

302.935

ÉPÍTŐANYAG

A SZILIKÁTIPARI
TUDOMÁNYOS EGYESÜLET
FOLYÓIRATA

14. ÉVFOLYAM

9

SZÁM • BUDAPEST, 1962. SZEPTEMBER

A SZILIKÁTIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

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

*

Főszerkesztő:

dr. Korach Mór

*

Szerkesztő:

Hinsenkamp Alfréd

*

Szerkesztőbizottság:

Baritz Árpád

dr. Beke Béla

dr. Déri Márta

Erdély Imre

dr. Grofesik János

dr. Knapp Oszkár

dr. Lehmann Edit

*

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>Csutor János</i> : Betontömörítő vibrátorasztalok lengéstani és energetikai viszonyai II.	313
<i>Jírku Emil</i> : A cementfajta hatása a beton gőzölhetőségére	318
<i>Szuk Géza</i> : Nedvességmérés anyagokban és szerkezetekben. RILEM levelezőkonferenciájának ismertetése. Páris, 1961.	328
Bratislavai sejt beton-konferencia 1962. IV. 10—13.	343
<i>Dr. Knapp Oszkár</i> : Öntött kádkövek	347
Az Építésügyi Dokumentációs Iroda Külföldi Lapszemléje	350

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
<i>Чупор Я.</i> : Колебательные и энергетические условия движения вибростолов для уплотнения бетона	313
<i>Ирку Е.</i> : Пригодность цементов для пропаривания	318
<i>Сук Г.</i> : Измерение влажности в материалах и конструкциях. Заочная конференция RILEM в Париже	328
Ячеистый Бетон-Конференция в Братиславе 1962. IV. 10—13.	343
<i>Д-р Кнапп О.</i> : Литые ваннные бруссы	347

I N H A L T

	Seite
<i>J. Csutor</i> : Schwingungs- und Energie-Verhältnisse von Vibrotischen zur Betondichtung	313
<i>Jírku, F.</i> : Eignung verschiedener Zemente zur Dampfbehandlung	318
<i>G. Szuk</i> : Feuchtemessung in Materialien und Konstruktionen. Fernkonferenz RILEM in Paris	328
Porenbeton-Konferenz in Bratislava 1962. IV. 10—13.	343
<i>Dr. O. Knapp</i> : Gusswanensteine	347

ÉPÍTŐANYAG

14. ÉVFOLYAM 9. SZÁM

Betontömörítő vibrátorasztalok lengéstan- és energetikai viszonyai II.

CSUTOR JÁNOS

E címmel az „Építőanyag” 1960/10. számában megjelent tanulmány többek között összefüggéseket vezetett le a betontömörítésnél használt vibrátorasztalok amplitúdói és rugómeretei között, abból a feltevésből kiindulva, hogy az asztal gerjesztése két — fogaskerekes kényszerkapcsolatban levő — gyorsan forgó tengelyre ékelt excentrikus tömeggel történik.

E két kényszerkapcsolatban levő és szembenforgó tengely feltételezése egyrészt számottevően egyszerűsítette a mechanikai viszonyokat, mert a keletkezett rezgések egyenesvonalú mozgássá polarizálódtak, másrészt igazolta a feltevést az ipari gyakorlat is, mivel az alkalmazott vibrátorasztalok többsége működött kéttengelyes gerjesztőművekkel. A kéttengelyes gerjesztőműveknek volt még egy előnyük: az egyenesvonalú — rendszerint függőleges — mozgás következtében nem volt olyan erőkomponens, amely az asztalra ráhelyezett elem-formát vízszintes irányban mozgásra készítette volna.

A csak függőleges, egyenesvonalú mozgásnak azonban más kimutatható előnye nem volt, különösen nem a tömörítés minősége tekintetében. Az üzemviszonyok és a karbantartás egyszerűsítése pedig szinte szükségszerűen követelte, hogy a kéttengelyes gerjesztőművek egytengelyesekké alakuljanak. Ezzel ugyan megszűnik a forma helyzetének stabilitása tömörítés közben, de kiderült, hogy a vízszintes erőkomponens által képviselt mozgatóhatás kiküszöbölése, illetőleg gátlása még mindig egyszerűbb feladat, mint a kéttengelyes gerjesztőművek üzembiztonságának fenntartása.

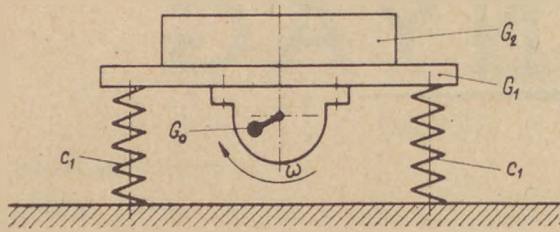
E megfontolások következtében — amelyeket a gyakorlat mindenben igazolt — lassanként elterjedtek azok a külön motorról hajtott gerjesztőművek, amelyek egyetlen tengellyel rendel-

keztek csupán. Ezt a folyamatot gyorsította, hogy a Vibrátorgyár sorozatban kezdte gyártani azokat a zsaluvibrátorait, amelyeket vibrátorasztalok gerjesztőműveként jól és előnyösen lehet használni. A zsaluvibrátor ugyanis nem egyéb olyan speciális elektromotornál, amelynek tengelyvégeire vannak felerősítve a rezgéseltető excentrikus tömegek, ezért a zsaluvibrátor — mint olyan — szintén egytengelyes gerjesztőműnek minősül.

Mivel ilyenformán az egytengelyes gerjesztés egyre általánosabb, nem lehet megelégedni a kéttengelyes gerjesztőmű egyenesvonalú mozgásának viszonylag egyszerű összefüggéseivel, hanem felmerül az igény az egytengelyes gerjesztés keltette síkmozgás viszonyainak ismeretére vonatkozóan.

A vizsgálathoz feltételezett vibrátorasztal a G_1 súlyú asztallapból, a 4 db c_1 állandójú acél- vagy gumirugóból valamint jelen esetben a G_0 excentrikus súlyt hordó egytengelyes gerjesztőműből áll. A gerjesztőmű vagy külön motorról hajtott, vagy ún. zsaluvibrátor lehet. Tömörítés közben erre az asztalra a G_2 összsúlyú acélforma-beton rendszer — mint hasznos teher — van rátevé. A G_2 rendszer G_1 -gyel mereven kapcsolható lehet, ez lenne a gyakorlat által kívánt optimum. Ezideig még nem sikerült megvalósítani úgy, hogy az asztal és a forma közötti merev kapcsolat létesítése és oldása végrehajtható lett volna az alatt a rövid idő alatt, amit erre a műveletre a sorozattermelés üteme megszab.

Ha az asztal lengésállapotának vizsgálatakor abból a feltevésből indulunk ki, hogy G_2 és G_1 mereven kapcsolható, akkor az általános vizsgálat szempontjából ez azonos eset az üres asztal lengésével, mert az általános m tömeg bármilyen mereven kapcsolható részekből lehet összetett. Ha



1. ábra

viszont a G_2 és G_1 -hez nincsen mereven kapcsolva, akkor a mozgásviszonyok olyan bonyolultakká válnak, hogy csak statisztikus középértékeknek felfogható, illetőleg szélső értékekkel jellemzett állapotok meghatározása lehetséges a gyakorlati használhatóság határain belül. De ebben az esetben is az asztal gerjesztett lengéseiből számítható adatok képezik az alapot, ezért a továbbiakban az üres asztal lengéseit vizsgáljuk elsődlegesen.

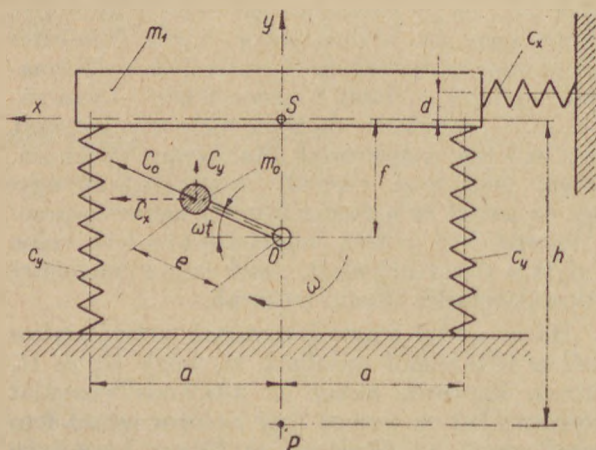
Az 1. ábrán látható asztalt a 2. ábrán felüntetett egyszerűsített, de lengéstani szempontból vele mindenben egyenértékű modellel helyettesítjük. Az asztal lapjának a $G_1/g = m_1$ tömeg felel meg. Az m_1 tömeg S súlypontjától f távolságban van a gerjesztő O tengelye, amelyen e excentricitással a $G_0/g = m$ gerjesztőtömeg ω szögsebességgel körbeforog.

A forgás révén keletkező $C_0 = m_0 \cdot e \cdot \omega^2$ centrifugális erő (gerjesztőerő) komponensei ωt szög állásnál $C_y = C_0 \sin \omega t$, illetve $C_x = C_0 \cos \omega t$. Az asztalt tartó összesen négy rugót a vázlaton a két c_y rugóállandó helyettesíti. E rugók csak függőleges irányú erők felvételére alkalmasak. A tényleges szerkezet azonban vízszintes irányban sem mozdítható el tetszőlegesen, ezt a sajátságot a vízszintes c_x rugó van hivatva figyelembe venni.

A vízszintes irányú ellenállások eredőjét képviselő c_x rugó hatásvonalát az S súlyponton átmenőnek venni csak speciális határesetben lehetne, ezért a vázlaton az S súlyponttól d távolságra van. Az összes lengő tömeg legyen $m = m_1 + m_0$ és értelmezzük a rugóállandót

$$c = y/C_0 \text{ cm/kp}$$

meghatározásban.



2. ábra

A vázolt rendszer ilyenformán vízszintes, függőleges és az S súlyponttól h távolságban levő P pont körül forgólengéseket végez. (Az asztal a P pont körül „billeg”). A továbbiakban felteszük, hogy a rendszer mozgásában a sebességgel arányos csillapítások hatnak. E feltétel mellett az erők egyensúlyát kifejező egyenlet függőleges irányban

$$m y'' + K_y \cdot y' + \frac{2y}{c_y} = m_0 \cdot e \cdot \omega^2 \cdot \sin \omega t \quad (1)$$

Vízszintes irányban

$$m \cdot x'' + K_x \cdot x' + \frac{x}{c_x} + \varphi \cdot d \cdot \frac{1}{c_x} = m_0 \cdot e \cdot \omega^2 \cdot \cos \omega t \quad (2)$$

A nyomatékok egyensúlya pedig

$$\Theta \cdot \varphi'' + K_\varphi \cdot \varphi' + \frac{2a^2 \varphi}{c_y} + \frac{d \cdot \varphi}{c_x} + \frac{d \cdot x}{c_x} = m_0 \cdot e \cdot \omega^2 \cdot \cos \omega t \cdot f \quad (3)$$

ahol K_y , K_x és K_φ a megfelelő mozgáskomponensekhez tartozó csillapítási tényezők, φ a billegés szögelfordulása, Θ az asztal tehetetlenségi nyomatéka az m tömegű test saját súlypontjára vonatkozóan. Az egyenleteket m -mel, illetve Θ -val osztva, azok az alábbi alakot veszik fel:

$$y'' + k_y \cdot y' + \alpha_y^2 \cdot y = A \cdot \sin \omega t \quad (4)$$

$$x'' + k_x \cdot x' + \alpha_x^2 \cdot x + \alpha_x^2 \cdot \varphi \cdot d = A \cdot \cos \omega t \quad (5)$$

$$\left. \begin{aligned} i^2 \cdot \varphi'' + i^2 \cdot k_\varphi \cdot \varphi' + \alpha_y^2 \cdot \varphi + \alpha_x^2 \cdot d^2 \cdot \varphi + \alpha_x^2 \cdot d \cdot x &= i^2 \varphi'' + i^2 \cdot k_\varphi \cdot \varphi' + (\alpha_y^2 + \alpha_x^2 d) \varphi + \\ &+ \alpha_x^2 \cdot d \cdot x = A \cdot f \cdot \cos \omega t \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

ahol $k_y = \frac{K_y}{m}$; $k_x = \frac{K_x}{m}$; $k_\varphi = \frac{K_\varphi}{\Theta} = \frac{K_\varphi}{m \cdot i^2}$

a redukált csillapítási tényezők, miközben i az inerciasugár $\Theta = m \cdot i^2$ -nek megfelelően, továbbá

$$\alpha_y^2 = \frac{2}{m \cdot c_y}$$

a függőleges,

$$\alpha_x^2 = \frac{1}{m \cdot c_x}$$

a vízszintes,

$\frac{\alpha_y^2}{i^2}$ a forgólengés saját körfrekvenciája, a gerjesztő hatások maximális amplitúdói pedig:

$$\frac{m_0 \cdot e \cdot \omega^2}{m} = A$$

A (4), (5) és (6) egyenletek adják a feladat differenciálegyenletrendszerét. A homogén egyenletrendszer vizsgálatát mellőzhetjük, mert az ennek megoldásával jellemzett saját lengések a csillapítások következtében rövid időn belül elűlnek.

Legyen ezek után egyenletrendszerünk partikuláris megoldása célszerűen

$$y = Y_1 \sin \omega t + Y_2 \cos \omega t \quad (7)$$

$$x = X_1 \sin \omega t + X_2 \cos \omega t \quad (8)$$

$$\varphi = \Phi_1 \sin \omega t + \Phi_2 \cos \omega t \quad (9)$$

Az eredeti egyenletrendszerben az (1) egyenlet által jellemzett lengés a másik kettőtől független, így az egyenlet önmagában is megoldható. Képezve ezért az (1) egyenlet (7) alatti megoldásának dy/dt és d^2y/dt^2 differenciáljait és ezeket beírva az eredeti egyenletbe, azt kapjuk, hogy

$$-Y_1\omega^2 \sin \omega t - Y_2\omega^2 \cos \omega t + k_y \cdot Y_1\omega \cos \omega t - k_y \cdot Y_2\omega \sin \omega t + \alpha_y^2 \cdot Y_1 \sin \omega t + \alpha_y^2 \cdot Y_2 \cos \omega t = A \cdot \sin \omega t \quad (10)$$

Ennek az egyenletnek minden pillanatban fenn kell állnia, igaz tehát akkor is, amikor

$$\omega t = 0, \text{ azaz } \sin \omega t = 0 \text{ és } \cos \omega t = 1,$$

illetve

$$\omega t = \pi/2, \text{ azaz } \sin \omega t = 1 \text{ és } \cos \omega t = 0.$$

E két speciális eset szelektálásával egyenletünkben eltűnnek a szögfüggvények és az együtthatók megállapítására két összefüggést kapunk:

$$-\omega^2 \cdot Y_2 + k_y \cdot \omega \cdot Y_1 + \alpha_y^2 \cdot Y_2 = 0 \quad (11)$$

$$-\omega^2 \cdot Y_1 + k_y \cdot \omega \cdot Y_2 + \alpha_y^2 \cdot Y_1 = A \quad (12)$$

Rendezés után, ebből

$$Y_1 = \frac{A(\alpha_y^2 - \omega^2)}{k_y^2 \cdot \omega^2 - (\alpha_y^2 - \omega^2)^2} \quad (13)$$

$$Y_2 = \frac{A \cdot k_y^2 \cdot \omega^2}{k_y^2 \cdot \omega^2 - (\alpha_y^2 - \omega^2)^2} \quad (14)$$

Így tehát a súlypont függőleges lengését leíró egyenlet:

$$y = \frac{A \cdot (\alpha_y^2 - \omega^2)}{k_y^2 \cdot \omega^2 - (\alpha_y^2 - \omega^2)^2} \sin \omega t + \frac{A \cdot k_y^2 \cdot \omega^2}{k_y^2 \cdot \omega^2 - (\alpha_y^2 - \omega^2)^2} \cos \omega t \quad (15)$$

ha nincsen csillapítás, vagyis $k_y = 0$, akkor ebből

$$y = \frac{A}{\omega^2 - \alpha_y^2} \sin \omega t \quad (16)$$

Az egyes állandókat a szerkezet jellemzőiből kell megállapítani. Ha $k_y \neq 0$, akkor a lengés nincsen fázisban a gerjesztéssel. A fáziseltolás szögének meghatározására tételezzük fel, hogy (7) alatti megoldásunk

$$y = Y \cdot \sin(\omega t - \varepsilon_y) \quad (17)$$

alakú.

Itt Y a lengés legnagyobb kitérése, ε_y pedig a gerjesztés és a lengés fázisa közötti szögműködés. Fennáll tehát, hogy

$$Y_1 \cdot \sin \omega t + Y_2 \cos \omega t = Y \sin(\omega t - \varepsilon_y) \quad (18)$$

Ennek az összefüggésnek is minden pillanatban fenn kell állnia a (10)-nél közölt megfontolások szerint, ezért

$$Y_1 = Y \cos \varepsilon_y$$

$$Y_2 = -Y_1 \sin \varepsilon_y$$

innen pedig

$$Y = \sqrt{Y_1^2 + Y_2^2} \text{ és } \operatorname{tg} \varepsilon_y = -\frac{Y_2}{Y_1}$$

Ezekbe az összefüggésekbe visszairva a (13) és (14) alatti azonosságokat, összevonás és rendezés után kapjuk, hogy

$$Y = \frac{A}{\sqrt{k_y^2 \cdot \omega^2 - (\alpha_y^2 - \omega^2)^2}} \quad (19)$$

és

$$\operatorname{tg} \varepsilon_y = -\frac{k_y^2 \cdot \omega^2}{\alpha_y^2 - \omega^2} = \frac{k_y^2 \cdot \omega^2}{\omega^2 - \alpha_y^2} \quad (20)$$

Ezért a függőleges lengést leíró egyenlet újabb alakja

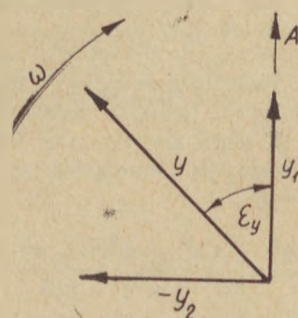
$$y = \frac{A}{\sqrt{k_y^2 \cdot \omega^2 - (\alpha_y^2 - \omega^2)^2}} \sin(\omega t - \operatorname{arctg} \frac{k_y^2 \cdot \omega^2}{\omega^2 - \alpha_y^2}) \quad (21)$$

Ha $k_y = 0$, akkor ez az egyenlet is azonosan a (16) alakba megy át. A (21) egyenlettel jellemzett viszonyokat jól érzékelteti a 3. ábra. Látható, hogy az Y_1 kilengéssel fázisban levő A gerjesztéshez képest az eredő Y lengés ε_y szöggel siet.

A vízszintes és a forgólengést összekapcsoló (5) és (6) egyenlet (8) és (9) megoldásából képezzük a dx/dt , d^2x/dt^2 , $d\varphi/dt$ és $d^2\varphi/dt^2$ differenciálokat. Ezeket az (5) és (6) egyenletekbe visszairjuk, majd a további vizsgálatokat újfent az $\omega t = 0$ és $\omega t = \pi/2$ szélső esetben folytatva eltüntetjük a szögfüggvényeket az egyenletből.

Ennek eredményeképpen az X_1 , X_2 , Φ_1 , Φ_2 állandók meghatározására az alábbi négy egyenletet kapjuk:

$$\left. \begin{aligned} k_x \cdot \omega \cdot X_1 + (\alpha_x^2 - \omega^2)X_2 + 0 \cdot \Phi_1 + \alpha_x^2 \cdot d \cdot \Phi_2 &= A \\ 0 \cdot X_1 + \alpha_x^2 \cdot d \cdot X_2 + i^2 \cdot k_\varphi \cdot \omega \cdot \Phi_1 + (\alpha_y^2 + \alpha_x^2 d^2 - i^2 \omega^2) &= A \cdot f \\ (\alpha_x^2 - \omega^2)X_1 + k_x \cdot \omega \cdot X_2 + \alpha_x^2 \cdot d \cdot \Phi_1 + 0 \cdot \Phi_2 &= 0 \\ \alpha_x^2 \cdot d \cdot X_1 + 0 \cdot X_2 + (\alpha_y^2 + \alpha_x^2 d^2 - i^2 \cdot \omega^2)\Phi_1 - i^2 \cdot k_\varphi \cdot \omega \Phi_2 &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (22)$$



3. ábra

Ebben a felírásban az ismeretlen állandók együtthatói az egyenletrendszernek azt a negyedrendű determinánsát is szolgáltatják, amelynek értéke dönti el a továbbiakban, hogy a vízszintes és a forgólengés viszonyai miképpen alakulnak. Legyen e determinánsunk D . Ha most az egyenletrendszer jobboldalán levő abszolút tagokat a D determinánsban rendre X_1, X_2, Φ_1 és Φ_2 együtthatóinak helyére írjuk, akkor olyan D_1, D_2, D_3 és D_4 determinánsokat kapunk, amelyekkel Cramer—Bézout szabálya szerint

$$\begin{aligned} X_1 &= D_1/D, X_2 = D_2/D, \text{ illetve} \\ \Phi_1 &= D_3/D \text{ és } \Phi_2 = D_4/D \end{aligned} \quad (23)$$

A negyedrendű D determináns kifejtése abszolút számok esetén igen hosszadalmas és érdektelen, ezért ennek felírásától eltekintünk. Konkrét esetben azonban az állandók meghatározása (22) szerint elvégezhető és ezzel a vízszintes és a forgólengés amplitúdóira vonatkozó (8)—(9) megoldások szintén konkrét alakot öltenek.

Maga a D determináns így is lehetővé tesz néhány általános megállapítást a lengés lezajlását illetően. A (22) hányadosok értéke elsősorban attól függ, hogy D nulla-e, vagy sem. Ha $D \neq 0$, az ún. rendes eset, amikor is a hányadosok értéke definit. Ha $D = 0$, akkor a „nem rendes” esettel állunk szemben. Felhasználva a determinánsokra vonatkozó alaptételek közül azokat, amelyek eldöntik, hogy D értéke nulla-e, vagy sem, kimondhatjuk:

1. D értéke nulla, ha bármelyik sorában, vagy oszlopában minden elem nulla.

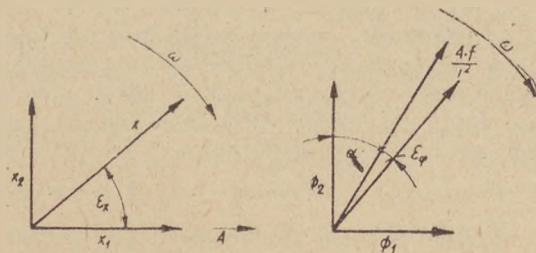
2. D értéke nulla, ha bármelyik sora, vagy oszlopa egy másiknak a többszöröse.

Látható, hogy ilyen körülmények között igen sok változat lehetséges, ezért példának csak egyet ragadunk ki. Vizsgáljuk pl. az első sort. Ebben minden elem nulla, ha egyidejűleg

a) $k_x = 0$, vagyis vízszintes irányban nincsen csillapítás.

b) $\alpha_x^2 - \omega^2 = 0$, illetőleg $\alpha_x = \omega$, vagyis vízszintes irányban rezonancia esete áll fenn.

c) $\alpha_x^2 \cdot d = 0$, vagyis a gerjesztés a rendszer S súlypontjában hat.



4. ábra

A $D = 0$ nem rendes eset további nagyszámú variációit az előbbiekhöz hasonlóan nem vizsgáljuk, hanem visszatérünk a $D \neq 0$ rendes esethez. Megállapíthatjuk tehát, hogy a gép szerkezeti jellemzőiből a lengéseket leíró egyenletek X_1, X_2, Φ_1 , valamint Φ_2 állandói kiszámíthatók, ezért x és φ (8) és (9) függvényeit a továbbiakban ismerteknek tekinthetjük. Hozzuk x -t és φ -t is a (17) és (18) szerintiük alapján a teljes amplitúdóval és a fázisszöggel megadott alakra.

Mindenben analóg módon

$$\begin{aligned} x &= X \cos(\omega t - \epsilon_x) \\ X &= \sqrt{X_1^2 + X_2^2} \text{ és } \operatorname{tg} \epsilon_x = \frac{X_1}{X_2} \end{aligned} \quad (24)$$

valamint

$$\begin{aligned} \varphi &= \Phi \cos[\omega t + (\alpha - \epsilon_\varphi)] \\ \Phi &= \sqrt{\Phi_1^2 + \Phi_2^2} \text{ és } \operatorname{tg}(\alpha - \epsilon_\varphi) = \frac{\Phi_1}{\Phi_2} \end{aligned} \quad (25)$$

Ez összefüggések viszonyait a 4. ábra mutatja. Az asztal súlypontja tehát az

$$\begin{aligned} x &= X \cos(\omega t - \epsilon_x) \\ y &= Y \cdot \sin(\omega t - \epsilon_y) \end{aligned} \quad (26)$$

egyenletekkel megadott mozgást végzi.

