

302.935

ÉPÍTŐANYAG

A SZILIKÁTIPARI
TUDOMÁNYOS EGYESÜLET
FOLYÓIRATA

7

15. ÉVFOLYAM • BUDAPEST, 1963. JÚLIUS

A SZILIKÁTIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

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

*

Főszerkesztő:

Dr. Korach Mór

*

Szerkesztő:

Hinsenkamp Alfréd

*

Szerkesztőbizottság:

Dr. Beke Béla

Dr. Déri Márta

Erdély Imre

Dr. Grofcsik János

Kemény István

Dr. Knapp Oszkár

Dr. Lehmann Edit

Lohner Ernő

Dr. Soltész Gáspár

Szentmártony Gusztáv

Dr. Tamás Ferenc

*

Szerkesztőség:

Budapest, V., Szabadság
tér 17

Telefon: 124-438

*

Kiadja:

Műszaki Könyvkiadó,

Budapest, V.,

Bajcsy-Zsilinszky út 22

Telefon: 113-450

*

Felelős kiadó:

Solt Sándor

TARTALOM

	Oldal
<i>Dr. Albert János</i> : Könnyű kerámiai építőanyagok	237
<i>Szabó Elek</i> : Kapacitásfelmérés a kőbányászatban	253
<i>Dr. Knapp Oszkár</i> : Atomerőművek üvegei	260
<i>Dr. Kalmár Istvánné</i> : A beton kötésének késleltetése	267
<i>Gémesi József—Vödrös Dániel</i> : Gamma-sugárzó izotópok alkalmazása építőanyagok nedvességtartalmának meghatározására ...	275
Egyesületi élet	280

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
<i>Д-р Алберт Янош</i> : Легкие керамические строительные материалы	237
<i>Сабо, Элек</i> : Измерение мощностей карьеров	253
<i>Д-р Кнапп, Оскар</i> : Применение стекла в атомных электростанциях	260
<i>Д-р Калмар Иштванне</i> : Замедление схватывания бетона	267
<i>Гемши Йозеф, Ведреш Даниел</i> : Применение гамма-излучающих изотопов для определения влажности строительных материалов	275

I N H A L T

	Seite
<i>Dr. Albert, János</i> : Leichte Keramische Baustoffe	237
<i>Szabó, Elek</i> : Kapazitätvermessung im Steinbruch	253
<i>Dr. Knapp, Oszkár</i> : Anwendung des Glases bei Atomkraftwerken .	260
<i>Frau Kalmár, Susanne</i> : Das Hinhalten des Abbindens vom beton	267
<i>Gémesi, József und Vödrös, Dániel</i> : Die Anwendung γ -strahlender isotope zur Feuchtigkeitsverstimung von Baustoffen	275

ÉPÍTŐANYAG

15. ÉVFOLYAM 7. SZÁM

Könnyű kerámiai építőanyagok*

Dr. ALBERT JÁNOS

1. A könnyű kerámiai építőanyagok jellemzése

A könnyű kerámiai építőanyagok kémiai összetételükben és anyagi felépítésükben változatos, kis térfogatsúlyú termékek. Két csoportba sorozhatók, az üreges- és a nagyporozitású építőanyagok csoportjába.

Az üreges építőanyagoknál a kis térfogatsúlyt a kerámiai massa formázásánál kialakított üregek hozzák létre; a formázáshoz felhasznált anyag, vagy anyagkeverék nem különbözik a közönséges kerámiai anyagokétól. A kiégetett termék üregek nélkül számított anyagának porozitása vagy pórus-térfogata 10—40%.

A nagyporozitású építőanyagok előállításánál a kis térfogatsúlyt a kerámiai alapanyaghoz kevert nagypórustérfogatú-, vagy pórusképző-adalékanyagokkal idézik elő. A kiégetett anyag porozitása, vagy pórustérfogata 30—80%, sőt még nagyobb is lehet.

A kétféle technológiai eljárás egyidejűleg is alkalmazható. Előállítanak nagyporozitású anyagból felépített üreges építőelemeket is.

A könnyű kerámiai anyagok legfontosabb jellemzője a jó hőszigetelőképeség. Hőszigetelőképeségük lényegesen nagyobb, mint a közönséges, vagy nehéz kerámiai anyagoké. A jó hőszigetelőképeség az üregekbe, ill. pórusokba zárt levegő kicsiny hővezetési tényezőjén alapul. Kicsiny hővezetési tényezője következtében ui. a levegő hőszigetelőképesége valamennyi számításba jövő anyag között a legnagyobb. A kerámiai termékek alapanyagának azonban nemcsak a hővezetési tényezője, hanem a térfogatsúlya is sokszorososa a levegőének. A kerámiai alapanyagok hővezetési tényezője 0,5—2,8 kcal/mhC°, térfogatsúlya 1450—3000 kg/m³, a levegő hővezetési tényezője 0,02 kcal/mhC°, térfogatsúlya 1,3 kg/m³. Ezért a könnyű kerámiai építőanyagok annál jobb hőszigetelők, minél nagyobb az alapanyag üregeibe, ill. pórusaiba zárt levegő mennyisége, vagyis minél kisebb a termék térfogatsúlya.

A könnyű kerámiai építőanyagok mechanikai ellenállóképessége üreges, ill. pórusos szerkezetükkel összefüggő kis térfogatsúlyuk következtében többnyire kicsi. Az anyagok mechanikai ellenálló-

képessége, elsősorban szilárdsága ui. térfogatsúlyuk csökkenésével rohamos mértékben csökken. Vannak azonban olyan könnyű építőanyagok is, melyek nagyobb szilárdságuk folytán teherbíró szerkezeti anyagként is felhasználhatók.

2. Könnyű építőanyagok közönséges agyagból. Üreges építőelemek

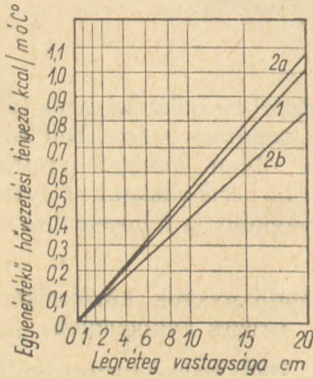
Az 1450—1900 kg/m³ térfogatsúlyú és 0,45—0,75 kcal/mhC° hővezetési tényezőjű, csak kis méretekben gyártható tömör falazó téglák már nem elégítik ki korunk építészetének követelményeit. A közönséges agyagból égetett kerámiai építőanyagok csak az esetben tarthatják meg jelentőségüket az építőiparban, ha a tömör téglá helyét megfelelő szilárdságú és légköri hatásoknak ellenálló 1200 kg/m³-nél kisebb térfogatsúlyú és 0,25 kcal/mhC°-nál kisebb hővezetési tényezőjű 2,5—8,0-szoros téglaméretű építőelemek foglalják el. A tömör téglánál kisebb térfogatsúlyú és jobb hőszigetelőképeségű nagyméretű kerámiai építőelemek gazdaságos előállítását az üreges téglák gyártástechnológiájának kialakítása tette lehetővé [1].

Az üreges kerámiai építőelemek jó hőszigetelőképeségét az üregekbe zárt levegő, ill. légréteg kis hővezetési tényezője hozza létre. Légrétegeken át végbemenő hőátbocsátásnál azonban nemcsak a nyugvó levegő hővezetését, hanem a légréteg vastagságával egyre nagyobb mértékben fellépő konvekció és sugárzás útján történő hőközlést is figyelembe kell venni, ami a hőszigetelőképeséget rontja. Tehát a légrétegek hővezetési tényezője azoknak méretétől, ill. vastagságától függ. A vezetéssel, konvekcióval és sugárzással átbocsátott hő együttesen a légrétegek egyenértékű hővezetési tényezőjében jut kifejezésre. Adott vastagságú légréteg egyenértékű hővezetési tényezője egy olyan szilárd anyag hővezetési tényezőjével egyezik meg, amelyet ha a légréteg helyébe tennénk, ugyanannyi hőátbocsátana át, mint az adott vastagságú légréteg. A légréteg hőszigetelőképesége jól jellemezhető a hőátbocsátási ellenállással $\frac{\delta}{\lambda}$ -val is, vagyis a rétegvastagság és a hozzátartozó egyenértékű hővezetési tényező hányadosával.

* A VII. Szilikátipari konferencián elhangzott előadás

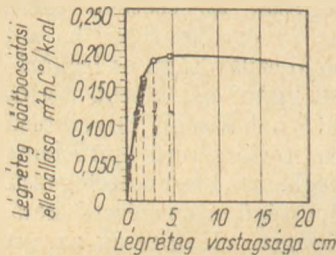
A függőleges és vízintes légrétegek egyenértékű hővezetési tényezőit, továbbá a függőleges légrétegek hőátbocsátási ellenállását a légréteg vastagság függvényében az 1. és 2. ábrák görbéi szemléltetik [2].

A két ábra görbéiből megállapítható, hogy bizonyos határon túl az üregek vastagságának növelése már nincs befolyással a hőszigetelésre. 12 cm-nél vastagabb rétegek hővezetési tényezője pedig már nagyobb, mint a tömör anyagé. Megállapíthatjuk azt is, hogy 2 cm-nél vastagabb légréteg már nem növeli a hőszigetelőképeséget. Ennél vastagabb légréteg hőátbocsátási ellenállása



1. ábra. A levegő egyenértékű hővezetési tényezője a rétegvastagság függvényében

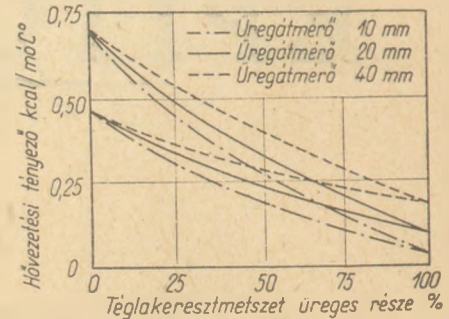
1. a légréteg függőleges, 2. a légréteg vízszintes, a) a magasabb hőmérséklet alul, b) a magasabb hőmérséklet felül



2. ábra. Függőleges légrétegek hőátbocsátási ellenállása a rétegvastagság függvényében

ui. alig emelkedik és 4 cm-től kezdődően, ha nem is nagymértékben, de csökkenni kezd. Az üregek szigetelőképesége ennek következtében annál nagyobb, minél kisebb üregeket létesítünk az anyagban. Amíg pl. a 4 cm vastag légréteg hőátbocsátási ellenállása $0,211 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C}/\text{kcal}$, ugyanez a légréteg négy 1 cm-es egymásután következő légrétegre osztva $4 \times 0,178 = 0,712 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C}/\text{kcal}$ hőátbocsátási ellenállást ad, tehát a szigetelő hatás megközelítőleg a három és félszeresére nő.

Az üreges építőelemek hőszigetelőképeségét a tömör anyag hővezetési tényezője, az üregek mérete és alakja, ill. elhelyezése, valamint a teljes keresztmetszethez viszonyított mennyisége határozza meg. A 3. ábra Bruckmayer [3] és Cammerer [4] elektromos modellkísérletekkel megállapított vizsgálati adatai alapján feltünteteti, hogy a 0,75 és 0,50 kcal/mh°C^o hővezetési tényezőjű anyagból előállított kerámiai építőelemek hővezetési tényezője milyen mértékben csökken 10, 20 és 40 mm átmérőjű üregek kialakításánál, ha az üregek a teljes keresztmetszetnek egyre növekvő



3. ábra. Üreges téglák hővezetési tényezője az üregek százalékos mennyiségétől függően

részét foglalják el. Az ábrából leolvasható, hogyha a téglák hővezetési tényezőjét 0,75-ről 0,50 kcal/mh°C^o-ra akarjuk csökkenteni, az üregek mennyisége 40 mm átmérőjű üregek esetén 32%, 20 mm-es üregek esetében 22%, 10 mm-es üregek esetében 18% kell legyen.

A hővezetési tényező számottevő mértékben csökkenthető olyan üreg-elrendezéssel, mely a hőáramlás útját az üregek közötti hőhídnak tekinthető tömör anyagban meghosszabbítja; ezáltal ui. a téglák hőátbocsátási ellenállása és egyben hőszigetelőképesége lényegesen megnövekszik.

Az üreges kerámiai építőanyagokból falazott épületelemek jó hőszigetelő képességük mellett a hőtárolóképeség követelményeit is kielégítik. A hőtárolóképeség a fal vagy födém szerkezet kihűlési idejét adja meg órákban, ha a határoló szerkezet két oldalán a levegő hőmérséklet különbsége 1°C és a szerkezetben tárolt hő az 1°C hőmérséklet különbségnek megfelelő állandósult viszonyok között távozik. A téglák hőtárolóképeségét a belőlük épített falazat vastagsága határozza meg. Számítások és gyakorlati megállapítások szerint azonos vastagságú tömör és üreges téglafalazatok hőtároló képessége lényegesen nem különbözik egymástól, sőt igen sok esetben az üreges téglafal hőtárolóképesége nagyobb, mint a tömör téglafalé. Tapasztalati és mérési adatok tanúsítják azt is, hogy a mi limatikus viszonyaink között a 20–25 cm vastag, tömör téglafal a legtöbb esetben elegendő biztonságot nyújt a gyors lehűlés és felmelegedés megakadályozására. Ezért a 25–50% üreget tartalmazó 0,22–0,30 kcal/mh°C^o hővezetési tényezőjű kerámiai építőelemekből épített falazat vastagsága a tömör téglából készült falazat vastagságának 50%-ával csökkenthető; a 38 cm vastag téglafal 25 cm vastag üreges téglafallal helyettesíthető [5].

Az üreges építőelemeknek sokféle fajtája van. Nagyságuk, ill. méretük a tömör falazó tégláénak 2–8-szorosa, a kialakított üregek százalékos mennyisége 10–70%. Vannak függőleges és vízszintes üregű építőelemek. A falazó téglák és blokkok lehetnek függőleges és vízszintes üregűek, a födémek üregei mindig vízszintesek. Az üregeket elválasztó válaszfalak vagy bordák vastagok, elváltakon. A vékonyfalú vagy vékonybordájú építőelemekben az üregeket elválasztó válaszfal vastagsága legfeljebb 5–8 mm. A nagyelemes építési mód növekvő térhódításával egyre

nagyobb a jelentősége a közép- és nagyblokk-falelemek, továbbá a falpanelek és az előregyártott és sok esetben feszített födémgerendák előállítására alkalmas idomtestek gyártásának. A közép- és nagyblokk-falelemeket felépítő idomtestek lehetnek függőleges vagy vízszintes üregűek és az üreg elválasztó bordák lehetnek vastagok vagy vékonyak. A falpanelek és födémgerendák legmegfelelőbb építőelemei a nagyméretű, vékony bordákkal tagozott nagyüregű építőelemek [6].

Az üreges kerámiai építőelemek szilárdsága, mechanikai és légköri hatásokkal szemben érvényesülő ellenállóképessége azonos anyagösszetétel és megmunkálás mellett az üregek méreteitől, alakjától és elhelyezésének módjától, továbbá az üregek százalékos mennyiségétől függ. Nagyméretű üregek a szilárdságot általában rontják, a nagyméretű és nagy üregtartalmú kerámiai építőelemek mechanikai ellenállóképessége kisebb, mint a tömör tégláé. A függőleges üregű építőelemek szilárdsága lényegesen nagyobb, mint a vízszintes üregűeké. Megbízható vizsgálati adatok vannak a függőleges üregű kettős méretű téglá szilárdságát befolyásoló tényezőkre [7]. Megállapításaink szerint a 4—6 cm²-rel nagyobb keresztmetszetű üregek a nyomószilárdság csökkenését idézik elő és a szilárdságcsökkenés az üregek százalékos mennyiségének növelésével fokozódik. Az ennél kisebb méretű üregeket tartalmazó téglák nyomószilárdsága a tömör téglákétól nem tér el lényegesen, sőt a soklyukú téglák — melyeknél a közönséges falazó-tégla keresztmetszetére, vagyis $25 \times 12 = 300$ cm²-re 70—100 üreg esik — nyomószilárdsága nagyobb, mint a tömör tégláé. A nagyobb nyomószilárdság a téglák nagy fajlagos felületével van összefüggésben. A szilárdságot ui. az égetés folyamán képződő kemény égetési kéreg növeli és ez nemcsak a téglá külső határfelületén, hanem az üregeket elválasztó vékony válaszfalakon, ill. bordákon is kialakul.

Az üreges kerámiai építőelemeket hosszú ideig csak a vázas épületszerkezetek térkitöltő elemeként és önördő építőelemek falazására használták a tömör téglákénál kisebb szilárdságuk következtében. A durvakeramiai anyagok gyártástechnológiájának az utolsó évtizedekben észlelhető nagyarányú fejlődése az üreges építőelemek és a belőlük előállított vagy előregyártott építőelemek műszaki jellemzőinek tökéletesítését, elsősorban szilárdságának növelését tette lehetővé. A nagyobb szilárdságú üreges kerámiai építőelemek jelentősége abban van, hogy a váz nélküli, több emeletes épületek teherhordó építőelemeként is előnyösen alkalmazhatók [8]. A 25—40% üregtérforratú függőleges üregű építőelemek nyomószilárdsága az üregek irányában terhelve, általában 80—200 kg/m², a 30—60% üregtérforratú vízszintes üregű tégláké az üregekre merőleges irányban terhelve 25—100 kg/cm².

A tömör falazó tégláknál nagyobb méretű üreges építőelemek alkalmazása még a további előnyöket biztosítja. Falazásuk, ill. beépítésük munkaidő megtakarítással jár, kevesebb kötő-, ill. habarcsanyagot igényel és a belőlük épített építőelem vagy fal gyorsan szárad ki. Igen nagy

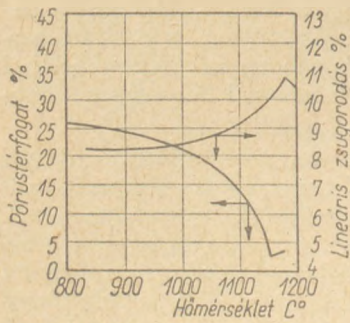
előnyt jelent az is, hogy a falazat alapozása valamint vasbeton vagy acél tartóváza is kisebb teherbírási méretezhető, minthogy az üreges téglából készített fal a tömör falazatnál lényegesen könnyebb.

A közönségesnél nagyobb méretű üreges építőelemeknek gyártástechnológiai előnyei is vannak. Előállításukhoz kevesebb nyersanyag kell. A kiformázott idomok száradási és égetési érzékenysége a tömör tégláénál lényegesen kisebb, még 5—8-szoros téglaméret mellett is selejtmentesen száríthatók és égethetők. Gyorsan száradnak és égetési idejük is viszonylagosan rövid, továbbá kiégetésükhöz kevesebb tüzelőszert szükséges. Végül kisebb térfogatsúlyuk következtében a gyártás egymást követő munkafolyamataiban könnyebben kezelhetők és szállításuk is olcsóbb.

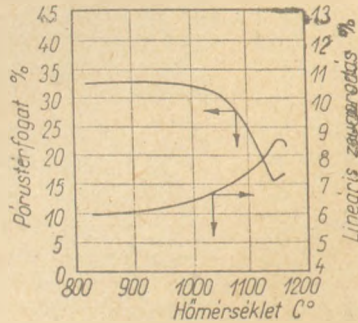
Az üreges kerámiai építőelemek gyártástechnológiája a közönséges tömör falazó téglákétól különbözik. Különbség van a nyersanyag összetételében és ásványi felépítésében, a nyersanyag-előkészítés és a megmunkálás, valamint formázás módjában, továbbá a szárítás és az égetés munkafolyamataiban is.

Az anyagok felhasználásának lehetőségeit ásványi és kémiai összetételük, szennyező alkotórészeik minősége és mennyisége, szemszerkezetük, ill. szemcséfinomságuk, képlékenységi számuk, a kiformázott testek megmunkálási víztartalma, száradási érzékenysége, száradási és égetési zsugorodása, továbbá a legkedvezőbb hőmérsékleten kiégetett termék pórusterfogata, ill. vízfelvevőképessége, térfogatsúlya és szilárdsága, végül fagyhatásokkal szembeni ellenállóképessége alapján határozzuk meg.

A durvakeramiaiiparban használt közönséges agyagokat két csoportba sorolhatjuk az égetési folyamán jelentkező eltérő viselkedésük alapján, a mészszegény- és márgás agyagok csoportjába. A 4%-nál kisebb kalciumoxidtartalmú kalcium-karbonátmentes vagy mészszegény agyagok 900°C-on rózsaszínűre vagy pirosra égnek és égetési színük az égetési hőmérséklet emelkedésével egyre sötétebbé válik; pórusterfogatuk, ill. vízfelvevőképességük az égetési hőmérséklettel fokozatosan csökken és zsugorodásuk növekszik egészen az olvadáspont közelébe eső deformálódási hőmérsékletig; a kiformázott testek pórusterfogata, ill. vízfelvevőképessége tehát az égetési hőmérséklettel csökkenthető. A 4%-nál nagyobb, sokszor 14—17% kalciumoxidtartalmú agyagok 900°C-on rózsaszínűre égnek és színük az égetési hőmérséklet emelésével fokozatosan sárgába megy át; pórusterfogatuk, vízfelvevőképességük és zsugorodásuk az égetési hőmérséklet növelésével csak kis mértékben változik, a pórusterfogat csökkenése csak közvetlenül az olvadáspont közelében észlelhető az agyag deformálódása, ill. eltorzulása közben; az agyagból formázott testek pórusterfogata, ill. vízfelvevőképessége ezért az égetési hőmérséklet emelésével nem csökkenthető. A mészszegény mályi és márgás kiscelli agyag pórusterfogatát és zsugorodását a hőmérséklet függvényében a 4. ábra szemlélteti [9].



a)



b)

4. ábra. Agyagok pórustérfogatának és lineáris zsugorodásának változása az égetési hőmérséklettől függően
a) mészszegény mályli agyag, b) márgás kiscelli agyag

A téglaiipar agyagainak legfontosabb kerámiai jellemzőit azonban nem a kalciumoxid-, ill. kalciumkarbonáttartalmuk, hanem az agyagásványok és az agyagásványokat kísérő egyéb alkatrészek határozzák meg. A közönséges agyagok ásványi felépítésére vonatkozó ismereteink azonban hiányosak, az ásványok minőségi és mennyiségi meghatározására szabatos vizsgálati eljárás még nem áll rendelkezésünkre. Csak újabban dolgozott ki dr. Náray—Szabó röntgendiffrakciós vizsgálati módszert, melynek alapján az eddigieknél megbízhatóbb adatokat nyerhetünk a közönséges agyagok honyolult és változatos összetételéről. Vizsgálatai folyamán megállapította, hogy a legtöbb közönséges agyagban egyidejűleg több agyagásvány típus, az illit, kaolinit, montmorillonit és klorit egyaránt megtalálható és azoknak viszonylagos mennyisége, valamint az agyagásványokat kísérő legfontosabb alkatrészek, a kvarcnak mennyisége is megközelítőleg kiértékelhető [10].

Az építőanyagipar agyagai általában nem szennyeződésmentesek kevés olyan agyagot találunk, amely káros alkatrészeket nem tartalmaz [11]. A kiégetett termék anyagtulajdonságait károsan befolyásoló alkatrészek mészkő, dolomit és márga-csomók, ill. konkréciók, ritkábban és kisebb mennyiségben kvarckavics, pirit és gipsz, továbbá az oldható sók, közöttük elsősorban az alkáli- és magnéziumsulfátok.

Az agyagok minősége nagymértékben függ szemszerkezetüktől, ill. szemcseösszetételüktől is. A túlnyomórészt 200 μ -nál kisebb méretű alkatrészekből felépített téglagyagok szemcsehalmazában az ülepedési sebesség mérése alapján négy szemcsefrakciót szokás megkülönböztetni; a 10 μ -nál kisebb alkatrészeket tartalmazó finom agyagot, a 10—25 μ szemcsefinomságú durva agyagot, a 25—40 μ mérethatárok közé eső porhomokot és végül a 40—200 μ szemcseméretű finom homokot. A szemcseösszetételnek ez a jellemzése Segertől származik [12]. Újabban Winkler [13] a téglagyagokat felépítő alkatrészeket három frakcióra választja szét, a 2 μ -nál kisebb alkatrészekből álló finom- és kolloid-agyagból álló frakcióra, a 2—20 μ -nál nagyobb szemcséjű alkatrészekből álló finom homokból felépített frakcióra. 500-nál több magyarországi téglagyag vizsgálata alapján meg kell állapítanunk, hogy a Seger által megadott négy szemcsefrakció szolgáltat biztosabb alapot a téglagyagok jellemzésére.

Az agyagok egyik legfontosabb anyagtulajdonságát ui. képlékenyséjük határozza meg. A képlékenységet az Atterberg képlékenységi számmal jellemezhetjük, amely nem más, mint az agyag folyási és sodrási határhoz tartozó nedvességtartalom különbsége. Minél nagyobb ez az értékszám, annál képlékenyebb az agyag. A képlékenységi szám és a Seger által megállapított négy szemcsefrakció viszonylagos mennyisége között szoros összefüggés állapítható meg. Azok az agyagfajták, melyekben a 10 μ -nál kisebb szemcsék mennyisége 50%-nál nagyobb, képlékenyek vagy nagyképlékenyséűek, képlékenységi számuk 14—22, vagy még nagyobb, az 50%-nál kevesebb 10 μ -nál kisebb alkatrészt tartalmazó agyagok közepes vagy kis képlékenyséűek, képlékenységi számuk 14-nél kisebb, sok esetben a 9-et sem éri el. Egyidejűleg kitént az is, hogy a 25—40, sőt a 40—200 μ mérethatárok közé eső alkatrészeknek is jelentősége van. Azok az agyagok, melyek csak 25 μ -nál kisebb alkatrészeket tartalmaznak, téglagyártásra csak soványító anyagok, tehát 25—40 μ -nál nagyobb méretű szemcséket tartalmazó anyagok hozzákeverésével használhatók fel.

Ezek a vizsgálati módszerek azonban, melyek az utolsó évtizedben még a DTA, DTG és dilatometriai eljárásokkal bővültek, egymagukban még nem alkalmasak a közönséges agyagok építőanyagipari felhasználhatóságának meghatározására. E vizsgálatok eredményei kellőképpen csak az esetben értékelhetők ki, ha egyidejűleg az agyagokból próbatesteket formázunk és meghatározzuk azoknak az előzőekben már vázolt kerámiai, ill. műszaki jellemzőit. Ez utóbbi eredmények annál megbízhatóbbak, minél jobban megközelíti a kísérleti modell a gyakorlatban alkalmazott idomtestek, ill. építőelemek alakját és méreteit.

Az üreges térkitöltő és teherhordó kerámiai építőelemek gyártástechnológiájára vonatkozó ismereteinket az utóbbi évek irodalmi adatai és gyakorlati megfigyelések alapján a következőkben foglaljuk össze.

A mészszegény és márgás agyagok egyaránt felhasználhatók az üreges építőelemek gyártására, amennyiben szennyeződésük kismérvű, a 0,2 mm-nél nagyobb méretű alkatrészekből álló iszapolási maradványban kvarckavicsok nincsenek és a mészkő- és márgaszemcsék, ill. konkréciók mennyisége 0,5—0,8%-nál nem nagyobb.

Az agyagok kerámiai tulajdonságait, elsősor-

ban a formázhatóságot és a kiegészített termék szilárdságát döntő módon befolyásoló agyagásványok minősége különböző lehet, az illit, kaolinit, montmorillonit és klorit csoportba egyaránt tartozhatnak, összes mennyiségük azonban legalább 30—35% kell legyen. A 15—25% agyagásványt tartalmazó agyagok — melyekből közönséges, tömör falazó téglák még gazdaságosan gyárthatók — üreges téglák előállítására nem használhatók fel. Az agyagásványtartalomnak felső határa is van, 50%-nál több agyagásványtartalmú agyagok és különösen azok, amelyek sok montmorillonitot tartalmaznak, csak megfelelő minőségű és mennyiségű adalékanyaggal dolgozhatók fel.

Különleges követelmények vannak az üreges építőelemek agyagának szemeseösszetételére és képlékenységre is. Míg a közönséges tömör falazó téglákhoz 50%-nál kisebb, sok esetben 30%-ot meg nem haladó 10 μ -nál kisebb alkatrészt tartalmazó közepes- és kisképlékenyséű agyagok is megfelelő alapanyagot nyújtanak, az üreges és közöttük különösen a nagyméretű és nagyüregű építőelemek gyártásához csak olyan 50%-nál több 10 μ -nál finomabb szemcséű alkatrészeket tartalmazó képlékeny és nagyképlékenyséű agyagok használhatók, amelyekben a 25 μ -nál nagyobb mérethatárok közé eső szemcsék mennyisége 30—35%-nál nem több.

Az üreges kerámiai építőelemek nemcsak anyag- és ásványösszetételükben különböznek a közönséges falazó tégláktól, hanem a nyersanyag előkészítés, megmunkálás és formázás, valamint a többi gyártástechnikai munkafolyamatokban is.

A nyersanyag előkészítésénél és a kerámiai massa megmunkálásánál nagy gondot kell fordítani az agyag tökéletes átnedvesítésére, ill. feltárására. Az átnedvesedés vagy feltáródás és annak időtartama az agyag-, ill. nyersanyagkeverék minőségétől és az előzetes aprítási fokától függ. Azonos szemcseméret mellett a tömött szöveti szerkezetű palás agyagok nehezebben táródnak fel, átnedvesedésük hosszabb időt vesz igénybe, mint a laza szerkezetű, morzsalékony agyagoké. A fel nem tárt kemény részecskék, vagy rögök az üreges építőelemek formázását megnehezítik, az üregeket elválsztó válaszfalokban vagy bordákban folytonossági hiányokat, szakadásokat idéznek elő és azok a kiegészített termék szilárdság-csökkenésében jelentkeznek.

Az agyag egyenletes átnedvesedése és feltáródása nagymértékben elősegíthető a massa 14—48 óráig tartó pihentetésével. A töltő- és ürítőkészülékkel, buktatócsillékkal, merítőlánccal, kotróval és szállítószalagokkal felszerelt pihentető verem és csarnokok sok esetben nedvesség- és hőmérséklet-szabályozó műszerekkel vannak ellátva. Amennyiben nagy befogadóképességűek, lehetőséget nyújtanak arra is, hogy a gyár üzemét kedvezőtlen esős időszakban és a téli fagyban is folytonossá tegyék [14].

Az agyag átnedvesedésének és az agyagásványok hidratálódásának folyamata lényegesen meggyorsítható a meleg-feltárással [15]. A Pousseulle törvény értelmében ui. emelkedő hőmérséklettel

a víz viszkozitása rohamosan csökken és ennek következtében a kapilláris vízáramlás intenzitása megnövekszik. A kisebb viszkozitású víz könnyen behatol az agyag kapillárisaiba, kiűzi a levegőt a kapillárisokból. Az egymáshoz tapadó részecskék közötti összetartó erő megszűnik és az alkatrészek szétválhatnak egymástól. A víz adszorbeálódik az agyagásványok felületén, esetleg még azok rács szerkezetén belül is, és ennek következtében a nyersanyagkeverék rövid idő alatt egyenmő, jól formázható masszává válik. A massa homogenitásának növekedése mellett a melegfeltárásnak más előnyei is vannak; csökken a nyersanyagelőkészítés energiaszükséglete, megrövidül a kiformázott idomok száradási ideje, megnövekszik a kiszáritott idomok mechanikai ellenállóképessége és csökken a selejtes áru százalékos mennyisége. A melegfeltáráshoz 0,2—2,5 atm nyomású gőzt használnak. Kis képlékenyséű agyagokhoz, minthogy ezek megmunkálásához kevesebb víz szükséges, túlhevített gőzt, nagyképlékenyséű agyagokhoz telített gőzt. A gőz a megmunkáló berendezés különböző gépeibe vezethető be, így a Koller-járatba, a teknős keverőbe, vagy a vákuumprés felső hengerébe.

A melegfeltárásnak és formázásnak különleges technikáját dolgozta ki Grimal [16]. Grimal az agyagot magas hőmérsékletű és nagy nyomású gőzzel tárja fel. Kísérletei során megállapította ui., hogy a kapilláris áthatólképesség 150°-os túlhevített gőz alkalmazásánál kb. 120-szor akkora, mint közönséges hőmérsékletű víz használatánál. Az 5—15 atm, nagyfeszültségű gőzzel feltárt masszából formázott idomtestet a prés szájnyílását 100°-os hőmérséklettel hagyja el, és ezzel a magas hőmérséklettel jut a műszáritóba. A száritóba befúvatott 160—180°-os levegő hatására az idomtest egy-két óra alatt repedés- és torzulásmentesen kiszáritható. A szokatlanul nagy száradási sebesség annak a következménye, hogy a víz a magas hőmérsékletű test felületéről nem egyszerű párolgás, hanem forrás útján távozik.

Az üreges építőelemeket a megfelelő módon előkészített nedves masszából általában vákuumkamrával ellátott csigasajtón formázzák. A vákuumsajtónak két típusa van, a régebbi közös tengelyű és az újabb agyagvágóval kombinált két-tengelyű vákuumsajtó. Ma már csak az utóbbit alkalmazzák, mert csak ezzel biztosítható a massa légtelenítésének pontos beállítása és akadályozható meg az agyag torlódása a formázó készülékben [17].

A téglaiparban szokásos 25—35% víztartalmú masszából 2—5-szörös téglaméretű és 20—45% üregtérforatú építőelemek formázhatók. Ennél nagyobb méretű és üregtérforatú idomok előállítására a 20—25%-nál nagyobb nedvességtartalmú massa általában nem alkalmas, még pihentetés vagy melegfeltárási esetében sem. A kiformázott testek formaállósága nem kielégítő. Nehezen kezelhetők, szállítás közben összeroskadnak, továbbá a száritási és égetési folyamat alatt torzulásra és repedésre hajlamosak.

A nagyméretű és nagyüregtérforatú, különösen a nagyüregű építőelemek gyártását a csökken-

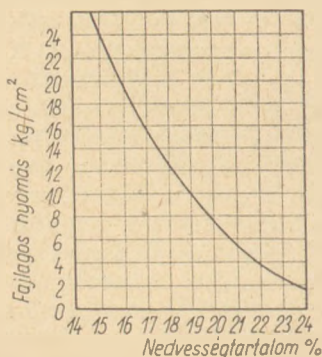
tett nedvességtartalmú masszából való sajtolással sikerült eredményesen megoldani [18].

