehetséges — elég pontos — felvilágosítást adni a pofanyílások és a kapcsolatos max. szemmagyságok összefüggéseiről.

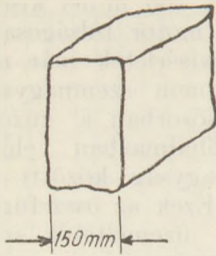
Az uzsai kísérleteket 123,5 mm zárt pofanyílással végeztük. A löket 30 mm volt, a nyílt pofanyílás tehát 153,5 \approx 155 mm volt. A megzúzott bazaltkő legnagyobb szemmagysága 155 mm volt, a mészkőé 140 mm, a tufáé pedig csak 130 milliméter. Ezzel szemben az andezitnek csupán 92%-a esett át a 155 mm-es rostán és a legnagyobb darabok 170 mm-esek voltak.

Az uzsai kísérlet alapján tehát — könnyen megjegyezhető szabályként — azt állapíthatjuk meg, hogy zúzótkőhalmazok legnagyobb szemcséi általában az olyan rostalyukakon esnek még keresztül, melyeknek oldalhossza egyenlő a teljesen nyitott kiömlőres méretével. Az ettől a mérettől való eltérés pedig, a kő szilárdsága szerint, $\pm 10\%$ lehet.

Ha tehát a nyitott kiömlőres (pofanyílás) pl. 150 mm, úgy a megzúzott kő zöme éppen még átesik a 150 mm oldalhosszúságú négyzetes rostán, a legnagyobb szemmagyság azonban — nagy



13. ábra



14. ábra

szilárdságú kőnél éstág pofabecállításnál — 165 mm is lehet, míg kis szilárdságú kőnél esetleg csak 135 mm.

Ezket a megállapításokat megerősítik a Lábatlani Cement- és Mészmű XII-es zúzójával végzett vizsgálatok. A zúzó 200 mm-es zárt nyílásra volt beállítva, lökete 20 mm, így a nyitott kiömlés 220 mm volt (fog hegyétől — fog tövéig mérve). A 3926 kg-ot kitevő megzúzott kőanyag 100 legnagyobb darabjának (összsúlyuk 969 kilogramm) mindhárom méretét lemérték.

A mérések szerint a megzúzott kőanyag 97,5%-a esik át a 220 mm-es rostán, 99%-a a 240 mm-es rostán, a 250 mm-es rostán pedig a teljes kőmennyiség átesik. A kőanyag zöme tehát ennél a kísérletnél is átesett — a nyílt kiömlés méretének megfelelő — 220 mm-es rostán, a 10%-kal nagyobb rostaméreten pedig a kőanyag még hátralévő része is.

A megzúzott kőanyag legnagyobb mérete azonban más szempontból is érdekes. Ha az eddigiek folyamán azt mondtuk, hogy valamely kőhalmaz legnagyobb szemnagysága pl. 25 cm, úgy azt értettük alatta, hogy ilyen kődarab még átesik a 25 cm rostalyukon, tehát két mérete kisebb 25 cm-nél. A harmadik méret azonban lehet ennél lényegesen nagyobb is. Bizonyos szempontokból azonban — pl. elsősorban szállítószalag méretezéseknél — fontos tudni, hogy mekkora lehet a köveknek ez a harmadik — legnagyobb — mérete.

A Lábatlanban lemért kövek között csupán egyetlen olyan — túszerű — kődarab fordult elő, melynek egyik mérete 45 cm volt (a másik két mérete csupán 15×10 cm). Egy-egy kődarabnál fordult elő, 38, 37 és 36 cm hosszúság, kettőnél pedig 34 cm. A kőanyag 98 súlyszázalékának harmadik mérete kisebb volt 33 cm-nél.

A mérések eredménye szerint tehát a kődaraboknak csupán 1–2%-a olyan, hogy legnagyobb mérete meghaladja a kiömlés méretének másfélszeresét. Ezeknek a köveknek a legnagyobb mérete sem haladja meg azonban a kiömlés másfélszeresét több mint 10%-kal.