Ha a csillapításoktól eltekintünk, akkor (22) alatti determinánsunk a

$$D_{cs} = \begin{vmatrix} (\alpha_x^2 - \omega^2) & \alpha_x^2 \cdot d \\ \alpha_x^2 \cdot d & (\alpha_y^2 \cdot a^2 + \alpha_x^2 d^2 - \omega^2 i^2) \end{vmatrix} \quad (27)$$

alakra egyszerűsödik, ahonnan

$$\begin{aligned} x &= A \frac{\alpha_y^2 \cdot a^2 + \alpha_x^2 \cdot d^2 - \omega^2 i^2 - \alpha_x^2 \cdot f \cdot d}{(\alpha_x^2 - \omega^2)(\alpha_y^2 \cdot a^2 + \alpha_x^2 d^2 - \omega^2 i^2) - \alpha_x^4 d^2} \cos \omega t \\ \varphi &= A \frac{f(\alpha_x^2 - \omega^2) - \alpha_x^2 d}{(\alpha_x^2 - \omega^2)(\alpha_y^2 \cdot a^2 + \alpha_x^2 d^2 - \omega^2 i^2) - \alpha_x^4 d^2} \cos \omega t \end{aligned} \quad (28)$$

A $\cos \omega t = 1$ esetben az x_0 és φ_0 maximumokhoz jutunk. Ha az y irányú mozgástól eltekintünk, akkor az 1. ábra alapján a P forgástengely h távolsága könnyen meghatározható, mivel $x_0 = h \cdot \varphi_0$. Innen

$$h = \frac{\alpha_y^2 a^2 + \alpha_x^2 d^2 - \omega^2 i^2 - \alpha_x^2 \cdot f \cdot d}{f(\alpha_x^2 - \omega^2) - \alpha_x^2 d} \quad (29)$$

Található olyan ω gerjesztés, ahol $h = 0$,

vagyis a rendszer S súlypontja körül forgómozgást végez, ha viszont a h értéket megadó (29) tört nevezője zérus ($h = \infty$), a rendszer forgólengéseket nem végez.

Ha a (26) alatti egyenletrendszerből az „ ω ” paramétert kiküszöböljük, megkapjuk a súlypont pályájának egyenletét:

$$y = Y \cdot \sin \left[\arccos \frac{x}{X} + \epsilon_x - \epsilon_y \right] \quad (30)$$

Ez az általános centrális ellipszis egyenlete, amelynek két különleges esete lehet:

$$\varepsilon_x - \varepsilon_y = \frac{\pi}{2} \text{ és } \varepsilon_x - \varepsilon_y = 0$$

Az első esetben az ellipszis egyenessé fajul, a másodikban pedig olyan ellipszistről van szó, amelynek két főtengelye az „ x ” és „ y ” irányokkal egybeesik. Ha a (30) kifejezést kvadratikussá alakba átírjuk, akkor az

$$y^2 = 2 \sin(\varepsilon_x - \varepsilon_y) \frac{Y}{X} xy + \frac{Y^2}{X^2} \cdot x^2 - Y^2 \cos^2(\varepsilon_x - \varepsilon_y) = 0 \quad (31)$$

alakot kapjuk. Ebből az általános pályae ellipszis főtengelyállásának szöge az xy koordinátarendszerben a

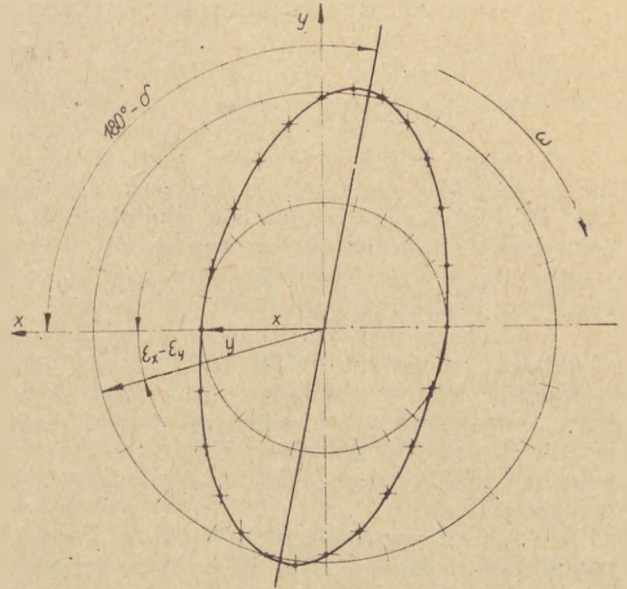
$$\delta = \frac{1}{2} \arctg \frac{2 \sin(\varepsilon_x - \varepsilon_y) \frac{Y}{X}}{1 - \frac{Y^2}{X^2}} \quad (32)$$

egyenlőséggel van meghatározva.

A súlypont pályájára vonatkozóan azonban sokkal gyorsabb és szemléletesebb felvilágosítást kaphatunk, ha az 5. ábra szerint megszerkesztjük a pályae ellipszist. Ehhez nem kell mást tennünk, mint előjelre helyesen felrajzolni az Y és X vektorokat $\varepsilon_x - \varepsilon_y$ fázisszöggel és a bejelölt módon az ellipszispontokat meghatározni.

A pályae ellipszis mindjárt választ ad arra is, miért szűnik meg az asztalra helyezett forma „stabilitása” tömörítés közben, miért indul el a mindenkori ω által megszabott irányban. A forma és az asztal között kialakuló ütközéssorozat jellege ugyanis megszűnik „egyenes és centrális” lenni, mint amilyen az egyenesvonalú rezgések esetében a kéttengelyes gerjesztőműveknél. Az ütközés „centrális és ferde” jellegűvé válik. Az ütközés pillanatában tehát a C_0 gerjesztőerőnek két komponense van: $C_0 \cdot \sin \delta$ és $C_0 \cdot \cos \delta$. Ez utóbbi a formát saját irányában elmozdítja.

Az asztalra rögzítés nélkül rátett forma mozgásának vizsgálata a továbbiakban már nem történhet exact pontossággal, mivel nem található olyan függvénykapcsolat, amely ezt a mozgást minden pillanatra érvényesen leírná. A nyugalmi állapotból kiindulva még pontosan meg lehet határozni a mozgás jellemzőit abban a pillanatban, amikor a forma elválik az asztaltól és mód van a mozgásjellemzők maximumainak meghatározására is. Ezen belül azonban már csak különböző feltételek fennállásának kikötésével lehet hozzávetőlegesen meghatározni az asztal és a forma ütközéseinek az időegységre eső számát, ami a forma „torz” mozgásának bizonyára legfontosabb jellemzője.



5. ábra

IRODALOM

- Mutnyánszky Ádám: A műszaki lengéstan elemei, egyetemi jegyzet.
 Bosznay Ádám: Lengéstan alapismeretek, Mérnöki Továbbképző Intézet kiadása, 1954.
 Ludvig Győző: Gépek dinamikai problémái. Mérnöki Továbbképző Intézet kiadása, 1961.
 Pócza Antal: Szabadlengésű vibrátorsták mozgásviszonyai. Kézirat.

Csutor János: Betontömörítő vibrátorasztalok lengéstan és energetikai viszonyai

Napjainkban egyre általánosabbá válik az ún. zsaluvibrátorok alkalmazása betontömörítő vibrátorasztalok gerjesztéséhez. A zsaluvibrátorok egytengelyes gerjesztőművek, amelyek sík mozgást eredményeznek. A tanulmány összefüggéseket vezet le a síkmozgást végző vibrátorasztalok mozgásviszonyainak meghatározására.

Чупор Янош: КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ВДВИЖЕНИЯ ВИБРОСТОЛОВА ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ БЕТОНА

В наши дни начинает приобретать все большее значение применение т. н. опалубочных наружных вибраторов для приведения в движение вибростолов для уплотнения бетона. Опалубочный наружный вибратор представляет собой одноосевой движущий механизм, который возбуждает плоское движение. Данная работа дает зависимости для определения условий движения вибростолов, производящих плоское движение.

J. Csutor: Schwingungs- und Energie-Verhältnisse von Vibrotischen zur Betondichtung

Allmählich gewinnen die s. g. Schalungsrüttler zur Erregung von Betonvibrotischen allgemeine Verwendung. Die Schalungsrüttler sind einachsige Erregerorgane, die eine Planbewegung erzeugen. Es werden im Artikel Zusammenhänge abgeleitet, die zur Bestimmung der Bewegungsverhältnisse von Vibrotischen geeignet sind.

A cementfajta hatása a beton gőzölhetőségére*

JIRK U EMIL

BEVEZETÉS

A beton gőzölése lehetővé teszi a hagyományos építési módokról a korszerű módokra való áttérést. Az építési munkák gépesíthetők, az építőelemek tipizálhatók, az építési idő megrövidíthető és a termelékenység fokozható. A beton gőzölése az építéset iparosítását eredményezi.

A gőzöléssel meggyorsíthatjuk az építőelemek előállítását, megrövidíthetjük a kizsaluzási időt, csökkenthetjük az érleléshez szükséges tárolóhelyet, emelhetjük a termelékenységet és csökkenthetjük a termelési költségeket. A termelés ipari jellegűvé válik, gépesíthető, szabályozható és automatizálható.

A régi, hagyományos építésről a korszerű panel építésre most térünk át, az összes termelési folyamatok gépesítésével.

A beton gőzölése — amely a nagyobb beton-szilárdság gyorsabb elérését biztosítja — a cementszemcse hidratációs folyamatának meggyorsítását eredményezi. A cementszemcse hidratációja azonban nemcsak kémiai reakció, hanem fizikai-kémiai folyamatok egész sorozata. Ismeretes, hogy a Le Chatelier-féle elv szerint a hőmérséklet emelésével meggyorsulnak a kémiai reakciók. A fizikai-kémiai folyamatok sebessége azonban nem feltétlenül növekszik, mert a hidratáció során keletkező új képződmények megnehezítik a diffúziót s ezáltal fékező hatást is kifejthetnek. Ezért a betonban levő cementszemcse hidratációjára — a szilárdság szempontjából — nem érvényes a Le Chatelier-féle megállapítás, hogy minden $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletnövekedéssel a reakciósebesség 2—4-szeresre növekszik. A szilárdságnövekedés a gőzölés hatására azonban oly nagy, hogy ez gazdaságosan kihasználható.

A beton felületének hőmérséklete megnövekszik s ez által a hidratációhoz szükséges víz egyrésze elpárolog; a hidratáció meg is szűnhet, ezért biztosítani kell a beton víztartalmát. Ez telített vízgőzzel való hőkezelés útján, vagy pedig teljesen zárt formákban való melegítéssel érhető el. A gyakorlatban atmoszferikus nyomáson általában $60\text{--}100\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletet, vagy $100\text{--}174\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletet alkalmaznak, 8 atmoszféráig terjedő túlnyomás mellett.

Bár a víz jobb melehordozó — mivel a fajlagos hője $1\text{ kcal/kg }^{\circ}\text{C}$, a gőzé pedig csak $0,45\text{ kcal/kg }^{\circ}\text{C}$ — mégis ritkán alkalmazzák a vizet közvetlen melehordozóként, mert fennáll a kilúgozás veszélye és ezáltal a hidratációs egyensúly megbomlik.

*

A cementet minden ország saját szabványa szerint vizsgálja. Az összes szabványos módszerek a normális — kb. $15\text{--}22\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékleten — való szilárduláson alapulnak. Csak a gyorsított

* A VI. Szilikátipari Konferencián elhangzott előadás.

térfogatállósági vizsgálatokat, a lepénypróbát, a Le Chatelier-féle vizsgálatot és a Kallauner—Rosa-féle dilatométeres vizsgálatot végzik $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ú forrásban levő vízben, az ASTM-autokláv próbát pedig telített vízgőzzel, 21 atmoszféra nyomáson. A tapasztalatok azt mutatják, hogy a szokványos cementtel szemben támasztott szabványos követelményeknek megfelelő cementek nem mindegyike alkalmas gőzölésre. Azok a cementek, amelyek a normális hőmérsékleten való kezelés esetében azonos szilárdságot adnak, a gőzölés után igen gyakran eltérő szilárdságúak lesznek (1, 2). Előfordult, hogy egyes aknakemencében égetett cementtel — sőt forgókemencéből nyert cementtel, — készített beton gőzölése nem adott kielégítő eredményt.

Az utóbbi időben ezért különböző szakértők kezdtek foglalkozni e kérdés megoldásával és kutatták az okokat. Igen sok közlemény foglalkozott a beton gőzölésére vonatkozó technológiai kérdésekkel, azonban csak a legutóbbi időben fordította néhány kutató a figyelmet a cementek gőzölhetőségére (3, 4).

Mivel a Csehszlovák Szocialista Köztársaságban is az építőipar korszerűsítése miatt e kérdés megoldása nagyon időszerűvé vált, felkérték a Szlovákiai Kutató- és Fejlesztési Intézetet annak tisztázására, hogy miért nem alkalmasak egyes szabványcementek gőzölésre.

KÍSÉRLETI RÉSZ

A feladat megoldásához mindenképpelt egy olyan reprodukálható vizsgálati módszert kellett kidolgozni, amely lehetőség szerint a gyakorlati adottságokat is megközelíti. Az előregyártó vállalatok szlovákiai központja az irodalmi adatokkal megegyezően a következő normálparamétereket adta meg:

1. A próbatetek mérete feleljen meg a vékonyfalú betonelemeknek (vastagság $4\text{--}5\text{ cm}$),
2. a bedolgozott friss beton pihentetési ideje optimális legyen,
3. a felmelegítési ütem az irodalmi adatok szerint nem haladhatja meg a $20\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{órát}$,
4. a gőzölés $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékleten 3 óráig tartson. Nyomás 1 atmoszféra,
5. a próbatetek egy részét még melegen (kb. $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on) közvetlen a gőzkezelés után nyomó- és hajlító szilárdsági vizsgálatnak kell alávetni (manipulációs szilárdság),
6. a gőzölt próbatetek másik részét 14 napig nedves ruhával letakarva $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on kell tárolni, azután szilárdságát megvizsgálni (expedíciós szilárdság),
7. a próbatetek harmadik részét 24 óráig gőzölés nélkül nedves térben, azután $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ú vízben kell tárolni és 3, 7 és 28 napos korban vizsgálni (normál tárolás melletti szilárdság).

A gőzölhetőség elbírálására a gőzölés utáni manipulációs szilárdság szolgál; eddig ugyanis

gyakran összehasonlították a gőzölt szilárdságokat a normál hőmérsékleten tárolt próbatestek cementszilárdságával. Véleményünk szerint nem helyes az összehasonlítás olyan szilárdságokkal, amelyeket olyan feltételek mellett nyerünk, amelyek nem fordulnak elő a beton készítésekor és kezelésekor. Vannak ugyanis oly kötőanyagok, amelyek a normál hőmérsékleten való kezelés esetén kisebb szilárdságot adnak, míg gőzölés mellett nagyobbakat. A gőzöléssel elért szilárdság összehasonlítása a normál hőmérsékleten nyert 28 napos szilárdsággal, nem bír gyakorlati értékkel, azért sem, mert a hidratáció során a fizikai-kémiai folyamatok a normál, illetve hőkezelés esetén különbözőképpen játszódnak le. Tehát itt nem a szokásos egyszerű szilárdulás gyorsításról van szó. Előfordult pl. oly eset, amikor a cement a főzőpróba szerint nem volt térfogatálló, ugyanakkor a vízben tárolt lepénypróbán sok év elteltével sem mutatkozott duzzadás és az építményeken még 20 év után sem jelentkezett duzzadás. Ez a vizsgálat különböző feltételek mellett négyes adtokat szolgáltat (általában nem is gőzölünk hidakat vagy utakat). Hasonló az eset a gyorsított Waitzmann-féle vizsgálatnál is, az sem a normál szilárdságot adja, mivel más feltételek mellett végzik a vizsgálatot.

A technikai feltételek megfogalmazása után és a tájékoztató kísérletek (5) alapján kidolgoztuk az alábbi vizsgálati módszert:

a cementmennyiséget, a vízcement-tényezőt és bedolgozást a gyakorlatnak megfelelően választottuk meg, kétféle próbatest készítési módszert alkalmaztunk:

A) sorozat: A próbatest nem érintkezik közvetlenül a gőzzel (formában való gőzölés).

Összetétel: 1 110 g szabvány durvahomók a CSN 72 2110 szerint,

555 g szabványos finomhomok DIN 1 164 szerint,

400 g vizsgált cement,

240 ml víz.

Vízcement-tényező $v/c = 0,60$.

3 db $4 \times 4 \times 16$ cm méretű próbatestet a DIN 1 164 szerint készítettünk. A próbatestek felületét lesimítás után sima vaslemezzel fedtük le.

A próbatesteket 20°C -ú nedves térben 1,5 óra optimális pihentetési idő után egy három szintes elektromos fűtésű hőmérséklet szabályozóval felszerelt, alul vízzel ellátott gázkamrában, lassú gőzbevezetés mellett óránként $\pm 1^\circ\text{C}$ -al melegítettük és $80 \pm 0,5^\circ\text{C}$ hőmérsékleten 3 órán át 1 atm-on gőzöltük. Ezután a gázkamrát kinyitottuk és a próbatesteket akkor vettük ki a formákból, amikor 45°C -ra lehültek, majd a próbatestek nyomó- és hajlító szilárdságát megvizsgáltuk.

B) sorozat: A próbatest közvetlenül érintkezik a gőzzel (kizsaluzott próbatestek gőzölése).

Összetétel: homok, mint az A) sorozat esetén. Vízmennyiség v/c $0,40-0,45-0,50$ az egyes cementfajtáknak megfelelően.

A 3 próbatesthez szükséges keveréket a formátöltés után rázóasztalon addig vibráltuk, amíg a felületen a víz megjelent, majd a felületet lesimítottuk és 1,5 órán keresztül pihentettük. Elővigyázatos kiszaluzás után a próbatesteket az A) szerint gőzöltük és vizsgáltuk.

VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK

1. 80°C -os atmoszferikus gőzölés

1. A pihentetés nélküli próbatestek gőzölési idejének befolyása

a) A készítés után azonnal a 80°C -ra előmelegített, gőzkamrába helyezett és 3 óráig gőzölt próbatestek igen kis szilárdságot értek el; kb. $20-40\%$ -át annak a szilárdságnak, amelyet a normál 1,5 órás pihentetési idő és $20^\circ\text{C}/\text{óra}$ hőfokemelés mellett nyertek.

b) Azok a próbatestek, amelyeket a készítés után azonnal 20°C -ú gőzkamrába helyeztek és $20^\circ\text{C}/\text{óra}$ hőfokemelés mellett 3 órán át 80°C -on gőzöltek, az 1,5 órás pihentetési időnek megfelelő szilárdság $40-70\%$ -át érték el.

c) 1,5 órás pihentetési idő, $20^\circ\text{C}/\text{óra}$ hőfoknövelés és 3 órás 80°C -os gőzölés optimális eredményt adott.

d) 3 óráig tartó pihentetési idő nem eredményezett észrevehetően jobb eredményt, mint a 1,5 órás pihentetés.

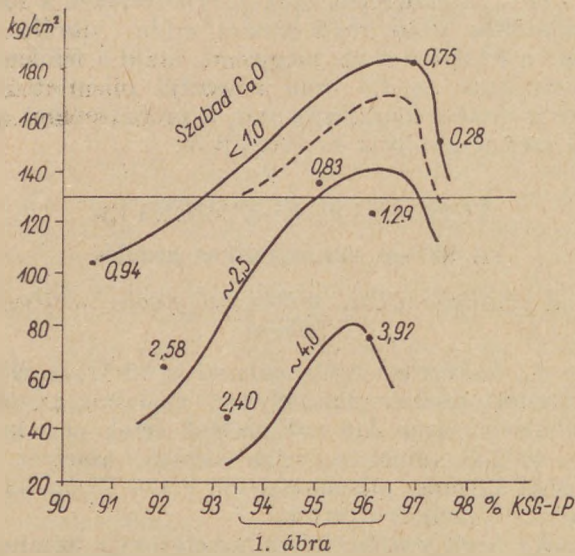
Ezért a további kísérletek során a 1,5 órás pihentetési időt választottuk és megtartottuk a $20^\circ\text{C}/\text{óra}$ hőfokemelést.

2. A klinker fajta befolyása

Laboratóriumi malomban azonos feltételek mellett 5% gipszadalékkal jól égetett forgó és aknakemence klinkert $0,09$ finomságú szitán $6,5 \pm 0,5\%$ szitamaradékú finomságra őrltünk. Kitűnt, hogy ez a klinker Lea—Parker szerint mért megközelítőleg hasonló mésztelítettségi fok mellett hasonló szilárdságot eredményez a gőzölés után. Ez azt bizonyította, hogy egyes szerzők véleményével ellentétben (6), nem lényeges az, hogy a klinkert forgó- vagy aknakemencében égetik, ha a klinker helyesen mésztelített, jól égetett és a főzőpróba szerint térfogatálló. Ez az eredmény igen fontos a jelenleg korszerűsített szlovákiai aknakemencés cementgyárak szempontjából.

3. A klinker mésztelítettségi fokának befolyása

Ismeretes, hogy 100% vagy valamivel nagyobb mésztelítettségű (Lea—Parker szerint mérve) klinkerek adják a legnagyobb szilárdságot, normális hőmérsékletű érlelés esetén. Normál érleléshez LP $90-102\%$ közötti mésztelítettség kívánatos. Más az eset gőzölésnél. Itt a kedvező szilárdságok mésztelítettségi intervalluma elég szűk és pedig $94-97\%$ LP. Rohamosan növekedik a szilárdság a 94% -os LP mésztelítettség körül és ismét rohamosan csökken 97% körül (1. ábra). Ez gyakorlatilag azt jelenti, hogy a klinker gyártásakor az előírt mésztelítettséget



szigorúan be kell tartani (a nyersanyag homogenizálása, egyenletes tüzelőanyag, egyenletes tüzelőanyaghamu és adagolás stb.).

4. A klinker C_3S tartalmának befolyása

A C_3S -nek Bouge szerinti számítása potenciális, a tényleges C_3S tartalmat nagyon nehéz meghatározni, ehhez igen nagyszámú vékonycsiszolat szükséges. A szabad CaO minden százaléka a C_3S tartalmat 4,3%-kal csökkenti, tekintet nélkül arra, hogy a szabad CaO gyenge égetés, a durva SiO_2 szemcsék nem reagálása, vagy pedig C_3S bomlása következtében képződött.

Az LP mésztelítettség befolyásával kapcsolatban nyert tapasztalatok alapján arra következtethetünk, hogy a gőzölés utáni szilárdság annál nagyobb lesz, minél nagyobb a C_3S tartalom.

5. A C_3A tartalom, illetve az aluminátmodulus befolyása

A nem aluminátferritként kötött szabad aluminátok hatása kétféle. Azok a szabad aluminátok, amelyek elégtelen SO_3 tartalom mellett a gőzölésnél $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6H_2O$ -ként hexagonális lemezekben képződnek, alig járulnak hozzá a szilárdságnöveléshez 80 °C hőmérsékleten. Ezzel szemben elegendő $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ vagy $CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$ tartalom esetében finom tű formájú fonott ettringit $C_3A \cdot 3CaSO_4 \cdot 31H_2O$ képződik, amely a gőzölés után lényeges szilárdság növekedést eredményez. Ugyenez érvényes normál hőmérsékleten való érlelés esetén is. Az ettringit képződéshez szükséges SO_3 mennyiség nemcsak a C_3A -tartalomtól (Bogue szerinti számítva), hanem a fajlagos felülettől is függ. Különböző szerzők munkája alapján kiszámítottam a cementek optimális SO_3 -tartalmának képletét:

$$SO_3 (\%) = 6,8 \cdot 10^{-5} \cdot (C_3A (\%)) \cdot F (\text{Blaine})$$

Ez a képlet nagy kezdőszilárdságú cementek (nagy szilárdság 24 óra után) vizsgálata és gyártása során is bevált.

Ebből a képletből azonban az is következik, hogy az aluminátban gazdag és finomra őrölt

cementekhez a szabvány által előírt 2,0 illetve 3,0% SO_3 mennyiség nagyon alacsony. Nem ritkán őrünk cementeket például 3500 cm^2/g felületre Bogue szerint 13% C_3A tartalom mellett. E képlet szerint 3,09% SO_3 szükséges, ha azonban a cement csak 2% SO_3 -t tartalmaz, akkor a szabad aluminát kerekén 1/3 része nem ettringitként, hanem C_3AH_6 -ként hidratizálódik. Ennek következtében az aluminátnak csak 2/3 részét használják ki a szilárdságképződéshez.