Régóta ismert megállapítás, hogy a csigasajton formázott idomok formaállósága a megmunkálási víz mennyiségének csökkentésével növelhető. A vákuumsajton légtelenített masszából formázott téglá nagyobb formaállósága is részben annak tulajdonítható, hogy nedvességtartalma 2,5—4,0%-kal kisebb, mint a közönséges csigasajton légtelenítés nélkül formázott tégláé. A nedvességtartalom nagyobb mérvű csökkentésével, a képlékeny vagy nagyképlékenyséű agyag 15—24% vízzel készített masszájának formaállósága annyira megnövekszik, hogy 50—70% üregtérfogatú, 8—10-szeres téglaméretű kézfalazóblokkok, fődémelemek, közönséges és feszített vasbeton gerendák gyártására alkalmas idomok stb. előállítására alkalmassá válik.

A nagyméretű és 4—8 mm-es válaszfalakkal, ill. bordákkal határolt nagyüregű idomtestek keményfából készített villával emelhetők le a levágó asztról és roskadás vagy deformálódás nélkül szállíthatók a szárítóba. Kicsiny nedvességtartalmuk következtében az idomok száradási érzékenysége kicsi, gyorsan és repedésmentesen száríthatók, égetési érzékenységük sem számottevő, miért is nagy tűzsebességgel égethetők.

A csökkentett nedvességtartalmú massa formázásánál a csigasajtonban uralkodó nyomás a megmunkálási víz csökkenésével rohamosan növekszik. A 400 mm átmérőjű csigasajtó hengerének előfejében mért fajlagos nyomást a massa nedvességtartalmának függvényében az 5. ábra szemlélteti [19]. Míg 25% nedvességtartalmú masszánál a fajlagos nyomás 2 kg/cm²-nél nem nagyobb, 20% nedvességtartalmú masszánál már 8 kg/cm²-re, 16% nedvességű masszánál 20 kg/cm²-re növekszik. A fajlagos nyomással egyidejűleg a sajtó erőszükséglete is rohamosan nő. Míg pl. a 400 mm átmérőjű agyagvágóval egybeépített vákuumsajtó erőszükséglete 25% nedvességtartalomnál 45—55 kW, a csökkentett nedvességtartalmú masszánál az energiafölvétel 150, sőt 200 kW fölé is emelkedik [20].

A csökkentett nedvességtartalmú massa formázásához használt vákuumsajtó előtét tengelyét, továbbá a fogaskereket és a hengert a nagyobb energiafölvételnek megfelelően erősebbre kell méretezni, valamint a keményebb agyagszalag levágására szolgáló automatikus levágó-készüléket is.



5. ábra. Fajlagos nyomás a csigasajtó előfejében a massa nedvességtartalmának függvényében

Az üreges építőelemek formázására, ill. gyártására a nedves sajtolási eljárás mellett a száraz vagy félszáraz sajtolási eljárás is nyújt lehetőséget [21]. A formázásra kétoldali nyomással működő könyökemelyűs, hidraulikus sajtókat és hidraulikus vezérlésű forgóasztalú sajtókat használnak. Egyoldali nyomással működő sajtók nem felelnek meg, mert azon az oldalon ahol a nyomást kifejtik, az anyag tömörebb lesz, mint a szemben levő oldalon. A présornak az agyag ásványi összetételétől függően megfelelő nedvességtartalmúnak és szemszerkezetűnek kell lennie. A nedvességtartalom általában 6—12%. Olyan szemszerkezetű présor előállítására kell törekedni, amelynek fajlagos térfogata a legkisebb; ez esetben a durvább szemcsék közötti térközöt finom szemcsék töltik ki és az érintkezési pontok száma a részecskék között a legnagyobb. A legkedvezőbb szemcseösszetételt kísérleti úton állapítják meg; az öreleány frakciókból olyan arányú keveréket készítenek, amely egy azonos méretű edényben egyenletes módon betöltve a legnagyobb súlyt adja. A sajtolásra előkészített présort vibrálás közben a prés formaszekrényébe adagolják, mely az üregek kialakítása céljából magokkal van ellátva. A sajtolást a massa légtelenítése céljából két lépcsőben végzik, a végső nyomás 120—250 kg/m³.

Száraz vagy félszáraz sajtolásra legmegfelelőbbnek a közepes képlékenyséű és képlékeny palás agyagok, és ezek közül különösen azok, amelyeknek bányanedvessége 6—12%-nál nem nagyobb és így öreleányuk minden előzetes szárítás, illetve hőkezelés nélkül közvetlenül felhasználható a formázáshoz. A sovány és az agyagásványokban dús, nagyképlékenyséű agyagok rosszul sajtolhatók, a kisajtolt idomtestek legtöbbször rétegzettek, a massa nehezen légteleníthető. Változó és nagy bányanedvességtartalmú agyagok gazdaságosan csak nedves eljárással formázhatók [22].

Az iparban használatos különböző rendszerű félszárazon sajtoló gépekkel általában 2—4-szeres téglaméretű, 12—20% üregtartalmú építőelemeket gyártanak. Ennél nagyobb, 10—15-szörös téglaméretű és 30—45%, sőt 50—70% üregtérfogatú nagyüregű építőelemek a Händle- [23] és a Locatelli- [24] rendszerű hidraulikus sajtókkal formázhatók. A Locatelli-sajtónál az üregek kialakítására a formaszekrénybe benyúló, olajjal töltött gumbetűtűs tüskék szolgálnak, melyekre sajtolás közben nyomást fejtenek ki; a sajtolás után a tüskék az anyagtól elválnak és az üreges idomtest a formaszekrényből könnyen kitolható.

Az üreges kerámiai építőelemek következő munkafolyamata a szárítás. A durvakerámiai anyagok szárítására a konvektív vagy légszáritási eljárásokat alkalmazzák természetes és mesterségesen termelt hőenergia felhasználásával. Míg a tömör és kis üregtérfogatú téglákat a kedvező éghajlati viszonyok következtében a nap sugárzó energiájával szárítják hazánkban, a nagyméretű és nagyüregtérfogatú építőelemek szárítására indokolt a műszárítás.

A szárítás akkor megy végbe zavartalanul, ha a száradó test belsejéből a felületre áramló víz

mennyisége a felületen elpárolgó víz mennyiségével egyensúlyban van, vagyis a kapilláris vízáramlás intenzitása a szárítás intenzitásával egyenlő. A szárítás-technológiai kutatások nagy jelentőségű eredménye a gyorszártás optimális feltételeinek meghatározása [25]. A gyorszártásnál arra kell törekedni, hogy a szárítandó anyag a kapilláris vízáramlás meggyorsítása érdekében a megkívánt, ill. megengedhető magas hőmérsékletet úgy érje el, hogy közben a felületen az egyenletes szárítás feltételeinek biztosítása céljából a párolgás ne induljon meg.

Az üreges építőelemek repedés- és torzulásmentes gyorszártását biztosító műszárítók többnyire lépcsős és recirkulációs rendszerűek [26]. Teljesítményük és hatásfokuk egyaránt nagy. Hőenergiaszükségletük mindössze 1000—1100 kcal/kg víz. A lépcsős szárításnál a kiszárítandó anyag ellenáramban jut az egymásután következő szárítókamrákba vagy csatornába, melyekben az áramló levegőt léghevítők segítségével a száradó anyagra előzetesen megállapított és legkedvezőbb azonos hőmérsékletre hevítik fel. A nedvességgel legjobban telített levegő kerül a legfrissebb, legnedvesebb, tehát legérzékenyebb áruval megrakott kamrába és a már nem érzékeny, kevés nedvességtartalmú félig kiszárított árut tartalmazó kamrába vezetik a telítetlen friss levegőt. A recirkulációs szárításnál ventilátor állandó keringésben tartja a szárító levegőt, amit léghevítőben meghatározott hőmérsékletre hevítenek fel. Szárítás közben a levegő egy részét a szabadba engedik és telítetlen friss előhevített levegővel pótolják. A recirkulációs szárításnál a szárító levegőnek mind a hőmérsékletét, mind a nedvességtartalmát a szárítandó árura legkedvezőbb szinten lehet tartani.

Az üreges építőelemek gyártásának utolsó munkaszakasza az égetés. Az üreges építőelemek égetésére legmegfelelőbb kemencerendszer az alagút-kemence. Bevezetése a durvakerámiai építőelemek égetésére azonban nehézségekbe ütközik. Nagy a beruházási és karbantartási költsége, továbbá az égetés hőenergiaszüksége — generátorgáztüzelés esetén — 20—30%-kal magasabb mint a körkemencéé. Ezzel a megállapítással ellentétben állanak Korach elméleti számításával is alátámasztott vizsgálatai [27]. Kimutatta, hogy az alsó- és felsőhevítésű kiskeresztmetszetű alagút-kemence, a sendvics-kemence a durvakerámiaiparban gazdaságosan alkalmazható, mert a kemencében a kerámiai építőelemek kiégetéséhez szükséges hőenergia 30—50%-kal kisebb, mint a körkemencében vagy nagykeresztmetszetű alagút-kemencében és az égetési sebesség megsokszorozódik. A kis beruházási költséget igénylő sendvics-kemence hatásfokára jellemző hőindex — ami alatt az égetési hőmérsékletre felhevített anyag entalpiájának és az összes felhasznált hőenergiának hányadosát értjük — lényegesen nagyobb, mint a körkemencéé és a nagykeresztmetszetű alagút-kemencéé. Kívánatos lenne, hogy a durvakerámiaipar mielőbb megépítsen ilyen kiskeresztmetszetű alagút-kemencét és abban az üreges kerámiai építőelemek égetését kipróbálja.

3. Nagy pórustérfogatú könnyű építőanyagok. Kőszivacs-, agyagkötésű porszénhamu- és duzzasztott agyag-építőelemek

Kőszivacs-téglák. Az építőipar legrégebbi nagy-porozitású építőeleme a közönséges agyagból a téglagyártás módszerei szerint előállított kőszivacs vagy porozit-tégla. Pórustérfogata a tömör- és üregeztéglák 15—35% pórustérfogatával szemben 40—70%. Az anyag porozitását a mészszegény vagy márgás agyagból álló alapanyagba egyenletesen elkevert és az égetésnél elgázosodó fűrészpör és széndara idézi elő. A masszába keverhető pórusképző adalékanyag mennyisége az anyag képlékenységtől és kötőképtől függően 15—35% között változik. Nagyobb mennyiségű pórusképző anyag bekeverése gyártási nehézségekkel jár; a massa formázhatósága romlik és kiégetett terméknek nincs meg a kellő szilárdsága. Az építőelemeket üreges lapok vagy lemezek formájában gyártják; az üregek mennyisége a teljes térfogat 15—25%-a. Az üregek nélküli anyag térfogatsúlya a pórusképző adalék mennyiségétől függően 900—1100 g/l. Kétféle minőségben gyártják. A falazatok és födémek burkolására használt kőszivacs lapok térfogatsúlya 750 g/l, nyomószilárdsága 12—15 kg/cm²; a válaszfalak és vasbetétes födémek előállítására használható teherbíró kőszivacs lapok térfogatsúlya 1000—1100 g/l, nyomószilárdsága 40—50 kg/cm². A 750 g/l térfogatsúlyú kőszivacs lapok hővezetési tényezője 0,17—0,20 kcal/mhC°.

Agyagkötésű porszénhamu téglák. A porszénhamu a finomra örölt szénpor elégetésekor képződik az erőtelepek porszéntüzelő berendezéseiben. A porusos szerkezetű, többnyire gömbalakú salakszemcsék halmazából álló porszénhamu anyaga mikroszkópos és röntgenspektroszkópos vizsgálatok szerint kristályos képződményeket tartalmazó üveglvadék, mely koks formájában több-kevesebb éghető alkatrészt is tartalmaz. A porszénhamu kémiai és ásványi felépítése a szénhamu-képző alkatrészeinek minőségétől és mennyiségétől függ [28]. Halmaztérfogatsúlyát is a hamualkatrészek minősége és mennyisége határozza meg. A hazai erőművekben használt barnaszeneink porszénhamuinak halmaztérfogatsúlya berázott állapotban 670 és 860 között változik. A hamualkatrészek minőségétől függ végül a porszénhamu olvadáspontja. Hazai barnaszeneink hamujának Seger-kúp olvadáspontja általában 1250 C° alatt van. A porszénhamu finom, folytonos szem szerkezetű halmaz. Szemcseméreteinek szélső értékhatárai 500 μ és 5—10 μ, [29], de általában a szemcsék túlnyomó része, 50—70%-a 90 μ-nál kisebb méretű, tehát cementfinomságú alkatrészekből áll.

Az erőművekben egyre nagyobb mennyiségben felhalmozódó porszénhamut többféle módon értékesítheti az építő-, ill. az építőanyagipar. Eredeti formájában felhasználható kiegyenlítő, ill. feltöltő anyagnak, felhasználható továbbá könnyűbeton adalékanyag, továbbá könnyűkerámiai építőelemek gyártására. A könnyűbeton-adalékanyagok gyártástechnológiája még nincs tökéletesen megoldva, de az agyagkötésű porszénhamutég-

láknek gyártását is csak egyes országokban vezették be, így Angliában és az Egyesült Államokban; hazánkban sem gyártják annak ellenére, hogy megfelelő technológiai eljárás áll rendelkezésre.

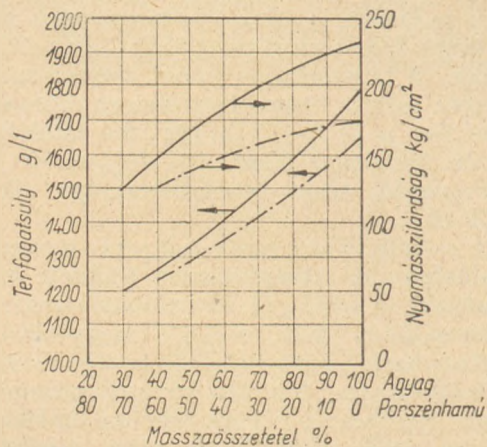
Kerámiai építőelemek gyártására azok a porszenhamu-fajták jöhetnek figyelembe, amelyeknek oxidos összetétele a közönséges téglagyagokéhoz hasonlít, kovavartartalmuk 40%-nál nagyobb, alumíniumoxid-tartalmuk 15%-nál és vasoxid-tartalmuk 5%-nál nem kisebb, továbbá szulfid-, oldható szulfid- és szulfáttartalmuk, valamint reakcióképes kalciumoxid-tartalmuk elenyészően csekély. Nem tartalmaznak tehát olyan káros alkatrészeket, amelyek a kiégetett termék mállását vagy kivirágzását idézhetik elő [30]. A kovavavban és alumíniumoxidban szegény, sok reakcióképes kalciumoxidot és oldható szulfátokat tartalmazó porszenhamuk kerámiai építőelemek gyártására nem alkalmasak. A hazai porszenhamuk közül a borsodi-, tatai-, mátravidéki-, dorogi- és nógrádi-, valamint a pécsi szenek porszenhamui kielégítik a követelményeket, nem elégitik ki az ajkai-, ill. inotai szeneké.

Az agyagkötésű porszenhamutéglák technológiáját a 40-es és 50-es években dolgozták ki Amerikában és Angliában [31]. A porszenhamu és agyag keverékéből nedves vagy félszáraz masszát készítenek, sajtolják és kiszáritva 950–1050 °C-on égetik. A nyersanyag-keverék porszenhamu-tartalma 30–60%.

Hazai nyersanyagaink felhasználásával a kiscelli márgásagyaggal kötött csepeli porszenhamuból és a mályi agyaggal kötött mátrai porszenhamuból előállított könnyű falazótéglák térfogatsúlyúnak és nyomószilárdságának értékeit a nyersanyag-keverék agyag- és porszenhamu-tartalmától függően a 6. ábra szemlélteti [32].

Az ábrából leolvasható, hogy a nyersanyag-keverék megfelelő megválasztása esetén 1250–1350 g/l térfogatsúlyú tömör téglákat lehet előállítani. Ha az előbbi agyag és porszenhamu 1:1 arányú keverékéhez 10–15% fűrészport adagolunk, a kőszivacs-téglával azonos térfogatsúlyú, de lényegesen nagyobb szilárdságú anyagot nyerhetünk (7. ábra).

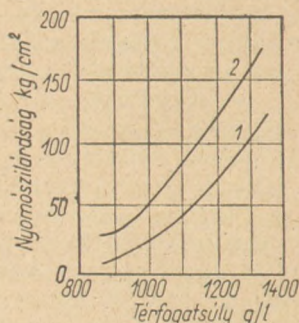
A nyersanyag-keverék porszenhamu-tartalma 75–85%-ra növelhető és 950–1100 g/l térfogat-



6. ábra. Porszenhamu téglák térfogatsúlya és nyomószilárdsága a nyersanyag összetételétől függően

súlyú építőelemek állíthatók elő az Intézetünkben kidolgozott vibroprésés formázási eljárással [33]. Ezzel a durvakeramiaiiparban eddig nem alkalmazott módszerrel a földnedves masszát formázó szekrényel, nyomó- és kitolószerkezettel ellátott 3000–4200/min rezgésszámú vibroasztalon formázzák 1,0–2,0 kg/cm² nyomással. Ily módon 5–10-szeres téglaméretű, öt oldalon zárt, üreges blokkok is előállíthatók.

Az agyagkötésű porszenhamu építőelemek jellegzetes sajátága a nagy pórustérfogatuk és kis térfogatsúlyuk ellenére a viszonylagosan nagy



7. ábra. Közönséges (1) és porszenhamuval előállított (2) kőszivacslemezek nyomószilárdsága térfogatsúlyuk függvényében

nyomószilárdságuk. A nagy szilárdság kialakításában minden bizonnyal szerepe van a porszenhamu túlnyomórészt üveges fázisú alkatrészeinek. Az agyagkötésű porszenhamu-elemek kedvező mechanikai ellenállóképességük, ill. szilárdságuk következtében nemcsak burkoló-, térkitöltő- és ön-hordó-építőelemekként, hanem teherhordó falazatok építésére is felhasználhatók.

Kerámiai kötésű duzzasztott agyag. A duzzasztott agyag építőelemek nyersanyagai duzzasztott agyagörlemény és képlékeny agyag.

A duzzasztott agyagot 1000–1050 °C-on tömörre égő mészszegevény laza szöveti szerkezetű, nagyképlékenységgű agyagból, vagy tömött szövetű nem képlékeny agyagpalából állítják elő gyors felhevítés útján. Ez agyagfajták túlnyomórészt 10 μ-nál kisebb alkatrészekből állnak, sok montmorillonit- vagy illit-csoportba tartozó agyagásványt tartalmaznak, továbbá finom eloszlású kvarcot és alkáloxidot, végül 7–12% vasoxidot és 0,3–1,5% szerves anyagot, elemi szénben kifejezve. A duzzadást a két utóbbi alkatrészeknek 750–1150 °C között lejátszódó reakciója idézi elő; [34] a ferrioxid szénmonoxid fejlődése közben redukálódik: $Fe_2O_3 + C \rightarrow 2FeO + CO$. Sokáig a ferrioxid termikus disszociációját is a duzzadás előidézőjének tekintették: $6Fe_2O_3 \rightarrow 4Fe_3O_4 + O_2$; kitűnt azonban, hogy ennek a folyamatnak nincs szerepe a duzzadásnál, mert az oxigénfejlődés közben végbemenő redukció csak 1300 °C körüli hőmérsékleten indul meg [35].

A gázképző alkatrészek jelenléte azonban egymagában még nem elegendő ahhoz, hogy az agyag felduzzadjon. A gázképződés hőmérsékletén az agyagnak piropasztikus állapotban kell lennie és a piropasztikus anyag eléggé tömör és viszkózus kell legyen, hogy a felszabaduló gázokat vissza tudja tartani [36].

A duzzadás mechanizmusa jól jellemezhető az agyagból formázott és lassú felhevítéssel égetett próbatestek száradási és égetési zsugorodásával, pórusterfogatóval, továbbá a zsugorodásnak és pórusterfogatnak az égetési hőmérséklettől függő változásával. A duzzadó agyagoknak száradási és égetési zsugorodása nagy és az égetési hőmérséklettel fokozatosan emelkedik. Pórusterfogatuk már nyers állapotban is kicsi és az égetés 900—1100°C-os szakaszában, ahol a vasoxid redukciójával egybekötött gázfejlődés intenzívvé válik, egyre rohamosabban csökken. A piropasztikusá váló anyag pórusait üvegolvadék tölti ki, az anyag tömörsége megakadályozza a gázok távozását, a duzzadás ezért szükségképpen bekövetkezik. Ezzel szemben a nem duzzadó agyagok zsugorodása viszonylagosan kismérvű és az égetési hőmérséklettel csak csekély mértékben emelkedik. Pórusterfogatuk már eredeti, nyers állapotukban is nagy és a duzzadást előidéző gázképződés hőmérsékletén csak kismértékben csökken; a kapilláris pórusos szerkezet következtében a gázok könnyen távoznak az agyagból, ezért nem idézhetnek elő duzzadást. A pórusterfogat csökkenését különböző tényezők gátolhatják, így a nagyobb mennyiségben előforduló durva homok vagy kőzettörmelék és az agyag kalciumoxidtartalma, finomeloszlású kalcium-karbonát formájában; ez utóbbi az égetésnél széndioxid fejlődése közben végbemenő bomlása következtében kapilláris, ill. pórusképző anyagként szerepel és elősegíti a duzzadást előidéző gázok távozását.

A duzzasztott agyag gyártástechnológiáját Amerikában dolgozták ki a 20-as években [37]. A nyersanyagot a duzzasztáshoz száraz vagy nedves eljárással készítik elő. A száraz eljárásnál az agyagból vagy agyagpalából pormentes darát állítanak elő, a nedves eljárásnál a vízzel képlékennyé tett agyagmasszából granulátumot készítenek és azt kiszáritják. A duzzasztásra legjobban bevált készülék a cementiparból ismert ellenáramú forgócső-kemence. A száraz eljárással előkészített dara duzzasztására jó eredménnyel alkalmazták a zsugorítógépet is. Üzemi adatok összehasonlítása alapján a két eljárás közötti különbséget a következőkben jellemezhetjük. A zsugorítógépes berendezés beruházási költsége lényegesen nagyobb, viszont az energia-fogyasztás, munkabéreköltség és ennek folytán a késztermék szállítási költsége kisebb, mint a forgócső-kemencés berendezésnél. A duzzasztott termék minősége szempontjából viszont a forgócső-kemencés eljárás az előnyösebb, mert a kavics minősége, ill. szöveti szerkezete egynemű, szemben a zsugorító-rostélyon gyártott termékkel, melynél a tömbökké összesült agyag nem expandált, vagy csak tökéletlenül expandált részeket is tartalmaz; a tömbökből aprítás útján előállított anyag szöveti szerkezete nem egynemű. A duzzasztási hőmérséklet mindkét eljárásnál többnyire 1000—1100 °C, a duzzasztás időtartama 10—35 perc. A duzzadó agyagok duzzadásának mértékszáma, azaz az expandált és a kiindulási anyag fajlagos térfogatának hányadosa elég tág határok között váltakozik; a jól duzzadó agyagoké 2,5—4,5. Az 5—40 mm méretű kavicsok for-

májában előállított termék halmaztérfogatsúlya az előbb megadott duzzadási mértékszám mellett 500—200 g/l, pórusterfogata 55—80 %.

A duzzasztott agyagkavics (Expanded clay, Keramzit, Blähton) gyártása a 40-es évek óta világszerte elterjedt. Hazánkban is létesült 1958-ban kísérleti gyár, de jelenleg nincs üzemben, annak ellenére, hogy Alföldünkön, a Tisza, Kőrös és Maros árterületén korlátlan mennyiségben előforduló áradási vagy öntési agyagok Európában a legkiválóbb alapanyagot szolgáltatják a duzzasztásra. (Mezőtúr, Sárospatak, Tiszabercel, Karcag.) Ez agyagokból 180—240 g/l halmaztérfogatsúlyú termék állítható elő viszonylagosan kicsiny hőenergiafogyasztás mellett, minthogy az expandálás energia-szükségletét a késztermék térfogatsúlya határozza meg, annak csökkentésével a duzzasztáshoz szükséges energia arányosan kisebbé válik.

A duzzasztott agyagot az építőiparban elsősorban könnyűbeton-adalékanyagként alkalmazzák [38]. Előnyösen felhasználható azonban kerámiai kötésű könnyű építőelemek gyártására is [39]. A kerámiai idomtestek előállítása céljából a duzzasztott agyagból 8—10 mm-nél nagyobb szemcséket nem tartalmazó folytonos szemszerkezetű zúzalékot állítanak elő és azt 20—25%, sőt nagyobb %-ban nagyképlekenységű agyaggal keverik. A keverékből 20—30% vízzel formázható masszát készítenek és azt csömöszöléssel, döngöléssel, azonban legegyszerűbben vibroprésen 4—5 kg/cm² nyomással formázzák. A kiformázott, többnyire 8—15-szörös téglaméretű üreges idomtesteket 950 °C körüli hőmérsékleten égetik kör- vagy alagútkemencében. Az égetési hőmérsékletnek a duzzasztott anyag-adalékanyag zsugorodási hőmérsékleténél alacsonyabbnak kell lennie. A kiégetett termék térfogatsúlya 700—1000 g/l; nyomószilárdsága 25—50 kg/cm². Az anyag pórus szerkezete nem egyenletes: mikropórusok mellett nagyméretű, szabad szemmel is jól látható 0,5—5,0 mm, sőt ennél nagyobb méretű makropórusokat is tartalmaz. Térkitöltő, önhordó és teherhordó épületszerkezetek falazására alkalmazzák az építőiparban.

4. Nagy hőállóságú könnyű kerámiai építőanyagok. Kovaföldből és tűzálló anyagokból előállított hőszigetelő anyagok. A kerámiai kötésű vermikulit és a kerámiai kötésű perlit

A nagy hőállóságú könnyű kerámiai építőanyagokat hőhatásokkal szemben nagyfokú ellenállóképességük, térfogatállandóságuk, hőmérséklet ingadozásokkal szembeni ellenállóképességük és különleges esetekben magas olvadáspontjuk és magas nyomás alatti lágyuláspontjuk jellemzi. A nagy hőállóságú, könnyű kerámiai építőelemeket 350—500 °C-nál magasabb hőmérsékletre igénybevett ipari hőkezelő berendezések, kazánok, kemencék, tartályok, folyadék gőz- és gázvezetékek és egyéb szerelvények hőszigetelésére használják. A nagy hőállóságú anyagokat két csoportba sorozzuk. Az első csoportba a legfeljebb 900 °C-ig alkalmazható anyagok tartoznak, a másodikba a

900 C°-nál, a legtöbb esetben 1200 C°-nál is magasabb hőmérsékletáig igénybevehető anyagok.

A nagy hőállóságú könnyű kerámiai építőanyagok hőszigetelő képességét nagy mértékben befolyásolják a pórusméretek. Magas hőmérsékletre igénybevett szigetelő anyagok hőszigetelő képessége csak az esetben kielégítő, ha a pórusméreteik kicsik. A levegő egyenértékű hővezetési tényezőjének tárgyalásakor már kifejtettük, hogy a különben azonos pórustérfogatú, vagy üregtérfogatú anyagokban a pórus átmérő, ill. üregkesztmetszet növekedésével a hővezetési tényező is növekszik és csökken a hőszigetelő képesség. A hővezetési tényező azonban — mint ismeretes — a hőmérséklet emelkedésével is nő, és pedig annál rohamosabban mértékben, minél nagyobbak a pórusok. Magas hőmérsékleten a szigetelőanyag pórusaiban lévő levegő hővezetési tényezője nagyobbá válhat, mint a szilárd vázlat felépítő alkotórészeké. A pórusokban lévő levegő egyenértékű hővezetési tényezője ugyanis három tagból tevődik össze:

$$\lambda^* = \lambda_0 + \lambda_k + 1,2a\delta C_k$$

ahol λ_0 a nyugvó levegő hővezetési tényezője, λ_k a konvekció útján terjedő hőnek megfelelő hőmennyiség értékszám, $1,2a\delta C_k$ a sugárzás útján terjedő hőmennyiség értéke: a a sugárzás hőmérséklet-tényezője, δ a pórusátmérő mm-ben, C_k a szemben lévő felületek kölcsönös sugárzási tényezője kcal/mh/K°-ben.

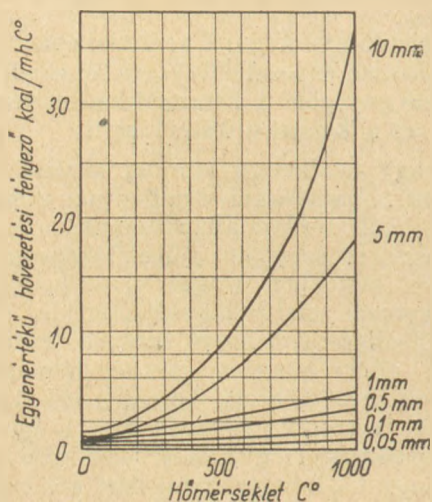
Míg alacsony hőmérsékleten főképpen vezetés útján terjed a hő, a hőmérséklet emelkedésével a konvekciónak, de különösen a sugárzásnak van döntő jelentősége. Amíg a vezetés és konvekció csak lineárisan nő a hőmérséklettel, a sugárzás ezzel szemben a hőmérséklet negyedik hatványával arányos, tehát a hőmérséklet emelkedésével egyre rohamosabban nő a pórusokon át sugárzással közölt hőmennyiség. Igen magas hőmérsékleten a sugárzás útján átadott hő mennyisége nagyméretű pórusokban annyira megnövekszik, hogy a pórusos anyagok hőszigetelő hatása fokozatosan megszűnik. Az elektromos ívfény hőmérsékletén a pórusos anyagoknak hőszigetelőképessége már

nincs, csak tömör anyaggal lehet szigetelni. A levegő egyenértékű hővezetési tényezőit különböző pórusméretek mellett a hőmérséklettől függően az előbb közölt képlet szerint számított adatok alapján a 8. ábra görbéi szemléltetik. Az ábra görbéiből kiténik, hogy a hővezetési tényező növekedése 500 C°-tól kezdődően különösen az 1 mm-nél nagyobb méretű pórusoknál nagymérvű. Hatásos hőálló, hőszigetelő anyagokban ezért 1 mm-nél kisebb méretű pórusokat kell kialakítani.

A nagy hőállóságú kerámiai hőszigetelő anyagokkal szemben nagyok a követelmények. Használhatóságukat hővezetési tényezőjükön kívül, mechanikai ellenálló-képességük, nyomó- és hajlítószilárdságuk, ellenállóképességük hirtelen hőmérsékletváltozásokkal szemben és nyomás alatti lágyuláspontjuk szabja meg. A használhatóság hőmérsékletáát általában a 0,25 kg/cm² terhelés mellett meghatározott lágyuláspont adja meg. Fontos követelmény az is, hogy az építőelemek felhasználásuk hőmérséklet-határain belül utánsugorodást, vagy duzzadást ne mutassanak.

Kovaföld-alapú hőszigetelő anyagok. A kovaföld édesvízi és tengeri, egysejtű moszatoknak, a diatomáknak 10—200 μ nagyságú páncéljaiból felépített üledékes kőzet. A kovapáncél a diatomák életműködése folytán kiválasztott kovasavgel-dehidratációja útján képződött amorf kovasavból áll, röntgen diffrakciós és differencial-termikus vizsgálatok szerint opál [40]. A kovasavgel mellett a diatomák alumínium, vas és alkáli-földfém vegyületeket is leválasztanak; ezek és a diatomák szerves maradványai a kovaföldet szennyezik [41]. Az ülepedés folyamán e szennyeződésekhez kvarchomok, agyagásványok, (illit, montmorillonit), alkáli- és alkáliföldfém-karbonátok és -szulfátok is járulhatnak. A kovapáncél igen kicsi, sokszor 1 μ -nál kisebb mikroszkópos méretű falakkal határolt, szabályos formájú pórusokkal van átszőve, melyek a méhviasz sejtszelethez hasonló elrendezésűek. Kerámiai szempontból azok a kovaföld-féleségek értékesek, amelyekben a szennyező alkotórészek mennyisége a légüreggellel átszőtt amorf kovasav mennyiségéhez viszonyítva kevés. A kovaföld kovasav tartalma 70—95%; 0,5 mm szemcsefinomságú őrlményének halmaztérfogatsúlya lazán 200—350 g/l, berázva 360—550 g/l. Fajsúlya 2,10—2,35 g/ml. A kovaföldből nedvesen formázott testek zsugorodása szárazon 2—6%, 900 C°-on kiegészítve 3—12%, térfogatsúlya szárazon 650—850 g/l, 900 C°-on kiegészítve 600—800 g/l. A 70—85% kovasavtartalmú kovaföld olvadáspontja 1300—1500 C°, a 90%-nál több kovasavat tartalmazó kovaföldé 1580 C° felett van, tehát tűzálló.

Hazánkban több helyen fordul elő kovaföld. Különösen a Mátrában, Szurdokpüspöki határában és a Tokaji-hegységben Tályán és Erdőbényén feltárt települések szolgáltatnak jó minőségű kovaföldet. A szurdokpüspöki kovaföld kísérő alkotórészként 7—20% agyagot és kalciumkarbonátot tartalmaz; kovasav-tartalma 70—80%. A tokaj-hegységi kovaföldek szennyeződése kisebbmértvű, kovasav-tartalmuk 80—95%, egy részük tűzálló [42].



8. ábra. A levegő egyenértékű hővezetési tényezői a pórusméretek és a hőmérséklet függvényében

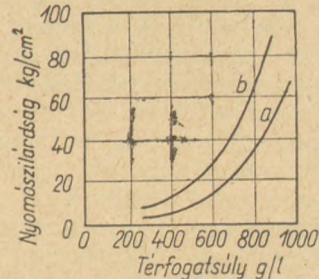
A kerámiai kovaföld gyártmányokat a durva kerámiaiparban szokásos nedves eljárás szerint állítják elő. A kiégetett termék térfogatsúlyának csökkentése és ezzel egyidejűleg a hőszigetelő képességének növelése céljából a kovaföldet általában nem egymagában, hanem az égetésnél elgázosodó, illetve kiegészítő szerves adalékanyaggal, fűrézporral, parafadarával stb. dolgozzák fel. A képlékenység, illetve formázhatóság biztosítása és a termék szilárdságának növelése érdekében a nyersanyagkeverékbe még képlékeny agyagot is adagolnak.