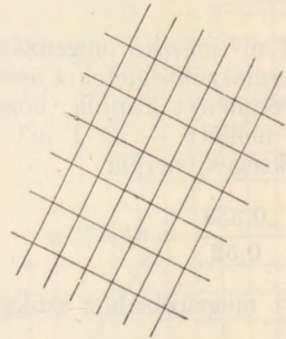
A szemnagyságra vonatkozó további vizsgálatunk a mészégetési célra szolgáló kőanyaggal voltak kapcsolatosak.

A mészégetőkemence hőmérsékletét a kődarabok mérete szabja meg. Más hőmérséklet kell 150 mm-es darabok kiégetéséhez, mint 50 mm-es darabokéhoz. 150 mm-en aluli daraboknak ezideig az olyan kődarabokat neveztük, melyek át-

estek a 150 mm-es rostalyukon, melyeknek tehát két mérete kisebb volt 150 mm-nél.

Mészégetési szempontból azonban már az olyan kődarabok is besorolandók a 150 mm-en aluli kategóriába, melyeknek csupán egyik mérete kisebb 150 mm-nél (14. ábra). Az ilyen kődarabot ugyanis a két oldaláról érő hőhatás ugyanúgy átégeti — mindkét oldalról 75 mm-nyit hatolva be — mint a 150 mm oldalhosszúságú kockát.

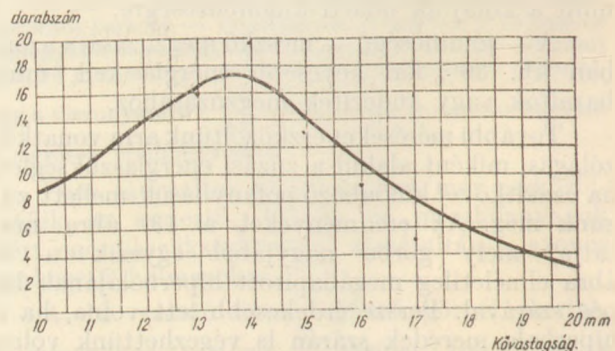
Ha tehát a mészégetési kő osztályozásánál a felső vibrátorsíkot nem kör- vagy négyzet-alakú lyukakkal, hanem téglalap alakú lyukakkal látjuk el, melyeknek keskeny éle a megkívánt kőnagyságnak felel meg, másik éle pedig ennek kb. kétszerese (15. számú ábra), úgy az áteső kődarabok mészégetési szempontból nagyjából éppúgy megfelelnek, mint az olyan négyzetes rostán átesők, melyeknek oldaléle a téglalap kisebb oldalának felel meg. A téglalap alakú rostán áteső kődarabok előállításánál azonban a zúzó gép kiömlését sokkal tágabbra vehetjük.



15. ábra

A 16. számú ábra a Lábatlanban megvizsgált 100 legnagyobb kődarab — ily szempontból való — megoszlását mutatja, tehát azt, hogy téglalap alakú lyukakat feltételezve hány darab esik át a 100 mm-es, 120 mm-es, 200 mm-es keskeny oldalú, téglalap alakú szitán. (A görbe alakja — nagyobb szórással — a „normálmegoszlásnak“ felel meg.)

A lábatlani XII-es zúzó beállítása olyan volt, hogy a megzúzott kőanyag — négyzetes szitalyukaknál — teljes egészében a 250 mm-es lyukasztású szitán esett át, míg téglalap alakú szitalyukaknál már a 200 mm-es keskenyélű lyukasztású szitán is átesett.



16. ábra

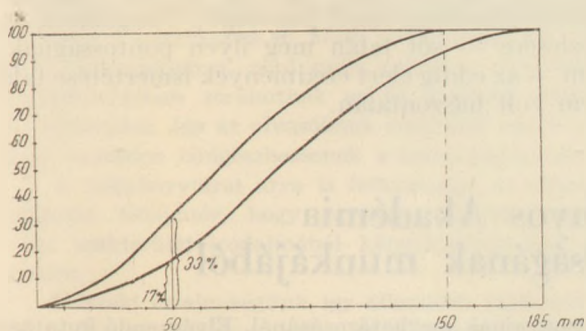
táson is átesne a teljes kőmennyiség. Analóg módon feltételezhetjük, hogy abban az esetben, ha azt kívánjuk, hogy pl. 150 mm-es keskeny oldalélű, téglalapalakú szitalyukakon essen át a teljes kőmennyiség, úgy a zúzógépet úgy kell beállítani, hogy a megzúzott anyag 185 mm-es négyzetes szitán essen át. (A két beállításhoz tartozó szerkezeti görbéket a 17. ábra mutatja.)