A C_3AH_6 nemcsak szilárdság szempontjából, hanem Budnyikov (7) szerint szulfátállóság szempontjából is kedvezőtlen. Ha az SO_3 -t az aluminát köti, nem áll fenn a gipszduzzadás veszélye. Nem szabad elfelejteni, hogy a szabvány szerint az SO_3 maximális mennyisége 2,0—2,5 illetve 3,0% SO_3 a cement durva őrleése alatt képződik és a tudomány mai állása mellett szilárdságvesztést és a beton szulfátállóságának csökkenését jelenti.

Az SO_3 tartalmú aluminátok gőzkezelésekor még figyelembe kell venni azt is, hogy $C_3A \cdot 3CaSO_4 \cdot 31H_2O$ (ettringit) legfelső stabilitási határa 80 °C körüli hőmérsékleten van (8). Minél magasabb a hőmérséklet 80 °C-nál, annál gyorsabban bomlik az ettringit kicsiny $C_3A \cdot CaSO_4 \cdot 12H_2O$ lapocskákra és az ettringitből származó szilárdság elvész. Ez a gőzölési hőmérsékletet 80 °C-ra korlátozza. A szulfátsalak cementek (ezek hidratációs termékei ettringitben gazdagok) már 80 °C-on kisebb szilárdságot adnak, mint 50—70 °C hőmérsékleten, mivel a nagy ettringittartalom mellett a bomlás észrevehetővé válik. Ezek a cementek egyáltalán nem alkalmasak 80 °C hőmérsékleten felüli gőzölésre. Gőzszilárdításra igen alkalmas cementként Reinsdorf (4) nagy C_3A és SO_3 -tartalmú finomra őrölt cementet állított elő. Nálunk a klinkerben 13% C_3A -t tartalmazó közönséges aknakemence cementet — amelyet 0,09 szitán 9% maradékra öröltek — 0,09 szitán 5% maradékig előőrölt gipsz adagolással tovább öröltek; az SO_3 tartalmat egészen 4%-ra emelték. A növekvő SO_3 tartalommal nemcsak a gőzkezelés utáni szilárdság, hanem a normál hőmérsékleten nyert szilárdság is növekedett. A szilárdság maximumát körülbelül 3,5% SO_3 tartalom mellett érték el.

6. Az őrési finomság befolyása

Forgó- és aknakemence klinkert 14%, 7% és 2% finomságra öröltek azonos feltételek mellett. Az őrési finomsággal a szilárdság is növekedik, azonban degresszív módon. Az igen finom őrés csak kis szilárdságnövekedést eredményez. A cement finomörlésének határát a beton gőzölése esetén a gazdaságosság szabja meg. Gazdaságosabb a cementeket összetétel és égetési minőség szerint helyesen megválasztani, mint a szilárdságot finom őrléssel növelni.

7. A gyengeégetés befolyása

A cementek gőzszilárdításának előfeltétele a tőrfogatállóság (főzőpróba). Tehát csak könnyen stabilizálható vagy stabilizált gyengeégetés (lágyan égetett $CaCO_3$, amely azonnal reagál a

vízzel, vagy hidratizált CaO) jöhet tekintetbe. Tiszta, tökéletesen kiégetett klinkereket 5, 10, 15 és 20% különválasztott, gyengén égetett klinkerrel és 5% gipsszel összeőröltek. Gyenge égetésű klinkert 5%-nál nagyobb mennyiségben tartalmazó cementnél mutatkozott szilárdságcsökkenés, a C₃S csökkenés mértékében.

A gyengeégetési adalékot kombináltuk még aktív hidraulikus anyagokkal és megállapítottuk, hogy a szilárdságcsökkenés nem felel meg a gyengeégetésű anyag plusz aktív hidraulikus adalékanyag mennyiségének, hanem annál sokkal kisebb.

Érre a kérdésre még visszatérünk.

8. A szabad mész hatása

A kérdés korántsem olyan egyszerű, mint ahogy azt gyakran felteszik. Először is a szabad mész meghatározására szolgáló módszerek eltérő eredményeket adnak aszerint, hogy a mintákat hogyan készítik elő. Jelenleg az a gyanú merül fel, hogy vajon a klinker, vagy a cement finomradörzsölésekor a C₃S-rácsból a gyengén kötött harmadik CA²⁺ is átmegy-e a glikololdatba. Ezt a gyanút az alábbi esetek látszólag igazolják:

1. Minél finomabbra dörzsölik, annál több szabad CaO-t határoznak meg és

2. ismeretesek olyan esetek, amikor egészen 5%-ig terjedő szabad CaO tartalom mellett is a cement térfogatállónak mutatkozott.

A kész cementben a szabad CaO különböző alakban van jelen és így megjelenési formája is különböző. A szabad CaO alábbi fajtáit különböztetjük meg:

a) Gyengén kiégetett CaO, amely mint a lágyra égetett mész nagyon reakcióképes és a vízzel azonnal oltódik. Az oltódás még a kötés előtt bekövetkezik a cementkő tehát térfogatálló marad. A képződött Ca(OH)₂-nek ugyanaz a funkciója mint annak a Ca(OH)₂-nek, amely a klinkerszemcsék hidratációjakor válik szabaddá.

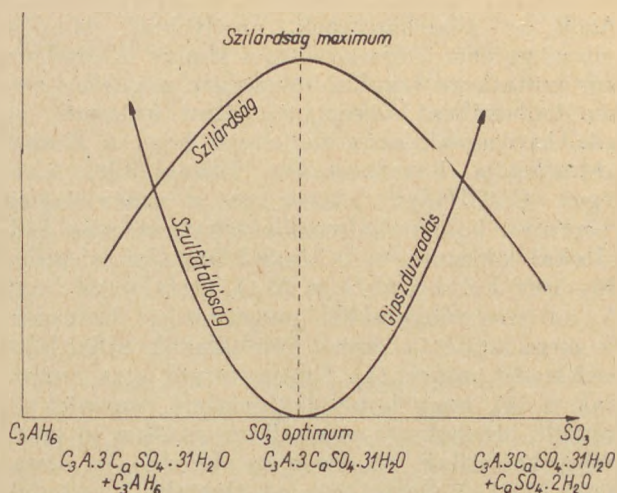
b) Keményre égetett, durván elosztott CaO, amelyet a nem jól reagált, de mészre helyesen beállított klinkerben találhatunk, ha a szilikát- vagy az alumíniummodulus nagyon magas, vagy pedig ha a kvarcsemek durvaszeméséssel fordulnak elő a nyerslisztben. Ez a szabad CaO nehezen és lassan oltható és ennek következtében a cement nem lesz térfogatálló.

c) Keményre égetett, finomra elosztott CaO, amely a mésztütelítettségéből származik és amely a legerősebb duzzadást idézi elő.

d) Finom, intenzíven megosztott CaO, amely a lassú hűtéskor előforduló bomlásakor képződik és amely szintén duzzad.

e) Reakcióképes CaO és a levegőnedvességből előálló hidratizált mész, amely a cement nedvesítésekor, vagy pedig a cement hosszabb ideig való tárolása során a levegőnedvesség hatására keletkezett; ez a hidratizált CaO nem duzzad.

A legnehezebben oldódik (például glikolban) a finoman szétosztott, keményre égetett CaO, mert ez a klinkerszemcsében nem hozzáférhető. Az extrém finomradörzsölés lehetővé teszi az oldószernek azt, hogy hozzájusson a harmadik



2. ábra

Ca²⁺-hoz a klinkerszemese felületi kristályrácsában. Ezért nagyon nehéz következtetéseket levonni a „szabad” CaO-nak a gőzölési eredményekre gyakorolt hatásáról.

Azonos feltételek betartása esetében, főképpen finomradörzsölés esetén lehetséges összehasonlító eredményeket kapni a szabad CaO hatására vonatkozóan.

Egy forgókemencés gyár vizsgálati eredményeit láthatjuk a 2. ábrán; az optimális mésztelítettségi határok érzékelhetők, egyidejűleg azonban látható a szabadmész kedvezőtlen hatása is.

9. Az aktív hidraulikus anyagok adalékként való felhasználása

Több országban érvényes szabvány szerint a portlandcementek 15, illetve 20%-ig terjedő aktív hidraulikus adalékanyagot, mint például granulált kohósalakot, aktív traszt, vagy aktív pernyét tartalmaznak. Egyrészt felmerül az a kérdés, hogy milyen mértékben befolyásolják a portlandcementben levő adalékanyagok a szilárdságokat a gőzölés után, másrészt pedig az a kérdés, hogy vajon a kohósalakportlandcement vagy puccolán cementek, mint például a trasz (és pernyecementek 30%-os aktívanyaggal) mennyire alkalmasak a gőzölésre. A kísérletek a következő eredményeket adták:

a) Kohósalakok

A vonatkozó irodalomban ellentétes állításokat találhatunk a granulált, bázikus kohósalakok hatása tekintetében. A nálunk található CaO-ban szegény (35–42%) kohósalakjaink, amelyek kevés Al₂O₃-ot tartalmaznak (10% alatt), kevésbé reakcióképesek és ezért az ilyen kohósalakadalékok csökkentik a szilárdságokat a gőzölés után az ugyanabból a klinkerből készült adalékanyag nélküli cementek szilárdságaihoz viszonyítva. A Szovjetunióban más tapasztalatokat nyertek, ahol 47–52% CaO tartalmú kohósalakokat használnak. Feltétlenül szükséges a hidraulikus adalékanyagok kétféle aktivitását elfogadni:

Normál hőmérséklet melletti aktivitás és a termikus aktivitás 80–100 °C hőmérsékleten.

Azok az adalékanyagok, amelyeknek bomlási sebessége nem tudja követni a klinker hőkezelésekor mutatkozó bomlási sebességét, a gőzölés esetén ballasztként szerepelnek. Mint ismeretes, az adalékanyagoknak az a funkciója, hogy a klinker hidratációja következtében felszabadult, felesleges $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -ot lekösse és a szilárdságban résztvevő kalciumhidroszilikátokat és más hidrátokat képezzen. A kohósalak bomlási sebessége $80\text{--}100^\circ$ körül a CaO és Al_2O_3 tartalomtól függ. A mi eredményeinkkel megegyezően Reinsdorf is megállapította egyes kohósalakok szilárdságcsökkentő hatását (4). Egyes szerzők arra mutatnak rá (8), hogy kohósalaktartalmú cementekből készült betonok $90\text{--}100^\circ\text{C}$ -on gőzölve jó eredményeket adtak. Ez érvényes akkor is, ha összehasonlítást az ugyanilyen salaktartalmú cementek szilárdságaival 80°C -on tesszük. A tiszta cementek szilárdsága a gőzölés után $90\text{--}100^\circ\text{C}$ -on szintén nagyobb, mint 80°C -on és emellett nagyobb, mint a kohósalakot tartalmazó cementeké.

Ez érvényes nemcsak atmoszférikus nyomáson (100° alatti) végzett gőzölés (ekkor $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_x$, C_3AH_6 , $\text{C}_3\text{A}\cdot 3\text{CaSO}_4\cdot 31\text{H}_2\text{O}$ stb. hidratálási termékek keletkeznek), hanem az autokláv kezelésnél is (ekkor főképpen $\text{C}_4\text{S}_5\text{H}_5$, C_4AH_x és $\text{C}_3\text{A}\cdot\text{CaSO}_4\cdot 12\text{H}_2\text{O}$ képződnek); a viszonyszámok, amint azt még látni fogjuk, egészen mások ebben az esetben.

b) *A természetes puccolának befolyása*

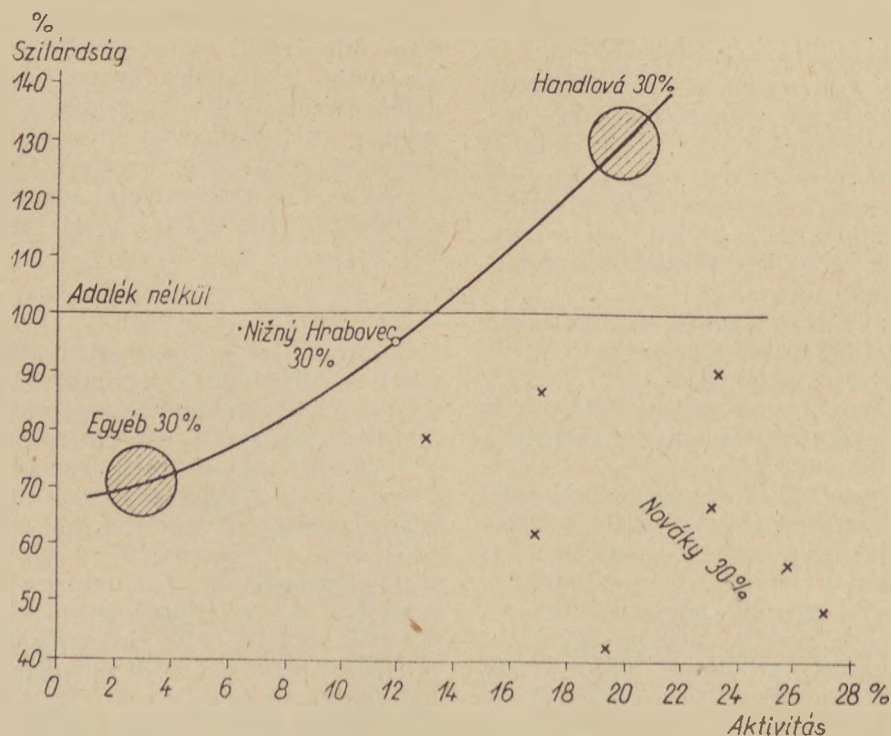
Megvizsgáltuk a Nizny Hrabovec-i riódacit-tufa, a Bartosova Lehotka-i és Horna Stubna-i andezittufa, Jastrabá-i riolittufa és Plástove-i

kovaföld hatását és megállapítottuk, hogy itt is más a termikus aktivitás, mint a normál hőmérsékleti aktivitás. A Nizny Hrabovec-i riódacit-tufa például magas hőmérsékleten sokkal aktívabb, mint a többi vizsgált természetes puccolán; ennek ellenére a cementhez adott 30% adalék szilárdságot — az azonos klinkerből készült adalék nélküli cement szilárdságával összehasonlítva — csökkenti. Más, természetes puccolánok bomlása a hőkezelt klinkerszemcsék hidratációja során gyakorlatilag alig fordul elő. A riódacit-tufa normál hőmérsékleti aktivitása nagy. 30% puccolánt tartalmazó cement szilárdsága 20°C -on már hetedik napon eléri az adalék nélküli cement szilárdságát és 28 napos korban egy osztállyal magasabb szilárdságot ad, mint az azonos klinkerből készült, adalék nélküli cement. Ennek ellenére gőzöléssel szilárdított cement előállításához adalékanyagként kevésbé alkalmas (3/a ábra).

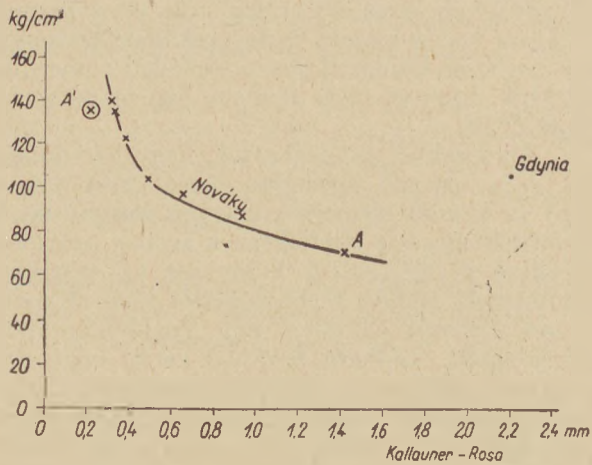
c) *Az erőműpernyék hatása*

Különböző helyről származó pernyéket vizsgáltunk adalékként, 10, 20 és 30%-ban keverve a cementhez, egyébként azonos körülmények között. A vizsgálatokat Handlova-i, Nováky-i, Hodonin-i erőművekből nyert pernyékkal végeztük. Vizsgáltuk továbbá a Gdyniából (Lengyelország) szerzett pernyét és néhány szénsalakot. Bár az összes pernyék, a szénsalakot kivéve, normál hőmérsékleten aktívak voltak, a hőkezelés során különböző aktivitást mutattak.

Igen kedvező tulajdonságokat állapítottunk meg a Handlova-i barnaszén pernyéknél. Ebből a pernyéből 30%-ot kevertünk 65% klinkerhez és 5% gipsszel úgy öröltük meg, hogy a 0,09 szítán



3a. ábra



3b. ábra

6,5% volt a szitamaradék ; 80°-os gőzölés után mintegy 30%-kal nagyobb szilárdságot nyertünk, mint forgó- vagy aknakemencéből származó, azonos klinkerből készült, pernyeadalék nélküli (csak 5% gipszt tartalmazó) cementekkel. Ezek után érthető, hogy egy szlovákiai forgókemencés cementgyár 20'' pernyeadalékkal mellett miért ad egyszer olyan szilárdságú cementet, amely előre-gyártáshoz különösen alkalmas, máskor pedig csak nominál szilárdságú cementet. A cementgyár ugyanis két fajta hidraulikus kiegészítő anyagot használt: igen nagy termikus aktivitású handlovi pernyét és igen kis termikus aktivitású hodejovi tufát. A két kiegészítő anyag normál hőmérsékletű aktivitása gyakorlatilag megegyező ; a klinker 95—97% mésztelítésű, földgázzal égetett és nagy szilárdságot ad. Aszerint, hogy a gyár az egyik vagy a másik adaléket használta, a panelgyártás során nyert eredmények különbözőek voltak.

Közepes termikus aktivitással rendelkeznek a Vitezny unorból (feketeszenhamu) származó pernyék ; a termikus aktivitás és más tulajdonságok is eléggé változóak. A többi vizsgált pernye termikus aktivitása kisebb (3a ábra).

A kidolgozott (9) mikroszkópos, panchromatikus és más színezési módszerek cement és kiegészítő anyagok esetében igen érdekes segéd-eszköznek mutatkoztak és nemcsak a klinker vagy a kész cement gyors vizsgálatára. Ezekkel a módszerekkel vizsgálható a gyengeégetés, a gyengén égetett szemese nagysága, a szabad mész, a pernye, a tufa, a kohósalak és az őrlésnél bekövetkező gipszdehidratáció foka. A pernyében felismerhetők a szabad CaO szemcsék, savanyú, nem zsugorodott dehidratizált kaolin-anyagok, fehér vagy sárga színű, golyó alakú megolvadt üvegszemcsék, amelyek néha egyáltalán nem, néha pedig egészen a mélységig színeződnek (xerogélek a handlovi pernyéknél), az abszorbeálódó szénszemcsék, amelyek a szemese körül levő mezőt szintelenítették stb. Ez a mikroszkópikus színezési módszer bizonyítja a más más helyről való pernyék különbözőségét és azt, hogy ezek mind rendkívül heterogén rendszerek.

10. A puccolánok termikus aktivitásának meghatározására szolgáló módszer kidolgozása (5)

A kiegészítő anyag szilárdságot hordozó része a C—S—A—H rendszerek képződésével magyarázható ; az S—A puccolánokból és a CaO a felszabaduló Ca(OH)₂-ből származik a klinker gyors termikus hidratálásakor. A puccolánok termikus aktivitása tehát a melegítés hatására fellépő bomlási sebességtől függ. Ebből a gondolatból kiindulva dolgoztunk ki a puccolánok termikus aktivitásának meghatározására szolgáló módszert, amely a következő elven alapul :

A 0,09 szitán átszitált puccolánt három órán át friss, lágyra égetett, kémiailag tiszta fölös mennyiségű CaO-dal vízben főztük. Kezelés után semlegesítettük és meghatároztuk az oldható SiO₂ + R₂O₃-at összehasonlítottuk a főzés nélküli Ca(OH)₂-s puccolánok oldható SiO₂ + R₂O₃-ával. A különbség a termikus aktivitásnak felel meg. A különböző természetes vagy mesterséges puccolánoknál a következő eredményeket kaptunk s ezek jól megegyeznek a gőzölési szilárdsággal (3a ábra) :

Puccolán	Az oldható SiO ₂ + R ₂ O ₃ különbsége	A 30% puccolánt tartalmazó cement szilárdsága %-ban, ha a kiegészítő anyag nélküli cement 100%
Handlovi pernye	20,0%	130%-ig
Nizny Hrabovec-i tufa	12,0%	Kb. 95%
Az összes többiek	2—4%	70—80%

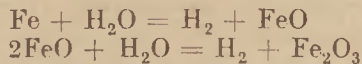
Elképzelhető, hogy 30% adalékból származó 20% oldható S + A + F, azaz a SiO₂ + R₂O₃-ban kifejezett keverék 6%-a, C—S—A—F—H-rendszerre átszámítva körülbelül 20% szilárdságaktív anyagot jelent és emellett a klinkerből felszabaduló, a szilárdságot csökkentő Ca(OH)₂-ből 6%-ot köt meg.

Meglepetés ért bennünket a Nováky-i pernyénél, amely geológiailag ugyanabból a barnaszénből származik, mint a nagy termikus aktivitású handlovi pernye. Bár a termikus aktivitási értékek 17—22%-ot tettek ki, a 30% pernyével készült cementek szilárdsága gőzölés után csak 40—120 kg/cm² volt, 150—220 kg/cm² helyett. Újabb kérdés merült fel tehát : miért keletkeznek a gőzölés után egészen szabálytalan szilárdságok nagy termikus aktivitás mellett. Egyidejűleg az is kitűnt, hogy 30%-os pernye adalék a cement térfogatállóságát rontja. A Kallauner—Rosa-féle dilatáció és a szilárdság között határozott összefüggés mutatkozott. Minél nagyobb a dilatáció, annál kisebb volt a szilárdság (3b ábra). A pernye tehát különböző mértékben duzzadó. Ellentétes volt azonban az összefüggés az éghető tartalom és a duzzadás között ; ez azt jelentette, hogy

nem az el nem égett szén okozta ezt a duzzadást. Azok a próbatestek duzzadtak, amelyek a gőzölés után a legkisebb szilárdságot adták; a duzzadást a formákban jól lehetett látni. Ez a duzzadás nem vezethető vissza szilárd anyagok képződésére, mert ebben az esetben a nyomószilárdságnak, legalábbis a kisebb duzzadás esetén, növekedni kellett volna. Ennek éppen az ellenkezője történt. A gyanú a gázképződésre irányult. A pernyeminták mikrokémiai vizsgálata igazolta, hogy ebben a pernyében szabad elemi vas van. A 0,02—1 mm nagyságú szivacsos golyócskákban 1% elemi mágneses vas volt jelen. E golyócskák kívülről simára zsugorodtak. A mozsártörök nyomása alatt a dörzscsészében vékony fénylő vaslemezcsek képződtek.

A vas és víz közötti reakció — mint valamennyi kémiai reakció — az izobár kémiai potenciáltól, a reakcióképes felület nagyságától függ maga az izobár kémiai potenciál pedig a hőmérséklettől függ.

Az



exoterm reakciók részére az izobár kémiai potenciálok már 20° hőmérsékleten negatívak, ami azt jelenti, hogy a reakciók lehetségesek és hogy ez a hőkezelés során még valószínűbb [Karapetjanc szerint számítva] (10). Adott esetben ezt a szivacsos szerkezetben a nagy felület is elősegíti, ugyanis a potenciált a sarkok és élek nagyobb energianívója erősen fokozza, ellentétben pl. a sima betonvassal, ahol csak a külső felület reagál és a képződő oxidréteg a vas további rétegeit védi.

Ennek az igazolására két kísérletet végeztünk. Először: elektromágnessel szeparált elemi vasat $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -dal melegítettünk; gáz képződött. Másodszer: a Novákyból származó legrosszabb pernyéből elektromágnes segítségével szeparáltuk a vasat és az így javított pernyéből 30%-ot kevertünk a cementbe. A két heterogén cement azonos körülmények mellett a következő szilárdságot adta:

	30% pernye, vastartalmú	30% pernye elektro- mágnessel szeparált
Szilárdság azonnal a gőzölés után:		
hajlítószilárdság, kg/cm ²	15,7	25,7
nyomószilárdság, kg/cm ²	65,3	136,0
Kallauner—Rosa-dilatáció, mm . .	1,41	0,21

Egyértelműen látható, hogy az elektromágnessen kezelt pernye körülbelül kétszeres szilárdságot ad és emellett a duzzadása lényegesen csökkent. A 3. ábrán láthatjuk az A pernyét kezelés előtt és az elektromos mágneses kezelés után.