Az égetett kovaföld téglákat és idomtesteket kétféle minőségben, közönséges és tűzálló minőségben gyártják. Az előbbiek 900 °C-ig használhatók, az utóbbiak használhatóságának hőmérséklet-határa 1100—1350 °C. A kétféle gyártmány anyagi felépítése és égetési hőmérséklete különböző. A közönséges kovaföldtégla alapanyagában a kovaföld több-kevesebb szennyeződést tartalmazhat és az agyaggal szemben sincsenek különös követelmények a képlékenységen és kötőképességen kívül; a téglákat 950 °C körüli hőmérsékleten égetik. A nagyobb hőállóságú, illetve tűzálló téglákhoz csak 1580 °C felett olvadó 85%-nál több kavasavat tartalmazó kovaföld használható és az agyagnak is tűzállónak kell lennie; égetési hőmérsékletük 1200—1400 °C. A kétfajta gyártmány égetésekor végbemenő folyamatok között is lényeges különbség van. A közönséges téglára 950 °C-on végbemenő égetésekor a kovaföldben levő kavasav megtartja eredeti amorf állapotát; az amorf kavasavnak a kvarc üvegéhez hasonlóan kicsiny a tágulási együtthatója, ezért a kiégetett téglák hirtelen hőingadozásoknak ellenállanak. A nagy hőállóságú téglák 1200—1400 °C égetési hőmérsékletén az amorf kavasav kristályos kavasavvá alakul át, tridimit és kristobalit képződik. Mint-hogy ezeknek hőtágulási együtthatója az amorf kavasavnak többszöröse és az a hőmérséklet emelkedésével 120—160 °C-on, illetve 230 °C-on ugrásszerűen megnövekszik, a téglák ellenállóképessége hirtelen hőmérsékletváltozásokkal szemben kicsi.

A kerámiai kötésű kovaföld hőszigetelő anyagok térfogatsúlya 500—1100 g/l, a 900 °C hőállóságú anyagoké általában 500—600 g/l, a nagyobb hőállóságú, illetve tűzálló anyagoké 900—1100 g/l. A kétfajta termék hővezetési tényezője 20 °C-on 0,12—0,13 és 0,15—0,18 kcal/mhC°, 400 °C-on 0,15—0,16 és 0,17—0,22 kcal/mhC°. Mechanikai ellenállóképességük és szilárdságuk elsősorban az anyag térfogatsúlyától függ, annak csökkenésével rohamosan süllyed; de nagymértékben függ az égetési hőmérséklettől is. Befolyása van a szilárdságra a kovaföld és a kötő agyag minőségének, valamint a kiégetett termék pórusméreteinek is, de az utóbbiaknak hatása nem számottevő. A 9. ábra az égetett kovaföld téglák szilárdságát tünteti fel a térfogatsúly és az égetési hőmérséklet függvényében [43].

Hazánkban kétféle minőségű égetett kovaföld idomtesteket gyártanak, termalit és szupertermalit idomtesteket, téglák és csőhéjak formájában. Az 500 g/l és 900—100 g/l térfogatsúlyú testek hő-

állósága 900 °C és 1050—1100 °C, nyomószilárdsága 5—7 kg/cm², illetve 20—25 kg/cm². Nagy hőállóságú, illetve tűzálló idomokat Magyarországon nem gyártanak. A külföldi gyártmányok között kiváló minőségűek a dán kovaföldből előállított 1250 °C hőmérsékletig használható Sterchamol-téglák és a tűzálló kovaföldből és a kaliforniai kovaföldpalából előállított 1300—1400 °C hőállóságú Diatomit, illetve Silocel készítmények.



9. ábra. Kovaföldtéglaak nyomószilárdsága térfogatsúlyuk és égetési hőmérsékletüktől függően: a) égetési hőmérséklet 950 °C, b) égetési hőmérséklet 1350 °C

Tűzálló anyagokból előállított hőszigetelő anyagok. A tűzálló anyagokból előállított könnyű építőelemek 600—1500 g/l térfogatsúlyú termékek. Kémiai összetételük és ásványi felépítésük nagyjából azonos az 1700—2500 g/l térfogatsúlyú tömör szöveti szerkezetű, tűzálló építőelemekével, azonban nagy pórustérfogatuk következtében lényegesen kisebb az ellenállóképességük mechanikai és vegyi hatásokkal szemben, alacsonyabb a nyomás alatti lágyuláspontjuk, pórushálózatukba a gázok, szállópor, hamu és megolvadt salak könnyen behatolnak és az anyagban roncsoló hatást fejthetnek ki. Fontosabb könnyű tűzállóanyag gyártmányok a főképpen kaolinit $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ agyagásványt tartalmazó tűzálló agyagból előállított könnyű samott, a szillimanitból $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$, illetve annak polimorf módosulataiból, az andaluzit és cianitból előállított könnyű szillimanit és mullit, továbbá a kristályos vagy amorf kavasavból SiO_2 , előállított könnyű szilika és a tűzálló kovaföldből, illetve — palából előállított és az előzőekben már ismertetett könnyű tűzálló diatomit.

A hőszigetelő vagy könnyű tűzálló építőanyagokat kétféle technológiai eljárás szerint gyártják [44].

Az egyik eljárásnál a nyersanyag-keverék túlnyomórészt tűzálló, nagyporozitású, kis térfogatsúlyú alkatrészekből áll és viszonylagosan csak kevés tömör szöveti alkatrészt tartalmaz agyag vagy más, a kötőképességet és formázhatóságot biztosító anyag formájában. A kis térfogatsúlyú könnyű alkatrészek pórusos szöveti szerkezetüket a nyersanyagelőkészítés, formázás és szárítás folyamán megtartják, porozitásuk még az égetésnél végbemenő, mélyreható fizikai és kémiai átalakulások alatt sem változik számottevő mértékben. A termék kis térfogatsúlyát és hatásos hőszigetelő képességét a nyersanyagkeverékhez felhasznált mesterségesen előállított és természetes előfordulású, nagypórustérfogatú tűzálló adalékanyagok minősége és mennyisége határozza meg.

Mesterségesen előállított nagyporozitású adalékanyagok a tűzálló agyagokból vagy a szilika alapanyagaiból fűrészpor, széndara, antracit stb. bekeverésével kiégetett 400—800 g/l térfogatsúlyú őrleményei. Eredeti összetételében alkalmazott pórusos adalékanyag a kalcinált vagy égetett 700—1000 g/l térfogatsúlyú kovaföld őrleménye, továbbá néhány ipari melléktermék, mint pl. a majdnem tiszta SiO_2 allotrop módosulataiból, amorf kavasvból, kristályos tridimitből és krisztobalitból álló 300—500 g/l térfogatsúlyú, illetve 180—200 g/l halmaztérfogatsúlyú és kovaföldhöz hasonló mikroszkópos méretű légcellákat tartalmazó rizshéjhamu [45].

A második eljárásnál a kerámiai masszát a tűzállóanyagipar tömör szövetű nyersanyagaiból, tűzálló agyag, kvarcit, szillimanit stb. állítják össze és a késztermék nagy porozitását pórusképző adalékanyaggal biztosítják. Pórusképző adalékanyagként habképző, továbbá gázfejlesztő anyagokat és magas hőmérsékleten kiégető, illetve elgázosodó anyagokat használnak, melyeket finomeloszlású állapotban visznek a nyersanyagkeverékbe. A habosító, illetve gázfejlesztő anyagok a pórusokat a nyersanyag előkészítésekor, vagy a formázáskor létesítik. Szerves éghető, illetve elgázosodó adalékanyagok alkalmazása esetén viszont a pórusképződés az égetési folyamat alatt megy végbe. A kerámiai agyag kis térfogatsúlyát és jó hőszigetelőképességét ez esetben a habosító és gázfejlesztő anyagok, illetve a kiégető és elgázosodó szerves adalékanyag minősége és mennyisége szabja meg.

Habosító anyagként a víz felületi feszültségét csökkentő vegyületeket használnak; ilyenek a gyantaszappan, szénhidrogének szulfonsavas sói stb. A habosra felvert masszát szétszedhető formákba öntik. A massa megszilárdulása után a formákat szétszedik és az idomtesteket kiszárítják.

A pórusképzésre használt gáz lehet hidrogén, oxigén vagy széndioxid. Hidrogén, alumínium vagy magnézium-porral fejleszthető a sűrűn folyó masszában lúgos anyagok jelenlétében; oxigén a masszához kevert hidrogénperoxidból vagy perborátokból, szénsav a masszához kevert dolomitből szabadítható fel kénsav hatására. A gázképző anyagokkal összekevert masszapépet vagy szuszpenziót még a gázképződés megindulása előtt formákba öntik, azonban a formákat nem töltik ki teljesen. Ha a gázképződés következtében felduzzadt anyag a formákat kitöltötte és megkeményedett, a testeket a formákból kiszedik és szárítják.

Az égetési folyamat alatt kiégető vagy elgázosodó szerves pórusképző adalékanyagként többnyire fűrészport vagy széndarát használnak és ezt a nyersanyag-előkészítés során keverik a nyersanyagkeverékbe.

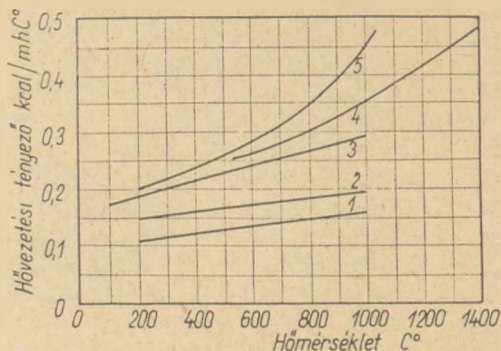
A kiszárított idomtesteket összetételüktől, ill. minőségüktől függően 1350—1600 °C hőmérsékleten égetik ki.

A könnyű tűzállóanyagok műszaki jellemzőit a következőkben vázoljuk [46]. A könnyű samott-téglák 1250—1300 °C-ig használhatók, 700—1200 g/l térfogatsúlyúak és nyomószilárdsá-

guk 25—100 kg/m²; hirtelen hőingadozásoknak ellenállanak. A könnyű szillimanittéglák használhatóságának hőmérsékletátára 1500—1550 °C; 1100—1400 g/l térfogatsúly mellett 50—120 kg/cm² szilárdságúak, hőingadozásokkal szemben igen nagy az ellenállóképességük. A könnyű szilika-téglák 1600 °C-ig használhatók, 600—1200 g/l térfogatsúlyúak, 50—100 kg/cm² szilárdságúak, hőingadozásokkal szembeni ellenállóképességük csak a vörös izzás hőmérsékletén felül van. Végül a 600—900 g/l térfogatsúlyú kovaföld téglák 1200—1300 °C-ig használhatók, térfogatsúlyuk 600—900 g/l, 10—25 kg/cm² szilárdságúak és hőingadozásokkal szembeni ellenállóképességük csekély. A könnyű tűzálló anyagok hővezetési tényezőit a hőmérséklet függvényében a 10. ábra tünteti fel [47].

A könnyű tűzállóanyagokat főképpen kohászati, kerámiai stb. kemencék és a vegyipar különböző magas hőmérsékletű hőkezelő berendezéseinek hőszigetelésére használják. A hőszigetelés külső, közbenső és belső szigetelésekkel oldható meg. Külső szigetelésnél a kemence külső falazatát burkolják a szigetelőanyaggal, közbenső szigetelésnél a szigetelő anyagot a tűzálló bélés és külső falazat közé építik be, végül belső szigetelésnél a szigetelő réteg magát a tűzálló bélést helyettesíti. Külső és közbenső szigetelésre többnyire 900 °C hőállóságú szigetelőanyagok is alkalmasak. A tűzálló kovaföldtéglák és a könnyűsamott közbenső és belső szigetelésre is használható. Az 1500—1600 °C hőállóságú szillimanit és szilika-téglákat 1400 °C-nál magasabb hőmérsékletű égetőtercek belső bélésékként használják. A tűzálló bélés csak az esetben készíthető könnyű tűzálló téglákból, ha azok a tűztérben levő szilárd, folyós vagy gáznemű anyagok vegyi és koptató hatásának nincsenek erősen kitéve.

A kemencék és hőkezelőberendezések hőszigetelésének célja a falazatban tárolt hőokozta veszteségek és a falazat által kisugárzott hőveszteségek csökkentése. A falazatban tárolt hő által okozott óránkénti veszteség rövid ideig működő, szakaszos üzemi kemencékben nagy. A fűtés vagy égetés idejének növekedésével, folytonos üzemi kemencékben ez a veszteség fokozatosan csökken. Ha a kemence falazata teljes hőkapacitásának megfelelő hőmennyiségét felvette, a veszteség nullává válik. A sugárzási veszteség ezzel szemben



10. ábra. Könnyű tűzálló anyagok hővezetési tényezője a hőmérséklettől függően

1. kovaföldtégla $\gamma = 600 \text{ g/l}$; 2. u. a. $\gamma = 900 \text{ g/l}$; 3. samott $\gamma = 750 \text{ g/l}$; 4. szillimanit $\gamma = 1200 \text{ g/l}$; 5. szilika $\gamma = 700 \text{ g/l}$

az égetési idővel megnövekszik és állandó értéket vesz fel, ha a sugárzó falfelület hőmérséklete már nem emelkedik [48]. A sugárzás okozta hővesztesség külső szigeteléssel mérsékelhető, mert ezzel a sugárzó felület hőmérsékletét csökkenti. A tárolt hő okozta veszteség csökkenthető, ha a hőt felvevő belső kemencebélést részben vagy egészben hőszigetelő-réteggel helyettesítjük, ami közbenső vagy belső szigeteléssel valósítható meg. A könnyű tűzállóanyagoknak egyrészt kisebb hővezetési tényezőjük miatt kisebb a hőkapacitásuk; másrészt kisebb hővezetési tényezőjük következtében a tűzálló bélés vékonyabbra méretezhető, ami a tárolt hőmennyiség további csökkenését eredményezi.

A tűzálló könnyű építőanyagok közül hazánkban csak az 1050—1100 g/l térfogatsúlyú könnyű samott-téglát gyártják.

Kerámiai kötésű vermikulit hőszigetelő anyagok.

A vermikulitalapú, könnyű építőelemek alapanyaga a vermikulit gyors felhevítése útján előállított duzzasztott termék. A vermikulit pontosan nem definiálható kémiai összetételű, víztartalmú magnéziumalumíniumszilikát; a magnézium-csilámoknak, biotitnak, kloritnak mállási terméke. Lemezes szöveti szerkezetű ásvány, újabban az agyagásványok közé sorozzák; rácsszerkezetét az $[Al, Fe, Mg]_2 [Al, Fe, Si]_4 O_{10}(OH)_2 [Mg, Ca]_y [H_2O]_x$ képlettel jellemzik, ahol x a rácssíkok közötti vízmolekulák számát, y a kieserélhető ionokat, z az oktaédesen kötött ionokat jelenti [49]. Víztartalma 5—12%. A víz részben 110 °C alatt könnyen kiűzhető formában, részben csak 110—400 °C-on és a vörös izzás hőmérsékletén eltávolítható vegyileg kötött formában van jelen. A vermikulit duzzadását gyors felhevítés hatására a vegyileg kötött, vörös izzáson távozó víz idézi elő. A duzzadás a pseudo-hexagonális kristálylemez felületére merőleges irányban megy végbe és a duzzadás folyamán a vékony lamellák a felületre merőleges tengely körül elcsavarodnak. Ennek következtében a duzzasztott termék sajátságos, harmonikus szerkezetű, izelttestű féreghez hasonló formát vesz fel [50]. A vermikulitot zúzalék formájában duzzasztják különböző rendszerű álló és forgócsökemencékben. A duzzasztási hőmérséklet 850—1050 °C, a duzzasztás időtartama 2—10 perc, a közet minőségétől és a szemcsék méretétől függően. A duzzadás mértékszám 6,5—22,0. A lamellás szerkezetét megtartó, különböző mérethatárok közé eső szemcsefrakciók halmaztérfogatsúlya 60—180 g/l, pórus-térfogata 75—95%. A duzzasztott terméket kis hővezetési tényezője és 1300 °C-ot meghaladó olvadási hőmérséklete mellett nagy mechanikai ellenállóképessége, szívóssága és rugalmassága is jellemzi [51].

Kerámiai kötésű vermikulit gyártására többféle eljárást ismerünk [52]. Kötőanyagként általában közönséges képlékeny agyagot, esetleg bentonitot vagy fullerföldet használnak. A 30—60% duzzasztott vermikulit és 40—70% agyag keverékének 20—60% vízzel képlékeny tét masszájából nedves vagy félszáraz sajtolással formázott és kiszáritott testeket kiégetve 500—1000 g/l térfogatsúlyú terméket kapunk. Újabban az idom-

testeket vibropresén is formázzák [53]. Nagy víztartalmú masszából öntés útján is lehet idomokat előállítani. Az ily módon tömör és üreges formában előállított gyártmányok egyrészt az építőiparnak nyújtanak 30—60 kg/cm² szilárdságú építőelemeket, téglákat és falazóblokkokat, másrészt 900 °C hőmérsékletéig ipari hőszigetelőanyagként is alkalmazhatók. A termék szilárdsága a kötőagyag minőségétől és mennyiségétől függ.

A kötőanyag megfelelő megválasztásával 900 °C-nál magasabb hőállóságú vermikulit-építőelemek is előállíthatók. Így 70—85% duzzasztott vermikulit és 15—30% hektorit keverékének képlékeny masszájából 450—750 g/l térfogatsúlyú, 1150 °C hőmérsékletéig használható hőszigetelő idomtestek gyárthatók; a termék nyomószilárdsága 8—15 kg/cm², utózsugorodása 1150 °C-on 1%-nál kisebb [54]. A hektorit a montmorillonit csoportba tartozó magnéziumszilikáthidrátból álló agyagásvány, melyben a kovásv és magnéziumoxid aránya 2:1. Kristálykémiai összetétele a $[Mg_{2,67}(LiNa)_{0,33}]Si_4O_{10}(OH)_2$ képlettel jellemezhető [55]. Az ásvány többnyire kevés kalciumkarbonáttal és alumíniumoxiddal szennyezett. Kötőanyagként a hektorittal azonos kémiai összetételű, mesterségesen előállított kolloidális magnéziumszilikáthidrát is alkalmazható.

Újabban a vermikulit idomtestek hőállóságát még tovább növelték [56]. Az 50—60% duzzasztott vermikulitot tartalmazó kerámiai massa kötőanyagként tűzálló agyagot használnak és a nyersanyagkeverékhez cianit vagy szillimanit órleményt adagolnak. Az 500—700 g/l térfogatsúlyú kiégetett termék 1250 °C hőmérsékletéig alkalmazható és ellenáll hirtelen hőingadozásoknak.

Megemlítjük még, hogy a vermikulit, mint adalékanyag mechanikai ellenállóképessége, rugalmassága és szívóssága folytán jól felhasználható a csekély szilárdságú kovaföldtéglák minőségének javítására is [57].

Vermikulit előfordulásokat hazánkban ezideig nem tártak fel és vermikulit alapú építőelemeket nem gyártanak.

Kerámiai kötésű perlit—hőszigetelő anyagok.

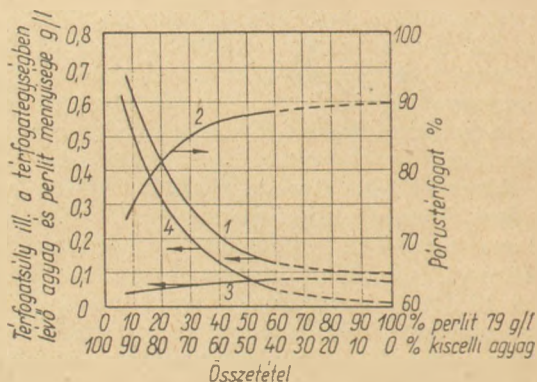
A perlit a 70—75% kovavartartalmú vulkanikus magmáknak, elsősorban a riolit-lávának gyors lehűlésekor keletkezett víztartalmú üveges változata. A többnyire hajszálrepedésekkel átszőtt közet mállása közben gyöngyszemekre esik szét, innen származik a neve is; a Perle német szó, gyöngyöt jelent. A perlit ugyanúgy, mint a duzzadó agyag, vagy vermikulit, gyors felhevítés hatására duzzad, térfogata eredeti térfogatának többszörösére növekszik, tehát az égetésnél duzzadó közetek csoportjába tartozik. A perlit hazánkban korlátlan mennyiségben fordul elő. A perlit 900—1250 °C-on észlelhető duzzadása régóta ismert jelenség. A piropasztikusá váló nagy viszkózitású üvegolvadékból a benne levő vízből képződő gőz nem tud távozni, nagymérvű térfogatnövekedést idéz elő és ennek következtében az üvegszerű olvadékból igen könnyű, sok zárt léggel tartalmazó, nagypórus-térfogatú anyag képződik.

A perlit kémiai összetétele a gránit és a riolit összetételéhez hasonlít. A különböző települési helyekről származó perlitnek olvadáspontja egyformán 1250°C körül van és oxidos összetételükben sincs számottevő különbség. Ennek ellenére expandáláskor nem viselkednek egyformán és a duzzadás mértékszámában számottevő különbség tapasztalható. A duzzadóképeségben mutatkozó különbség arra vezethető vissza, hogy a perlitben levő víznek nem teljes mennyisége vesz részt a duzzadás folyamatában, hanem csak a valódi oldat alakjában jelenlevő erősen kötött hányada, a hatásos víztartalom; a víznek önálló fázisban levő hányada, a lazán kötött víz az expandálás folyamán duzzadási jelenségek nélkül távozik. Minél nagyobb a hatásos víz mennyisége, annál jobban és könnyebben duzzasztható a perlit [58].

A perlit duzzasztási folyamatára jellemző, hogy rendkívül rövid idő alatt játszódik le, az expandálás időtartama mindössze 1–15 másodpercet vesz igénybe. A perlitkőzetet általában $0,1$ – $2,4$ mm szemcsefinomságú zúzalék formájában duzzasztják egyen- és ellenárammal működő függőleges és kislejtésű álló csökemencében, továbbá egyen- és ellenáramú kislejtésű forgó csökemencében. A duzzasztott termék szemcsemérete $0,1$ – $3,0$ mm, halmaztérfogatsúlya 50 – 200 g/l, pórustérfogata 70 – 95% , a duzzadás mértékszám $5,0$ – $22,0$.

A duzzasztott perlit kiváló alapanyagot szolgáltat kerámiai hőálló, hőszigetelő anyagok előállítására. 1250°C -ot meg nem haladó olvadáspontja ellenére nemcsak a közönséges, 900°C -ig használható hőszigetelő anyagok gyártására használható fel, hanem az 1350°C , sőt még magasabb hőmérsékletekig igénybevehető tűzálló anyagok gyártására is.

A kerámiai kötésű perlit hőszigetelő anyagok masszaelőkészítésére és formázására a kerámiaipar általánosan használt gépei azonban nem használhatók, mert azok mindegyikében nyomóerők lépnek fel és ennek következtében a kis mechanikai ellenállóképességű perlit szemcsék szétmorzsolódnak, a légecellákat határoló hártyszerű falak összetöredeznek és így a duzzasztott perlit halmaztérfogatsúlya az eredetinek többszörösére növekszik. Sikertelen azonban hazánkban 1958-ban olyan technológiai eljárást kidolgozni, amelyenél a perlit szemcsék szétmorzsolódását megakadályozzuk [59]. Ennek az új eljárásnak lényege abban áll, hogy a masszát olyan keverőgépekkel ellátott keverőgépben készítjük elő, melyben nyomóerők alig lépnek fel és a masszát olyan, erre a célra szerkesztett formaszekrényvel ellátott vibroasztalon formázzuk, amelyenél nyomóerőt csak igen kis mértékben, vagy nem is veszünk igénybe. A vibrálással előállított idomtettek formaállóságának növelése céljából a masszához $0,03$ – $0,5\%$ kapilláráktív anyagot, pl. butil-naftalinszulfosavas ammóniumot keverünk; a kapilláráktívanyag felhasználásával egyidejűleg a megmunkálási víz mennyisége is csökkenthető. A kiformázott testeket a kerámiai technológiában szokásos módszerek szerint recirkulációs kamrás szárítóban szárítják, és gáz vagy olajtűzelésű alagútkezemencében égetik.

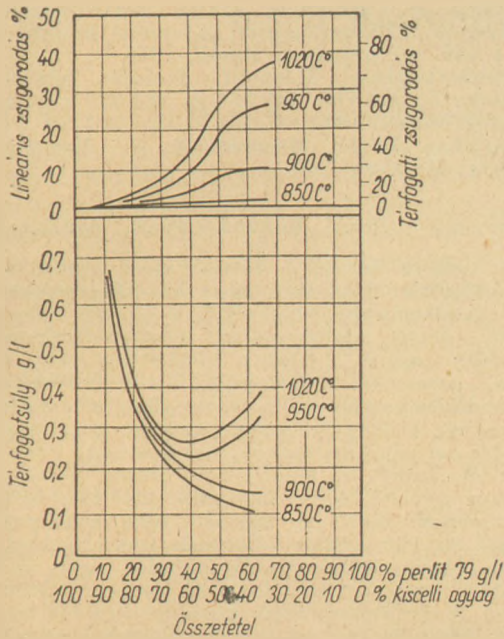


11. ábra. A duzzasztott perlit és képlékeny agyag keverékből formázott és kiszáritott idomok jellemzői a nyersanyagkeverék százalékos összetételétől függően

1. térfogatsúly; 2. pórustérfogat; 3. és 4. a testek térfogat-egységében levő perlit és agyag

A 900°C hőállóságú idomtettek a duzzasztott perliton kívül csak képlékeny agyagot tartalmaznak. A termék térfogatsúlya a perlitartalomtól, továbbá a perlit halmaztérfogatsúlyától, az égetési hőmérséklettől és végül az agyag minőségétől függ. A 11. ábra görbéi a 79 g/l halmaztérfogatsúlyú duzzasztott perlit és a kiscelli márgás agyag különböző %-os összetételű keverékből formázott és kiszáritott idomok térfogatsúlyát, pórustérfogatát, továbbá a testek térfogat-egységében levő duzzasztott perlit és agyag mennyiségét tüntetik fel. Szembetűnő, hogy a különböző összetételű és térfogatsúlyú testek térfogat-egységében levő perlit mennyisége megközelítőleg egyenlő és hogy ez a súlymennyiség a berázott állapotú perlit halmaztérfogatsúlyának felel meg. Ha tehát a kiformázott és kiszáritott test térfogatsúlyából levonjuk a térfogat-egységében levő agyag súlyát, bármilyen is volt a nyersanyagkeverék %-os összetétele — a duzzasztott perlit halmaztérfogatsúlyával közel azonos értéket kapunk. Ez annak a következménye, hogy a perlit szemcsék a kerámiai masszában és a kiszáritott testekben megmaradnak halmaztérfogatuk eredeti állapotában. A szemcsék közötti hézagokat még az esetben sem tölti ki az agyag, ha a nyersanyagkeverékben igen nagy volt annak százalékos mennyisége. A perlit és az agyag keverékből formázott testek szárításuk alatt nem zsugorodnak, térfogatuk nem változik. A testek térfogatsúlya a perlit százalékos növekedésének arányában csökken; a térfogatsúly csökkenése azonban a perlitartalom növekedésével egyre kisebb mérvűvé válik.

A kiégetett termékben a perlitartalom és a térfogatsúly között az összefüggés nem ilyen egyszerű. A 900°C -nál alacsonyabb hőmérsékleten égetett anyagokban az arányosság még fennáll, magasabb égetési hőmérsékletnél azonban a térfogatsúlynak kezdeti rohamos, majd fokozatosan lassuló csökkenése meghatározott perlitartalomnál megszűnik, sőt a perlit mennyiségének további növelése már a térfogatsúly növekedését vonja maga után. A térfogatsúly növekedése a nagy perlitartalmú anyagok magas égetési zsugorodása következtében áll elő. A 12. ábra görbéi szemléltetik a 79 g/l halmaztérfogatsúlyú duzzasztott



12. ábra. A duzzasztott perlit és agyag keverékéből formázott és különböző hőmérsékleten kiégetett testek térfogatsúlya és zsugorodása a nyersanyagkeverék összetételétől függően

perlit és kiscelli agyag keverékéből formázott és 850–1020 °C-on kiégetett terméknek térfogatsúlyát és égetési zsugorodását a nyersanyagösszetétel függvényében. Az ábrából megállapítható, hogy a 950 °C-on kiégetett anyagban a perlit-tartalmat 30%-nál nagyobbra növelni nem indokolt, mert ezen a határon túl a késztermék térfogatsúlya már alig csökken.

A 900 °C hőállóságú anyagok kerámiai kötésére gyakorlati megállapítások szerint a képlékeny márgás anyagok a legmegfelelőbbek.

A 900 °C hőállóságú kerámiai kötésű perlit az eddig előállított legkisebb térfogatsúlyú és leghatásosabb kerámiai hőszigetelő anyag. Az anyagot kis térfogatsúlya mellett viszonylagosan nagy mechanikai szilárdsága is jellemzi. A 270 g/l térfogatsúlyú anyag nyomószilárdsága 8–10 kg/cm², hővezetési tényezője 20 °C-on 0,058 kcal/mhC°, 500 °C-on 0,128 kcal/mhC°.

Az 1300–1400 °C hőállóságú vagy tűzálló kerámiai kötésű perlit nyersanyag keveréke három komponensből, 80 g/l-nél kisebb halmaztérfogatsúlyú perlitből, tűzálló agyagból — melynek egy része samottdara — és 1200 °C-on kiizzított alumíniumoxidból áll. A 15% duzzasztott perlit, 30% képlékeny tűzálló agyag, 35% samottdara és 20% alumíniumoxid keverékéből formázott és 1450 °C-on kiégetett termék térfogatsúlya 740 g/l, hővezetési tényezője 20 °C-on, 0,18 kcal/mhC°, 800 °C-on 0,28 kcal/mhC°, Seger-kúp olvadáspontja 1780 °C, lágyuláspontja 0,25 kg/cm² terhelés mellett 1370 °C, nyomószilárdsága 38–40 kg/cm². Az anyag műszaki jellemzői a legismertebb külföldi könnyűsamottdaragyártmányoknál jobbak.

Az anyag használhatóságának hőmérséklet-határa még tovább növelhető, ha samottdara helyett szillimanitot alkalmazunk a nyersanyagkeverékben.

A kerámiai kötésű perlit gyártására két kísérleti üzem létesült hazánkban a múlt év folyamán. Az egyik 2000 m³ évi teljesítőképességgel a 900 °C hőállóságú anyagok előállítására, a másik 600 m³ teljesítőképességgel, a tűzálló hőszigetelőanyagok gyártására. Mindkét üzem jó eredménnyel dolgozik.

IRODALOM

1. Spingler, K.: Die Ziegelindustrie. 1953. 1., 2., 4. és 5. sz.
2. Cammerer, J. S.: Wärmeschutz von Hohlziegeln. Wirtschaftsblatt Ziegelindustrie 1952. Heft 2.
3. Bruckmayer, F.: Wärme und Kältetechnik 1941. 28–34 old.
4. Cammerer, J. S.: Die Ziegelindustrie 1954. 564–567. old.
5. Bruckmayer, F.: Der praktische Wärme- und Schallschutz. Wien. 1949. 12–51. old.
6. Butterworth, D., Foster, D.: Transaction of the British Ceramic Society 1957. 529–552. old. 1958. 469–495. old. 1959. 63–91. old.
7. Albert J.: Üreges kerámiai építőelemek és vizsgálatauk elektromos modellkísérletekkel. Építőanyagipari Központi Kutató Intézet 21. sz. jelentése. Budapest, 1956.
8. Lamer, P.: La Terre Cuite 1959. 48. sz. 3–26. old. Berbesson, M.: L'Industrie Ceramique 1960. 165–170. old. Foster, D.: Claycraft, 1961. 289–292. old. Palotás L.: Építőanyagok II. Budapest, 1961. 450. old.
9. Albert J.: Üreges téglagyártására alkalmas agyagok. Építőanyagipari Központi Kutató Intézet jelentése. Budapest, 1956.
10. Albert J., Náray-Szabó I.: Földtani Közlöny, 1962. (Sajtó alatt.)
11. Albert J.: Hazai Téglagyagok, I–II. Építőanyagipari Központi Kutató Intézet Tudományos Közleményei. 7. kötet. Budapest, 1962., 1963.
12. Seger, H. A.: Gesammelte Schriften, Berlin. 1908. 35–37. old.
13. Winkler, H. G. F.: Berichte der Deutschen Keramischen Gesellschaft. 1954. 337–338. old.
14. Sporenbach, G.: Die Ziegelindustrie. 1955. 737–739. old. Spingler, K.: Ziegeleitechnisches Jahrbuch. Wiesbaden 1955. 154–173. old.
15. Lundina, M. G.: Silikattechnik 1952. 4., 5., 6. sz. Kallauner, O.: Silikattechnik 1954. 216. old. Koehne, H.: Glas-, Email-, Keramik-Technik 1956. 44. old. Morando, G.: Die Ziegelindustrie, 1962. 509–511. old.
16. Grimal, M.: La Terre Cuite 1957. 43. sz. 9–20. old. Grimal, M.: Bulletin de la Société Française de Ceramique, 1958. 40. sz. 21–28. old. Pels-Leusden: Die Ziegelindustrie, 1958. 430–437. old.
17. Spingler, K.: Ziegeleitechnisches Jahrbuch, 1952. 159–172. old.
18. Morando, G.: Die Ziegelindustrie, 1962. 509–512. old.
19. Zeöld I.: Téglagyártás, Budapest, 1962. 155. old.
20. Hartmann, P. és Marten, D.: Die Ziegelindustrie, 1953. 1021–1028. old. Hinsenkamp A.: A téglagyártás korszerű gépei. Mérnöki Továbbképző Intézet kiadványa. Budapest, 1954. 22. old.
21. Budnikow, P. P.: Technologie der Keramischen Erzeugnisse. Berlin, 1952. 53–61. old.
22. Heil: Die Ziegelindustrie. 1954. 724–725. old.
23. Hildebrand, R.: Ziegeleitechnisches Jahrbuch, 1958. 103–106. old.
24. — Ziegeleitechnisches Jahrbuch, 1958. 206–207. old.
25. Krischer, O.: Die Ziegelindustrie, 1952. 560–565. old.

