

ÉPÍTŐANYAG



CEMENT, MÉSZ
TÉGLA, KERÁMIA
ÜVEG ÉS KŐIPAR

9. SZÁM

A mész- és cementipar,
az üvegipar, a finom-
kerámia-, a tégl-, 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

Grofesik János

Király György

Király Jenő

dr. Knapp Oszkár

dr. Lehmann Edit

Mayer Károly

Szentmártony Gusztáv

★

Szerkesztőség :

Budapest, V., Honvéd u. 22.

II. lépcső I. emelet 4.

Telefon : 124-438

★

Kiadja :

Műszaki Könyvkiadó,

Budapest, V.,

Bajcsy-Zsilinszky út 22.

Telefon : 113-450

★

Felelős kiadó :

Solt Sándor

AZ ÉPÍTŐANYAGIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

TARTALOM

	Old.
Dr. Albert János: Hideg-szigetelő tözglemezek	325
Popovics Sándor—Ujhelyi János: A cementszilárdság vizsgálati módszereiről	336
Duma György: Középkori kályhacsempe égetési körülményeinek utólagos meghatározása	344
Talabér József: Az aluminátcementek és azok kötésénél lejátszódó fiziko-kémiai folyamatok. IV.	349
Blum Gábor: Betonok szerkezetének új vizsgálati módszerei	356
Nikulín K. V.—Lurje Ju.: Új technológiai berendezések a cement- gyárak részére	360
A „Silikattechnik“ 1956. 8. számának tartalmából	B/3

СОДЕРЖАНИЕ

	сторона
Янош Алберт: Изоляционные торфяные плиты	325
Ш. Попович, Я. Уйхельи: О методах испытания прочности це- мента	336
Дердь Дума: Последующее определение режима обжига средне- вековых печных изразцов	344
Йозеф Талабер: Алюминатные цементы и физико-химические процессы их схватывания и твердения	349
Габор Блюм: Новые методы исследования структуры бетона ...	356
К. В. Никуллин, Ю. Лурье: Новые технологические оборудования для цементных заводов	360
Из содержания журнала „Силикаттехник“ (№ 8 1956 г.)	B/3

I N N A L T

	Seite
Dr. János Albert: Kälteschutzpappen aus Torf	325
Sándor Popovics—János Ujhelyi: Von den Untersuchungsverfahren der Zementfestigkeit	336
György Duma: Nachträgliche Bestimmung der Brennverhältnisse von mittelalterlichen Kacheln	344
József Talabér: Die Aluminatzemente und die physikalisch-chemi- schen Vorgänge beim Abbinden und Erhärtung	349
Gábor Blum: Neue Untersuchungsverfahren des Betongefüges ..	356
Nikulín K. V.—Lurje Ju.: Neue technologische Einrichtungen für Zementwerke	360
Aus dem Inhalt der Silikattechnik No. 8. 1956.	B/3

ÉPÍTŐANYAG

8. ÉVFOLYAM 9. SZÁM

Hideg-szigetelő tözeglemezek

Dr. ALBERT JÁNOS

Hidegszigetelésre, főképen hűtőházak szigetelésére parafakészítményeket használnak. Nép-gazdasági érdek fűződik ahhoz, hogy ezt az import-anyagot hazai nyersanyaggal pótoljuk. Kísérletekkel és vizsgálatokkal megállapítottuk, hogy a hán-sági tözeg kiváló alapanyagot szolgáltat parafát pótló hideg-szigetelő anyagok előállítására.

A tanulmány részletesen tárgyalja a hideg-szigetelő tözeglemezek gyártástechnológiai eljárását, a nyers tözeg előkészítését, az alapanyag víz-taszítóvá tételének és szilárd kötésének kémiai és fizikai folyamatait, a préselési eljárást és a kipréselt anyag szárítására vonatkozó adatokat. Végül közli a késztermék anyagtulajdonságainak vizsgá-lati eredményeit a parafa és egyéb hideg-szigetelő anyagokkal összehasonlítva.

I. Hideg-szigetelő anyagok

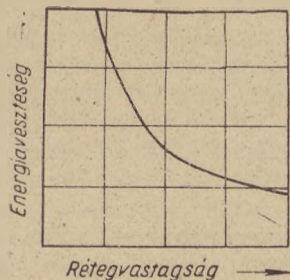
A hőszigetelő anyagokat a meleg- és hideg-szigetelő anyagok csoportjába sorozzuk. A szigetelt térben, készülékben, vagy berendezésben, annak környezetében és magában a szigetelő anyagban fellépő hőmérséklet- és nedvesség-vi-szonyok meleg- és hideg-szigetelés esetében szem-betűnően különböznek. A szigetelés gazdaságos-ságát befolyásoló tényezők sem egyformák. A hideg-szigetelő anyagoknak különleges anyagtulajdonságokkal kell rendelkezniük. Ezeket a tulajdonságokat a következőkben foglalhatjuk össze.

1. A hideg-szigetelésre használt anyagok hő-vezetési tényezőjének igen kicsinek kell lennie. A szigetelés a hűtőberendezések gazdaságosságát és üzemi költségeit sokkal nagyobb mértékben befolyásolja, mint a fűtőberendezéseket. A hűtésre felhasznált kalória ára megközelítőleg 20—30-szorosa a melegítésre felhasznált kalóriának. Ezért a hőenergia-veszteségeket az elérhető legkisebb mennyiségre kell leszorítani. A veszteségek csökkentése a szigetelő anyag hővezetési ellenállásának növelésével biztosítható, ami gyakorlatilag a szigetelő anyag rétegvastagságának növelésével és hővezetési tényezőjének csökkentésével valósítható meg. A hőközlés törvénye szerint egy anyagrendszer két különböző hőmérsékletű pontja között fellépő hőveszteség.

$$Q = \frac{t_1 - t_2}{R} = \frac{t_1 - t_2}{\frac{\delta}{\lambda}} \text{ kcal/m}^2 \text{ ó} \quad (1)$$

ahol $t_1 - t_2$ a hőmérsékletkülönbség a szigetelő-réteg határfelületei között, R a szigetelőréteg hő-vezetési ellenállása, δ a szigetelő anyag vastag-sága m -ben, λ a hővezetési tényezője kcal/m° -ban.

A hőenergia-veszteséget a szigetelőréteg vas-tagságától függően az 1. ábra tünteti fel (1). A görbe folytonosan csökkenő meredekséget mu-tat, ami azt jelenti, hogy a szigetelő anyag vas-tagságának növelése egyre kevésbé csökkenti a hőveszteséget. A hűtőberendezéseknél megkívánt hatásos hőszigetelés ezért a szigetelő anyag réteg-vastagságának növelésével nem érhető el.



1. ábra. Hőenergiavesztés a szigetelőréteg vastagságának függvényében

A hőveszteség kielégítő módon történő csök-kentése a hővezetési ellenállás kifejezésében neve-zőként szereplő másik mennyiségnek a hővezetési tényezőnek kicsiny értékével biztosítható. Elmé-leti és gyakorlati megállapítások szerint a hideg-szigetelésre felhasználható anyagok hővezetési tényezőjének felső határa $0,045 \text{ kcal/m}^\circ$.

2. A szigetelő anyagnak mechanikai hatásokkal szemben ellenállónak és szívósnak kell lennie. Törés nélkül legyen szállítható és beépíthető. A mechanikai ellenállóképességet általában a kg/cm^2 -ben kifejezett nyomószilárdsággal szoktuk jelle-mezni, ennek értékét azonban csak rideg anya-goknál lehet meghatározni. A hideg-szigetelések-nél használt többnyire rugalmas anyagok mecha-nikai ellenállóképességének mértékéül az össze-nyomhatóság szolgál. Az összenyomhatóság mér-téke az 1%-nyi magasságcsökkenést előidéző nyomóerő kg/cm^2 -ben. Minthogy hűtőberendezések

szigetelése minden esetben a terhelés egyenletes elosztását biztosító védőburkolattal, betonréteggel, vagy csempézéssel van ellátva és mert a terhelés maximálisan 2000 kg/m^2 , csak olyan anyagok használhatók, melyeknél $0,20 \text{ kg/cm}^2$ nyomás legfeljebb 2% magasságcsökkenést, vagyis összenyomódást létesít.

3. A szigetelő anyagok használhatóságának fontos követelménye a szagtalanság és mikro-organizmusokkal szembeni ellenállóképesség. Nem tartalmazhatnak olyan átható szagú, párolgó anyagokat, melyeket a hűtőtérben tárolt anyagok, elsősorban élelmiszerek felvehetnek. Nem tartalmazhatnak olyan alkatrészeket sem, melyek penészesedést és gombásodást előidéző mikroorganizmusoknak tápanyagai lehetnek. Csak olyan anyagok felelnek meg, melyeken páratelt térben huzamosabb idő után sem mutatkozik penészesedés, még penészgombákkal beoltva sem.

4. Végül a szigetelő anyagok használhatóságának megítélésénél döntő jelentősége van a nedvességgel szembeni ellenállóképességnek. Az átmedvesedést a szigetelt teret elhatároló falazat határfelületére lecsapódó víz, vagy a falazat, illetve szigetelő anyag pórusaiba diffúzió útján behatoló vízgőz lecsapódása idézi elő, ha a felület, illetve anyag belsejének hőmérséklete alacsonyabb, mint a levegőben levő vízgőz koncentrációjának megfelelő harmatpont. A lecsapódó víz a falazat, illetve szigetelőréteg pórusaiban a nedvességvezetés törvényei szerint a hideg határfelület felé vándorol.

A szigetelőréteg megfelelő méretezésével a határfelületen történő vízgőz lecsapódása megakadályozható, azonban ezzel a vízgőz-diffúzió útján bekövetkező átmedvesedést meggátolni nem lehet.

A vízgőz-diffúzió útján történő átmedvesedés tekintetében a fűtött és hűtött berendezések között lényegbe vágó különbség van.

Fűtött berendezéseknél a hőáram a belső melegebb szigetelt térből halad a külső hidegebb környezet felé. A pórusokban lecsapódó víz a hőáram irányában a falazat alacsonyabb hőmérsékletű határfelülete felé vándorol és a külső légkörben elpárolog.

Hűtött berendezéseknél a hőáram fordított irányú, a külső melegebb környezetből halad a belső hidegebb szigetelt tér felé. A környezetből a falazat, illetve szigetelő réteg pórusaiba diffundáló és lecsapódó nedvesség a szigetelt tér határfelülete felé nyomul, ott azonban elpárologni nem tud, mert a hűtött tér nedvességgel telített és a párolgást még a hűtött tér falazatának többnyire vízhatlan burkolata is gátolja. Ennek következtében a falazat, illetve szigetelőréteg teljesen átmedvesedhet és a fagypontnál alacsonyabb hőmérséklet hatására szétroncsolódhat. Az átmedvesedés és kifagyás veszélye tehát hideg-szigeteléseknél fokozott mértékben fennáll. A szigetelés eredményesen csak az esetben valósítható meg, ha nedvességgel szemben ellenálló anyagokat alkalmazunk.

Szigetelő anyagok nedvességgel szembeni ellenállóképességét az anyag különböző hőmérsékletű

és telítettségű légtérben meghatározott nedvességtartalma, vagyis higroszkóposága, vízzel telített állapotban meghatározott nedvességtartalma, továbbá hajszálcsoves vízfelszívóképessége és vízgőz-diffúzióval szembeni ellenállóképessége határozzák meg.

Az anyag higroszkóposágát a szorpciós izotermákból állapíthatjuk meg. Az izotermák az anyag egyensúlyi nedvességtartalmát adják meg a levegő relatív nedvességtartalmától függően, különböző hőmérsékleteken. A higroszkópos víz az anyagban abszorpciós-, adszorpciós- és kapillár-kondenzációval lehet megkötve. Abszorpciónál a vízmolekulák a szilárd anyag belsejébe hatolnak be, adszorpciónál a víz csak a szilárd alkatrészek felületén halmozódik fel, többnyire monomolekuláris rétegekben, végül kapillár-kondenzációnál a vízgőz a szilárd test szubmikroszkópos hajszálcsoveiben cseppfolyósodik, kondenzál. Az anyag teljes telítődésénél a mikroszkópos és durva kapillárisokat, pórusokat és hézagokat is víz tölti ki.

Az anyag hajszálcsoves vízfelszívóképességét a kapilláris erők hatására felszívódó víz maximális magasságával jellemezzük. A felszívódási magasság a kapillárisok sugarának csökkenésével rohamosan nő. Különböző anyagok vízfelszívóképessége nedvességvezető tényezőjüktől függ; kis nedvesség-vezetési tényezőjű anyagok vízfelszívódási magassága is kicsi. A nedvesség-vezetési tényező az a vízmennyiség, ami az időegységben egységnyi felületen áthalad, ha a nedvességesítés hosszegységenként 1%. Krischer és Likov szerint (2) kapilláris erők hatására a test keresztmetszetén m^2 -ként és óránként mozgásba hozott, illetve áthaladó vízmennyiség

$$G_f = k_f \gamma_0 \frac{df}{dx} \text{ kg/m}^2 \text{ ó} \quad (2)$$

ahol G_f a kapilláris erők hatására mozgásba hozott vízmennyiség $\text{kg/m}^2\text{ó}$ -ban, k_f a nedvesség-vezetési tényező $\text{m}^2/\text{ó}$ -ban, γ_0 az anyag térfogatsúlya kg/m^3 -ben, teljesen száraz állapotban, végül $\frac{df}{dx}$ a hosszegységre eső nedvességváltozás, vagy dx

nedvességgradiens térf. $\text{‰}/\text{m}$ -ben. A 2. egyenlet alapján az anyag nedvességvezetési tényezője meghatározható.

A vízgőzdiffúzióval szembeni ellenállóképességet az anyag diffúzióellenállásának μ értékszáma fejezi ki. Ez az értékszám megadja, hogy a vízgőzdiffúzió a vizsgálat tárgyát képező anyagon keresztül hányszor kisebb, mint nyugvó levegőn át. A diffúzióellenállás a test felületegységén diffúzió útján az időegységben áthaladó vízgőz mennyiségéből számítható a következő egyenlet alapján (3).

$$G_d = \frac{D}{\mu d R_g T} (p_1 - p_2) \text{ kg/m}^2 \text{ ó} \quad (3)$$

ahol G_d diffúzió útján áthaladó vízgőz mennyisége $\text{kg/m}^2\text{ó}$ -ban, D a vízgőzdiffúzió-együtthatója $\text{m}^2/\text{ó}$ -ban (0° -on $0,086$, 20° -on $0,104 \text{ m}^2/\text{ó}$), d

a test vastagsága m -ben, μ az anyag diffúzió-ellenállása, R_g a vízgőz gázállandója, $47,1 \text{ mkg/kgK}^\circ$, T a vízgőz hőmérséklete K° -ban, p_1 a vízgőz parciális nyomása a test gőzleadó felületén, p_2 az áramló levegőben lévő vízgőz parciális nyomása kg/m^2 -ben. Ebből

$$\mu = \frac{D}{d} \frac{1}{R_g T} (p_1 - p_2) \frac{1}{G_d} \quad (4)$$

A hideg-szigetelő anyagok higroszkóposságának, vízzel telített állapotban meghatározott nedvességtartalmának és kapilláris vízfelszívódási magasságának kicsinek, diffúzióellenállásának nagyának kell lennie. A nedvességgel szembeni ellenállóképességet jellemző anyagtulajdonságok értékszámaira pontos előírások nincsenek. Új anyagok nedvességellenállóképességének megállapítására a fenti vizsgálatok adatai egymagukban nem elegendők, szükséges a használatban bevált anyagokkal való egyidejű összehasonlításuk és gyakorlati kipróbálásuk is.

A hideg-szigetelés követelményeinek ezidő-szerint a parafából gyártott szigetelő anyagok felelnek meg a legteljesebb mértékben. A parafa nehezen beszerezhető külföldi nyersanyag. Pótlására alkalmas anyagok előállítására igen sok kísérletet végeztek. Az eddigi tapasztalatok szerint legjobban használható parafapótló anyagnak néhány kistérfogatsúlyú szerves műanyag, az alfol, habüveg és a rostos tözegből előállított készítmények bizonyultak.

Tanulmányunk tárgya a tözegszigetelő építőelemek és idomtestek gyártástechnológiája. Behatóan foglalkozik az anyag visszataszítótá tételének és a kiformázott testek szárításának kémiai és fizikai folyamataival és ismerteti a késztermék anyagtulajdonságainak vizsgálati adatait. A technológiai eljárást laboratóriumunk dolgozta ki, a gyakorlatban is kipróbált $500 \times 500 \times 60 \text{ mm}$ méretű szigetelő lemezeket a Parafakőgyár V. állította elő az erre a célra létesített felüzemi kísérleti berendezésen.

II. Hideg-szigetelő tözeglemezek gyártástechnológiája

1. A tözeg különböző fajtái és anyagtulajdonságai

A tözeg elhalt szárazföldi és vízi növényeknek, esetleg állóvizekben felhalmozódó plankton szervezeteknek a legfiatalabb geológiai korokban tökéletlenül elszárazodott üledékes képződménye. Az elszárazodást mikroorganizmusok indítják meg. A bomlási folyamat kezdetben levegő jelenlétében végbemenő korhadás, később a korhadást levegő kizárásával végbemenő rothadás váltja fel (4).

A tözegképző növényzet alapján rétlápi, vagy réti és mohalápi, vagy mohatőzeget különböztetünk meg. A réti tözegek jellemző növényei a hínár (potamogeton), a vízirózsa (nuphar), nád (phragmites), sás (carex), káka (scirpus), szittyó (juncus) és zsurló (equisetum). A mohatőzegek növényei a moha (sphagnum), a hanga-, vagy erikafélék (ericaceae) és gypajúsás (erio-

phorum); utóbbi sokszor a réti-tőzegekben is előfordul. A réti lápok képződése lefolyástalan, kis mélységű szárazföldi vízmedencékhez, vagyis a felszín közeléig érő talajvízhez van kötve; a növényzet ásványi sókban gazdag talajvízben fejlődik. A mohalápok területén a talajvíz tükre mélyen van, a növényzet a fejlődéshez szükséges vizet és tápanyagot a páradús levegőből lehulló nedvességből és szállóporból veszi. A réti és mohalápokat al- és fellápoknak is szokás nevezni. A kétféle láp váltakozva, egymáson rétegződve is előfordulhat.

A tözeg légszáraz állapotban 70–90% száraz anyagot és 10–30% nedvességet tartalmaz. A bányanedves tözeg nedvességtartalma 80–90%. A száraz anyag a szerves anyagokból és a szerves anyaghoz kötött hamualkatrészekből áll. A tiszta, földes alkatrészeketől mentes tözegre vonatkoztatott szerves alkatrészek mennyisége 76–95%, a hamualkatrészeké 5–24%.

A tözeg szerves anyagának összetétele 55–60% carbonium, 5,5–6,0% hidrogén, 30,5–39,0% oxigén 0,4–4,0% nitrogén és 0,1–1,5% kén. A szerves anyag főképpen cellulózból, ligninből, híg alkáli lúggal kioldható huminsavakból és benzolalkohollal kivonható bitumenből áll. Utóbbi viasz, gyanta, zsírsavak és szénhidrogének keveréke (5). A huminsavak mennyisége a tözegképző növények bomlási, vagy érettségi fokának értékcsámát adja meg. Minél nagyobb az elszárazodott, vagy humifikált résznek a még bomlatlan növényi rostokhoz való viszonya, annál nagyobb a huminsavak mennyisége, annál érettebb a tözeg. Az érettségi fok alapján rostos, érett és vegyes tözeget különböztetünk meg. A rostos tözeg legalább fele részben 2 mm-nél hosszabb növényi rostokból áll, az érett tözeg földes szerkezetű és benne a növényi rostok sokszor alig ismerhetők fel, a vegyes tözeg a kétféle tözegfajta keveréke. A szerves alkatrészek minősége és mennyisége a tözegképző növényfajták szerint is változik.

A hamualkatrészek alkáli-, alkáliföldfém-, alumínium- és vasoxidból, kovásvából és foszorsavból állanak. Hasonlóan a szerves anyagokhoz, a hamu összetétele is változik, a növényzet fajtájától és a tözeg érettségi fokától függően.

A tözeg fontos jellemzője a térfogatsúlya is. Kiszáritott állapotában térfogatsúlyának értékszám 120–800 kg/m^3 . Különösen kicsi a térfogatsúlya a másodlagos, földes szennyeződéseket nem tartalmazó, laza szerkezetű tözegeknek. Kis térfogatsúlyuk következtében ezeknek a tözegfajtáknak hővezetési tényezője is kicsi.

A rostos tözeget kis hővezetési tényezője folytán régóta használják hőszigetelésre, elsősorban hideg-szigetelésre. Természetes, nyers állapotában azonban a tözeg nedvességgel szemben nem ellenálló, erősen higroszkópos. Könnyen átmedvesedik és víztartalma a száraz anyag 5–6-szorosára is emelkedhet. Átmedvesedéskor erősen megduzzad, száradása közben pedig nagymértékben zsugorodik. Ezért a tözegből formázott testek nem térfogatállandók. A kiformázott testeknek azonkívül kellő mechanikai ellenállóképességük sincs. Végül a tözeg penészesedésre és gombásos-

dásra is hajlamos. Csak gondos előkészítéssel, megfelelő kémiai és hőtechnikai eljárásokkal tehető alkalmassá hatásos hideg-szigetelő anyagok előállítására.

A tözeg-szigetelő anyagok ipara különösen a Szovjetunióban és Németországban fejlődött ki. Az első tözeglemez-gyárat a hannoveri Dyckerhoff cég alapította 50 évvel ezelőtt és gyártmányait Torfoleum néven hozta forgalomba (6). A nedveségnek ellenálló, hideg-szigetelésre alkalmas szigetelő anyagok a gyakorlatban beváltak és gyártásukat azóta sok helyen bevezették.

Szigetelő anyagok gyártására az eddigi tapasztalatok szerint azokat a tözegfajtákat tartják legalkalmasabbaknak, melyek

a) földes szennyeződéseket csak kis mennyiségben tartalmaznak és ezektől könnyen megtisztíthatók,

b) huminsav tartalma 40% alatt van, vagyis bomlási-, illetve érettségi foka alacsony,

c) rostanyaga hosszú, rugalmas és szívós szálakból áll és a rostok hamualkatrészeinek mennyisége nem nagy, végül

d) sok bitumen-szerű alkatrészt tartalmaznak.

A tözegek két csoportját, a réti- és mohatözegeket a szigetelő anyagok előállítása szempontjából fontos anyagtulajdonságaik alapján vizsgálva a következőket állapíthatjuk meg. A földes szennyeződések és az érettségi fokra jellemző huminsavak mennyisége mindkét tözegfajtánál tág határok között változhat. A réti- és mohatözegek között egyaránt vannak földes alkatrészekből kevéssé szennyezett és kevéssé humifikált települések. A rostanyag mechanikai ellenállóképessége és szívóssága tekintetében sincs lényeges különbség a réti- és mohatözegek között. Szembetűnő különbség a két tözegfajta között a hamu- és bitumentartalomban jelentkezik. A rétlápi tözegek rostanyagának hamutartalma nagy, bitumentartalma kicsi. Vizsgálataink szerint a legjobb rostos tözegünknek, a hansági tözegnek hamutartalma 11,5–16,5%, bitumentartalma 4,9–6,5%, a mosott és kiszáritott szárazanyag-tartalomra vonatkoztatva. Ezzel szemben a mohalápi tözegek hamualkatrészeinek mennyisége 3,0–5,5%, bitumentartalma 10–14%, sőt egyes szovjet mohatözegekben a bitumenszerű alkatrészek mennyisége a 15%-ot is meghaladja (7). A hamuban szegény, sok bitument tartalmazó tözegek egyszerű hőkezeléssel többé-kevésbé víztaszítóvá tehetők. Ezek szerint a mohatözegek a rétitözegeknél jobb nyersanyagok.

Számottevő mohatözeg-előfordulások ' hazánkban nincsenek. Iparilag hasznosítható településeink mind rétitözegek. Nagy hamu- és kevés bitumentartalmuk ellenére a rétitözegek is felhasználhatók szigetelő anyagok előállítására, ha rostszálaik szívósak és rugalmasak. Ezt igazolják a hansági tözezből kísérleteink alapján előállított víztaszító tözeglemezek.

A laboratóriumi és félüzemi kísérletek alapján kidolgozott technológiai eljárás a következő munkafolyamatokra tagozódik:

a) nyers tözeg mosása és előkészítése.

a rostanyag víztaszítóvá tétele és mechanikai ellenállóképességének fokozása, a szigetelőlemezek formázása,

a szigetelőlemezek szárítása és hőkezelése, végül

a szigetelőlemezek megmunkálása.

2. A nyers tözeg mosása és előkészítése

A szigetelő anyagok gyártására kiválasztott és kitermelt hansági tözeg 10–20% földes szennyeződést tartalmaz, a rostok legnagyobb részét 1 cm-nél hosszabb szálakból állanak és huminsav-tartalmuk felső határa 40%. A kísérletekhez használt tözeg huminsavtartalma 31,0–35,0% volt.

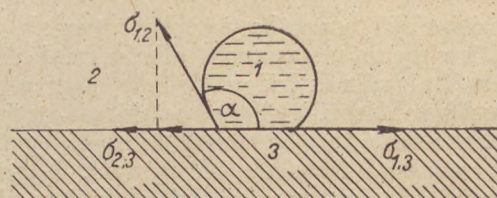
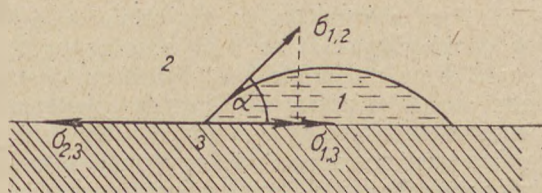
A földes szennyeződések elkülönítése céljából a nyers tözeget tépőgéppel fellazítva keverővel ellátott mosókészülékben közönséges hőmérsékleten vízbeáztatjuk és mossuk. A mosási művelet folyamán fajsúlykülönbségük következtében a földes szennyeződések a rostoktól elkülönülnek és a mosóvízzel eltávolíthatók. A mosóvíz mennyisége a mosókészülék működési elvétől, kis mértékben a szennyeződések minőségétől és mennyiségétől függően változik. Megközelítéssel az 1 m³ késztermékre vonatkoztatott mosóvíz szükséglet 4–5 m³. A mosóvíz a földes szennyeződések leüleptése után újból felhasználható, az 5–10% rostfoszlányokat tartalmazó földes üledék a mezőgazdaságban értékesíthető.

A mosott tözeget ezután szikkasztó kamrában tároljuk. A tapadó víz szikkasztás közben a rostszálakról lecsurog és az anyag nedvesség-, illetve szárazanyag-tartalma megközelítőleg állandó értékre áll be. Azonos szárazanyag-tartalmú nyersanyagra azért van szükség, hogy a súlyszerinti adagolással készülő szigetelő anyagok térfogatsúlya és minősége ne ingadozzék. A szikkasztott tözeg szárazanyag-tartalma 20–22%.

A következő munkaszakaszban a tözeget vízben szuszpendáljuk. A mosott tözeget, a benne levő kb. 80% nedvességet is számításba véve, hollandi keverő foszlátó-gépben 20-szoros vízmennyiséggel szálaira bontjuk és egyenletesen szétoszlatjuk. A szuszpenzió szárazanyag-tartalma megközelítőleg 5%. A szuszpenzió előállításánál a rostszálaknak túlnyomórészt épeknek kell maradniuk; ennek megfelelően választjuk meg a szuszpendálás idejét és gondoskodunk arról, hogy a hollandi forgódobjának pengéi a fenékpengékhez túlközel ne álljanak. Erősen szétfoszlátott, sok elnyírt, széthúzott és elnyálkásodott rostszálal tartalmazó tözeg nehezen préselhető, a ki-préselt anyag óvatos szárítás mellett is deformálódik és a késztermék mechanikai ellenállóképessége sem kielégítő.

3. Nedvesedést gátló, szilárdságot és kötést biztosító anyagok hozzákeverése a rostanyaghoz. A szigetelőlemezek formázása

A szigetelőlemezek előállításának legfontosabb és elengedhetetlen feltétele a tözegrostok higroszkóposságának és átnedvesedésre való hajlamosságának csökkentése, vagy megszüntetése.



2. ábra. Vízcsepp elhelyezkedése hidrofil és hidrofób felületen

Hogy a víz a vele érintkező szilárd test milyen mértékben nedvesíti, az a szilárd test határfelületén fellépő felületi feszültségektől függ (8). A víz és a szilárd test érintkezésekor a következő határfelületi feszültségek lépnek fel (2. ábra).

- a) a víz (1) és a szilárd test (3) határfelületén,
 b) a levegő (2) és a szilárd test (3) határfelületén,
 c) a víz (1) és a levegő (2) határfelületén,
 a) hidrofil felület $\sigma_{2,3} - \sigma_{1,3} > 0$,
 b) hidrofób felület $\sigma_{2,3} - \sigma_{1,3} < 0$.

Mivel a felületi feszültség mindig a határfelület csökkentésére igyekszik, $\sigma_{1,3}$ összehúzza, $\sigma_{2,3}$ széthúzza a cseppet. $\sigma_{1,2}$ -nek a szilárd test felületére eső komponense széthúzza, vagy összehúzza a vízcseppet aszerint, hogy a víz-levegő (folyadék-gáz) határfelületének a szilárd test felületével alkotott illeszkedési szöge, α , hegyes, vagy tompaszög. Egyensúly akkor áll fenn, ha a határfelületi feszültségek vektoriális összege zérus

$$\sigma_{1,3} + \sigma_{1,2} \cos \alpha - \sigma_{2,3} = 0 \quad (5)$$

Minthogy $\sigma_{1,3}$, $\sigma_{2,3}$ és $\sigma_{1,2}$ állandók, következik, hogy egyensúly csak α meghatározott értékénél lehetséges, éspedig ha

$$\cos \alpha = \frac{\sigma_{2,3} - \sigma_{1,3}}{\sigma_{1,2}} \quad (6)$$

Mivel az illeszkedési szög fizikai jelentéséből kifolyólag 0° és 180° közé esik, $\cos \alpha$ határértékei $+1$ és -1 . Tehát az illeszkedési szögnek csak akkor lehet valós értéke, ha

$$\sigma_{2,3} - \sigma_{1,3} \geq \sigma_{1,2} \quad (7)$$

vagy

$$\sigma_{2,3} \leq \sigma_{1,2} + \sigma_{1,3} \quad (7b)$$

ami azt jelenti, hogy a levegő és a szilárd test határfelületi feszültsége kisebb, mint a víznek a levegőre és szilárd testre vonatkozó felületi feszültségeinek összege.

Amennyiben a (6) egyenletben $\sigma_{2,3} - \sigma_{1,3} > 0$, akkor $\cos \alpha$ is > 0 ; ez esetben $0 < \alpha < 90^\circ$, az illeszkedési szög hegyesszög. Ha a levegő és szilárd test határfelületi feszültsége nagyobb, mint a víz és szilárd test határfelületi feszültsége, a víz részlegesen nedvesíti a felületet, vagyis a test felülete hidrofil.