Ennek — a zúzási energiában előálló megtakarításon kívül — elsősorban az az előnye, hogy míg az I-es görbe szerinti (150 mm max. szemnagyság) megoszlásánál 33% az 50 mm-nél kisebb — mészégetésre nem alkalmas, tehát fel nem használható — szemnagyság, addig a II. sz. görbénél csupán 17%.

Az első esetben 67 kg használható anyag után 33 kg a mészégetésre alkalmatlan anyag — tehát 50% — míg a másik esetben 85 kg után 17 kg, tehát 20%.

Minden 100 kg mészégetésre alkalmas anyag után tehát 30 kg-mal kevesebb mészégetésre alkalmatlan anyag termelődik, ha téglalapalakú szitákat használunk, ami igen jelentékeny megtakarítást jelent.

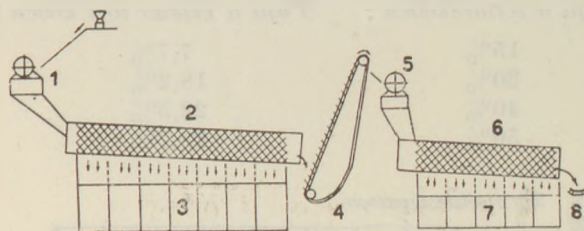
Végül pedig oly kísérletről számolunk be, mely nem a zúzógépek működésével, hanem a kőbányaművelés gépesítésével kapcsolatos.



17. ábra

A kőfejtőkben kitermelt kőanyag általában gyengébb minőségű darabokat — tufát, mállott követ stb. — is tartalmaz. Oly kőbányákban, ahol — mint nálunk eddig általában — kézi erővel rakják fel a kőanyagot, a gyengébb minőségű darabokat felrakás közben kiválogatják és félredobják, így tehát azok a szállításra kerülő kő minőségét nem rontják. A mindinkább elterjedő gépi felrakás mellett azonban ez az eljárás már nem alkalmazható, mert a gép válogatás nélkül rakja fel a kőanyagot. A makadám-utak és vasúti felépítmények céljaira szolgáló zúzottkő használhatóságát nem befolyásolja túlságosan, ha bizonyos százaléknál gyengébb minőségű anyagot is tartalmaz, a beton és aszfalt adalékanyagok felhasználhatóságát azonban igen.

Korszerű új üzemeink zúzó- és osztályozóberendezései a 18. ábra szerinti elrendezésben létesülnek. A terméskövet előzúzó gépben (1) kb. 140 mm-nél kisebbre zúzzák meg. Az így megzúzott anyagból az előosztályozó berendezéssel (2) kiosztályozzák a 65 mm-nél kisebb frakciókat és



18. ábra

„egyszer tört“ anyagként — makadám-utak és vasúti pályák céljaira — elszállítják. A rosta végén túlfolyó — 65 mm-nél nagyobb anyagot az utánzúzóra (5) viszik, ahol 65 mm-nél kisebbre zúzzák, azután az után-osztályozóban (6) frakciókra bontják, melyeket „kétszer-tört“ anyagként szállítanak el.

Beton és aszfalt adalékanyagként csak kétszer tört anyag alkalmazandó, mert a terméskőben előforduló föld- vagy agyagszennyeződések, a kő külső felületét borító hártályak stb. már az előzúzóban leválnak és az elő-osztályozóban kiválasztódnak, az utánzúzóra ezért már tiszta anyag kerül, a kétszer tört anyag tehát lényegesen tisztább az egyszer törtnél.