A handlovai pernyéből elektromágnes segítségével nagyobbrészt lehetett kiválasztani, ez

az anyagban szemcsés, rideg volt és a nyomás hatására nem képezett vaslapocskákat. Izzításkor a súlya csak kismértékben növekedett; megállapítottuk, hogy ez nem fémvas, hanem magnetit, Fe_3O_4 volt.

Mindezekből azt láthatjuk, hogy bár mind a két szén hasonló geológiai formációnak tekinthető (a kémiai elemzések nagyon hasonlóak), a termékek mégsem rendelkeznek azonos tulajdonságokkal gőzöléskor. A különbség az erőműben alkalmazott égetési technológiától függ. Handlovában a szenet oxidálva, míg Novákyban redukálva égetik. Látható továbbá az is, hogy nem az el nem égett széntartalom az irányadó, mely redukáló égetéssel is eltávolítható (CO alakjában), hanem az, hogy redukció hatására a vasvegyületek elemi vassá alakulnak át.

Az irodalmi adatok szerint (11) mind az oxidáló, mind a redukáló égetés technológiailag megfelel a követelményeknek, nem felel meg azonban, ha ez az elméleti égetés semleges pontjában történik. Ebben az esetben mind a két alternatívát látjuk. Egy gázbeton üzemben (alumíniumporos eljárás mellett) Novákyból származó pernyét használtak és a termék magasabb hőmérsékleten erősen megkelt; itt az elemi vas is hozzájárult az alumíniumpor hatásához.

A gdyniai lengyel pernyeminta — a Nováky-i pernyéhez teljesen hasonlóan — nagyfokú termikus aktivitást mutat. A szilárdság azonban alacsonyabb, mint ami a termikus aktivitásnak megfelelően, mert a pernye szintén duzzadó és hasonlóképpen elemi vasat tartalmaz.

A termikus aktivitás és a mágneses szeparáció segítségével nyert anyag jellegének meghatározása útján (hogy itt elemi vasról vagy magnetitről van-e szó), dönthetjük el, hogy vajon a pernye az építőiparban felhasználható-e vagy sem.

11. Aktív adalékok kombinálása gyengén égetett anyaggal

Még mindig nem tisztázták azt a kérdést, hogy miért eredményeznek alacsony szilárdságot a gyengén égetett klinker és aktív kiegészítő anyagok (handlovai pernyét kivéve) kombinációi. A szilárdságok kisebbek, mint a gyenge égetés hatásainak összege vagy az aktív adalék anyagok hatásai egyedül, így pl.:

Gyengén égetett anyag, %	Kohósalakok, %	Szilárdságcsökkenés gőzkezelés után, azonos minőségű és őrlésfinomságú, kiegészítő anyag nélküli klinkerből készült cementhez hasonlítva, %
10	15	35
10	30	45
20	15	50
20	30	75

Pernyével és tufákkal végzett kísérletek eredményei hasonlóak. Csak a handlovai magas hő-

mérsékleten aktív pernye kompenzálja a gyenge-
égetést úgy, hogy ezeknek a szilárdságai az adalék-
anyag nélküli cementek szilárdságaihoz hason-
lók.

Természetesen az az irányadó, hogy a klin-
kert gyengeégetés nélkül gyártsák. Kísérleteket
kellett végezni, mert a főfeladat éppen annak a
kérdésnek a megoldása, hogy egyes cementek
miért nem alkalmasak a gőzölésre

12. Vizsgálati eredményeinkből lehetségesnek látszott,
hogy a gőzölésre alkalmas jó cementek gyártási
feltételeit meghatározzuk:

1. A klinker — tekintet nélkül, hogy forgó-
vagy aknakemencében égetik — lehetőleg gyengén
égetett klinkert ne tartalmazzon, legfeljebb
3—5%-ot.

2. A cement — Le Chatelier-féle vagy a
Kallauner—Rosa térfogatállósági vizsgálat alap-
ján — legyen térfogatálló.

3. A klinkert nem szabad redukálva égetni
(a klinker általában nem térfogatálló). Ebben az
esetben nemcsak vasat, hanem kalciumkarbidot
sem tartalmazhat, mert az a betonban acetilént
fejleszthet (12).

4. A mésztelítettségi fok — Lea—Parke
szerint, 95—97% között legyen.

5. Bogue szerint számított magasabb C₃A
tartalom esetében a klinkert optimális SO₃ tar-
talomra kell beállítani (a Blaine szerint számított
fajlagos felület figyelembevételével).

6. A Blaine szerint mért fajlagos felület
3000—4000 cm²/g legyen.

7. Az őrlésnél kiegészítő anyagként csak ter-
mikusan aktív elemvasmentes, nem duzzadó ada-
lékot szabad alkalmazni, legfeljebb 30%-ban.

13. Szükséges még kitérnünk, hogy milyen
sok paramétert kell a gőzölt beton készítésekor
figyelembe venni. Néhányat felsorolunk ezek kö-
zül: a gőzölt testek nagysága és vastagsága, a
homok finomszemesének minősége és mennyi-
sége, a cementmennyiség, a vízcement-tényező, a
beton tömörítésének módja, a beton vibrálásához
felhasznált energiameennyiség stb. tekintettel a
beton vastagságára, a közvetlen víz-gőz befolyás
elleni védelem különböző módjaira, a konden-
zálási és a felületen elálló lúgozódás elleni véde-
lemre, a friss betonkeverék hőmérsékletére, a fel-
melegedés sebességére és a gőzölt testek felülete
és belseje közötti hőmérsékleti különbségekre,
a pihentetési időre és még számos más tényezőre,
amelyek esetleg nem is ellenőrizhetők és amelyek
a cement minőséggel semmiféle összefüggésben
nincsenek. Mindez azonban befolyást gyakorol a
beton szilárdságára. Ezért nagyon nehéz a külön-
böző előgyártó üzemekben nyert eredményeket
egymással összehasonlítani. Egységes cementviz-
sgálati módszert szinte lehetetlen kidolgozni, mert
figyelembe kellene venni az anyagok különböző-
ségét, azonkívül a beton technológiáját is. Mi a
módszerünket a jelenleg legjobban ismert para-
méterekre állítottuk be. Éppen olyan nehéz kérdés
ez a beton normál hőmérsékletű értékelése ese-
tén is, erre vonatkozóan sem lehet egyetlen egy

cementszabványt kidolgozni. Egyes betongyár-
tóknak az a kívánsága, hogy a vizsgálati módszert
az extrém paramétereknek megfelelően módosít-
suk, helytelen.

Az általunk kidolgozott, fentebb ismerte-
tett összehasonlító szilárdsági vizsgálatok szerint
megfelelő a beton manipulációs szilárdsága, ha
közvetlen gőzölés után legalább 130 kg/cm²
nyomószilárdságot és 25 kg/cm² hajlítoszilárd-
ságot ad. Kevésbé igényes termékek esetén ele-
gendő 100 kg/cm² nyomószilárdság és 20 kg/cm²
hajlítoszilárdság is. A kereskedelmi cementekre
vonatkozóan az I. táblázatban feltüntetett érté-
keket találtuk. (A vizsgált cementek a szabvány
előírásainak természetes érlelés esetén megfe-
lelnek.

Az összeállításból kitűnik, hogy a cementeket
nyomószilárdság és gőzölhetőség szempontjából
az általunk kidolgozott módszer szerint 4 kate-
góriába lehet osztályozni:

A) módszer szerinti vizsgálat.

	Hajlító- szilárdság, kg/cm ²	Nyomó- szilárdság, kg/cm ²
I.	35 felett	200 felett
II.	28—35	150—200
III.	20—28	100—150
IV.	20 alatt	100 alatt

14. Állandó, 0,60 vízcement-tényező mellett
a formákban való gőzölést A) módszer előnyben
részesítettük a forma nélküli B) módszer gőzö-
léssel szemben, a következő okokból:

a) az egyenletes bedolgozást könnyebben
lehet betartani,

b) a vízcement-tényező állandó és a bedolgozás-
tól független. Nem definiált energiafelhasználás
a vibrálásnál kizárt,

c) könnyebb a reprodukálhatóság,

d) az A) módszer szerint vizsgált és megfelelő
cementek a B) módszer esetében is megfelelnek, ha
a próbatesteket jól készítik.

A esch Cement-, Mész- és Aszbesztárut Gyártó
Vállalat brünni kutató laboratóriuma (OSMO) (13)
a mi módszerünkől kiindulva néhány előregyártó
vállalat kívánságára egy olyan gyorseljárást dol-
gozott ki, amely az általunk kidolgozott módszer-
től a következőkben különbözik:

	Nálunk	OSMO-nél:
Pihentetési idő	1,5 óra	0 óra, illetve készítési idő
Gőzölés időtartama	3,0 óra	1,5 óra

Az említett gyorsított gőzölés után a szilárd-
ságok sokkal kisebbek, a mi 130 kg/cm² nyomó-
szilárdságunknak csak 50 kg/cm² felel meg. Az
eredmények a kezelési feltételekre érzékenyebben
reagálnak. Egyelőre nem áll rendelkezésre nagyobb
összehasonlító kísérlet sor, aminek alapján az ál-

talunk kidolgozott módszert és az OSMO gyorsmódszert összehasonlíthatnánk, abból a célból, hogy a gőzölésre alkalmas cementek osztályozására pontosabb határértékeket adjunk s főképp, hogy az osztályok alkalmazhatóságát eldöntsük.

II. A beton autoklávkezelése 8 atmoszféra nyomáson

Tájékoztató jelleggel foglalkoztunk még a beton autoklávkezelésére alkalmas cementek kérdésével is. A próbatesteket részben 0,6 vízcement-tényezővel, részben 0,4—0,5 v/c-vel készítettük; a gőz nem érintkezett közvetlenül a betonnal, de készültek próbatestek 0,4—0,5 vízcement-tényezővel forma nélküli gőzöléssel is. A gőzölés menete a következő volt:

1,5 óra pihentetési idő után 1,5 óra alatt felfűtöttük 50 °C-ra, majd 1,25 óra alatt 50°-ról 100 °C-ra, majd 1 óra alatt 100-ról 174 °C-ra. 8 órán át 8 atm nyomás mellett gőzöltük, majd 2 óra alatt 100 °C-ra és ezután 4 óra alatt 100-ról 20 °C-ra hűtöttük.

A következő eredményeket kaptuk: ha a cementklinker csak kisebb mennyiségben tartalmazott gyengén égetett részt és körülbelül azonos volt a mésztelítettsége, a forgókemencében és az aknakemencében égetett klinkerből készült cement hasonló eredményt adott.

Az összes puccolának, mind a természetes, mind a pernye — még a handlovai igen jó pernye is — alkalmatlan adalékoknak bizonyultak, mert csökkentették a szilárdságot. Azonban 30%

granulált kohósalak igen kedvezőnek mutatkozott, még alacsonyabb mésztartalom (36—41% CaO) mellett is. Az SO₃ növelése (C₃A-ra tekintettel) nem növelte a szilárdságokat (ettringit-bomlás). Nem foglalkoztunk azzal a kérdéssel, hogy vajon a dikalciumszilikát klinkerek alkalmasak-e az autokláv kezelésre, azonkívül finom homokadalékokat sem használtunk. A szovjet irodalom szerint ebben az esetben jó eredményeket értek el az autokláv kezeléssel (14). Felmerül a kérdés azonban, hogy a magas SiO₂ tartalmú puccolának miért nem javítják a betont úgy, mint a finom homok. Ez az érdekes kérdés megköveteli, hogy a különbség fizikai — kémiai problémáit alapjaiban kikutassuk.

*

A szlovákiai kötőanyag- és aszbesztcement-áru vállalatok szövetségének kutató és fejlesztő intézetének e munkája — amint az ismertetett fejtegetésekből is kitűnik — természetesen nem adhat az összes felvett kérdésekre megoldást.

IRODALOM

- (1) W. Czernin: Einige Bemerkungen über das Verhalten der Zemente bei Dampfbehandlung. Kongress des II. Interant. Kongr. der Betonindustrie 1957., Eiesbaden.
- (2) J. Simáne: A beton gőzölésének tanulmányozása Staviva a Kramika, I. k., 159. old.
- (3) F. Keil, Narjes, A.: Über den Einfluss der Dampfbehandlung auf Zementklinker verschiedener Zusammensetzung, Zement-Kalk-Gips, 1959. 129. oldal.
- (4) S. Reinsdorf: Der Einfluss der Klinkerminerale des Portlandzementes auf die Eigenschaften dampfbehandelter Betone. Silikattechnik, 1959. 260. old.
- (5) A gőzölésre alkalmas cementek — M 8 PKP-1958. feladat. — A cement és mész fejlesztési intézmény jelentése, Liet. Lucka (E. Jirku — Az aknakemencében égetett és a gyorsan kötő cementek alkalmazása előregyártott elemek készítésére. — A bratislavai Építészeti Kutató Intézet jelentése (J. Zigrá) D-5—58.
- (6) Fr. Vavrin: A beton szilárdulásának gyorsítása, 1954.
- (7) P. P. Budnikov és O. J. Graceva: A különböző trikalciumaluminátot tartalmazó portlandcementek szulfátállóságának tanulmányozása, Zsurnal prikl. chem. 1955. 145. old.
P. P. Budnikov és O. J. Graceva: Untersuchung der Sulfatbeständigkeit von Portlandcement mit verschiedenem Trikalziumaluminatgehalt, Silikattechnik, 1956. 278. oldal.
- (8) Fr. Vavrin: A cement fajtájának befolyása a nyomás nélküli gőzölés hatékonyságára, Stavivo, 1969. évf. 7. old.
- (9) E. Jirku: A klinkerben, cementekben, nyerslisztekben és gipszekben levő néhány alkotórésznek, idegen- vagy káros anyagok mikroszkópikus meghatározása, Stavivo, 1960. évf. 56. oldal.
- (10) M. Ch. Karapetjan: Kémiai termodinamika, 1949.
- (11) F. Wiesner: Portüzelés, 1956.
- (12) G. Mall: Calciumkarbid im Zement, Zement-Kalk-Gips, 1961. 254. oldal.
- (13) „A nyomás alatt és nyomás nélkül gőzkezelte betonok készítésére alkalmas cementek meghatározása”, a brünni Építőanyagipari Kutató Intézet PV-41-1959. számú jelentése (O. Köppl).
- (14) Ju. M. Blutt és L. M. Raschkovitsch: A portlandcement és kristályos kvarc közötti reakció és autokláv kezelésnél, Cement, 1956. évf. 21. oldal.

1. táblázat

Cementmárka	Gyár	Szilárdság az A) módszer szerint közvetlen gőzölés után		Előregyártáshoz való alkalmazhatósága	
		hajlító	nyomó	5	6
1	2	3	4	5	6
PZ 350	LL-Sch	21,9	108	III	W
PZ 350	LL-Sch	18,8	92	IV	N
PZ 350	LL-Sch	19,9	96	IV	N
PZ 350	LL-Sch	22,0	110	III	W
PZ 350	LL-Sch	25,6	124	III	W
SO ₃ növelt PZ 350	LL-Sch	30,3	141	II	G
SO ₃ növelt PZ 450	LL-Sch	35,0	163	II	G
PZ 350	BB-Rot.	24,6	129	III	G
PZ 350	BB-Rot.	16,3	72	IV	N
PZ 350	BB-Rot.	28,1	146	II	G
PZ 450	NN-Rot.	23,0	146	II	G
PZ 450	BB-Rot.	35,7	181	II	G
RVC 200	St-Rot	46,9	266	I	SG
RVC 200	St-Rot	27,8	258	I	SG
RVC 200	St-Rot	38,5	226	I	SG
RVC 200	St-Rot	38,1	216	I	SG
RVC 200	St-Rot	37,6	204	I	SG

W = csak kis mértékben igénybevett betonokhoz
 N = alkalmatlan
 G = jól használható
 SG = különösen jól használható
 RVC = gyorsan szilárduló cementek, 24 óra alatt 200 kg/cm²

Jirku, F.: Cementek alkalmassága gőzkezelésre

A 80°-on légköri nyomáson végzett gőzölési kísérletek eredményei: forgókemencében és aknakemencében égetett klinkerek azonos méisztelítettség mellett azonos szilárdsági értéket adnak, feltéve, hogy alul-égetett klinker nincs jelen. Az optimális méisztelítettség 95—87% Lea és Parker szerint vizsgálva. 10%-nál kisebb mennyiségű kohósalak 35—40%-nál kisebb $\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3$ -tartalommal csökkenti a szilárdságot a tiszta cementhez képest, légköri nyomáson végzett gőzölés, de növeli 8 at nyomáson végzett autoklavozás esetében. Tufa, trasz és kovaföld-adalékanyagok 20°-on adják a legnagyobb aktivitást; a gőzkezelés hatása 100°-on az aktivitástól függ (az aktivitást a kalciumhidroxidos módszerrel állapítottuk meg). Az erőmű szállóhamuk a gőzkezelés során változó eredményeket adtak: pl. 30% handlovai barnaszénporhamu a tiszta cementhez viszonyítva emeli a szilárdságot, míg a többi szénporhamuk csökkentik. A mikroszkópi vizsgálat festhető xerogélek jelenlétét mutatja. A nováky-i barnaszénporhamu, noha 100°-on, kalciumhidroxiddal mért aktivitása nagy, a gőzkezelés utáni szilárdsága kicsi. A nováky-i szénporhamuból nyert termékek vasszivacsot tartalmaznak és az éghető rész mennyiségétől függetlenül duzzadnak. A handlovai szénporhamu nem elemi vasat, hanem Fe_3O_4 -et tartalmaz. Ha a vastartalmat eltávolítjuk, még a legrosszabb nováky-i szénporhamu is kétszer akkora szilárdságot ad, egyébként azonos körülmények között.

A szilárdság nő, ha a szemcsanagyság kicsi.

80°-os gőzkezelés céljaira a következő különleges cementet ajánljuk: méiszteltés Lea-Parker szerint vizsgálva 95—97%, főzöpróba: térfogatálló, alulégetett klinker mennyisége max. 3%, a szokásosnál nagyobb alumínátmódulus és ennek megfelelően nagyon SO_3 -tartalom, vagy aktív oxidálva égetett szénporhamu-adalékanyag, fajlagos felület Blaine szerint mérve 3000—4000 cm^2/gramm .

A 8 atmoszférás autoklav kezelés eredményei: kétféle klinkerrel, túlnyomórészt C_3S , illetve C_2S -tartalommal végzett kísérletek alapján a túlságosan nagy SO_3 -tartalom káros, az optimális adalékanyag 30% kohósalak. Puzzolános adalékanyagok kivétel nélkül (a handlovai is) alacsonyabb szilárdságot adnak.

Ирку Е.: ПРИГОДНОСТЬ ЦЕМЕНТОВ ДЛЯ ПРОПАРИВАНИЯ

Ниже представлены результаты исследований по пропариванию, проведенному под атмосферным давлением, при температуре 80°: клинкеры, обожженные во вращающихся и шахтных печах при одинаковом связывании известны дают одинаковые прочностные значения в случае отсутствия плохо обожженного клинкера. По методу Леа и Паркера оптимальный коэффициент связывания известен — 95—97%. Не больше 10% доменного шлака, содержащего меньше 35—40% $\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3$ по сравнению с чистым цементом повышает прочность при пропаривании под атмосферным давлением, но повышает ее при автоклавной обработке под давлением 8 ат. Туфовые, трасовые и трепельные добавки обеспечивают наиболее высокую активность при температуре 20°; при температуре 100° влияние автоклавной обработки зависит от активности (активность была определена методом гидрокиси кальция). Летучие золы электростанций дали различные результаты в процессе автоклавной обработки: например, 30% золы пылеугольного обжига гандловского бурого угля по сравнению с чистым цементом повышает прочность, в то время, как другие виды пылеугольной золы понижают ее. Микроскопическим испытанием доказано наличие окрашиваемых керогелей. Прочность пылеугольной золы новакского бурого угля оказывается низкой, несмотря на то, что активность, измеренная методом гидрокиси кальция, при температуре 100° является значительной, после автоклавной обработки. Изделия, полученные на основе новакской пылеугольной золы, содержат губчатое железо, и набухают независимо от количества выгорающего материала. Вместо

элементарного железа гандловская пылеугольная зола содержит Fe_3O_4 . После удаления железа новакская пылеугольная зола даже наиболее низкого качества показывает в одинаковых условиях повышение прочности в 2 раза. В случае небольшого размера зерен прочность повышается.

Для целей автоклавной обработки при температуре 80° рекомендуется применение следующего специального цемента: коэффициент связывания известен по методу Леа—Паркера — 95—97%; варочная проба: количество плохо обожженного клинкера не более 3%; алюминатный модуль больше обычного и соответственно этому больше содержание SO_3 или активной добавки, обожженной путем окисления; удельная поверхность по Блейну — 3000—4000 $\text{cm}^2/\text{г}$.

Ниже описаны результаты автоклавной обработки под давлением 8 ат: на основе экспериментов, проведенных с двумя видами клинкера, содержащих большей частью C_3S или C_2S , было установлено, что очень большое содержание SO_3 является вредным: оптимальной добавкой считается 30% доменного шлака. Пуццолановые добавки без исключения приводят к понижению прочности.

Jirku, F.: Eignung verschiedener Zemente zur Dampfbehandlung

Ergebnisse der Dampfbehandlungsversuche bei atmosphärischem Druck und einer Temperatur von 80°C: Verschiedene Klinker gleicher Kalksättigung, die in Drehöfen oder in Schachtöfen gebrannt wurden, weisen gleiche Festigkeitswerte auf, vorausgesetzt, dass kein Schwachbrandklinker vorhanden ist. Die optimale Kalksättigung liegt nach Lea und Parker bei 95—87%. Ein Zusatz von Hochofenschlacke unter 10%, wobei die Schlacke weniger als 35—40% $\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3$ enthält, vermindert die Festigkeit gegenüber dem reinen Zement falls die Dampfbehandlung bei atmosphärischem Druck erfolgt, wirkt sich jedoch festigkeitserhöhend aus, falls eine Autoklavbehandlung bei 8 at durchgeführt wird. Tuff, Trass- und Kieselsäurezuschläge verleihen die höchste Aktivität bei 20°C; die Wirkung der Dampfbehandlung bei 100°C hängt von der Aktivität ab (die Aktivität wurde mit Hilfe der Kalziumhydroxid-Methode festgestellt). Mit Flugaschen aus Kraftwerken liessen sich in der Dampfbehandlung verschiedene Resultate erzielen; 30% Braunkohlen-Flugasche aus Handlova erhöht z. B. die Festigkeit gegenüber reinem Zement, während übrigen Flugaschen vermindert wirken. Die mikroskopische Untersuchung weist auf das Vorhandensein färbbarer Xerogele hin. Obwohl die Braunkohlen-Flugasche aus Nováky bei 100°C mit Kalziumhydroxid gemessen eine hohe Aktivität besitzt, ist ihre Festigkeit nach der Dampfbehandlung gering. Die aus der Novákyer Flugasche gewonnenen Produkte enthalten Eisenschwamm und quellen, unabhängig vom Anteil an brennbaren Komponenten. Die Handlovaer Flugasche enthält kein elementares Eisen, sondern Fe_3O_4 . Falls wir den Eisengehalt entfernen, so ergibt unter sonst gleichen Bedingungen auch die Novákyer Flugasche einen doppelten Festigkeitswert.

Bei feinerer Körnung erhöht sich die Festigkeit. Zur Dampfbehandlung bei 80°C wird folgende besondere Zementart empfohlen: Kalksättigung nach Lea-Parker 95—97%; Kochprobe: volumenbeständig; Menge an Schwachbrandklinker max. 3%; Aluminiummodul höher als üblich und dementsprechend höherer SO_3 -Gehalt, oder oxydierend gebrannter Flugaschezuschlag; spezifische Oberfläche nach Blaine 3000—4000 cm^2/g .

Resultate der Autoklavbehandlung bei 8 at: auf Grund der Versuche, durchgeführt mit zwei Klinkerwerten, hauptsächlich mit C_3S - resp. C_2S -Gehalt, konnte festgestellt werden, dass ein zu hoher Gehalt an SO_3 schädlich wirkt, der optimale Zuschlag wurde bei 30% Hochofenschlacke gefunden. Die Puzzolanzusätze ergeben ohne Ausnahme (auch die aus Handlova) eine geringere Festigkeit.