Amennyiben $\sigma_{2,3} - \sigma_{1,3} < 0$, akkor $\cos \alpha$ is < 0 ; ez esetben $90^\circ < \alpha < 180^\circ$, az illeszkedési szög tompaszög. Ha a víz és a szilárd test határfelületi feszültsége nagyobb, mint a levegő és szilárd test határfelületi feszültsége, a víz részlegesen nem nedvesíti a felületet, vagyis a test felülete hidrofób.

A $\sigma_{2,3} - \sigma_{1,3}$ különbséget nedvesedési feszültségnek nevezzük.

Az illeszkedési szögnek nem lehet valós értéke, ha

$$\sigma_{2,3} > \sigma_{1,2} + \sigma_{1,3} \quad (8a)$$

vagy ha

$$\sigma_{1,3} > \sigma_{1,2} + \sigma_{2,3} \quad (8b)$$

Az első, (8a) esetben, amikor a víz és szilárd test határfelületi feszültsége nagyobb, mint a levegő és szilárd test vízre vonatkozó határfelületi feszültségeinek összege. Ez a teljes átnedvesedés esete, a vízcsepp szétfolyik a szilárd test felületén.

A második, (8b) esetben, amikor a víz és a szilárd test határfelületi feszültsége nagyobb, mint a víz és a szilárd test levegőre vonatkozó határfelületi feszültségeinek összege, a víz nem nedvesíti a felületet, a vízcsepp elszakad a szilárd test felületétől, a kettő közé levegőréteg nyomul.

Az anyag felületének hidrofil és hidrofób sajátága eszerint a víz illeszkedési szögének nagyságától függ. A tőzeg a teljesen nedvesedő anyagok csoportjába tartozik. A vízcsepp a rostokon szétfolyik, illeszkedési szöge 0° . A poláros vízmolekulák ugyancsak poláros negatív töltésű tőzegrostok felületével szorosan kapcsolódnak.

A tőzeg hidrofilitásának csökkentése, illetve hidrofóbabbá tétele az előadottak alapján azáltal valósítható meg, hogy rostszálait olyan anyaggal vonjuk be, amelynek nedvesedési feszültsége kicsi és amelyen a vízcsepp illeszkedési szöge 90° -nál nagyobb. Az ilyen nem nedvesedő vegyületek kétféleképpen lehetnek. Az egyik csoportba apoláros vegyületek tartoznak, ilyenek a bitumen, paraffin és sok szerves műanyag; a másikba poláros és apoláros gyökökből álló vegyületek, ilyenek a gyanta és zsírsavak vízben oldhatatlan fémsoi. Bármelyik csoportba tartozzék is az anyag, egyenletesen vékony és tartós vízhatlan hártya csak nagy diszperzitás-fokú emulziókkal állítható elő a rostokon.

Az első csoportba tartozó anyagok, pl. bitumen használata esetében az emulgeált állapotnak elektrolitokkal, vagy más módon történő megszüntetése után az apoláros hidrofób vegyület cseppjei adhézió következtében a rostok felületére tapadnak és a durvább pórusokba is behatolnak. A rostokra tapadt cseppek a diszpergáló anyagnak, a víznek kipréselése és kiszáritása folyamán egymással összefolynak és a rostfelületet egyenletes hidrofób réteggel vonják be. A hidrofób adhéziós réteg kialakulását a tőzeg poláros tulajdonsága és elektromos töltése nem befolyásolja.

A második csoportba tartozó anyagok, pl. oldhatatlan gyantaszappanok alkalmazásával a rostok azáltal válnak hidrofóbbá, hogy a vegyület poláros hidrofíl gyöke a rostok poláros felületén adszorbeálódik, apoláros hidrofób gyöke pedig a nedvesítő folyadék felé irányul. A gyantaszavakat nátriumszappan-emulzió alakjában viszik a tőzegrostokat tartalmazó vizes szuszpenzióba és az oldhatatlan fémszappant alkáliföld-fém-hidroxiddal, vagy alumíniumszulfáttal választjuk le a rostokra. Az alumíniumszulfát alkalmazása előnyösebb, mint az alkáliföld-fémhidroxidé, mert a fémszappanok adszorbeáló-képessége a fém vegyértékével nő. Az alumíniumrezinát pozitív töltésű hidrofíl $(\text{COO})_3\text{Al}$ -gyökével kapcsolódik a poláros és negatív töltésű hidrofíl tőzegrost felületéhez, míg az apoláros, hidrofób szénhidrogénláncból álló gyök kifelé fordulva helyezkedik el a rostszálak hidrofób hártáját alkotva. A hidrofób hártya tehát irányított adszorpció következtében áll elő és képződése a tőzegrostok poláros jellegével és elektromos töltésével van összefüggésben.

Kolloidkémiai megállapítások szerint adszorpciós kötésnél az anyag felülete és a hidrofób hártya között lényegesen szorosabb kapcsolat létesül, mint adhéziós kötés esetében.

A külföldön többnyire mohatózeggől előállított szigetelő anyagok víztaszítóvá tételére általában bitumenemulziót használnak (9), sőt a Szovjetunióban egyes mohatózeg fajtákból bitumenemulzió alkalmazása nélkül állítanak elő szigetelő elemeket (10), mert bitumen-tartalmuk egymagában is elegendő ahhoz, hogy az anyag a szárítást követő hőkezelés folyamán bizonyos mértékig víztaszítóvá váljék. Az ilyen módon készülő szigetelő anyagokban a hidrofób hártya adhéziós erővel kapcsolódik a rostszálak felületéhez.

A hansági rétitőzeggel végzett gyártástechnológiai kísérleteinknél a bitumennél megfelelőbbnek bizonyult a gyantaszappan és rezolgyanta használata; ezek egyidejű alkalmazása mellett kaptuk a legjobb eredményeket. A hidrofób hártját ez esetben adszorpciós és adhéziós erők együttesen kapcsolják a rostfelülethez. Ezúton sikerült az anyag nedvességgel szembeni ellenállóképességét a legnagyobb mértékben növelni, ugyanakkor az impregnáló szerek még a rostszálak egymáshoz tapadását is elősegítették és a szigetelőlemezek szilárdságát és rugalmasságát fokozták.

A nedvesedést gátló, kötést és szilárdságot biztosító anyagokat a következőképpen készítjük elő és keverjük hozzá az 5% rostanyagot tartalmazó vizes szuszpenzióhoz.

Közönséges fenyőgyantát koncentrált szóda-oldattal elszappanosítunk; 100 s. r. gyanta elszappanosításához 30 s. r. ammóniákszóda szükséges. Az elszappanosított anyagból a gyantára vonatkoztatva 20%-os vizes szappanemulziót készítünk. Kereskedelmi rezolgyantát 25%-os nátronlúggal oldatba viszünk s az oldatot vízzel annyira felhígítjuk, hogy rezoltartalma 20% legyen; 100 s. r. rezolgyanta feloldásához 20 s. r. technikai nátronlúg szükséges. Ezenkívül még 20 %-os alumíniumszulfátoldatot készítünk.

1 m³, vagyis 200 kg tőzeglemez előállításához 4 kg fenyőgyantát és 8 kg rezolgyantát használunk. Ennek megfelelően 4000 liter 5%-os tőzegrost szuszpenzióhoz 20 liter szappanemulziót és 40 liter lúgos rezolgyantaoldatot adagolunk és ezeknek a szuszpenzióban való egyenletes elkeveredéséről gondoskodunk. Ennek megtörténte után a gyantaszavakat és a rezolgyantát 50 liter alumíniumszulfát oldattal a szuszpenzió állandó keverése közben oldhatatlan formában a rostokra kicsapjuk.

A tőzeglemezek formázására a félüzemi kísérletnél szerzett tapasztalataink alapján a faköszörület-, illetve farost-lemezek gyártásánál alkalmazott és jól bevált sajtolási eljárást tartjuk a legmegfelelőbbnek. Eszerint a lemezképzésnél öntőszekrényvel ellátott, hidraulikus nyomófejjel és vákuumleszívató berendezéssel működő prést használunk és a lemezek préselése két 1,0–1,2 mm lyukbőségű szitaszövet között történik. A présnyomás 1,0–3,0 kg/cm², a vákuum, 40–60 mm Hg-o-ra legyen beállítható. Az öntőszekrényt úgy kell méretezni, hogy 600×600 mm méretű és 50–100 mm vastagságú lemezek legyenek formázhatók. Az öntési idő alatt a szekrénynek zártnak kell lennie és gondoskodni kell arról is, hogy öntésnél a szuszpenzió homogenitása ne szűnjék meg és a rostszálak összekuszált állapotban maradjanak. Enélkül egyenletes szöveti szerkezetű és rétegződésmentes tőzeglemezek nem formázhatók.

A tőzeglemezekről a vékony szitaszövetet lefejtjük és 8–10 mm lyukbőségű merevített rostaszövetekre fordítjuk át és szárítókeretekre helyezük.

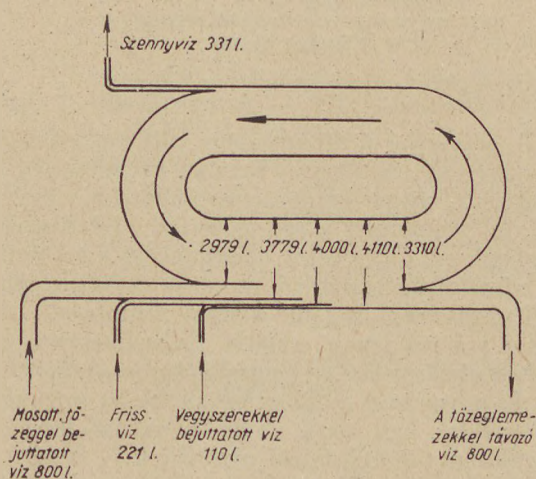
A lemezek formázásánál kisajtoló víz nem tiszta. Rostfoszlányokkal és a mosásnál visszamaradó földes alkotórészekkel szennyezett, de gél-állapotú impregnáló anyagokat is tartalmaz. Kísérleti megállapításaink szerint 1,2–1,5 kg/cm²-nél nagyobb sajtolási nyomás alkalmazásánál a nyomás emelésével a présvízzel távozó impregnáló anyagok mennyisége fokozódik. A veszteséget a présvíznek a gyártási folyamatba való visszavezetésével, vagy recirkulációjával lehet megszüntetni, ill. csökkenteni. Hogy a szennyeződések a szuszpenzióban ne halmozódjanak fel, minden egyes recirkulációnál a sajtolási víznek kb. 10%-át, mint szennyvizet elvezetjük, ill. eltávolítjuk és friss vízzel pótoljuk.

A sajtolási víz elvezetése ill. eltávolítása nem egyszerű feladat, mert krezol-tartalma következtében az élő szervezetekre mérgező hatása van és ártalmatlanná tételéről feltétlenül gondoskodni kell. Hatósági előírások szerint krezol-tartalmú szennyvizet földművelés alatt álló területekre vezetni nem szabad és folyókákba is csak felhígítva és olyan mértékben lehet bevezetni, hogy azok krezol-tartalma literenként néhány ezred milligrammnál nagyobb ne legyen.

A krezol az impregnálásra használt és 8–10% szabad krezol tartalmazó rezolgyantából kerül a szuszpenzióba, ill. présvízbe és ott a recirkuláció következtében koncentrálik. Ha a víz teljes egészében visszavezethető lenne a gyártási folya-

matba, akkor a víz, ill. a szuszpenzió a krezoall fokozatosan telítődne, kb. 20%-os krezoall-oldat képződne. Ez a gyakorlatban nem következik be, mert egyrészt a sajtolás után a lemezekben tekintélyes mennyiségű víz marad vissza, másrészt a frissen adagolt tözeg víztartalma az oldatot hígítja. Ha még a présvíz egyrészt elvezetve, azt friss vízzel pótoljuk — mint ez az alkalmazott technológiai eljárásnál történik — akkor a frissen adagolt tözegben levő víz hígító hatását is figyelembe véve, a szuszpenzió nem fog telítődni, de krezoalltartalma feldúsul, míg egy bizonyos határértéket el nem ér.

A tözeglemez előállításánál szereplő vízmenyiségeket vázlatosan a 3. ábrán tüntetjük fel.



3. ábra. Vízszükséglet és a víz recirkulációja a tözeglemek gyártásánál

Az 1 m³ tözeglemez gyártásához szükséges 200 kg száraz tözeg 800 kg vizet köt meg tapadó víz formájában. Hogy 5%-os szuszpenziót kapjunk, a 800 liter vizet tartalmazó 1000 kg mosott tözeget 3200 liter vízben kell szétoszlatni. Az így előállított szuszpenzióhoz 110 liter vegyszeroldatot, illetve emulziót adagolunk, miáltal az összes vízmennyiség 4110 literre nő. Minthogy a kisajtott tözeglemez 80% nedvességtartalmúak, vagyis 1 m³ nyers tözeglemez 800 liter vizet tartalmaz, a kisajtott víz, illetve folyadékmennyiség kb. 3310 liter. Ennek 10%-át, vagyis 331 litert eltávolítunk és csak 2979 litert vezetünk vissza a körfolyamatba. Eszerint a víz $\frac{2979}{4110} =$

$$= 72,4\% \text{-a recirkulál, } \frac{331 + 800}{4110} = 27,6\% \text{-a rész-}$$

ben szennyvízként távozik, részben a nyerstermékben marad és abból a gyártás további szakaszában a szárításnál elpárolog.

Ha az egyes beméréseknél adagolt rezolyantával oldatba jutó krezoall mennyiségét a -val, a recirkulációval a folyamatba visszavezetett vízmennyiséget q -val jelöljük, akkor az n -edik adagolás után az oldat krezoalltartalmát, S_n -et a következő mértani sor adja meg.

$$S_n = a + aq + aq^2 + \dots + aq^{n-1} \quad (9)$$

A sor egymást követő tagjai, a másodiktól kezdve az egymásután következő recirkuláció következtében beálló krezoalltartalom-növekedést jelentik. Mivel ezek egyre csökkenő értékűek, bizonyos számú adagolás után egy határértékhez érünk:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} S_n = \frac{a}{1 - q} \quad (10)$$

Az előbbieket szerint az 1 m³ tözeglemezhez felhasználott 8 kg rezolyantából oldatba kerülő krezoall mennyisége $a = 0,8$ kg és a recirkuláltatott vízmennyiség a teljes víz mennyiségének 72,4%-a, vagyis $q = 0,724$, a határérték a 10. alapján számítva:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} S_n = \frac{0,8}{1 - 0,724} = 2,9$$

ami azt jelenti, hogy a 4410 liter oldatban a krezoalltartalom 2,9 kg-ra dúsul fel, vagyis az 1000 literre vonatkoztatott krezoallmennyiség 0,706 kg. Mint-hogy ennek az aránylag nagymennyiségű krezoallnak a hatásági előírások szerinti felhígítására igen nagy vízmennyiségre van szükség, a krezoallnak ártalmatlanná tétele ilyen módon gazdaságosan nem valósítható meg. Tekintettel arra, hogy a szennyvíz mennyisége aránylag kevés, 1 m³ tözeglemezre mindössze 331 liter esik, legegyszerűbben a krezoallt úgy tehetjük ártalmatlanná, ha a szennyvizet leüleptítés után bepároljuk és a bepárlási maradékot elégetjük. A bepárlás hőenergiaszükséglete nem túl nagy, 1 m³ tözeglemezre számítva maximálisan 350 000 kcal és ez az előállítási költséget lényegesen nem növeli.

4. A tözeglemek szárítása és hőkezelése

A kipréselt tözeg lemezek a száraz anyagra vonatkoztatva kb. 400% nedvességet tartalmaznak. Ennek a nagymennyiségű víznek eltávolítása a szárítás folyamán a lemezek aránylag nagy száradási zsugorodásával összefüggő érzékenysége miatt kényes feladat. A száradási érzékenységet a száradó test külső és belső rétegei között fellépő zsugorodásbeli különbségek okozzák.

A szárítás tanulmányozása céljából laboratóriumi kísérletekkel meghatároztuk a tözezből készült szigetelő anyag,

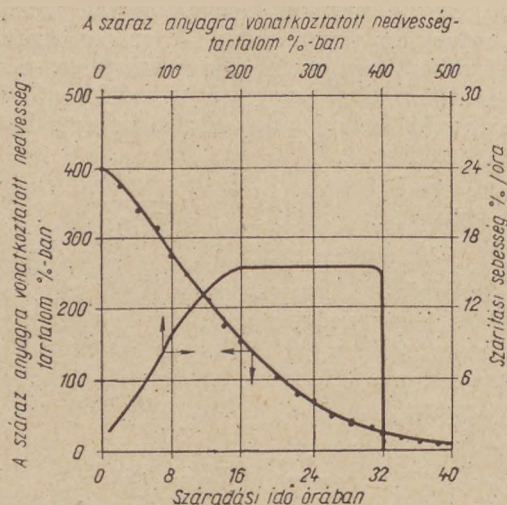
a) szárítási görbét, ami az anyag nedvességtartalmának időbeli változását,

b) szárítási sebességgörbét, ami az időegységben eltávozó víz %-os mennyiségét, végül

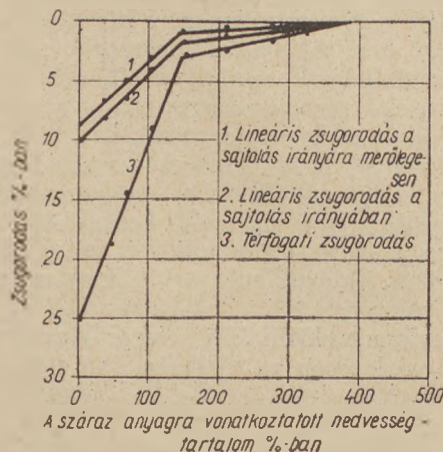
c) zsugorodásbeli görbét, ami az anyag méretváltozását

tünteti fel a szárítás folyamán. A kísérleteket két hőmérsékleten, 60°-on, illetve 80°-on végeztük, a szárító levegő relatív nedvességtartalma $\varphi = 0,4$, áramlási sebessége $v < 0,05$ m/sec volt. A próbatestek mérete $7,0 \times 7,0 \times 3,5$ cm. A kísérleti eredményeket a 4. és 5. ábra görbéi tüntetik fel.

A vizsgálati eredmények alapján a következőket állapíthatjuk meg. A tözeglemez szárítási folyamata, mint minden más kapilláris pórusos anyagé, két egymástól élesen el nem határolható szakaszra tagozódik. A szárítás első szakaszában a víz a száradó test felületéről párolog és kapillá-



4. ábra. Tőzeg szigetelő anyag szárítási és zsugorodási görbéi. Szárítási hőmérséklet 60°



ris erők hatására vándorol az anyag belsejéből a felszín felé. A szárítási sebesség ebben a szakaszban megközelítőleg állandó.

A második szakaszban a test felülete többé-kevésbé száraz, a párolgó felszín a test belsejébe húzódik és a szárítás sebessége a vastagodó kiszáradt réteg egyre növekvő diffúzióellenállása következtében fokozatosan csökken, egészen a szárítási folyamat befejeződését jellemző egyenúlyi állapotig.

A szárítási sebességgörbén leolvasható, hogy a folyamat első, állandó sebességű szakasza 60°-on történő szárítás esetén közelítőleg 200%, 80°-on 300% nedvességtartalomnál ér véget. A zsugorodás e szakaszban kicsi, a lineáris és a sajtolásra merőleges irányban mért zsugorodás számértéke mindkét hőmérsékleten mindössze 1,5%, mert a nedvesség főképpen csak a durva kapillárisokból és pórusokból távozik. A kis zsugorodás következtében az anyag a száradásnak ebben a szakaszában nem érzékeny.

A folyamat második, csökkenő sebességű szakaszában a nedvességtartalom 200%, illetve 300%-ról 3—4%-ra csökken. Ebben a szakaszban az anyag nagymértékben zsugorodik és pedig addig, míg a lineáris zsugorodás el nem éri a száradás végére a 8,8%-ot. A nagymértékű zsugorodás annak a következménye, hogy ekkor a nedvesség nagyrésze már nem a durva kapillárisokból, hanem a tőzegrostok megduzzadt sejtfalaiból távozik. A nagy zsugorodás folytán a szárításnak ebben a szakaszában a száradási érzékenység igen nagy. Már kis nedvességgradiens esetében a rétegeknek egymáshoz viszonyított méretváltozásai húzó- és nyírófeszültségeket idéznek elő és ezeknek hatására az anyagban torzulás és repedés áll elő.

A tözeglemez a kolloidkapilláris anyagoknak abba a csoportjába tartozik, melyek a szárítás csökkenő sebességű szakaszában zsugorodnak, el- lentétben a legtöbb szerves kolloidkapilláris anyaggal, pl. kerámiai anyagokkal, melyeknek zsugorodása a szárítás állandó sebességű szakaszában megy végbe.

A száradási érzékenységre való tekintettel a tözeglemezek szárítására legalkalmasabbak a recirkulációs, vagy lépcsőzetes működésű kamrás szárítók, melyeknél a szárítótérből kilépő nedves levegőnek csak egy részét bocsátjuk ki a szabadba, más részét friss levegővel keverve és felmelegítve újból visszaáramoltatjuk a szárítórendszerbe. Ezáltal a szárító levegő relatív nedvességtartalmát a követelményeknek megfelelően szabályozhatjuk. Az egyenletes szárítás biztosítására azonkívül gondoskodni kell arról, hogy a szárító levegő a kamrákban felülről lefelé áramoljék.

A tözeglemezek legkedvezőbb szárítási hőmérséklete 60° körül van. Magasabb szárítási hőmérséklet alkalmazása nem előnyös, mert 60°-on túl — mint az a szárítási és zsugorodási görbék- ből megállapítható — a szárítás csökkenő sebességű szakasza megnövekszik és ezzel egyidejűleg az anyag száradási érzékenysége fokozódik.

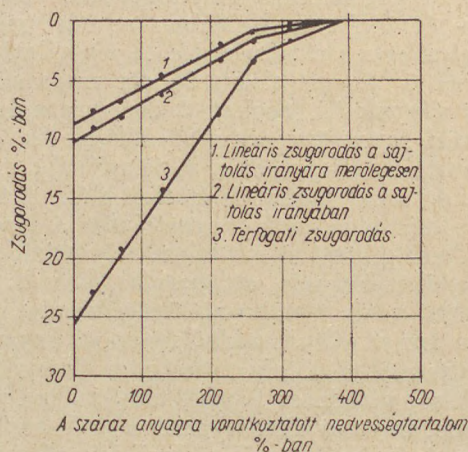
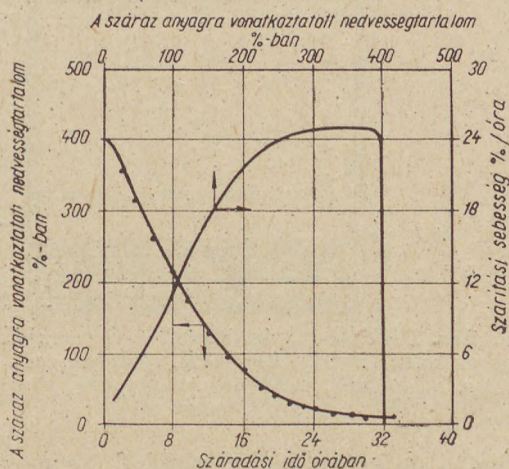
A szárítás befejezése után a tözeglemezeket 120—130°-ra felhevítve még hőkezelésnek vetjük alá, hogy a lemezek kötőanyagában résztvevő rezolgyanta megkeményedjék, rezitol-, illetve rezitgyantává alakuljon át és esetleges krezoltartalmukat elvesztve teljesen szagtalanává váljanak.

5. A szigetelő anyag megmunkálása

A felhasználó ipar számára szükséges, hogy a tözeglemezek teljesen sík felületűek, egyenlő méretűek legyenek, valamint lapjaik a jó illeszkedés céljából pontosan 90°-ot zárjanak be. Ezért a lemezeket faipari gyalugéppel, az oldallapokat finom fogazású szalagfűrészszel méretpontosra munkálják. Csőhéjakat a lemezekből szalagfűrész és marógép segítségével állítanak elő.

III. A szigetelő lemezek anyagtulajdonságainak vizsgálati adatai

A laboratóriumunkban kidolgozott technológiai eljárással készült tőzeg-szigetelő anyagok két fajtájának anyagtulajdonságait vizsgáltuk meg, melyeket a Parafakőgyár V. kísérleti üze-



5. ábra. Tőzeg szigetelő anyag szárítási és zsugorodási görbéi. Szárítási hőmérséklet 80°

mében is előállítottunk. A két anyag összetételében annyiban tér el egymástól, hogy az egyik több gyantaszappant tartalmaz, és ennek következtében nedvességgel szembeni ellenállóképessége nagyobb. A tözeglemezek előállításánál felhasznált nyersanyagok százalékos mennyiségét száraz állapotban az I. táblázat tartalmazza.

I. táblázat

Viztaszító tözeglemezekhez felhasznált nyersanyagok mennyisége

M e g j e l ö l é s	1.	2.
Hansági mosott tőzeg %	95,4	94,4
Rezolganta %	3,7	3,7
Fenyőgyanta %	0,9	1,9

Az anyagtulajdonságok jellemzésére meghatároztuk a tözeglemezek hővezetési tényezőjét, rugalmas összenyomódását, penészesedéssel szembeni ellenállóképességét, higroszkóposágát és hajszálcsoves vízfelszívódását, vízfelvevőképességét víznyomás hatására, végül diffúzióellenállását. Összehasonlításképpen egyidejűleg ugyanezeket a vizsgálatokat expandált és szurokkötésű parafalemezekkel is elvégeztük.

A hővezetési tényező meghatározása a hőszigetelő anyagoknál szokásos módon történt. A rugalmas összenyomódás, penészesedéssel és nedvességgel szembeni ellenállóképesség megállapítására Cammerer (11), Dürhammer (12) és Göring (13)-nek a hideg-szigetelő anyagokra kidolgozott vizsgálati módszereit alkalmaztuk, bizonyos módosításokkal.

1. A vizsgálati módszerek leírása

a) *Hővezetési tényező.* Meghatározására $F = 20 \times 20$ cm² párhuzamos sík felületű $\delta = 5$ cm vastagságú próbatesteket használunk és állandó súlt hőáram mellett az F felületre merőlegesen óránként áthaladó Q kcal hőmennyiséget mérjük, $t_1 - t_2 = 10 - 20^{\circ}$ hőmérsékletkülönbség esetében.

A hővezetési tényezőt λ -t a

$$\lambda = Q \frac{\delta}{(t_1 - t_2) F} \text{ kcal/m}^{\circ} \quad (11)$$

képlet alapján számítjuk.

A kísérletnél a próbatest térfogatát és súlyát is megmérjük, hogy az anyag térfogatsúlyát is kiszámíthassuk.

b) *Rugalmas összenyomódás.* A vizsgálathoz $12 \times 12 \times 5$ cm méretű próbatesteket vágunk ki és azokat a 12×12 cm²-es felületükre merőlegesen ható $0,2$ kg/cm² erővel terheljük. 24 órai terhelés után $0,1$ mm pontossággal megmérjük az összenyomódás m értékét és azt az eredeti méret százalékában fejezzük ki. A terhelés megszűntetése után megfigyeljük, hogy a próbatest alakváltozása rugalmas volt-e, visszanyeri-e eredeti térfogatát.

c) *Penészesedéssel szembeni ellenállóképesség.* A vizsgálatot peremes fedővel ellátott üvegedény vízgőzzel telített terében szobahőmérsékleten végezzük. Az üvegedénybe $1 - 2$ cm magasságig vizet öntünk és a vízréteg feletti térbe szerelt dróthálóra helyezzük a vizsgálandó próbatestet. Az állandóan nedves térről úgy is gondoskodhatunk, hogy az üvegedény fenekét és fedelét nedves vattával, vagy szűrőpapírral béleljük. A kísérleti edényt napfénytől védett helyen tartjuk. A próbatestet 45 napon át megfigyeljük. Ha az anyag penészesedésre hajlamos, akkor néhány nap múltán feltűnik a penész a felületén. A penészesedésnek ellenálló anyagokon penészesedés $30 - 45$ nap múltán sem válik láthatóvá, vagy csak szórványosan jelentkezik.