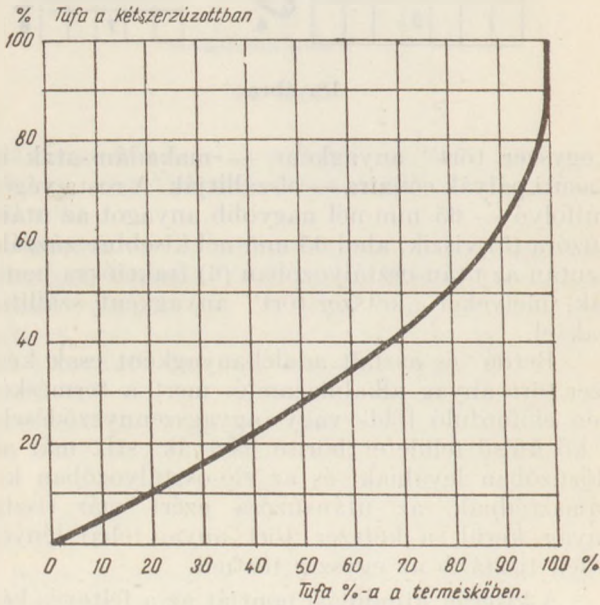
A kísérlet kiindulási pontját az a feltevés képezte, hogy a terméskő között előforduló kisebb szilárdságú anyag legnagyobb része már az előzúzóban 65 mm-nél kisebbre zúzódik, az elő-osztályozóban az egyszer tört anyaggal kiesik, így tehát a kétszer tört anyag között már csak lényegesen kisebb százalékban fordulhat elő gyengébb minőségű kőanyag, mint a terméskőben. A kétszer tört anyag tehát — feltételezésünk szerint — még akkor is megfelelhet beton- vagy aszfalt-adaléknak, ha a terméskő nagyobb mennyiségű gyengébb kőanyagot tartalmazott. A kísérlet célja annak megvizsgálása volt, hogy ez a feltevés helyes-e, ill. milyen mértékben helyes, hogy ennek alapján megállapíthassuk, hogy hány százaléknál gyengébb minőségű kőanyag előfordulása engedhető meg valamely fejtőszint kőanyagában, ha azt akarjuk, hogy azt még „kétszer“ törve betonadalékként felhasználhassuk, és hol az a határ, melyen felül a fejtőszintről csak akkor szállíthatunk adalékanyagot, ha azt kézzel megválogatjuk.

A kísérlet végrehajtásánál — első lépésként — gondosan összekevertünk 15 súlysúlyalék tufa-terméskövet 85 súlysúlyalék bazalt-terméskővel, a keveréket az előzúzóban megzúztuk és a zúzóból kikerült kőanyagot 60 mm-es rostán átrostáltuk. A rostán áteső kőanyag az „egyszer tört“ anyagnak felelt meg, a rostán fennmaradó pedig a kétszeres törésre kerülő kőanyag. A rostán fennmaradt darabokat újra szétválasztottuk bazaltra és tufára és mérésrel megállapítottuk a két anyag-halmaz súlyának egymáshoz való viszonyát.

A kísérletet megismételtük 30% tufát—70% bazaltot; 40% tufát—60% bazaltot és 50% tufát—50% bazaltot tartalmazó keverékekkel. Az eredményeket a túloldali táblázat és a 19. sz. grafikon mutatja.

Tufa a terméskőben : Tufa a kétszer tört kőben :

15%	7,7%
30%	18,2%
40%	22,5%
50%	28,7%



19. ábra

A vizsgálatnál azért alkalmaztunk 60 mm-es lyukasztási rostát, mert 65 mm lyukasztású nem állt rendelkezésre. 65 mm-es rosta alkalmazásánál

a kétszer tört anyagban előforduló tufa súlyszázaléka kb. 50%-a lett volna a terméskőben előforduló tufa százalékának, míg 60 mm-es lyukasztású rosták alkalmazásánál az arány kb. 55% volt.

A kiindulást képező feltevés tehát helyesnek bizonyult, bár nem teljesen oly mértékben, mint ahogy az remélhető lett volna.

A beton és aszfalt adalékanyagokban kb. 5—6% gyengébb szilárdságú anyag előfordulása tűrhető még meg. Ilyen anyag szállítására fentiek szerint oly kőfejtők alkalmasak, melyekben a gyengébb minőségű kődarabok súlya nem haladja meg az összelőfordulás 10—12%-át. Ha gyengébb minőségű darabok ennél nagyobb mennyiségben fordulnak elő, úgy a kőfejtő csak akkor alkalmas beton- vagy aszfalt-adalékanyagok szállítására, ha felrakás közben kézzel válogatjuk meg a kőanyagot.