- Keller, I. M., Smoljakowa: Styeklo i Keramika. 1951. 14—18. old.
- Likov, A. V.: A szártítás elmélete. Budapest, 1951.
26. Grofcsik J.: A kerámia elméleti alapjai. Budapest, 1956. 366—368. old.
27. Korach, M.: Theorie du four-tunnel et cuisson rapide „Sandwich”. Acta Technica, Tom XI. Fasc. 1—2. Budapest, 1955.
- Korach, M.: Berichte der Deutschen Keram. Gesellschaft. 1962. 589. old.
28. Endell J.: Berichte der Deutschen Keramischen Gesellschaft. 1955. 69—71. old.
29. Endell J.: Dampfgehärtete Baustoffe. Berlin, 1952. 44. old.
30. Butterworth, D.: Transaction of the British Ceramic Society. 1954. 293—313. old.
31. Minnick, L. I., Bauer, W. H.: Americ Ceramic Society. 1950. 177—180. old.
- Watts, A. I. C.: Transactions of the British Ceramic Society. 1954. 313—323. old.
32. Albert J.: Magyar Építőipar, 1957. 163—166. old.
33. Albert J.: Kerámiai kötésű porszénhamu építőelemek gyártása vibropressén. Építőanyagipari Központi Kutató Intézet 100. sz. jelentése. Budapest, 1959.
34. Hostetter, I. C., Sosman, R. B., Roberts, H. S.: Journal Americ. Ceram. Soc. 1921. 931.
35. Ullmann's Enzyklopedie der Techn. Chemin VI. 1955. 202. old.
36. Wilson, H. S.: The British Clayworker 1954. 377—378. old.
37. Wilson, H. S.: The British Clayworker 1955. 311—322. old.
- Meyer, K.: Tonindustriezeitung 1952. 2—8. old.
38. Albert J.: Agyagkavics és perlitbetonok. Építőanyagipari Központi Kutató Intézet 73. sz. jelentése. Budapest, 1958.
- Palotás L.: Építőanyagok II. Budapest, 1961. 524—538. old.
39. Green, A. T., Stewart, G. H.: Ceramics Symposium, London, 1953. 619. old.
- Trinkler, D.: Brick and Clay-Record 1959. 6. sz. 60—62.
40. Salmang, H.: Die physikalischen und chemischen Grundlagen der Keramik. Berlin. 1954. 255. old.
41. Meldau, R., Robertson, H., Twrdely, E.: Tonindustrie Zeitung 1954. 387—392. old.
42. Albert J.: Építőanyag 1949. 12. sz. 33—36. old.
43. Seiffert, K.: Wärme- und Kältetechnik. 1941. 105—108. old.
44. Budnikow, P. P.: Technologie der Keramischen Erzeugnisse. Berlin, 1953. 395—402. old.
- Clews, F. H., Dobbins, N. E., Green, A. T.: Transactions British Ceramic Society 1944. 81—89. old.
- Anon: Über hochfeuerfeste Isoliersteine Schweizer Tonindustrie Zeitung. 1956. 5. és 6. sz.
45. Konopicky, K.: Feuerfeste Baustoffe Düsseldorf. 1957. 259. old.
46. Steger, W.: Keramische Werkstoffe für chemische Apparate. Leipzig. 1940. 13—33. old.
47. Koppers: Handbuch der Brennstofftechnik. Essen. 1957.
48. Marsh, G. E.: Iron and Steel. 1954. 165—168. old.
49. Jasmund, K.: Die silikatischen Tonminerale. Weinheim. 1955. 139—147. old.
50. Gitter, A. I.: The British Clayworker 1956. 181—183. old.
51. Reinhart, J.: Sprechsaal, 1952. 170—172. old.
52. Green, A. T., Stewart, P. H.: Ceramics. A symposium, London. 1953. 604. old.
- Robinson, G. C.: Journal of the American Ceramic Society 1958. 2. sz. 74—80. old.
53. Robinson, G. C.: Brick and Clay Record 1959. 2. sz. 38—40. és 60—61. old.
54. Rea, R. F.: U. S. P. 2 509 315. 1947.
55. Jasmund, K.: Die silikatischen Tonminerale. Weinheim 1955. 128—129. old.
56. Lux, E.: D. B. P. 927 260 1955.
57. Lux, E.: D. B. P. 853 416 1952.
58. Albert, J.: Építőanyag. 1957. 284—287. old.
- Albert, J.: Silikattechnik 1958. 453—457. old.

59. Albert, J.: Kerámiai kötésű perlit-hőszigetelőanyagok. Építőanyagipari Központi Kutató Intézet 146. sz. jelentése, Bpest, 1959.
- Építőanyagipari Központi Kutató Intézet — Albert J.: 146 790, 148 386 és 148 387 sz. magyar szabadalmak. 1959.
- Kaljanov, N. N., Merzlják, A. N.: Vermikulit i perlit. Moszkva 1961.

Dr. Albert János: Könnyű kerámiai építőanyagok.

A könnyű kerámiai építőanyagok kémiai és ásványi felépítésükben változatos kistérfigyeltérsúlyú termékek. Legfontosabb jellemzőjük, a kicsiny hővezetési tényező; ennek következtében hőszigetelőképességük lényegesen nagyobb, mint a közönséges vagy nehéz kerámiai anyagoké. A könnyű kerámiai építőanyagoknak két fő csoportja van, a csak légköri hőmérsékleten alkalmazott, többnyire üreges formában gyártott, általában kis pórustérfogatú anyagoké és a nagy hőállóságú magas hőmérsékleten alkalmazott üreges nélkül gyártott nagy pórustérfogatú anyagoké. Előbbiek az építőipar korszerű építő és egyben hőszigetelő elemei, utóbbiak az ipar hőkezelő berendezések, kazánok, kemencék, magas hőmérsékletű folyadék-, gőz- és gázvezetékek, valamint szerelvények hatásos hőszigetelő anyagai. A tanulmány e két anyagcsoport területén az utóbbi évtizedekben végzett kutatások eredményeit foglalja össze.

Д-р Алберт Янош: ЛЕГКИЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

В отношении химического и минералогического строения легкие керамические строительные материалы являются разнообразными изделиями, обладающими небольшим объемным весом; вследствие этого они располагают более высокой теплоизоляционной способностью по сравнению с обычными или тяжелыми керамическими материалами. Легкие керамические строительные материалы разделяются на две группы: 1. материалы, применяемые только при атмосферной температуре, изготовленные большей частью в пустотелом виде и обладающие небольшим объемом пор и 2. термостройные материалы, применяемые при высокой температуре, изготовленные без пустот и обладающие большим объемом пор. Материалы первой группы являются современными строительными и одновременно теплоизоляционными изделиями строительства, а материалы второй группы являются эффективными материалами для оборудования теплообработки, котлов, печей, паро- и газопроводов и проводов жидкостей высокой температуры, а также арматур. В статье приводятся результаты исследований, проведенных в указанных областях в прошедшие десятилетия.

Dr. Albert, János: Leichte Keramische Baustoffe.

Hinichts ihres chemischen und mineralogischen Aufbaues sind die leichten keramischen Baustoffe mannigfaltige Produkte mit niedrigen Volumgewicht. Ihr Hauptkennzeichen ist der kleine Wert der Wärmeleitahl; infolgedessen ist ihr Wärmeisoliervermögen weitaus beträchtlicher als das der üblichen, schweren Baustoffe. Sie können in zwei Hauptgruppen verteilt werden: teilweise sind sie Stoffe mit kleinem Porenvolum, zumeist mit hohlräumen hergestellt, die auf der Temperatur der atmosphärischen Umgebung Anwendung finden, teilweise aber sind sie hochwärmebeständig, für Stellenhoher Temperatur, werden ohne Hohlräume erzeugt und weisen ein hohes Porenvolum auf. Jene sind die zeitgemässen, ungleich wärmeisolierenden Elemente der Bauindustrie, letztere finden ihre Anwendung in der Industrie bei Wärmeanlagen, bei Kesseln, Öfen, als wirksame wärmeisolistoffe der Leitungen und Armaturen von heissen Flüssigkeiten, Dampf und Gasen. Die Studie fasst die Forschungsergebnisse der letzten Jahrzehnte auf dem Gebiete obengenannter Stoffe zusammen. (S. G.)

Kapacitásfelmérés a kőbányászatban

SZABÓ ELEK

Az Építésügyi Minisztérium építőanyagipari vállalatának és üzeleinek kapacitásfelmérése első lépésben 1962. év végére befejeződött. Ezen munka során megtörtént a kő- kavicsipar kapacitásfelmérése is, melynek egyik legfontosabb célja volt, hogy az alapvető- és szűk keresztmetszetek teljesítőképességének, az állásidők csökkentésének és a fajlagos teljesítmények növelésének a lehetőségeit feltárva a termelés még kihasználatlan tartalékai felszínre kerüljenek.

Fenti célkitűzésből kifolyólag szükség volt arra, hogy a kő- kavicsipar üzeleinek s az üzemen belül a gépek, berendezések, termelési keresztmetszetek teljesítőképességét megvizsgáljuk.

A munka kiterjedt az ÉM Kő- Kavicsipari Igazgatóság felügyelete alá tartozó 7 kőbánya és egy kavicsbánya vállalat összesen 34 üzemére s 1961 tavaszától 1962. év végéig tartott.

A munka megkezdéséhez szakmai útmutató nem állt rendelkezésre s ezért az Iparági Ipargazdasági, Technológiai és Normairoda az Építés-gazdasági és Szervezési Intézettel egyetértésben kidolgozta a kő- kavicsiparra vonatkozó kapacitás-számítási „Útmutató”-t s ennek alapján vezette és irányította a vállalatoknál folyó nagytömegű kapacitásszámítási munkát.

Az „Útmutató” elkészítésénél a különböző fogalmaknak (kapacitásnorma, időalap, veszteségtényezők stb) az iparra való alkalmazása egyszerűbb feladat volt, azonban a gépek és berendezések teljesítményszámítására vonatkozó képletek és elméleti megállapítások levezetéséhez elég kevés és a hazai viszonyokra nem mindenben alkalmazható szakirodalom állott rendelkezésre. A felhasznált forrásmunkák a következők voltak: A kőbányászat kézikönyve, L. B. Levenszon: Aprító-osztályozó gépek és berendezések kőanyagok feldolgozásához, Beke Béla: Aprítás és fajtázás, Tarján Gusztáv: Ércelőkészítéstan, Boldizsár Tibor: Korszerű bányagépek és Bányászati kézikönyv II. k., Szőke György — Wágner Zoltán: Az ipari állóeszközök takarékos felhasználása, Dr. Cotel Kornél: Az iparvállalatok gazdaságtana, azonkívül sok tanulmány, folyóirataikk, szabvány s néhány saját tanulmány.

I. A kapacitásfelmérés módszere

1. Az alapfogalmak meghatározása

A közgazdasági terminológia s a kapacitásszámításokra vonatkozó szakirodalom szerint a számítások során a következő alapfogalmak tisztázása szükséges: termelőberendezés, homogén berendezés- (gép-) csoport, termelési keresztmetszet termelési és résztermelési folyamat, termelési kapacitás, átbocsátó képesség és ez utóbbiak összetevő tényezői. A kőbányaüzemekben a berendezés, termelési részfolyamat, termelési keresztmetszet fogalmi összefolynak, egymástól nehezen határolhatók el s teljes szétválasztásuk a kapacitásszámítás szempontjából nem is döntő.

Egy korszerű kőbányaüzemben a számítások szempontjából a termelési folyamat a következő részekre osztható fel: bányatető letakarítás (lefedés), kőjövésztés, bányai kőtermelés (kotrók, dumperek és ezek belső szállítása), előtörés, (a hozzátartozó meddőleválasztással), főszállító berendezés (kötélpálya, sikló, iparvasút), osztályozás (I. és II. esetleg III), utántörés, vagonrakás (készárútárolás). Ezek mindegyike azonos rendeltetésű gépekből áll, tehát homogén gép- (berendezés) csoportnak tekinthetők, de egyben termelési keresztmetszetek is. A kapacitásfelmérés minden ilyen homogén gépcsoportra el kell végezni és minden homogén berendezéscsoportot termelési keresztmetszetként lehet kezelni.

Így pl. Uzsabányán a négy db. Ganz X-es előtörőből álló gépcsoport egyben termelési keresztmetszet is. Azonban nem mindig ilyen tiszta esettel van dolgunk. Ugyanebben az üzemben pl. a két nagy és két kisebb kotrógépből álló termelő gépcsoport homogén berendezésnek számít, holott szigorúan véve nem az, mert teljesítményük különböző. De mivel egy termelési keresztmetszethez tartoznak mégis úgy kell velük számolni s egy csoportként kezelendők. Vagy a XV-ös és XII-es nagy előtörők a hozzájuk tartozó bedöntőbunkerrel, elő- és utóadagolóval egy termelési keresztmetszetet alkotnak, pedig egy ilyen törőkomplexum tagjai nem helyettesíthetők egymással.

A termelési keresztmetszetek meghatározása ilyenformán tisztázható s a számítások ezekre elvégezhetők. Természetesen egy-egy keresztmetszetben belül minden egyes gép teljesítőképességét meg kell határozni s azokat összegezni kell.

A keresztmetszetek kijelölése után tisztázni kell a termelési kapacitások és átbocsátóképességek fogalmát. A termelési kapacitás a termelőberendezés (h csoport) teljesítőképességének adott időpontban ismert azon felső határa, amely a berendezés állagának aránytalan romlása nélkül megengedhető legnagyobb terheléssel az adott berendezésen megvalósítható legjobb technika, technológia és munkaszervezés mellett érhető el. Az *átbocsátóképesség* a termelőberendezés (h csoport) kihasználásának az a termékmennyiségben kifejezett lehetősége, mely a tervidőszak átlagában megvalósítható legjobb technika, technológia és munkaszervezés mellett (haladó átlagként) elérhető.

Mind a termelési kapacitás, mind az átbocsátóképesség termékmennyiségben fejezi ki a teljesítőképességet s végső formájában a következő általános képlettel számítható.

$$N = N_k \cdot I$$

ahol K = termelési kapacitás, vagy átbocsátóképesség t_0 , m^3 , db-ban, az N_k dimenziójában

N_k = a kapacitásnorma, vagy átbocsátóképességnorma, azaz a vizsgált idő-

szakasz időalapjának egy egységére (1 órájára) eső teljesítmény termézetes mértékegységben, to, m³, db, stb. Az N_k tehát, mint intenzív tényező jelentkezik.

I = a vizsgált időszakban az illető gép vagy gépcsoport időalapja órában, mint extenzív tényező jut kifejezésre.

Annak megkülönböztetésére, hogy termelési kapacitásra vagy átbocsátóképességre vonatkozik-e a számítás, indexeket használunk. Eszerint termelési kapacitás:

$$K_t = N_{k1} \cdot I_k \quad (1)$$

melyben N_{k1} = kapacitásnorma

I_h = hasznos időalap

átbocsátóképesség:

$$K_t = N_{k2} \cdot I_p \quad (2)$$

melyben N_{12} = átbocsátóképességnorma

I_p = produktív időalap

Általában $I_h > I_p$ és $N_{k1} > N_{k2}$ (ez utóbbi bizonyos esetekben nem így van és $N_{k1} \cong N_{k2}$)

2. A számítási képletek értelmezése

Az (1) és (2), képletekben szereplő N_{k1} és N_{k2} értékeit háromféle úton lehet meghatározni, ún. műszaki számításokkal, teljesítménymérésekkel, több ízben elért legjobb eredmények alapján. A kőbányászatban a két első módszert alkalmaztuk néha egymással kiegészítve.

A kapacitásnormákat (N_{k1}) zömmel a műszaki adatokból lehet kiszámítani. Így történt ez a törőgépeknél, szállítószalagoknál és a vibrátoroknál, ellenben a kotrógépeknél szabatos normamérésekkel történt a rakodási ciklusidők megállapítása. Lehetne ugyan a több ciklusból álló rakodási periódust a gépi mechanizmus sebességeiből is számítani, azonban így a hibakorlát egy perióduson belül az elaprózott számítás miatt jelentősen megnőne (mert egy rakodási teljes periódus 1—2 perc alatt zajlik le) és a későbbi óra, év átszámításoknál bizonytalan értékeket kapnánk. A kotrógépek teljesítmény megállapítása ezért, éppen a szabatos mérés következtében meglehetősen pontos. A törő-szalag és osztályozóberendezéseknél (néhány helyen kontroll mérésel kiegészítve) már csak a szakirodalmi képletekre lehetett támaszkodni, mert ezen gépek teljesítményének mérésével való megállapítása csak meglehetősen hosszadalmas kísérletekkel lehetséges, amelyet a termelés állandó menetében megvalósítani nagyon nehéz. A szakirodalomból vett képletek ugyanis (később részletezett okoknál fogva) sok bizonytalansági tényezőt tartalmaznak, s azokat pontosan figyelembe venni előre nem lehet.

Az átbocsátóképességnorma (N_{k2}) abban különbözik a kapacitásnormától (N_{k1}), hogy míg az utóbbinál a gép elméleti, szerkezeti adataiból indultunk ki (pl. a kotrókanál telítési tényezőjét 1-nek vettük, holott a gyakorlatban ez általában kisebb mint 1), az N_{k2} -nél gyakorlati értékekkel számoltunk és figyelembe vettük az időjárás,

valamint az éjszakai munkateljesítmény csökkentő hatását. Az időjárás hatása itt nem az esős napok miatt előre megtervezett kiesést jelenti, hanem abban nyilvánul, hogy a téli hónapokban — kb. november 15-től március 15-ig — a gépek órateljesítménye a nehezebb munkakörülmények miatt leromlik, s az éjszakai, mesterséges világítás melletti munka is nehezebb, mint a nappali. Ezeket a hatásokat egy „c” tényezővel lehet kifejezni, melynek értéke kb. 0,85—0,90. Az átbocsátóképesség norma tehát: $N_{k2} \cdot c$

Az 1., és 2., képletekben szereplő másik tényező az I_h és I_p meghatározása már pontosabb.

Az időalapok kialakításánál a csökkentő tényezőket három szorzóban foglalhatjuk össze. Általában

$$I = g_1 \cdot g_2 \cdot g_3 \cdot 8760$$

egy éves időszakaszra.

E kifejezésben

g_1 = az 1 műszakon (8 órán) felüli

g_2 = a háromnál kevesebb műszakszám miatti

g_3 = pedig a TMK és más egésznapos megtervezett kieséseket tartalmazza.

8760 = az év összes naptári órája.

A „g” tényezők szintén 1 vagy 2 indexet kapnak aszerint, hogy hasznos időalapra, vagy produktív időalapra vonatkoznak.

Ezek szerint:

$$K_t = N_{k1} \cdot g_{11} \cdot g_{21} \cdot g_{31} \cdot 8760 \quad (3)$$

$$K_a = N_{k2} \cdot c \cdot g_{12} \cdot g_{22} \cdot g_{32} \cdot 8760 \quad (4)$$

A (3) egyenletben

$$I_k = g_{11} \cdot g_{21} \cdot g_{31} \cdot 8760 \quad (5)$$

A (4) egyenletben

$$I_p = g_{12} \cdot g_{22} \cdot g_{32} \cdot 8760 \quad (6)$$

Az (5) és (6) egyenletekben a g_1 és g_2 tényezők állandó mennyiségeknek tekinthetők, ellenben a g_3 csak akkor állandó, ha a vizsgált időszakasz sem változik, vagyis a g_3 tényező függvénye a naptári időszakasznak. Ez azért van így, mert a TMK miatti kiesések (kisjavítás, középjavítás, nagyjavítás) az eltelt naptári idővel nem lineárisan nőnek. A kieséseket tekintve ugyanis vannak állandó időközönként ismétlődő azonos időtartamú kiesések (mint karbantartás, műszakon belüli technológiai veszteség, folyamatos gépápolás, sőt ennek vehetjük a vasárnapokat is) de a TMK előírás szerinti kis-, közép- és nagyjavítások időtartama más és más, bár a sorra kerülésük közötti idők periódikusan ismétlődnek.

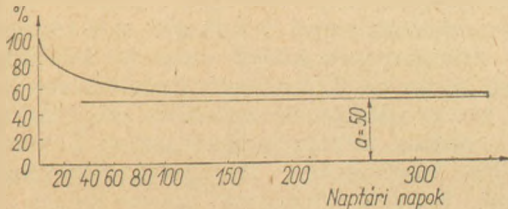
Ha megvizsgáljuk a TMK és a technológiai veszteségek miatti kiesések hatását egy kotrógép produktív időalapjára az eltelt naptári idő függvényében, akkor a törvényes munkaszünetek, vasárnapok és időjárás kiesések elhanyagolásával — feltételezve, hogy azok egy évi időtartamon belül azonos mennyiségben fordulnak elő — az összefüggést egy csökkenő görbével ábrázolhatjuk.

Ha az ordináta tengelyre a produktív idő százalékait, az abszcissza tengelyre a naptári időt (napokat) rakjuk fel, akkor jó megközelítéssel egy

olyan folytonosan süllyedő görbét kapunk, amely az ordinátán 100%-ból kiindulva aszimptotikusan közeledik egy az abszcisszával párhuzamos s attól „a” távolságban levő egyeneshez. Az „a” távolság adott esetben 50%. x, y koordináta-rendszerben kimutatható, hogy a görbe egyenlete

$$y = a + \frac{k}{x + m}$$

Ez az elsőfokú törtfüggvény olyan hiperbolát ábrázol, melynek képe egybevágó az $y = \frac{k}{x}$ egyenlőszárú hiperbola képével, s a különbség csak az, hogy az „y” tengely irányában „a” egységgel, az „x” tengely irányában „m” egységgel tolódik el. A függvényt a következő ábra mutatja.



1. ábra

Az értéktáblázat $x = 0-365$ -ig

$x = 0$	20	33	50	100	150	365
$y = 100$	75,9	69,7	65	58,8	56,2	52,8

A „k” és „m” állandók számítása :
Ismeretes

$$a = 50, \text{ így } y = 50 + \frac{k}{x + m}$$

Ha ebbe az egyenletbe x és y két összetartozó értékét behelyettesítjük, két egyismeretlenes egyenletet kapunk, melyből k és m kiszámítható
 $x = 0$ helyen $y = 100$

$$\text{és } \frac{k}{m} = 50, \text{ melyből } k = 50 m \quad (7)$$

$$x = 20 \text{ helyen } y = 75,9 \frac{k}{20 + m} = 25,9, \text{ melyből } k = 518 + 25,9 m \quad (8)$$

A (7) és (8) egyenletekből :

$$50 m - 25,9 m = 518 \text{ és}$$

$$m = \frac{518}{24,1} = 21,5$$

Ezen „m” értékét behelyettesítve (7)-be $k = 1075$.

A görbének adott kotróra $x = 0$ és $x = 365$ (naptári nap) között van értelmezési tartománya s ezen belül bármely „x”-hez tartozó „y” 8760-al szorozva az I_p -t adja órában, vagyis

$$I_p = 8760 \cdot y \quad (9)$$

Ezen felfogásban a (2) egyenlet így írható

$$K_a = N_{k2} \cdot 8760 \cdot y$$

s mivel

$N_{k2} \cdot 8760$ állandó, melyet A -val jelölhetünk, ezzel

$$K_a = A \cdot y \quad (10)$$

Az $y = a + \frac{k}{x + m}$ egyenlet tehát az át-bocsátóképességet is megadja „x” függvényében,

ha a kapott értéket A -val szorozzuk. K_a ugyanolyan alakú hiperbolával ábrázolható, mint I_p .

Megjegyzés: Per analogiam a levezetések és következtetések az I_h -ra és K_t -re is vonatkoznak más tartalommal.

Fenti fejtegetésekből világosan kitűnik, hogy a kapacitás vizsgálatoknál a számszerű eredmények alakulására lényeges befolyással bír az időtartam, de még azon belül is változnak az értékek aszerint, hogy mely naptári időpontban ért véget az illető gép javítása (nagy- vagy közép-javítás).

II. A felmérés megbízhatósága

Mint minden mérés, a kapacitásfelmérés is tartalmaz több-kevesebb hibát, bármennyire is meg volt a törekvés azok csökkentésére. Azok a tényezők, amelyek csökkentik a megbízhatóságot és bizonytalanságot okoznak a következők :

1. A számítási képletekben a pontos értékek mellett becsült tényezők is vannak, s ezek főleg az intenzív mutatókban jelentkeznek.

Az általános képlet $K = N_k \cdot I$ kifejezésében, az I eléggé pontosan kiszámítható, mert előre megtervezhető s nagyrészt a TMK utasításokra támaszkodó időalapokból tevődik össze. A g_3 szorzó napra pontosan megállapítható, úgyszintén a g_2 is. A g_1 — műszakkihasználati faktor — a termelési kapacitás időalapjánál, a hasznos idő-alapnál csak a technikai és technológiai veszteségeket tartalmazza, a produktív időalapnál pedig, mely az áthocsátóképességnél játszik szerepet, az elkerülhetetlen ma még meglevő veszteségek haladó átlagát fejezi ki, tehát eléggé megbízható.

Az N_{k1} és N_{k2} főleg műszaki számításokon alapul s a számítási képletek maguk tartalmazzák a bizonytalanságot. Pl. a pófástörő óraterjesztmény képlete a következő :

$$N_k = [75 \cdot n \cdot h \cdot (2rs + s^2)] \cdot \eta$$

A nagy zárójelen belüli tényezőket pontosan meghatározható, a gépen mért méretadatokat fejeznek ki, az η azonban — az ún. tértöltési faktor — a szakirodalom szerint 0,25—0,60 között mozog, ami az egész képlet alkalmazhatóságát erősen rontja. Értéke ugyanis attól függ, hogy a beadagolt kő milyen darabos és mennyi az etetés intenzitása. Ezt kiszámítani nem lehet s hozzávetőleges értékét is csak igen hosszadalmas kísérletsorozattal lehet megállapítani.

Hasonló ehhez a vibrátoroknál az anyag-jellemző, a ferdeségi és a nedvességi szorzó, a szállítószalagoknál a ráadási tényező.

2. Egy gépláncsor tagjainak teljesítőképességét az egymásra hatások nagymértékben befolyásolják. Egy ilyen géplánc — adagoló, törő, szalag, vibrátor, kötélpálya — egységes produktív idejét a gyakorlati üzemeltetés során, egy hosszabb időtartamra mindig a legkisebb produktív idejű berendezés szabja meg, vagyis az, amelynek legtöbb javítási időre van szüksége. Ez nem is mehett másképp, mert a géplánc egyes tagjai — ha nincs közöttük kiegyenlítő tároló — csak egyszerre egy időben dolgozhatnak. A kapacitásfelmérési módszer szerint viszont a berendezéseket,

keresztmetszeteket önmagukban, a többtől függetlenül kell vizsgálni, hogy mindegyiknek a saját kapacitását külső zavaró körülménytől mentesen lehessen megállapítani. Ez a számításokban nehézséget és zavart okoz abban az esetben, ha a szűk keresztmetszet improduktív ideje kisebb, mint egy másik keresztmetszeté. Ez esetben ugyanis a szűk keresztmetszet produktív idejét le kell szállítani a bővebb keresztmetszet produktív idejére, ami az áthocsátóképességet lecsökkenti.

3. Az egymásra hatás abban is megnyilvánul, hogy a gépek egymás közötti kapcsolatában korrekciós tényezőket kell alkalmazni. Pl: más a kotró kapacitása, ha dumperekbe, vagonba, szalagra vagy depóniára rak, még ugyanazon fizikai tulajdonságú kőzet esetén is. Ezek a körülmények telítési, töltési, ráadási és mellészóródási s éppen ezért bizonytalan tényezőket jelentenek a számításoknál s a bizonytalanság fennáll az automatikus, vagy félautomatikus gépeknél éppúgy, mint az emberi irányítású berendezéseknél.

4. Inkább az üzemeltetésnél, mint a számításoknál okoz bizonytalanságot az a körülmény, ha fontos gépeknek, pl. törőgépeknek nincs tartalékgépe. A kőbánya közismerten a legdurvább munkát végző üzem s még a legjobb TMK szervezés mellett is előfordul, hogy váratlan géphibák és géptörések megakasztják a termelést. Egy ilyen eset, ha nincs tartalékgép, behozhatatlan kiesést jelent s a kiszámított kapacitás vagy áthocsátóképesség elveszti jelentőségét.

A kotrógépekre fentebb kimutatott 50%-os produktív idő ezek szerint csak úgy tartható, ha váratlan súlyosabb géphiba nem húzza keresztül a számításokat. A diagram szerinti $I_p = 50\%$ tehát a kihasználás felső fokát jelenti s felmerül a kérdés: nem kellene-e a magyar kőbányaipar gépi berendezéseinek — többek között elsősorban a kotróknak — a kihasználási tényezőjét más hazai és külföldi hasonló gépekével összehasonlító elemzésnek alávetni, hogy ezen a téren megnyugtató adatokkal rendelkezünk.

A tartalékgépek szükségessége a kőbányaiparban három gépesoportnál jelentkezik elsősorban, úm: kotróknál, dumpereknél és törőknél. Legkönnyebb biztosítani a tartalékokat a dumpereknél, mert ezek arányilag kisebb értékű és könnyen mozgatható gépek. Nehezebb a probléma a törőgépeknél és a kotróknál. A tartalékgép szerepe és jellege nincs kellőképpen tisztázva a kőbányaiparban. A közgazdasági terminológia szerint a tartalékgép csak a vezérgép javítási idején lép be a termelésbe, máskor csak rendelkezésre áll. Ebből következik, hogy a tartalékgép kihasználási tényezője a vezérgépek számától függ. A tartalékgép akkor van legjobban kihasználva, ha produktív ideje megegyezik a vezérgépek improduktív idejével. Ezt a követelményt egy naptári év időtartamára a következő összefüggés fejezi ki.

$$V_{1j} + V_{2j} + \dots + V_{nj} = T_p$$

ahol V_{1j} = az első vezérgép javítási, improduktív ideje

V_{2j} = a második vezérgép javítási, improduktív ideje

T_p = a tartalékgép produktív idő alapja, de mivel $T_p = 365 - T_j$, azért

$$V_{1j} + V_{2j} + \dots + V_{nj} + T_j = 365 \quad (11)$$

ahol T_j = a tartalékgép javítási ideje napokban.

Megjegyzés: Természetesen a vezérgépek időalapjait is napokban kell kifejezni a 11 egyenlet szerint.

5. Futólag már említettük a vibrátorok teljesítményszámításánál fellépő bizonytalanságot. Az egész külföldi irodalmat áttanulmányozva — mert önálló hazai irodalom e téren nincs — nem találtunk olyan számítási eljárást, amely teljesen megbízható volna. Sem Bauman szovjet kutatógondos kísérletekkel alátámasztott empirikus formulái, sem az Allis-Chalmers diagram alapján történő számítás nem felel meg tökéletesen a mi viszonyainknak, mert mindkettő más anyagon és más körülmények között végzett kísérletekből vezeti le az eredményeket. Amellett egy szerző sem tér ki részletesen a nedves, vagy inkább a kissé nedves, tehát tapadó anyagok rostálási, szítálási lehetőségeire. Már pedig tapasztalatból tudjuk, hogy a vibrátorok nedves anyag esetén — eső után napokig — nagyon hamar eldugulnak és állandóan tisztogatni kell őket.

Az ilyen tényezőt nem lehet pontosan figyelembe venni, ezért nagyszámú és gondos kísérlet-sorozatra van szükség, hogy a hazai viszonyokra is alkalmas empirikus formulákat nyerjünk.

6. A gépek avulási fokát az eddigi felméréseknél nem vettük figyelembe s úgy számoltunk, mintha minden gép új volna. Pedig nyilvánvaló, hogy egy 10—15 éves géppel nem lehet úgy dolgozni, mint egy újjal, még akkor sem, ha a gép megkapta a TMK előírás szerinti javításokat. Az avulás abban jut kifejezésre, hogy két javítás közötti nagyciklus időtartama megrövidül. Mindenesetre az avulást a kapacitászámításoknál figyelembe kell venni a jövőben. Mértéke gondos megfigyelésekkel és kísérletekkel igazolandó.

7. A nagyrobbantások előkészítő ideje eddig a g_1 szorzóban szerepelt s így nem jutott látható módon kifejezésre, ami a kőbányák vezetői szemében nem volt megnyugtató. Helyesebb a robbantási kieséseket két részre osztva szerepeltetni, úgy, hogy a rövid ideig tartó másodlagos robbantások (batározások) kerüljenek a g_1 szorzóba, mint műszakon belüli kiesések, a nagyobb — több műszakot is — igénylő előkészületi idők pedig a g_3 -ba, mint előre megtervezhető kiesések.

8. A kőbányászat idényjellegű ipar s ki van téve az időjárás szeszélyének. Esős időben, hóban, nagy hidegben a gépesített kőbányában sem dolgoznak s az ilyen címen számításba vett kiesések a kapacitászámításokban 11 nappal szerepeltek, holott az ideitől ennél háromszor, négyszer ennyi kiesést okozott. Joggal merült fel a kőbánya szakemberek részéről az az óhaj, hogy az időjárás kieséseket alaposan felül kell vizsgálni s ki kell elemezni, hogy ezen a téren megbízhatóbb számok szerepeljenek.

9. A meddő és poros anyagok előfordulási százalékának megállapítása sem történt teljesen megbízhatóan, mert az üzemekben ezeket a mennyi-

ségeket nem tudják pontosan mérni és az arányszámokat sem egységes alapra vonatkoztatják. Minden egyes dumpert nem köböznek le, de nagyobb hiba, hogy a szalagokon hányóra kerülő anyag mennyiségét nem lehet pontosan megállapítani, mert a szalagon futó anyagfolyam mennyisége erősen változó és szakadozott, és nem is lehet mérni. Ez ismét egy olyan terület, ahol egységes és megbízható mérési és számítási eljárásra van szükség.

10. Az évről évre visszatérő vagonhiányt sem lehet kielégítő módon számításba venni s zavaró hatását a puffer- és készárú tárolók sem tudják teljesen semlegesíteni. A készárutárolók befogadóképessége nem végtelen, a régebben készült kiegészítő-puffertárolók kapacitása sok helyen kicsi s ezért ezek a körülmények párosulva a rapszódikus jelentkező vagonhiánnyal váratlan termeléskorlátozásokat okozhatnak. Ez a nehézség a kőbányákban is fennáll, de sokkal inkább érezteti hatását a kavicsbányákban, ahol a kotró rendszerint közvetlenül vagonba rak és nincs közben puffertároló.