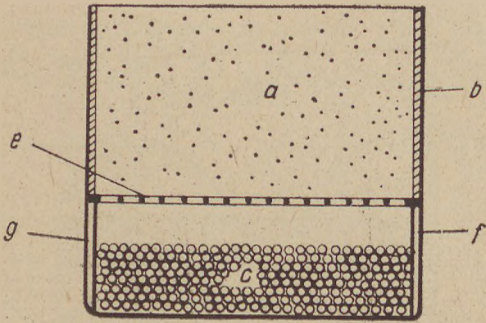
d) *Higroszkóposág.* Az anyag higroszkóposágát, vagyis vízfelvételét a levegőből 20° hőmérsékletű, különböző relatív nedvességu zárt légtérben határozzuk meg, gondoskodva arról, hogy a hőmérséklet a kísérlet folyamán ne változzék. Az állandó hőmérsékletre azért van szükség, mert a higroszkóposág nagymértékben függ a hőmérséklettől, hőmérsékletcsökkenés ugyanis az anyagban páralecsapódást idéz elő, miáltal a mérésnél a valóságosnál nagyobb értéket kapunk. A próbatestek mérete $7 \times 7 \times 5$ cm. A higrosz

kóposságot a próbatestek súlynövekedése adja, amit súly- és térfogatszázalékban adunk meg.

e) *Hajszálcsöves vízfelszívódás.* A vizsgálathoz az anyagból 5×5 cm² alapú 25 cm magasságú hasábokat vágunk ki, azokat 2 cm magasságig vízzel töltött lapos üvegedénybe állítjuk és 20° hőmérsékleten megfigyeljük a vízfelszívódás magasságát, míg az a maximális értéket eléri. A felszívott víz elpárolgásának meggátolására a kísérletet vízgőzzel telített zárt térben folytatjuk le.

f) *Vízfelvőképesség, víznyomás hatására.* A próbatesteket vizet tartalmazó üvegedénybe helyezzük és annyi súllyal terheljük meg, hogy a víz színe a próbatestek felső, vízszintes élvonalaig érjen. A felső, vízszintes lapnak nem szabad víz alá merülnie, mert ez akadályozná a próbatestek pórusaiban és hajszálcsöveiben levő levegő eltávozását. A 30—60 napig tartó vizsgálat során 3—5 naponként megmérjük a próbatestek súlynövekedését. A mérések előtt a próbatestek felületéhez tapadt vizet lerázzuk. A próbatestek mérete 7×7×5 cm. A súlynövekedést súly vagy térfogatszázalékban adjuk meg.

g) *Diffúzió folytán átbocsátott vízmennyiség.* A vizsgálathoz 5 cm magas és kb. 10 cm Ø-jű henger alakú próbatestet készítünk a szigetelő anyagból. A henger palást-felületét bevonjuk bitumennel, majd a próbatestet a 6. ábrán látható módon alumíniumpohárba építjük be, ugyancsak bitumentömítéssel. A pohár alján előzőleg kb. 2 cm vastagságban a próbatesten át diffundáló vizgőzt elnyelő szilikagélt helyezünk el, me-



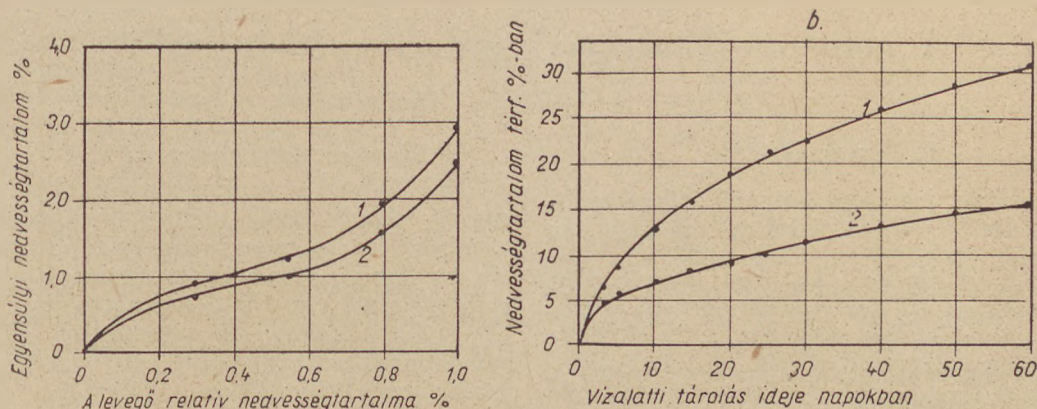
6. ábra. Diffúzió folytán átbocsátott vízmennyiség mérése. a) próbatest, b) bitumentömítés, c) kovásvégél, d) levegőréteg, e) drótháló, f) távolságtartó gyűrű, g) alumínium-pohár

lyet a próbatest alsó felületétől 1 cm-es légréteg választ el. A mérést megelőzően a próbatesteket a szorpciós nedvesség felvétele, illetve az egyensúly beállása végett a mérési körülményeknek megfelelő hőmérsékletű és relatív nedvességtartalmú térben tároljuk. Az alumíniumpohárba épített próbatestet állandó hőmérsékletű és relatív nedvességtartalmú légterű exsikkátorba helyezzük. Az állandó hőmérsékletet egy Höppler ultratermosztáttal biztosítjuk, melynek vizét az exsikkátorba helyezett csőkiágyn áramoltatjuk és a rendszert gondosan hőszigeteljük. A levegő relatív nedvességtartalmát az exsikkátor alján elhelyezett meghatározott töménységű kénsav-oldattal állítjuk be, és a nedves levegőt egy beépített ventilátor segítségével állandó mozgásban

Hidegszigetelő anyagok vizsgálati adatai

11. táblázat

Megnevezés	Térfogatsúly kg/m ³	Hővezetési tényező kcal/mó°		Rugalmas össze- nyomódás 0,2 kg/cm ³ terhelés mellett	Nedvesség- tartalom térf. %		Hajszálcsöves vízfel- szívódás mm	Vízfelvö- képesség víznyo- más hatására térfogat %			Diffúzióellenállás	Penészesedéssel szem- ben ellenállás
		0°	+ 20°		légszáraz	vízgőzzel telített		3	10	30		
				állapotban	nap után							
Hazai réti-tőzegle- mez 1. összetételű	162	0,037	0,040	0,3	1,2	2,9	2	6,8	12,2	21,4	5,2	kielégítő
Hazai réti-tőzegle- mez 2. összetételű	164	0,035	0,037	0,3	1,0	2,5	2	4,2	6,4	10,4	7,1	kielégítő
Expandált parafale- mez (Expanzit)	150	0,032	0,036	1,2	0,2	0,9	10	8,7	13,1	20,8	18,8	kielégítő
Szurokkötésű parafa- lemez (Szupremit)	170	0,036	0,040	2,0	0,2	1,6	15	5,6	7,4	9,5	5,0	kielégítő
Külföldi moha-tőzeg lemez (Torfoleum)	170	—	0,040	0,3	—	—	—	—	—	—	2,7	kielégítő
Iporka	14	0,024	0,027	7,0	—	—	—	—	—	—	1,7	kielégítő
Bitumenkötésű sa- lakgyapotlemez (Fibrolit)	250	0,047	0,050	4,5	—	—	—	—	—	—	1,55—1,75	—
Habüveg	152	—	0,042	0	—	—	0	—	—	—	—	—



7. ábra. Hansági tőzegből előállított 1. és 2. összetételű szigetelőlemez. a) egyensúlyi nedvességtartalma 20°-on a levegő relatív nedvességétől függően, b) vízfelvevőképessége víznyomás hatására

tartjuk. A vízgőzdiffúziót a próbatest felső, gőzfelvevő és alsó gőzleadó felületén fennálló relatív nedvesség-különbség idézi elő. Az átdiffundált vízgőz mennyiségét a kovasav-gél súlynövekedése adja meg, amit g/m^2 nap-ban adunk meg. Ebből a szigetelő anyag diffúzióellenállását a 3. és 4. egyenletek alapján számítjuk ki.

A tözeglemez diffúzióellenállására vonatkozó kísérleti adatokat és a számítás módját a következőkben adjuk meg.

A próbatest vastagsága $d = 0,05$ m

A próbatest felülete $F = 0,0058$ m²

Hőmérséklet $T = 15^\circ C = 288$ K°

Légnyomás $b = 762$ mm Hg o.

A levegő relatív nedvességtartalma a beáramlás oldalán $\varphi = 0,89$.

A levegő relatív nedvességtartalma a kiáramlás oldalán $\varphi = 0,03$.

A levegő vízgőztenziója a beáramlás oldalán $p_1 = 142$ kg/m².

A levegő vízgőztenziója a kiáramlás oldalán (a szilikagél vízgőztenziója (14) $p_2 = 5$ kg/m².

A vízgőz diffúzió együtthatója a levegőben (15)

$$D = 0,083 \frac{10\,000}{b} \left(\frac{T}{273} \right)^{1,81} = 0,083 \frac{10\,000}{10\,020} \left(\frac{288}{273} \right)^{1,81} = 0,092 \text{ m}^2/\text{o}$$

A vízgőz gázállandója $R_g = 47,1$ mkg/kg K°.

A próbatesten 24 óra alatt átdiffundált vízgőz mennyisége $0,36$ g = $0,00038$ kg.

Az óránként és m²-ként átdiffundált vízgőz mennyisége $0,0026$ kg/m²o.

A μ diffúzióellenállás a 4. egyenlet szerint

$$\mu = \frac{D}{d} \frac{1}{R_g T} (p_1 - p_2) \frac{1}{G_d} = \frac{0,092}{0,05} \frac{1}{47,1 \cdot 288} (142 - 5) \frac{1}{0,0026} = 7,1$$

2. Vizsgálati eredmények

A hansági tőzegből előállított kétféle szigetelőanyaggal, az expandált és szurokkötésű parafakészítményekkel végzett kísérleteink eredményeit a II. táblázatban foglaltuk össze. A táblázat

a német bitumenkötésű tözeglemez (Torfoleum), Iporka, bitumenkötésű salakgyapot és habüvegre vonatkozó adatokat is tartalmazza Cammerer vizsgálatai alapján (16).

A hazai tözegszigetelő anyagok higroszkóposágát és vízfelvevőképességét a 7. ábra görbéi grafikusán is szemlélthetjük.

A hazai tözeglemezek anyagtulajdonságai a vizsgálati adatok szerint hidegszigetelés szempontjából igen kedvezőek. A tözeglemezeket a sztálinvárosi jéggyárban, a győri hűtőházban és a nyergesújfalusi Viszkoza-gyárban két, illetve három évvel ezelőtt beépítették, és azok ott a gyakorlatban is jó hideg-szigetelő anyagoknak bizonyultak.

IRODALMI UTALÁSOK

- (1) Cammerer J. S.: Wärme- u. Kälteschutz i. d. Industrie. 1951. 311. lap.
- (2) Krischer O.: Die Ziegelindustrie. 1952. 563—64 lap.
Krischer O.: Wärme- u. Kältetechnik. 1941. 1—6 lap.
- (3) Likov A. V.: A szárítás elmélete. 1952. 93—98. lap.
- (4) Cammerer W. F. und Dürhammer W.: Gesundheitsingenieur. 1950. 310—313. lap.
Görling P.: Trocknung fester Stoffe. Ullmans Encyclopädie d. techn. Chemie. 1951. 568. lap.
- (5) Vendl A.: Geológia. 1951. 383—391. lap.
László Emszt: Tőzeglápok és előfordulásuk Magyarországon. 1915.
- (6) Stadnikoff G.: Neuere Torfchemie. 1930. 2—10. lap.
- (7) Balcke H.: Wärme- u. Kälteschutztechnik. 1936. 30—31. lap.
- (8) Gorjaskin V. G.: A tőzeg termelésének és szárításának technológiája. 1952. 16—22. lap.
- (9) Buzágh A.: Kolloidika I. 1951. 269—276. lap; II. 1. 1949. 319—323. lap.
Erdey-Grúz T.: Bevezetés a fizikai kémiába 1953. 400—402. lap.
- (10) Rozmej Zb., Danowski K.: Materialy Budovlane. 1956. 50—54. lap.
- (11) A szigetelő tözeglemez gyártásának műszaki dokumentációja. Moszkva. 1952.
- (12) Cammerer J. S.: Wärme- u. Kältetechnik. 1940. 118—123; 177—181. lap.
- (13) Dürhammer W.: Wärme- u. Kältetechnik. 1940. 187—189. lap.
- (14) Cammerer J. S. und Görling P.: Kältetechnik 1951. 2—7. lap.
- (15) Etel W.: Physikalische Chemie d. Silikate. 1941. 221. lap.
- (16) Schimmer N.: Kältetechnik. 1951. 6. lap.
- (17) Cammerer J. S.: Wärme- u. Kälteschutz i. d. Industrie 1951. 97. lap.

A cementszilárdság vizsgálati módszereiről*

POPOVICS SÁNDOR—ÚJHELYI JÁNOS

1. Bevezetés

A hazánkban jelenleg is kötelező jellegű szabványos minősítő cementszilárdság-vizsgálat, az ún. *földnedves* vizsgálati módszer 1935. óta van érvényben. Az elmúlt 20 évben kiütközött a földnedves eljárásnak az az elvi hibája, hogy más körülmények között vizsgálja a cementet, mint ahogy az a gyakorlatban felhasználásra kerül. A főbb eltérések a következők:

a) az alkalmazott adalékanyag, a normálhomok, nem vegyes szemszerkezetű, hanem egy szemcséjű;

b) az előírt vízadagolás jóval kisebb, mint az a gyakorlatban szokásos, és így az eredményekben a cementek különböző vízerzékenysége nem jut kifejezésre;

c) a cementhabarcs szabványos tömörítése olyan nagyfokú gépi bedolgozással történik, amelyet a gyakorlatban sohasem lehet alkalmazni;

d) a cement húzószilárdságát egyirányú húzással vizsgálja; a betongyakorlatban ilyen újszólván soha nem fordul elő, mert a húzás hajlítással együtt lép fel.

Mindezeknél fogva a cement szabványos, földnedves habarccsal meghatározott szilárdsága nem jellemzi eléggé a beton szilárdságát, különösen heterogén cementek esetén nem. Már pedig egy cementvizsgálati módszer akkor jó, ha annak eredményéből a vizsgált cementtel készített beton tulajdonságaira megbízhatóan lehet következtetni. Éppen ezért a nyugati államokban már több mint 10 évvel ezelőtt kezdtek áttérni a cementszilárdság ún. *plasztikus* vizsgálati módszerére. A jelenleg érvényben lévő magyar előírás "A cementek fizikai vizsgálata" (MNOSz 523-53) ugyancsak átvette ezeket az újabb vizsgálati módszereket, egyelőre azonban még a földnedves vizsgálati módszer eredményét írja elő mérvadónak.

Az MNOSz 523-53 a szilárdsági vizsgálatokra négyféle vizsgálati módszert tartalmaz, melyek a következők:

földnedves cementhabarccsal történő vizsgálat,

plasztikus cementhabarccsal történő vizsgálat állandó vízmennyiséggel,

plasztikus cementhabarccsal történő vizsgálat változó, a terülés alapján meghatározott vízmennyiséggel,

betonkeverékkel történő cementvizsgálat.

A fentebb felsorolt cementvizsgálati módszerek előnyeit, illetve hátrányait az alábbiakban foglaljuk össze:

* Ez a tanulmány nagyrészt a szerzők egy már megjelent, terjedelmesebb dolgozatán (5) alapszik.

A tanulmányban szereplő adatok az Építéstudományi Intézet 1953-ban végzett cementvizsgálati adatai. Az adatok nem alkalmasak arra, hogy belőlük következtetéseket lehessen levonni a gyártott cementek minőségére vonatkozóan, a vizsgálati módszerek értékelésére azonban megfelelnek.

Földnedves cementvizsgálat

Előnyei: a szabványok ezzel a módszerrel végzett vizsgálatokra tartalmazznak előírásokat. Ez a módszer a legrégebb vizsgálati eljárás, s a hosszú idő alatt sok tapasztalatot lehetett gyűjteni ezzel a módszerrel kapcsolatban.

Hátrányai: a próbatestek elkészítéséhez és vizsgálatához eléggé bonyolult gépi berendezés (keverő, beverő stb.) szükséges.

Plasztikus cementvizsgálat

Előnyei: a próbatestek elkészítéséhez nem kell gépi berendezés. A hajlító-húzószilárdság megállapításához egyszerű berendezés is elégséges. Esetleg építéshelyek részére sorozatban, olcsón előállítható és így az építéshelyi cementellenőrzés rendszeresíthető.

Hátrányai: a plasztikus cementhabarcs próbatestek a hőmérséklet ingadozásával szemben érzékenyebben viselkednek, mint a földnedves cementhabarcskockák.

Cementvizsgálat betonkeverékkel

Előnyei: betonkészítés körülményeivel azonos módon vizsgálja a cementet.

Hátrányai: a szilárdságvizsgálat jelenleg csak megfelelően felszerelt — központi — laboratóriumban végezhető. A próbatestek készítése hosszadalmasabb és nehezebb, mint a plasztikus vizsgálat esetén. A vizsgálatához szükséges cementminta nagy mennyisége (50 kg) a szállítást nehezkesé teszi.

Vizsgálatainkat a szabvány előírás szerint végeztük, kivétel csak egy ponton volt: a plasztikus cementhabarcs próbatestek készítéséhez a szabványostól eltérő formákat alkalmaztunk. Ez a körülmény a vizsgálati eredményeink számértékét természetesen befolyásolta, de valamennyit gyakorlatilag azonos mértékben, úgyhogy az eredmények egymáshoz képest megbízhatóknak tekinthetők.

A tanulmány a cementvizsgálati módszereket az 1953. évben gyártott és vizsgált hazai cementek szilárdsági eredményei alapján hasonlítja össze.

2. Jósági sorrend a földnedves és plasztikus cementvizsgálatok alapján

Vizsgálati eredmények

A fent közölt vizsgálatok eredményei alapján cementfajtánként kiszámítottuk

a) az átlagos nyomó- és húzószilárdságokat (M_{ny} és M_h) 2-, 7- és 28-napos korban:

$$M = \sum_{i=1}^k x_i \cdot f_i \quad (1)$$

ahol M az átlagos szilárdság;

x_i az i -edik szilárdsági csoportközép;

f_i az x_i értékű szilárdsági csoportközép viszonylagos gyakorisága;

k az x_i szilárdsági csoportok száma.

b) A szórásokat (mérhető eltérés):

$$D = \sqrt{\sum_{i=1}^k (x_i - M)^2 \cdot f_i} \quad (2)$$

ahol D a mérhető eltérés, vagy szórás;

c) a szórásoknak az átlagos szilárdsági értékhez viszonyított százalékát, (változási együttható):

$$V = \frac{D}{M} \cdot 100 \quad (3)$$

ahol V változási együttható.

Ilyen módon négy homogén és öt heterogén, összesen tehát kilenc hazai cementfajta vizsgálati eredményét értékeltük ki.

A vizsgálatainkba bevont cementek M , D és V számértékei a (2) és (4)-ben részletesen megtalálhatók.

Jósági sorrend a földnedves cementvizsgálatok alapján

Ha a nyomószilárdság alapján a különböző minőségi osztályú cementek között jósági sorrendet kívánunk felállítani, akkor ezt fel lehet írni egyszerűen az általában mértékadó 28-napos nyomószilárdságok számértékeinek csökkenő sorozatával is. A kiértékelhetőség teljessége szempontjából azonban célszerűbb relatív értékkel számolni. Ezért bevezetünk egy viszonylagos értéket, amit a továbbiakban *szilárdsági index*-nek nevezünk.

$$I = 100 \frac{M_i - M_e}{M_e} \quad (4)$$

ahol I a szilárdsági index

M_i az adott cementfajtaval készült szabványos próbatest 28-napos nyomószilárdságának átlagértéke;

M_e az M átlagérték szabványelőírt minimuma.

A 600-as cement földnedves habarcsának pl. legalább 600 kg/cm² a 400-as cementének legalább 400 kg/cm² 28-napos átlagos nyomószilárdságot kellene adnia. Ezzel szemben a tatai 600-as cement 630 kg/cm² átlagszilárdsága 5%-kal, a selypi 400-as cement 538 kg/cm² átlagszilárdsága 34%-kal nagyobb az előírt minimumnál (1. táblázat). Az első esetben $I = +5$, a második esetben $I = +34$.

A szilárdsági index alapján tehát a különböző minőségi osztályba tartozó cementfajták közös jósági sorrendje elkészíthető. E sorrendet a földnedves cementhabarccsal végzett — mértékadó — 28-napos szilárdsági vizsgálatok alapján az 1. táblázat tartalmazza.

A földnedves cementhabarcsvizsgálat 28-napos eredményei szerint tehát a heterogén — trasz- és kohósalak — portlandcementek relatív nyomószilárdsága — a hejőcsabai 300-as kohósalakportlandcement kivételével — lényegesen jobb, mint a homogén portlandcementeké. Az 1. táblázat szerint ugyanis a jósági sorrendben az első öt hely közül négyet heterogén cementek foglalnak le.

Jósági sorrend a plasztikus cementvizsgálat alapján

Az MNOSz 4702—53 F. 9. pont irányszámai-nak alsó határértékei alapján az előző ponthoz hasonlóan a plasztikus cementhabarcsvizsgálatokból is kiszámítottuk az egyes cementek szilárd-

1. táblázat

A cementfajták minőségi sorrendje az 1953. évi földnedves cementhabarcsvizsgálatok alapján

Sorrend	Cementfajta	Szilárdsági index	28 napos nyomószilárdság kg/cm ²	
			előírt	tényleges átlag
1.	Selypi 400-as traszportlandcement	34,4	400	537,7
2.	Lábatlani 400-as traszportlandcement	27,0	400	508,2
3.	Bélapátfalvi 500-as kohósalakportlandcement	14,4	500	572,1
4.	Lábatlani 500-as portlandcement	13,2	500	566,1
5.	Tatai 500-as traszportlandcement	12,0	500	559,9
6.	Beremendi 500-as portlandcement	8,7	500	543,5
7.	Lábatlani S54 jelű 500-as portlandcement ..	8,1	500	540,4
8.	Tatai 600-as portlandcement	5,0	600	630,2
9.	Hejőcsabai 300-as kohósalakportlandcement ..	4,4	300	313,1

2. táblázat

A cementfajták minőségi sorrendje a 0,6 vízcementtényezővel készített, 1953. évi plasztikus cementhabarcsvizsgálatok alapján

Sorrend	Cementfajta	Szilárdsági index	28 napos nyomószilárdság kg/cm ²	
			előírt	tényleges átlag
1.	Lábatlani S54 jelű 500-as portlandcement ..	+ 9,7	280	307,3
2.	Beremendi 500-as portlandcement	+ 7,6	280	301,3
3.	Selypi 400-as traszportlandcement	— 7,9	200	184,2
4.	Lábatlani 500-as portlandcement	— 8,2	280	257,0
5.	Hejőcsabai 300-as kohósalakportlandcement ..	— 8,6	140	128,0
6.	Tatai 600-as portlandcement	— 14,3	380	325,6
7.	Tatai 500-as traszportlandcement	— 17,7	280	230,4
8.	Bélapátfalvi 500-as kohósalakportlandcement ..	— 26,8	280	205,0
9.	Lábatlani 400-as traszportlandcement	— 27,6	200	144,8

3. táblázat

A cementfajták minőségi sorrendje a változó mennyiségű — terület alapján meghatározott — vízzel készített, 1953. évi plasztikus cementvizsgálatok alapján

Sorrend	Cementfajta	Szilárdsági index	28 napos nyomó-szilárdság kg/cm ²	
			előírt	tényleges átlag
1.	Lábatlani S54 jelű 500-as portlandcement ..	+ 9,7	280	307,3
2.	Beremendi 500-as portlandcement	+ 7,6	280	301,3
3.	Lábatlani 500-as portlandcement	— 8,2	280	257,0
4.	Tatai 600-as portlandcement	—19,1	380	307,4
5.	Tatai 500-as traszportlandcement	—23,5	280	214,1
6.	Selypi 400-as traszportlandcement	—25,8	200	148,5
7.	Bélapátfalvi 500-as kohósalakportlandcement	—26,8	280	205,0
8.	Lábatlani 400-as traszportlandcement	—32,0	200	148,5
9.	Hejőcsabai 300-as kohósalakportlandcement .	—32,5	140	94,5

4. táblázat

Cementfajták minőségi sorrendje a betonkeverékkel történő, 1953. évi cementvizsgálatok alapján

Sorrend	Cementfajta	Szilárdsági index	28 napos nyomószilárdság kg/cm ²	
			előírt	tényleges átlag
1.	Tatai 600-as portlandcement	— 2,2	270	264
2.	Tatai 500-as traszportlandcement	—23,2	220	169
3.	Hejőcsabai 300-as kohósalakportlandcement .	—37,5	120	75

sági indexét és ennek alapján állítottuk össze a 2. és 3. táblázatot, amelyek a kétféle plasztikus cementhabarcsvizsgálat alapján mutatják a hazai cementfajták minőségi sorrendjét.

Vessük össze a 2. és 3. táblázatban található adatokat az 1. táblázattal. Már a 0.60 vízcement-tényezőjű cementhabarcsok 28-napos nyomószilárdsági eredményei alapján megállapított minőségi sorrendben is lényeges eltolódás mutatkozik a földnedves cementhabarcsvizsgálat alapján meghatározott sorrendhez képest, mégpedig a homogén portlandcementek javára. Még nagyobb az eltérés a 17,0—19,0 cm területű cementhabarcsok vizsgálata szerint összeállított minőségi sorrendben, mert itt a homogén portlandcementek a sorrend elejét foglalják el.

3. A laboratóriumi és építéshelyi betonkockavizsgálatok szilárdsági eredményei Jósági sorrend a betonvizsgálatok alapján

A kérdés most már az, hogy az előzőekben felállított háromféle, egymástól elég lényegesen eltérő minőségi sorrend közül melyik a jó. Melyik vizsgálati módszer a legmegfelelőbb? Nyilván az, amelyik a cementeknek a betonban várható viselkedését jellemzi a leghívebben. A következőkben ezért a betonvizsgálati eredményeket értékeljük ki a különböző cementek minősége szempontjából.

Szilárdsági eredmények

A betonkeverékekkel történő szabványos laboratóriumi cementvizsgálatok átlagos nyomószilárdsági eredményeiből (4), valamint az MNOSz 4702—53. F. 10. pontjában megadott irányszámok alsó határértékeiből ismét kiszámítottuk az egyes cementek szilárdsági indexét és ennek alapján állítottuk össze a 4. táblázatot, amely a vizsgált cementfajták minőségi sorrendjét tartalmazza.

A 4. táblázat szerint a szabványos betonvizsgálati eredmények a plasztikus cementvizsgálati módszerek nyomószilárdsági értékeivel állnak összhangban. A vizsgálatok aránylag csekély száma miatt azonban csupán ezek alapján nem lehet a cementvizsgálatok kérdésében állást foglalni.

Jósági sorrend a betonvizsgálatok alapján

Mivel a gyakorlatot elsősorban az érdekli, hogy a különböző cementek felhasználásával az építkezéseken fennálló körülmények és lehetőségek mellett milyen betonszilárdság várható, a minősítő betonvizsgálatra beérkezett próbatestek szilárdsági eredményeit is feldolgoztuk.

A megbízólevelek közlését alapulvéve, a számításba bevont betonanyagok utókezelése rendszeres locsolással történt, a tárolási hőmérséklet + 15 °C fölött volt.

A szilárdságvizsgálatot a megbízó által közölt készítési időponttól számított 28-napos korban végeztük. A számítás eredményeit részletesen lásd (5) 7. táblázatban.

A relatív jóságot, vagyis a minőségi sorrendet az 5. táblázatban tüntettük fel. Ennek megállapításakor ismét a (4) képlet szerinti szilárdsági indexeket — vagyis a 89. sz. Miniszeri Utasítás* által előírt 28-napos betonszilárdság s a vizsgálatok során kapott átlagos nyomószilárdság különbségének az előírt szilárdság százalékában kifejezett értékét — választottuk alapul. Megjegyezzük, hogy az egyes cementfajtáknak a táblázatban szereplő szilárdsági indexe a számításba bevont betonkeverékek szilárdsági indexeinek súlyozott középértékét jelenti.

Itt felvetődik az a kérdés, hogy az általunk használt célra szabad-e alkalmazni az építéshelyen

* Jelenleg ME-19-54. sz. műszaki előírás.

A cementfajták minőségi sorrendje az 1953. évi minősítő betonkockavizsgálatok alapján

5. táblázat

Sorrend	C e m e n t f a j t a	Szilárdsági index
1.	Lábatlani S54 jelű 500-as portlandcement	+ 27,9
2.	Lábatlani 500-as portlandcement	+ 25,9
3.	Beremendi 500-as portlandcement	+ 18,5
4.	Tatai 600-as portlandcement	+ 12,0
5.	Bélapátfalvi 500-as kohósalakportlandcement	+ 10,2
6.	Tatai 500-as traszportlandcement	+ 9,6
7.	Lábatlani 400-as traszportlandcement	+ 2,6
8.	Selypi 400-as traszportlandcement	— 2,7
9.	Hejőcsabai 300-as kohósalakportlandcement	— 3,1

korlátozottabb pontossággal készített próbates-
tek szilárdsági eredményeit. Véleményünk szerint
igen, mert ezek durva, az eredményt meghamisító
hibákat általában nem tartalmaznak.

Ezt az állítást az alábbi körülmények is igaz-
olják: az építéshelyi betonok vizsgálati ered-
ményei Gauss-eloszlást követnek [(Lásd (3).)];
a laboratóriumi betonvizsgálatok eredményei
(4. táblázat) összhangban vannak az építéshelyi
beton eredményeivel (5. táblázat);
az azonos cementfajtával, de különböző ösz-
szetételben készült betonkeverékek szilárdsági
indexei közötti eltérés általában nem számottevő.

4. A különböző cementvizsgálati módszerek
eredményeinek összehasonlítása

Összehasonlítás a nyomószilárdságvizsgálat alapján

Ha az 1—5. táblázatokat, vagyis a cement-
fajták szilárdsági sorrendjeit összevetjük, azt lát-
juk, hogy a változó mennyiségű — terülés alap-

ján meghatározott — vízzel készített plasztikus
cementhabarcsvizsgálatok eredményei egyeznek
a legjobban a betonvizsgálatok eredményeivel.
Mind a 3., mind az 5. táblázatban ui.

az első négy helyen homogén portlandcement,
a sorrend közepén 500-as heterogén portland-
cement,

a 6. és 8., illetve 7. és 8. helyen 400-as trasz-
portlandcement, az utolsó helyen a hejőcsabai
300-as kohósalakportlandcement áll.

Számszerűen is mutatja a viszonyokat az át-
lagos szilárdsági indexeket tartalmazó 6. táblázat.

Nézzük meg pl. a selypi 400-as traszportland-
cementnek a különböző vizsgálati módszerekkel
kapott viszonylagos jóságát. E cement a földned-
ves cementhabarcsvizsgálat eredménye alapján a
hazai cementek között viszonylag a legjobb
(1. 1. sz. táblázat). Az állandó vízmennyiséggel
készített plasztikus cementhabarcspróbates-
tek vizsgálata alapján még a jósági sorrend 3. helyén

Átlagos szilárdsági indexek

6. táblázat

C e m e n t f a j t a	Átlagos szilárdsági index				
	Földnedves cement- habarcs vizsgálat	Plasztikus cement- habarcs-vizsgálat		Szabványos beton- keverék vizsgálat	Minősítő betonkocka vizsgálatok
		állandó vízzel	változó vízzel		
500-as homogén portlandcement	+ 10,0	+ 3,0	+ 3,0	—	+ 24,1
600-as homogén portlandcement	+ 5,0	— 14,3	— 19,1	— 2,2	+ 12,0
500-as heterogén portlandcement	+ 8,2	— 22,2	— 25,2	— 23,2	+ 9,9
400-as és 300-as heterogén portlandcement ..	+ 21,9	— 14,7	— 30,1	— 37,5	— 1,1

A földnedves és plasztikus cementhabarcsvizsgálatok húzószilárdsági eredményei

7. táblázat

C e m e n t f a j t a	28-napos		
	földnedves húzó- szilárdság kg/cm ²	állandó vízzel	változó vízzel
		készült pl. cementhabarcs hajlító- húzószilárdsága kg/cm ²	
Tatai 600-as portlandcement	41,9	71,7	69,0
Lábatlani S54 jelű 500-as portlandcement	40,7	64,0	64,0
Lábatlani 500-as portlandcement	40,7	66,9	66,9
Beremendi 500-as portlandcement	38,8	64,9	64,9
Tatai 500-as traszportlandcement	41,4	58,7	56,6
Bélapátfalvi 500-as kohósalakportlandcement	40,7	56,3	56,3
Lábatlani 400-as traszportlandcement	40,9	51,1	47,2
Selypi 400-as traszportlandcement	39,3	53,2	43,2
Hejőcsabai 300-as kohósalakportlandcement	29,7	41,0	35,1

áll (1. 2. táblázat), ezzel szemben sem a terület alapján meghatározott vízmennyiséggel készült plasztikus cementhabarcsvizsgálat (1. 3. táblázat), sem pedig az építési gyakorlat számára mérvadó betonkockavizsgálat (1. 5. táblázat) nem igazolja a cementfajta ennyire jó minőségét.

Összehasonlítás a húzószilárdságvizsgálatok alapján

A plasztikus — s elsősorban a terület alapján meghatározott vízmennyiséggel készült — cementhabarcsvizsgálat minősítésre leginkább alkalmas voltát a cementek húzószilárdságvizsgálatainak összevetése is mutatja.

A 7. táblázatban külön feltüntettük a földnedves cementhabarcsvizsgálatokkal nyert húzószilárdsági eredményeket s a kétféle plasztikus cementhabarcsvizsgálattal kapott hajlító-húzószilárdsági értékeket.