Beszámolómban befejezésül ismételtelen hangsúlyozom: tudom, hogy a kísérletek tudományos szempontból megkövetelhető teljes pontossága csak azok sokkal nagyobb számú ismétléssel lett volna biztosítható. Erre azonban nem volt lehetőség. Gyakorlatilag azonban így is megfelelő biztonsággal eszközölhattünk több olyan megállapítást, melyek úgy tervezési, mint üzemeltetési szempontból lényeges kérdéseket tisztáznak. Mivel pedig valószínűleg még hosszú ideig nem adódik lehetőség ennél pontosabb vizsgálatok eszközzésére — sőt talán még ilyen pontosságúakra sem — az eddig elért eredmények ismertetése talán nem volt haszontalan.

A Magyar Tudományos Akadémia Építőanyagipari Főbizottságának munkájából

A Kerámiai Szakbizottság 1953 október 28-i ülésén Kirchknopf István (E. M. IX. ig.) előadásában meghallgatta a „Durvakerámiai gépészet mai állásának technológiai és géptechnikai kritikai elemzése, a fejlesztés főbb irányvonalainak kijelölése“ c. problémakört. Az előadás után kialakult vita nyomán a Bizottság úgy határozott, hogy a durvakerámiai gépészeti kérdések kidolgozásával egy munkabizottságot bíz meg.

A Tűzállóanyagipari Szakbizottság 1953 november 5-én tartott ülésén Sövegjártó Jánosnak „Tűzállóanyagok melegsziárdsági viselkedése és korróziója“ című referátumát hallgatta meg. A vita feltárta a legfontosabb kutatási témákat e területen.

Az Üvegtechnológiai Szakbizottság november havi ülésén megvitatta a hazai üvegszálgártás műszaki tudományos kérdéseit. A referátumot Papp István főmérnök (Üvegszigetelő Anyagok Gyára) tartotta. A Bizottság megállapította, hogy a hazai műszaki üvegszálgártás komoly fejlődésen ment át a legutóbbi években. Ennek ellenére komoly hiányok mutatkoznak a műszaki üvegszálak gyártásának nyersanyagellátási és tüzeléstechnikai megoldásaiban. A Bizottság felhívta a Termelési Igazgatóság figyelmét arra, hogy a jelenlegi technológiai eljárást különösen tüzeléstechnikai szempontból korszerűsítse.

A Kötőanyag Komplexbizottság 1953 november 17-én tartott ülésén foglalkozott a „Forgókemencék hőfolyamatainak vizsgálatával“ Makoldi Mihály előadásában. A beszámolót tartó kutatócsoport úttörő munkát végzett a cementipari forgókemencék hőmérség-

viszonyainak meghatározásánál. Elvégzendő kutatások a lánghossz, a zsugorítózána hőtechnikai viszonyai, stb-t illetően.

A Kerámiai Szakbizottság 1953 december 9-i ülésén megvitatta Albert János osztályvezető (Építőanyagipari Közp. Kutató Intézet) referátumát a mészhomoktéglák technológiájának kialakítására vonatkozó kutatásairól. A referátum érdekes eredményekről számolt be a hazai nyersanyagokból előállított mészhomoktéglák anyagösszetételi és gőzölési kísérleteiről. A kutatások során sikerült laboratóriumi módszerekkel 400 kg/cm²-nél magasabb szilárdságú próbatesteket előállítani. A kísérletek révén sikerült üreges mészhomoktéglák sajtózási technológiájára vonatkozó tervezetet is kialakítani.

A Főbizottság 1953 december 15-én tartott ülésén megtárgyalta az egyes szakbizottságok munkáját, valamint kialakította a munkamódszerét és 1954. évi munkatervét. A Főbizottság 1954. évben foglalkozik az építőanyagipar és az építéstudomány kapcsolataival, az építőanyagipar általános gépészeti kérdéseivel, valamint a szárítással kapcsolatos tudományos kérdésekkel.

Az Üvegtechnológiai Szakbizottság 1953 december 18-i ülésén Schlisz Jenő főmérnök (Üvegipari Termelési Igazgatóság) referátumában megvitatta az öblösüvegdízműáru gyártás hazai fejlesztésének időszerű kérdéseit. A Bizottság meghívta erre az ülésre az üvegdízműáru gyártás legkiválóbb szakembereit és iparművészeket, valamint az előállító gyárak igazgatóit. A vita során kialakultak a dízműáruk gyártási fejlesztésének főbb irányelvei.