III. Eredmények

A kapacitásfelmérési munka során minden üzemről egy részletes kapacitástanulmány készült, s az üzemen belül minden termelési keresztmetszet, homogén berendezéscsoport, (sőt; egy-egy gép) termelési kapacitása és átbocsátóképessége megállapítást nyert. Mivel minden termelési keresztmetszet teljesítőképességének megállapítása önállóan, a többitől függetlenül történt, az eredményeknek táblázatba foglalása az egyes keresztmetszetek közötti különbséget számszerűen mutatja. A táblázatok tanulmányozásából kitűnik, hogy mindig van egy olyan keresztmetszet, melynek átbocsátóképessége a legkisebb. Ez a szűk, illetve legszűkebb keresztmetszet, mely az egész üzem teljesítőképességét meghatározza, mert erre a viszonylag legkisebb értékre korlátozza. A többi keresztmetszet ennél mind bővebb. Van azonkívül egy olyan keresztmetszet is, amely az egész üzem szempontjából alapvető keresztmetszetnek számít, vagy annak van kijelölve. A nagy kőbányákban — egy-két kivételtől eltekintve — általában a főszállító berendezés van alapvető keresztmetszetként kijelölve. Ez lehet: kötépálya, függőspálya, sikló, iparvasút; a kisebb (főleg kézi termelésű) üzemekben sokszor maga a bánya, mely egyben a legszűkebb is. Az alapvető keresztmetszetek ilyenformában való megállapítása azt eredményezte, hogy ezek a gépi nagyüzemekben általában a legbővebb, kézi üzemekben pedig a legszűkebb keresztmetszetek lettek.

Az alapvető- és szűk keresztmetszetek ily módon való megállapításából néhány jellemző és tanulságos következtetést lehet levonni. Előzőleg meg kell azonban említeni, hogy a termelési kapacitások folytonos üzemre vannak kiszámítva, vagyis úgy, hogy az egész évi naptári időalaphoz csak a TMK javítási idők és az időjárás kiesések kerültek levonásra. Az átbocsátóképesség számí-

tásnál azonban minden olyan kiesés szerepel, amely a gyakorlatban a jelenlegi technikai, technológiai és szervezeti fokon haladó átlaggal előfordul, s ezen felül az átbocsátóképességek-nél csak a ténylegesen igénybe vett műszakok szerepelnek. Értékei, tehát 3,2 és 1 műszakos üzemeltetésre készültek, aszerint, hogy az illető üzemben napi hány műszakban folyik a rendszeres termelés. A 8 nagy üzemben napi 3 műszakos, a többiekben 1, ill. 2 műszakos üzem van számításba véve, a kavicsüzemek mind 3 műszakosak.

Az alapvető- és szűk keresztmetszetek termelési kapacitása és átbocsátóképességének összehasonlításánál néhány mutató érdemel figyelmet. A könnyebb magyarázat kedvéért az (1) és (2) egyenletek jelölésével:

komplex mutató k_1

$$= \frac{K_{a2}(\text{szűk km. átb. kép. tényl. műszakkal})}{K_{t1}(\text{alapv. km. term. kapacitása})} \cdot 100;$$

komplex mutató k_2

$$= \frac{K_{a2}(\text{szűk km. átb. kép. napi 3 műszakkal})}{K_{t1}} \cdot 100;$$

berendezés kihasználhatósági mutatója k_3

$$= \frac{K_{t2}(\text{szűk km. term. kapacitás})}{K_{t1}} \cdot 100.$$

Ezen mutatók táblázatba foglalva a következők:

Ü z e m e k	k_1	k_2	k_3
Kőbányák összesen	42,5	53,8	78,2
Gépi term. nagy kőbányák	48,0	49,5	72,5
Kézi term. kőbányák	31,2	62,6	89,6
Kavicsbányák	62,7	62,7	96,4

A k_1 mutató a jelenlegi műszakbeosztás melletti átbocsátóképesség és termelési kapacitás viszonyát fejezi ki, következésképpen a legalacsonyabb. Ez azért van így, mert a 25 kőbánya közül 1 folytonos üzemben dolgozik (Úzsa), 7 üzemben 3 műszak van, 7 üzemben 2 műszak, 10 üzemben pedig csak 1 műszakban folyik a termelés. Mivel 1 műszakos termelés csak kézi term. üzemben fordul elő, ezek k_1 mutatója természetesen a legalacsonyabb az összes között.

A k_2 ugyanazt a viszonyt fejezi ki, mint a k_1 , de annak a feltételezésével, hogy az összes üzemben 3 műszakos a termelés.

Ez természetesen mintegy 26%-kal jobb mutatót eredményez. Azért nem lényegesen jobbat, mert a termelés zömét nem a kézi, hanem a gépi termelésű nagy üzemek adják, amelyek amúgyis 3 műszakban dolgoznak. A gépi nagy üzemek adják jelenleg az összes kőbányák termelésének kb. 76,5%-át. A kavicsbányák k_1 és k_2 mutatója azonos, mert ezek mind 3 műszakban dolgoznak. Ez a mutató a kavicsbányáknál azért magas, mert az alapvető- és szűk keresztmetszetek között nem nagy különbség van.

A k_3 mutató a szűk- és alapvető keresztmetszetek termelési kapacitáit hasonlítja össze,

s mint ilyen arra jellemző, hogy a berendezéseket milyen mértékig lehet technikailag veszteségmentesen kihasználni. Vagyis a k_3 rámutat arra, hogy a szűk keresztmetszetnek milyen arányú bővítése szükséges.

A kőbányáknál ez a mutató átlagban 78,2%-os, a gépi termelésű nagyüzemekben 72,5%-a a, kézi termelésű üzemekben pedig 89,6%. Ennek a látszólag fordított aránynak az az oka, hogy a kézi üzemek többségében az alapvető keresztmetszet egyben szűk keresztmetszet is, tehát kihasználhatósága ugyanaz. Géposított nagy üzemben ilyen eset nem fordul elő.

A kavicsbányákban lényegében két döntő keresztmetszet van, a gépi kavicstermelés (kotrók) és az iparvágány (főszállítás). A két keresztmetszet kapacitásadatai elég közel állnak egymáshoz s egy rakodóvágány esetén azonosak is. Ti. kotróknál a vagon kiszolgálási idők a mellékidők, míg az iparvágányüzemnél ezek a főidők, míg a kotró rakodási ideje mellékidő. Így az iparvágány N_k -jában döntő a gép rakodási kapacitása. A kavicsbányák „ k ” mutatói a fentebb kifejtettek miatt magasak.

Az a helyzet, hogy az alapvető keresztmetszet a termelés zömét adó nagy kőbányákban egyúttal a legbővebb keresztmetszet is, különböző viszonyításoknál az iparág termelési kapacitását túlzott értékben tünteti fel. A főszállítóberendezés a kőbányákban kétségtelenül fontos keresztmetszet, de mégsem itt folyik a termék előállításának legdöntőbb fázisa. Más iparágakban az alapvető keresztmetszet fogalma annyira jellegzetes, hogy annak meghatározása semmi nehézséget nem okoz. Pl. a kohóiparban a nagyolvasztó, az üvegiparban szintén az olvasztó kemence, a cement, téglá és kerámia iparokban ugyancsak az égető kemence az alapvető keresztmetszet. A kőbányáiparban a főszállítóberendezések — mint alapvető keresztmetszetek — nem is egységesíthetők annyira, mert a természeti adottságok miatt ezek nagymértékben különböznek egymástól. Sok kőbányában ezért inkább a zúzó- és osztályozó komplexum áll közelebb az alapvető keresztmetszet fogalmához, mint a kötélpálya.

Felmerül az a kérdés, hogy lehet-e a bányát — magát a termelő helyet — alapvető keresztmetszetként kezelni. Ez, mint termelő terület, több részfolyamatot is termelési keresztmetszetet foglal magában, ún.: letakarítás, jövesztés (fúrás, robbantás), kőkitermelés (kotró, bányai belső szállítás).

Mindezek együttesen a bányához tartoznak, s a telepítendő gépek, berendezések számát, teljesítőképességét — vagyis az alapvető keresztmetszetként kezelendő bánya kapacitását — nem egyedül a termelőfrontok nagysága, közetszerkezete, elhelyezkedése szabja meg. Ebbe még sok más külső tényező is belejátszik. Ilyenek: a szállítási körzet, rayon kiterjedése, a csatlakozó vasúti (közúti, vízi) vonalak terhelhetősége, a beruházási keret nagysága, a szakemberellátottság, a köigény stb. Mindezek együttesen alakítják ki, az optimális bányaméretet, mely ezek szerint ilyen értelemben nem tekinthető alapvető keresztmetszetnek.

A kapacitásfelmérés egyik jelentős eredménye volt, hogy az Iparigazgatóság már 1961-ben, de még inkább 1962-ben, az üzemek termelési tervének a megállapításánál a felmérés számszerű adatait figyelembe vehette és reális alapokra támaszkodhatott.

A kapacitásfelmérés számszerű eredményei egy egész éves időszakra üzemenként minden termelési keresztmetszetre meg vannak s azokat a kapacitás összefoglaló táblázatok előírás szerint tartalmazzák. A táblázatos összeállítások azonban csak tájékoztató jellegűek, mert a tervezett termelés időbeli lefolyását nem tudják szemléltetni. Ha viszont egy, vagy több gépnek (h. csoport) a termelésben és a különböző TMK javításokban megtervezett idejét az év mind a 365 napjára grafikusán felrakva ábrázoljuk, akkor az egész éves működés rögtön szemléltetővé válik. Az ilyen grafikus termelési menetrend, az úgynevezett „termelési és javítási ciklusgrafikon” a helyes és átgondolt munkaszervezés keresztülviteléhez több gép együttes munkája esetén nélkülözhetetlen, amellyel sokkal pontosabb képet ad a valódi teljesítőképességekről, mint a táblázatos módszer, amelynél a termelési és javítási időalapok különbözősége folytán keletkező fázisbeli eltolódásokat az „időtengely” hiányában nem lehet érzékelni. A termelési és javítási ciklogramokkal az egyenletes termelés műszaki és szervezési feltételeit is meg lehet határozni és így biztosítani lehet a berendezések tervszerű kihasználását. A ciklogramok a legfontosabb termelő munkagépre — a kotrókra — elkészültek s azokat az üzemek január havában megkapták. Ilyen grafikonokat azonban nemcsak kotrókra, hanem együttdolgozó gépláncokra is lehet — sőt célszerű — készíteni, amikor is a géplánc tagjainak egymásra hatását a legmesszebbmenőkig figyelembe lehet venni.

A felmérés további eredménye, hogy a műszaki fejlesztés tekintetében is tájékoztatást nyújt azzal, hogy rámutat egyes gépek és berendezések helytelen telepítésére, a szükséges tartalék hiányára, a szűk keresztmetszet feltárásával az elégtelen kapacitásokra, vagy fordítva egyes gépek rossz vagy látszólag rossz kihasználtságának okaira stb. Ez utóbbi kategóriába tartozik pl. az, hogy egyes üzemekben — Szobon, Tarcalon — a beépített nagy XV. nagyságrendű előtörő kapacitása jóval nagyobb a többi berendezés kapacitásánál, ami azt a látszatot kelti, hogy ezek a nagy törők nincsenek kihasználva. Az ilyen nagy törőknek azonban nem az a legfőbb hivatásuk, hogy teljesen ki legyenek használva, hanem az, hogy a köelakadások és a másodlagos robbantások számának a csökkentésével, valamint a nagy kotró és nagy törő összhangjának a megteremtésével az üzembiztonságot fokozzák és a termelékenységüket így növeljék.

A kapacitásfelmérés számszerű eredményei lehetővé tették hasonló berendezésű üzemek és ugyanolyan típusú gépek teljesítőképességének az összehasonlítását is és azokból az egyes üzemekre vonatkozólag hasznos következtetések levonását. Az ilyen összehasonlítások — kivált, ha az eredmények egymástól függetlenül más körülmények

között születtek — mind az iparvezetés, mind a vállalatvezetés számára megnyugtatólag hatnak és növelik a felmérés megbízhatóságát. Legjobb megnyilvánult ez az igen elterjedt G.X-es törőknél, melyeknek a kb. 60 m³/óra teljesítménye — amit a kapacitásfelmérés is igazolt — ma már úgyszólván „klasszikus fogalomná” vált. Hasonló a helyzet a többi — RY 1, E-25 stb. — kotróknál is, amelyeknek teljesítménye, felhasználhatósága, javítási körülményei, időalapja stb. éppen a kapacitásfelmérések következtében vált közismertté. De elmondhatnók ugyanezt a kötélpályákról és az osztályozóberendezésekről is.

A kapacitásfelmérések során számszerűleg is tudott dologgá vált, hogy a bányatető letakarítás mennyivel képes emelni a vagonba rakható tiszta köre, a kész jó termékre vonatkoztatott teljesítményt. A ciklogramok készítése során egynéhány üzemben — ahol sok a meddő — ráirányult erre is a figyelem s a kész jó terméknek a meddő százalék csökkentésével való növelését a grafikon készítésénél számításba vették.

A felmérések alkalmával derült ki az is, hogy a poros munkahelyeken bevezetett hét órás műszakok miatt a normális nyolc órás műszak munkahelye kénytelen a hét órás műszak munkaidéjéhez igazodni, ha szervezésileg nem tudják megoldani — pl. létszámhiány miatt — a váltásokat. Egyes helyeken ezen úgy igyekeztek segíteni, hogy a gépállást áttették erre az üres órára, de ez nem minden gépesopornál valósítható meg, mert nem szükséges mindenütt egy órai gépápolás. A kérdés tehát még megoldásra vár.

A számszerű s technikai, technológiai eredményeken felül eredménynek tekinthető végül az, hogy az üzemek műszaki vezető szakembereinek figyelme ráirányult a műszaki problémák mellett a közgazdasági problémákra is, amelyek megoldása nélkül ma már nem lehet céltudatos műszaki tevékenységet kifejtteni.

A kapacitásfelmérési munkák továbbfejlesztése és a pontosság fokozása céljából a következő kiegészítő megállapításokat tehetjük.

1. Az időjárás teljesítmény csökkentő hatását behatóbb elemzésnek kell alávetni, felül kell vizsgálni az eddig alkalmazott kiesési napok számát, s külön ki kell dolgozni a téli munka, valamint az éjszakai munka csökkentő tényezőit.

2. Az alapvető keresztmetszet kijelölését még egyszer felül kell vizsgálni s meg kell nézni, hogy vajon nem más berendezés-e (pl a zúzó-osztályozó

komplexum) a kőbányák legmegfelelőbb alapvető keresztmetszete.

3. Ki kell dolgozni az egymásután következő berendezések egymással kapcsolatban álló termelési keresztmetszetek, gépláncok egységes kapacitás felmérési és számítási eljárását, s ezzel kapcsolatban olyan TMK rendszert kell kialakítani, amely lehetővé teszi a produktív időalapok összehangolását.

4. Tekintettel a kőbánya munka durvaságára, fokozottabban kell figyelembe venni a kotrók, törők és dumperek gyors elhasználódását, az avulási százalékoknak megfelelően a javítási ciklusidők redukálását, valamint az ennek következtében számításba vehető magasabb értékcsökkenési százalékot és leírasi kulcsot.

5. A teljesítmény számítási képletekben szereplő bizonytalansági faktorok megállapítására elegendő számú kísérlet sorozatot kell végezni.

6. A nagyrobbantások előkészítő idejét a g_3 tényezőben kell szerepeltetni.

7. A meddő és poros anyagok százalék számának pontosabb megállapítására kísérletekkel és mérésekkel igazolt megbízható számítási módszert kell kidolgozni.

8. Az osztályozó vibrátorok és vibrátor rendszerek teljesítményszámítási képleteit a hazai viszonyokra kell alkalmazni. Itt nagyszámú kísérlet sorozatra felépített tanulmányokra van szükség, amelyeknek célja a különféle szemszerkezetű és szennyeződésű egyszer és kétszertört kőanyagok és kavicsanyagok osztályozási lehetőségeinek megállapítása, különös tekintettel az anyagban levő víz- és nedvesség-tartalom befolyására.

9. A grafikus kapacitásábrázolási módszert minél szélesebb területen kell alkalmazni, mert ez a legmegbízhatóbb módja a felmérési eredményeknek a munkaszervezés területén való hasznosítására.

10. A vagonhiányok okozta termelési kiesések és egyenetlenségek csökkentése céljából meg kell vizsgálni az üzemek depózási kapacitását, továbbá a balesetek megelőzése és teljes megszüntetése céljából a kapacitászámításoknál teljes mértékben alkalmazni kell az Általános Robbantási Biztonsági Szabályzatnak a kőbányaszatra vonatkozó rendelkezéseit.

Szabó Elek: Kapacitásfelmérés a kőbányászatban.

Сабо, Элек: Измерение мощностей карьеров.

Szabó, Elek: Kapazitätvermessung im Steinbruch.

PÁLYÁZATI FELHÍVÁS

A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztálya pályázatot hirdet olyan szabadon választható tudományos témák kidolgozására, amelyek az akadémiai kutatószervek hivatalos tématervében nem szerepelnek, de elősegítik a távlati kutatási terv tudományos célkitűzéseinek megvalósítását.

A pályázaton aspiránsok, tudományos fokozattal rendelkező személyek nem vehetnek részt. Hivatásos kutatók vezetőik előzetes engedélyével pályázhatnak. Ezeket az engedélyeket a Műszaki Tudományok Osztályának (V. Nádor u. 7. I. em. 111. tel. : 381-506) be kell mutatni.

Díjazásra érdemes dolgozatok 1000—3000 forintig terjedő jutalomban részesülnek. A pályázatok benyújtásának határideje: 1963. szeptember hó 30. A jutalmak kiosztása 1963. decemberében történik.

Atomerőművek üvegei

DR. KNAPP OSZKÁR

Az atom- és reaktortechnika fejlődésével, az izotópok alkalmazásának elterjedésével kapcsolatban szükségessé vált, hogy olyan technikai és optikai üvegeket állítsanak elő, amelyek sugárvédelmet biztosítanak, a besugárzás hatására nem színeződnek és ezeket a tulajdonságukat az idők folyamán sem csökkentik vagy veszítik el. A reaktortechnikában alkalmazott ablaküvegeknek sugárvédelmet kell nyújtaniuk, mert az intenzív sugarak káros biológiai hatásokat fejtenek ki. Habár a reaktorokban a műveleteket manipulátorokkal, távvezérlési eszközökkel végzik, a manipulátort kezelő személy is ki van téve a káros sugarak hatásának. Olyan üveg sem alkalmas reaktorablaknak, amelyik a sugárzás hatására színeződik, mert az a megfigyelést gátolja. Abban az esetben, ha a sugárkamrában csak igen kis, a megengedettnél kisebb dózissal dolgozunk, nem okvetlenül szükséges az, hogy ablaka sugárvédő és sugárálló legyen. Ha ilyen esetekben színeződés fel is lép, az üveg melegítésével el lehet azt tüntetni. Ha azonban a sugárzás dózisa a megengedettnél nagyobb, akkor elengedhetetlen feltétel, hogy sugárvédő üveggel fedjük az ablakot.

A radioaktív, nukleáris sugaraknak az emberi szervezetre kifejtett káros hatásai kiküszöbölésére, illetve azok csökkentésére a megengedett dózissal az ólom és a beton, különösen a báriumbeton mutatkozott eredményesnek. Ezek az anyagok azonban átlátszatlanok, tehát nem teszik lehetővé az azokkal körülzárt sugárforrások viselkedésének és hatásainak megfigyelését. Eleinte, mikor megfelelő üveg nem állott rendelkezésre, a megfigyelést periszkóppal végezték, ami azonban körülményes volt. Szükséges volt tehát olyan anyagot találni, ami átlátszó, de sugárelnyelő tulajdonsága azonos a betonéval. Ilyen anyagnak bizonyult a cinkbromidoldat, amit üvegedénybe töltve alkalmaztak ablaknak. Ez a megoldás azonban nem mutatkozott alkalmasnak, mert, ha az üveg eltört, a folyadék elömlött és a megfigyelő a sugárveszéllyel szemben védtelen maradt. Ezért merült fel az a gondolat, hogy a megfigyelés lehetőségét megfelelő tulajdonságú tömör üveggel oldják meg.

Sugárkamrákban négyféle sugárféleség léphet fel. Az alfa-sugarak igen csekély áthatolási képességgel bírnak és néhány cm levegőréteg, vagy vékony papír már elnyeli azokat. Így a közönséges ablaküvegen sem tudnak áthatolni. A béta-sugarak sem hatolnak 5 mm-nél mélyebben az ablaküveglapba. A gamma-sugarak azonban tekintélyes áthatolási képességgel bírnak. Miután hatásuk az emberi szervezetre igen káros, mert a biológiai szöveteket roncsolják, tulajdonságaikat igen behatóan vizsgálták. A neutron-sugarak áthatolási képessége igen tekintélyes. A szokásos összetételű üvegeken akadálytalanul áthaladnak, és elnyelésük csak különleges összetételű üvegekkel lehetséges.

A különböző sugárféleségek az üvegre azonos hatást fejtenek ki. Ha pl. a látható fény számára átlátszatlan opálüveget bármelyik sugárféleséggel sugározzuk be, szabad szemmel elváltozás nem tapasztalható, de fizikai eljárásokkal az üveg elváltozása kimutatható. Ha átlátszó üveget sugározzunk be, abban a sugarak intenzitása szerint többekévesébe intenzív színeződés lép fel, ami teljes átlátszhatatlanságra is vezethet. A színeződés alkalmas a sugárzás kimutatására és mérésére.

A sugárzás intenzitásának kvantitatív kifejezésére fizikai mértékegységül a curie, C, és a röntgen, R szolgál. 1 C $3,7 \cdot 10^{10}$ átalakulást, transzmütációt jelent másodpercenként. 1 R az a gamma-sugár kvantum, ami 1 cm^3 levegőben $2,083 \cdot 10^9$ töltésű ionokat létrehozó szekunderelektronokat termel. C a radioaktív sugárzás szétesési számának, R a sugárzás abszorpciójának mértéke.

A színezést okozó sugárdózis mértékére néhány példát említünk.

A közönséges ablaküvegben 10^4 R gamma-sugárzás, aminek energiája kerekén 1 meV már világosan felismerhető színezést okoz, 10^6 R besugárzás intenzív barna színt létesít, 10^8 – 10^{10} R besugárzásnál az üveg telítődik, még nagyobb dózis az üveget a magrészesekékvándorlása következtében mechanikusan elroncsolja. Ilyen dózisok azonban szokatlanul nagyok, ha meggondoljuk, hogy az emberi szervezet maximális dózisa 5 R egy évre vagy 0,3 R egy hétre.

Egy rádiumpreparátum 1 C intenzitással 1 m távolságban 0,84 R/óra dózissal felel meg. Miután a dózisteljesítmény a távolsággal fordított arányban áll, 1 cm távolságban ez a dózis 8400 R/óra. Gamma-sugárzásnál a C aktiválás és R dózisteljesítmény között az alábbi összefüggés van:

$$R = I_{\gamma} \frac{1}{d^2} \epsilon \delta$$

ha d a távolság m-ben, δ a besugárzás ideje órában és I_{γ} a fajlagos dózisteljesítmény, aminek értéke

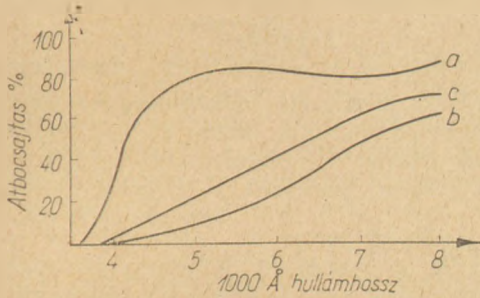
rádiumra	0,84
kobalt 60-ra	1,30
nátrium 24-re	1,92

Az üvegek sugárzás okozta elszíneződését igen sok kutató tanulmányozta. Legutóbb a mainzi Schott-művek végeztek beható vizsgálatokat, amelyeknek eredményeit a következőkben foglalhatjuk össze: Egy báriumcinkborosilikát üveg, amelyet 150 KW feszültségű, 18 mA áramerősségű röntgenkészülékben kobalt 60 forrással, 4 mm réz és 2 mm alumínium szűrővel 10^3 és $1,4 \cdot 10^4$ R dózissal sugároztak be, sárgásbarna színűvé lett. Egy borosilikátüveg a besugárzást követő 8-ik napon erősen elszíneződött és a szín tekintélyes része 7 hónap után is megmaradt. Egy mészcinküveg színeződése is 7 hónap elteltével csak kevésbé csökkent.

Eltérő viselkedést mutattak a foszfátüvegek, amelyek besugárzásra kimondott rubinvörös

színűvé lettek, az elektronok hatására azonban felmelegedtek, és színárnyalatuk csökkent.

Jellegzetes módon viselkedtek a nagy ólom-tartalmú üvegek. Egy ilyen üveg átbocsátóképességét megvizsgálva az 1. ábra görbáját kapták. Ha az üveget 10^7 R dózissal besugározták, az átbocsátóképesség a *b* görbe szerintivé változott.



1. ábra

A besugárzás okozta fényelnyelés csökkenése azonban idővel javult és egy hét múlva a *c* abszorpciós görbe szerinti lett. Ha az üveg felmelegedett, a fényátbocsátás további javulást mutatott. Kisebb ólomoxid tartalmú üveg színcsökkenése kisebb mértékű. A besugárzás okozta elszíneződés csökkenése az idővel jellemző az ólom üvegekre.

A vizsgálatok kiterjedtek olyan üvegekre is, amelyek nem a szokásos és állandó vegyértékű oxidokat, hanem két vagy több kationú oxidokat is tartalmaztak. Ezek az oxidok játszanak a radioaktív besugárzásnál fontos szerepet, mert igen könnyen vesznek fel vagy adnak le elektronokat. A polivalens oxidokat tartalmazó üvegek viselkedésére gamma-sugarakkal szemben az eddigi megfigyelések alapján nem lehet egységes törvényszerűséget megállapítani. Némely kation erősíti, némelyik csökkenti az elszíneződést, az alapüveg intenzitása szerint. Ha az üvegben egyidejűleg két vagy több polivalens oxid van, azok egymás hatását is befolyásolják.

Az eddigi vizsgálatok alapján az elszíneződés megakadályozására és sugárvédelemre főleg a cer, arzén, antimon és ólom oxidjai jöhetnek tekintetbe. Ha egy boroszilikátüvegbe, amelynek a színregenerálódása igen csekély mérvű volt, 1% antimontrioxidot olvasztottak be, a szín mélysége lényegesen csökkent, regenerálódási képessége is kedvezőbb lett. Az arzén és antimontrioxid kedvező hatása ólomüvegekben (PbO tartalom 35 és 60%) az ólomoxid mellett már nem jut érvényre. A két ólomüveg a besugárzás után majdnem átlátszóan, regenerálódási képessége azonban nagyon kedvező, és emelkedő ólomtartalommal növekszik. Az ólomüvegeknél a szín gyengülése 15 óra után már olyan mértékű, mint sok ólommentes üvegnél több hónap után.

Az említett oxidok színcsökkentő és regeneráló hatása a ceroxid esetében a legkedvezőbb. Színeződést meggátoló hatását már 1926-ban felismerték. A ceroxid optimális mennyisége, ami a színeződést meggátolja és a stabilizációs hatást kifejti 0,8 és 2,0 % között van. Ha a ceroxid mennyiségét 2% fölé emeljük, a stabilizáló hatás nem

jobb, és az üveg sárga színe mélyül. 6% felett a ceroxid csökkenti a stabilizáló hatást és a barna szín intenzívebbé lesz. Ha az üvegben a ceroxidon kívül arzéntrioxid is jelen van, a ceroxid hatása gyengül.

Az üveg színeződésének mechanizmusával számos kutató foglalkozott. Vizsgálataik eredményei alapján ez a mechanizmus az üveg összetételétől és szerkezetétől függően háromféle lehet. Ha az üveg alkotórészei között polivalens ionok is szerepelnek, akkor, miként vizes oldatokban vagy más szilárd anyagokban, a színeződést oxidációs és redukációs folyamatoknak tulajdonítják. Ha redukálható kationok vannak jelen, a színeződést redukció okozza, ami annyira előrehaladhat, hogy fém jelenik meg. A harmadik lehetőség az üveg szerkezetében levő hiányhelyek, amelyeknek színező hatása analog a kristályok zavarhelyei hatásával.

Ambár a radioaktív sugarak mindegyik felésége az üvegből elektronokat szabadít fel, ez az elektronfelszabadulás polivalens oxidokat tartalmazó üvegekben könnyebben megy végbe. Így mangánoxid tartalmú üvegekben az Mn^{2+} ion átalakul Mn^{3+} ionra és egy elektront szabadít fel, aminek következtében a színtelen üveg hiborvörösé lesz. Ugyanily változás lép fel a vanádiumoxid tartalmú üvegekben, amelyekben a zöld szín rózsaszínű lesz, mert a V^{3+} ion egy elektron felvétele következtében V^{2+} ionná lesz. Azoknak a színváltozásoknak, amelyek elektronfelvétellel járnak, redukció az oka. A jelenséget, amit első ízben az üvegen a Nap ultraibolya sugarainak a hatásánál ismertek meg, szolarizációnak nevezték el.

Az üveg szolarizációs színeződése nagymértékben függ az alapüveg összetételétől. Megfigyelések arra vezettek, hogy a szilikátüvegek nem szolarizálódnak, ha azokban kálium vagy nátrium helyett litium, kalcium helyett pedig berill van. Kobalttartalmú szilikátüvegekben rádium besugárzás hatására kék színű barna lett. Megfigyelték röntgen sugarakkal besugárzott bóraxgyöngyök színváltozását is, ami azt eredményezte, hogy kobaltoxid jelenlétében a zöld szín sárgásbarna, telluroxid jelenlétében a színtelen gyöngy mélybarna, bizmutoxid jelenlétében a színtelen gyöngy narancssárga, mangánoxid jelenlétében pedig rózsaszínű lett. Foszfátüvegek viselkedését megfigyelve azt tapasztalták, hogy 1% vasoxid jelenléte 10^6 R besugárzásnál a színeződést teljesen kiküszöbölte.

A réz, ezüst és arany kationjai radioaktív besugárzásra könnyen fémmé redukálhatók. Ezt a jelenséget fotoszenzibilitásnak, fémmérkenységnek nevezzük. A besugárzott ezüsttartalmú üvegek ultraibolya sugarak hatására fluoreszkálnak, hevítve pedig termolumineszcencia jelensége lép fel. Erősebb sugárdózisokat alkalmazva az ezüsttartalmú üvegek sárga, az aranytartalmúak vörös színt vesznek fel.

Besugárzás hatására a zínközpontok keletkezését először NaCl kristályokon ismerték fel. Ez a kristály ultraibolya, röntgen vagy korpuszkuláris besugárzásra sárgává lesz, széles abszorp-

ciójú sáv keletkezik, amelynek maximuma 400 m μ és félszélessége 100 m μ . Ezt a sávot F-sávnak, a keletkezett abszorbeáló színezőpontokat F-centrumnak nevezik. Hasonló jelenséget a többi alkálif-halogén kristályok is mutatnak. Az abszorpciós vonalak maximuma az atomsúly növekedésével eltolódnak. A céziumklorid 610 m μ maximális abszorpciós vonallal kék színt vesz fel.

A mai felfogás szerint egy színcentrum oly módon keletkezik, hogy a kristályrácsban egy hibahelyet szabad elektron foglal el. Egy cm³ térfogatú nátriumklorid kristályban 10¹⁸ F-centrum keletkezhet, mert abban ennyi klóranion üres hely van. Intenzív röntgenbesugárzás hatására a rács-hibahelyek száma növekszik, és 10²⁰/cm³ F-centrum sűrűséget érhetünk el. További kutatások azt eredményezték, hogy elszíneződött alkálif-halogén-kristályokban az F-centrumokon kívül más szín centrumok is keletkeznek. Így, ha negatív rács-hiányhelyben két elektron helyezkedik el, akkor V-centrum, három elektron elhelyezkedésekor M-centrum keletkezik. A hibaelektronok és az ionhiányhelyek kombinálódása egyensúly felé törekszik és, ha az bekövetkezik, további besugárzásra színcentrumok már nem keletkeznek.

Üvegek besugárzásakor a kristályokéval azonos jelenségekkel találkozunk. Ez a hasonlóság indokoltá teszi, hogy a jelenségek oka, mechanizmusa a kristályoknál és üvegeknél azonos. Mivel azonban az üvegek összetétele és szerkezete általában bonyolultabb, mint a kristályoké, a színcentrumok keletkezése is bonyolultabb folyamat. Ehhez járul az is, hogy, míg a kristályok abszorpciós vonalait élesen megkülönböztethetők, az üvegek röntgendiffrakciós képe nem vonalas, hanem sávok, sőt a sávok is összefolyhatnak.

Az ismertett színeződési elmélet szerint a színcentrumok visszafejlődése, a színeződés halványodása egyszerű módon magyarázható meg, energia hozzávetéssel ugyanis az elektronok termikusan gerjednek és elhagyják a hálózatban elfoglalt hibahelyeket, és ennek következtében a röntgenbesugárzásra keletkezett F-centrumok okozta színeződés halványodik. Ezt a folyamatot melegítés elősegíti.

A ceroxid egyedülálló színezéstgátló szerepének megmagyarázása igen nehéz feladat. A cerion polivalens jellege egyedül nem szolgálhat magyarázatot, hiszen sok más polivalens ion nem fejt ki ezt a kedvező hatást. Némelyek szerint a színeződést gátló hatás a Ce³⁺ ion oxidálásával Ce⁴⁺ ionná függ össze. A Ce⁴⁺ ion ugyanis elősegíti a kék spektrumsávban az abszorpciót. Mások véleménye szerint a hatás azon alapszik, hogy a Ce⁴⁺ egy elektron felvételével Ce³⁺ ionná alakul, és az anion hiányhelyeken olyan színcentrum képződik, amely a színeződést kompenzálja.

Certartalmú üvegekben a CeO₂—Ce₂O₃ egyensúlyt több tényező befolyásolja. Besugárzásnál a cer ion szerepe kettős, szerepelhet mint oxidáló szer, szenzibilizátor és mint redukáló szer, deszenzibilizátor. A cer szerepét arzén jelenléte elősegíti.