E táblázatból látható, hogy a földnedves cementhabarcs-vizsgálattal megállapított húzószilárdság a hejőcsabai 300-as kohósalakportlandcement kivételével valamennyi cementfajtanál gyakorlatilag azonosnak adódott. Ezzel szemben a plasztikus cementhabarcsvizsgálattal, különösen pedig a cementek különböző vízigényét tekintetbevevő eljárásnál kapott hajlító-húzószilárdsági eredmények a várható és az építési gyakorlatban is mutakozó minőségdifferenciát jól mutatják.

Szórások

A (4) szerinti vizsgálati eredményekből meghatározott változási együtthatókat egybevetve azt láthatjuk, hogy a plasztikus vizsgálattal meg-

határozott nyomó- és hajlítószilárdságok általában nagyobb szórást mutatnak százalékban kifejezve, mint a földnedves módszerrel meghatározott eredmények.

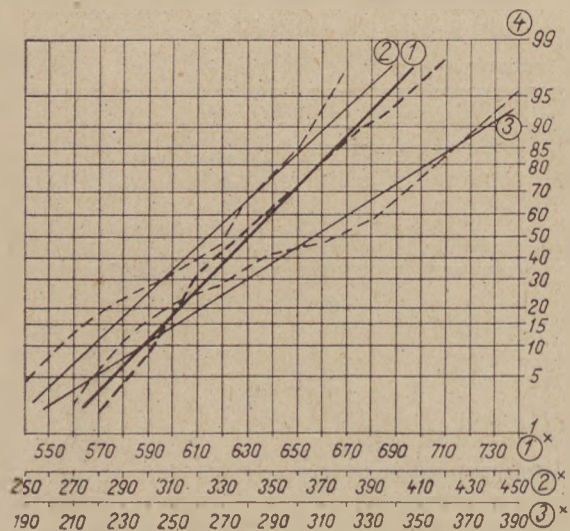
A nagyobb szórás azonban nem a plasztikus vizsgálat bizonytalanabb voltának tudható be — ezt az 5. pontban számszerűen igazoljuk — hanem annak, hogy ez a módszer az ugyanazon cementfajta minőség-ingadozásait érzékenyebben mutatja, mint a földnedves habarcsvizsgálatán alapuló eljárás.

Értékelés

A vizsgálati eredmények alapján helytállónak látszik az a következtetés, hogy a változó mennyiségű — terület alapján meghatározott — vízzel készült plasztikus cementhabarcspróbatestekkel végzett cementvizsgálati módszer az építőgyakorlat számára jóval megbízhatóbban jellemzi a cementek — elsősorban a heterogéncementek — szilárdságát, mint a jelenleg kötelező földnedves cementhabarcsvizsgálat.

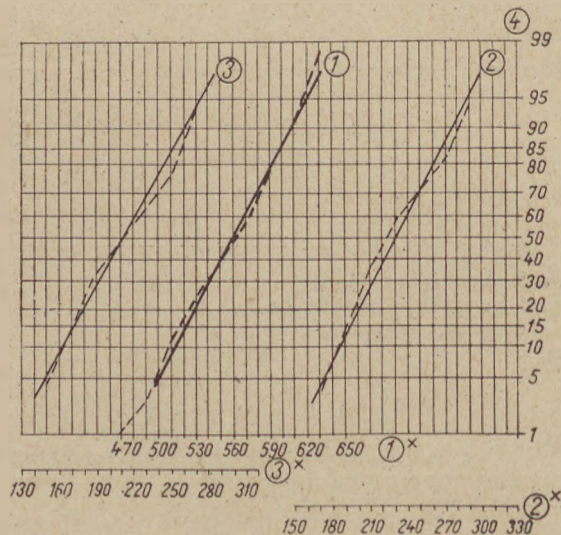
5. Cementvizsgálatok megbízhatósága

Az egyes cementfajták háromféle szabványos módon meghatározott 28-napos nyomószilárdsági eredményeinek gyakorisági eloszlásait is meghatároztuk. Ennek alapján megrajzolt gyakorisági görbék közül példaképpen közöljük a tatai 600-as és 500-as cementek eloszlását (1. és 2. ábra). Ezen az ábrákon szaggatott vonallal a vizsgálati eredményekből kapott tényleges eloszlást, folytonos vonallal a számítással kapott kiegyenlítő eloszlás-vonalat jelöltük.



- ① Földnedves cementhabarcs-vizsgálat
- ② Állandó mennyiségű vízzel készült plasztikus cementhabarcs-vizsgálat
- ③ Változó mennyiségű-terület alapján meghatározott vízzel készült plasztikus cementhabarcs-vizsgálat
- × 28 napos nyomószilárdságok
- ④ Eloszlás %

1. ábra. Tatai 600-as portlandcement vizsgálati eredményeinek gyakorisági eloszlása



- ① Földnedves cementhabarcs-vizsgálat
- ② Állandó vízzel készült plasztikus cementhabarcs-vizsgálat
- ③ Változó mennyiségű-terület alapján meghatározott vízzel készült cementhabarcs-vizsgálat
- × 28 napos nyomószilárdságok
- ④ Eloszlás %

2. ábra. Tatai 500-as traszportlandcement vizsgálati eredményeinek gyakorisági eloszlása

Az itt közölt, valamint az (5). 8—13 ábrái alapján megállapítható, hogy a szilárdsági eredmények gyakoriság-eloszlása a vizsgálatok aránylag csekély számát tekintve igen jó közelítéssel normálisnak tekinthető. Tehát számottevő állandó jellegű hibával sem a cementgyártás, sem a cementvizsgálat nincs terhelve.

A különböző cementvizsgálati módszerek megbízhatóságáról jóval pontosabb és részletesebb képet nyújt azonban az alábbi számítási eljárás, amelyhez az Alkalmazott Matematikai Intézet szíves közlése alapján jutottunk. Ennek segítségével jó közelítéssel kiszámítható az, hogy mekkora volt külön a cement egyenlőtlen minősége által okozott és külön a vizsgálati eljárás okozta szórás. A felhasznált képletek a következők :

$$D_a = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{X}_i - \bar{X})^2}{n-1} + \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k (x_{ij} - \bar{X}_i)^2}{nk(k-1)}} \quad (5)$$
$$D_e = \sqrt{D^2 - D_a^2} \quad (6)$$

ahol D_a a cement egyenlőtlen minősége által okozott szórás, kg/cm² ;
 D_e a vizsgálati módszer bizonytalanságaiból adódó szórás, kg/cm² ;

D a szilárdsági eredmények teljes szórása, kg/cm² ;
 n a cementvizsgálatok száma ;
 k az egy vizsgálat során készített próbatestek száma (az MNOSz 523—53. 5,23 pontja szerint esetünkben, $k = 4$) ;
 x_{ij} az i -ik vizsgálatból kapott j -ik mérési eredmény, kg/cm² ;
 $\bar{X}_i$ az i -ik vizsgálatból kapott átlagos nyomószilárdság, kg/cm² ;
 $\bar{X}$ a teljes szilárdságvizsgálati átlag, kg/cm².
E képletek segítségével szétválasztottuk a vizsgált cementek szilárdsági szórását úgy, hogy a teljes szórást 100%-nak vettük. Az eredményeket a 8. és 9. táblázat tartalmazza.

E két táblázat adataiból a következők olvashatók ki :

a) Valamennyi vizsgálati módszernél a szórást igen nagy részét — általában több mint 90%-át — az anyag egyenlőtlen minősége okozta. A vizsgálati eljárások bizonytalanságaiból származó szórás befolyása nem lényeges.

b) Ennek ellenére megállapítható a plasztikus cementvizsgálati eljárás fölénye ezen a téren is, mert ezeknek a vizsgálati módszereknek a szórása a nyomószilárdságnál is, különösen azonban a húzószilárdság meghatározásánál jóval kisebb, mint a földnedves vizsgálati módszeré.

8. táblázat
A cementminőség, illetve a cementvizsgálati módszerek szórása a nyomószilárdsági eredmények alapján

Cementfajta	Kor	Földnedves vizsgálat		Állandó mennyiségű vízzel készült plasztikus cement-habarcsvizsgálat		Változó mennyiségű vízzel készült plasztikus cement-habarcsvizsgálat	
		Anyag	Vizsgálat	Anyag	Vizsgálat	Anyag	Vizsgálat
		szórása %					
Tatai 600-as portlandcement	2	99	14	99	10	99	11
	7	91	40	99	12	99	10
	28	87	49	97	26	100	6
Beremendi 500-as portlandcement ..	2	99	11	+	+	+	+
	7	97	23	+	+	+	+
	28	96	28	+	+	+	+
Lábatlani S54 jelű 500-as portlandcement	2	98	18	+	+	+	+
	7	99	16	+	+	+	+
	28	83	58	+	+	+	+
Lábatlani 500-as portlandcement ...	2	100	8	+	+	+	+
	7	98	20	+	+	+	+
	28	95	31	+	+	+	+
Tatai 500-as traszportlandcement ...	7	94	33	99	9	99	12
	28	91	48	98	21	100	6
Bélapátfalvi 500-as kohósalak portlandcement .	7	99	13	100	10	100	10
	28	94	33	97	25	97	25
Lábatlani 400-as traszportlandcement	7	94	35	+	+	+	+
	28	97	25	+	+	+	+
Selypi 400-as traszportlandcement ..	7	99	17	99	12	99	11
	28	97	24	96	28	96	28
Hejőcsabai 300-as kohósalakportlandcement	7	100	8	99	11	100	9
	28	100	9	99	14	99	13

+ Kevés számú adat miatt nem értékelhető

A cementminőség, illetve a cementvizsgálati módszerek szórása a húzószilárdsági eredmények alapján

9. táblázat

Cementfajta	Kor	Földnedves cementhabarcs vizsgálat		Állandó vízzel készült plasztikus cement- habarcsvizsgálat		Változó vízzel készült plasztikus cement- habarcsvizsgálat	
		Anyag	Vizsgálat	Anyag	Vizsgálat	Anyag	Vizsgálat
		szórása ‰					
Tatai 600-as portlandcement	2	97	24	99	9	100	9
	7	90	45	98	21	99	12
	28	82	58	95	31	95	32
Beremeni 500-as portlandcement ...	2	94	34	+	+	+	+
	7	92	39	+	+	+	+
	28	91	42	+	+	+	+
Lábatlani S54 jelű 500-as portland- cement	2	97	23	+	+	+	+
	7	89	49	+	+	+	+
	28	84	55	+	+	+	+
Lábatlani 500-as portlandcement ...	2	98	21	+	+	+	+
	7	87	50	+	+	+	+
	28	90	42	+	+	+	+
Tatai 500-as traszportlandcement ..	7	94	36	99	16	98	23
	28	81	59	96	27	95	31
Bélapátfalvi 500-as kohósalakportlandcement ..	7	89	46	99	13	99	13
	28	92	39	98	20	98	20
Lábatlani 400-as traszportlandcement	7	89	46	+	+	+	+
	28	92	39	+	+	+	+
Selypi 400-as traszportlandcement ..	7	96	28	96	28	93	37
	28	97	25	93	37	96	28
Hejőcsabai 300-as kohósalakportlandcement ..	7	99	12	99	14	98	21
	28	96	30	99	15	100	6

+ Kevés számú adat miatt nem mérvadó

6. Korrelációs összefüggések, eloszlások számítása

Földnedves cementhabarcsvizsgálat

Megvizsgáltuk az 1953. évi tatai 500-as és 600-as, a bélapátfalvai 500-as cementek, valamint a vizsgálat alá vett összes 500-as cementek 7- és 28-napos nyomószilárdságai közötti korrelatív összefüggést is a földnedves cementhabarcs-

vizsgálatok alapján. Az elsőfokú vonatkozási mérték (korrelációs együttható) számértékeit a 10. táblázatban foglaltuk össze. A 3—4. ábrákon példaképpen közöljük a tatai 600-as és 500-as cementek korrelációs számításának eredményeit. A regressziós egyeneseket az ábrákon vékony vonallal tüntettük fel, mégpedig az ismert 7-napos nyomószilárdságokhoz tartozó várható 28-napos

Cementvizsgálatok elsőfokú vonatkozási mértékei

10. táblázat

Cementfajta	Cementhabarcs konzisztencia	A korrelációs számításba bevont szilárdságvizsgálatok	Elsőfokú vonatkozási mérték
Tatai 600-as portlandcement	Földnedves Plasztikus	7 és 28 napos nyomószilárdság 7 és 28 napos nyomószilárdság	39,9 55,5
Tatai 500-as traszportlandcement ..	Földnedves Plasztikus	7 és 28 napos nyomószilárdság 7 és 28 napos nyomószilárdság	54,3 42,6
Bélapátfalvi 500-as kohósalakportlandcement .	Földnedves Plasztikus	7 és 28 napos nyomószilárdság 7 és 28 napos nyomószilárdság	40,7 78,1
1953. évben vizsgált összes 500-as cement	Földnedves Plasztikus	7 és 28 napos nyomószilárdság 7 és 28 napos nyomószilárdság	43,1 53,0
1953. évben vizsgált összes cement	Plasztikus	7 napos hajlító- és 28 napos nyomó- szilárdság	81,4
	Plasztikus	28 napos hajlító- és 28 napos nyomó- szilárdság	85,6

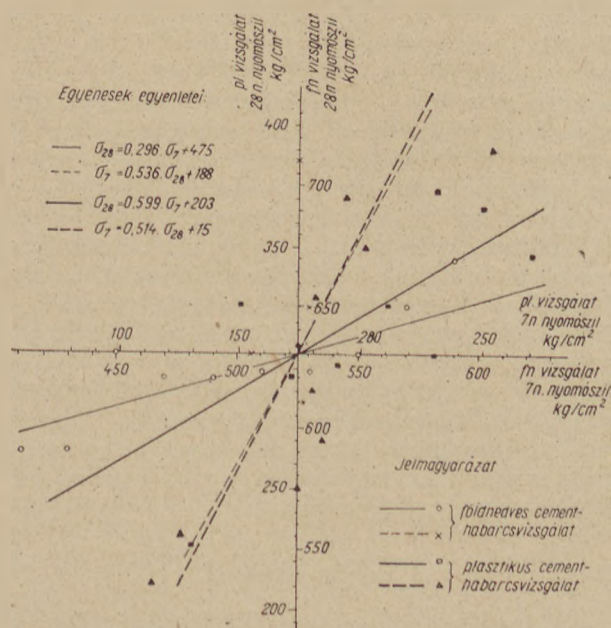
nyomószilárdságok egyenesét folytonos vonallal, az ismert 28-napos szilárdságokhoz tartozó várható 7-napos szilárdságok egyenesét szaggatott vonallal. Az alkalmazott jelölések az (1)-ben használt jelölésekkel megegyeznek. További számítási eredményeket az (5) 14—18. ábrái tüntetnek fel.

Plasztikus cementhabarcsvizsgálat

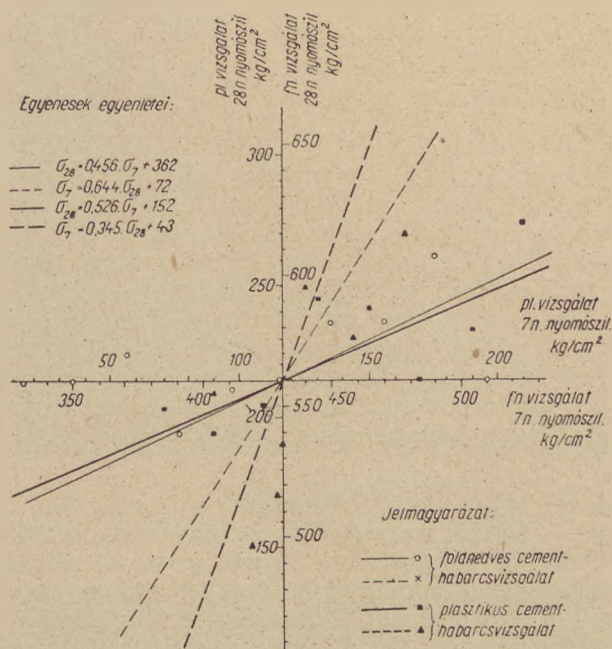
Ugyancsak vizsgáltuk az 1953. évi tatai 600-as és 500-as, a belpátfalvai 500-as cementeknek, valamint a vizsgálat alá vett összes 500-as cementeknek a változó mennyiségű vízzel készült plasztikus cementhabarcsokon meghatározott szilárdságok közötti korrelatív összefüggést. Az eredményeket a 10. táblázat, illetve példaképpen a 3—5. ábra foglalja össze. Az ábrákon a plasztikus cementhabarcsvizsgálatok 7- és 28-napos nyomószilárdságai közötti korrelatív összefüggést vastag vonallal tüntettük fel, mégpedig az ismert 7-napos nyomószilárdságokhoz tartozó várható 28-napos szilárdságok egyenesét folytonos vonallal, az ismert 28-napos nyomószilárdságokhoz tartozó várható 7-napos szilárdságok egyenesét szaggatott vonallal.

A földnedves és plasztikus vizsgálatok értékelése

Az 1953. évben földnedves módszerrel vizsgált tatai 600-as és 500-as, továbbá az összes 500-as cementek 7- és 28-napos nyomószilárdságai közötti első fokú vonatkozási mértékeket összehasonlítottuk az 1953. évi összes — terület alapján meghatározott vízmennyiséggel készült plasztikus cementhabarcsvizsgálatok hasonló első fokú vonatkozási mértékeivel. Az eredményeket ugyancsak a 10. táblázat tartalmazza. A 10. táblázat alapján megállapítható, hogy a 7-napos és 28-napos nyomószilárdsági eredmények közötti



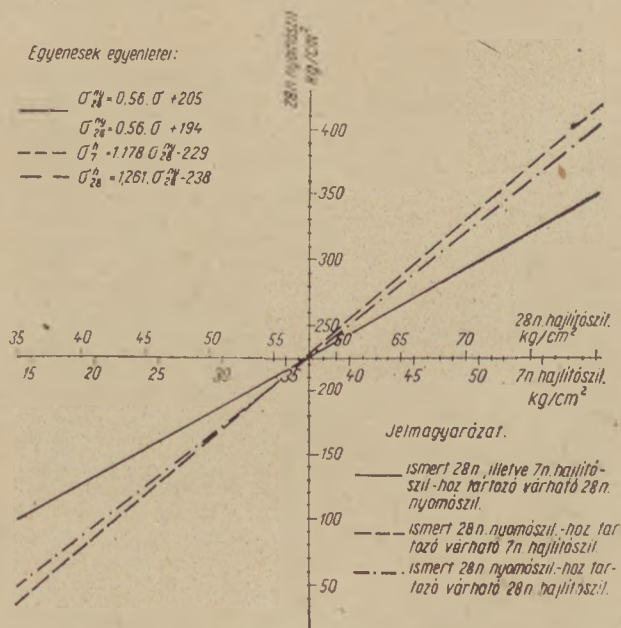
3. ábra. A tatai 600-as portlandcement 7- és 28-napos nyomószilárdságainak regressziós egyenesei a földnedves és a változó mennyiségű vízzel készült plasztikus cementhabarcsvizsgálatok alapján



4. ábra. A tatai 500-as traszportlandcement 7- és 28-napos nyomószilárdságainak regressziós egyenesei a földnedves és a változó mennyiségű vízzel készült plasztikus cementhabarcsvizsgálatok alapján

első fokú vonatkozási mérték általában a plasztikus vizsgálatoknál a nagyobb, vagyis a 7-napos nyomószilárdsági eredményekből plasztikus vizsgálat esetén pontosabban lehet következtetni a 28-napos korban várható nyomószilárdságra, mint földnedves vizsgálat esetén.

Az 1953. évben vizsgált összes cementek bevonásával meghatároztuk a terület alapján számított vízmennyiséggel készült plasztikus cementhabarcspróbatetek nyomószilárdsága és hajlítószilárdsága közötti korrelatív összefüggést is.



5. ábra. A terület alapján meghatározott mennyiségű vízzel készült plasztikus cementhabarcsvizsgálatok 7- és 28-napos hajlító, valamint 28-napos nyomószilárdságainak regressziós egyenesei

A szabványos 28-napos nyomószilárdság és 28-napos hajlítószilárdság között az első fokú vonatkozási mérték a teljesnek 85,6%-a, a 28-napos nyomószilárdság és a 7-napos hajlítószilárdság között pedig 81,4%-a volt. Ha a hajlító-húzószilárdság és a nyomószilárdság közötti összefüggés nem is olyan szoros, mint ahogyan ezek az aránylag csekély számú vizsgálatból számított korrelációs együtthatók mutatják, mégis azt a következtetést lehet levonni, hogy a 28-napos szabványos hajlítószilárdságból — de még a 7-napos hajlítószilárdságból is — igen jól lehet következtetni a 28-napos mértékadó szabványos nyomószilárdság várható értékére. Ennek pedig a cementminőség építéshelyi ellenőrzése szempontjából nagy jelentősége van.

Összefoglalás

A fentiek szerint a hazai szabványos cementszilárdság vizsgálati módszerek közül a változó — terülés alapján megállapított — vízmennyiséggel készült plasztikus habarcsvizsgálat látszik a legalkalmasabbnak. Előnyei az eddigi, a földnedves vizsgálati eljárással szemben a következők:

a) a cementvizsgálat nyomószilárdsági eredményei még heterogén cementek esetén is nagymértékben arányosak a beton kockaszilárdságával;

b) a szabványos hajlítószilárdsági eredmények léptéke a piskóta alakú próbatest vizsgálatának többszöröse;

c) ugyanazon cementfajta minőség-ingadozásait érzékenyebben mutatja;

d) a plasztikus vizsgálati módszer bizonytalanságaiból adódó szórás mind a nyomó-, mind pedig a húzószilárdság vizsgálata esetén kisebb;

e) a 7- és 28-napos nyomószilárdság közötti korreláció, továbbá a hajlítószilárdság és a nyomószilárdság közötti korreláció jóval szorosabb;

f) a hasábtetek készítéséhez gépi berendezésre nincs szükség;

g) húzószilárdság helyett hajlító-húzószilárdságot határoz meg.

Ez a vizsgálati módszer tehát az építőgyakorlat számára jóval pontosabban jellemzi a cementek — elsősorban a heterogén cementek — szilárdságát, mint a jelenleg kötelezőnek előírt földnedves cementhabarcsvizsgálat. Éppen ezért célszerűnek tartanánk e korszerű eljárásnak a cement-minősítésre való mielőbbi bevezetését.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- (1) Dr. Szentmártony T.: „Matematikai statisztika a műszaki gyakorlatban“. Bp. 1950.
- (2) Popovics S.—Üjhelyi J.: „Az 1952. évben végzett cementvizsgálatok eredményeiről.“ *Építőanyag*, 1953. 10.
- (3) Popovics S.—Üjhelyi J.: „Az 1952. évben, ill. 1953. I. félévében az ÉTI Minősítő Laboratórium által végzett betonkockavizsgálatok kiértékelése.“ *Magyar Építőipar*, 1953. 12.
- (4) Popovics S.—Üjhelyi J.: „Az ÉTI 1953. évben végzett cementvizsgálatainak kiértékelése.“ *Építőanyag*, 1954. 9.
- (5) Popovics S.—Üjhelyi J.: „A cementszilárdság szabványos hazai vizsgálati módszereinek összehasonlítása“. *ÉTI Tudományos Közlemények*. 7. sz., Budapest, 1955.

Középkori kályhacsempe égetési körülményeinek utólagos meghatározása

DUMA GYÖRGY

Az 1944-es háborús események következtében Budapest városának a Duna jobbpartján elterülő részei, főleg a Várhegy épületei erősen megrongálódtak. Nagyrészt rombadőlt és elpusztult az újabbkori királyi palota is, mely részben az idők folyamán többször átépített egykori királyi paloták maradványain épült fel.

A palota helyreállítási munkálatait megelőzően, ezen a területen 1946—52. években nagyarányú ásatási munkálatokat kezdtek, melyek során hatalmas leletanyag került felszínre (1). Az anyag feldolgozása azóta folyamatban van, de a munka befejezéséhez még évek kellenek.

A kerámiai anyag nagy része mázas kályhacsempek darabjaiból áll. Ennek az anyagnak a feldolgozása során a legfontosabb feladat a felszínre került töredékekből összeállított csempetípusok korrendi és műhely szerinti csoportosítása. Szorosan kapcsolódik a kérdéshez a felhasznált kerámiai anyagok és technológiák, sokszor ma már nem ismert eljárások tanulmányozása is.

A Budapesti Történeti Múzeum (Vármúzeum) felkérésére a fenti munkával kapcsolatban folya-

matosan végzünk kémiai, fizikai és optikai vizsgálatokat. A vizsgálatok során gyakran kellett a kerámiai anyagvizsgálatoknál szokatlan, vagy esetleg eddig ismeretlen eljárásokat alkalmazni.

Ilyen eddig nem alkalmazott módszer az alábbiakban ismertetett is, melynél a máz és a cserép határfelületén létrejövő átmeneti réteg kialakulását használtuk fel középkori mázas kályhacsempek égetési idejének utólagos meghatározására.

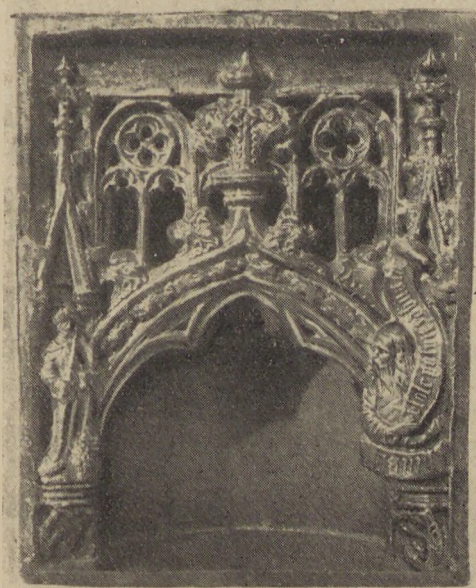
A vizsgálatot a budai vár területén folytatott ásatási munkálatok során felszínre került V. László-kori kályhacsempek között jellegzetes típust képviselő, s már előzőleg más szempontból is vizsgált kályhacsempeken végeztük.

A minták leírása

A mintákat a Budapesti Történelmi Múzeum (Vármúzeum) bocsátotta rendelkezésünkre.

Az említett típushoz tartozó kályhacsempek meleg fűzőld színű mázzal vannak borítva. Alakjuk négyzetes, hátsó kiképzésük dongás, előlapjuk

áttört. Magasságuk 27 cm, szélességük 22,5 cm. A csempék hornyolt keretét mindkét oldalon egy-egy kúszólevelekkel díszített vímberga tagolja, alul egy-egy címeres konzollal. A középső részt orrtagokkal ellátott számárhátív tölti ki. Ennek kúszólevelekkel díszített hátából három félköríves lezárású áttört rácsos ablak emelkedik (1. ábra) (2). Az e típushoz tartozó kályhacsempék alapanyaga vörösreégő agyag. A színes alapanyag az első díszített részeken mindig világos (fehér?) engobe réteggel van bevonva.



1. ábra. A vizsgálat tárgyát képező V. László-kori kályhacsempe

A kályhacsempe töredékeken a mázas felület legnagyobb részét még ma is fényes zöldszínű átlátszó máz alkotja. A máz mindenütt hajszálrepedéses, az alatta fekvő engobe réteg erősen repedezett. A 2. ábrán (3) $15\times$ -ös nagyításban látható a csempe mázas felülete, az épen maradt máz alatt kivehetők az engobe réteg jellegzetes „S” alakú repedései. A felvételen több lágy kontúrral határolt sötét folt látható, melyek a mázban egyenlőtlenül elosztott, kellően fel nem tárodott rézoxidszemcséket mutatják. Egyes helyeken a mázat a szivárgó vizek erősen megtámadták. Ezeken a részekon a máz felülete gyengén irizál, fémfényű, foltos, néhány helyen a felület korróziója miatt fedőhatású. A hajszálrepedések mentén a máz kivételesen a cserépig is lepusztult. A 3. ábrán a máz fénytelen fedőhatásúvá lett felülete látszik.

A 4. ábrán $15\times$ -ös nagyításban mutatjuk a mázas felület erősen megtámadt feltöredezett részét. A felvételen a fehér színű részek a vörös színű cserepet mutatják, mely az engobe réteggel együtt lepusztult máz helyén előtűnik.

A máz azokon a helyeken, ahol közben az engobe réteg nélkül közvetlenül a cserépen fekszik, mint a dongás kiképzésű korongon készített hát-lapon, csaknem mindenhol eredeti állapotban megmaradt.



2. ábra. Részlet a kályhacsempe épen maradt mázas felületéről ($N = 15\times$)



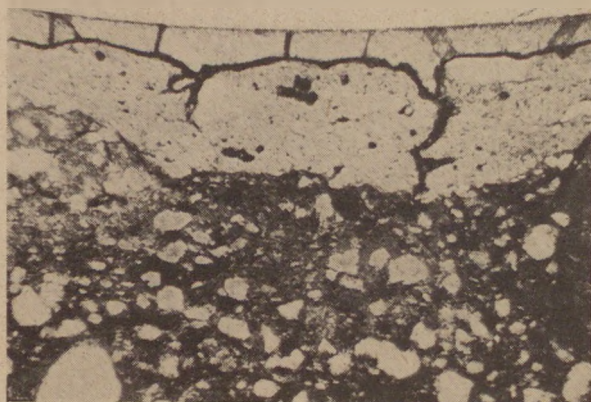
3. ábra. A kályhacsempe fedőhatásúvá lett mázas felülete. ($N = 15\times$)



4. ábra. A hajszálrepedések mentén lepusztuló mázas felület. ($N = 15\times$)

A kályhacsempe alapanyagán végzett vizsgálatok összefoglalása

Az ásatások során felszínre kerülő kerámiák anyagában a szivárgó vizek hatására végbemenő oldódási és hidratációs folyamatok, oxidációs és



5. ábra. Keresztmetszet a kályhacsempe engobozott mázas részéről

redukciós hatások, valamint adszorbeációs jelenségek jól megfigyelhető változásokat idéznek elő.

Ezért a vizsgált kályhacsempe anyaga sincs ma már eredeti állapotában. Részbeni átalakulását mutatja a hőfok függvényében felvett izzítási görbéje, valamint a dilatométeres vizsgálatoknál kapott hőtágulási görbének, a hidratációs átalakulásokra jellemző alakja! A cserép anyagában utólag felhalmozódott anyagok jelenléte kitűnik a cserép újraégetésekor bekövetkező, Pulfrich fotométerrel jól követhető színváltozásból is (5).

A kályhacsempe alapanyagának átlagos kémiai összetételét az I. táblázatban adjuk.

I. táblázat	
SiO ₂	68,90%
Al ₂ O ₃	20,14%
Fe ₂ O ₃	6,14%
TiO ₂	0,90%
CaO	1,22%
MgO	0,89%
Izz. vesz.	1,13%
SO ₃	0,29%
99,61% (4)	

A kályhacsempe alapanyagában a vékony csiszolatokon jól látható számos kvarcsemege van. Az optikai és dilatométeres vizsgálatok egyaránt azt mutatták, hogy a szabad kvarc β kvarc formájában van jelen. A mikroszkópi vizsgálatoknál kitűnt, hogy a masszában a homokszemcséken kívül elég egyenletes elosztásban e csempecsoportra jellemző samottszemcsék is vannak (5).