AZ ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR FIÓKKÖNYVTÁRA

A Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetsége székházában
(Budapest, VI., Rudas László-utca 45. I. em.)

Magyarországon egyre több műszaki könyv jelenik meg. Külföldről is állandóan érkeznek hozzánk műszaki könyvek és folyóiratok.

Hogy a műszaki irodalmat mérnökeink és technikusaink minél jobban megismerhessék, hogy tudjanak az új könyvekről és folyóiratokról, az *Országos Műszaki Könyvtár* fiókkönyvtárat létesített a *Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetségének* Bp. VI., Rudas László-utca 45. alatti székházának első emeleti klubszobájában, ahol nyílt polcokon, szakszerinti csoportosításban sorakoznak az új műszaki könyvek és folyóiratok. Így az olvasóknak alkalmuk nyílik arra, hogy szabadon böngészhessenek a szakirodalomban.

A fiókkönyvtárat arra is felhasználja az *Országos Műszaki Könyvtár*, hogy egy-egy szűkebb szakma, vagy szakterület irodalmából könyvkiállításokat rendezzen.

Műszaki értelmiségünk így állandóan tájékozódhatik a Magyarországon, valamint a Szovjetunióban, a népi demokráciákban és más országokból érkező műszaki könyvekről.

Műszaki könyveken kívül a könyvtárban rendelkezésre állnak a nálunk megjelenő és hazánkba beérkező műszaki és természettudományos folyóiratok is, egészen 1953. januárjáig visszamenőleg. A legfontosabb folyóiratok tartalomjegyzéke magyar nyelven olvasható könyvtárunkban.

Megtalálhatja az olvasó az *Országos Műszaki Könyvtár* fiókkönyvtárában a lapszemléket, a figyelőszolgálat kartonjait (ezek külföldi lapok szakrendbe rakott rövid tartalmi kivonatai), ezenkívül az *Országos Műszaki Könyvtárban* készülő bibliográfiákat, s a legújabban beszerzett műszaki irodalom jegyzékét.

A fiókkönyvtár anyagát háromhavonként frissíti fel az *Országos Műszaki Könyvtár*.

A fiókkönyvtár szombat kivételével naponta déli 12 órától este 20 óráig áll az olvasók rendelkezésére.

Budapest, 1954. január hó.

*Műszaki és Természettudományi
Egyesületek Szövetsége*

*Országos
Műszaki Könyvtár*

Új szakkönyvek az építőanyagiparnak!

Schwéger Béla :

ÜVEGIPARI TECHNOLOGIA, I. ÜVEGOLVASZTÓ KEMENCÉK

196 oldal, 128 ábra. Ára: 55,— Ft

M. J. Szapozsnyikov, I. A. Bulavin :

SZILIKÁTIPARI GÉPEK ÉS BERENDEZÉSEK I.

306 ábra. 388 oldal. Ára kötve : 70,— Ft

I. B. Levenszon, P. M. Cigeljnij :

APRÍTÓ-OSZTÁLYOZÓ GÉPEK ÉS BERENDEZÉSEK KÖANYAGOK FELDOLGOZÁSÁHOZ

202 ábra, 414 oldal. Ára kötve : 55,— Ft

K. M. Grinyev, M. N. Krasenyinnikov, A. P. Krotkov :

PNEUMATIKUS SZÁLLÍTÁS A CEMENTIPARBAN

138 oldal, 65 ábra. Ára füzve : 20,— Ft

Matyasovszky—Zsolnai László :

FINOMKERÁMIAI KÉZIKÖNYV

I. ÁLTALÁNOS RÉSZ

268 oldal, 73 ábra. Ára kötve : 48,— Ft

Hinsenkamp—Sasvári—Sövegjártó :

DURVAKERÁMIAI KÉZIKÖNYV

268 oldal, 73 ábra. Ára kötve : 40,— Ft

A. Z. Jevnyevics :

EMELŐ- ÉS SZÁLLÍTÓBERENDEZÉSEK AZ ÉPÍTŐIPARBAN

398 oldal, 258 ábra. Ára kötve : 55,— Ft

Beszerezhetők az összes

ÁLLAMI KÖNYVESBOLTBAN

ÉPÍTŐIPARI KÖNYVESBOLT: BUDAPEST, XI. BARTÓK BÉLA-ÚT 25