Az üvegek besugárzás okozta színeződését az is befolyásolja, hogy az üveg stabilizált-e vagy sem. Stabilizálás alatt azt a folyamatot értjük,

amellyel az üveget oly sok ideig hőkezeljük, amíg annak tulajdonságai állandó értéket vesznek fel. A stabilizált üveg besugárzással szemben kedvezőbben viselkedik, és színeződése kisebb mértékű.

Sugárvédésre alkalmas üvegek összetételére azok a kísérletek eredményei adtak támpontot, amelyek az elnyelési együttható és a sűrűség között mutattak összefüggést. Ezek szerint

$$I = I_0 e^{-\omega t}$$

képlet fejezi ki az összefüggést, amelyben I az átbocsátott sugár intenzitása, I_0 a rácsó sugár intenzitása, t az üveg vastagsága, ω a tömegabszorpciós együttható és ρ a sűrűség. E képlet alapján azonban a t szükséges és elegendő falvastagság értékét nem lehet pontosan kiszámítani, mert egyéb, később megadott tényezők is szerepet játszanak. A gyakorlati életben a tömegabszorpciós együttható helyett az abszorpciós együtthatót vesszük tekintetbe. A két érték között a

$$\mu = \omega \rho$$

összefüggés áll fenn, ha μ az abszorpciós együttható.

A gyakorlatban azonban az üvegek abszorpciós együtthatói helyett az ólomgyenértéket vesszük tekintetbe amit a

$$Pb_e = \mu_u / \mu_{Pb}$$

képlet fejez ki, ha Pb_e az ólomgyenérték, μ_u az üveg és μ_{Pb} a fém ólom abszorpciós együtthatója. Ólomgyenérték alatt tehát azt a fémólmovastagságot értjük, amely abszorpció tekintetében az egységnyi vastag üvegével azonos. Ha tehát valamely üveg ólomgyenértéke 0,4, akkor annak abszorpciója egy cm vastagságban ugyanannyi, mint 0,4 cm ólomlemezé. Az ólomgyenérték azonban nem független a sugárzási energia félelőségétől. Amíg egy 71% ólomoxid tartalmú üveg ólomgyenértéke 0,3 röntgenbesugárzással szemben, addig ugyanezen üveg ólomgyenértéke 0,45 kobalt 60 forrású gamma-sugárzással szemben. Az eltérést az magyarázza meg, hogy röntgenbesugárzásnál az abszorpcióban majdnem kizárólag ólomatomok, míg kobalt 60 besugárzásnál különböző atomok vesznek részt. Kóbalt 60 forrással szemben az ólomgyenértéket a következő gyakorlati képlet fejezi ki:

$$\text{ólmogyenérték kobalt 60-ra} = 0,0889 \rho$$

ha ρ az anyag sűrűségét jelenti.

Gyakorlati használatra háromféle sugárvédő üveget dolgoztak ki, amelyeknek néhány jellemző fizikai tulajdonságát az alábbi táblázat foglalja össze.

1. táblázat

Sugárvédő üvegek tulajdonságai

Üveg	Sűrűség, g cm ³	Törésmutató $\mu = 590$ $\mu\mu$	Reflexió, %	
			levegőben	olajban
Mészüveg	2,67	1,52	4,3	0,03
Középnhez ólomüveg ...	3,27	1,59	5,2	0,13
Nehéz ólomüveg	6,22	1,98	10,8	2,10

Említettük, hogy a sugárvédő üvegfal vastagságát nemcsak a tömegabszorpciós együttható és a sűrűség szabja meg. A besugárzás intenzitásának gyengülését még a felépítési tényező is befolyásolja. Az áthatoló sugárzás intenzitását, ha a sugárzás egy monokromatikus sugárzó pontból indul ki és a levegő abszorpcióját nem vesszük tekintetbe, a következő képlet adja meg:

$$I = \frac{(1 + B) I_0}{x^2} e^{-\mu x}$$

ha I_0 a sugárforrás intenzitása 0,3 m távolságban levegőközegben, x a forrás és a megfigyelő közötti távolság 0,3 m egységeiben, μ a védőfal abszorpciós együtthatója, B a felépítési tényező és t a védő üvegfal vastagsága.

Ha a forrás sugárzását a forrás és a védőfal között egy áthatolhatatlan fal kis nyílásán keresztül egy pontra gyűjtjük össze, akkor a felépítési tényező értéke nulla. Ilyen körülmény között a gyengülést keskeny sugárnyaláb gyengülésnek nevezzük és az abszorpciós együtthatót erre az esetre szokás megadni. A gyakorlatban azonban össze nem gyűjtött, széles sugárnyalábbal dolgozunk, aminek az effektív intenzitásgyengülése kisebb, mint keskeny nyaláb esetében, mert a védőfalon reflexió is fellép. A felépítési tényező ezt a körülményt veszi tekintetbe.

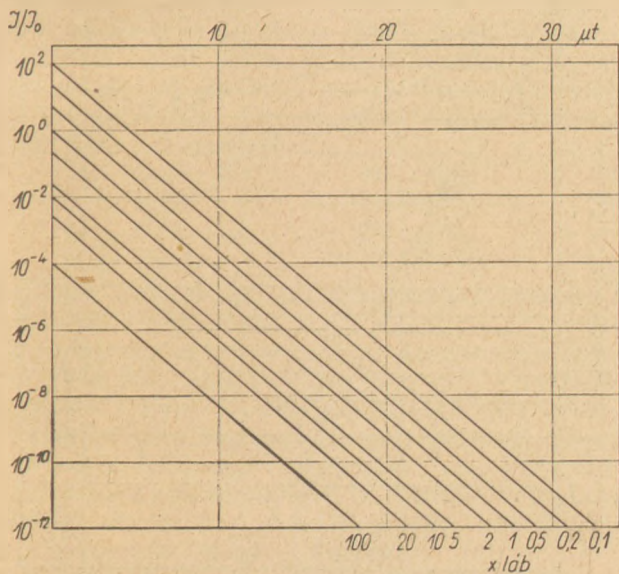
Az üvegvédőfal kiszámítása céljából a fenti képlet mindkét oldalát logaritmáljuk.

$$\ln \left[\frac{I}{(1 + B) I_0} \right] = -\mu t - \ln x^2$$

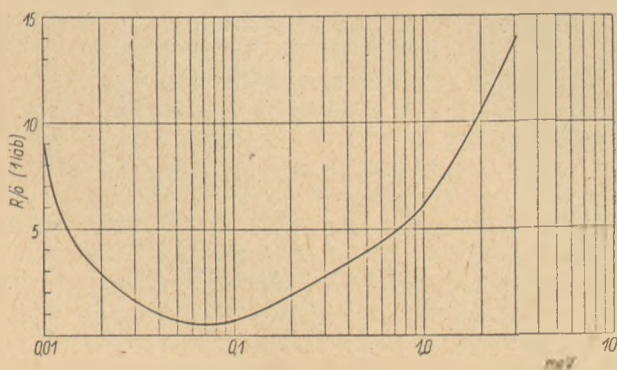
Feltételezve, hogy B értéke nulla vagy azt egy effektív $I'_0 = (1 + B)I_0$ intenzitás kompenzálja, azt kapjuk, hogy

$$\ln \frac{I}{I'_0} = -\mu t - \ln x^2$$

Tehát adott x érték esetében μt és $\ln I/I'_0$ értékek lineárisan változnak. Ha tehát μ és μt adottak, t értéke kiszámítható. A képlet grafikus megoldását



2. ábra



3. ábra

a 2. ábra adja meg, amely gyakorlati alkalmazásra alkalmas, ha x értéke nagyobb mint t értéke.

A sugárzási intenzitást egy megengedett I értékre kell gyengíteni. Ezt az értéket 3 meV-nél kevesebb energiák részére 0,3/R hét értékben állapították meg. Ez az érték 40 óra/hét munkaidőre vonatkoztatva 7,5 milliR/órának felel meg. Megfelelő biztonsági tényező tekintetbevételével tehát $I = 1$ milliR/óra.

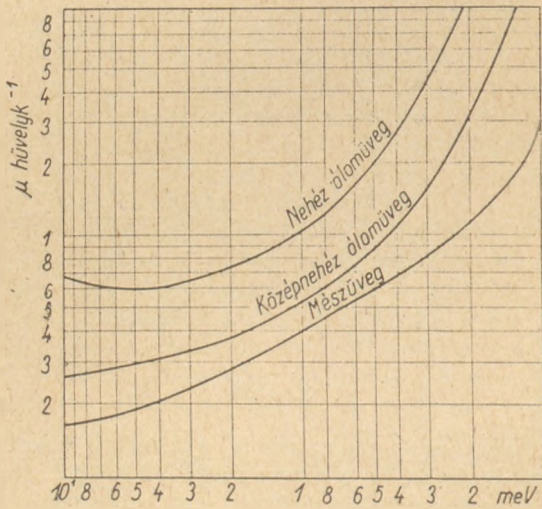
A radioaktív forrás intenzitását, az I értékét C egységekben fejezik ki, amit, hogy a megengedett besugárzási intenzitással össze tudjuk hasonlítani, R/óra egységekre kell átszámítani, egy szabvány távolságra vonatkoztatva. Gyakorlati számítások céljaira a 3. ábra szolgál, amelyen az energia és az R/óra összefüggését látjuk. A diagramot csak 3 meV energiáig lehet alkalmazni, mert nagyobb energiákra a R-egység már megbízhatatlan érték.

A felépítési tényező változik a védőfal anyaggal, vastagságával és a forrás energiájával. A háromféle sugárelnyelő üvegre a 2. táblázat ad gyakorlatilag alkalmazható értékeket.

2. táblázat

A felépítési tényező (1 + B) értékei

Üveg	meV	μt	(1 + B)				
			2	4	7	10	15
Mész	0,5	4,3	10,6	26,0	49,5	108,4	
	1	3,3	6,6	13,0	21,1	38,3	
	2	2,6	4,6	8,0	11,8	18,6	
	3	2,3	3,8	6,1	8,6	13,0	
	4	2,1	3,3	5,1	7,0	10,4	
	6	1,9	2,8	4,1	5,6	8,2	
	8	1,7	2,4	3,5	4,7	6,9	
	10	1,6	2,2	3,1	4,0	5,9	
	Középgólm	0,5	3,6	8,3	20,3	38,6	84,6
		1	2,8	5,3	10,2	16,0	29,0
2		2,4	4,0	6,7	9,8	15,2	
3		2,2	3,4	5,4	7,6	11,6	
4		2,0	3,0	4,6	6,5	10,2	
6		1,7	2,5	3,9	5,6	9,8	
8		1,6	2,2	3,3	4,8	8,9	
10		1,5	2,0	2,9	4,1	7,8	
Nehézgólm		0,5	2,2	4,1	8,6	15,3	40,0
		1	2,1	3,4	5,7	8,4	12,3
	2	2,0	3,1	4,8	6,7	9,9	
	3	1,9	2,8	4,4	6,1	9,6	
	4	1,7	2,5	4,0	5,8	9,9	
	6	1,5	2,2	3,5	5,6	12,4	
	8	1,4	1,9	3,1	5,0	12,2	
	10	1,3	1,7	2,7	4,2	10,4	



4. ábra

A keskeny nyaláb abszorpciós együtthatók értékeit a 4. ábra adja meg.

A táblázatok és diagramok használatát egy példán mutatjuk be. A reaktorkamrába be kell szerelnünk egy középólomüveget. A sugárzási forrás 10 C, gamma sugárzási energiája 1,5 meV. A forrás és a megfigyelő között 5 láb (1,5 m) a távolság. Milyen vastag üvegvédőfal szükséges, hogy a sugárzást 1 milliR/óra értékre gyengítsük? A számítás lépései a következők:

1. A 3. grafikonból kiolvassuk 1,5 meV-nek megfelelő C értéket, ami $I_0/C = 8,4$. Tehát $I_0 = 84$ R/óra.
2. I/I_0 tehát $10^{-3}/84 = 1.19 \cdot 10^{-5}$
3. a 2. ábrából μ t 5 láb távolságra 7,7
4. a 2. táblázatból $(1 + B)$ becsült értéke 10
5. eszerint a felépítési tényezővel korrigált $I/I_0 = 1,19 \cdot 10^{-6}$
6. a korrigált μ t értéke az 1. diagramból kiolvassva 10
7. a korrigált értékre a 2. táblázatból $(1 + B) = 14$
8. a korrigált I/I_0 érték $1.19 \cdot 10^{-5}/14 = 8,5 \cdot 10^{-7}$
9. a korrigált μ t eszerint 10,7
10. Miután μ t és $(1 + B)$ közel azonos, a μ értékét a 4. ábrából kiolvassuk. $\mu = 0,425$ hüvelyk¹
11. t értéke tehát $10,7/0,425 = 25,2$ hüvelyk, azaz 64 cm.

A három sugárvédő üveg átbocsátását az 589 Na „D” vonalra az 5. ábra ábrázolja a távolság függvényében.

Kobalt 60 sugarak besugárzása esetében használhatunk báriumüvegeket is. Miután azok sűrűsége 6,3–6,8 g/cm³, azok falvastagságát nagyobb értékűre kell venni. Az ólomüvegeknek az az előnyük, hogy nagy sűrűségük következtében kisebb falvastagság is elegendő a sugárvédelemre.

A neutronsugarak, amelyek elektromosan neutrálisak, teljesen elütően viselkednek azoktól a sugaraktól, amelyek töltéssel bírnak, vagy a fotonoktól, amelyeknek ionizáló hatásuk van. Amíg ezek az utóbbi sugárféleségek az elektron-

héra fejtik ki hatásukat, addig a neutronsugarak az atommagra hatnak.

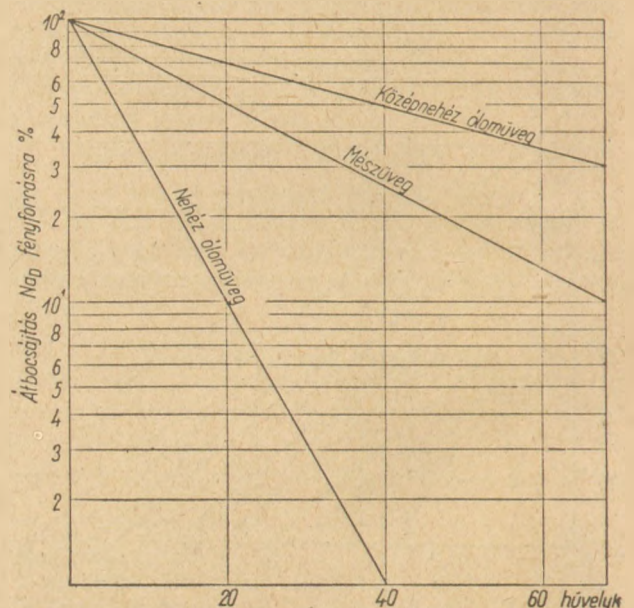
A gyors elektronok, amelyek maghasadási folyamatoknál keletkeznek, igen nagy áthatoló képességgel bírnak. Az ólom a neutronok sugárzását semmiképp sem akadályozza, mert a csekély tömegű neutronokat a nehéz ólomatommagvak energiavesztés nélkül szórják szét. Minél kisebb azonban a szórást előidéző atommag, annál könnyebben adja át energiáját az ütköző atomoknak, ami a neutronok fékezésével jár. A neutronok ütközése magreakciókkal is kapcsolatos. A gyors neutronok az ütköző protonok erős ionizációja következtében a biológiai szövetekre igen veszélyesek.

A lassú neutronok, amelyeknek az energiája 0,025 eV, és amelyek a kisebb tömegszámú magok elasztikus ütközésénél kinetikai energiájuk legnagyobb részét átadják, a gyors neutronokkal szemben sokkal nagyobb hatáskeresztmetszettel bírnak. A lassú neutronok szintén bomlasztóan hatnak a biológiai szövetekre, de kisebb mértékben, mint a gyors neutronok.

A gyors neutronokat a magreaktorokban a víz, parafin, grafit lefékezi, a lassú neutronokat azonban nem. A lassú vagy termikus neutronok az üveg összetételétől függően változást szenvedhetnek, ami abban áll, hogy radioaktív izotópok keletkeznek eggyel megnövekedett tömegszámmal, és a béta-sugárzás kibocsátása következtében nagyobb rendszámú elemmé lesznek. A Si³⁰ izotópból Si³¹ izotóp lesz, ami 2,6 órai felezési idővel P³¹ elemmé megy át, ami aktiválás következtében S³¹ kénné alakul. Hasonló átalakuláson mennek át a nátrium, kálium vagy kalcium is. Ezek a neutronbesugárzás okozta elváltozások csak nagy neutron-sűrűségek mellett folynak le.

Amíg a Si³⁰ hatáskeresztmetszete 0,11, a P³¹ elemé 0,20, a B¹⁰-é 4020, addig a Cd¹¹³-é 27 000. Ez utóbbi tehát messze kitűnik az elemek közül.

Az üvegeképítő oxidok, közül a gadolinium, europium, bór és kadmium oxidjainak neutron



5. ábra

tömegabszorpciós együtthatója igen kedvező. Az első két oxid igen ritka és az üvegyar nyersanyagként nem használja. A másik két oxid jöhet tehát csak gyakorlati szempontból tekintetbe.

Miként a röntgen- és gamma sugarak abszorpciójának megítélésére az ólomgyenérték használatos, hasonlóképp a neutronsugarak abszorpciójának jellemzésére a kadmiumgyenérték szolgál. Képlete

$$Cd_e = \mu_{cd} / \mu_{ox}$$

és azt a kadmiumfém vastagságot adja meg, amely az azonos abszorpcióképességű egységnyi vastagságú oxiddal egyenértékű, ha az mint üvegeképítő szerepel. Néhány üveg termális neutron abszorpció együtthatóját, kadmiumgyenértékét és sűrűségét a 3. táblázat foglalja össze. Látjuk, hogy a kadmiumgyenérték és a sűrűség között összefüggés nem jelentkezik, és hogy az üvegeképítő oxidok közül a bórtioxidnak, de különösen a kadmiumoxidnak van messze kiemelkedő abszorpcióképessége és kis kadmiumgyenértéke.

3. táblázat

Oxidok neutronabszorpciós tulajdonsága

Oxid	μ termális neutron abszorpciós együttható	Kadmiumgyenérték	Sűrűség, g cm ³
SiO ₂	0,238	458	2,20
PbO	0,328	332	9,49
Al ₂ O ₃	0,355	307	3,80
ZnO	0,356	306	5,66
MgO	0,385	283	3,58
Fe ₂ O ₃	0,769	142	5,20
Mn ₂ O ₃	0,800	136	4,65
Li ₂ O	5,99	18,2	2,01
B ₂ O ₃	31,0	3,5	2,46
CdO	90,0	1,21	8,15

A neutronsugárvédő üvegek összetétele igen eltér az átlagos üvegek összetételétől, mert azoknak kadmiumdúsaknak kell lenni. Az üvegek kadmium- és bóroxidon kívül timföldet és kalciumfluoridot tartalmaznak. Alkáliák jelenléte nem kívánatos, mert azok a színeződést elősegítik. Ezek az üvegek azonban csak a lassú neutron-sugarakat nyelik el, a gyors neutronsugarak elnyelése céljából az üveg elé víz vagy polisztirol réteget helyeznek. Egy neutron sugárvédő üveg összetétele a következő:

BeO ₂	10—20%
Li ₂ O	10—20%
B ₂ O ₃	58—80%
Ce ₂ O ₃	0,03—2,0%

Az üveg a gyors neutronok sugarakat lelassítja, a lassúkat pedig elnyeli.

A bór-gazdag üvegeknek az atomtechnikában egy másik használati lehetőségük is van. A betonfal ugyanis a töltött részecskék és fotonok ellen védelmet nyújt, de a neutronsugarakat átengedi. Ezért a betonba bórüvegport kevernek, ami védelmet nyújt a lassú neutronok ellen is. Miután a betonban mindig van néhány százalék kötött kristályvíz, az a gyors neutronokat is elnyeli.

A kadmiumüvegeket a szem védelésére is használják. A szem neutronsugár behatásra igen érzé-

keny, és ezt az érzékenységet kadmiumüvegből készített szemüveggel küszöbölik ki.

A nagy aktivitású sugárkamrák olyan védőablakot igényelnek, amelyeket 20—25 cm vastag üvegtáblákból állítanak össze. Az egymás mögé helyezett üveglapokat acélráma tartja össze, az egyes lapok között pedig levegőréteg van. A hézagokat, amelyek a keretezésnél keletkeznek, ólomporral vagy ólomvattával tömítik el. Fényvesztések elkerülése céljából ajánlatos, hogy az egyes lapok felületét reflexiócsökkentő bevonattal lássák el. Ha több, mint három üveglapból állítják össze a szükséges vastagságú ablakot, akkor az egyes üvegtáblák között hézagot hagynak, amit azonos törésmutatójú olajjal töltenek ki. A vastag védőüvegeket lépcsőzetesen állítják össze. Az ablak öszvastagsága eléri a 90 cm-t is, sőt a brüsszeli kiállításon bemutattak egy 3 m öszvastagságú reaktorablakot is, amely a jelenleg ismert legnagyobb aktivitású sugarakat is színeződés nélkül elnyeli. Az ablakok szélessége 1 m, vagy még több. Miután az ólomüveg vegyállósága kedvezőtlen, és különösen kénhidrogén behatására az üveg feketedik, az ablak külső és belső felületét vékony vegyálló üveglapokkal védik meg. A belső üveglapnak természetesen sugárállóknak kell lenni.

Azt a jelenséget, hogy az üvegek radioaktív besugárzás hatására színesednek, felhasználták a sugárdózis mérésére is. Doziméterek részére általában ezüsttartalmú foszfátüvegeket vagy kobaltboroszilikátüveget alkalmaznak, amelyeknek alsó kimutatási határa 10 R. Újabban a radioaktív sugarak mérésére kén-tartalmú üvegeket alkalmaznak. Az üveget nátriumboráthból kén vagy nátriumszulfid hozzáadásával olvasztják meg. Az üveg színe kék, amely színt az oldott kén vagy a poliszulfidok okozzák. Ha az üveget gamma-sugarak érik, akkor az a sugár intenzitásának arányában halványodik, sőt színtelenné is lesz. A jelenség magyarázatára feltételezik, hogy sugárhatásra kén-elektronok válnak szabaddá és színtelen szulfidionok keletkeznek.

Az üveg alkalmasnak bizonyult gamma-sugarak vagy elektronok kvantitatív mérésére is. A mérés a Cserenkov-effektuson alapszik. Ez az effektus akkor jelentkezik, ha egy szcintillátort nagy energiájú gamma-sugarak, pozitronok vagy elektronok érik, amikor is mágneszapor keletkezik, ami azokat gyenge energiájúakká változtatja át. Az átalakulás a szcintilláló anyagban gyenge látható fényt gerjeszt, ami teljes abszorpció esetében arányos a ráeső sugárzással. Szcintilláló anyagnak megfelel egy ólomüveg, aminek az összetétele a következő:

SiO ₂	40,8%
PbO	52,8%
K ₂ O	4,5%
Na ₂ O	1,7%
As ₂ O ₃	0,2%

Ez az üveg alkalmasnak bizonyult egy gamma-sugár spektroszkóp összeállítására.

Az üveg tehát a nukleáris jelenségek vizsgálata és az atomenergia ipari felhasználása terén lényeges

szerephez jutott és nagyban hozzájárult ennek az új tudományág és annak gyakorlati értékesítése fejlesztéséhez.

Az üveg alkalmazása atomerőműveknél

Leírja a gamma- és neutron-sugaraknak az üvegek színeződését okozó káros hatását és megadja a megengedett dózisok határértékét. Ismerteti az üvegalkotó oxidok és az elszíneződés közötti összefüggést. Tárgyalja a színcentrumok keletkezését és a színeződés magyarázatát, valamint a cer és nehézfém üvegek sugárvédő hatását. Definiálja az ólom- és kadmium-egyenértékét. Megadja és példával illusztrálja a sugárvédést kifejtő üveg vastagságának kiszámítását. Végül ismerteti a dozimétereket.

ПРИМЕНЕНИЕ СТЕКЛА В АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

В статье излагается вредное влияние гамма- и нейтрон-лучей, вызывающих окрашивание стекла и приводится предельное значение допустимых доз.

Рассматривается зависимость между стеклообразующими окислами и окрашиванием. Излагается вопрос образования цветных центров и дается объяснение об окрашивании и о лучезащитном влиянии тяжелых свинцовых стекол. Приводятся примеры для расчета толщины лучезащитного стекла. В конце статьи излагаются дозиметры.

Anwendung des Glases bei Atomkraftwerken.

Es werden die schädlichen Wirkungen der Gamma- und Neutron-Strahlen, die Färbung der Gläser behandelt und die bewilligten Höchtwerte der angewandten Dosis angegeben. Es werden die Zusammenhänge zwischen den glasbildenden Oxiden und der Färbung der Gläser diskutiert. Die Entwicklung der Farbzentren und die strahlenschutzende Wirkung der Cer- und Bleigläser werden eingehend beschrieben. Die Blei und Cadmiumäquivalentwerte werden definiert. Die Berechnung der Dicke der strahlenschützenden Glasscheiben wird angegeben und mit einem Beispiel illustriert.



ERDÉLY IMRE

július 4-én töltötte be hetvenedik életévét. Egyesületünknek alapítása óta, a Választmányának s a Szerkesztőbizottságnak sok éve, egyik legtevékenyebb tagja. Egyideig vezetője volt a Kőbányász Szakosztálynak és ma is azok között találjuk, akik a fiatalabbakat' oktatják, tudományos

munkára serkentik, szakirodalmi működésre buzdítják. Erdély Imre tapasztalatai gazdagok, ismeretei széleskörűek, tudásánál csak szerénysége nagyobb: az jellemzi, hogy a háttérben igyekszik meghúzódni. Most, hetvenedik születésnapján, mégsem kerülheti el,

hogy az Egyesület nyilvánossága előtt üdvözljük, tisztelettel és szeretettel. A tisztelet nem csak a szép életkornak szól, hanem a tiszteletre méltó tudásnak is; a szeretet pedig annak a jóbarátunknak, akire mindenkor számíthatunk és ezután is számíthatunk.

A beton kötésének késleltetése

Dr. KALMÁR ISTVÁNNÉ

A beton kötésének késleltetése

A korszerű betontechnológiában mind jelentősebb helyet foglalnak el a beton segédanyagok, vagy kiegészítőanyagok.

A beton segédanyagok fogalmkörébe azok az anyagok tartoznak, amelyek a friss betonkeverék, vagy a megszilárdult beton valamely tulajdonságát megjavítják, vagy meghatározott cél elérése érdekében bizonyos mértékig megváltoztatják.

A friss betonkeverék tulajdonságait betonplasztifikátorok, légpórusképzők, kötésidőszabályozók, fagyátlók és szilárdulás gyorsítók segítségével tudjuk módosítani. A megszilárdult beton egyes tulajdonságait légpórusképzők, tömítőanyagok és hidrofobizáló anyagok felhasználásával lehet megváltoztatni. Gyakori ezen anyagok kombinált felhasználása is.

A kötésidő szabályozók a cement kötési idejét változtatják meg: vagy gyorsítják (kötésgyorsítók), vagy lassítják (kötésslassítók, — késleltetők).

A kötésidő szabályozók közül a kötésgyorsítók a régebben ismert és alkalmazott anyagok, mint-hogy a gyorsabb kiszaluzhatóság, a hideg időben végzett betonozásnál az alacsony hőmérséklet szilárduláslassító hatásának kiküszöbölése elsősorban ezek használatát tette szükségessé. Így a kötésgyorsító vegyszerek (elsősorban a kalcium-klorid) előállítása és alkalmazása a betontechnológiában elterjedt és általánossá vált.

Csak az utóbbi években végbement betontechnológiai fejlődés tette szükségessé a kötést késleltetők kidolgozását és napjainkban ezek alkalmazása — különösen a központi betongyárak elterjedése következtében — világszerte fokozódik. Irodalmi adatok szerint külföldön az 1940—45 közötti években kezdték alkalmazni. Hazai alkalmazásukról ezideig nem beszélhetünk, csupán 1961-ben egy kisebb jelentőségű, a bányászati építőipart érdeklő probléma kapcsán merült fel kötést késleltető anyag alkalmazásának szükségessége. A kötést késleltetők jelentősége a közeljövőben előreláthatólag nagymértékben növekedni fog.

1. Kötést késleltető anyagok alkalmazási területe

A kötést késleltető anyagok betonban a következő célokra alkalmazhatók:

— meleg időben végzett betonozás során a hőmérséklet kötésgyorsító hatásának ellensúlyozására;

— nagytömegű beton készítésekor a kötést hős felszabadulásának késleltetésére és így a belső felmelegedés csökkentésére;

— álkötésre hajlamos cementeknél az álkötési jelenség megakadályozására;

— felületi beton legfelső rétegének készítéséhez az adalékszemesek láthatóvá tételével esztétikus felület kialakítására (a kötésslassítóval készült

felületi réteget — amely még nem kötött meg — vízszaggal való kimosással vagy kikeféveléssel eltávolítják);

— a betonkeverék szállításakor a beton korai kötésének, megmerevedésének késleltetésére;

— betonozó munka megszakításakor az utolsó felhordott rétegbe keverésre (így a betonozás folytatásakor a még kötésben levő betonhoz lehet csatlakozni);

— kiöntő cementhabarcsok készítésére, amikor a habarcs kiöntése hosszú ideig tart, vagy hosszú távolságon kell a habarcsot szállítani (szivattyúzni), ha áramló melegvízzel találkozik, vagy ha a kiöntött hézagokat újra ki kell fúrni.

A kötést késleltető szerekek szemben támasztott általános követelmények a következők:

a) A kötést késleltetők a cementhabarcs szokásos kötéskezdetét 2—12 órával hosszabbítsák meg. A késleltetés mértékét az adott körülmények szabják meg.

b) A késleltető anyagok a friss és a megszilárdult beton tulajdonságait (nyomó- és hajlítóhúzószilárdságát, időállóságát stb.) lényegesen és káros mértékben ne befolyásolják.

Ezen általános követelményeken belül a betonlétesítmény jellege szerint a kötéskezdetre vonatkozó három esetet különböztetünk meg:

1. Nagymértékű (6—12 óras) késleltetés; emellett a szilárdságcsökkenés megengedett (pl. felületi beton készítése esetén).

2. Közepes mértékű (4—6 óras) késleltetés; a kezdeti szilárdság alakulása nem lényeges, a vég-szilárdságban (90 napos) kisebb mértékű csökkenés megengedett (pl. nagytömegű kitöltő beton készítésekor).

3. Kismértékű (1—2 óras) kötést késleltetés; szilárdságcsökkenés nem megengedett (pl. a betonkeverék szállításakor).

Építőiparunk szempontjából jelentős a 3. csoport szerinti, a betonkeverék szállításával kapcsolatos követelmény a beton kötéskezdetének a szokásoshoz képest 1—2 órával való meghosszabbítására. A fejlesztési tervek megvalósítása során ugyanis mind nagyobb mennyiségű betont fognak központi betongyárakban előállítani. Az eddig létesült Árpád-hídfői és dunaújvárosi betongyárak mellett előreláthatólag több központi betonüzem létesül. Ezt mind a minőségi beton előállítás szempontjai, mind gazdasági tényezők indokolják. A korszerű szállított betongyártás egyik alapvető feltétele, hogy a központi gyárban előállított beton káros elváltozás nélkül kerüljön a bedolgozás színhelyére. Ilyen károsodás lehet a betonkeverék szétesőtályozódása, kiszáradás vagy megázás folytán előálló víztartalom változása, vagy a kötési folyamat megindulása, mielőtt a betonkeverék a munkahelyre érkezik és bedolgozásra kerül. Ez utóbbi megakadályozására célszerű kötést késleltető szerekek adagolása a betonba.

2. Kötéskésleltető anyagok

A külföldi szakirodalom a kötéskésleltető vegyszerek hatásával több közleményben foglalkozik. Külföldön a kereskedelmi forgalomban számos késleltető anyag kapható. Ezek az anyagok rendszerint bonyolult szerves, vagy szervesetlen termékek, amelyek különböző kereskedelmi elnevezés alatt szerepelnek. Ilyenek az amerikai RDA, Ray lig binder és SRDA, a német V_1 és V_2 , valamint a „NOVOC V_{z4} ” stb. A szakirodalomban azonban ezek pontos összetételét — nyilván szabadalomjogi okok miatt — nem adják meg.

A betonkeverék kötésének késleltetésére leggyakrabban a következő anyagokat alkalmazzák:

Általánosan ismert késleltető anyag a gipszkőrlemény. Minden klinkercementbe bekevernek 2—4% mennyiségű gipszkőrleményt; ennek kötésidő szabályozó hatására nyerik a szokásos 2—4 órás kötésezzel rendelkező cementeket. A gipszkőrlemény kötésezzabályozó szerepe nélkül a cementek hasznavehetetlenül gyorsan kötnek.

A gipszkőrleményen kívül a témával foglalkozó cikkek közlései szerint a cement kötésének késleltetésére elsősorban a következő vegyszerek alkalmasak: alumíniumklorid, bórax, kalciumnitrát, foszforsav; több bel- és külföldi publikáció szerint egyes, általában kötésegyorsítóként alkalmazott anyagok kisebb mennyiségben adagolva, lassító hatást váltanak ki (pl. kalciumklorid, kalciumszulfát, nátriumklorid, nátriumszulfát, higanyklorid stb.). Amerikai és egyéb külföldi irodalmi adatok szerint a legfőbb kötésezzlassító alapanyagok a következők:

- a) Lignoszulfonsav kalcium-, nátrium-, kalcium-, vagy ammónium sója;
- b) Oxi-karbonsavak vagy azok sói;
- c) Szénhidrát származékok (redukáló vagy nem redukáló cukrok és keményítők).

A vonatkozó publikációk tanulmányozása során világossá vált, hogy e kérdés még távolról sem tekinthető megoldottnak; a különböző szerzők megállapításai között lényeges ellentmondás van. Ma sem ismeretesek az adagolt vegyszerek hatására a betonban keletkező vegyületek és alkalmazásukkal kapcsolatban még számos kérdés tisztázatlan.

Igen figyelemreméltó táblázatot közöl ezzel kapcsolatban Kühl. A táblázat első oszlopában azon ismertebb vegyületeket tünteti fel, amelyek a kötésidőt megváltoztatják. Mellette több, e témával foglalkozó ismert kutató nevét közli, megjelölve, hogy e vegyszerek, mely kutató szerint milyen hatást fejtenek ki a kötéseidőre (gyorsítják, lassítják, vagy hatástalanok), és végül e hatás erős-e, vagy gyenge. A következőkben a táblázatból kiragadott néhány példát idézünk.