A csempe egyes részeit (főleg előlapját) borító engoberéteg vastagsága 100–400 mikron között változik. Mindig erősen repedezett, a repedések mázzal vannak kitöltve, az alapanyagban nem folytatódnak (5. ábra). Különösen a repedések mentén a felette lévő máz erősen feltárta az engobe réteget, úgy hogy azt vizsgálatokra elkülöníteni már nem lehetett.

A kályhacsempe alapanyagán végzett — itt nem részletezett — különböző fizikai és kémiai vizsgálatok eredményei alapján arra lehet következtetni, hogy a kályhacsempe alapanyagát SK 07 a (960° C) körül égethették ki (5).

A kályhacsempét borító máz vizsgálatainak összefoglalása

Mázak égetés előtti állapotának meghatározása a beégetett mázakon végzett kémiai elemzések alapján mindig sok bizonytalansággal jár, a mázban az égetés alatt végbement átalakulások miatt. Az ólmos mázak erősen feltárják a cserepet s így a vékony mázrétegek eredeti összetétele rendszerint erősen megváltozik. Irodalmi adatok alapján ismeretes, hogy a magas ólomtartalomnál mint jelen esetben is, az égetés folyamán bekövetkező kismérvű ólomvesztéssel is számolni kell (6). Az ásatási anyagoknál a fentiekén kívül a szivárgó vizeknek, — különösen a savakban részben oldódó ólmos mázakra gyakorolt — oldóhatása is számottevő lehet (4. ábra).

Ezért, hogy a hibalehetőségeket az adott körülmények között legkisebbre csökkentsük, a csempe mázával kapcsolatos vizsgálatainkhoz csak a láthatólag épen megmaradt (fényes) és viszonylag vastag mázrétegeket használhattuk fel. Kivételesen kis helyeken, sarkokban összefolyt 4–5 mm vastag rétegeket is lehetett találni. Az ilyen helyekről lefejtett, körüleszított és optikai vizsgálatok alapján egységesnek elfogadható mázdarabkákat használtuk fel elemzési célokra. A csempéről lefejtett máz fajsúlya 5,90 volt.

A kályhacsempét borító zöldszínű máz kémiai összetételét az elemzési adatok alapján az alábbi II. táblázatban adjuk.

II. táblázat	
SiO ₂	18,50%
Al ₂ O ₃	ny.
Fe ₂ O ₃	0,96%
PbO	76,70%
CuO	3,38%
TiO ₂	—
CaO	ny.
MgO	ny.
99,54% (4)	

A fenti máz olvadási viszonyait percenként 10 C° hőmérsékletemelkedés mellett laboratóriumi elektromos kemencében határoztuk meg. A máz magas ólomtartalma miatt már 720 C°-nál az olvadás kezdeti jelét mutatja. 760° C felett hirtelen megolvad, vízszintes felületen tükröfényes felülettel elterül; 850 C° felett viszkozitása annyira csökken, hogy függőleges felületekről teljesen lefut. A máz beégetésére eszerint a legmegfelelőbb hőmérséklet 800 C° körül van (SK 014 a — 015 a). Lényegesen alacsonyabb hőmérsékleten, mint ahogy a csempék alapanyagát kiégették.

A II. táblázatban ismertetett kémiai összetételből kiindulva több mázat készítettünk azzal a céllal, hogy a további kísérletek egy részénél az eredeti mázat helyettesítsük.

Az eredeti mázat jól megközelítette kémiai összetételében és fizikai sajátságaival a III. táblázatban közölt egyszerű fazekasmáz, melyet frittelés után használtunk.

III. táblázat	
19,0%	homok
77,0%	ólomoxid
0,5%	kaolin
3,5%	rézoxid
100,0%	

Az átmeneti rétegek kialakulásának vizsgálata

Ismeretes hogy a mázak a tűzben az alattuk lévő cserepet részben feltárlják és így a máz és cserép közötti kezdetben határozott határfelület helyett, mindinkább folyamatos átmenet az ún. átmeneti réteg alakul ki. A feltárodás különösen nagy szokott lenni az alacsony olvadáspontú ólmos mázaknál, amilyen a vizsgálat tárgyát képező kályhacsempét is borítja (6. ábra).

A máz és cserép említett kölcsönhatását a mázas felületre merőlegesen készített mikroszkópi vékonycsiszolatokon (keresztcsiszolatokon) lehet a legjobban tanulmányozni, ezért a további vizsgálatok kiértékelésére mi is ezt a módszert alkalmaztuk.

A vizsgált középkori kályhacsempe mázához igen közelálló az előzőekben ismertetett (III. táblázat) mázat használtuk kísérleteink egy részéhez, mivel a kályhacsempéről leválasztott mázból csak igen kis mennyiség állt rendelkezésünkre. E mázzal és az eredeti cseréppel kapcsolatosan kialakuló átmeneti rétegek jellegének és az azt befolyásoló tényezők megismerésére számos kísérletet végeztünk.

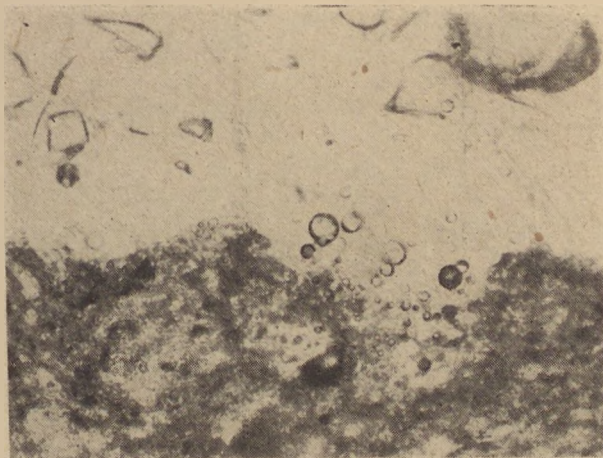
A vizsgálatoknál azt tapasztaltuk, hogy az átmeneti rétegek kialakulását döntően befolyásolta ugyanazon máz és alapanyag esetében az alapanyag felülete, porozitása, a máz beégetésének hőfoka (ezzel kapcsolatban a máz viszkozitása), az égetés ideje, valószínűleg kisebb mértékben a máz nyers vagy frittelt volta és a mázas felület helyzete. A mázréteg vastagságának befolyása nem volt észrevehető.

Kísérleteinknél az is kitűnt, hogy ugyanazon alapanyag és máz használata esetében azonos égetési körülmények között az átmeneti rétegek jellege mindig hasonló lesz. Ha tehát a hőmérsékletet állandónak vesszük és az alap és máz azonos, úgy a máz és cserép határfelületén lévő feltárodás lényegesen csak az égetés idejétől függ.

A fenti vizsgálatok tanulságai alapján megvizsgáltuk az átmeneti rétegek kialakulását, illetőleg változását az eredeti cserépre újonnan felvitt máz, valamint az eredeti mázas felületek újraégetésével kapcsolatban is.

Vizsgálatainkhoz leginkább valamely leírt típusú kályhacsempe dongás kiképzésű hátlapjából való mázas töredékek feleltek meg, egyrészt a mázréteg ép és helyenként vastag volta, másrészt a sok bizonytalanságot jelentő engobe réteg hiánya miatt. További előnye az is volt, hogy így kísérleteinkhez nem kellett a csempék díszített homlokzati részéből semmit sem feláldozni.

A kályhacsempe dongás kiképzésű hátlapjából való mázas darabot próbatestek céljára felapróztuk s a darabok egy részéről a mázréteget eltávolítottuk. Így elértük, hogy a vizsgálatnál a mázas és mázatlan darabok alapanyaga minden szempontból azonos volt. A mázatlan darabok simára csiszolt felületére a II. táblázatban ismertetett összetételű, a vizsgálat tárgyát képező csempetípusból származó eredeti mázat vittük fel. Néhány mázatlan próbatestet a III. táblázatban közölt, az előbbi mázhoz közelálló összetételű mázzal vontunk be.



6. ábra. A kályhacsempe mázának oldó hatása az alpra

Mivel a máz olvadási viszonyaira vonatkozó vizsgálatokból már kitűnt, hogy a kályhacsempék mázas égetése eredetileg 800° C körül lehetett, a próbatestek újraégetésére is ezt a hőmérsékletet választottuk.

Az előzőek szerint lemázolt, valamint azokat a darabokat, melyekről a mázat nem fejtettük le 800 C° állandó hőmérsékleten növekedő időtartammal elektromos kemencében kiégettük.

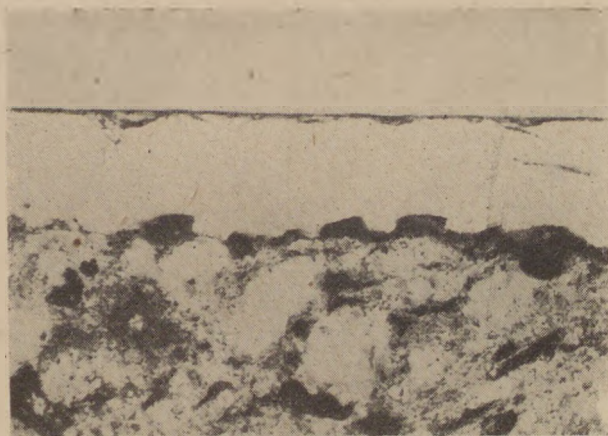
Az átmeneti rétegek állandó hőmérsékleten való kialakulását, ill. változását mikroszkópi csiszolatokon vizsgáltuk.

A vizsgálat tárgyát képező kályhacsempe alapanyagából és általunk felvitt eredeti mázból álló próbatestek égetésekor kialakuló átmeneti rétegeket mikroszkópi csiszolatokról készített felvételek alapján a 7—10. ábrákon szemléltetjük.

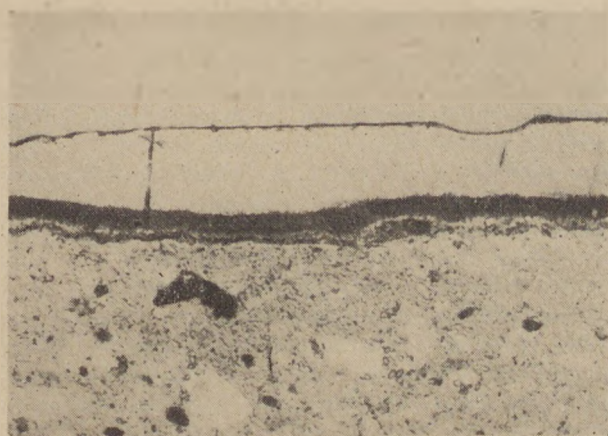
A 7. ábrán a mázat 800 C°-nál éppen megolvadt állapotában látni. Amikor a máz a vízszintes helyzetű lapon tükröfényes sima felülettel kiolvadt, az alapot még alig tárta fel. A 8. ábra 800 C° hőmérsékleten 1/2 órás égetés után mutatja a kialakuló átmeneti réteget. A felvételen jól látni, hogy a feltárodás nem egyenletes. Az ilyen szelektív feltárodás a porózus és heterogén alapanyagok-



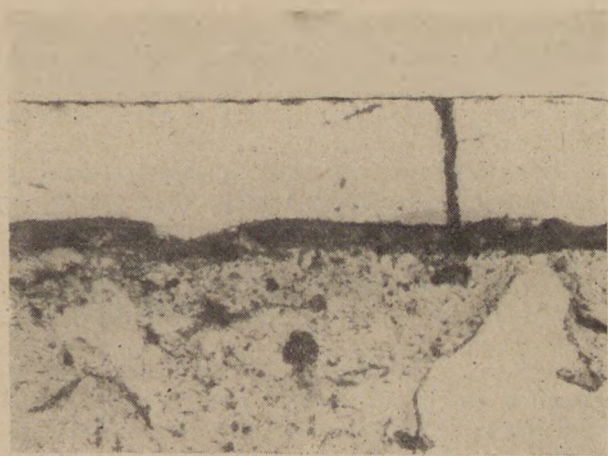
7. ábra. A kályhacsempe alapanyagára felvitt eredeti máz 800 C°-nál



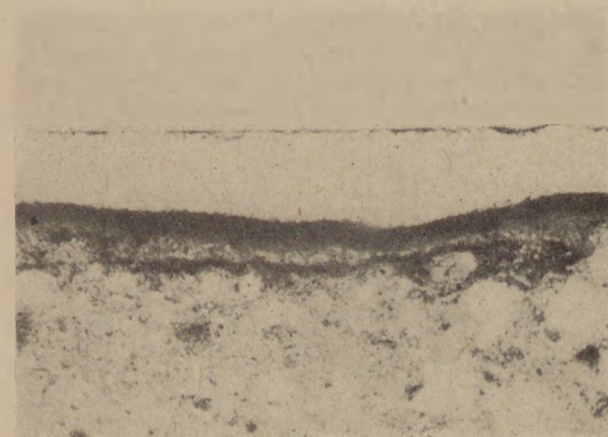
8. ábra. A kályhacsempe alapanyagára felvitt eredeti máz 800 C°-nál $\frac{1}{2}$ óra után



11. ábra. Az eredetihez hasonló máz 800 C°-nál 1 óra után



9. ábra. A kályhacsempe alapanyagára felvitt eredeti máz 800 C°-nál 2 óra után

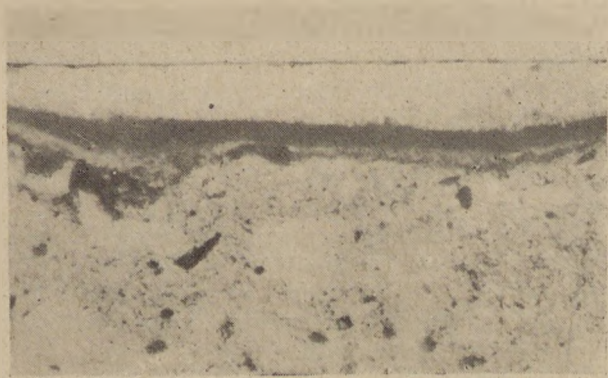


10. ábra. A kályhacsempe alapanyagára felvitt máz 800 C°-nál 4 óra után

nál kezdetben mindig tapasztalható (7). A 9. ábrán ugyanazon a hőfokon két óra múlva kialakult réteget látni. A feltáródás már egyenletesebb és az átmeneti réteg kialakulása már előrehaladottabb állapotban van. A felvételen látható sötét színű réteg a csiszolatokon, a vörös színű alapanyag és a

felette lévő zöldes máz keverékszínében látszik. A 10. ábrán az előzőekkel azonos körülmények között négy óra alatt kialakult átmeneti réteget látni. Alul a cserép színénél sötétebb barna csík húzódik, felül a cserép és máz keverékszínéből kialakult diffúz réteg lefelé fokozatosan megy át egy szürkészöld színű rétegbe.

A kályhacsempe anyagára felvitt III. táblázatban közölt, az eredeti mázhoz közelálló összetételű máz beégetésekor 800 C°-nál ugyancsak négy óra alatt kialakult átmeneti réteget a 11. ábra szemlélteti. A réteg jellegű és színeződés ugyanaz, mint a 10. ábrán látható mintáé.



12. ábra. Az eredeti mázas felület újraégetve 800 C°-nál 1 óra után

Az eredeti mázas cserép 800 C°-nál való újraégetésekor a meglévő átmeneti réteg további alakulását vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy a 10. ábrán szemléltetett jellegű és színű rétegek már egy órás égetés után kialakulnak, amint az a 12. ábrán látható. A mázas cserép újraégetésekor kialakuló — 12. és 10. ábrán bemutatott — átmeneti rétegek egyezése még a fekete-fehér reprodukciókon is jól kitűnik.

Összefoglalás

Vizsgálat alá vettünk egy jellegzetes típust képviselő V. László-kori kályhacsempét abból a célból, hogy utólag megközelítőleg meghatározzuk egykori mázas égetésének hőfokát és időtartamát.

A vizsgálathoz, az égetés folyamán a cserép és máz kölcsönhatásával létrejövő átmeneti rétegek kialakulását használtuk fel.

Meghatároztuk a kályhacsempe alapanyagának és mázának kémiai összetételét, a máz faj-súlyát és olvadási viszonyait. Jelen munkához felhasználtuk a mázas kályhacsempével kapcsolatban már korábban végzett vizsgálataink eredményeit is. Ez utóbbiak alapján tudjuk, hogy a csempe első (nyers) égetése 960°C körül volt, a mázas égetés hőfoka azonban, a máz olvadási viszonyait tekintve 800°C -nál magasabb nem lehetett.

Az átmeneti rétegek kialakulását beható vizsgálat alá vettük, s e célra a vizsgált csempéborító mázhoz igen közelálló kémiai összetételű és fizikai sajátságokat mutató mázat állítottunk össze. A máz és cserép égetés alatti kölcsönhatásának tanulmányozására számos mikroszkópi csiszolatot készítettünk.

Megállapítottuk, hogy az átmeneti rétegek kialakulását állandó hőfokon azonos alapanyag és máz esetében, lényegesen csak az égetési idő befolyásolja.

Vizsgálat tárgyává tettük 800°C állandó hőmérsékleten, a kályhacsempe alapanyagából és az általunk újjal felvitt eredeti mázból álló próbatesteken növekedő égetési idővel kialakuló átmeneti rétegeket. Ugyancsak megvizsgáltuk hasonló körülmények között az eredeti mázas kályhacsempe darabok átmeneti rétegének további alakulását is.

A kísérletek azt mutatták, hogy az eredeti mázzal újonnan mázolt cserépdarabokon négy óra alatt kialakult átmeneti réteggel azonos jellegű átmeneti réteg, az eredeti mázas cserépdarabok újraégetésekor hasonló körülmények között már 1 óra alatt kialakult. Eszerint a kályhacsempék mázas égetése, a máz fizikai tulajdonságai alapján feltehetőleg 800°C hőmérsékleten, — 2,5—3 óráig tarthatott.

Ez közelítőleg megfelel a még ma is használt nyíltlángú fazekas kemencék égetési körülményeinek.

HIVATKOZÁSOK

1. Az 1946—56. évben a budai vár területén Gerevich László által vezetett ásátásokról: a) Archeologiai Értesítő 1952., b) Budapest I. ker. topográfiája.
2. Budapest Régiségei XVIII. Holl Imre tanulmányából, a Vármúzeum engedélyével közölve. Molnár János felvétele.
3. A tanulmányban közölt 2—12. ábrák a szerző felvételei és csiszolatai.
4. Makó Péter elemzése.
5. A Budapesti Történeti Múzeum (Vármúzeum) részére 1956. évben az V. László-kori kályhacsempék vizsgálatáról adott részletes kutatási jelentés.
6. W. Henze: Glasuren, 1951. 5. o.: $\text{PbO}-\text{SiO}_2$ elméleti összetétel: 77,63 PbO—20,51 SiO_2 , $\text{PbO}-\text{SiO}_2$ az üvegben talált: 75,05 PbO—24,77 SiO_2 .
7. J. W. Mellor: Trans. Ceram. Soc. 1935. A szerző a máz oldódására megállapítja, hogy az: „...a porózus masszánál mindig szelektív hatású”... Kísérleteinknél ezt inkább a heterogén összetételű anyagoknál tapasztaltuk.

Az alumínátcementek és azok kötésénél és szilárdulásánál lejátszódó fiziko-kémiai folyamatok

TALABÉR JÓZSEF

(4. közlemény)

Összefoglalva a hidratációról elmondottakat, a következőket kell megállapítani:

1. Alumínátcementek hidratációja kezdetén olyan oldat keletkezik, amely kb. 1,0 g CaO-t és 1,5—1,6 g Al_2O_3 -t tartalmaz literenként. Az oldat pH értéke 11,1 körül van. Az A/C arány ebben a pillanatban hozzávetőleg 1,5. Az oldat bazicitása lassan emelkedik, ugyanígy a pH értéke 11,1-ről 11,4-re, sőt 11,6-ra és ezzel párhuzamosan csökken az A/C értéke is 1,0—0,9 értékre. Az A/C arány ezen értékénél válnak ki a hexagonális dikalcium-alumínáthidrátok és az Al_2O_3 csökkenő oldhatósága miatt az $\text{Al}(\text{OH})_3$ gél is. A szemmel is figyelhető változások, melyek a kezdetben tiszta oldatban végbemennek, abban állnak, hogy zavarosodás jelentkezik, amelyet a dikalcium-alumínáthidrát igen finom kristálykái idéznek elő.

Ha mész hozzáadása, vagy a hőmérséklet emelkedése révén az A/C arány 0,9 alá esik le, az A/C arány 0,5-ös értéke körül megkezdődik a $\text{C}_3\text{A} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ képződése.

Az átalakulások során a legvégső, már stabilnak tekinthető állapotban az oldat Al_2O_3 koncentrációja 0,07 g/l, CaO koncentrációja 0,3—0,4 g/l egyensúlyi helyzetben áll be.

A 48. ábrán mutatom be a kötő cement pH értékének alakulását. Az eredeti görbét Salomoni a magyar bauxitcementek vizsgálata alapján vette fel, de rárajzoltam a hazai (NEVIKI) mérési adatokat is, melyek az előbbitől kissé eltérnek. Az eltérés oka az, hogy Salomoni nagyhígítású oldatban dolgozott, mi pedig a kötő cementpép



48. ábra

20. táblázat

I. csoport aluminátcement				II. csoport aluminátcement			
lassan hűtött		gyorsan hűtött		lassan hűtött		gyorsan hűtött	
levegő	autokláv	levegő	autokláv	levegő	autokláv	levegő	autokláv
7,125	6,128	4,673	6,160	4,402	6,140	4,432	6,107
3,705	5,090	4,074	5,503	3,497	5,653	3,867	5,546
3,506	3,716	3,711	5,040	3,163	5,031	3,688	5,059
3,154	3,395	3,160	4,398	3,032	4,378	3,502	4,388
3,053	3,163	3,073	3,706	2,846	3,693	3,154	3,681
2,955	3,047	2,970	3,365	2,702	3,340	3,063	3,311
2,850	2,849	2,851	3,140	2,580	3,151	2,852	3,158
2,702	2,704	2,693	2,973	2,450	2,924	2,697	3,057
2,531	2,535	2,527	2,858	2,388	2,838	2,589	2,841
2,401	2,473	2,408	2,693	2,283	2,701	2,537	2,767
2,283	2,308	2,291	2,541	2,148	2,464	2,491	2,483
2,151	2,285	2,148	2,407	2,042	2,308	2,397	2,407
2,030	2,156	2,042	2,293	1,916	2,156	2,300	2,343
1,927	2,044	1,930	2,151	1,866	2,046	2,149	2,271
1,809	1,922	1,817	2,040	1,804	1,921	2,055	2,141
1,753	1,858	1,757	1,930	1,750	1,855	1,934	2,041
1,723	1,813	1,729	1,861	1,664	1,750	1,907	1,916
1,520	1,758	1,552	1,819	1,629	1,683	1,866	1,856
1,487	1,684	1,520	1,759	1,571	1,571	1,812	1,752
1,379	1,519	1,378	1,719	1,515	1,515	1,758	1,714
	1,443		1,678	1,443	1,443	1,726	1,681
	1,379		1,552	1,375	1,378	1,671	1,645
			1,519	1,279	1,310	1,626	1,518
			1,482	1,264		1,554	
			1,447	1,249			
			1,380				

pH-ját mértük. A két görbe lefutása egyébként hasonló.

2. Brandenburg szerint (34) a kalciumalumináthidrátokat $\text{Al}(\text{OH})_3$ -ból és $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -ből álló réteges rácsnak kell felfogni. A lemezek egymásbkapcsolódása szabja meg a hidrátok stabilitását. A dikalciumalumináthidrátoknál a rétegek között helyezkedik el a víz, a trikalciumalumináthidrátoknál pedig a rétegekre ráakódva. Csak ezzel lehet magyarázni azt, hogy a $\text{C}_3\text{A} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ rácsszerkezete még akkor sem roppan össze, ha víztartalma egy részét el is veszíti (mint a zeolitok).

3. A $\text{C}_3\text{A} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ rácsméretének a hexagonális kalciumalumináthidrátoktól való különbözősége, valamint az átalakulással kapcsolatos szerkezetátrendeződés megváltoztatja a kezdeti hidrátok határi felületén kialakult kohéziós erőket és részben szétrombolja a hidratáció első fázisában kialakult rácsszerkezetet. Ezért csökken az aluminátcement szilárdsága az átkristályosodás során. Abból azonban, hogy a C_4AF hidratációja során már eleve képződhet $\text{C}_3\text{A} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, azt a következtetést kell levonnunk, hogy a lekötött aluminátcement szilárdságcsökkenését nem minden esetben a $\text{C}_3\text{A} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ megjelenése, hanem mennyiségének egyelőre még nem ismert érték fölé való emelkedése okozza. Valószínűnek látszik az is, hogy a primeren keletkezett $\text{C}_3\text{A} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ nem is okozhat szilárdságromlást, mert keletkezése pillanatában a kötő cementben még nem volt egy kialakult rács, amelyet bármilyen formában is megzavarhatott volna.

Arra a kérdésre, hogy az így keletkezett $\text{C}_3\text{A} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ elősegíti-e a későbbi átkristályosodást, nem tudok választ adni. Ennek a lehetősége mindenesetre fennáll.

Ezen elméleti fejtegetések után nézzük meg

az aluminátcementek hidratációját a valóságban. Az analízist mint eddig — röntgen- és DTA vizsgálatokra építettem.

A 20. táblázat a kétféle típusú aluminátcement hidratációs termékeinek röntgenvizsgálati adatait tartalmazza. Az autoklávban szilárdított próbatesteket külön vizsgáltam.

A röntgenfelvételek ismertetésétől az előző közlemények nem jól sikerült fényképei után eltekintettem. A lassan hűtött klinker hidratációs termékeiben a 2,850, 2,030, 1,487 interferenciavonalak alapján $\text{C}_2\text{A} \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ -ra lehet következtetni. A többi interferenciavonal bizonytalan.

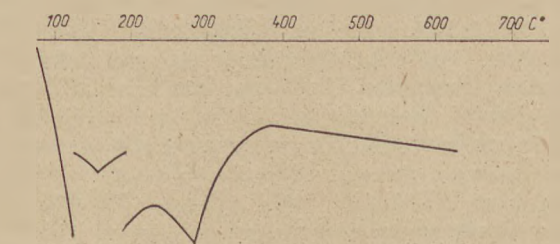
Ugyanezt a próbát autoklávban való gőzkezelés után röntgenvizsgálatnak vetettem alá. A röntgendiagramon a 2,473, 2,308, 2,044, 1,813, 1,684 vonalak a $\text{C}_3\text{A} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ megjelenését jelzik.

Az I. típusú, gyorsan hűtött klinker hidratációjának röntgenképei az előbbivel majdnem azonosak.

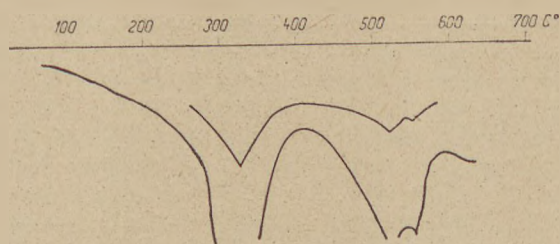
Ugyanezen próba autoklávban való gőzkezelése után felvett röntgenkép az előzőtől alig különbözik. A $\text{C}_3\text{A} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ keletkezését a 3,365, 3,140, 2,293, 2,040, 1,819, 1,719, 1,678, 1,482 vonalak mutatják.

A II. típusú, lassan hűtött klinker hidratációjáról és autoklávban való gőzkezeléséről felvett röntgenképről is ugyanazt kell megállapítanunk, hogy nincs lényeges különbség a kétféle cement hidrátjai között. A 2,846, 2,450, 2,388, 2,042, 1,664, 1,515, 1,443 a $\text{C}_2\text{A} \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ -t jelzik, míg a 3,693, 3,151, 2,464, 2,308, 2,046, 1,683, 1,571 a $\text{C}_3\text{A} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ -t.

A II. csoportba tartozó, gyorsan hűtött klinker hidratációjának a röntgenképénél, és ugyanezen próbatest autoklávban való gőzkezelés utáni röntgenfelvételénél is ugyanaz a kép mint az



49. ábra



50. ábra

előbbieken. $C_3A \cdot 6H_2O$ -ra a 3,188, 2,041, 1,752, 1,714, 1,681-es vonalak megjelenéséből lehet következtetni.

Az elmondottakat DTA vizsgálatokkal is ellenőriztem. A 49. ábra a lassan hűtött klinker hidratációs termékének DTA felvételét mutatja be, kinagyítva a görbe legfontosabb szakaszát.

A görbe semmit sem különbözik a kalcium-alumínáthidrátok már ismertetett felvételeitől.

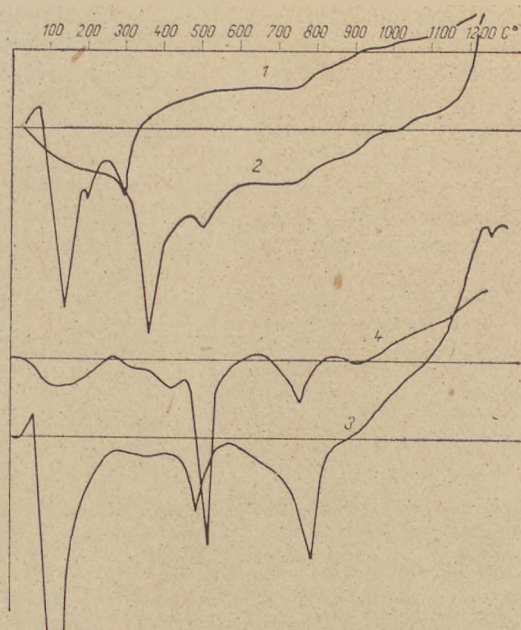
Az 50. ugyanezen próbának autoklávban való gőzkezelése utáni DTA felvételét ábrázolja, kisebb érzékenységgel a görbe kritikus pontjainál. A DTA felvételek adták a várható eredményt. A 350 °C-nál jelentkező minimum a szabályos $C_3A \cdot 6H_2O$ jelenlétét igazolja, az 540 °C körüli minimum $Ca(OH)_2$, az 575 °C körüli minimum böhmít keletkezésére utal.

Az eddig elmondottakat teljes mértékben igazolják az 51. ábra DTA felvételei is. Az 1. görbe a hidratált, a 2. görbe az autoklávban gőzkezelt bauxitcement DTA felvételeit mutatja be.