Nedvességmérés anyagokban és szerkezetekben

RILEM levelezőkonferenciájának ismertetése

Páris, 1961

S Z U K G É Z A

A konferencián 26 ország 84 egyéni, illetve kollektív résztvevővel vett részt. Ezek

Algír	1
Ausztrália	2
Ausztria	1
Belgium	7
Brasília	1
Camerun	1
Canada	1
Cote D'Ivoire	1
Csehszlovákia	1
Dánia	1
Franciaország	23
Hollandia	1
India	1
Itália	3
Japán	3
Lengyelország	1
Magyarország	1
Nagybritannia	7
Németország	7
Norvégia	1
Portugália	10
Senegal	1
Svédország	1
Schweiz	1
Törökország	1
USA	1

résztvevővel.

A konferenciára 25 résztvevő 27 dolgozatot küldött be, melyeknek anyagát a következőkben ismertetjük.

Az építkezésnél és a talajmechanikában előforduló anyagok nedvességtartalmának, de főként a nedvességtartalom változásának ismerete elsőrendű fontossága.

Klasszikus fizikai elveken alapuló nedvességmérő-készülék számos cég gyárt. E készülékek rendszerint különleges célokra készültek és mérési pontosságuk többé-kevésbé kielégítő.

Sok kutatóintézet laboratóriuma foglalkozik különböző elven alapuló nedvességtartalom mérésével. Az elért eredmények azonban rendszerint nem kerülnek a nyilvánosság elé. A konferencia célja az volt, hogy ezt az igen fontos területet áttekintse, szintézis alá vegye és levonja a következtetéseket a mérési módszerekről és a műszerezésről.

A nedvességtartalom mérési módszerek két főcsoportba oszthatók. Ezek:

1. roncsolásos,
2. roncsolásmentes vizsgálatok.

A beérkezett dolgozatok a két főcsoporton belül a következő módszerekkel foglalkoznak.

1. Roncsolásos vizsgálat.
 - 1.1 Fizikai módszerek.
 - 1.11 Kiszáritás.
 - 1.111 Száritószekrény.
 - 1.112 Száritás magasabb hőfokon.
 - 1.113 Száritás forró légáramban.
 - 1.114 Infravörös száritás.

- 1.115 Alkoholos száritás.
- 1.116 Alkohollal való égetés.
- 1.117 Magasfrekvenciás fűtés.
- 1.12 Extrahálás.
 - 1.121 Hidegen.
 - 1.122 Melegen.
- 1.13 Centrifugálás.
- 1.14 Hővezetés.
- 1.15 Rezgőhúr.
- 1.16 Fajsúly.
- 1.17 Viszkozitás.
- 1.18 Ionos egykristály.
 2. Roncsolásmentes vizsgálat.
 - 2.1 Elektromos módszerek.
 - 2.2 Radioaktív módszerek.
 - 2.3 Elektromágneses abszorpciós módszere.
 - 2.11 Ellenállásmérés.
 - 2.21 Neutron abszorpciós.
 - 2.22 γ -abszorpciós.
 - 2.111 Közvetlen.
 - 2.112 Közvetett.

Valamely anyag víztartalmát az anyag által adszorbeált vagy abszorbeált víz mennyiségének a nedves vagy száraz anyagra vonatkoztatott súlyszázalékával fejezzük ki. Különböző iparágakban mindkét meghatározás használatos. Kívánatos azonban, ha lehetséges, a száraz anyagra vonatkoztatott meghatározást használni, mert a száraz anyagsúly változatlan alapot nyújt.

Meghatározás még egyéb meghatározás is. Ilyen pl. a volumetrikus víztartalom mérése.

A víz az anyagban különböző módon lehet jelen.

1. Szerkezeti víz. Ez a molekulákban kémiai módon jelenlevő víz.

2. Hidrátvíz. Az a víz, amely bizonyos anyagok kristályosodási folyamatában vesz részt.

3. Higroszkopikus víz. Az utóbbi három csoportra osztható aszerint, hogy mely erők tartják vissza az anyagban. Ezek: adszorpciós víz, kapilláris víz, egyéb, kevésbé jól definiált módon kötött víz (pl. zeolitikus víz).

Az anyag nedvessége alatt általában azt a higroszkopikus vizet értjük, amely fizikai módszerrel oly módon távolítható el, hogy az előidézett reverzibilis jelenség semmilyen módon nem módosítja az anyag alapszerkezetét vagy kémiai összetételét.

Az említett fizikai beavatkozások legtöbb esetben a környezeti adottságok, hőfok, gőznyomás megváltoztatására szorítkoznak.

A porózus test hézagaiban a kapilláris erő, az adszorpciós és ozmózis nyomás miatt —, melyeket együttvéve szívási erőnek nevezünk — víz van jelen.

Az anyag víztartalmának időbeni változása azonban a szívás és vízleadási szakaszban egymástól eltérő. A két folyamat lezajlásának időkülönbsége alapján hiszterézis jelenség tapasztalható. Ez a jelenség különösen a higroszkópos érzékelőszervek alkalmazásánál figyelemreméltó (gipszcella).

Nedves környezetben levő higroszkópos anyag addig nyeli el a vizet, ameddig a környezet gőznyomása az abszorbeált víz gőznyomásával egyensúlyba nem kerül. A test közvetlen közelében a gőznyomás a test víztartalmától függ. Ezt az elvet is alkalmazzák nedvességtartalom mérésére. Természetesen az érzékelőfejnek zárt térben a nedves test közvetlen közelében kell lennie. (Mint már említettük, ennél a módszernél tapasztalható a hiszterézis jelenség).

Különböző mérési módszerek hitelesítésénél rendszerint mintavételre van szükség. A mintavétel alatt az előbb említett jelenség következtében hibaveszély állhat fenn, melyet igen nehéz kiküszöbölni.

1. Roncsolásos vizsgálatok.

A roncsolásos vizsgálatokhoz a klasszikus módszereken kívül néhány új mérési eljárás tartozik. Mint láttuk, a vizsgálatoknak ezt a csoportját két részre oszthatjuk, ún. fizikai és kémiai módszerekre.

1.1 Fizikai módszerek.

1.11 Szárítás.

A szárításos módszereknél a nedves anyagból a vizet gőz fázisban párologtatjuk el.

A víznek gőz fázisban való kiűzése és az így előállított súlyvesztés mérése a nedvességtartalom meghatározási eljárások közül még ma is a legpontosabb módszer. Az eljárás abból áll, hogy a vizsgálandó anyagot oly zárt térbe helyezzük, melynek vízgőznyomása kisebb, mint a vizsgált anyagban jelenlevő vízé.

1.111 Szárítószekrény.

Egyik legrégebben alkalmazott módszer a szárítószekrényben végzett szárítás. A nedves mintát 0,01 p. pontossággal mérlegeljük, majd szárítószekrényben 105–110 °C-on súlyállandóságig szárítjuk. Ezután kalciumkloridos exsiccatorban lehűtjük, majd újra mérlegeljük. Ha az anyag nedves súlya P_1 , a szárazé P_2 ,

$$\varphi = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \cdot 100$$

vagy

$$\varphi = \frac{P_1 - P_2}{P_2} \cdot 100 \text{ (száraz anyagra)}$$

ahol φ az anyag nedvességtartalma százalékban.

A módszer előnye, hogy vákuum alkalmazásával a szárítás alacsonyabb hőfokon is történhet. Bizonyos anyagok ugyanis tartalmazhatnak olyan alkotórészeket, amelyek magasabb hőfokon bomlanak. Ezeket az anyagokat természetesen alacsonyabb hőfokon kell szárítani, nehogy eredeti tulajdonságaikat megváltoztassák.

A szárítószekrényben való szárításnak hátrányai is vannak. Pl. hidratált sók kristályvizüket elvesztik, ha illanó anyagot tartalmaznak és a

párolgás következtében létrejött súlyvesztés mellett további veszteség is létrejön, mely meghamisítja a mérést. A legnagyobb hátránya az eljárásnak az, hogy hosszadalmas és így gyors mérésekre alkalmatlan. A gyakorlat ezzel szemben megköveteli — ez különösen helyszíni mérésekre vonatkozik — a gyors mérést. A vizsgált anyagok általában higroszkóposok és ezen tulajdonságuk miatt a lehűlés alkalmával hajlamosak újbóli vízfelvételre. Mint említettük, ez a jelenség exsiccator alkalmazásával nagyjából kiküszöbölhető.

A technika gyors fejlődése automatizálással igyekszik kiküszöbölni az egyéni hibákat. Újabban már nem szükséges az erős hibaforrást rejtő lehűtést végezni, mert már vannak olyan berendezések, amelyekkel a mérlegelés melegen elvégezhető. Ilyen pl. a szárítószekrénybe beépített Bühler-féle termikus mérleg.

A „Chopin” sokcellás szárító szekrényvel pontosan megállapítható az a pillanat, amikor a minta víztartalma eltávozott. Ebbe a készülékbe is be van építve egy mérleg, amellyel a minta 200 °C-on, 10 perces kezelési idő után, lehűtés nélkül közvetlen mérlegelhető. A szárítás következtében eltávozó vízgőz hatással van a kalciumkarbidra és a fejlődő acetilén-gáz lángja felvilágosítást nyújt a szárítás fázisáról (Lafarge).

1.112 Szárítás magasabb hőfokon.

Magasabb hőfokon való szárításnál a művelet 30 percig homokfürdőn gázlángon (300–400 °C-on, Campus) vagy 1500 W-os villanyfűzőn történik.

Kétségtelen, hogy ezt a módszert a vizsgálati idő lerövidítése miatt alkalmazzák. Az eljárásnak nagy hátránya az, hogy nehéz megállapítani, vajon a súlyvesztés valóban az eltávozott víz miatt következett be, vagy a magasabb hőfokon fejlődő termikus dekompozíciónak, oxidációnak stb. tulajdonítható-e?

1.113 Szárítás forró légáramban.

G. D. Grainger a talaj nedvességtartamát úgy határozza meg, hogy a minták nedvességtartalmát forró légáramban párologtatja el. A levegőt elektromos fűtőelemen keresztül ventilátor fújja át. A szárítási idő 10 perc. A nedvességtartalom meghatározás a továbbiakban a szokásos módon történik.

Az ismertetett elven alapszik a félautomatikus Brabender szárítószekrény, melyben a szárítás a beépített mérleg serpenyőjén forró légáramban történik. A nedvességtartalom közvetlenül olvasható a szekrényen levő, kivilágított skáláról.

1.114 Infravörös sugárzás.

A legújabban alkalmazott infravörös sugárzással való szárítás kétségtelenül a legkorszerűbb. Az eljárásnál a szárítás a sugárzás abszorpciójával történik (Lafarge).

Az infravörös sugárzással szárító készülékek közül megemlíthetjük a humidimeter nevű berendezést. A mintát az automatikus mérleg serpenyőjébe helyezve, a nedvességtartalom változás kalibrált tárcsán optikailag olvasható le.

1.115 Alkoholos szárítás.

Az anyag víztartalmát metilalkohollal párolgattatjuk el 50—100 p. anyaghoz (a mérlegelés pontossága $\pm 0,01$ p) 100—150 cm³ metilalkoholt keverünk. Az összekeverést üvegpálcával végezzük, melyet keverés után metilalkohollal öblítünk le. A keveréket ezután melegítéssel kiszárítjuk, majd kalciumkloridos exsiccatorban lehűtjük.

1.116 Alkoholal való égetés.

Az Electricité de France dinardi laboratóriumában kidolgozott eljárás szerint 200 p. homokot denaturált szesszel kevernek össze és a keveréket meggyújtják. Égetés után a súlyvesztésből számítják ki a nedvességtartalmat. A $\frac{1}{4}$ óráig tartó vizsgálatot egymásután kétszer megismétlik.

D. Croney a vizsgálatot 50 p. alkoholal és 150 p. nedves talajjal végzi. Ajánlja az anyag égetés közbeni keverését. Megállapítja, hogy a vizsgálat, mely 20—30 percet vesz igénybe, a valóságnál alacsonyabb értéket ad. A hiba nehéz talajoknál nagyobb, de így is csak 0,1%-kal különbözik a szárítószekrényben végzett gravimetrikus meghatározástól.

1.117 Szárítás nagy frekvenciával.

Az eljárás kísérleti állapotban van. Lafarge Cementművek központi laboratóriuma foglalkozik vele.

1.12 Extrahálás.

1.121 Extrahálás hidegen.

A hideg extrahálást vízzel elegyedő folyadékkal oly módon végzik, hogy a finom eloszlott vizes anyagot alkoholal vagy dioxánnal keverik, melyben a víz oldatba megy át. Az ily módon extrahált vízmennyiség a kivonó folyadék fizikai tulajdonságait — sűrűség, törésmutató, forrás- és fagyáspont, dielektromos állandó, vezetőképesség — megváltoztatja. Az eljárást leggyakrabban a kémiai elemzésnél alkalmazzák.

A Texas Engineering Experimental Station (USA) talaj nedvességtartalmának mérését alkoholos extrahálással végzi. 30 p. nedves talajt 75 p. ismert fajsúlyú alkoholal kevernek össze. Az alkohol fajsúlyváltozásából, mely a mintából kivont víz következménye, kiszámítható az anyag eredeti nedvességtartalma. Ilyen formában a módszer hosszadalmas. A laboratórium a méréshez specialis arcométert készített, mely a víz-alkohol keverék fajsúlyának közvetlen mérésére szolgál. A táblázatból vett hőfokkorrekciót felhasználva, egy meghatározás 5—10 percet vesz igénybe. A laboratórium megállapítása szerint az eljárás pontossága $\frac{1}{20}$ a szárítószekrényes módszerhez képest.

G. D. Grainger is használja ezt a módszert. Metilalkoholt alkalmaz és a talaj könnyebb diszpergálása érdekében a keverékhez kis mennyiségű Ba SO₄-et ad. Meghatározásánál 5 mérés átlagát veszi.

Lafarge laboratórium aethylalkohol-aceton 70/30 arányú keverékét használja. A nedvességtartalom meghatározása az oldat sűrűségének vagy

elektromos ellenállásváltozásának mérésére szorítkozik.

Általában az acetonos extrahálás kedveltebb, mert egyszerűbb. A mérés lényege abból áll, hogy organikus oldószerekben az elektrolitek csak igen kis mértékben disszociálnak. Csekély mennyiségű víz jelenlétében azonban mind a disszociáció, mind az elektromos vezetőképesség erősen megnövekszik. Az acetonos meghatározáshoz elektrolitként oxálsavat használnak. Az egyszerű mérést, mely elektromos vezetőképesség-mérésre redukálódik, meghamisíthatja az a körülmény, hogy az aceton a vizsgált anyagból is oldhat ki elektrolitot.

Meg kell még említeni az exluan módszert, melynél az extraháló folyadék dioxan. A meghatározás az oldószer dielektromos állandójának méréséből áll.

1.122 Extrahálás melegen.

A módszer a mintának vízzel nem elegyedő folyadékkal, pl. benzín, toluol, xylol, petróleummal stb. való melegítésből áll. Melegítésnél a vízgőzcspeket az elgőzölgő hozzáadott folyadék magával ragadja, melyet azután hűtőben sűrítenek. A hűtőből eltávozó keveréket kalibrált szedőben fogják fel.

A módszer, amelynél a mintát forráspont alatt hevítik, kiküszöböli a túl magas hőfoktól származó hibákat. Az eljárás gyorsabb, mint a tiszta elgőzöltetés.

Hátránya nagy mennyiségű vizsgálatnál mutatkozik, mert ilyen esetben az eljárás nehézkes. Hibák adódhatnak még a szedő falához tapadt folyadék veszteségből.

Caron gyorsmeghatározásainál benzolt vagy xylolt használ. Megfigyelése szerint a módszerrel erősen megközelíti a szárítószekrényvel elért pontosságot. Az Aeroport de Paris laboratóriumában frissbeton víztartalmát a következő módszerrel határozzák meg.

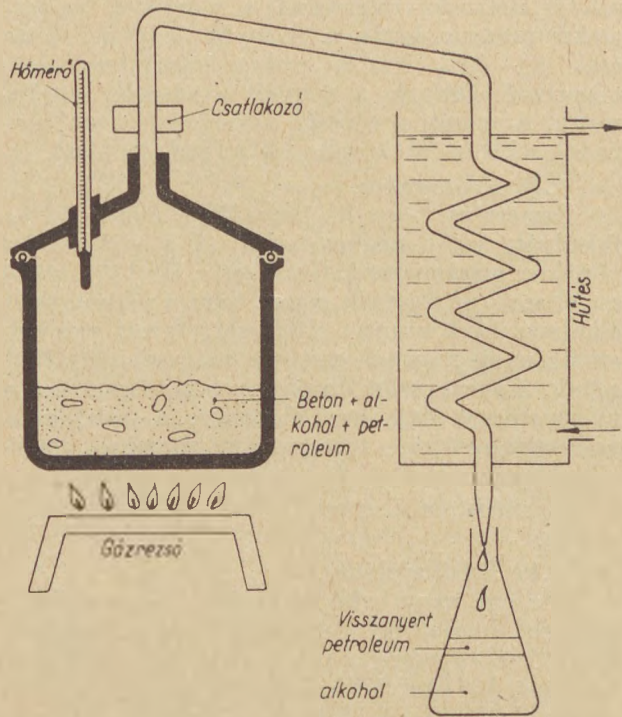
Frissbetonhoz denaturálszeszt és petróleumot adagolnak. A desztilláció két fázisban történik. Az első fázisban 70—100 C° között az alkohol távozik a vízzel, a másodikban a hőfok 200 C°-ig fokozatosan emelkedik, majd a petróleum távozik. A gőzöket kígyóshűtőn hűtik le, majd szedőben felfogják, melyben a vizes denaturálszesz külön válik a petróleumtól (1. ábra). Ha ismerjük az eredetileg hozzáadott denaturálszesz mennyiségét, úgy a két folyadék különválása után könnyen megállapítható a kivont víz súlya. A kivont víz súlya meghatározza a beton száraz adalékanyagának súlyához viszonyított nedvességtartalmát ($\varphi\%$). Ha ugyanis 1 m³ beton víztartalma V, akkor

$$V = \frac{de \cdot \varphi}{1 + \varphi}$$

ahol de — a bedolgozott (vibrált) frissbeton látszólagos sűrűsége.

A látszólagos sűrűséget külön erre a célra szolgáló edényben (2. ábra) vagy az ellenőrző próbatetek készítése alkalmával mérik.

6 kp. friss betonminta esetében a meghatározás 1 órát, 12 kp. esetében 2 órát vesz igénybe.



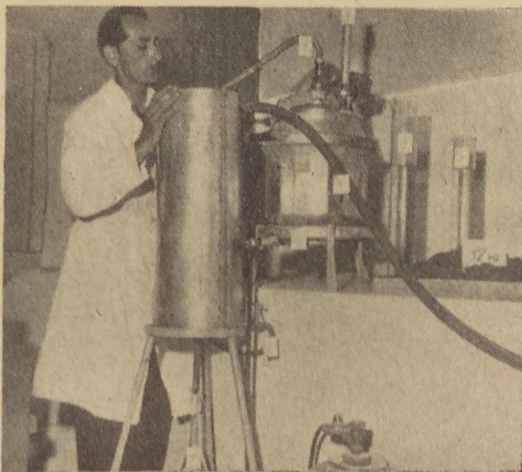
1. ábra

A mérés pontossága a laboratórium szerint $\pm 1\%$.

A mérések során azt tapasztalták, hogy a denaturálszeszt a keverés után maximálisan $\frac{1}{2}$ órán belül be kell adagolni. Ha bármely oknál fogva a meghatározás azonnal nem végezhető el, az alkohol bevitele után, a mérés 12 órán belül minden károsodás nélkül elvégezhető. Az alkohol ugyanis a hidratáció folyamatát megakadályozza.

1.13 Centrifugálás.

Caron agyagszuszpenziók és szilikagél vizsgálatának esetében a víz eltávolítását centrifugálással végzi. Ha műveletekhez porcelán szűrőt alkalmaznak, úgy az eredeti mintában csak az alkati víz marad meg. Kísérletei szerint, agyagoknál 1–2 óra múlva, szilikátos kolloidoknál 10 óra körül áll be az egyensúlyi állapot.



2. ábra

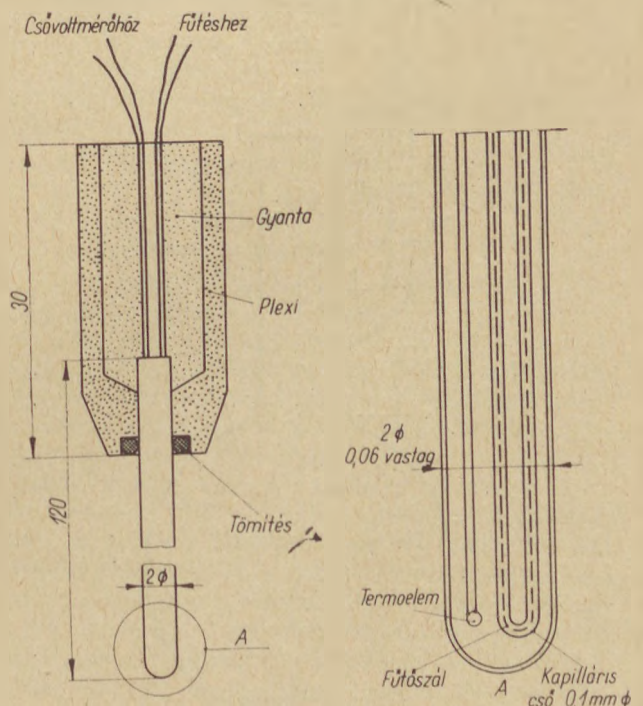
1.14 Hővezetés.

A módszert, amely a talajban történő hővesztés-változás mérésén alapul, Winterkorn dolgozta ki. Caron a mérésekhez oly termoelektromos szondát használ, mely 2 mm \varnothing -jú, 120 mm hosszú sárgaréz vagy acélsóvból áll (3. ábra). Egy alul zárt U-alakú kapilláris csőbe húzott fűtőszál van beépítve. A fűtőáramot 6 V-os elem szolgáltatja. A fűtőáram erősségét változtatható ellenállással 300 vagy 600 mA-ra lehet beállítani. A fűtőelem mellett van a termoelem, melynek feszültségváltozását csővoltmérővel mérik. Ha az ugyanazon nedvességtartalmú anyagba szűrt mérőszonda termoelemének feszültségváltozását a mérési idő logaritmusában ábrázoljuk, úgy a kapott diagram egyenesének tangense szoros összefüggésben van az anyag nedvességtartalmával. A 4. ábrán 0–0,4 mm-es homokkal végzett mérés diagramját mutatjuk be.

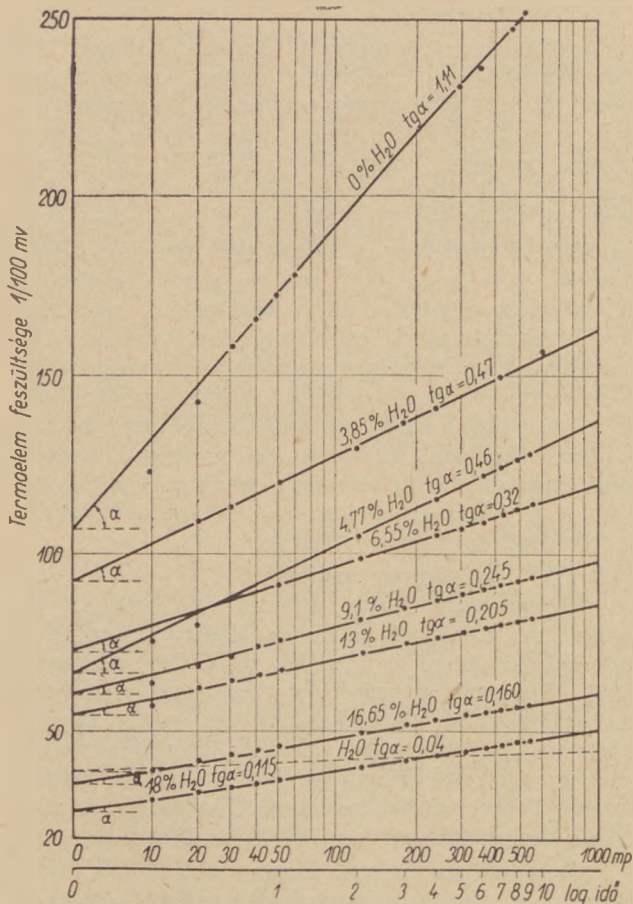
1.15 Rezgőhúros rendszer.

Nedvességtartalom mérésére teljesen új és szokatlan rendszerű Elda de Castro rezgőhúros tele-hygometerre. A készülék működése a következő. Bizonyos anyagok higroszkóposak, azaz a levegőből vizet abszorbeálnak és ennek következtében méretük megváltozik. A hosszváltozást elektromágnessel rezgésbe hozott húrral mérik. A húr frekvenciája hosszának függvénye, így a mérés frekvencia-mérésre korlátozódik.