Például a koncentrált alumíniumklorid Rohland szerint gyengén lassít, Wittekindt szerint erősen lassít és Grün szerint erősen gyorsít. Egy másik példa a cukor hatására vonatkozik: Bogue és Forsèn szerint erősen gyorsít, míg Hundeshagen, Burchartz és Würzner szerint erősen lassít. Az idézett kutatók nézeteiket egymásnak ellentmondó kémiai folyamatok létrejöttével magyarázzák.

A felsorolást különböző vegyszerek vonatkozásában tovább folytathatnánk, de az említett két példa is bizonyítja a kérdés még elméletileg is tisztázatlan voltát.

3. Előkísérletek a kötés késleltetésére

Az Építőanyagipari Központi Kutató Intézetben az előzőekben említett ipari probléma kapcsán foglalkoztunk a kötésezzlassítás kérdésével. Minthogy e témával behatóan a közeljövőben kívánunk foglalkozni, az eddig végzett vizsgálatokat előkísérleteknek tekintjük, amelyek arra alkalmasak, hogy néhány külföldi irodalmi adat helyességét ellenőrizzük hazai cementfajtákra, a megfelelő vizsgálati módszerekkel foglalkozzunk és néhány, a további kísérleti munka szempontjából lényeges következtetést vonjunk le. Az előkísérletek az előzőek szerinti három csoport első két pontjára (a nagy és közepes mértékű késleltetésre) vonatkoztak.

A kísérletek során vizsgáltuk a különböző kötésezzkésleltető anyagok hatását:

- a cementpép kötési idejére,
- a betonkeverék kötési idejére, valamint
- a nyomószilárdságra.

3.1 A kísérletekhez alkalmazott anyagok

Kötőanyagok

A kísérletekhez kezdetben lábatlani 500-as, majd tatai 600-as és tatai 500-as cementet alkalmaztunk.

Kiegészítő anyagok a cement kötésének késleltetésére

A kísérletek folyamán számos anyag kötésidőre gyakorolt hatását vizsgáltuk, általában többféle mennyiségben adagolva a cementhez. Ezeket négy csoportra osztva tárgyaljuk:

1. Puccolánok.
2. Szerves kiegészítő anyagok.
3. Szervesetlen kiegészítő anyagok.
4. A 2. és 3. alatti két anyag kombinációja.

1. Puccolánok:

A vizsgált puccolán anyagok a következők voltak:

- trasz (rátkai tufa örleménye),
- porszénhamú (tatabányai),
- nyers (nem duzzasztott) perlitörlemény.

2. Szerves kiegészítő anyagok:

- glukoz (szőlőcukor), tisztán és mésszel kezelve 100 C°-on,
- saccharoz (répacukor),
- Tricosal N,
- tejsavas nátrium,
- ásványolaj,
- glicerin,
- Plastol (szulfittlúg készítmény),
- kazein,
- Kerasol (hidrolizált keratin),
- enyv,
- dextrin.

3. Szervetlen kiegészítő anyagok :

kalciumnitrát (salétromsavas kalcium),
foszforsav,
dinátriumhidrofoszfát,
trinátriumfoszfát (trisó),
kalciumklorid,
nátriumsulfát,
gipszkő (kalciumsulfát-dihidrát),
mészhidrát (kalciumhidroxid),
bórax.

4. Dextrin és bórax kombinációja.

3.2 A cementpép kötéseidőjének vizsgálata

A cementpép kötéseidőjére kifejtett hatás vizsgálatát Vicat-féle készülékkel végeztük. Ennek a készüléknek használatát az MSZ 523 sz. (A cementek fizikai vizsgálata" c.) szabvány írja elő a cement kötéseidőjének megállapítására. A vizsgálatot a készülékhez tartozó kúposan kiképzett keménygumi gyűrűbe töltött cementpépen végeztük. A vizsgált, szabványos folyósságú cementpépek vízcementtényezője 0,23–0,30 volt. A kötéseidő kezdetét és végét a Vicat-féle készülék tűjének a pépbe való besüllyesztésével vizsgáltuk. A vizsgálathoz először a — késleltető anyag adagolása nélkül készült — cementpép szabványos folyósságához szükséges vízmennyiséget határoztuk meg. Ezután az így meghatározott vízmennyiséggel készített cementpép kötésének kezdetét és végét mértük, késleltető anyaggal és anélkül.

Vizsgálataink során megállapítottuk, hogy a cement kötéseidőjében — azonos cementfajta esetén is — igen nagy eltérések mutatkoznak. Ennek oka egyrészt a friss cement kötéseidőjében már eleve észlelhető eltérés, másrészt a cement tárolási ideje folyamán fellépő változások (a cement kötéseidőjét már néhány heti tárolás is lényegesen megváltoztathatja), továbbá az időjárás változásával előálló kisebb hőmérsékletingadozások. Ezért vizsgálataink során a kiegészítő anyagokkal készült cementpéppel egyidejűleg minden esetben készítettünk összehasonlítás céljából kiegészítő anyag nélküli cementpépet is.

A lábatlani 500-as cement kötéseidőjét 23 mérés átlagából állapítottuk meg :

a kötés kezdete 2 óra 14 perc

a kötés vége 3 óra 41 perc

További vizsgálatainkban a kiegészítő anyaggal készült cementpépek kötéseidőjét az előbbi átlagos kötéseidőhöz viszonyítjuk.

3.21 Kiegészítő anyagokkal készült cementpépek kötéseidő (Vicat) vizsgálata

A vizsgálati eredményeket az 1., 2. és 3. táblázatban tüntetjük fel.

Puccolánok

1. táblázat

Kiegészítő anyag	mennyisége a cement súly %-ában	Kötés kezdete		Kötés vége	
		óra	perc	óra	perc
Rátkai trasz	10	2	30	4	00
Tatabányai porszénhamu	10	2	20	4	20
Nyers perlitpor	2	2	26	5	16

Szerves kiegészítő anyagok

2. táblázat

Kiegészítő anyag	mennyisége a cement súly %-ában	Kötés kezdete		Kötés vége	
		óra	perc	óra	perc
Glukóz	0,01	2	42	4	52
	0,03	2	34	4	43
	0,06	2	27	3	34
	1,00	2	12	2	30
	1,50	2	27	5	37
	2,00	3	15	6	25
Glukóz mésszel kezelve (Glukóz : méssz = 1 : 1)	0,02	3	10	6	00
	0,06	2	55	6	05
	0,12	2	39	5	34
Saccharóz	0,01	2	18	4	00
	0,03	2	28	5	38
	0,06	1	12	6	10
Tricosal N	0,10	2	47	3	12
	0,50	2	10	2	30
	1,00	2	46	3	13
Tejsavas nátrium	0,10	0	58	4	25
	0,50	0	48	4	06
	1,00	0	20	0	33
Ásványolaj	2,00	2	21	6	00
Glicerín	2,00	2	30	4	50
	5,00	1	40	4	25
Plastol	0,50	0	07	0	13
	2,00	0	15	0	25
Kazein	2,00	1	02	6	30
Kerasol	2,00	5	03	5	58
	4,00	6	34	7	40
Enyv	0,01	2	04	3	34
	0,03	2	27	3	42
	0,06	2	45	4	15
Dextrin (2 hónapig tárolt cementtel)	0,01	3	40	4	20
	0,03	4	05	5	30
	0,06	5	50	6	20
	0,10	7 órán túl			
	0,20	7 órán túl			
Dextrin (gyárból érkezett friss cementtel)	0,03	2	38	4	48
	0,06	2	50	4	41
	0,10	1	37	5	25
	0,20	0	06	2	48

3. táblázat
Szervetlen kiegészítő anyagok

Kiegészítő anyag	Mennyisége a cement súly %-ában	Kötés kezdete		Kötés vége	
		óra	perc	óra	perc
Kalciumnitrát ..	0,30	0	17	3	00
	1,00	0	11	2	00
	2,00	0	49	1	55
Foszforsav	0,30	2	23	5	13
	1,00	2	38	5	50
	2,00	4	22	7	10
Dinátrium-hidrofoszfát ..	0,30	1	15	6	05
	1,00	1	20	6	15
	2,00	1	25	5	45
Trinátrium-foszfát (trisó) ..	0,30	0	45	3	35
	1,00	0	12	0	22
	2,00	0	12	0	18
Kalciumklorid ..	0,10	1	00	2	10
	0,50	0	55	2	02
	1,00	0	38	1	43
Nátriumszulfát ..	0,10	2	30	4	27
	0,50	2	43	4	15
	1,00	2	51	4	05
Gipszkőrlemény	1,00	3	20	3	49
	3,00	3	15	3	50
	5,00	3	25	3	50
Mészhidrát	1,00	1	27	2	30
	5,00	1	50	2	23
	10,00	1	21	2	43
Bórax (2 hónapig tárolt cementtel)	1,00	0	40	1	50
	2,00	0	25	1	05
	3,00	0	27	0	33
Bórax (gyárból érkezett friss cementtel)	0,30	0	20	0	45
	1,00	3	10	3	48
	2,00	7 órán túl			

A táblázatokban feltüntetett vizsgálati eredmények alapján a következő megállapításokat tehetjük:

Az irodalmi adatok szerinti, a cement kötésére késleltetőleg ható anyagok vizsgálataink során többnyire hatástalanok voltak: vagy nem befolyásolták lényegesen a kötésidőt, vagy gyorsították a kötést. Így pl. nem befolyásolták a kötésidőt a puccolánok, a szerves anyagok közül a cukrok, a Tricosal N, a glicerin és az enyv, a szervetlen anyagok közül a foszforsav, a nátriumszulfát és a gipszkő (a vizsgált gipszkőadagolás a gyárilag bekevert gipszkőmennyiségén felül értendő).

Gyorsították a kötési időt a szerves anyagok közül a tejsavas-nátrium és a szulfitszennylug (Plastol), a szervetlen anyagok közül a kalciumnitrát, a trisó, a kalciumklorid (kis mennyiségben adagolva is!)

Érdekes jelenséget figyeltünk meg a szerves anyagok közül a dextrin, a szervetlenek közül

a bórax hatásának vizsgálata során. A dextrin a régebben érkezett és tárolt (de még távolról sem „döglött”) cement kötésidejét lassította, azonban a gyárból frissen érkezett cement kötésidejét nagymértékben gyorsította. Ennek vizsgálatát több ízben megismételtük és minden alkalommal azonos eredményre jutottunk.

Éppen ellenkező hatás volt megfigyelhető a bórax vizsgálatánál, amely a régebbi cementből készült cementpép kötésidejét nagymértékben gyorsította (a kötés kezdete néhány percre csökkent), viszont a friss cement kötésidejét lassította. A cement hosszabb ideig való tárolása tehát a vegyszerek ellenkező előjelű hatását is kiváltja.

E jelenségek észlelése vezetett arra a megfontolásra, hogy miután mindkét anyag képes a kötést késleltetni, — de nem egyértelműen, mert hatását a cement tárolási ideje jelentős mértékben befolyásolja — megvizsgáljuk a két anyag kombinációját.

A következőkben tehát dextrin és bórax együttes alkalmazását próbáltuk ki, a két anyag arányát és az adagolás mennyiségét többféleképpen variálva. A kötésidő vizsgálatok eredményeit a 4. táblázatban közöljük. A táblázat I. sorszámhoz tartozó része az 1961. október hónapban végzett kísérletek eredményeit tartalmazza, míg a táblázat II. részében az 1961. decemberében végzett ismétlődő vizsgálat sorozat mérési eredményeit tüntettük fel. E vizsgálat sorozat az I. csoportba sorolt nagymértékű kötéslassítás megoldását célozta.

4. táblázat
Dextrin és bórax együtt adagolva

Sor-szám	Dextrin	Bórax	Kötés kezdete		Kötés vége	
	mennyisége a cement súly %-ában		óra	perc	óra	perc
I.	0,20	2,00	7	19	17	45
	0,20	1,50	7	33	17	00
	0,20	1,00	11	41	19	51
	0,30	1,00	10	58	17	58
	0,30	0,75	10	35	20	00
	0,40	1,00	11	21	19	19
II.	0,20	2,00	6	00	14	00
	0,20	1,50	6	30	14	20
	0,20	1,00	12	05	15	15
	0,30	1,00	11	35	21	00
	0,30	0,75	10	45	21	45
	0,40	1,00	12	00	25	00

A Vicat készülékkel végzett kötésidő vizsgálatok eredményeiből tehát megállapíthatjuk, hogy a lábatlani 500-as cement, amelynek átlagos kötéskezdeté 2 óra 14 perc, átlagos kötésvége pedig 3 óra 41 perc volt, dextrin és bórax adagolással lassan kötővé tehető. A kötés kezdete az adagolástól függően 6—12 órára nyújtható, míg a kötés vége 14—25 órára tolódik el. A dextrin és bórax együttes alkalmazása kiküszöböli a cement korától függő ingadozásokat, amelyeket korábbi vizsgálataink során észleltünk.

A következőkben a tatabányai 500-as és tatabányai 600-as cementtel végzett néhány kötési idő vizsgálat eredményét közöljük. A késleltető anyag dextrin és bórax egyidejű adagolása volt. A cél a 2. csoport szerinti néhány óras kötése késleltetés megoldása volt, amelyet csökkentett vegyszer adagolással igyekeztünk elérni.

A tatabányai 500-as cement átlagos kötési ideje :

kötés kezdete 3 óra 50 perc,
 kötés vége 6 óra 45 perc.

A tatabányai 600-as cement átlagos kötési ideje :

kötés kezdete 3 óra 40 perc,
 kötés vége 4 óra 45 perc.

A vizsgálati eredményeket az 5. táblázatban közöljük.

5. táblázat

Dextrin és bórax együtt adagolva

Cement fajta	Dextrin	Bórax	Kötés kezdete		Kötés vége	
	menyisége a cement súly %-ában		óra	perc	óra	perc
Tatabányai 500	0,07	0,7	6	23	10	35
	0,10	0,7	5	15	7	órán túl
	0,13	0,5	7	45	9	órán túl
	0,17	0,5	6	35	7	órán túl
	0,20	0,3	6	20	7	órán túl
	0,20	1,0	7 órán túl		7 órán túl	
Tatabányai 600	0,13	0,5	7	05	7	55
	0,17	0,5	11	40	15	20
	0,20	0,3	7	00	7	40
	0,20	1,0	7 órán túl		7 órán túl	

A tatabányai cementekkel készült pépek kötési ideje tehát dextrin és bórax megfelelő adagolásával több órával késleltethető.

3.3 A betonkeverék kötési idejének vizsgálata

Vizsgálataink során arra a megállapításra jutottunk, hogy a cementpép kötési idejének Vicat-féle vizsgálata nem egyértelműen jellemző az ugyanolyan késleltető anyag adagolású beton kötési idejére.

A kötési időt, illetőleg a késleltetést előidéző vegyszerek hatását több fontos tényező befolyásolja. Ezek :

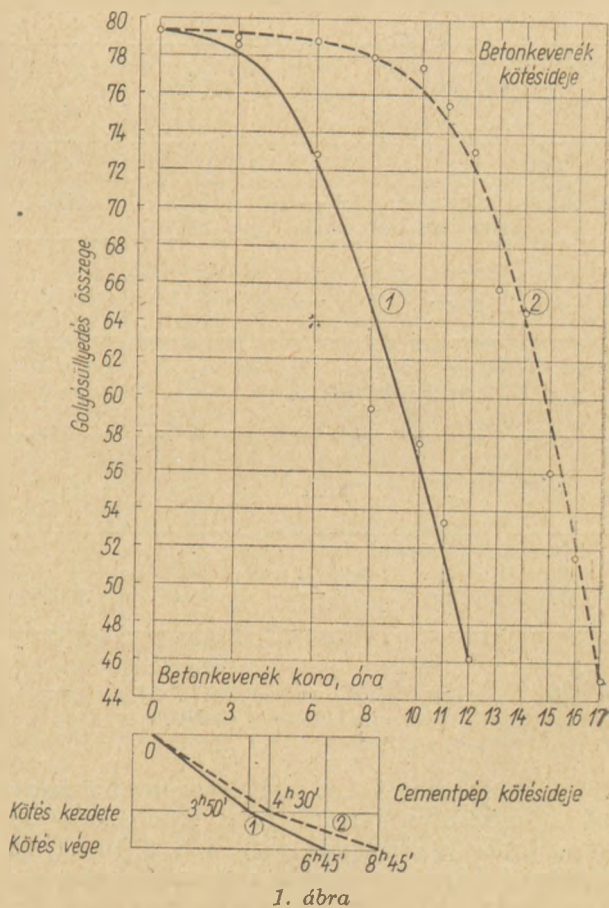
- a cement minősége,
- a cement mennyisége,
- a cement tárolási ideje,
- az adalékanyag szemszerkezete,
- a betonkeverék konzisztenciája (vízcement-tényezője),
- a kötés hő,
- a környezet hőmérséklete.

A felsorolt befolyásoló tényezők közül cementpép esetében csak a cement minősége, tárolási ideje és a környezet hőmérséklete játszik szerepet, míg beton esetében a többi négy tényező változása is kihat a kötési idő alakulására.

Ezért szükségesnek láttuk vizsgálatokat végezni a betonkeverék kötési idejének megállapítá-

sára is. Erre vonatkozó módszerekről a külföldi irodalomban alig lehet utalást találni és valószínűnek látszik, hogy megfelelő vizsgálati módszer még nem alakult ki. Német előírások szerint a friss betonkeveréket jól záródó üvegedénybe kell helyezni, amely nem teszi lehetővé a keverék víztartalmának változását. Amíg a keverék — meghatározott időközönként végzett — vibrálás után lágy marad, addig bedolgozható. Ez a módszer legfeljebb építéshelyi vonatkozásban jöhet számításba, de nem alkalmas a kötési folyamat tényleges regisztrálására.

Kísérleteink során megpróbáltuk a betonkeverék kötési idejét a konzisztencia változásának vizsgálatával megállapítani. A betonkeveréket friss állapotban, majd különböző időpontokban konzisztencia vizsgálatnak vetettük alá. A konzisztenciát az Építőanyagipari Központi Kutató Intézet betonosztályán Schütz Mihály tudományos főmunkatárs által kidolgozott golyós konzisztenciamérő berendezés segítségével vizsgáltuk. A berendezés egy, centiméter skálával ellátott rúd végére erősíthető 20 mm átmérőjű és 1,5 kg terhelésű fémgolyóból és egy 10 × 10 × 31 cm méretű álló hasábformából áll. A formába betöltött betonkeverékre nyomólapot helyezve, 12 másodpercig vibráljuk majd a fémgolyó ráhelyezése után kétszer 6 másodpercig tovább vibráljuk és a friss beton konzisztenciáját a golyó süllyedésével mérjük. A konzisztenciát a háromszori vibrálás után mért süllyedési értékek összege jellemzi. Ez a vizsgálati módszer alkalmas a beton kötési idejének tájékoztató értékű megítélésére.



1. ábra

A mérés során két azonos összetételű betonkeveréket készítettünk tatai 500-as cementtel, 450 kg/m^3 cementadagolással. A vízcementtényező 0,37 volt. Az egyik keverék késleltető anyagot nem tartalmazott, a másik keverékbe 0,03% dextrint és 0,34% bóraxot adagoltunk.

6. táblázat

A betonkeverék kötéseidőjének vizsgálata

Betonkeverék kora	Golyósüllyedés, cm			
	1 jelű betonban		2 jelű betonban	
	egyed	összesen	egyed	összesen
Friss	18,0 30,5 31,0	79,5	17,5 31,0 31,0	79,5
3 órás	17,7 30,0 31,0	78,7	17,0 31,0 31,0	79,0
6 órás	16,4 25,5 31,0	72,9	17,2 30,5 31,0	78,7
8 órás	15,5 20,0 24,0	59,5	16,5 30,5 31,0	78,0
10 órás	15,0 19,8 22,8	57,6	16,5 30,0 31,0	77,5
11 órás	14,6 17,8 21,0	53,4	16,5 28,0 31,0	75,5
12 órás	13,0 16,0 17,2	46,2	16,5 25,5 31,0	73,0
13 órás	Süllyedés már nem mérhető	—	16,5 21,5 27,8	65,8
14 órás	—	—	15,5 21,5 27,5	64,5
15 órás	—	—	15,5 19,2 21,5	56,2
16 órás	—	—	14,5 17,5 19,5	51,5
17 órás	—	—	13,0 16,0 16,0	45,0
18 órás	—	—	Süllyedés már nem mérhető	—

A betonkeverékeket szobalevegőn állni hagytuk és mértük a konzisztenciát friss állapotban közvetlenül a keverés után, majd 3, 6, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 és 18 órás korban. A különböző időpontban mért 3—3 leolvasás eredményét a

6. táblázatban adjuk meg. A táblázat szerinti 1. jelű betonkeverék késleltető anyag nélkül, a 2. jelű betonkeverék késleltető anyaggal készült.

A vizsgálati eredményeket az 1. ábrában diagramban is ábrázoltuk. Az ábra felső részén a betonkeverékre vonatkozó eredmények láthatók, alatta az ugyanolyan vegyszeradagolású cementpép Vicat-féle vizsgálatának eredményeit tüntetjük fel.

Az ábrán bemutatott két görbe lefutásán jól látható a betonkeverék viselkedése a kötés folyamán: a vegyszer nélkül készült betonkeverék konzisztenciája utoljára 12 órás korban volt mérhető, a süllyedési értékek összege azonban ekkor már csak 46,2 cm volt. Vegyszer adagolás esetén a golyósüllyedés 12 órás korban 73,0 cm volt és még 17 órás korban is mérhető volt. Tehát betonban a kötés késleltetésének mértéke mintegy 5 óra volt. Ugyanilyen vegyszer adagolás esetén a cementpép Vicat vizsgálatával a kötéskezdet vonatkozásában csak 40 perc és a kötésvég vonatkozásában 2 óra volt a késleltetés mértéke.

Az 5. táblázat szerinti 0,07% dextrin és 0,7% bórax vagy ennél nagyobb mennyiségű kiegészítő anyag alkalmazása esetén, a beton kötése még 24 órás korban sem kezdődött meg.

3.4 A beton nyomószilárdsági vizsgálata

A szilárdsági vizsgálatokat a kötéseidő vizsgálatnál legkedvezőbb eredményt nyújtó dextrin és bórax együttes alkalmazásával végeztük. A betonpróbatetek 10 cm élhosszúságú kockák voltak.

1. Nagymértékű késleltetés esete:

A vizsgálatokhoz 260 kg/m^3 lábatlani 500-as cement adagolású betont készítettünk, a vízcementtényező 0,58 volt. A kockák utókezelése: 7 napig víz alatt, majd törésig szobalevegőn tárolás. A próbatetek törési kora 7, 28 és 90 nap. A vizsgálati eredményeket a 7. táblázat tünteti fel.

7. táblázat

A kötéseidő késleltető hatása a nyomószilárdságra

Dextrin	Bórax	7	28	90
		napos		
mennyisége a cement súlyszázalékában		nyomószilárdság, kp/cm^2		
—	—	226	340	404
0,2	1,0	47	120	144
0,3	1,0	77	185	203
0,3	0,75	35	117	133
0,4	1,0	10	95	116
0,1	1,0	82	121	150
0,15	1,0	74	133	148
0,2	1,5	52	154	155

Mint a táblázatban feltüntetett vizsgálati eredményekből kitűnik, a vizsgált késleltető anyag adagolás esetén a szilárdságcsökkenés jelentős; ebben a csoportban azonban a szilárdság alakulása lényegében elhanyagolható, elsődleges követelmény a kötéskezdet jelentős mértékű késleltetése.

2. Közepes mértékű késleltetés esete:

A kísérletsorozatban a betont tatai 500-as és 600-as cementtel készítettük. A késleltető anyag — különösen a bórax — adagolását csökkentettük (az erre vonatkozó kötésidő vizsgálati eredményeket az 5. táblázat tartalmazza). A szilárdság alakulását 300 kg/m³ és 450 kg/m³ cementadagolással készült betonpróbatestekkel vizsgáltuk. A vízcementtényező előbbi esetben 0,45, utóbbi esetben 0,37 volt. A kockák utókezelése: 7 napig tartó letakarás nedves ruhával. A próbatestek törési kora: 3, 7, 28 és 90 nap. A vizsgálati eredményeket a 8. és 9. táblázatban tüntetjük fel.

8. táblázat

A kötés-késleltető hatása a nyomószilárdságra

Cement fajta	Cement mennyiség, kg/m ³	Dextrin	Bórax	3	7	28	90
		mennyisége a cement súlyszázalékában					
Tatai 500	300	—	—	140	228	320	439
		0,1	0,7	16	168	199	272
		0,13	0,5	47	177	292	284
		0,17	0,5	45	114	225	305
		0,20	0,3	24	90	215	237
	450	—	—	204	285	388	450
		0,1	0,7	59	222	285	372
		0,13	0,5	88	182	299	328
		0,17	0,5	47	172	249	327
		0,20	0,3	17	169	216	242

9. táblázat

A kötés-késleltető hatása a nyomószilárdságra

Cement fajta	Cement mennyiség, kg/m ³	Dextrin	Bórax	3	7	28	90
		mennyisége a cement súlyszázalékában					
Tatai 600	300	—	—	158	198	342	387
		0,13	0,5	85	149	324	302
		0,17	0,5	86	236	350	352
		0,20	0,3	103	243	308	402
		—	—	346	444	471	—
	450	0,13	0,5	272	373	441	—
		0,17	0,5	105	296	455	—
		0,20	0,3	33	334	444	—

A táblázatban feltüntetett vizsgálati eredmények szerint a beton korai (3 napos) nyomószilárdsága lényegesen elmarad az etalon betonéhoz képest, a csökkentett vegyszer adagolások mellett is. 90 napos korban mért nyomószilárdsága 17—46% csökkenést mutatott és egy esetben szilárdságnövekedés jelentkezett. A vegyszer adagolás azonban még jelentős mértékben tovább csökkenthető — erre utal a betonkeverék kötésidő vizsgálatánál nyert következtetés: a betonkeverék tényleges kötés-késleltetése lényegesen nagyobb, mint az ugyanolyan vegyszeradagolású cementpépé.

4. További kísérletek

Az ismertetett kísérleti munkát folytatva, a további kutatások a következőkre terjednek ki: a 3. csoportba tartozó betonféleségek kötés-késleltetésének megoldására: a cél a kötés kismértékű késleltetése a szilárdság csökkenése nélkül; a 2. csoport esetén az utószilárdulás lefolyásának vizsgálatára 90 napos koron túl, 180 és 360 napos korban is;

a különböző mennyiségben adagolt kötés-késleltető anyagoknak az egyéb betontulajdonságokra (hajlításhilárdság, zsugorodás, időállóság, stb.) gyakorolt hatására;

a külső hőmérséklet változásának hatására jelentkező kötésidő változás mérésére, késleltető anyaggal és anélkül készült betonoknál;

a kötés-késleltető anyagoknak egyéb kiegészítő anyagokkal — plasztifikátorokkal, légpórusképzőkkel — való együttes alkalmazásának lehetőségére, amit a külföldi építési gyakorlatban egyes közlemények szerint már bevezettek;

a késleltető anyagok minősítésére alkalmas vizsgálati módszer kidolgozására.

IRODALOM

1. *Palotás*: Építőanyagok II. kötet (Budapest, 1961).
2. A Symposium on Water-Reducing Retarder for Concrete (Public Roads, 1961. február).
3. *Karsten, R.* (1957): Berliner Bauwirtschaft, 3. p. 6.
4. *Albrecht, W.* (1961): Beton und Stahlbetonbau 56. 6. p. 149.
5. *Kühl*: Zement-Chemie, III. p. 302. (Berlin, 1956).

Dr. Kalmár Istvánné: A beton kötésének késleltetése.

A beton kötéskezdetének késleltetése a transzportbeton elterjedésének fontos feltétele s emellett több betontechnológiai probléma megoldásához nyújt segítséget.

Kísérleteket végeztünk a beton kötésidőjének késleltetésére különféle szerves és szervetlen anyagok adagolásával. Az előkísérletek során a kötésidőt cementpépek Vicat-féle vizsgálatával, és betonkeverékek bedolgozhatóságának vizsgálatával határoztuk meg.

Célunk volt olyan betonkiegészítő anyagok kutatása, amelyek a beton szokásos kötéskezdetét nagymértékben (6—12 órával), közepes mértékben (4—6 órával) és kismértékben (1—2 órával) késleltetik.

A nagy-, illetve közepes mértékű kötés-késleltetésre vonatkozó előkísérletek eredményei szerint dextrin és bórax megfelelő arányú keverékét adagolva a hazai 500-as vagy 600-as minőségű portlandcementekhez, a kötéskezdet 6—12 órára lassítható, a cementek különböző tárolási idejéből eredő kötésidőváltozások egyidejű kiküszöbölésével.

A betonkeverék kötésidőjének vizsgálatára alkalmazott új konzisztenciamérési módszerrel jól megállapítható a kötéskezdetnek a késleltető anyag hatására bekövetkezett eltolódása.

Д-р Калмар Иштванне: ЗАМЕДЛЕНИЕ СХВАТЫВАНИЯ БЕТОНА

Замедление схватывания бетона является важным условием освоения транспортного бетона, причём способствует решению нескольких технологических проблем.

Нами] были проведены испытания замедления схватывания бетона путём введения органических и неорганических материалов. В процессе предварительных испытаний время схватывания было установлено путём испытания цементного теста методом Вика и удобоукладываемости бетонных смесей.

Нашей целью была исследование добавочных материалов для бетона, которые замедляют в значительной мере (на 6—12 часов), в средней мере (на 4—6 часов) и в незначительной мере (на 1—2 часа) обычное схватывание бетона.

На основе результатов предварительных испытаний, проведенных в связи с замедлением схватывания бетона в значительной и в средней мере, было установлено, что введение декстрина и буры в соответствующем соотношении в отечественные портландцементы „500“ или „600“ позволяет замедление схватывания до 6—12 часов, причем одновременно можно избежать изменения времени схватывания, вызванного различными сроками хранения цемента.

Пути применения нового метода измерения консистенции для испытания времени схватывания бетонной смеси, можно удовлетворительно установить смещение начала схватывания под влиянием замедляющего материала.

Frau Kalmár, Susanne : Das Hinhalten des Abbindens vom beton.

Das Hinhalten des Beginnens der Bindung vom Beton ist eine wichtige Vorbedingung der Verbreitung

des Transportbetons, zugleich verhilft es zur Lösung mancher betontechnologischen Probleme.

Es wurden Versuche durchgeführt zwecks Hemmung der Abbindezeit des Betons, mittels Zusatz von verschiedenen organischen und anorganischen Stoffen. Zur Zeit der Vorversuche stellte man die Zeitdauer des Abbindens durch Untersuchung von Zementbreien nach Vicat und der Verwendbarkeit von Betongemischen fest. Die Zielsetzung war die Erforschung von Betonzusatzstoffen, welche den Zeitbeginn des üblichen Betonabbindens stark (um 6—12 Stunden) hinauszulassen vermögen.

Laut Ergebnisse der Vorversuche betrifft starke oder mittelmässige Hemmung lässt sich der Vorgang um 6—12 Stunden verlangsamen, wenn man den heimischen Portlandzementgattungen '500' oder '600' ein Gemisch von Dextrin und Borax in geeignetem Verhältnis zufügt. In diesem Falle werden auch die Änderungen der Abbindezeit-Folgen der Verschieden lang andauernden Lagerung der Zemente-ausgeglichen.

Mittels des neuen Verfahrens der Konsistenzmessung bei der Untersuchung der Bindezeit kann die Verschiebung, welche infolge der Anwendung von Hemmstoffen eintritt, verlässlich festgestellt werden. (S. G.)

Könyvismertetés

R. G. Fowler—D. I. Meyer: Fizika mérnököknek. Eredeti cím: *Physics for engineers and scientists* Angol eredetiből fordítás. Műszaki Könyvkiadó 1963. — 352 lap, 65 Ft.

Minden olyan műszaki fizikakönyv nyereséget jelent a magyar szakemberek számára, amely gyakorlati feladatok megoldásával csökkenti a távolságot az elmélet felé. Hajló fizikus és a gyakorló mérnök között. Ezért üdvözljük örömmel Fowler és Meyer fizikájának magyar fordítását.

E könyvet a szerzők tankönyvül szánták. Megértéséhez annyi matematikai előképzettség elegendő, amennyit az egyetemi tanulmányok első két évfolyamán nyújtanak. A magasabb matematikai igényeket igénylő részek szedésben is eltérnek a könyv többi részétől. Ezek nélkül is összefüggő, kerek egész a könyv.

Az érdekes tárgyalási mód megerősíti az olvasóban azt a meggyőződést, hogy a modern fizika nem hat lazán kapcsolódó tudományág többé. A mechanika, hangtan, hőtan, mágnesség, villamosság és fénytan már nem megbonthatatlan zárt egységek. Az atomfizika pedig nem lehet többé a fenti egységeket kiegészítő szerény „függelék”. A molekula- és atomfizika szétfeszítette a hagyományos csoportosítás kereteit. A klasszikus értelemben vett felosztás ma már nem felel meg annak a tudományos szemléletnek, gondolkodásmódnak és főként haladásnak, amely a fizika legfőbb erőforrása.

A könyv felosztása híven tükrözi a szerzőknek ezt a szemléletét.

A 7. fejezet a gravitációról szól, a 8. pedig az elektromossággal foglalkozik. Az elektromosság és anyag c. fejezetben tárgyalják az elektrokémia alapvető kérdéseit. Az impulzus után következik a folyadékok mechanikája, s ehhez szorosan csatlakozik a villamos-

ság áramlása. A hullámokkal foglalkozó fejezetben kapnak helyet az elektromos hullámok... Természetesen a régi felosztáshoz szokott szemnek ez első pillanatra meglepő. Ennek ellenére azt kell mondanunk, hogy a könyvben diszsonancia nincs. Egységes, jól felépített, érdekes olvasmány.

Az első részben kizárólag MKS mértékrendszert használnak a szerzők. Később, a 16. fejezettől a CGS, sőt egyéb rendszerek alkalmazására is sor kerül. Helyenként — ahol feltétlenül szükséges — az eredeti műnek megfelelően angol mértékegységek is előfordulnak. Az ebből eredő nehézségek a könyvben megadott átszámítási tényezők alkalmazásával könnyen leküzdhetők.