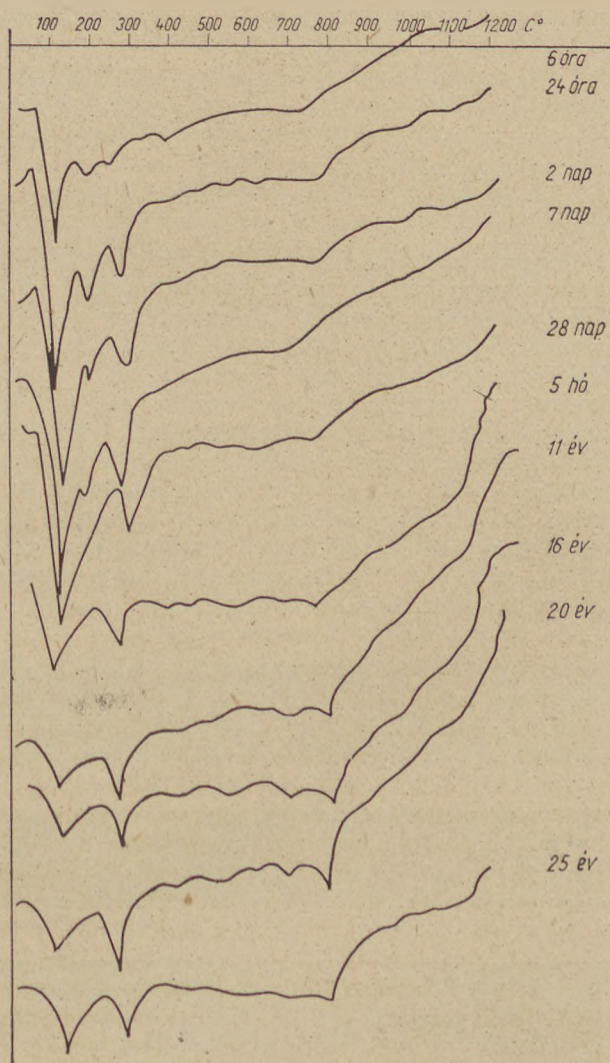
A DTA felvételek önmaguktól beszélnek. Magyarázatokra legfeljebb annyiban van szükség, hogy ismételtelen rámutassak arra, hogy megfelelő összehasonlítási alap (pl. tiszta preparátumok) hiányában a 100–300 °C közötti görbeszakasz hőeffektusait azonosítani még nem áll módunkban. E hőeffektusok pontos felderítése lesz a későbbi vizsgálatok főfeladata.

Érdekesség kedvéért az 51. ábrára rárajzoltam a hidratált (3. görbe) és az autoklávban gőzkezelt portlandcement (4. görbe) DTA felvételeit is.

Az 52. ábra görbesorozata a legkülönbözőbb korú (6 órától 25 évig) hidratált bauxitcementek DTA felvételeit tartalmazza. Valamennyi görbe lefutása azonos. A lekötés után 6 órával felvett DTA felvétel ugyanazokat a jellegzetes minimumokat mutatja, mint a sokéves próbák DTA felvételei, annak jeléül, hogy a képződött kalcium-alumínáthidrátok összetételében lényeges változás nem történt és a kezdetben kialakult rácsszerkezet



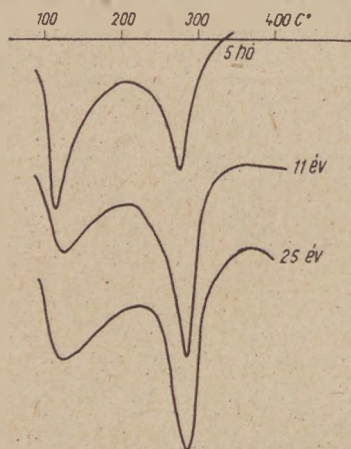
51. ábra



52. ábra

s mindvégig változatlan maradt. Meg kell jegyezni, hogy az 52. ábra DTA felvételeit laboratóriumi körülmények (tehát 20 C° alatt) között tárolt próbatesteken végeztük. A próbatestek teljesen épek voltak, rajtuk külsőleg semmi elválkozás nem volt észlelhető.

Más próbatesteken, másutt megismételve a vizsgálatokat, az 53. ábra DTA felvételeit kapjuk. Az eredmény ugyanaz, mint előbb.

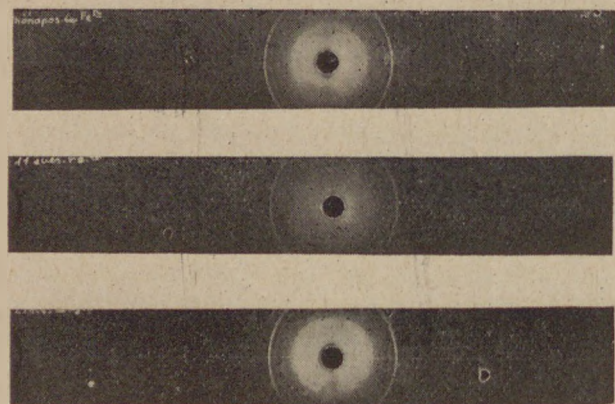


53. ábra

Az 53. ábra pr á ról röntgenfelvételeket is készítettem. Az 54/a. ábra az öthónapos, az 54/b. ábra a 11 éves, az 54/c. ábra a 25 éves próbatestek röntgenfelvételét ábrázolja.

A felvételek kimérését a 21. táblázat tartalmazza.

A röntgenfelvételek kiértékelését rendkívüli módon megnehezíti a szabvány-próbatestből (vagy a betonból) vett minták SiO₂ szennyezése. Az SiO₂ vonalai, különösen a 3,32, 2,45, 1,665, 1,255 síkhálótávolságnak megfelelő vonalak szinte uralkodnak a felvételen és a tisztánlátást erősen megzavarják. Annyit azonban mégis meg lehet állapítani, hogy nincs ellentét a DTA és a röntgenvizsgálatok között. A hexagonális kalciumaluminátok közül a C₂A.8H₂O felismerhető a 2,843, 2,850, 2,864, a 2,448, 2,452, 2,445, továbbá az 1,665, 1,670, 1,665, végül az 1,447, 1,453, 1,451-es interferenciavonalak alapján. α C₄Al.4H₂O jelenlétére



54. ábra

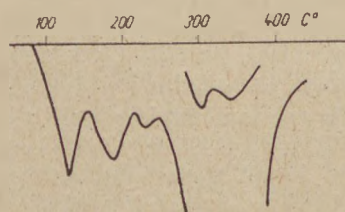
szabad következtetnünk az 1,978, 1,972, 1,974, az 1,920, 1,931, 1,926, az 1,809, 1,811, 1,809, végül az 1,140, 1,139 kx síkhálótávolságnak megfelelő vonalak alapján. A röntgenfelvételekből az is nyilvánvaló, hogy a szabályos rendszerű C₃A.6 H₂O a próbatesteken nem, vagy csak a röntgen-

21. táblázat

A p r ó b a t e s t k o r a					
5 hónap		11 év		25 év	
4,639	1,735	4,705	1,670	4,647	1,538
4,241	1,649	4,241	1,539	4,221	1,514
3,681	1,665	3,695	1,515	3,676	1,451
3,328	1,537	3,336	1,453	3,321	1,417
3,111	1,514	2,955	1,419	3,046	1,374
2,943	1,447	2,850	1,374	2,864	1,354
2,843	1,373	2,674	1,287	2,678	1,323
2,691	1,323	2,452	1,255	2,445	1,300
2,516	1,285	2,275	1,228	2,268	1,285
2,448	1,255	2,123	1,222	2,231	1,255
2,276	1,227	1,972	1,181	2,114	1,226
2,234	1,198	1,931	1,152	1,974	1,198
2,113	1,179	1,811	1,140	1,926	1,180
1,978	1,152	1,757	1,081	1,809	1,152
1,926	1,140	1,699		1,694	1,139
1,809	1,080			1,665	1,080

vizsgálattal ki nem mutatható mennyiségben keletkezett. A C₃A.6H₂O jelenlétét a DTA vizsgálatok sem mutatták ki.

Laboratóriumi körülmények között levegőn tárolt, de szabad szemmel is megállapíthatóan az előző próbáknál kevésbé tömör, helyenként laza szerkezetű 21 1/2 éves próbatest DTA felvételét mutatja be az 55. ábra.



55. ábra

A kép egész más, mint amit eddig kaptunk. A felvételen 350 C° körül megjelenik a C₃A.6H₂O-ra jellemző hőeffektus, annak jeléül, hogy a próbatestben lényeges átalakulás ment végbe.

Ugyanezen próbatest röntgenfelvételén, melynek kimérését a 22. táblázat tartalmazza, megjelennek a szabályos C₃A.6H₂O-ra jellemző 3,361, 2,814, 2,462, 2,028, 1,745-ös interferenciavonalak. A laza szerkezetű próbatestben tehát a rácsszerkezet mélyreható változása ment végbe. E változással jár együtt a cement szilárdságának visszaesése.

22. táblázat

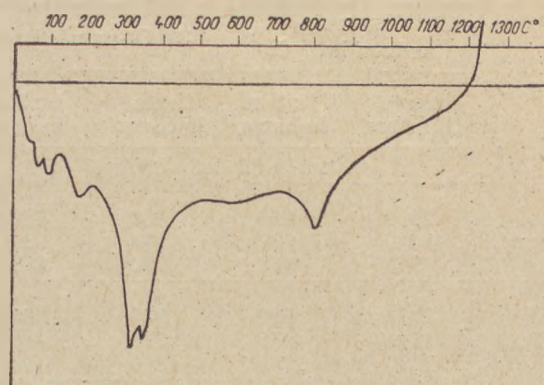
21,5 éves próbatest		
7,748	2,547	1,673
5,095	2,462	1,543
4,780	2,278	1,521
4,308	2,028	1,376
3,685	1,915	1,273
3,361	1,823	1,242
3,101	1,745	
2,814	1,701	
2,694		

Eljutottunk tehát az aluminátcementek legfontosabb pontjái, az aluminátcementek belső átalakulásáig, szilárdságuk visszaeséséig. Hogy e romlás mechanizmusát tisztábban lássuk, emlékeztetnünk kell arra, hogy e tárgyban az első nyilvános publikáció 1934-ben történt a francia Fischer mérnök részéről. Fischer azonban nem ismerte fel a romlás okát, elszigetelt jelenségnek tartotta és elnevezte az „aluminátcementek betegségeinek”. Melle Couillaud és Bolomey azonban már 1935-ben rámutattak arra, hogy e folyamat nem más, mint a metastabil hexagonális alumínáthidrátoknak stabil $C_3A \cdot 6H_2O$ -vá való átalakulása. Az alumínáthidrátok tárgyalása során elmondottak alapján ezt az átalakulást törvényszerűnek kell tekinteni, jóllehet az átalakulás megkezdődésének ideje, előfeltételei, lefolyása és a végső egyensúlyi állapot elérése még egyáltalán nincs tisztázva.

Az egyetlen tényező, amelynek hatását tűrhető pontossággal ismerjük, a hőmérséklet. Emelkedő hőmérséklet elkerülhetetlenül magával hozza az átalakulást. A „kritikus” hőmérséklet azonban nincs pontosan megállapítva. A különböző kutatók $25^\circ C$ körül vonják meg azt a vonalat, amely fölött a $C_3A \cdot 6H_2O$ képződés, vagy ami ezzel lényegében egybeesik, a szilárdság-visszaesés bekövetkezik. Nem tisztázott azonban a hőmérséklet behatásának időfaktora. A magas hőmérséklet mindenképpen káros következményekkel jár, ezért a beton méreteinek kialakításánál (hőfejlődés, hőelvezetés) ezt mindig szem előtt kell tartani.

A DTA vizsgálatok révén lehetőség nyílt annak bebizonyítására is, hogy hőkezelés (autoklávban való gőzkezelés) révén az aluminátcementek hidratációs termékei nagymértékben, legalábbis átmenetileg stabilizálhatók. Azt is sikerült bebizonyítani, amit az 56. ábra igazol, hogy a hőkezelés során keletkezett hidrát a $C_3A \cdot 6H_2O$, amelynek stabilitását (ha nem is végleges tabilitást) mi sem mutatja jobban, mint az, hogy a $C_3A \cdot 6H_2O$ jellegzetes hőeffektusa ismételt autoklávban való gőzkezelés után is ugyanaz marad.

A másik tényező, melyet talán különállóan nem is szabadna megemlíteni, az idő. Az időben jelentkeznek ugyanis azok a komplex hatások, amelyek végső fokon az átalakulást megindítják, vagy melyek a lefolyását elősegítik. Ezeket a határokat részleteiben nem ismerjük, a hatások ered-



57. ábra

ménye azonban az idő függvényében jelentkezik, ezért az idő szerepét ki kell domborítanunk.

Az 57. ábrán egy 22 éves, külsőleg is erősen megromlódott bauxitcementbeton cementkomponensének DTA felvételét mutatom be. (A betonadalek SiO_2 tartalma a DTA felvételeknél nem zavar.)

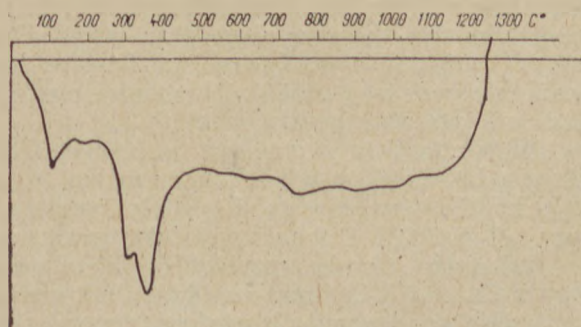
A görbe lefutása majdnem azonos, mint az 56. ábra DTA felvétele. A $C_3A \cdot 6H_2O$ keletkezése kétségtelen. A görbe még két érdekes jelenséget mutat. Az átalakulás 22 év után sem ment még teljesen végbe, továbbá az átalakulás olyan természetű, hogy annak során jelentékeny mennyiségű $Ca(OH)_2$ szabadul fel.

Ezzel értekezésem egyik legfontosabb eredményére is rá kívánok mutatni. A kalciumaluminátok, vagy az aluminátcementek hidratációját követő átalakulások végső terméke ugyanaz, mint az aluminátcementek hőkezelése során mesterségesen, gyorsítva előállított hidratációs termék. A vizsgálatok során az is bebizonyítható, hogy e végtermék a szabályos $C_3A \cdot 6H_2O$, mindkét termékben azonos.

Az említett komplex hatások közül a beton porozitásának, a cement, az adalekanyagok és a víz alkálitartalmának és végül a levegő CO_2 tartalmának együttes hatását kell kiemelnünk. A tapasztalatok szerint az aluminátcementek átalakulása porózus betonokban és általában betonokban sokkal nagyobb mérvű, mint tömör testekben, pl. tiszta cementhabarcsban, vagy akár szabványszilárdsági vizsgálatokra szolgáló rendkívül tömör próbatestekben. Lafuma is vizsgálta ezt a kérdést. Vizsgálatainak eredményét a 23. táblázat tartalmazza (38).

A szilárdság-visszaesés az 1 : 3 normál habarcsoknál igen nagy. A két próbatest viselkedésében fennálló különbség magyarázatát igen kézenfekvő a próbatestek eltérő tömörségében keresni. A laza szerkezet lehetővé teszi az átalakulás gyors lefolyását (amelyhez egyébként is hely szükséges), a szerkezet fellazulását, a $C_3A \cdot 6H_2O$ képződését, amelynek hidraulikus értéke egyébként is erősen vitatható.

Porózus betonoknál megvan a lehetőség, hogy a levegő CO_2 tartalma is kifejthesse korrodáló tevékenységét, különösen a cementben jelenlévő alká-

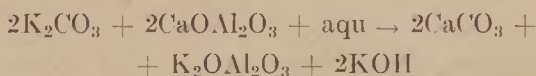


56. ábra

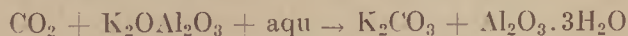
23. táblázat

Idő	18 C°-os nedves levogón		37 C°-os gőzfürdő	
	tiszta habarcs	1 : 3 n. habarcs	tiszta habarcs	1 : 3 n. habarcs
	nyomószilárdság kg/cm ²			
28 nap .	1000	860	660	580
	1030	900	700	630
	1040	950	720	620
3 hó ...	1290	920	920	325
	1100	940	925	440
	1145	965	1000	410
6 hó ...		910		270
		980		210
		1020		220

liák esetleg már a CO₂ hatására képződött alkál-karbonátok jelenlétében. A CO₂ és alkáliák hatására az alumíniumcementek hidratációja és szilárdulása során az alábbi reakciók mehetnek végbe (38, 39):

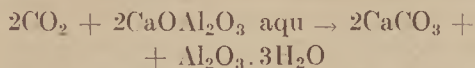


Az oldat alkálikoncentrációjának növekedésével az alumínium oldhatósága ugrásszerűen megemelkedik (5 g/l értéket is elérhet). Az oldatban lévő K₂O · Al₂O₃ hat ezután a felület közvetlen közelében, vagy a porózus beton lyukacsában a levegő CO₂ tartalma, az előbbi egyenlet értelmében:



Az alkál karbonát ily módon teljes egészében regenerálódik, újból reagál a kalciumalumináttal és a tényezők kedvezőtlen összejárása esetén az alumíniumcement teljes felbomlását eredményezheti. A folyamat során az alkál karbonát mintegy a katalizátor szerepét tölti be, mert a fenti két

egyenlet összetevése révén a következő egyenlet írható fel:



Ilyen megfontolások alapján vizsgáltam meg egy 1928-ból származó, teljesen felbomlott szerkezetű alumíniumcementbetont. A DTA felvétel az 58. ábrán látható. A felvételen nyoma sincs a C₃A · 6H₂O-nak, ellenben igen erős a CaCO₃ hőeffektusa. A bomlás tehát itt már jóval túl ment a C₃A · 6H₂O képződésén és feltehetően bekövetkezett a teljes felbomlás is, amit az is igazol, hogy jóformán az összes mészh CaCO₃ alakban van jelen.

A C₃A · 6H₂O-t tehát végső fokon nem tekinthetjük stabilnak. A stabil forma kétségtelenül a CaCO₃, illetve az Al₂O₃ hidrátja (valószínűleg Al(OH)₃, amelyből Al₂O₃ még geológiai viszonyok között sem keletkezhet).

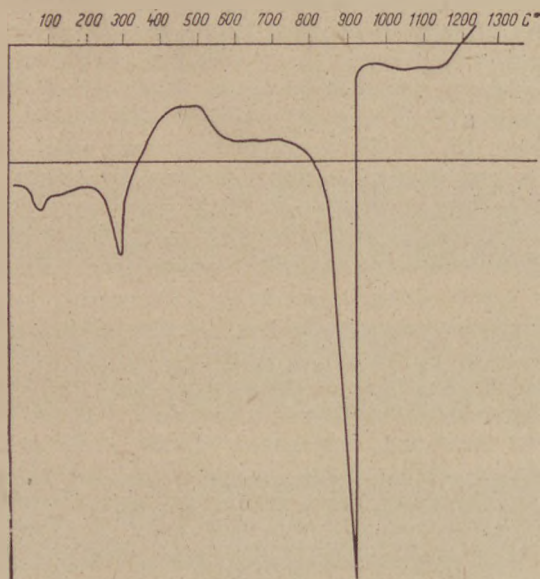
Az oldat összetételéről (A/C koncentráció) korábban már részletesen beszéltünk. Az A/C érték alapvetően megváltoztathatja a kezdetben keletkező kristályok kialakulását, de a későbbi átalakulásra már lényeges hatással nem lehet.

Végül azt a kérdést is fel lehet vetni, hogy tisztán fizikai tényezők (pl. ultrahang) előidézhetik-e már közönséges hőmérsékleten is az átalakulást. Ez a probléma is Lafumanál merült fel először (38). Lafuma leírja, hogy 1933—34-ben a Loire-on különleges gonddal építettek fel egy alumíniumcementbetonhidat. A betont minden évben vizsgálták. A beton szerkezetében semmi változást nem tapasztaltak. A hidat 1940-ben a háborús cselekmények során felrobbantották. A beton teljesen ép volt, 1943-ban azonban már jelentkeztek a felbomlás jelei. A beton szilárdsága teljesen leromlott. Röntgenvizsgálatok alapján megállapították a szabályos C₃A · 6H₂O jelenlétét is. Joggal tették fel a kérdést, nem a robbanási hullám adta-e az impulzust az átalakuláshoz.

Erre a kérdésre ma még senki sem tud választ adni. Abból kiindulva azonban, hogy a felbomlási jelenségek nem teljesen általánosak, hogy évtizedek múltával is találkozunk teljesen sértetlennek látszó, kitűnő szilárdságú betonnal, arra kell következtetnünk, hogy az átalakulás megakadályozásának a lehetősége fennáll annak ellenére, hogy termodinamikailag teljesen érthető ez az átalakulás: az instabil hexagonális alumínáthidrátoknak stabil szabályos alumínáthidrátokba való átmenetele.

A későbbi vizsgálatok során a vizsgálatokat ki kell terjeszteni valamennyi az átalakulást megindító vagy gyorsító termodinamikai faktorra is abból kiindulva, hogy e vizsgálatok végső céljának a hexagonális struktúra stabilizálása kell lenni. Ez egyébként a célja a világ minden részében most is folytatott vizsgálatoknak.

Felmerülhet az a gondolat is, nem volna-e helyes a hidratáció megindulásakor már a C₃A · 6H₂O képződésére törekedni. Eltekintve attól, hogy a C₃A · 6H₂O hidraulikus értéke igen kevés, az átalakulás törvényszerűségéből következik, hogy a C₃A · 6H₂O tiszta előállítása közönséges hőmérsékleten nem volna lehetséges. Elmondottuk azonban már, hogy emelkedő hőmérsékleten a



58. ábra

$C_3A \cdot 6H_2O$ stabilitási területe erősen kiszélesedik. Tiszta $C_3A \cdot 6H_2O$ előállítása csak magas, 40–60 °C fölé huzamos hőmérsékleten volna lehetséges. Ezen hőmérséklet fenntartása azonban az egyébként is igen kétes eredménye mellett gyakorlatilag kivihetetlen volna.

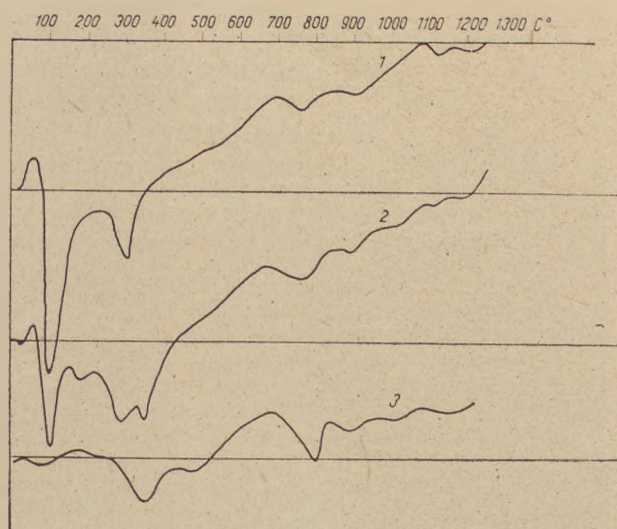
Az alumínátcementek hidratációjának tárgyalása során meg kell emlékeznünk az alumínátsalakok hidratációjáról. Itt rá szeretnék mutatni arra a vitára is, amely évek óta húzódik vasipari és cementipari szakemberek között. Vasipari szakemberek, akik az alumínátsalakoknak nagy-olvasztóban való előállítását kikísérletezték, az alumínátcementeknek bizonyos idő múlva bekövetkező szilárdságcsökkenését azok magas vasoxid tartalmával magyarázták. Szerintük az alumínátsalak, — amely igen kevés FeO -t tartalmaz — nem esik ezen törvényszerűség alá. A cementipari szakemberek ezzel szemben a szilárdságcsökkenést fizikó-kémiai okokban, ezen belül elsősorban a hidroaluminátok képződésében és ezek átalakulásában keresték.

Az 59. ábra a hidratált (1. görbe), a gőzkezelt (2. görbe) és az autoklávban gőzkezelt (3. görbe) alumínátsalak DTA felvételeit mutatja be.

A DTA görbék lefutása ugyanaz, mint az alumínátcementnél. Ugyanazok a hőeffektusok jelentkeznek a gőzkezelt és az autoklávban gőzkezelt alumínátsalakoknál is annak jeléül, hogy kötés és a szilárdulás során ugyanazok a kristályos termékek keletkeznek és ugyanazok az átalakulás törvényszerűségei is. Alumínátsalakoknál, amelyek vasat nem, vagy csak keveset tartalmaznak, nyilvánvaló, hogy ezek az átalakulások csak a hidroaluminátoknak az átalakulásai lehetnek.

Az a felfogás tehát, hogy az Fe_2O_3 okozza a hazai bauxitcement szilárdságának visszaesését, nem tartható. Ezt mi sem bizonyítja jobban, mint az, hogy az olvasztott alumínátcementek (Lafarge) és az ömlesztett alumínátsalakok (Rolandshütte), melyek Fe_2O_3 -t nem tartalmaznak, sem mentesek az átalakulástól. A szilárdságviszonyok ezeknél a cementeknél éppúgy megvan, mint a hazai, zsugorított, sok Fe_2O_3 -t tartalmazó bauxitcementeknél.

A vasoxid szerepét azonban pontosan nem ismerjük. Abból a jelenségből kiindulva, hogy az alumínátcementek átalakulásának kezdete rendszerint összeesik a beton elszíneződésével (olvasztott cementnél sárga, a hazai cementnél barna), igen sokan, sokáig azt gondolták, hogy e színváltozást kiváltó folyamat okozza a szilárdságviszonyok csökkenését. Előző fejtegetéseink során bebizonyítottuk, hogy ez nem így van. Mégis a színváltozást — a vasoxid oxidációját — kiváltó folyamat és az alumínátcementek átkristályosodása között igen szoros kapcsolatnak kell lenni. Valószínű olyan termodinamikai állapot áll be a hidratált-rendszerben, amelynek paraméterei kielégítik a vasoxid peroxidációjának és a hidroaluminátok átalakulásának egyébként több ismeretlent tartalmazó egyenletét. Arra a kérdésre, hogy a C_1AF hidratációja során keletkező $C_3A \cdot 6H_2O$ kristályok nem hordják-e magukban egy későbbi átalakulás lehetősé-



59. ábra

gét, vagy az átalakulás megindulásakor nem szerepelnek-e ezek mint valamilyen katalizátorok, ma még nem tudunk választ adni.

IRODALOM

- (1) H. Lafuma: Quelques Aspects de la Physico-chimie des Ciments alumineux. 1952.
- (2) Dr. Makray Imre: A hidraulikus kötőanyagok (Mérnöki Továbbképző Intézet XII. köt. II. füz.) 1942.
- (3) Dr. H. Kühl: Zementchemie II. köt.
- (4) Vadász Elemér: Bauxitföldtan.
- (5) Nemetz Ernő: Szilikátásványok és azok teleptana.
- (6) Nemetz Ernő: A bauxit vasásványai (Földtani Közlöny 1953. 10–12. sz.).
- (7) Dr. Földvári Aladár: Nézsai és iszkaszentgyörgyi bauxitszelvények (Földtani Közlöny 1953. 4–6. sz.).
- (8) Dr. Gedeon Tihamér: A nézsai bauxit vizsgálata Habicht készülékkel (Földtani Közlöny 1953. 4–6. sz.).
- (9) Dr. Gedeon Tihamér: A bauxit összetétele és használhatósága. (Földtani Közlöny 1954. 3. sz.).
- (10) Fred Ordway: Tricalcium aluminate (Londoni Cementkongresszus 1952. kiadványa).
- (11) N. Jannaquis: X Ray studies of some calcium aluminates. (Londoni Cementkongresszus 1952. kiadványa).
- (12) Dr. H. Kühl: Zementchemie II. köt.
- (13) Dr. S. Solacolu: Röntgenographische und mikroskopische Untersuchungen über die Konstitution der Zemente. (Zement 1933. 23. sz.).
- (14) Dr. H. Kühl: Zementchemie II. köt.
- (15) Jersztropjer—Toropov: A kvarc kémiája.
- (16) J. Dreyfus: La chimie des ciments II.
- (17) T. W. Parker: The constitution of aluminous cements. (Londoni Cementkongresszus 1952. kiadványa).
- (18) Mrs. L. Heller: (Londoni Cementkongresszus 1952. kiadványa).
- (19) F. P. Hall and Herbert Insley: Phase Diagrams for Ceramits.
- (20) Dr. H. Kühl: Zementchemie II. köt.
- (21) G. Malquori and V. Cirili: The ferrite fase. (Londoni Cementkongresszus 1952. kiadványa).
- (22) Jersztropjer—Toropov: A kvarc kémiája.
- (23) Dr. H. Kühl: Zementchemie II. köt.
- (24) Dr. S. Solacolu: Röntgenographische und mikroskopische Untersuchungen über die Konstitution der Zemente. (Zement, 1933. 23. sz.).
- (25) Dr. H. Kühl: Zementchemie II. köt.
- (26) H. Bederlunger: Herstellung von Tonerde Schmelz-zement. (Radex Rundschau 1955.).
- (27) E. Reiller: Die Herstellung des Tonerdezements

- im Hochofen. (Techn. Blätter, Wochenschrift zur Deutschen Bergwerks-Zeitung 1935.).
- (28) *Ványovszky László*: Nyersvasgyártás nagyolvasztóban, alumíniumoxidcement összetételű salak-képzés mellett.
- (29) *Dr. H. Kühl*: Zementchemie II. köt.
- (30) *G. Assarson*: Die Entstehungsbedingungen der hydratischen Verbindungen im System $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O}$ (flüssig) und die Hydratisierung der Anhydro-Kalziumaluminat. 1936. (Referatkartei der Silikat-literatur).
- (31) *Dr. H. Kühl*: Zementchemie III. B.
- (32) *Dr. H. Kühl*: Zementchemie II. B.
- (33) *Eiger*: Un nouveau ferrite de chaux hydraté (Revue des Matériaux 1937.).
- (34) *I. D'Ans und H. Eick*: Das System $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O}$ bei 20 °C und das Erhärten der Tonerde-zemente. (Zement-Kalk-Gips 1953. 6. sz.).
- (35) *A. Rehuffat*: Essais critiques sur les aluminates de calcium et les ciments alumineux. (Revue des Matériaux 1951. 424, 430, 433. sz.).
- (36) *I. Dreyfus*: La chimie des ciments II.
- (37) *Dr. H. Kühl*: Zementchemie III. B.
- (38) *A. Lafuma*: Quelques Aspects de la Physico-chimie des ciments alumineux (1952).
- (39) *E. Rengede, P. L'Hopitalier, P. Durand de Fontmagne*: Die Ursachen für gewisse Korrosionserscheinungen an Tonerdezementbeton (1936).
- (40) *Dr. Mihailich Győző*: A meleg befolyása a bauxit-cementbeton szilárdságára.
- (41) *Gáspár Géza*: Kóros hatások a betonra (Mérnöki Továbbképző Intézet kiadványa, 1942.).
- (42) *Hussey A. V.—Robson T. D.*: High-Alumina Cement as a Constructional Material in the Chemical Industry.
- (43) *V. N. Jung*: Mész- és Cementipari technológia.
- (44) *Dr. Erdey László*: Differenciáltermogravimetria.
- (45) *Dr. Varga József*: Alumínatschonelszemente aus ungarischen Bauxiten.