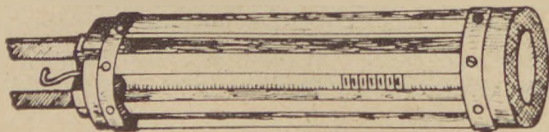
Érzékelő anyagként Castro különböző fából készült, rostjaival párhuzamosan vágott léceket alkalmaz. A négyzetkeresztmetszetű léceket hengerszerűen két fémféjbe foglalja. A befogófejek közt 0,3 mm \varnothing -jú acélhuzal van kifeszítve, melyet elektromágnessel hoz rezgése (5. ábra). A szerző különböző faanyagokkal kísérletezett, melyeket kalibráció előtt különböző módon víztele-



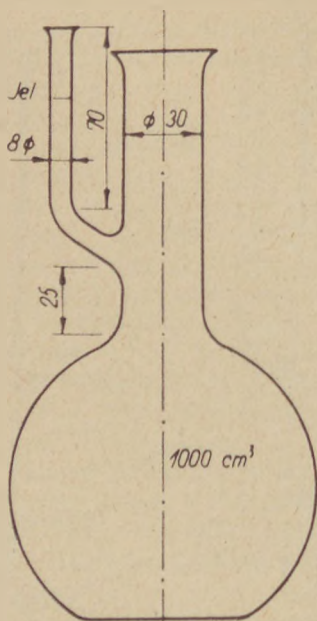
3. ábra



4. ábra



5. ábra



6. ábra

nitett. Helyszíni méréseknél a mérőfejet henger alakú porózus kerámia edénybe helyezi. Mérés csak 80—90% relatív nedvességtartalom alatt végezhető. Zavarja a mérést a készülék hisztérezise. A mérési pontosság a nedvesedési szakaszban kisebb, mint a száradás folyamata alatt.

1.16 Piknométer.

Ismeretes, hogy ha ismerjük a minta száraz fajsúlyát, úgy a nedves fajsúlyból a víztartalom könnyen kiszámítható. Grainger a BS 1377 : 1948 angol szabvány szerint erre a célra a piknométert alkalmaz. A közismert eljárással végzett mérések eredményei minden esetben magasabb értéket adtak, mint a szárítószekrényes módszer. Ha a talajszemcsék fajsúlya ismeretes, a talajminta nedvességtartalma fajsúlymeghatározással megállapítható.

A módszert Campus és D. Croney is alkalmazza.

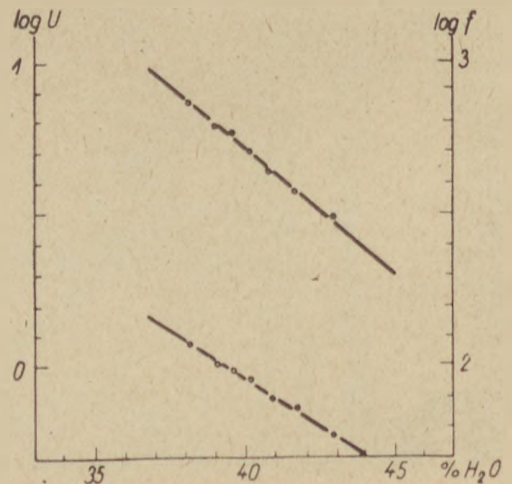
1.17 Belső súrlódás.

Ha egy nagy belső súrlódású folyadékot erőhatásnak teszünk ki, deformálódik, majd elfolyik. A hatóerő egyrésze a belső súrlódás következtében kinetikai energiává alakul át. A nyers cementpépek a nagy belső súrlódású folyadékokhoz tartoznak. Az igen nagy belső súrlódású folyadékok nem felelnek meg Newton elméletének, ezért az általa felállított képletet Bingham új, folyáshatár tényező (f) bevezetésével módosította, melynek terhelés a dimenziója. Bingham szerint a nagy belső súrlódású folyadék elfolyása ott van, ahol a folyadékra ható nyomás a folyáshatárt túlhaladja.

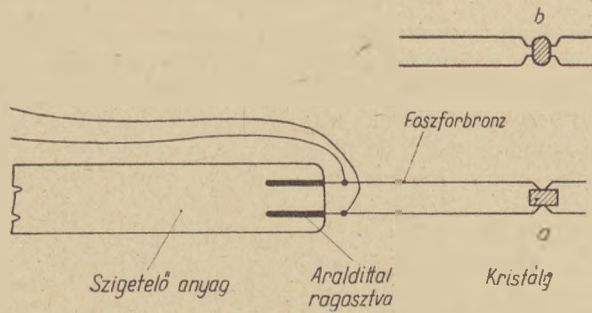
Tapasztalható, hogy egy pép belső súrlódása a víztartalom csökkenésével igen gyorsan nő. Esetünkben f a folyáshatár (dyn/cm²) és az U belső súrlódási együttható (poiseban) a víztartalom csökkenésével igen gyorsan növekszik, tehát egymással összefüggnek. Ha f-et és U-t logaritmikusan ábrázoljuk, úgy a víztartalommal való összefüggés egyeneseket ad (7. ábra), [Lafarge].

1.18 Ionos egykristály.

Közvetett mérési módszer. Ionos egykristály határozottan indikálja, hogy a relatív nedvesség-



7. ábra



8. ábra

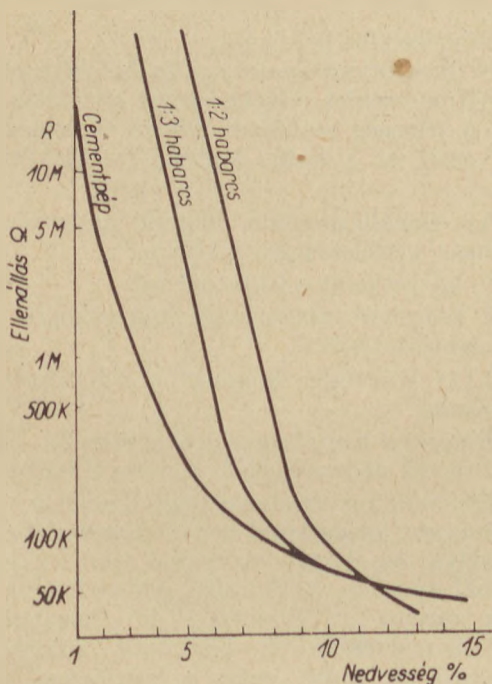
tartalom az öt körülvevő zárt kis térben nagyobb vagy kisebb egy meghatározott értéknél. Ez az érték a választott kristálytól függ. NaCl kristály kritikus értéke pl. széles hőfoktartományban 76% rel. nedvességtartalomnál van.

Egy vízben oldható anyag a környezetéből felvett nedvesség következtében oldódni kezd, ha a környezet relatív nedvességtartalma túllépi az anyag nedvességtartalmának egyensúlyi értékét. Ha az anyag ionos, vezetőképessége jellemző a képződő oldatra és érzékeny mérési lehetőséget biztosít a folyamat megfigyelésére.

A mérőfej két foszforbronzlemez közé befogott kis kristály (1—1,5 mm) [8. ábra]. Felfekvő oldalai párhuzamosak. A 9. ábrán külön a kristály elhelyezését is bemutatjuk.

Polarizációs jelenségek kiküszöbölése miatt a vizsgálatot váltóárammal kell végezni. A mérőfeszültség legfeljebb 5 V ~ lehet.

A kristállyal való mérési módszer előnye a kis, higrometrikus abszorpciós elemekkel működő méréssel szemben az, hogy előzetes kalibráció nem szükséges, a mérőelemek kicserélhetők és maga a mérőfej igen kisméretűre készíthető. Indikációt azonban csak akkor kaphatunk, ha a környezet relatív nedvességtartalma a kristály anyagától függő kritikus értéket nem haladja meg.



9. ábra

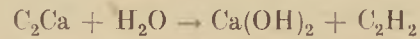
A kristály oldódása nélkül ezért ezen relatív nedvességérték felett nem lehet mérni. Ezért nem használhatók olyan kristályok, amelyek kritikus értéke a környezet relatív nedvességtartalma alatt van. Ez a körülmény a mérést csak a magasabb nedvességtartományokra korlátozza (R. G. Wylie).

1.2. Kémiai módszer.

A kémiai eljárásoknál általában a nedves anyagot vízzel reakcióképes fölös mennyiségű kémiai anyaggal kezelik. A reakcióterméket vagy a megmaradt fölös kémiai anyagot titrálják.

1.21 Speedy eljárás.

Legegyszerűbb kémiai módszer, melyet széles körben alkalmaznak, a kalciumkarbidos eljárás (Speedy), mely poralakú anyagok esetében igen jó eredményt ad. Az eljárásnál ismert mennyiségű nedves anyagot kalciumkarbiddal jól záró edénybe helyeznek. Az edényben a nedvesség hatására acetilén gáz fejlődik



a fejlődő gáz nyomását, mely arányos a vizsgált anyag nedvességtartalmával, manométerrel mérik. A nyomásmérő közvetlenül nedvességtartalomra kalibrálható.

Egyes kutatók szerint az eljárás csak homok nedvességtartalmának meghatározására alkalmas (Caron). Mások talaj és agyag esetében is sikerrel alkalmazzák (D. Croney). Egyesek ajánlják, hogy a mérés alatt rázni kell a készüléket (Grainger). Mások viszont háromszor ismételik a mérést és átlagot számítanak (Lab. Dinard).

A Speedy készülék gyárilag kétféle nagyságban készül és vele egy-egy mérést 5—15 perc alatt lehet végezni.

2. Roncsolásmentes vizsgálatok.

A roncsolásmentes vizsgálati módszerek három főcsoportba oszthatók. Ezek:

1. elektromos,
2. rádióaktív,
3. elektromágneses abszorpció alakuló eljárások.

2.1 Elektromos módszerek.

Kétféle elektromos módszert ismerünk, úm.

1. konduktimetrikus,
2. dielektromos eljárást.

2.11 Konduktimetrikus (elektromos ellenállásmérésen alapuló) módszer.

Elektromos ellenállásmérés alkalmazása nedvességtartalom mérésre nem új. 1897-ben Whitney és munkatársai javasolták, hogy talajnedvességtartalmat két elektród között elektromosan mérik. A kísérletek alatt igen sok hiba származott az elektródok és a talaj közt fellépő átmeneti ellenállások miatt. 1926-ban Knowler bebizonyította, hogy a nedvességtartalom és ellenállás közötti összefüggésnél az átmeneti ellenállások zavaró hatása elektromos térben kiküszöbölhető. Méréseihez ballisztikus galvanométert vagy quadráns elektrométert használt. A mérés kényes berendezést igényel, de még így is a jelenlevő oldható sók a bizonytalan koncentrációk miatt meghamisíthatják a mérést.

Nedvességtartalom mérésnél a vizsgált minták általában nemfémes anyagok, amelyek száraz állapotban szigetelőnek tekinthetők, mert legfeljebb csak egészen csekély mértékben vezetők. Ezen anyagok vezetőképessége annál nagyobb (ellenállása annál kisebb), minél nedvesebb az anyag. A vezetőképesség vagy ellenállás nedvességtartalom szerinti változásának jelensége igen jól felhasználható az anyag nedvességtartalmának meghatározására. Ezen az elven alapszanak az összes konduktimetrikus mérések.

Az ellenállás csökkenés a víztartalom növekedésével mind lassúbb lesz, ezért ez a módszer inkább kis nedvességtartalom tartománybeli mérésekre alkalmas.

Tiszta víznek ellenállása igen nagy, ennek következtében az áram csak az oldott sók részleges ionizációja után haladhat csak át. Világos, hogy az oldatban levő sók aránya és természete különböző vizsgált anyagoknál erősen változó. Ezért a vizsgálat előtt minden anyagnál előzetes kalibrációs diagramot kell felvenni.

A méréshez szükséges elektródok laposak, vagy túalakúak lehetnek. Elhelyezhetők a próbadarab egymással szemben levő oldalán, egymással párhuzamosan a mérendő anyagban bárhol. Az elektródok különböző elrendezésével különböző helyen és mélységben mérhetünk. Tüelektródok esetében, fát kivéve, különösen fennáll a laza érintkezés következtében létrejövő változó átmeneti ellenállás veszélye. Ez kiküszöbölhető a 4. elektródos (Thomson) rendszerrel, melynél a két szélső elektróddal elektromos teret létesítünk és ebben a térben mérünk. Ezt a módszert többen alkalmazzák.

Fanedvességmérésnél, amelyet két bevert tüelektróddal végzünk, különösen arra kell ügyelni, hogy az elektródok úgy legyenek elhelyezve, hogy a záródó áramvonalak a rostok két főirányával a longitudinális vagy tranzverzális irányával egyeznek. A méréshez szükséges mérőhíd legtöbbször konvencionális Wheatston híd, melynek egyik ágába helyezük a mérendő mintát. A nedvességtartalom bármely változása ellenállásváltozásban jelentkezik, melyet változtatható ellenállással egyenlítünk ki. A méréshez általában megfelel bármely 4—6 V váltóárammal mérő ellenállásmérő híd, melynek pontossága $\pm 1\%$ körül van. A méréshez szükséges áramforrást a hálózati ingadozások miatt lehetőleg stabilizálni kell. Legrosszabb esetben feszültségkorrekció alkalmazandó.

Az anyag szerkezetének befolyása.

Az anyagban a víz eloszlásának módját ennek szerkezete határozza meg. Ha a víz egymással össze nem függő cseppek alakjában van elszolva, a nedvességtartalom meghatározás elektromos ellenállás módszerrel igen nehéz.

A nedvességtartalom folyamatos, de nem homogén eloszlását szemeses és rostos anyagok biztosítják. Szemeses anyagoknál például a szemcsék alakja és mérete fontos szerepet játszik. Ilyen anyagoktól homogén eloszlást nem is követelhetünk, kivéve azt az esetet, amidőn a szer-

kezetben a szemcsék alakra és nagyságra azonosak. Ez a feltétel azonban csak elméletben teljesülhet. A konduktimetrikus módszerrel tulajdonképpen a szemcsék vízfelvevőképességével adott vízréteg ellenállását mérjük. Ha a szemcsék nagysága, vagy jobban mondva az anyag granulometriája változik, úgy már tekintélyes méretű fajlagos felület változás által meghatározott mérési problémával állunk szemben. Ilyen változó esetében a módszer nem alkalmazható.

Meg kell még jegyezni, hogy szemeses anyagoknál a laza szemcsék közötti érintkező felület általában igen kicsi, ennek következtében az átmeneti ellenállások nagyok. Ezek az anyag mérés előtti tömörítésével csökkenthetők.

Az áram hatása.

Nedves anyag úgy viselkedik, mint az áram erősségétől függő értékű változó ellenállás.

A méréseket váltóárammal kell végezni, mert egyenáram esetében az elektródok polarizációja észrevehető ellenállásnövekedést okoz, mely annál nagyobb, minél nedvesebb az anyag. Ez az emelkedés kis nedvességtartalomnál igen gyorsan változik, később folyamatosan lelassul. Ez a jelenség nyilvánvaló hibaforrást okoz, mely — mint említettük — megfelelő frekvenciájú váltóáram alkalmazásával csökkenthető.

Egyenárammal végzett mérésnél ügyelni kell a kis mérőáramerősségre. Nagy keresztmetszetű próbadarabon kell mérni és a mérőáram bekapcsolása után azonnal le kell olvasni. Elkerülendő ugyanazon próbadarab sokszori mérése, mert az elektródok polarizációja miatt, az anyagban elektrokémiai változás jön létre.

Az említett okok miatt ajánlatos kifeszült-ségű váltóárammal mérni, melynél ügyelni kell arra, hogy a mérés alatt a próbatesten csak pár mA áram folyjék, mert máskülönben a Joule effektus hőfejlődést okoz és ez minden esetben káros.

Hőmérséklet befolyása.

Nedves anyagoknak negatív hőfoktényezőjük van. (Hőmérséklet növekedésével ellenállás csökken.) A jelenség szabályos jellegű és reprodukálható, ezért ez a hatás korrekcióval kiküszöbölhető.

Az ellenállásmérésen alapuló nedvességmehatározás kétféleképpen történhet:

1. közvetlenül (elektródokkal),
2. közvetve, abszorbeáló higroszkópos anyagok közbeiktatásával.

2,111 Közvetlen konduktimetrikus mérés.

a) Vakolat.

Jūnosuka Kondō és Shirō Norose fal- és burkolófelületek nedvességének mérésével foglalkozik.

Elektronikus ohmmérőt alkalmaznak, melynek műszere közvetlenül nedvességszázalékra van kalibrálva. Az elektródok csatlakozási felületének kérdését speciális elektróddal oldották meg. Méréseik szerint a cementpép és cementhabares ellenállás-nedvesség % diagramok különböznek egymástól (9. ábra), ezért a készüléken kétféle kalibrációs skálát alkalmaztak.

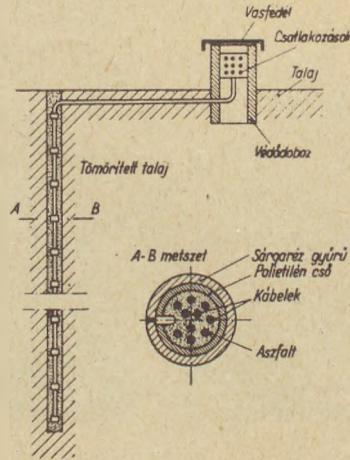
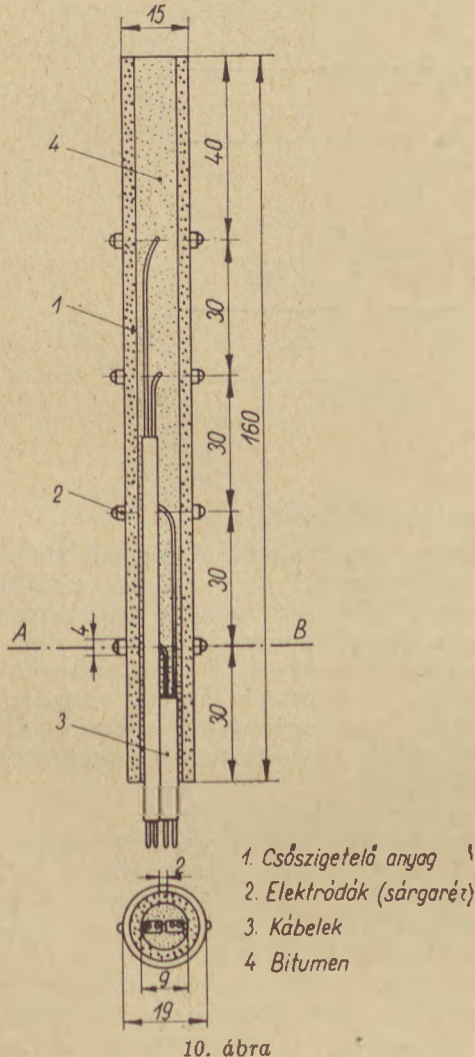
b) Talaj.

J. M. Ressurreiçao Neto fajlagos ellenállást mér. Szondaszerű rúdelektrodót használ. A szigetelőanyagból készült csőre négy gyűrűalakú elektrodót erősít. A mérés Thomson elven történik. A két szélső elektróddal állítja elő az elektromos teret, a középsők között pedig mér (10. ábra). Talajnedvesség mérésnél vastagabb polietilén csőre húzza erő a gyűrű elektródokat, amelyeket egymás után kapcsolva sorozatosan végzi a mérést (11. ábra). Így határozza meg különböző mélységben a talaj víztartalmát. Kis szondaelektrodokkal talajon kívül még beton, habarcs, cementpép, agyag és homok nedvességtartalom meghatározással is foglalkozik.

Claude Caron Kohlrausch híddal méri a talajnedvességet. Mérés előtt kalibrációs görbét vesz fel. Az egyik elektródot erősen perforált csőbe helyezi, melyet a talajba fúrt lyukba süllyeszt. A többi elektródot szonda alakban tűzi a talajba. A módszert először 1956-ban Assuanban alkalmazta.

c) Fa.

Szárítószekrényben kezelt fa igen jó szigetelő, de ha nedvesedik, elektromos ellenállása igen gyorsan csökken. 30% nedvességtartalomnál az ellenállás csökkenés már relatív csekély.



11. ábra

Ugyanazon nedvességtartalomhoz tartozó ellenállásérték különböző fajtájú fáknál különböző, így minden fafajtára külön kell kalibrációs görbét készíteni.

Légszáraz fák elektromos ellenállása oly nagy, hogy csak különleges készülékkel mérhető.

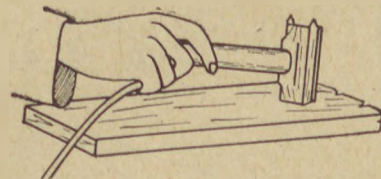
Az ellenállást a fába ütött két, egymástól meghatározott távolságra levő szonda között mérik. A szonda lehet késalakú, amelyet kalapács fejébe illesztve vernek tövig a fába (12. ábra), vagy gramofontű. Az utóbbit befogófejbe illesztve verik be kalapáccsal a mérési helybe (13. ábra).

A Division of Forest Products C.S.I.R.O. Melbourne által tervezett és az ismertetett elveken működő készülék pontossága 30% felett kb. 10%, 7–28%-ig 1%.

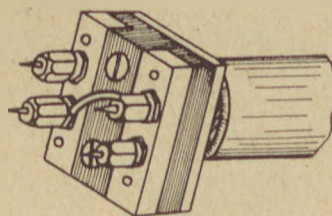
6 mm-nél vékonyabb lemezek nedvességtartalmának mérését két sík elektród között végzik. A vizsgálandó felület két oldalára egyenletes nyomással préselik rá a mérőelektródokat (14. ábra).
 d) Beton, homok, tufa, kohóhabsalak, kazán-salak, téglatörmelék.

Szuk a mérésekhez elektronikus mérőhídral alkalmaz 6,3 V váltóáramú mérőfeszültséggel. A méréseket ejtőcellában végzi, mely biztosítja az anyag egyenletes tömörségét a mérés alatt (15. ábra).

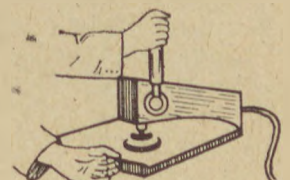
Az elektromos ellenállás-nedvességtartalom összefüggés diagramban jelentkező töréspont, az



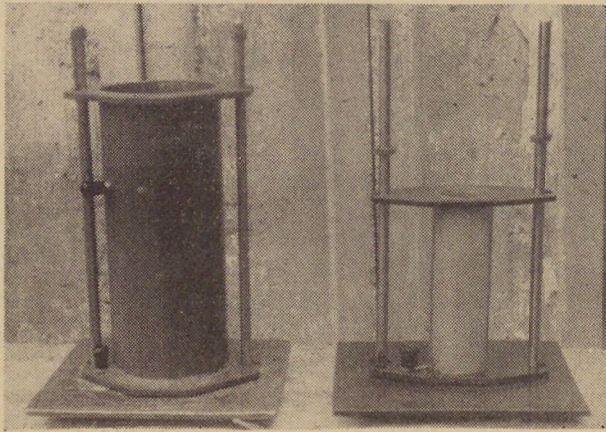
12. ábra



14. ábra



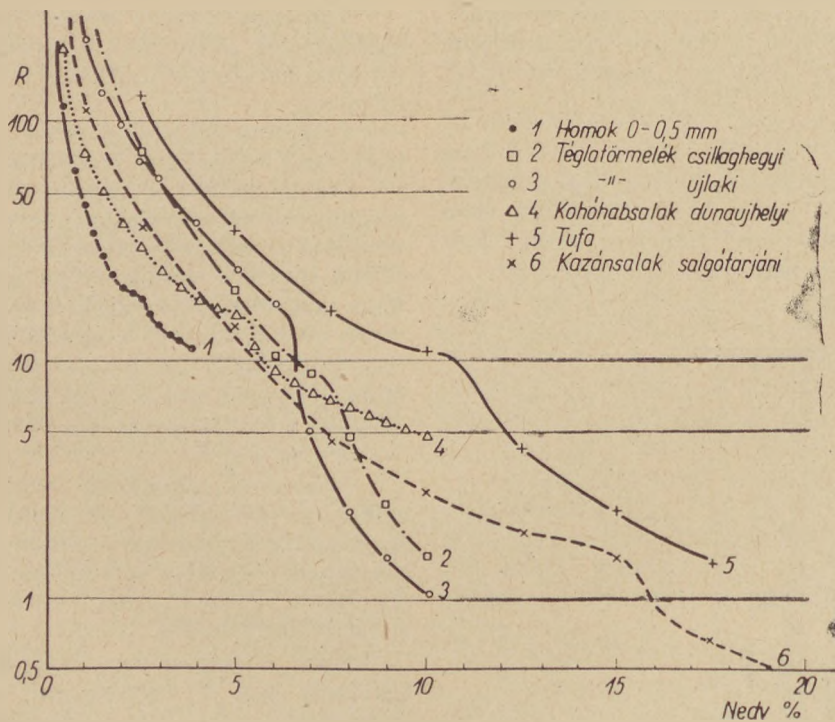
13. ábra



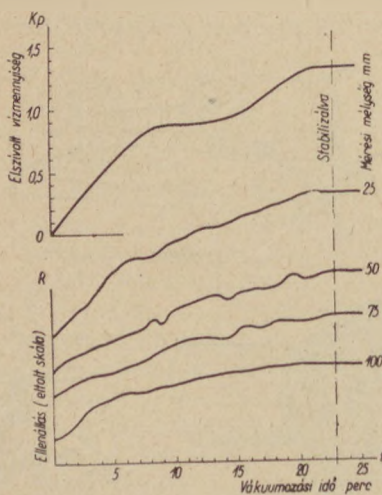
15. ábra

anyag benedvesítési pontját jelenti. Ehhez a ponthoz tartozó vízmennyiség az anyag vízszükséglete, melynek ismerete a különböző adalékanyaggal készült beton össz-vízszükségletének számításánál igen nagy segítséget nyújt a tervezőnek (16. ábra).