A nyelvezet könnyed, olvasása egyáltalán nem fárasztó. A sok érdekes feladat mellett az egyes fejezetek végén kidolgozásra váró példák és feladatok a fizikát kedvelő mérnökök részére külön csemegét jelentenek. Ezek a példák olyanok, hogy szerencsésen egészíthetik ki az alsó- és felsőfokú technikumok, gimnáziumok, sőt főiskolák és egyetemek kísérleti fizikát tanító tanárainak példatárát is.

Vitatható, hogy a fizikának a szerzők által alkalmazott felosztása általánosan elfogadható-e? Mindenesetre a felosztás szellemes és sikeresnek mondható. A könyvnek különös értéket ad az, hogy nem merül el a részletekbe, nem törekszik lexikális tudásra, hanem átfogó, érdekes képet ad az élő fizikáról. A könyvet azok is hasznosan forgathatják, akik egyetemi tanulmányaikat évtizedekkel ezelőtt egészen másjellegű fizika tankönyvek alapján végezték.

A könyv tetszetős külseje, ügyes nyomdatechnikai megoldása a kiadót dicséri.

Gémesi József

Gamma-sugárzó izotópok alkalmazása építőanyagok nedvességtartalmának meghatározására

GÉMESI JÓZSEF és VÖDRÖS DÁNIEL

Bevezetés

Építőanyagok nedvességtartalmának meghatározását főként a hővezetési tényező és nedvességtartalom, ill. a fagyállóság és nedvességtartalom közti összefüggés indokolja. A szokásos mérlegelési eljárások körülményesek, hosszadalmasak és automatizálási lehetőségek szempontjából nem kedvezőek. Az elektromos vizsgálati módszerek sem minden anyagnál alkalmazhatók, s fagyáspont alatt egyáltalán nem szolgáltatnak megbízható eredményeket. Építőanyagok nedvességtartalmának meghatározására jelenleg általánosan elfogadott, korszerű, minden szempontból kielégítő mérési módszer nem ismeretes. A sugárzó izotópok abszorpciójának mérése alapján végzett nedvességtartalom meghatározás két szempontból is előnyös:

a) mérések megbízhatóak és rendkívül gyorsan végezhetőek el;

b) a módszer módot nyújt az automatika elemeinek teljes kihasználására.

Hasonló feladatok megoldására, többek között talajok nedvességének meghatározására a neutronabszorpció mérést eredményesen használták [1]. A RILEM 1962. évi Párizsban tartott kongresszusán elhangzott előadások arról számolnak be, hogy a sugárzó izotópok abszorpciójának mérésével végzett nedvességtartalom meghatározások üzemi mérések céljára igen előnyösek [2, 3].

1. Építőanyagok nedvességtartalma

Az építőanyagok, mint ismeretes, légszáraz állapotban is tartalmaznak több-kevesebb vizet. A nedvességtartalmat K. Egner szerint az adott körülmények között felvett vízmennyiség és a száraz anyag hányadosa határozza meg [4]. A száraz anyag mennyiségét 0%-os légnedvesség mellett 100 °C-on történt szárítással szokás meghatározni. Az abszolút víztartalmat a szárítás előtti és utáni tömegek különbsége adja. Eszerint a nedvesség-, vagy víztartalmat

$$\varphi = \frac{m_v}{m_{sz}} \cdot 100\% \quad (1)$$

a hányados fejezi ki. Ahol m_v és m_{sz} a felvett víz, ill. a száraz anyag tömege.

Az irodalomban számolnak a *térfogati víztartalommal* is, amelyet a

$$\Phi = \frac{v_v}{v_{sz}} \cdot 100\% \quad (2)$$

összefüggés szolgáltat. v_v , ill. v_{sz} a víz, ill. a minta térfogata. Utóbbi két szempontból is kifogásolható.

a) Az 1 dm³-nyi víz tömege csak 4 °C-on, desztillált állapotban 1 kg;

b) a legtöbb építőanyag száraz és nedves térfogata nem azonos.

A *higroszkópos egyensúlyi nedvességtartalom* (Gleichgewichtsfeuchtigkeit) adott légköri nedvességhez tartozó légszáraz állapotban meghatározott és a teljesen száraz tömeg százalékában kifejezett vízmennyiség. Ez utóbbi a hőmérséklet, és nedvességtartalom függvényében is változik [5].

A *vízfelvétel* azt a maximális vízmennyiséget fejezi ki, amelyet az építőanyag felvenni képes. Ezt a

$$V = \frac{m_v - m_{sz}}{m_{sz}} \cdot 100\%$$

összefüggés fejezi ki. Itt V a vízfelvétel a minta tömegének százalékában, $m_v - m_{sz}$ a maximálisan felvett vízmennyiség.

A sugárzó izotópok abszorpciója a nedvességtartalom, a higroszkópos egyensúlyi nedvességtartalom, a vízfelvétel és az anyag belsejében uralkodó nedvesség eloszlásának meghatározására egyaránt felhasználható [6, 7].

2. A radioaktív izotópok abszorpciója nedves anyagokon

Mint ismeretes a sugárzás intenzitását az útjába kerülő anyag csökkenti. Az intenzitás-csökkenés arányát az elnyelő anyag sűrűségének és vastagságának a szorzata határozza meg. Ha e két tényező közül az egyik állandó, a másik változása a sugárzás intenzitásának csökkenéséből, vagy növekedéséből meghatározható.

A sugárzás intenzitásának csökkenését az

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (3)$$

összefüggés fejezi ki. I_0 a sugárzás intenzitása abszorbenst nélkül, pl. imp/perc-ben.

I az abszorbens közbehelyezésével mért intenzitás imp/perc-ben

μ a vizsgálandó anyag abszorpciós együtthatója cm⁻¹-ben

x a vizsgált anyag vastagsága cm-ben.

A sugárzás intenzitása ionizációs kamrával, Geiger—Müller számlálócsővel, vagy szcintillációs számlálóval mérhető.

A nedvességtartalom kimutathatósága függ a sűrűségkülönbség által létrehozott intenzitás-különbségtől és a mérőberendezés időbeli állandóságától. Az 1 MeV energiájú gamma sugárzóval 0,06 g/cm²-es, 0,1 MeV-essel pedig 0,02 g/cm²-es vastagság különbségek 1—2%-os pontossággal mérhetőek [9].

Eszerint az említett sugárzással 0,5 mm vízréteg okozta abszorpció, illetve ennek megfelelő relatív nedvesség elvileg kimutatható.

A sugárzás kvantumenergiája és az anyag sűrűsége közötti összefüggés szerint lágyabb sugárzással és nagy sűrűségű anyaggal a kimutathatóság javul.

1. táblázat

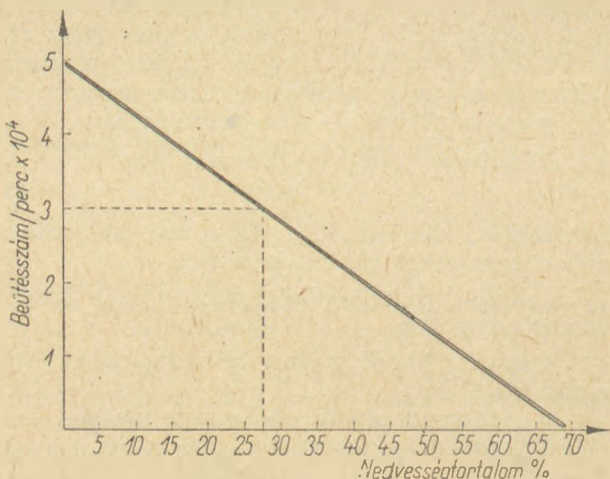
Izotóp megnevezése	Bomlási félideje	A sugárforrás energiája MeV	A vízre vonatkozó abszorpciós együtthatója cm^{-1}	Aktivitása mc	A sugárzó felezési rétegvastagsága g/cm^2	Milyen anyagvastagság mérésére használható g/cm^2
Co—60.....	5, 25 év	1,25	0,06	1— 2	19	20—80
Cs—137.....	30 év	0,66	0,09	2— 5	13	15—60
Ir—192.....	75 nap	0,51	0,10	2— 5	12	10—30
Hg—203.....	46 nap	0,28	0,12	5—10	6	5—20
Tm—170.....	129 nap	0,084	0,18	5—15	1	1—10

Az abszorpcióra vonatkozó általánosan ismert adatok birtokában megvizsgáltuk az 1. táblázatban felsorolt gammasugárzó izotópoknak nedvességvizsgálatra történő felhasználhatóságát [8].

Folyamatos vizsgálatokhoz célszerű hosszú bomlási félidejű radioizotópokat használni. Ezzel a mérőberendezés gyakori utánhitelesítése melőzhető [10].

3. A mérés elve

Higroszkópos szilárd anyagok nedvességtartalma az áthaladó sugárzás intenzitáscsökkenésének mérésével határozható meg. A nedves anyagon áthaladó sugárzás abszorpciója a száraz anyag és a nedvességtartalommal egyenértékű vízréteg abszorpciójának összegére vezethető vissza. Megfelelő energiájú és aktivitású sugárforrással a kívánt száraz anyag mérethez megállapítható a különböző vízréteg vastagsághoz tartozó intenzitás érték.



1. ábra. Hitelesítő görbe adott méretű mintadarab %-os nedvességtartalmának meghatározására

Az 1. ábrán ide vonatkozó hitelesítő görbét mutatunk be. A vízszintes tengely a mért száraz anyag tömegének százalékában kifejezett vízmenyiséget, az ordináta pedig a percnkénti beütésszámot tartalmazza.

Az ismeretlen nedvességtartalom a beütésszám alapján a diagramról, — mint ezt a szaggatott vonal mutatja, — közvetlenül leolvasható.

Nedvességtartalom méréséhez a (3) egyenletet célszerű kissé átalakítani:

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu x}$$

$$I = I_0 \cdot e^{-\frac{\mu}{\rho} \rho x} \quad (4)$$

Itt μ/ρ az alkalmazott sugárzó energiájára vonatkozó „tömeggyengülési” együttható. A ρx szorzat az abszorbens ún. felületegységre vonatkozó tömegét jelenti. A (3) és (4) összefüggés csak keskeny sugárnyalábra használható. Az I/I_0 sugárzásintenzitás arányt ΔQ sűrűségkülönbség mellett x cm mintavastagság és μ/ρ tömeggyengülési együttható esetén a $\mu/\rho \cdot x \cdot \Delta Q$ kifejezés határozza meg. E szorzat növekedésével a kiértékelhetőség javul, viszont a detektorra jutó sugárzás intenzitása csökken.

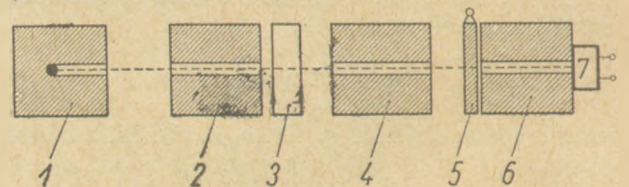
4. A mérőberendezés

A mérőberendezés elvi elrendezését a 2. ábrán mutatjuk be. Mint az elvi összeállításán látható, a sugárforrást $10 \cdot 10 \cdot 10 \text{ cm}^3$ -es ólomtömb belsejében helyeztük el (1). Az ólomtömbből a sugárzás csak egy 10 mm-es átmérőjű furaton juthat ki. A kilépő sugárnyalábot a (2) ólomtömb 10 mm átmérőjű furata kollimálja. A második ólomtömb furatán átlépő kollimált gamma-sugár nyaláb a vizsgált mintadarabra (3). Minthogy a fotonok a mintadarabon is szóródnak, további kollimáló ólomtömbre van szükség. Ezt a feladatot teljesíti a (4) tömb. Viszont a (6) ólomtömb a detektor árnyékolására szolgál.

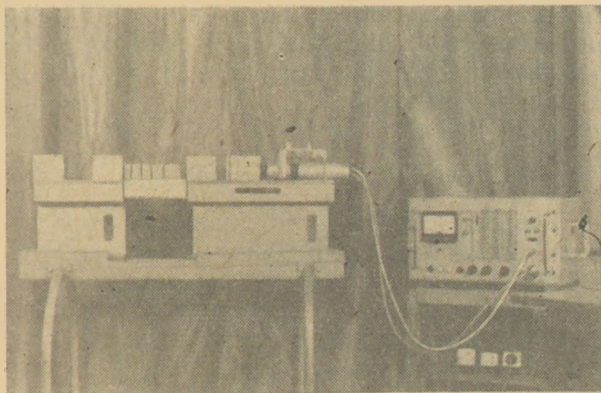
A berendezésben az ólomtömbök egymáshoz képest mozgathatók. Nagyméretű mintadarabok vizsgálata esetén a detektor és sugárforrás egymástól kb. 75 cm-re eltávolítható.

A mérés detektálását Geiger-Müller számlálócsővel kezdtük. Később a gamma sugárzásra sokkal érzékenyebb szcintillációs detektálásra tértünk át. A méréshez használt Orion EMG 1872 tip. számlálóberendezés a vizsgálat tartama alatt kifogástalanul működött.

A berendezés az ÉaKKI Műszaki Osztályán készült. A 3. ábrán a mérőberendezés fényképe látható.



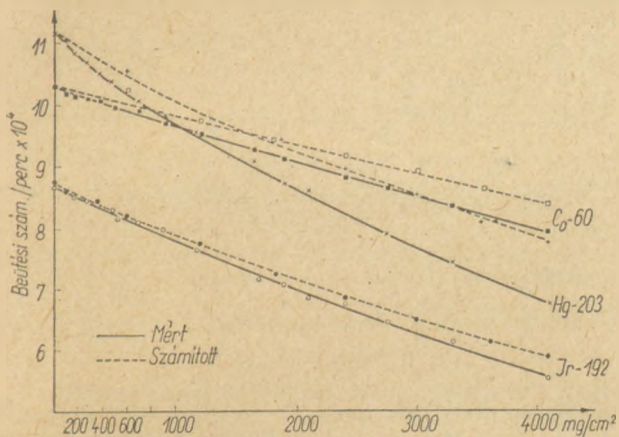
2. ábra. Építőanyagok nedvességtartalmának mérésére szolgáló gamma-abszorpciós mérőberendezés elrendezése. 1. ólomtömb a sugárforrással, 2. és 4. ólomtömb kollimátorok, 3. mintaanyag, 5. zárófedél, 6. ólomtömb a detektorral, 7. detektor



3. ábra. Az ÉuKKI építőanyagok nedvességtartalmának meghatározására szolgáló gamma-abszorpciós mérőberendezés

5. Nedvességmérésre alkalmas sugárzó izotóp kiválasztása

Különböző energiájú sugárforrások alkalmazhatóságát kísérletileg Co-60, Ir-192 és Hg-203 sugárforrásokkal vizsgáltuk. Ugyanazon falazótéglával mért adatokat a 4. ábrán látható diagramokon foglaltuk össze. Víz helyett a vízzel



4. ábra. Sugárforrások vízre vonatkozó abszorpciója

meggyező gyengülési együtthatójú plexilemezt használtunk. A méréseket a száraz mintaanyag elé helyeztünk különböző vastagságú plexilemezekkel végeztük. Az abszorbeáló réteg vastagságát mg/cm²-ben mértük. A 0—4000 mg/cm² értékek 0—40 mm-nyi vízrétegnek felelnek meg, és az adott mintára vonatkozóan kb. 0—50%-os nedvességtartalmat jelentenek.

A mérési adatok mellett a (3) összefüggésből számított értékeket is feltüntettük (szaggatott vonalak). A módszer gyakorlati alkalmazhatóságát előnyösen befolyásolja az a tény, hogy a mért értékek alapján rajzolt görbék esése a számított görbék esésénél minden esetben nagyobb.

A megvizsgált sugárforrások közül — mint ezt a 4. ábra mutatja — nedvességtartalom mérésére a Hg-203 a legalkalmasabb, a relatív intenzitáscsökkenés ugyanis ennél a legnagyobb.

6. A mérések szórása

A radioaktív mérések szórása, mint ismeretes

$$n \pm \sqrt{n}$$

ahol *n* a beütésszám

Ezen a határon kivüleső értékek már signifikánsak. A minimálisan kimutatható vízrétegvastagság illetőleg ennek megfelelő százalékos nedvességtartalom a falazótéglára vonatkozó 2. táblázatban szereplő adatokból meghatározható.

Mint a táblázatból látható, az 1,0 és 1,5 mm vízrétegvastagság okozta abszorpciós adatok

Co-60 esetében 1 mm-re (101 900 ± 300) imp., 1,5 mm-re (101 400 ± 320) imp.

Ir-192 esetében 1 mm-re (86 050 ± 290) imp., 1,5 mm-re (85 000 ± 290) imp.

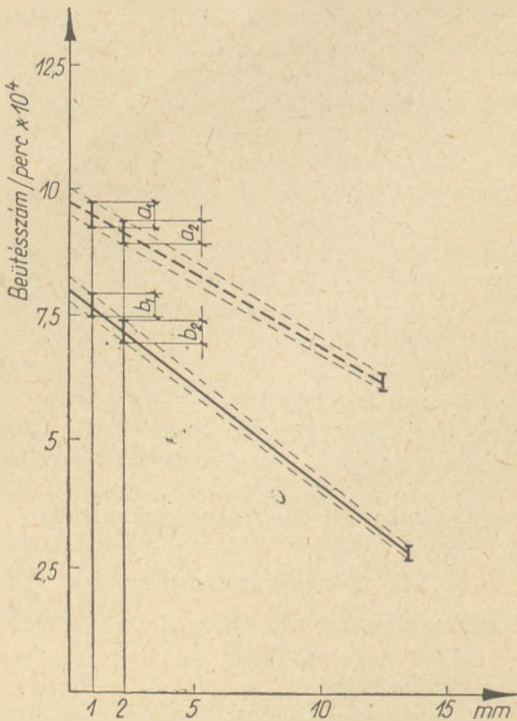
Hg-203 esetében 1 mm-re (110 500 ± 330) imp., 1,5 mm-re (108 200 ± 329) imp.

A megbízhatóan mérhető vízrétegvastagság meghatározása céljából össze kell hasonlítani az 1 mm és 1,5 mm vastagság esetében kapott határértékeket. Hg-203-nál a szórásból számított alsó határ 1 mm-es vízrétegnél 110 500—330 = 110 170

2. táblázat

Különböző gamma-sugárzó izotópok intenzitáscsökkenése 5 cm vastagságú falazótégla elé helyezett különböző vastagságú plexilemezekben

Az abszorbens vízekvivalense		Beütések száma					
		Co—60		Ir—192		Hg—203	
mm	mg/cm ²	cpm	Δ cpm	cmp	Δ cpm	cpm	Δ cpm
1,0	100	101 900	1 100	86 050	1 250	110 500	1 000
1,5	150	101 400	1 600	85 000	2 300	108 200	3 300
2,5	250	101 000	2 000	84 400	2 900	106 800	4 700
3,0	300	100 600	2 400	84 300	3 000	105 200	6 300
4,0	400	100 300	2 700	82 600	4 700	103 900	7 600
4,5	450	99 500	3 500	81 800	5 500	103 800	7 700
6,0	600	99 300	3 700	80 900	6 400	100 500	11 000
7,6	760	97 150	5 850	79 450	7 850	98 300	13 200
10,0	1000	95 500	7 500	76 500	10 800	95 600	15 900
14,0	1400	92 850	10 150	71 850	15 450	90 750	20 750
16,0	1600	91 100	11 900	70 800	16 500	87 000	22 450
17,6	1760	90 100	12 900	68 850	18 450	86 100	25 400
20,0	2000	88 250	14 750	67 600	19 700	84 600	26 900
23,00	2300	86 450	16 550	64 700	22 600	79 300	32 200
27,5	2750	83 550	19 450	61 050	26 250	74 500	37 000
35,0	3500	78 500	24 500	55 500	31 800	67 100	44 400



5. ábra. Két különböző vastagságú vízréteg abszorpciójának szórása. a) az eredmények összefolynak, a vastagság az abszorpcióból nem különböztethető meg. b) Az eredmények nem folynak egybe, a két vastagság az abszorpció alapján megkülönböztethető

az 1,5 mm-es vízrétegnél adódó felső határ $108\ 200 + 320 = 108\ 520$. Eszerint a két mérési adat szóráshatára nem folyik össze, vagyis a két réteg elvileg megkülönböztethető. Ennek szemléltetésére szolgál az 5. ábrán látható vázlat.

Hg-203-nál az 1,0 és 1,5 mm vízrétegvastagság jól megkülönböztethető. Ir-203 esetében fenti vastagságok még megkülönböztethetők, Co-60 esetében azonban már nem.

A kiválasztott izotóp aktivitását illetően megállapítottuk, hogy 15 cm-es vastagságú nedves mintadarab esetében az általunk kialakított geometriai elrendezés használata mellett Hg-203 sugárforrásból 5 mc aktivitás megfelelő. A vizsgált építőanyagok abszorpciójának figyelembevételével és a radioaktív méréseknél érvényes hibaszámítás szerint ahhoz, hogy a nedvességmérés szórása 1%-on belül maradjon, kb. 10^4 impulzust kell mérni.

Ez az impulzusszám a mért legnagyobb vastagság esetében is 1 percen belül elérhető.

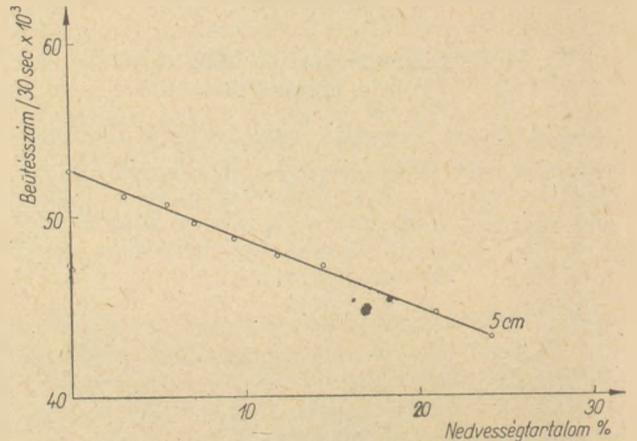
7. Sugárvédelem

A sugárzó izotópokkal végzett mérések bevezetésénél általános nehézséget támaszt a sugárvédelem. A használt mérési berendezés ilyen szempontból sem ad aggodalomra okot. Az I. táblázat alapján ugyanis a Hg-203 felező rétegvastagsága 6 g/cm^2 és ez kb. 0,5 cm Pb rétegnek felel meg. A 3. ábrán az (1) ólomtömb a káros sugárzást tízszer felezi, vagyis ennek intenzitását kb. 10^{-3} szorosára csökkenti. Minthogy a sugárforrástól 0,5 m-re a káros sugárzás a háttér sugárzást nem

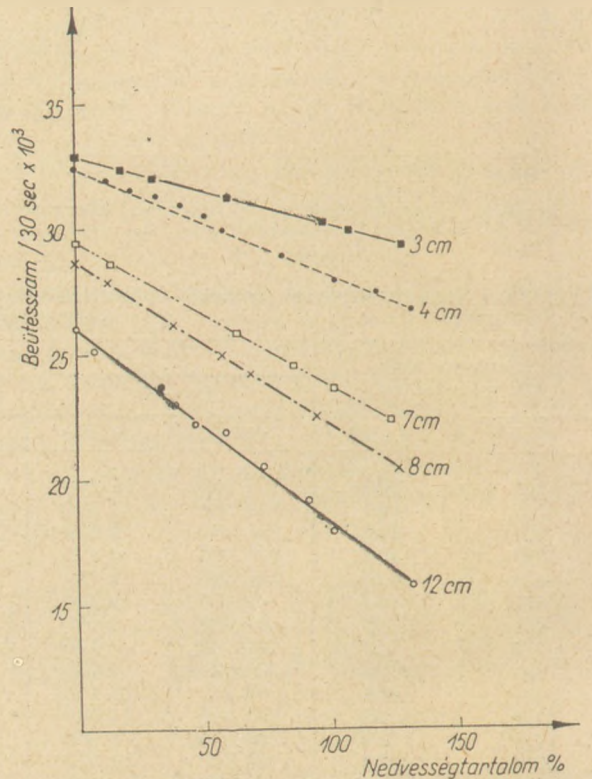
haladja meg, a mérést végző személy sugárvédelme teljesen kielégítő. Nagyobb aktivitású források esetében ólomlapokkal kellő sugárvédelem mindig biztosítható.

8. Hitelesítő görbék összeállítása

A módszer alkalmazhatóságának kísérleti igazolása céljából a továbbiakban megvizsgáltuk néhány építőanyag nedvességtartalom-beütésszám karakterisztikáját. Ezekből a méréseinkből közöljük a 6. és 7. ábrákat. A 6. ábra 5 cm vastagságú falazótéglából készült mintadarab nedvességtartalma és az 1 percre eső beütésszámok összefüggését mutatja. A 0–24%-os nedvességtarta-



6. ábra. Falazótégla nedvességtartalmának mérése Hg-203-mal



7. ábra. Vízüvegkötésű perlit nedvességtartalmának méréséhez felvett hitelesítő görbék különböző mintavastagságok mellett (Hg-203-mal)

lomhoz 42—53 ezer beütés/perc tartozik. Eszerint téglá esetében a szórás 1%-on belül marad.

A 7. ábrán vízűvegkötésű perlit nedvességtartalma és Hg-203 gamma abszorpciója közti összefüggést látjuk különböző vastagságú mintadarabok esetén. Mint várható, a mérés pontossága a mintadarabok vastagságának növelésével fokozható.

Befejezés

Fenti vizsgálataink azt mutatják, hogy építőanyagok nedvességtartalmának mérése megfelelő hitelesíthető görbék alapján gamma-sugár abszorpcióval megoldható. A mérések pontossága függ a vizsgált építőanyag sűrűségétől és a minta vastagságától. Nagyobb sűrűségű anyagok esetén megfelelő aktivítású sugárforrással és vastagságú mintadarabokkal a mérés szórása 1%-on belül marad.

Befejezésül köszönetünket fejezzük ki Juhász György munkatársunknak, aki a berendezés összeállításában és az ábrák elkészítésében egyaránt nagy segítséget nyújtott.

IRODALOM

1. Gilbert A.: Bul. Ril. No. 15. 1962. jun. pp. 152—154.
2. Burn K. A.: Bul. Ril. No. 15. 1962. jún. pp. 91—97.
3. Szuk, G.: Építőanyag 1962. 9. sz. pp. 328—342.
4. Egner K.: Feuchtigkeitsdurgang und Wasserdampfkondensation in Bauten Stuttgart 1950.
5. Cermak H.: Schriftenreihe Baustoffe H. 9. 1960. júl. pp. 1—24.
6. Rakov A.: Kernenergie 1. Jg. H-3. 1958. p. 224.
7. Tchétné-Vödrös D.: A radioizotópok gyakorlati felhasználása. Műszaki Kiadó Budapest 1957.
8. Hart: Karstens Radioaktive Isotope in der Dickenmessung Veb Verlag Technik Berlin 1958.
9. Trost A.: Atompraxis 6. Jg. No. 4—5 1960. p. 121—124.
10. Bradford: Radioisotopes in the Industry Reinhold, N. Y. 1952.

Gémesi József és Vödrös Dániel: Gamma-sugárzó izotópok alkalmazása építőanyagok nedvességtartalmának meghatározására.

A szerzők gamma sugarak megfelelő kollimálásával vizsgálták különböző sugárzó izotópok alkalmazhatóságát építőanyagok nedvességtartalmának kimutatá-

sára. Sajáttervezésű berendezéssel végzett mérésekkel megállapították, hogy Hg-203-mal 1 mm vastagságú vízrétegnek megfelelő nedvességváltozás jól mérhető. A nedvességváltozás gyors és megbízható követésével a módszer módot nyújt az építőanyagipari nedvességvizsgálatok automatizálására. A módszer különös előnye az, hogy a pontosság a %-os nedvességtartalom növekedésével nem csökken, sőt amíg 10% alatt a szórás 1—2%, 30%-os nedvességtartalom felett a mérések 1%-os pontosságon belül végezhetőek el.

Гемеси Йозеф, Вөдрёш Даниел: ПРИМЕНЕНИЕ ГАММА-ИЗУЛЧАЮЩИХ ИЗОТОПОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Путём коллимации гамма-лучей авторами была рассмотрена пригодность различных излучающих изотопов для определения влажности строительных материалов. На основе результатов измерений, проведенных на установке собственного проектирования, было установлено, что изменение влажности, соответствующее слою воды толщиной 1 мм, может удовлетворительно измеряться с помощью Hg—203.

Вследствие ускоренного и надежного наблюдения изменения влажности вышеупомянутый метод содействует автоматизации испытания влажности в области промышленности строительных материалов. Основным преимуществом указанного метода является то, что по мере увеличения процентной влажности точность не снижается, а наоборот, когда до 10% разброс составляет 1—2%, выше 30%-ной влажности измерения могут проводиться точноностью 1%.

Gémesi, József und Vödrös, Dániel: Die Anwendung γ -strahlender Isotopen zur Feuchtigkeitsbestimmung von Baustoffen.

Mit Hilfe geeigneter Kollimation der γ -Strahlen untersuchten Autoren die Anwendbarkeit verschiedener strahlenden Isotopen zum Nachweis der Feuchtigkeit von Baustoffen. Durch Messungen mittels einer eigens zu diesem Zwecke konstruierten Vorrichtung haben sie festgestellt, dass mit Hg 203 die Änderung der Feuchtigkeit, welche einer Wasserschicht von 1 mm Dicke entspricht, gut zu bestimmen ist. Indem der Feuchtigkeitsänderung rasch und verlässlich nachgefolgt wird, bietet die Methode die Möglichkeit zur Automatisierung der Feuchtigkeitsbestimmung in der Baustoffindustrie. Ein besonderer Vorteil ist es, dass die Genauigkeit mit ansteigendem Feuchtigkeitsgehalt nicht abnimmt, im Gegenteil: während sich die Streuung bei einem Gehalt von weniger als 10% auf 1—2% stellt, bleibt sie bei einem von mehr als 30% unter 1%. (S. G.)

A Magyar Hidrológiai Társaság, az Országos Vízügyi Főigazgatóság közreműködésével, 1963. október 14—15-én kétnapos kongresszust rendez Budapesten, a Technika Házában (Budapest, V., Szabadság tér 17)

TELEPÜLÉSEK ÉS IPARTELEPEK VÍZGAZDÁLKODÁSI ÜZEMEI ÉS A REGIONÁLIS VÍZGAZDÁLKODÁS címmel

A kongresszus feladata a vizet, mint az ipari termelés igen fontos nyersanyagát, illetve segédanyagát bemutatni.

A kongresszus első napján az ipari üzemek vízellátását biztosító víztermelő, vízkezelő és

szennyvíztisztító üzemek termelési, technikai, technológiai és gazdaságossági problémáiról lesz szó. Hangsúlyval szerepel a víznek az ipari termelésben jelentkező gazdasági, minőségi meghatározó, illetve befolyásoló szerepe.

A második nap tárgya a lakosság vízellátásának korszerű módjai, különös tekintettel a regionális vízművekre és a víztisztítás-vízkomplettálás kérdésére. A gazdaságossági vizsgálatoknak ezen a napon is nagy szerepük van.

A kongresszuson a Társaság és a Főigazgatóság számos külföldi szakember részvételére számít.

A Társaság és a Főigazgatóság a magyar ipar és bányászat szakembereit elvárja a vízgazdálkodási üzemek problémáinak minél több oldalról történő megvilágítása érdekében.

Pályázati felhívás

A Szilikátipari Tudományos Egyesület Szilikátkémiai Bizottsága pályázatot hirdet fiatal mérnökök, technikusok és egyetemi hallgatók számára az Országos Távlati Tudományos Kutatási Tervben szereplő szilikátkémiai témacsoportok körébe tartozó, magas színvonalú irodalmi összefoglalás készítésére.

Részletes feltételek:

1. A pályázaton az Egyesület minden 25 éven aluli tagja részt vehet.
2. A pályázatok témája valamely, az Országos Távlati Tudományos Kutatási Terv 27.01 feladatkörébe tartozó, szilikátkémiai kutatásokkal kapcsolatos anyag szakirodalmi összefoglalása. A munka keretében össze kell foglalni a témával kapcsolatos teljes hazai és külföldi szakirodalmat, legalább az 1961. évvel bezárólag. Az összefoglalásban minden hivatkozott mű (elsősorban folyóiratcikk) pontos bibliográfiai adatait és rövid, lehetőleg kritikai szellemű összefoglalását kell megadni. A pályázat formai szempontból egyezzen meg az „Építőanyag” által előírt követelményekkel.
3. Feldolgozásra elsősorban javasolt témacsoportok:
Szilikátrendszerek egyensúlyi állapotának kutatási módszerei;
Szilikátüvegek szerkezete;
Szilikátolvadékok kristályosodása;
Szilikátok termikus reakciói és azok kinetikája;
SiO₂-t tartalmazó rendszerek fázisdiagrammjai;
Hidrotermális szilikátrendszerek;
4. A pályázat terjedelme nincs megkötve.
5. A pályamunkákat, valamint a pályázó nevét tartalmazó lezárt borítékokat jelíggel kell ellátni, legkésőbb 1963. szeptember 15-ig kell a Szilikátipari Tudományos Egyesület titkárságához beküldeni.
6. A pályázat díjazása:
I. díj 1500,— Ft.
II. díj 1000,— Ft.
III. díj 800,— Ft.
7. A pályázatokat a Szilikátipari Tudományos Egyesület által kiküldendő Bizottság bírálja el. A Bizottság fenntartja magának a jogot, hogy megfelelő színvonalú pályamű hiányában díjakat összevonjon, vagy egyes díjakat egyáltalán ne adjon ki.
8. A beérkezett pályaművek az Egyesület tulajdonát képezik; az Egyesület fenntartja magának a jogot, hogy az egyes pályamunkákat az „Építőanyag”-ban, a szokásos szerzői honorárium ellenében közzétegyen.
9. A pályázat eredményét a Szilikátkémiai Bizottság, nyilvános előadó és díjkiosztó ünnepségén ismerteti, legkésőbb 1963. december 31-ig.
10. Felvilágosítást nyújt a Szilikátkémiai Bizottság vezetősége (Dr. Tamás Ferenc, ÉAKKI. Bp., X., Bihari út 6.)

SZILIKÁTKÉMIAI BIZOTTSÁG