Betonok szerkezetének új vizsgálati módszerei

BLUM GÁBOR

A római építészeti emlékek, a hidak, vízvezetékek maradványai tanuskodnak róla, hogy a betont nem a mi korunkban alkalmazták először.

A beton mégis a legkorszerűbb építőanyagok egyike és azok, akik a betont a jelenkor építőanyagává tették olyan úttörők, akik szinte belátatlanul lehetőségeket nyújtó új építési technika kifejlődését indították el.

A fejlődés útján az első lépés a klinkercement feltalálása, a második a vasbeton alkalmazása volt. Eleinte a beton fogalmát a cementtel, homokkal és kavicssal készült anyag meríti ki. A fejlődés azonban nem állt itt meg, hanem a szükséglet növekedésének hatására sokféle nyersanyag használatához vezetett. Ma többek közt kazánpernye, kazán- és kohósalak, égetett mész felhasználásával is készítenek betont. A következőkben betonon nemcsak a cementbetont értjük, hanem mindazokat a mesterséges építőanyagokat, amelyek porszerű, vagy szemcsés, szilárd anyagoknak folyadékkal — elsősorban vízzel — való összekeverése útján keletkeznek a meginduló kristálykémiai folyamat következtében előálló megszilárdulás folytán.

E helyen azokra a vizsgálati módszerekre kívánunk rámutatni, amelyekkel elméletünk szerint a kristálykémiai folyamatok megfigyelhetők és megvilágíthatók, amelyekkel megállapítható a szóbanforgó folyamatok hatása a képződő új anyagok tulajdonságaira. Ezekkel a módszerekkel végrehajtott kutatások alapján következtetni akarunk arra, hogy a kristályos anyagszerkezet, a kristályok különböző csoportosulása milyen eljárásokkal, eszközökkel, anyagokkal — gyűjtő néven „kezeléssel“ — módosítható. Elméletünk szerint ugyanis a betonok különböző fizikai tulajdonságai — pl. szilárdság, vegyi és mechanikai hatásokkal szembeni ellenállóképesség, térfogatállandóság, vízhatlanság, stb. — a fémötvözetekhez hasonlóan nagymértékben a kristályalakzatoktól, kristálycsoportosulásoktól, a kristályos és

amorf részecskecsoportok egymásközti elhelyezkedésétől függ. Ezek a tényezők céltudatos „kezeléssel“ előre meghatározott irányban módosíthatók, illetve fejleszthetők.

A fémötvözetekkel meglevő hasonlóságra támaszkodva — amelyet már Mendelejev is felismert (1), — a vizsgálati és kezelési módszereknek is hasonlóknak kell lenniök azokhoz, amelyekkel a fémötvözeteknél korszakalkotó eredményeket érttek el. A fémötvöztés alig száz évvel ezelőtt tapasztalati ismereteken nyugvó mesterség volt, amelynek „receptjei“ apáról fiúra szálltak. Nagyszámú szakítási próba alapján iparkodtak jobb ötvöztési arányokat megállapítani, ami néhány esetben a véletlen segítségével sikerült is. Az előállított ötvözetek kedvező tulajdonságainak okát azonban megmagyarázni nem tudták. Ez csak akkor sikerült, amikor fizikai vizsgálati módszereket alkalmaztak, mint amilyenek az X sugarakkal történő, a polarografos, a spektrografikus, főleg pedig a mikroszkópus, (újabbban elektronmikroszkópos) vizsgálatok. Ezek a módszerek megadták a tünetények tudományos magyarázatát és olyan eljárások kidolgozására vezettek, amelyekkel lehetséges volt előre „megtervezett“ tulajdonságú ötvözetek előállítása. Sikerült kimutatni, mi okozza, hogy teljesen azonos vegyi összetétel esetén is a fémötvözeteknek különböző hőkezelés után eltérőek a fizikai (mágneses, villamos vezetőképességi, szilárdsági, stb.) tulajdonságai. Megállapították, hogy az okot az ötvöztet alkotó kristályképződmények, a kristályok által képzett szemcsék kialakulásának, továbbá a szemcsék csoportosulásának — gyűjtő néven a „szövet-szerkezet“ — különbözőségében kell keresni. A továbbiak során tervszerű kutatással rájöttek, hogy melyek azok a kritikus hőmérsékletek, amelyeknél a szövetszerkezet megváltozása megkezdődik, illetve nagyobb mértékűvé válik; milyen eszközökkel (hőkezeléssel, ötvöző anyagok hozzáadásával, stb.) lehet ezt a változást gyorsítani,



1. ábra. Kereskedelmi klinker csiszolt metszete, 1200-as nagyításban, Le Cour Grandmaison felvétele, Bogue: The Chemistry of Portlandcement című könyvéből. A jól kialakult kristályok $(CaO)_3 SiO_2$ a szabálytalan kristályok $(CaO)_2 SiO_3$, a szürke terület $(CaO)_3 Al_2O_3$, a fehér terület $(CaO)_1 Al_2O_3 Fe_2O_3$



2. ábra. Szilíciumdús nyersvas 200-as nagyításban. Rejtő felvétele a Fémek technológiája című könyvből. (4) A hamvasszürke sokszögű lapok: vasszilicid, a fehér alap szilíciumos ferrit, a sötét részek grafit



3. ábra. 28 napig hidratált cementpép úgy maratva, hogy a $CaO(OH)_2$ kristályok kiemelkedjenek. Ezek sötét foltként jelentkeznek. 220-as nagyítás. Brownmüller felvétele Bogue: The Chemistry of Portlandcement c. könyvből

lassítani, megakasztani, tehát a kívánt eredménynek megfelelően irányítani. Kimutatták, hogy pl. a vas-szén ötvözetek legkeményebb szövetelemének, a cementitnek (2) a bomlását szilícium adagolása gyorsítja, mangán hozzáadása megakasztja, és megakasztja a bomlást a hirtelen lehűtés is (edzés). Megtalálták annak az évszázadok óta ismert tűneménynek okát is, hogy ha céltárgyat valamilyen szénttartalmú anyaggal

körülvéve hevítenek, akkor annak felülete keményebb lesz (cementálás).

A fémötvözetek és betonok szövetszerkezetének hasonlóságát néhány mikroszkopikus felvétel egymás mellé helyezésével kívánjuk alátámasztani.

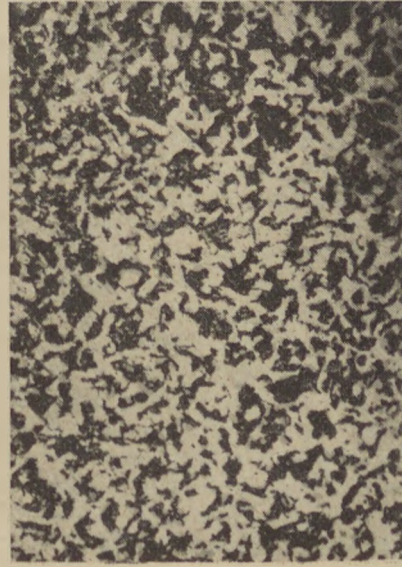
Bár az 1. és 2. ábrán egymás mellett bemutatott anyagminták összehasonlítását kissé zavarja a nagyítások különböző mértéke, így is



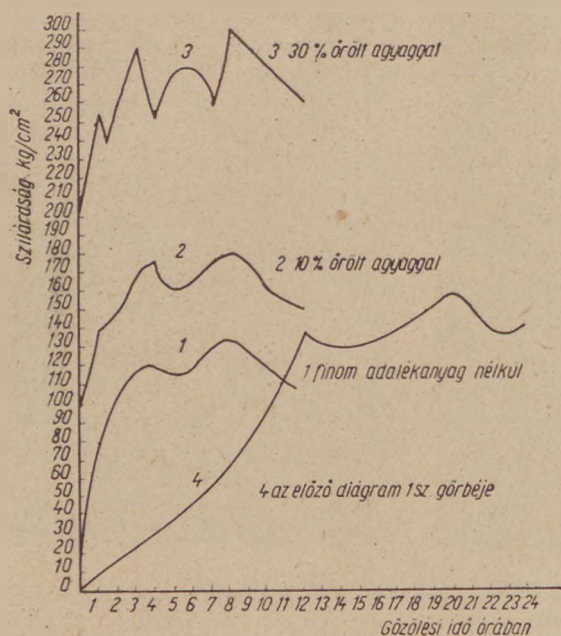
4. ábra. 0,9% C tartalmú eutektoidos ötvözet gyorsan hűtve, majd 500–600 Celsiusus fokon kilágyítva. Szerkezete szemecskés perlit. 200-as nagyítás. Rejtő felvétele (4)



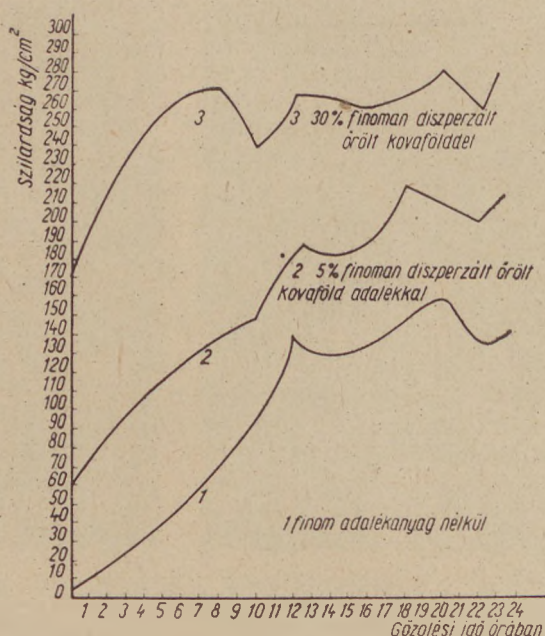
5. ábra. Három napig hidratált cementpép, 450-es nagyítás, Ward felvétele. Bogue: The Chemistry of Portlandcement



6. ábra. 0,87 tartalmú hipoeutektoidos ötvözet lassan hűtve. A fehér anyag ferrit szemecskékből áll, amelyek a perlitet közbezárnak. 200-as nagyítás. Rejtő: A fémek technológiája



7. ábra



8. ábra

szembeötlő a szemcsék csoportosulásának hasonlósága. Megállapítható továbbá az is, hogy a vas szövetszerkezete egyáltalán nem finomabb eloszlású, mint a cementpépé.

A 3. és 4. ábra nagyítási mértéke körülbelül egyforma, ezért a szövetszerkezet hasonlósága is szembeötlőbb.

A következő képekben ismét kiütközik a nagyítás mértékében fennálló különbség, ennek ellenére ezeknél a felvételeknél is látszik a szemcsék csoportosulásának hasonlósága és az, hogy a vasanyag szemcseeloszlása nem finomabb a cementanyagénál.

A közölt szövetszerkezeti képek hasonlósága mellett sok más tünet is igazolja a hasonló vizsgálati módszerek alkalmazhatóságát. Pl.: az ún. Okrat eljárással (3) kezelt beton felülete lényegesen keményebbé és vegyi hatásokkal szemben ellenállóbbá válik. Ez a tünet nagyon hasonlít az acélnak gázokkal való cementálásakor lejátszódó folyamathoz (2). Ide sorolhatjuk az állapotábrák hasonlóságát, továbbá erre mutat az a körülmény is, hogy a különböző hőkezelés nemcsak a fém-ötvözetek, hanem a betonok szövetszerkezetében is különbséget okoz, akkor is, ha azok vegyi összetétele azonos.

Az utóbbi körülmény világosan kitűnik a 7. és 8. ábrából.

A 7. és 8. ábrán látható diagramokat az Észt Sz. Sz. K. építőanyagipari minisztériuma talini kísérleti üzemének munkatársai határozták meg. Őrlött égetett mészkötőanyaggal és kvarchomok adalékanyaggal készült betonra vonatkoznak. Belőlük az alábbi fontos következtetések vonhatók le: a hőkezelés egy meghatározott (kritikus) időpontjában a szövetszerkezet kialakulása kedvező és ezért a szilárdság maximumot ér el. További hőkezelés folytán nyilván átkristályosodás következik be, mert a szilárdság csökken. A hőkezelés továbbfolytatása a szilárdság újabb maxi-

mumait és süllyedéseit idézi elő. A diagramok azt is megmutatják, hogy 8 atmoszférán történő hőkezelés esetén a szövetszerkezet kialakulása lassúbb és kedvezőtlenebb, mint 16 atmoszférán. Világosan látható végül, hogy a kristályos szövetszerkezet kialakulását kedvezően befolyásolja az anyagok specifikus felületét növelő adalékanyag hozzáadása. Ebből az utóbbi körülményből két fontos következtetést vonhatunk le: a) a szövetszerkezet alakulása, — akár a fémötvözeteké, — bizonyos anyagok hozzáadásával módosítható; b) a betonok kötését és megszilárdulását előidéző vegyi folyamatokban az adalékanyagok is részt vesznek. Nem érvényes tehát az a régebbi elmélet, amely szerint az adalékanyag semleges töltőanyag, amely nem vesz részt a kötőanyag és víz hozzáadása után meginduló vegyi folyamatokban (6). Véleményünk szerint az adalékanyagok tömegük túlnyomó részében változtatlanul maradnak ugyan, de felületükön reakcióba lépnek a környező anyagokkal. Ennek következtében a határfelületeken vékony hártva keletkezik, amennyek kristályai sem az adalékanyag, sem a kötőanyag kristályaival nem azonos szerkezetűek és helyzetűek. Ha ezek a különböző szerkezetű és helyzetű kristályok kémiai és fizikai hatásokra egymás felé nőnek, behatolnak a szomszédos rendezett kristályrácsokba, miáltal a két rendezett kristályrács között fokozatos átmenet alakul ki, amelyben az egyik szemcse kristályrácsa folyamatosan átmegy a szomszédos másik szemcse kristályrácsába. Ez az átmeneti kristályrács nem rendezett, hanem elhajlott, torzult, ezért az átmeneti rétegek merevebbek és ridegebbek, mint az adalékanyag belsejében levő szabályosan elrendezett atomrétegek. Ezek az eredeti helyzetükből eltérített, feszített és átrendeződött határrétegek, amelyek az adalékanyag felületén lejátszódó kémiai és fizikai folyamatok hatására, tehát az anyag aktivitása következtében jönnek létre, vegyészeti

eljárásokkal nem mutathatók ki (7, 8). Lehetséges, hogy a másodvibrálás e határretegek szétrombolásával ér el eredményeket. (Gordon szovjet kutató szerint (9) a megszilárdult betonban az adalékanyagon, a kötőanyagon, a fölös vízen és levegőn kívül még egy új képződmény is található. D. Boutet francia kutató szerint a beton nem tekinthető az adalékanyag és kötőanyag egyszerű keverékének, amelyben az összetevők mindegyike eredeti sajátosságának megfelelő szerepet visz, hanem olyan jellemző tulajdonságai vannak, amelyek bizonyos szempontból teljesen új anyaggá teszik (10). Fentieket bizonyítja I. Hint szovjet kutató megállapítása is (5), amely szerint azok az őrlési módok, amelyekkel az anyagot nagy specifikus felületű részecskékre hasítják, sokkal nagyobb szilárdságú betont adnak, mint azok, amelyek eredményeként az anyagszemcsék kisebb specifikus felületűek gömbölyded alakjuk miatt.

Ahogy a fémötvözetekre megállapították a „kezelés” okozta szövetszerkezeti változások és a fizikai tulajdonságok megváltozása közti összefüggéseket, így kellene nézetünk szerint a betonoknál is hasonló módszerekkel és megfontolásokkal megállapítani, hogy pl. milyen szövetszerkezeti változások okozzák az okrat eljárással elért eredményeket, vagy milyen a szövetszerkezet az adalékszemcsék felületén képződött határretekben, stb.

Természetesen figyelembe kell venni, hogy a betonok és fémötvözetek között a hasonlóságok mellett nagyon lényeges különbségek is vannak. A betonok bonyolultabb vegyi összetételűek, mint a fémötvözetek, ami nehezebbé teszi a tünetények egyöntetű magyarázatát és következtetések levonását. Ezzel szemben a betonoknál a folyamatok a fémötvözetekénél alacsonyabb, tehát jobban hozzáférhető hőmérsékleti határok közt, és hosszabb időtartamon belül mennek végbe, ezért könnyebben lehet őket figyelemmel kísérni. A különbségek tehát nem indokolják a fémötvözetek vizsgálatainak nagyszemű eredményei mellett a betonoknál meglevő elmaradottságot. Ez a kutatás irányával és az elgondolások különbözőségével magyarázható.

A betonkutatásban is alkalmaztak fizikai eljárásokat, mikroszkópot, villamos ellenállásméréseket, stb. és ezekkel a vizsgálatokkal igen érdekes részleteredményeket értek el: megállapították pl. hogy a hidratizált cement milyen alkotórészekből áll, milyen alakúak, színűek, átlátszóságúak, törésűek a kristályok, meghatározták a villamos vezetőképesség és a vízcement-

tényező közti összefüggést (11), stb. Ezek a részleteredmények igen értékesek, sőt szükségesek a további kutatáshoz, mert hozzásegítenek bennünket ahhoz, hogy a szövetszerkezet elemeit felismerjük. Nem nyújtanak azonban olyan összefüggő megállapításokat, amelyek az iparnak útmutatást adnának, és amelyek alapján a gyártás fejlődése a kutatás által előre meghatározott irányba fordulhatna. Nézetünk szerint ennek oka az, hogy a vizsgálatok csupán kis részletekre irányultak (különösen vonatkozik ez az elektronmikroszkóppal végzett kísérletekre). Nem vizsgálták azt, hogy a kristályképződmények közti összefüggések, a kristálycsoportosulások, tehát az anyag szövetszerkezete milyen hatással van annak tulajdonságaira és hogyan, milyen „kezeléssel” módosíthatók ezek a hatások. Ebben az irányban kellene a kutatásokat kiterjeszteni hasonlóan ahhoz, amint ez a fémötvözeteknél történt.

IRODALOM

- (1) M. A. Bezborodow: Der Beitrag der Russischen und Sovjetischen Forscher zur Entwicklung der Chemie und Technologie der Silikate. Silikatechnik Jg. 6. 1955. Heft. 12. Dez.
- (2) A cementit (vaskarbid) az acél és a fehér nyersvas keménységét előidéző alkotórész. A szén-vasötvözet lassú lehűlésekor szénre és vasra bomlik. Hirtelen lehűlés esetén nem bomlik fel, illetve csak részben. Ezért a hirtelen hűtött acél kemény (edzés). A cementáláskor az acél felületi rétegeibe hatoló atomos szén a vassal cementitet képez és így a felület keménységét növeli.
- (3) A Baarn-i Ocriet művekben más irányú kísérlet közben véletlenül rájöttek arra, hogy a beton felülete autoklavban 4 att. nyomáson SiF_4 -gyel (siliciumtetrafluorid) kezelve 4—5 cm mélységig keményebbé és savak hatásával szemben ellenállóbbá válik. Ez a kezelés az okrat eljárás.
- (4) Rejtő Sándor: Az elméleti mechanikai technológia alapelvei és a fémek technológiája. I. kötet.
- (5) I. Hint—Sz. Krzsebinszkij: Zadovszkoje proizvodstvo szilikatnoj izgyelj. Intenzifikacija processza autoklavnovo tvergyenije. Sztoitjelnij Matyeriali 1955. évi 3. sz.
- (6) Prosz: Általános és szerves kémia I. rész. Műegyetemi jegyzet 1950.
- (7) Dr. H. Müller: Mikroszkópos szemecsmérés. (Nehézipari Könyv- és Lapkiadó 1954.).
- (8) W. Gurtler: Einführung in die Metallkunde I. Folge. (Leipzig 1954.).
- (9) Gordon: Puti Indusztralizacii Betonnich Rabot (Mechanizacija Sztoitjyeltszva 1950. évi 4. sz.).
- (10) D. Boutet: Réflexion sur les betons en général et sur les betons de ciment en particulier. (Travaux 1950. január).
- (11) Az Építéstudományi Intézet laboratóriumában Náray-Szabó és Szuk Géza kimutatták, hogy a beton villamos ellenállóképességének görbéje a legkedvezőbb vízcementtényezőnek megfelelő helyen inflexziós pontot mutat.

Új technológiai berendezések a cementgyárak részére*

NIKULIN K. V.—LURJE JU.

A legutóbbi tíz év folyamán a főberendezés, amelynek alapján az új cementgyárakat építettek és a már üzemben levő cementgyárakat kibővítették, a napi 500, illetve 300 tonna cementklinker teljesítményt biztosító 150 és 118 m. hosszúságú forgókemencék és 26, illetve 16 tonna óraterjesztményű cementmalmok voltak.

Az említett berendezések alkalmazása komoly lépést jelentett a hazai cementipar technikai felszerelése tekintetében. Ismeretes, hogy a cementipar teljesítette az ötödik ötéves tervben előírt feladatokat.

A legutóbbi években számos intézkedést fogantatosítottak a berendezések, nevezetesen a 150 m-es kemencék technikai tökéletesítése tekintetében. Így pl. a kemence szegecselt dobját egy behegesztett dobbal helyettesítették; megváltoztatták a futógyűrűk szerkezetét és illesztési módszerét. A forgókemencéket elektromos szűrőkkel, a cementmalmok egy részét szélosztályozókkal látták el. Az iszap tárolására szolgáló négyzetes szelvényű tartályokat tökéletesebb szerkezetű hengeres tartályokkal helyettesítették. Más típusú kompresszorokat vezettek be. Megváltoztatták és megjavították távirányításra, reteszelésre, automatikus ellenőrzésre szolgáló sémákat és készülékeket stb.

Ezek a változások azonban nem érintették a berendezés alapvető technikai paramétereit. Így pl. a kemencék külméretei és teljesítményük a régi maradt.

Az évi 450 ezer tonna teljesítményű ily berendezésekkel rendelkező cementgyárak építésekor az üzem technológiai vázlatára és tervezésére vonatkozó kérdéseket kielégítően oldották meg. Nagyobb üzemek építései azonban már felmerültek a belső anyagmozgatás tervezésében és a raktárgazdálkodás megszervezésében az ismert nehézségek. Jelenleg azonban, midőn a párt XX. kongresszusának irányelveivel kapcsolatban nagyobb — 1 millió tonna és ezt meghaladó — teljesítményű cementgyárakat kell létesítenünk abból a célból, hogy az 1960 évi 55 millió tonna cementtermelést előíró feladatot teljesíthessük, a legutóbbi időkig használt berendezések teljesítménye nem elegendő. Így pl. az 1 millió tonna teljesítményű üzemben öt 150 m-es forgókemencét és 12–13 nyersanyag és cementmalmot kellene beállítani. A technológiai berendezés egységeinek ilyen nagy száma megköveteli a termelőterületek és az épületek térfogatának növelését, a belső anyagmozgatás sémájának fejlesztését és az üzemi dolgozók létszámának viszonylagos csökkentését.

A hazai cementgyárak üzembentartási tapasztalatának, valamint számos külföldi ország cementiparának gondos tanulmányozása azt mutatta, hogy az 1 millió tonna teljesítményű cementgyárakra vonatkozó üzemi kérdések kielégítő megoldását csak nagyobb teljesítőképességű beren-

dezések alkalmazása útján érhetjük el. Magától érthetően a cementgyárak újszerű berendezésének alkalmazására vonatkozó kérdés kidolgozásakor számításba kell venni a tudomány és technika gyakorlatban bevált valamennyi korszerű vívmányát.

A Szovjetunió Építőanyagipari Minisztériumában üzemi dolgozók, tervezők, szerkesztők és tudósok részvételével kidolgozták a cementgyárak újtípusú berendezésének technikai paramétereit és szerkezeteit. Gyakorlatilag megoldották a berendezések gyártására vonatkozó kérdéseket és 1957-től kezdődően az új gyárak építését és a már működő üzemek kibővítését az új berendezések felhasználásával fogják végezni. A régi berendezések gyártása 1956-ban megszűnik.

Technológiai vázlat. Gondosan tanulmányozták a cementgyártás nedves és száraz eljárására vonatkozó kérdést. A kérdés tanulmányozásának eredményeképpen megállapították, hogy kénytelen az egyik módszert a másikkal szembeállítani.

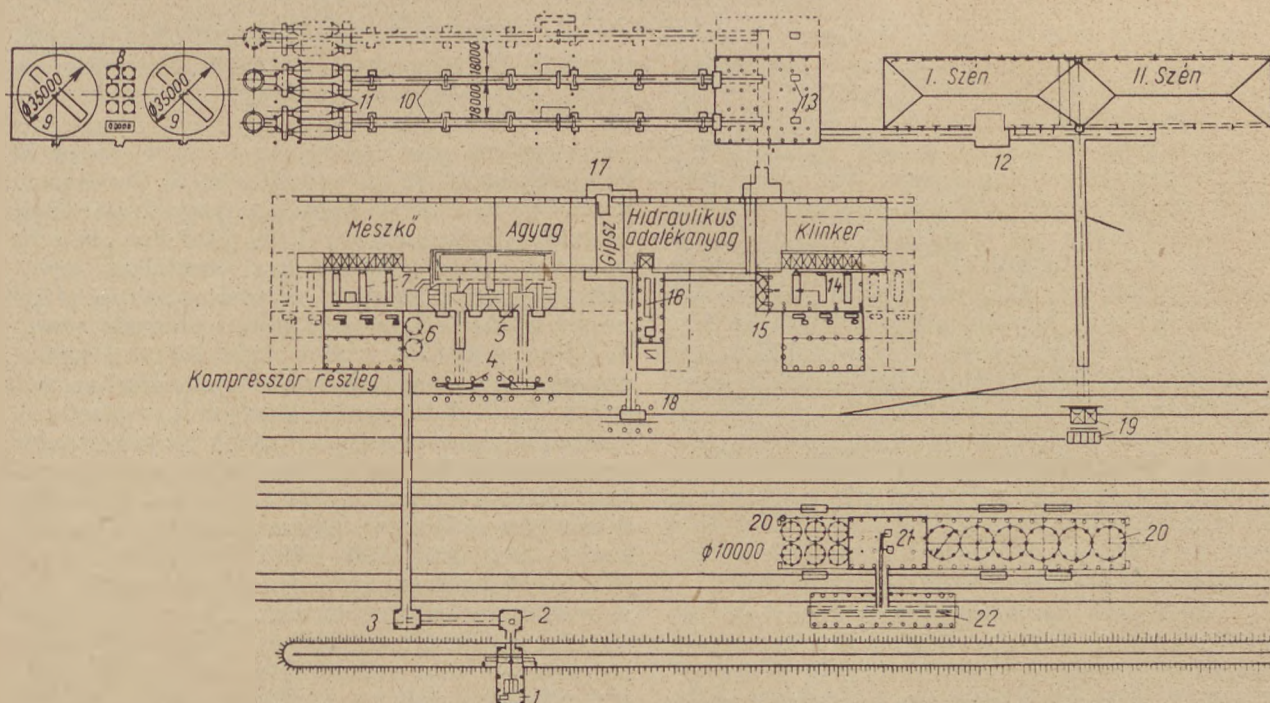
A gyártási eljárást mindenkor az adott feltételeknek megfelelően kell meghatározni. A gyár-bővítés, illetve telepítés körzetében rendelkezésre álló nyersanyag és tüzelőanyag tulajdonságai határozzák meg, hogy a hatodik ötéves terv egyes létesítményeinél a száraz vagy nedves eljárás tekinthető-e előnyösebbnek. Ugyanekkor a nedves eljárás nem tekinthető kizárólagosnak, amint az eddig történt. Számos esetben, midőn a nyersanyag fizikai-kémiai jellemzői bizonyos követelményeknek megfelelnek, előnyösebb száraz eljárással dolgozó gyárakat építeni. Ezért a berendezések összetételében, amelyeket a cementipar részére gyártunk, előfordulnak mind a nedves, mind a száraz gyártási eljárásra szolgáló aggregátumok.

Bármilyen gyártási módszer részére szolgáló berendezéssel szemben azt az általános követelményt kell támasztani, hogy a tüzelőanyag fogyasztását a legnagyobb mértékben csökkenthessük. Végeredményben a kérdés lényege nem abból áll, hogy tulajdonképpen mennyi tüzelőanyagot használtunk fel a klinker égetésére magára, hanem, hogy mennyit tesz ki 1 tonna kész cement gyártásához szükséges tüzelőanyag összmenyisége.

Aknakemencéket kell alkalmaznunk helyi tüzelőanyagok — antracit, kokszhulladékok — előfordulása esetében, vagy pedig azokban az esetekben, midőn a nyersanyag komponensek egyike más iparágazat hulladéka, amely agyagos komponensen kívül szén is tartalmaz, mivel ez lehetővé teszi, hogy csökkentjük a klinker előállításához szükséges hőmennyiséget. Így pl. a palakokszból (a pala lepárló üzemek hulladéka) és mészkőből nyerendő klinker égetéséhez az aknakemencékben csak 350–400 kcal. hőmennyiség szükséges, azaz két és félszer kevesebb, mint a közönséges égetéskor.

Meg kell még jegyeznünk, hogy az aknakemencék a legutóbbi időben nem nagyon terjedtek el a külföldön, ideszámítva a Német Szövet-

* A „Cement” 1950. 2. számában megjelent cikk fordítása.



1. ábra. 2—3 4,5×170 m-es forgókemencével ellátott cementgyár megközelítő vázlata

1. A nyersanyag előtörése. 2. másodlagos aprítás 3. osztályozás és harmadlagos aprítás 4. agyagadagoló berendezés 5. agyagiszapoló 6. agyagiszaptartályok 7. nyers agyagmalmok 8. függőleges iszaptartályok 9. vízszintes iszaptartályok 10. forgókemence 11. kemence elektromosszűrő 12. széntörőgép 13. szénmalmok 14. cementmalmok 15. szeparatók 16. a lebegő állapotban lévő salak szárítása 17. a gipsz és adalékanyagok aprítása 18. pórekocsi kiürítő 19. kocsiürítő 20. cementsilók 21. csomagoló részleg 22. a tárolt cement rakodója

I. szén, II. szén, mésző, agyag ö. salakok, hidraulikus adalékanyagok, klinker, kompresszor részleg

ségi Köztársaságot is, ahol a folyamat fokozatosan arra irányul, hogy az aknakemencéket kicseréljék a száraz gyártási eljárásra szolgáló nagyobb teljesítményű Lepol-típusú kemencékre. Ezekkel a megfontolásokkal magyarázhatjuk azt a tényt is, hogy ezeknek új berendezések nomenklatúrájába három típusú égetőberendezés tartozik és pedig: nedves eljárású forgókemencék, száraz-eljárású konvektoros kalcinátorokkal ellátott kemencék és aknakemencék.

A technológiai sémára vonatkozó kérdéseket az évi 1 millió tonna teljesítményű üzemeket illetően oldották meg. Abból a célból, hogy csökkentsék az épületek beépített területét, egyszerűsítik a belső anyagmozgatást és oly megoldást dolgoztak ki, amellyel az ilyen teljesítményű üzem két technológiai vonallal látták el. Számításba vették továbbá azt a lehetőséget is, hogy az üzem harmadik technológiai vonal alkalmazása útján kibővíthessék.