Beton esetében a diagram töréspontja a földnedves pontot jelenti. Ez új fogalom a beton-technológiában és azt a vízmennyiséget jelenti, amely egy adott betonösszetétel keveréséhez szükséges, hogy laboratóriumi körülmények között bedolgozott, 7 cm élhosszúságú kockán maximalis 28 napos szilárdságot kapjunk. A módszerrel visszakereshető a készre kevert beton víz-cement-tényezője, valamint különböző adalékanyag nedvességtartalma, ha a vizsgált anyag szemcse-szerkezete nem változik.



16. ábra



17. ábra

e) Vákuumozás mérése.

Beton vákuumozásánál szigetelő rúdra, 1 cm távolságra szerelt, gyűrű alakú elektródokkal különböző mélységben mérhető a víz távozása és a vízvándorlás a betonban. A kezelés alatt különböző rétegekben felvett R-t diagramok bizonyos idő elteltével konstans értéket vesznek fel. A módszerrel igen egyszerűen mérhető az egyensúly állapota, a vákuumozás befejezésének időpontja (17. ábra).

2,112 Közvetett mérés.

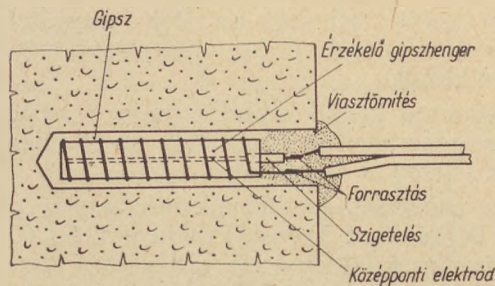
A közvetett mérési módszer alapja a vizsgálandó anyag és környezete közötti gőznyomás egyensúlyának mérése. Ennél a módszernél a elektród a vizsgált anyaggal nem érintkezik, hanem annak közvetlen közelében méri a relatív nedvességtartalmat. Az érzékelő szerv valamely higroszkópos (gipsz) vagy nagy adszorpció-képes-gű anyag (nylon, üveggyapot). A módszert

alkalmazók közül legismertebb Bouyoucos. A mérest határolt légtérben kell végezni. Ebben az esetben ugyanis a vizgált anyag az egyetlen tényező, mely a zárt tér nedvességét megváltoztatja. Az érzékelő fej porózus testbe ágyazott elektród-rendszerből áll. A porózus anyag a környezetből felvesz vagy lead vizet és ezzel a vezetőképesége változik. A változást blokkba ágyazott elektród-rendszerrel lehet mérni. Az elektromos ellenállást a rendszer geometriája, a gipszpórusok nagysága és eloszlása, a pórusokban levő víz és a víz ionkoncentrációja határozza meg.

Ha egy szerkezet porózus anyagának nedvességtartalmát az ismertett cellával akarjuk mérni, úgy ezt az anyagba beágyazzuk, vagy vele szoros kapcsolatot teremtünk. Az egyensúlyi állapot elérésénél a mérőelem és az anyag, bár ugyanazon nedvességpotenciálon vagy szívási fokon van, nincs azonos nedvességtartalom. Ez komoly bonyodalmakat okoz a kalibrációnál és a mérési rendszer használatánál. Az anyag ezen hiszterézisből eredő bonyodalmak elkerülhetetlenek.

A nedvességtartalom nedvesedési és száradási görbéi ugyanis egymástól különböznek (18. ábra). Ez azt jelenti, hogy az anyag ugyanazon szívási foknál két különböző nedvességtartalmat kapunk. A mérőfej és az elektródrendszer jó megválasztásával csökkenteni tudjuk a hiszterézis jelenségét.

P. J. Sereda nagy elektródrendszerrel mér. Óozott rézhuzalból vagy lyukgatott monelből



19. ábra

készíti az elektródokat. Kísérletei azt mutatják, hogy platina elektródokkal a méretek lényeges csökkentése mellett, igen érzékeny méréseket lehet végezni.

A. K. Deb és E. Penner a módszert talajnedvességmérésre használja.

A Building Research Station (Lee) falazatnedvességet és a nedvesség eloszlását méri gipszcellával (19. ábra). A mérőszondákat a falba fúrt lyukakba helyezi és viasszal zárja el az atmoszférától. Hosszú időtartamú méréseknél a mért értékeket regisztráló galvanométerrel rögzíti.

2,12 Dielektromos módszer.

Az anyag dielektromos állandója a víztartalommal növekszik. A porozus anyagok dielektromos állandója általában 2—8 között van, míg a vízé 80. A dielektromos módszer előnyei és hátrányai körülbelül megegyeznek a konduktimetrikus módszerével.

A dielektromos állandó meghatározására különböző módszereket alkalmaznak. Pl.

1. Hídban levő üres és anyaggal telt kondenzátor kapacitásának mérése.

2. Kis nedvességtartalmaknál egy oszcillátorkör rezonancia frekvenciájának mérése. Thomson szerint:

$$f = \frac{1}{2\sqrt{LC}}$$

ahol L a tekercs önindukciója,

C a kondenzátor kapacitása.

Ha az utóbbi párhuzamosan van kapcsolva a mérőcellával, a kapacitás C' -vel nő.

$$f' = \frac{1}{2\sqrt{L(C + C')}}$$

C' meghatározható

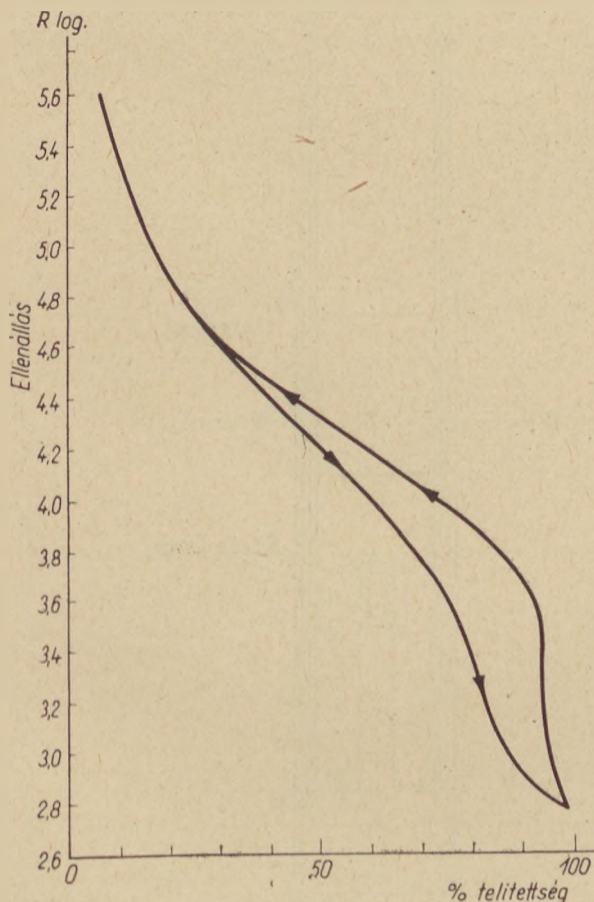
3. közvetlen méréssel $f - f'$,

4. frekvencia különbség kompenzációval egy változtatható kondenzátor segítségével.

Általában ezen az elven működnek a dielektromos állandó vagy dielektrikumok. (Dekameter, DK-meter stb.)

A DK-meter extraháló folyadékot használ, mely 10% ecetsavat tartalmazó dioxán. Az ecetsav növeli a higroszkóposzást. A meghatározásnál a folyadékkal összekvert anyag rezonancia-pontját kell kikeresni, ezután kalibrációs görbéről leolvasható a víztartalom.

Homok folyamatos mérésére készített Sandmaster készülék henger alakú szondájának ér-



18. ábra

zékeny polytetrafluorid mérőfeje meggátolja a homok felragadását. A kapacitásmérés 100 MHz felett történik.

Bizonyos készülékekkel egyszerre mérhetjük a vezetőképességet és kapacitást, pl. Hartshorn—Wilson (Baldwin Instr Co).

Fa nedvességtartalmának mérésére az ausztráliai Division of Forest Products C.S.I.R.O. a dielektromos tulajdonságok változására alapozott készüléket szerkesztett (20. ábra). A mérést RF oszcillátorral végzi. A négy körcikkből álló elektrodrendszerrel kézierővel kell a felfelületre nyomni. A mérési eredmények sokkal bizonytalanabbak, mint az ellenállás-módszerrel kapott eredmény. Ennek oka az, hogy a kapacitást mérő rendszerrel számottevő a fa sűrűségének változása, mely teljesen meghamisíthatja a mérést. Ez a hiba 12% nedvességtartalomtól lefelé mindinkább kisebb lesz oly annyira, hogy egész alacsony tartományban figyelmen kívül hagyható. Míg a konduktimetrikus fanedvességmérők 7%-ig használhatók, a kapacitikusak alsó határa 0%.

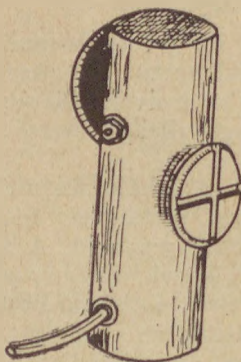
2.2 Rádióaktív módszerek.

A nedvességmérés egyik legmodernebb formája a rádióaktív anyagok felhasználásával végzett abszorpciós módszerek. Ezek neutronabszorpción és γ sugárabszorpción alapulnak.

2,21 Neutron abszorpció.

Ha valamely anyagba nagy energiaforrásból neutronokat lövelünk, úgy ezeknek sebessége az atommagokkal való ütközés miatt lelassul. A rugalmas ütközés következtében létrejött kinetikai energiavesztés fordítottan arányos a tömeg nukleonjainak számával. A hidrogénatom magjának tömege egyenlő a neutron tömegével, ezért az ezekkel való rugalmas ütközés a neutronokat termikus sebességre lassítja le, azaz oly neutronokra, amelyeknek kinetikai energiája ugyanolyan nagyságrendű, mint a környezettel termikus egyensúlyban levő elemi részecské.

A víz főleg hidrogén atomokat tartalmaz, így a termikus sebességre lassított neutronok aktivítása arányos az anyagban levő vízzel. A méréshez neutron-forrásra van szükségünk. Ez rendszerint Ra + Be vagy Po + Be forrás. A sugárzást érzékelő detektor BF_3 vagy B_{10} -el dúsított BF_3 , amelyhez erősítő- és számláló berendezés tartozik.



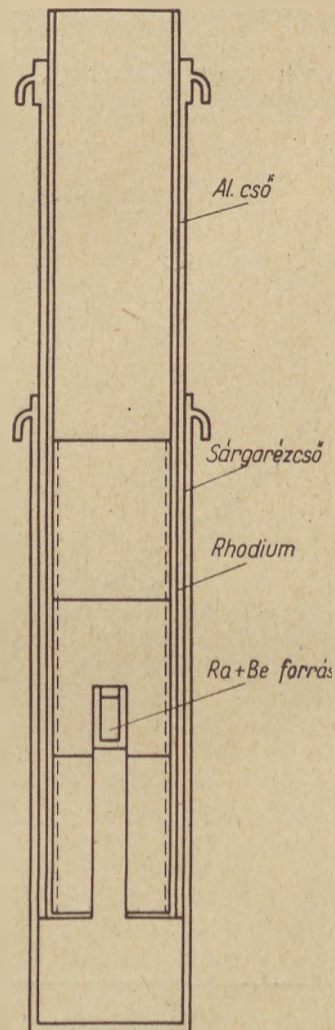
20. ábra

Újabban mind több kutató foglalkozik a neutron-abszorpciós módszerrel. A konferenciára a konduktimetrikus módszer mellett legtöbb dolgozat e tárgykörből érkezett.

Lafarge Cementművek laboratóriuma felveti azt a gondolatot, hogy cementgyárakban klinkerpépek előállításánál a folyamatos vízadagolás szabályozását a neutron-abszorpciós módszerrel meg lehetne oldani.

K. N. Burn talajnedvesség meghatározásra alkalmazza a módszert. A hitelesítést laboratóriumban mesterséges keverékekkel végzi, melyekben a hidrogén sűrűség széles sávban változik. Alacson tartományban homok-víz, homok, dextrose-víz keverékeket használ. Magas tartományban homok, bentonit-homok, nátriumhexametáfoszfát keverékkel hitelesít. A mérési pontosság igen jó. A neutron aktivitás a talajváltozásokra érzékeny, ezért a mérést vagy a nedvességtartalom változásra kell korlátozni, vagy minden talajféleségre hitelesíteni kell, mert enélkül pontos meghatározása nem lehetséges.

A Gibert neutron forrása 10 mC Ra + Be. A neutronforrás 25 mm Ø-ű sárgarézcsőbe van elhelyezve. A csőbe helyezett alumínium-cső rhodiumlemez borítású (21. ábra). Méréskor a neutronforrást vízbe, vagy paraffinhüvelybe he-



21. ábra

lyezik, mely 10 mm vastag boraxréteggel van burkolva.

Az aktiválás és mérés pontos időközökben történik. Ezek

1. aktiválás 25^m00^s
2. szünet 00^m25^s
3. mérés 25^m00^s
4. szünet 00^m 5^s
5. aktiválás stb.

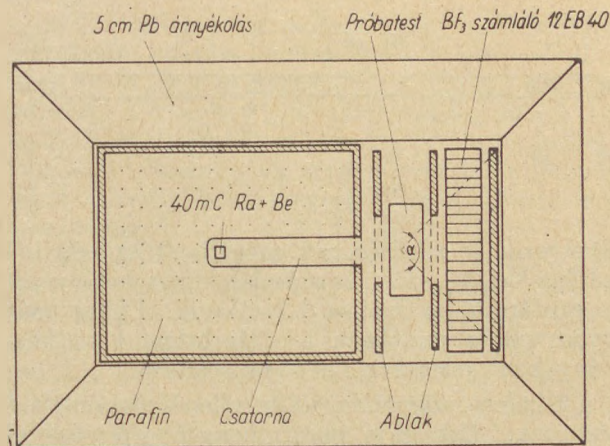
A 22. ábrán a berendezés elvi elrendezését mutatjuk be.

R. Lachaud 4 mC Ra—Be forrást használ, amelyet 11×11×14 cm-es paraffinblokkba ágyaz. A termikus neutronok 15 mm Ø-jű csövön távoznak. A sugárirányítás miatt a paraffinblokk kadmium lemezzel és borkarbidot tartalmazó anyaggal kétszeresen van leárnyékolva. Ezek az anyagok a sugárzási csatornán kívül biztosítják a termikus neutronok teljes abszorpcióját.

A vizsgálandó anyagot fémtartóban, sínen csúsztatják a két kollimációs lemez közé. A hasznos vizsgálati vastagság 20 mm. A kollimációs lemezek, melyek szintén kadmium-borkarbidból készültek, a sugárnyalábot 40×25 mm kivágású diafragmával korlátozzák. Közvetlenül a diafragma mögött van elhelyezve a B₁₀-el dúsított BF₃ detektor. Parazita diffúzió miatt ezt szintén kadmium-borkarbiddal ernyőzik.

A γ sugárzás miatt az egész berendezést 5 cm vastag ólommal veszik körül (23. ábra).

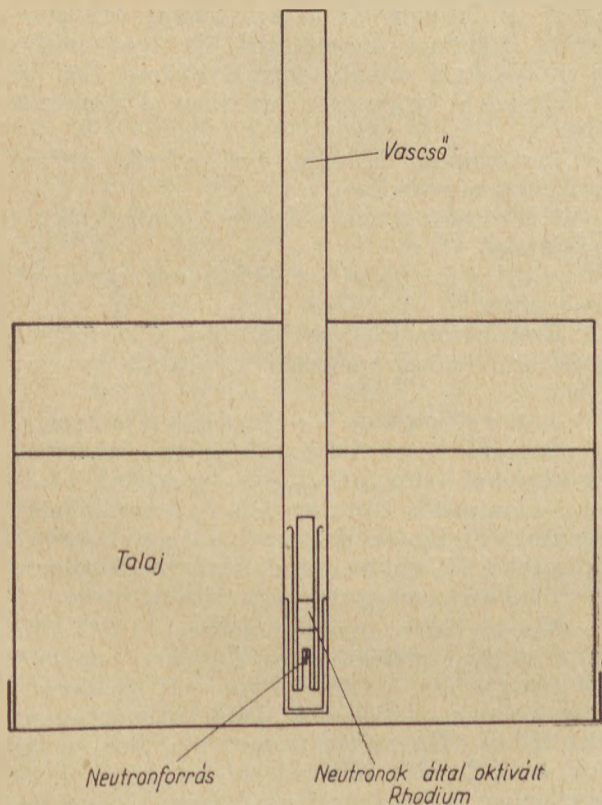
Seha Sentürk, S. V. Enüstün, Sevirn Urkan a betonban levő kémiaailag kötött hidrátvizet tanulmányozza és ebből állapítja meg a beton eredeti-cementtartalmát. Ezen szokatlanul különleges



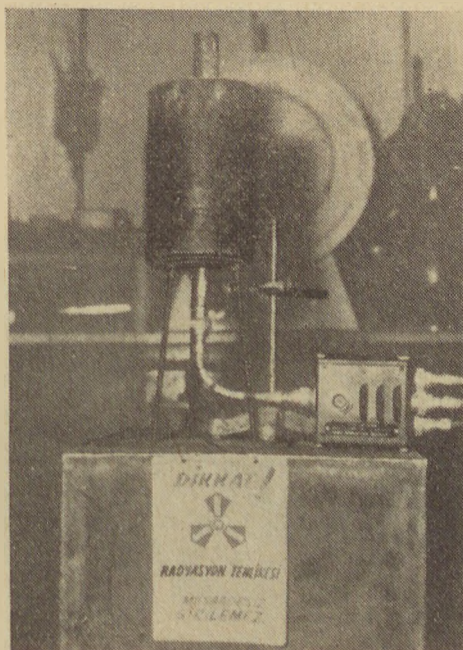
23. ábra

módszernél a kutatók abból az elvből indulnak ki, hogy ha a cementben a hidratáció alatt a kémiaailag kötött víz százaléka a cement fajtájától független és az adalékanyagban a kémiaailag kötött víz mennyisége elenyészően csekély, úgy a beton víztartalmának mindenkor arányosnak és összefüggésben kell lenni cementtartalmával. Természetesen ez csak abban az esetben igaz, ha a kapilláris és az adszorbeált nedvességtartalmat eltávolítottuk. A mérőberendezést és az acélból készült mérőcellát a 24. ábrán mutatjuk be. Az alumínium csőben elhelyezett neutronforrás 1 C Po—Be. Detektor a szokásos BF₃, mely számlálóberendezéshez csatlakozik.

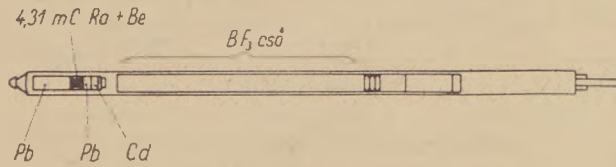
A mérés a következőképpen történik: A BF₃ detektort a mérőcella alján keresztül bizonyos magasságban helyezik el, majd a csőbe felülről csúsztatják be a neutronforrást. A háttér mérése (kb 500 beütés/perc) 10—30 percig tart. Ezután a detektort és a neutronforrást eltávolítják, majd a mérőcellát porrá tört betonnal töltik meg. Fedelét



22. ábra



24. ábra

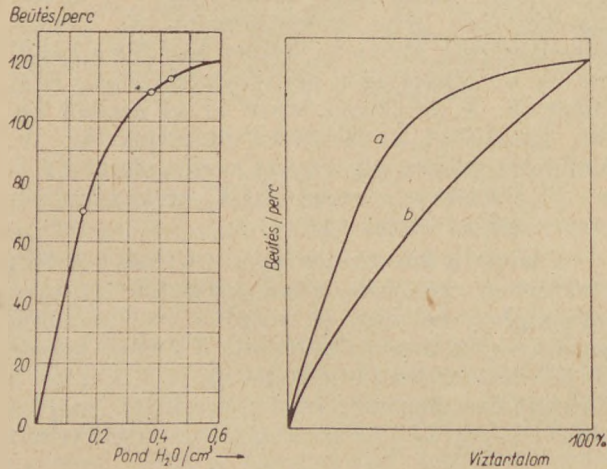


25. ábra

ráhelyezik és sűrűségének megállapítása céljából mérlegelik. A forrást és számlálót újra behelyezik és ezután új számlálás következik. Ekkor már érvényesül a mintának a víztartalom következményeként jelentkező neutronlassítása.

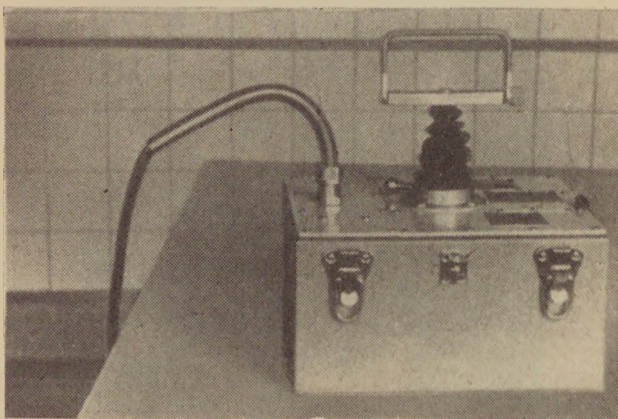
Minden számlálás után ellenőrzőszámlálást végeznek. Ezt egy parafinhenger ráhúzásával végzik.

De Beer szondája szintén Ra—Be forrást tartalmaz. A detektor BF_3 , melytől koaxiális kábel vezet az impulzusokat az erősítőbe, majd a dekatronokkal működő elektronikus számlálóba. A mérőszondával 50 m mély fúrásokban is végezhetők mérések (25. ábra). A 26. ábrán két etalon-



26. ábra

görbét látunk. *a*) olyan geometriával készült, melynél a Ra—Be forrás és a BF_3 detektor között nagy volt a távolság. A *b*) görbét a forrásdetektor szoros csatolásával vették fel. A görbéből világos, hogy az *a*) elrendezés kisebb, míg a *b*) a nagyobb nedvességtartalom mérésnél előnyösebb.



27. ábra

A neutronabszorpciós módszerrel végzett méréseknél sokszor tapasztalható, hogy egyes anyagoknál nagyobb víztartalom állapítható meg, mint szárítással végzett eljárásnál (pl. agyag). A neutronszonda, mint tudjuk, hidrogénmagokra, érzékeny. A hidrogénmagok azonban a vizsgált anyag szabad vizében éppen úgy jelen vannak, mint kristályvizében. Ez az oka annak, hogy pl. agyagnál a szonda magasabb víztartalmat jelez, mint a szárítószekrényes módszer.

Huet természetes talajok víztartalmát vizsgálja és módszerét a klasszikus geotechnikai mérési eljárások fölé helyezi. Mérési szempontból a talajok kémiai tulajdonságai legtöbb esetben elhanyagolhatók, de ajánlatosnak tartja különleges talajok esetében az előzetes kémiai elemzést.

Méréseihez a Nuclear Chicago Corporation P-21 és P-19 típusú készülékét használja. A P-21-es készülék (27. ábra) felület nedvességmérésre, míg a P-19-es szonda mélyebb rétegek nedvességtartalmának mérésére alkalmas (28. ábra). A szondához a „mod. 2800 portable scaler” számlálóberendezést használják, mely 99 999 beütés leolvasására alkalmas. A készülék mind hálózati csatlakozással, mind 6 Voltos elemmel működhető.