A nedves gyártási eljárású forgókemencékkel ellátott ilyen üzem megközelítő vázlatát az 1. ábrán mutatjuk be.

Klinkerégető kemencék. A nedves gyártási eljárással dolgozó cementgyárak főaggregátumai az óránként 50 tonna teljesítményű 4,5×710 m méretű és az óránként 35 tonna teljesítményű 4,0×150 m méretű kemencék. A kemencék átmérője egész hosszukban azonos. A gyakorlati és irodalmi adatokból kitűnik, hogy a kemence-átmérő csökkentése a kalcináló zónában nem nyújt semmiféle lényegesebb előnyt hőtechnikai szempontból. A hegesztett kemencedobot egyes övek-ből készítik. A 150 m-es kemencéket a jelenleg

működésben levő kemencéknél található 9 alátámasztás helyett 7 alátámasztással látják el. Az égető zónában nem alkalmaznak alátámasztást, hanem a dob vastagsága ebben a zónában 32—36 mm-t is elér és az egész zónát vízzel hűtik. A derékszerű keresztmetszetű futógyűrűket 50—60 mm lemezvastagságú különleges abroncsokra szerelik. Ugyanilyen abroncsokat helyeznek el a fogaskoszorú alatt is. Az ilyen abroncsok alkalmazása nagyon célszerű, mivel ezzel fokozzák a kemencedob szilárdságát ami az igen nagy átmérőjű (4,0—4,5 m) kemencéknél különösen fontos a belső tartóssága tekintetében.

Abból a célból, hogy a 170 m hosszú kemencék egyenletes üzemét biztosítsák, kettős meghajtást alkalmaznak azaz egy fogaskoszorút és a két koszorúalatti hajtókereket reduktorral és villamos motorral. A 150 m-es kemencénél megmarad az egyszerű meghajtás. A támaszgörgők és a meghajtás szerkezete lehetőséget nyújt ahhoz, hogy a kemencét épületen kívül állítsák fel.

A tüzelőanyag és nyersanyagfogyasztás csökkentése céljából a kemence szárítási zónájában láncfüggönyöket, fém hőkicszerelőket, valamint szűrő előmelegítőket szereltek fel. A kalcináló zóna belső hőszigetelését különleges tűzállóanyagokkal valósítják meg. A klinkernek 50—60°-ra történő hűtése céljából a kemencén rostélyos hűtőberendezést szereltek fel. Ezenkívül a lehűtött klinker aprítása céljából a hűtőberendezést törőgéppel látták el.

A távozó kemencegázokat három-terű vízszintes elektromos szűrőkben tisztítják, a felfogott port pedig a kemencefejen keresztül vagy

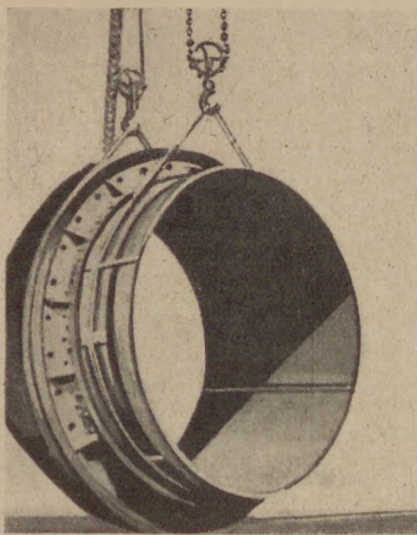
a láncfüggöny mögött irányítják vissza. Az elektromos szűrő belső felületének és az elektródáknak melegítése céljából különleges tüzelőberendezést szerelnek fel. A ciklon felszerelését az elektromos szűrők előtt nem tartjuk racionálisnak, mivel ez megközelítőleg 70 mm vízoszlop ellenállást idéz elő és jelentékeny mértékben fokozza az elektromos energia felhasználást.

Jelentékeny mértékben elterjedt a kemencéknek önműködő ellenőrző készülékkel történő ellátása. A huzat és a kemencegázok hőmérsékletének ellenőrzésére szolgáló, valamint a primer levő nyomását ellenőrző jelenleg használatos készülékeken kívül, továbbá CO_2 , O_2 és $\text{CO} - \text{H}_2$ gázelemzőkön kívül felszerelnek még a zsugorító zónában levő anyag hőmérsékletének, a kalcináló zónában levő gázok hőmérsékletének (a hőkicszerelő felszerelések előtt), a hűtőberendezés előtt és a kemence előtt levő levegő nyomásának és hőmérsékletének ellenőrzésére szolgáló készülékeket.

Ezenkívül oly készülékeket szerelnek fel, melyek automatikusan szabályozzák a kemencébe történő iszapadagolást, a tüzelőanyag és levegőadagolást, valamint a kemence forgási sebességét. Felszerelnek még iszap és levegőfogyasztást, valamint a kemence teljesítményét kimutató készülékeket is. A nedves gyártási eljárású kemencék helyesen megválasztott profilja, a kemencék felszerelése számos hőkicszerelő berendezéssel, a kemence aerodinamikus és hőtechnikáját szabályozó automatikus készülékek alkalmazása lehetővé teszi azt, hogy a távozó gázok hőmérsékletét 180° -ig csökkentsük és, hogy a hőszükségletet 36%-os nedvességtartalmú iszapnál 1350—1450 kcal/kg klinker értékre csökkentsük a 150 m-es forgókemencékkel felszerelt üzemekben jelenleg felhasznált 1600—1650 kcal helyett.

Azzal kapcsolatban, hogy a 4,5 m-es átmérőjű kemencék egydarabból álló futógyűrűinek és abroncsainak külméretei nem teszik lehetővé a vasúti szállítást, úgy tervezik, hogy ezeket két darabból készítik és az építési helyen hegesztik össze.

Csak a víziutak mentén tervezett üzemek



2. ábra. 1 m-es átmérőjű forgókemencék futógyűrűje

részére szállíthatnak egy darabból álló futógyűrűket és abroncsokat. A 2. ábrán láthatjuk, az abroncsos futógyűrűt, melyen a hegesztési varratok jól láthatók.

A száraz gyártási eljárással dolgozó üzemekben óránként 35 t teljesítményű, konvejoros kalcinátorral ellátott forgókemencék felszerelését tervezik. A konvejoros kalcinátorokon kétszer bocsátják át a gázokat. Ez lehetőséget nyújt ahhoz, hogy csökkentsük a porkiválást és javíthassuk a gázok hőkihasználását. A kemence mérete 4×60 m, a rostély méretei: $3,9 \times 25$ m. A nyersanyag granulációja a tányéros granulátorban játszódik le. A futógyűrűk, abroncsok, valamint a klinker hűtésére és a távozó gázok portalanítására szolgáló berendezés stb., hasonlóak a nedves gyártási eljárású kemencék berendezéséhez. A klinker égetéséhez szükséges hőmennyiség nem haladhatja meg az 1100—1200 kcal/kg-ot, ebből 900—1000 kcal az égetésre, míg 150—200 kcal a nyersanyag szárítására esik.

Az alábbiakban tüntetjük fel a külföldi cementgyárakban működésben levő nedves gyártási eljárással dolgozó forgókemencék maximális teljesítményére vonatkozó adatokat az 1956. évi állapot szerint: az USA-ban — két $3,65 \times 152,5$ m méretű kemence napi teljesítménye egyenként 730 tonna, a kemencéket 1951 és 1955-ben két működésben levő üzem kibővítésekor helyezték üzembe. Kanadában — $4,0 \times 3,5 \times 4,0 \times 125,5$ m méretű kemence, napi teljesítménye 740 tonna, egy új gyárban 1954-ben helyezték üzembe. Belgiumban — $4,5 \times 4,0 \times 4,5 \times 165$ mm méretű kemence, napi teljesítménye 1200 tonna, üzembe helyezték 1953-ban az obourgi gyár kibővítésekor. Franciaországban — $4,65 \times 3,75 \times 135$ m méretű kemence, napi teljesítménye 1020 tonna, 1950-ben helyezték üzembe a Cormey-ben levő gyár kibővítésekor.

Hollandiában két $4,0 \times 3,5 \times 4,2 \times 120$ m méretű kemence napi teljesítménye egyenként 700—850 tonna, a kemencéket 1951-ben helyezték üzembe a Maastricht-ben működő gyár kibővítésekor.

A forgókemencéket a bélelési munkák gépesítésére szolgáló készülékekkel látják el éspedig oly hídberendezéssel, melyek a tűzállóanyagot fel-emelik a tüzelőállásra és szalagos szállítóberendezésekkel, amelyek a tűzállóanyagot a kemence belsejébe adagolják. Ezeket a gépi berendezéseket az elhasznált belésnek a kemencéből történő eltávolítására is felhasználják.

Amint arra már rámutattunk, egyes esetekben 2,6—2,8 m átmérőjű, 8 m-ig terjedő magasságú és óránként 8—10 t teljesítményű akna-kemencéket is fognak alkalmazni. A hatodik öt-éves terv szerint ezeket a kemencéket 4—4 egységből álló telepekké építik. A nyersanyagot tányéros granulátorokban granulálják. A klinker kiürítése céljából lassan forgó rostélyokat és különleges háromszilipes záróberendezéseket alkalmaznak. A fúvók által keltendő nyomás eléri a 3000 mm vízoszlopot, a klinker égetésére szolgáló hőszükséglet 800—1000 kcal/kg klinker.

Örlőberendezések. A nedves gyártási eljárással dolgozó nagyteljesítményű forgókemencéknek

nyersanyagokkal való ellátása céljából rendelkezünk kell óránként 70—80 tonna teljesítményű őrő aggregátumokkal. Ilyenek tekinthetők 8 mm-es szemcseméretet meg nem haladó frakciókkal rendelkező szilárd nyersanyagok őrlésére szolgáló központi meghajtással ellátott $3,2 \times 15$ m méretű nyersanyag malom. A malom meghajtásához 1800—2000 kW teljesítményű villamos motor szükséges. A malomban közfalak helyett önosztályozó páncéllemezeket (3. ábra) alkalmaznak. A nyersanyagmalom előtt három tartályt állítanak fel a nyersanyag részére térfogat szerinti adagoló berendezéssel. Nézetünk szerint a nyersanyag adagolására nem kell súlyszerinti adagolókat felszerelnünk, mivel a továbbiakban az iszapot a kémiai összetétel szerint ellenőrzik és a malomból távozó anyag nedvességtartalmát az iszap folyóságát ellenőrző viszkoziméter adja meg. A malomnak azonos fizikai-kémiai tulajdonságokkal rendelkező iszappal történő folyamatos ellátásának biztosítása céljából 5—6 ezer m^3 befogadóképességű 35 m átmérőjű hengeralakú iszaptartályokat állítanak fel.

A száraz gyártási eljárás esetében óránként 50—60 tonna teljesítményű és 3×8 m méretű szélosztályozás nyersanyag malmokat állítanak fel, melyekben egyidejűleg játszódik le a nyersanyag szárítása és őrlése. A malomba érkező anyag szemcse nagysága 10—12%-os nedvességtartalom esetében nem haladhatja meg a 8 mm-t. A malmokat súlyadagolókkal szerelik fel a nyersanyagkeverék egyes komponenseinek adagolása céljából — az őrlési finomságot, valamint a berendezés hő és aerodinamikus üzemeltetését automatikusan szabályozzák. A szárító füstgázt automatikus szabályozó készülékkel ellátott porszéntüzelő berendezésből adagolják.

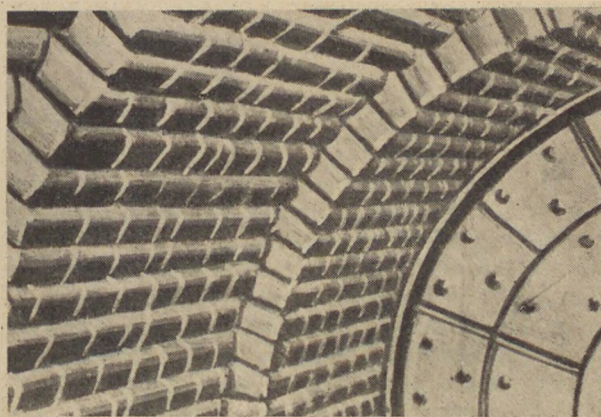
A gázokat elektromos szűrők segítségével portalanítják.

A portlandcement klinkernek 2500—3000 cm^2/g fajlagos felületig történő őrlése céljából központi meghajtású, óránként 50 tonna teljesítményű nyílt őrlési eljárással dolgozó $3,2 \times 15$ m méretű malomberendezést terveznek. Ez a malom ugyanolyan típusú, mint a nyersanyagörlésre szolgáló nedves eljárással működő malom és önosztályozó páncéllemezekkel rendelkezik. A finomörlés kamrájában automatikus készüléket szereltek fel az anyagnak vízbeporlasztás útján történő hűtésére.

A malmot tartállyal látták el a klinker, a gipsz és az adalékanyagok tárolása céljából. A tartályokat az említett komponensek megadott súlyarányát automatikusan szabályozó súlyadagolókkal és a megadott őrlési finomságot a maximális teljesítmény mellett biztosítható automatikus szabályozóval szerelték fel.

A szellőző levegő portalanítása céljából egy másután követő sorrendben ciklonokat és elektromos szűrőket állítanak fel. Az elektromos szűrőket a melegítésre szolgáló berendezésekkel és automatikus ellenőrzőkészülékekkel látják el.

Az előregyártott vasbetonszerkezetek gyártásának széleskörű elterjedésével kapcsolatban a



3. ábra. A malmok részére szolgáló önosztályozó páncéllemezek

közönséges portlandcementeken kívül 4500—5000 cm^2/g fajlagos felületű gyorsan szilárduló portlandcementet is kell szállítani. Ezért szükséges, hogy a malmok egyike zárt őrlési eljárással dolgozzon. Ebből a célból két 4 m átmérőjű szélosztályozót állítanak fel. Ígyképpen az új gyárakban a közönséges cement előállításakor a klinker őrlését nyílt őrlési eljárással végzik, míg a gyorsan szilárduló cement előállításakor zárt őrlési eljárással dolgoznak.

A szilárd tüzelőanyag őrlése céljából a jól bevált szélosztályozós malmokat alkalmazzák, melyek a szárítással együtt végzik az őrlést is. Csak meg kell nagyobbítani a dob malmának méreteit, hogy a malom óránkénti teljesítményét 12—17 tonnára növelhessük. Forgókemencés gyárakban a malmot ventilátoros rendszernek megfelelően zárt őrlési eljárással és közbeeső tartállyal tervezzik. Szárító gáz céljaira a forgókemence hűtőberendezéséből elszívandó forró levegőt használik. A malmot teljesen felszerelik az őrlési és szárítási folyamatok automatikus szabályozására szolgáló készülékkel. A szárító gáz hőmérsékletének szabályozása, valamint a kemence begyújtási időszakában a porelőkészítés megindíthatása céljából egy kisméretű porszéntüzelőberendezést kapcsolnak be. Ezt a porszéntüzelőberendezést az égési folyamat automatikus szabályozására szolgáló készülékkel látják el.

A levegőkeverék robbanásának elhárítása céljából a szénelőkészítés egész rendszerét biztonsági szelepekkel és az öngyúló tüzelőanyag elfojtására szolgáló ismert gázt bevezető készülékkel látják el.

Szárító és aprító berendezés. A 10—12%-os és magasabb nedvességtartalmú szilárd tüzelőanyagot a szélosztályozós malomba történő bekerülése előtt különleges készülékekben szárítják. A későbbiekben erre a célra óránként 25 tonna teljesítményű 3×25 m-es méretű szárítódobokat fognak alkalmazni, amelyek el vannak látva külső hőszigeteléssel, a távozó gázok portalanítására szolgáló függőleges elektromos szűrőkkel, valamint a tüzelőtérben lejátszódó égési folyamat és a szárítási folyamat automatikus szabályozására szolgáló készülékkel. Feltételezzük, hogy a lebegő

állapotban levő széniszap szárítása céljából, továbbá abból a célból, hogy a nedvességtartalmat 20–25%-ról 1–2%-ra csökkenthessük, 3–4 m magasságú, 5–6 m hosszúságú és óránként 35–40 tonna teljesítményű aggregátumot kell felszerelni, melynek belsejében gyorsanforgó csigákat helyeznek el. A forró rétegben levő szárítás céljaira 4–5 m átmérőjű és 1,5 m-ig terjedő magasságú aknákat kell alkalmazni. Az iszap szárítására szolgáló szárítódobok felszereléséről alacsony fajlagos teljesítményük következtében le kell mondanunk.

A mészko aprítását háromlépcsős séma szerint végzik, a szekunder aprítás után az anyagot vibroszítán osztályozzák. A harmadik kiegészítő aprítást csak a szítán fennmaradt termék aprítása céljából végzik. Az aprítás és osztályozás után a darabok mérete nem haladhatja meg a 8 mm-t. A primér aprítás céljára óránként 350–400 tonna teljesítményű pofástörőket alkalmaznak, a szekunder aprítás céljaira gyorsjáratú ugyanilyen teljesítményű kalapácsostörőt szerelnek fel.

A szítán maradt termék aprítása céljából kisméretű kúpos zúzógépet alkalmaznak. Az anyagok adagolását a vagonokból a törőgépbe teljesen gépesítették.

Az agyag aprítása céljából fogas hengeres törőket szerelnek fel. A készüléket a fogazatsorok közötti csatornák, valamint a csavarok tisztítására szolgáló készülékkel látják el.

A szenet és a gipszet óránként 100 tonnáig terjedő teljesítményű gyorsjáratú kalapácsos zúzógépekben aprítják. A zúzógépek előtt oly automatikus készülékeket szerelnek fel, amelyek megakadályozzák, hogy fémtárgyak kerüljenek a zúzógépbe.

A szellőző levegő tisztítása céljából a zúzógépeknél tömlőszűrőket szerelnek fel. Az adagolandó levegőt elektromosan melegítik.

Raktár és szállítási gazdálkodás. A forgókemencek, a szén, nyersanyag és cementmalmok magas teljesítménye magával hozza a belső anyagmozgatás teljesítményének fokozását. Így pl. az iszap átszivattyúzása céljából 200–250 m³ teljesítményű centrifugális szivattyúkat alkalmaznak a jelenleg használatban levő óránként 40–80 m³ teljesítményű szivattyúk helyett.

A cement, szén, iszap és más poralakú anyagok szállítására távirányítással ellátott pneumatikus szivattyúkat alkalmaznak, melyekben kopásálló anyagból készült csigákat kell használni. A porvezetékek könyökeit kerámiai bélésrel látják el.

A nyersanyag, klinker és a tüzelőanyag tárolására előregyártott vasbetonszerkezetek alkalmazásával 36 m-es fesztávú csarnokot létesítenek. Az egyes tárolók befogadóképességét véleményünk szerint csökkenteni lehet azzal kapcsolatban, hogy a hűtőkből az 500 C°-ot meg nem haladó hőmér-

sékletű klinkert közvetlenül adagolhatjuk a cementmalmokba. Megfelelő befogadóképességű tárolóról csak arra az esetre kell gondoskodnunk, ha a malom leáll, vagy ha a szállítóberendezéseket javítják. A széntároló befogadóképességét szintén csökkenthetjük 25–30%-kal. Egyidejűleg gondoskodni kell készlet tüzelőanyag tárolókról (melyek tulajdonképpen betonburkolatú terek). A készlettárolókat magánjáró rakodó berendezésekkel látják el.

A klinkert, szenet és nyersanyagot a tárolócsarnokból 16–20 tonna teheremelő képességű markolódaruk segítségével szállítják. A tüzelőanyaggal, hidraulikus adalékanyaggal, gipszel, salakokkal telt vagonokat 60 tonna teheremelő képességű kocsiürítő berendezés segítségével ürítik ki. Tervezik továbbá a pórekocsik gépesített kirakodását is. Az anyagokat a tárolóba szalagos szállítóberendezés segítségével továbbítják. Azokban a kivételes esetekben, midőn a salak, tüzelőanyag és nyersanyag részére nyílt tartaléktárolókat kell létesíteni, 20 tonnás teheremelőképességű 60 m-ig terjedő hatósugarú, 18 m méretű konzolokkal ellátott daru átrakodó berendezéseket és 60 tonna teherbíróképességű magánjáró önkürítő vasúti vagonokat alkalmaznak. A forgókemencek, malmok, aprítóberendezések stb., egyes alkatrészeinek felemelésére, a kemence-, őrlő-, aprító és kompresszor részlegekben megfelelő teheremelőképességű különleges darukat állítanak fel.

A terhek és a kiszolgáló személyzet függőleges irányú szállításra a cement és a nyersanyag silókra (száraz gyártási eljárás), függőleges iszap-tartályokra és a forgókemencek adagolási szintjére felvonókat állítanak fel.

A gyár magas teljesítményével kapcsolatban a cement tárolására 15 m átmérőjű, 6000 tonna befogadóképességű és óránként 100 tonna teljesítményű fenékiürítő, 20 tonna teljesítményű oldalkiürítő berendezéssel, valamint szellőztetőrendszerrel és légszűrőkkel ellátott silókat állítanak fel. Egyidejűleg a különleges fajtájú cementek tárolása céljából 10 m átmérőjű 2000–2500 tonna befogadóképességű silókat fognak létesíteni.

Az elavult szerkezetű, jelenleg használatban levő csomagológépeket óránként 80–100 tonna teljesítményű körbeforgó rendszerű gépekkel helyettesítik. Az automatikus ledobóval ellátott szalagos szállítóberendezés segítségével a zsákolt cementet a vagonokba, bárkákba vagy gépkocsikba továbbítják.

A vízszivattyú, iszapszivattyú és kompresszor telepeken percenként 100 m³-es teljesítményű turbokompresszorokat állítanak fel, a telepeket teljesen automatizálják és ezek kiszolgáló személyzet nélkül fognak működni.

ÉPÍTŐANYAG

Felolvas szerkesztő: Egyed Zoltán — Kiadja a Műszaki Könyvkiadó V., Bajcsy Zsilinszky út 22. Telefon: 113-450.

Felolvas kiadó: Solt Sándor — Megjelent 770 példányban.

Előfizetés a Posta Központi Hírlap Iroda Vállalatnál, Budapest, V., József nádor-tér 1. Távb.: 180-850.

Előfizetési díj: 72.— Ft. (egész évre), egyes szám ára: 8.— Ft. Csekkszám: 61.282.

30443-089/2 - Révai nyomda, Budapest, V., Vadász utca 16. (Felolvas: Nyáry D.)

Tervezik a villamosmozdony vontatás széleskörű alkalmazását és az irányítás központosítását. Jelentékeny mértékben automatizálják az üzemi alközpontokat is.

Valamennyi gyártási főfolyamat irányítását kisszámú irányítóállomásokról valósítják meg. Az irányítóállomásokat üvegfalakkal ellátott egyes helyiségekben helyezik el. Ezekben az állomásokban foglalnak helyet: valamennyi fő- és segédgépi berendezés, a tölcéseken levő tolózárak és reteszek, iszapelzárók, a porvezetéseken levő átkapcsolók, fojtófüggönyök stb., távirányítására szolgáló készülékek és átkapcsoló berendezések, a technológiai folyamatok automatikus szabályozására és ellenőrzésére szolgáló készülékek, valamint a tartályok megtelését és kiürülését jelző automatikus műszerek, az egyes gépi berendezések üzemzavarait és a technológiai paramétereknek a megadott értékektől történő eltérését jelző készülékek.

A felsorolt technológiai berendezés, amint azt a hazai és külföldi cementipar üzemi tapasztalatai mutatják, lehetőséget nyújt ahhoz, hogy erősen fokozzuk a munka termelékenységét, csökkentsük a tüzelőanyag szükségletet és automatizálhassuk az egyes technológiai folyamatokat. Jelenleg a három 150 m-es forgókemencével ellátott üzemekben egy munkás évi teljesítménye 900—1000 tonnát tesz ki, míg ha a cementgyárakat a fentebb sorolt nagyteljesítményű berendezéssel látjuk el, az egy munkásra eső évi teljesítményt 1800—2000 tonnára emelhetjük. A cement önköltségét szintén csökkentenünk kell az égetéshez szükséges tüzelőanyag fajlagos mennyiségének csökkentésével, nyersanyag megtakarítással és a munkaigényes folyamatok teljes gépesítésével. Számításaink mutatják, hogy a cement önköltségét 25—30%-kal csökkenthetjük. A nagyteljesítményű berendezés alkalmazása és az épületszerkezetnek előregyártott vasbetonból történő kivitelezése lehetőséget nyújt ahhoz, hogy csökkentsük az 1 tonna cementre eső beruházási kiadásokat. Három 150 m-es forgókemencével ellátott gyár építésekor

1 tonna cementre eső beruházás 260 rubelt tesz ki, ezzel szemben két 1200 tonna klinker teljesítményű kemencével ellátott üzem építésekor az 1 tonnára eső beruházás 215 rubelre csökken.

Egyidejűleg a tudományos technikai célkitűzéseknek arra kell törekedniük, hogy a hatodik ötéves tervben még nagyobb teljesítményű készülékeket hozzon létre a nyersanyag és cement égetésére és őrlésére, valamennyi technológiai folyamat teljes automatizálása mellett.

Meg kell oldanunk az olyan új típusú berendezések létesítésére vonatkozó kérdést, amelyek segítségével naponként 1600—2000 tonna klinkert égethetünk. Az ilyen aggregátumok szerkesztésekor felhasználhatjuk az izzó rétegben vagy a lebegő állapotban levő klinkerégetés elvét. Meg kell továbbá teremtenünk a klinker előállítására szolgáló ipari szerkezetet a tűzfolyékony iszapoknak mésszel történő oltása útján. Nagyon érdekes még az iszap víztelenítésére vonatkozó kérdés, centrifugáló berendezések alkalmazásával. Folytatnunk kell a munkát az oxigénnel dúsított levegővel történő klinkerégetés bevezetése tekintetében.

Az új berendezések szerkesztését azonos átmérőjű két különálló egységben történő őrlés irányában kell fejleszteni. Az egyes egységek különböző forgási sebességgel, zárt őrlési eljárással dolgoznának. Az ilyen berendezések alkalmazása lehetővé teszi a cement őrléséhez szükséges elektromos energia fajlagos mennyiségének csökkentését és a malmok termelékenységének fokozását. Folytatnunk kell a munkát a szilárd anyagoknak őrlőtestek nélküli őrlésére szolgáló készülékek vizsgálata tekintetében is.

Meg kell oldanunk továbbá az oly berendezések létesítésének kérdését is, amelyek lehetővé teszik a nyersanyagnak nedves eljárással történő előkészítését és a száraz eljárással végzendő égetést. A két módszer egyesítése lehetőséget nyújt ahhoz, hogy elérhessük a nyers anyagok teljes homogenizálását és ugyanakkor az égetést a legkisebb hőenergia felhasználásával végezhesük.

A Silikattechnik 1956. évi 8. augusztusi számának tartalmából

Gröger H.: J. J. Kaendler. Megemlékezés egy nagy porcelánművészről születésének 250. évfordulóján.

Siede B.: Üvegszál-átmérők mérése.

Szerző az üvegszálak vastagságmeghatározási módszereit a nyert eredmények megbízhatósága szempontjából vizsgálja. Megállapítja, hogy az átmérő meghatározásának leghelyesebb módszere a szálaknak tárgylemezre való helyezése és a vastagságnak okulármikrométerrel történő megmérése.

Grylicki M.: Röntgenográfikus eljárás kvare, tridimlt és krisztoballit mennyiségi meghatározására tűzálló termékekben.

Pordiagrammok fotométerrel való mérése és megfelelő egyenletek alkalmazása segítségével a modifikációk átalakult mennyisége kiszámítható.

Röder J.: Horzászólás üvegyárak generátorkátrányvizeinek fenolmentesítési kérdéséhez.

Nyers barnaszén abszorpciós maximumának meghatározása céljából végzett kísérletek arra az eredményre vezettek, hogy a nyers barnaszén

saját súlyának 10%-nyi mennyiségének megfelelő fenolt képes felvenni. Szerző javasolja ezért a fenoltalanításra a barnaszén alkalmazását, majd a felhasznált anyagnak szárítás után való elégetését.

Tauber A.: Samottiparunk jövődi fejlesztésének kérdése.

Kalb W.—Wilhelm E.: Habkerámia.

Épületelemek gyártásának loírása duzzadó agyagfelelések tokos kiégetésével.

Weiss G.: Tipizálási Intézet szervezése.

A Berlinben 1956. június 1—2. között megtartott cementipari műszaki tudományos konferencia előadásai:

Wolf J.: A cementipar mint jelentős gazdasági tényező.

Fritzsche K.: A cementipar nemzetközi helyzete és műszaki fejlesztése a Német Demokratikus Köztársaságban.

Kästner E.: A munka termelékenysége a Német Demokratikus Köztársaság cementgyáraiban.



Megjelent

J. G. SZMIRNOV:

A vakolómunkák gépesítése

A második öt éves tervben a gépi vakolókra nagy feladatok várnak, mert a gépi vakolásnak az összes vakoláshoz mért aránya az első öt éves terv végén 10 százalék volt, a második öt éves terv végére pedig 40 százalékra kell növelni ezt az arányt. Ennek a célkitűzésnek eléréséhez nyújt segítséget a most megjelent kiadvány, amely leírja a Szovjetunióban a legjobb vakológépekre kiírt második össz-szövetségi pályázaton bemutatott gépeket és ismerteti az egyes vállalatok és feltalálók tapasztalatait. A függelék ismerteti a vakolás gépesítésének magyar vonatkozásait, a hazai vakológépek és berendezések szerkezetét, valamint a gépi fröcskölés munkamódszerét. A könyvben foglaltakat kivitelező vállalatok, tervező intézetek és tudományos kutató intézetek mérnökei, műszaki dolgozói, valamint az építőipar művezetői részére írták.

83 oldal

65 ábra

Ara fűzve: 7,50 Ft

EGYEDI—ARATÓ—SEGÝÓ:

Központi fűtés szerelő munka (4. kiadás)

Az első három kiadásban igen rövid idő alatt elfogyott könyv a központi fűtés szerelésével kapcsolatos sokoldalú feladatokat olyképpen ismerteti, ami alkalmas arra, hogy az ezen a területen dolgozó fűszerelő-lakatos, hegesztő és kőműves szakmunkások a szükséges alapismereteket elsajátíthassák, de a szakmai műveletekkel is tisztában legyenek. A könyv részletesen tárgyalja a központi fűtés rendszereit, a különböző kazánokat, fűtőtesteket és ezek szerelvényeit, a munkahelyen elvégzendő feladatokat és az egyes szerelési műveleteket. Részletezi a szerelés utáni munkákat és útmutatást nyújt az átadandó berendezés kipróbálására.

108 oldal

64 ábra

Ara fűzve: 8,50 Ft

A fenti könyvek beszerezhetők, illetve megrendelhetők az

ÁLLAMI KÖNYVTERJESZTŐ VÁLLALAT
KÖNYVESBOLTJAIBAN

Szakkönyvesbolt:

MŰSZAKI KÖNYVESBOLT, BUDAPEST VII. LENIN KÖRÚT 7
„NÉPSZAVA“ MŰSZAKI KÖNYVESBOLT VII. LENIN KÖRÚT 17