2,23 γ abszorpció.

Közvetett mérési módszer, mert γ abszorpcióval először az anyag sűrűségét állapítjuk meg, majd a sűrűség-nedvesség tartalom összefüggésből számítjuk ki a nedvességtartalmat. A módszerrel Lafarge laboratórium kísérletezik. Az anyag sűrűsége γ sugárzás abszorpciójával megmérhető. Ez az abszorpció annál nagyobb, minél nagyobb a vizes pép szilárdanyag-tartalma.

A γ fotonok az elektronokkal különböző módon léphetnek kapcsolatba, de ilyen esetben az utóbbiaknál mindig energiavesztés lép fel. A lejátszódó jelenségek azonban különbözők. Ezek:

1. Compton effektus (γ sugárzás hullámhosszának növekedése).
2. Fotoelektromos effektus (szabadelektron leszakítása).
3. A γ fotonokat az elektronok erősen abszorbeálják.

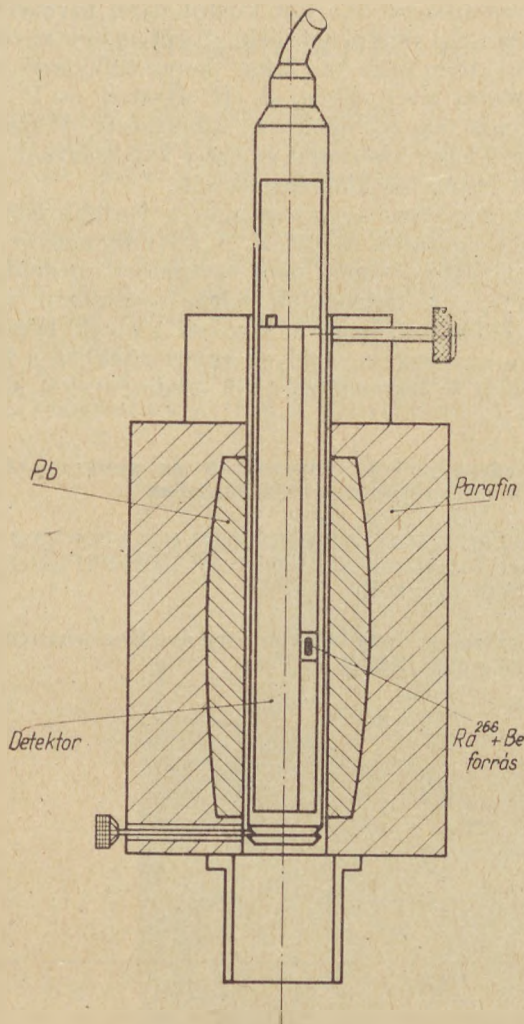
Ezen három jelenség összege a μ abszorpciós együttható, amely jellemző a vizsgált anyagra. Tehát

$$\mu = \sigma (\text{Compton}) + \tau (\text{fotoel}) + \rho (\text{abszorbe.})$$

Brocard betonsűrűségmérője rádióaktív sugárforrásból — Co_{60} , Cs_{137} , Ra— γ sugárdetektorból — ionizációs kamraerősítő és számlálóberendezésből áll. Elméletileg ezzel a berendezéssel a sűrűséget 0,2% pontossággal lehet megállapítani.

2,3 Elektromágneses sugárzásabszorpció.

Alapja Deby dipólusabszorpció. Ha feltételezzük, hogy a molekula olyan dipólus, amelynek l távolságra $+e$, $-e$ töltése van, úgy váltóáramú tér hatására ez a dipólus μ dipólusmomentummal orientálódik. Ha az elektromos tér frekvenciája kicsi, a dipólusok a változásokat fázisban követik, ha ellenben a frekvencia igen nagy, a dipólusok nem tudják követni a váltóáramú tér változását



28. ábra

és az abszorbeált energia zérus. Ha a frekvencia közepes, úgy a váltóáramú tér és dipólus mozgása között fáziseltolódás lép fel. Ez a fáziseltolódás a molekulák belső súrlódásával kapcsolatos energia-vesztéséből ered. Ezt az elméletet továbbfejlesztette Bauer—Frölich, feltételezve, hogy valamely dipólusnak két egyensúlyi helyzete van, E_1 és E_2 , úgy a váltóáramú tér a dipólust E_1 -ből E_2 -be hozhatja. Ez az elmélet a hőmérséklet függvényében a maximális abszorpcióra variációs törvényt ad, melyet a gyakorlat tökéletesen igazolt.

Az abszorpciós jelenség maximuma víz esetében 10 000 MHz frekvencia tartománybeli sugárzásnál jelentkezik ($\lambda = 3$ cm). Ha pl. 3 cm hullámhossznál a víz a környezethőmérsékleten folyékony, szabad állapotban van, az abszorpció maximális. Ha a víz megszilárdul, a képződött jég már nem abszorbeál. A fázisváltás pillanatában tehát a Herz-féle abszorpcióban diszkontinuitás van. Ha a víz egy só kristályrácsában van jelen, úgy ez már nem szabad és az abszorpció a szabad állapothoz képest 1/100-ára csökken. Ha a víz kémiailag nem kötött, de abszorbeált, úgy az abszorpció nem hanyagolható el és ha 0° alá megyünk, úgy nincs diszkontinuitás. Ennek eredményeképpen, ha az anyag egy bizonyos ismert

szabad vízmennyiség mellett abszorbeált vizet is tartalmaz, a próba lehűtésekor a 0° átlépésénél az abszorpció erős diszkontinuitást mutat. A gyors változás a víznek jéggé való átalakulásának tulajdonítható. Ebből a jelenségből a mintában jelenlevő vízmennyiség megállapítható, a különbözőbből pedig következtethetünk a kötött vízmennyiségre.

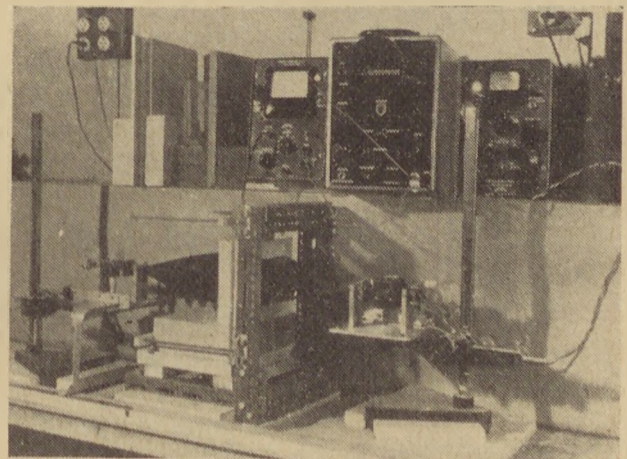
R. Mathey klystron generátort használ 1000 Hz-es amplitúdó modulációval (29. ábra). A képen jobboldalt látható a klystron egy 40 dB-es változtatható csillapító tag, az adókürt (9 × 12 cm Ø) próbadarab, vevőkürt, kristályvevő, koaxiális kábelcsatlakozás a szelektív erősítőhöz (baloldal), középen oszcilloszkóp, mely a szelektív erősítőből jövő jelet láthatóvá teszi. Ettől jobbra a klystron tápegysége.

A mérés a következőképpen történik. A csillapítást addig változtatják, míg az erősítő kimenetén bizonyos adott indikációt kapnak. A szükséges csillapítást feljegyzik. A kürtök közé behelyezik a bizonyos vízmennyiséget tartalmazó, vizsgálandó próbadarabot. A csillapítást addig csökkentik, míg az előző jelet megkapják. A két indikáció közötti különbség a próbadarab okozta csillapítás. A hitelesítést kiszárított, majd vízbe mártott és gravimetrikusan ismert víztartalmú etalonnal végzik.

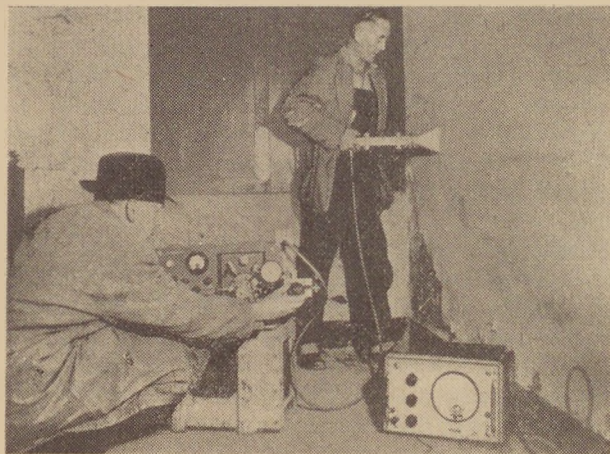
A Building Research Station több kísérlet után falnedvesség mérésre a következő berendezést használja. A jelgenerátor négyszög jelű 3 kHz-re modulált 3000 MHz-es vivőhullámot ad. A vevő 3 kHz-re hangolt hullámvezetőjében elhelyezett kristálydetektorhoz szelektív erősítő csatlakozik (30. ábra).

A mérésnél a vevőkürtöt a fal azon részéhez illesztik, ahol meg akarják állapítani a nedvességtartalmat. A fal másik oldalán az adóval szemben kis távolságra helyezik el az adókürtöt. Az adó energiáját maximumig fokozva, a csillapítást addig szabályozzák, míg a vevőben maximális áram jelentkezik.

Általában a kezelés igen egyszerű és még akkor is jó eredményt ad, ha az adó és vevőrész tengelyei közötti távolság nem haladja meg a



29. ábra



30. ábra

30 cm-t. A két tag helyes helyzetét egyébként úgy állapítják meg, hogy a vevő oldalon a kürtöt vízszintes, majd függőleges irányba mozgatják. Ha a vevőben maximális kitérés mutatkozik, a két tag helyzete helyes. A mérés után megméri

a falvastagságot és a két kürtöt ilyen távolságra beállítva, fal nélkül mérnek. A két mérés közötti mérés különbsége a falon keresztülhaladó jel csillapítása decibellben. J. B. Hasted és P. N. Edmonds az előbbieken ismertetett Watson-méterrel végzi kísérleteit és ezzel kapcsolatban elméleti fejtegetésekkel foglalkozik.

A konferencia alapanyagát a fentebb ismertetett dolgozatok alkották. A nedvességmérés — mint látható — még nem egységesen megoldott probléma. A dolgozatok felett meginduló vita fogja eldönteni, hogy a jövőben melyek lesznek azok a módszerek, amelyek egyes esetekben a leggyorsabb és legmegbízhatóbb eredményeket szolgáltatják.

Nedvességmérés anyagokban és szerkezetekben.
RILEM levelezőkonferenciája Párizsban

ИЗМЕРЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ В МАТЕРИАЛАХ
И КОНСТРУКЦИЯХ. ЗАОЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
RILEM В ПАРИЖЕ

Feuchtemessung in Materialien und Konstruktionen.
Fernkonferenz RILEM in Paris

A Műszaki Könyvkiadó hirdetések felvesz az alábbi díjszabás szerint:

Egészoldalas hirdetés ára	1440,—Ft
Féloldalas hirdetés ára	720,— „
Negyedoldalas hirdetés ára	360,— „

HIRDESSEN AZ

ÉPÍTŐANYAGBAN

A hirdetések az alábbi címre küldendők:

MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ, BUDAPEST, V., BAJCSY-ZSILINSZKY ÚT 22

Telefon : 112-273

Befizetéseket az MNB 46 egyszámlára kérjük

Bratislavai sejtbeton konferencia 1962. IV. 10—13.

A szlovákiai Műszaki Tudományos Egyesület és Technika Háza 1962. IV. 10—13. között Bratislavában nemzetközi gázbeton, illetve gázszilikát konferenciát szervezett.

Az igen nagy érdeklődés mellett megtartott konferencián szovjet, lengyel, német és magyar szakemberek is részt vettek. A konferencia elnökségében Panek elvtárs a csehszlovák építésügyi miniszter első helyettese is helyet foglalt.

A konferencia lebonyolításában, valamint annak érdemi részében a szlovákiai Építéstudományi Intéze-

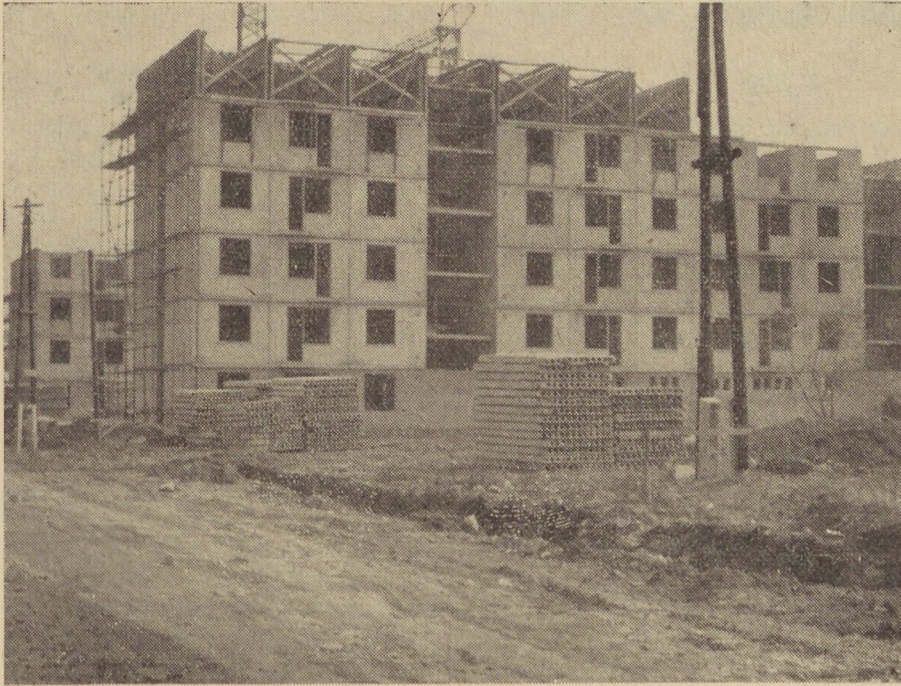
lakóházak, valamint a Zemianske-Kostolany pernyegázszilikát gyár és az építés alatt levő bratislavai pernyegázszilikát gyár megtekintésére került sor.

A konferencián elhangzottak és látottak összefoglalása

A konferencia beszámolóit és a hozzászólásokat az alábbi két fő téma köré csoportosítottuk:

A) a gyártástechnológia,

B) a gázbeton, illetve gázszilikát termékek felhasználása.



1. ábra

ten kívül a bratislavai Műszaki Egyetem, a brno-i Műszaki Egyetem professzorai, a prágai Építéstudományi Kutató Intézet vezetői, valamint tudományos munkatársai és az Építésügyi Minisztérium kiküldöttei vettek jelentős szerepet. A tudományos vonal mellett a konferencián nagy teret töltöttek be a gyártási, tervezési, kivitelezési és bernhúzási szervezetek tapasztalatairól, elképzeléseiről szóló beszámolók, valamint hozzászólások.

A külföldi küldöttségek közül a Szovjetunió képviselői, mind a gázbeton, illetve gázszilikát kutatással kapcsolatos tudományos kérdésekről, mind pedig az ipari gyakorlatban elért eredményeikről, és tapasztalataikról számoltak be. A Lengyel Népköztársaság részéről egy leszűkített üzemi tapasztalat ismertetést, valamint felhasználási (tervezési) kérdéseket érintettek vázlatosan. A Német Demokratikus Köztársaság egyik képviselőjének felszólalása habbeton kérdésekkel foglalkozott.

A konferenciához kapcsolódó program keretében a bratislavai, nyitrai, driovidzai gázbetonból épülő

A) A gyártástechnológia

A beszámolók és hozzászólások nagyobbik hányada gyártástechnológiai kérdésekkel foglalkozott. Ezen belül elsősorban a tudományos megalapozottságra való törekvés határozott irányvonala volt felismerhető, de nem kisebb jelentőséget nyert a kísérleti és gyártási tapasztalatok összefoglalása, illetve értékelése.

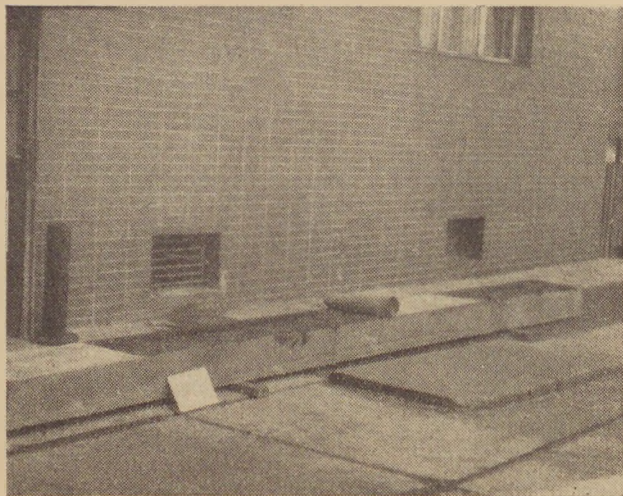
A különböző tudományos intézetek és egyetemi tanszékek beszámolóit a következő témákra összpontosítottuk:

a) a gázbeton, illetve gázszilikát termékek ásványtani felépítése, a gyártás során érvényesülő ásványtani összefüggések, és azoknak hatása,

b) a kötőanyagok,

c) az érlelés.

Ebben a vonatkozásban alapvető felszólalásnak kell tekinteni Baranov elvtársnak (Szovjetunió, Moszkva) nagy felkészültségű tudományos előadását. Ebből az előadásból úgy tűnt, hogy a Szovjetunióknak a gázbetonnal, illetve a gázszilikáttal kapcsolatos tudományos kutatása arra összpontosul, hogy megállapítsa azokat a



2. ábra

viszonylag éles optimumokat, melyek mellett a legkedvezőbb ásványtani, kötésiállandósági, szilárdsági és gazdaságossági jellemzőkkel rendelkező termékeket lehet előállítani. Az előadás szerint a Szovjetunióban az utóbbi időkben, mind inkább az autoklávolt gázbetonok, illetve gázszilikátok fejlesztését helyezik előtérbe a habbetonokkal szemben, amellett, hogy alapvető szempont az ipari hulladékanyagok (pernye) felhasználása. Rendkívül érdekes újdonságként hangzott el az a bejelentés, hogy a hőkezelést kettébontják. Először a sablonokba kiöntött anyagot gőzölés alá vetik, majd kiszaluzás után kerül sor a rövidített idejű autoklávóválasztásra. Ezzel a módszerrel az autoklávok kihasználása, és ezen keresztül a kapacitás jelentősen növelhető.

Baranov elvtárs véleménye szerint a kis térfogatsúlyú betonok gyártására kell törekedni, mert ezzel nemcsak az alapvető jelentőségű súlycsökkentést lehet elérni, hanem ez egyúttal anyagmegtakarítással is jár. E fő törekvésen belül a probléma a gázbeton, illetve gázszilikát termékek időállóságát befolyásoló összefüggések és törvényszerűségek széleskörű felderítése a kutatás további feladata. Laboratóriumi körülmények között homok alapanyagú 1250 kg/m^3 térfogatsúlyú anyaggal 600 kg/cm^2 nyomószilárdságot is elértek már. A Szovjetunióban folyó tudományos kutatás jelenlegi állása szerint a szilárdság többek között a CaO és a SiO_2 aránytól függ, amelyen belül van egy éles optimum. Baranov elvtárs véleménye szerint a tudományos kutatás eddig főleg a mikroporozitás kérdéseivel (amelyek a vízadagolás mennyiségében jelentkeznek) foglalkozott, ami növeli ugyan a szilárdságot, de ugyanakkor kedvezőtlenül befolyásolja a fagyállóságot. Véleménye szerint a makroporozitás kérdésre kell a tudományos kutatás súlypontját áthelyezni, hogy azután meg lehessen teremteni a kellő összhangot a mikroporozitás és a makroporozitás között.

Satin elvtárs (Szovjetunió, Leningrád) a leningrádi gázbeton üzemből szerzett gyártástechnológiai tapasztalatokról számolt be. Ennek során rámutatott arra, hogy az érlelésnél alkalmazott nyomás optimuma az anyag ásványtani felépítésének függvényében változik. $0,3 \text{ mm}$ -nél kisebb szemcséjű homok alapanyaggal és nefelincementes kötéssel (alacsony értékű cement) kb. 900 kg/m^3 térfogatsúly mellett kb. 110 kg/cm^2

nyomószilárdságot értek el, 7 órás autoklávóválasztási ciklussal. A leningrádi homok alapanyagú gázbetonüzemben a nefelincement alkalmazásával nyert tapasztalatok alapján $100\,000 \text{ t/év}$ kapacitású nefelincementet gyártó berendezést létesítenek Leningrádban. Ennek gazdaságosságát az indokolja, hogy míg 1 t portlandcement-kapacitás létrehozásához 12 Rbl , addig 1 t nefelincement-kapacitás létrehozásához kb. $6\text{--}7 \text{ Rbl}$ beruházás szükséges. Leningrádban most egy $250\,000 \text{ m}^3$ lakás/év kapacitású házgyár elven működő szervezetet hoznak létre, melynek működése teljesen zárt ciklus lesz, és magában foglalja a helyszíni összeszerelést is. Leningrádban már ajtó, illetve ablaknyílást is magában foglaló teljes panelelemeket állítanak elő, melyeket részben függőleges, részben vízszintes értelemben hegesztéssel kötnek össze még a beemelés előtt. A falelemeken kívül $400\text{--}450 \text{ kg/m}^3$ térfogatsúlyú hőszigetelő elemeket is gyártanak.

A vendéglátók tudományos intézeteinek beszámolóiban is meglepően nagy teret foglalt el a gázbeton, illetve gázszilikát ásványtani felépítése és annak összefüggései. Több előadás foglalkozott ezzel a témával, melyek arra is rámutattak, hogy milyen nagy apparátussal, milyen komoly laboratóriumi kísérleti anyaggal és a legmodernebb vizsgálati berendezésekkel rendelkeznek.

Így pl. a röntgenvizsgálati eredmények sorozata mellett meglepően nagy számú $40\,000$ -szoros nagyítású mikroszkopikus metszetek bemutatásával is kísérték előadásukat.

Az elméleti kutatások beszámolóiban is meglepően nagy teret foglalt el a kötőanyag megválasztásának és minőségének kérdése, illetve fontossága. Minden beszámoló, illetve hozzászólás, mely a mésszel foglalkozott, akár kutatási, akár gyakorlati technológiai szempontból egyöntetűen hangsúlyozta a méssz minőségének nagy fontosságát, és alapvető befolyását a termékre. A konferencia során felmerült egyetlen spontán vita a meszes vagy cementes kötés körébe esett. A mésszkötés mellett szóló érvek az olcsóságra, és a kisebb kalóriaigényre alapultak. A cementes kötés hívei a mésszkötés rendkívüli érzékenysége miatt, inkább a kisebb technológiai pontosságot kívánó módszer mellett szálltak síkra és azzal érveltek, hogy az alacsonyabb minőségű cementek alkalmazásával nemcsak a gyártástechnológiai bizonytalanságok, hanem a termék időállóságával kapcsolatos tudományos bizonytalanságok is csökkenthetők. Meg kell említeni, hogy a cementkötés mellett síkkraszálló felszólalások elsősorban a tudományos kutatás vonaláról hangzottak el, míg az ipari gyakorlatot tükröző felszólalások érezhetően a mésszkötéses eljárást tartották gazdaságosabbnak, amellett, hogy felvetették a méssz minőségéből fakadó gyártási nehézségeket.

A gyakorlati gyártástechnológia vonatkozásában új vonalat jelent a Satin elvtárs által említett gőzölés és autoklávóválasztás együttes alkalmazása, valamint a pernye alapanyagú gázszilikát gyártásánál a nedves technológiára való áttérés. Csehszlovákiában a közeli években létesülő néhány újabb gyár már szintén nedves pernyeszállítással, valamint a pernye, méssz és gipsz nedves úton, együtt történő őrlésével fog felépülni. Stangret elvtárs (Lengyel Népköztársaság) hozzászólásában bejelentette, hogy a rodai üzem kétszeres kapacitására történő bővítése során, a homok alapanyagú

gázbeton-gyártásnál mész- és cementkötés kombinációja mellett, ugyancsak kettébontják az érlelést: gőzölésre és autoklaválásra. Ebben a technológiai folyamatban a természetes nedvességtartalmú homokot, cementet és meszet együtt fogják őrölni. Ez az új lengyel üzem 500 m³/nap kapacitással fog működni, melyhez 5 autokláv szükséges (a berentei gyárban 600 m³/nap kapacitáshoz 10 autokláv szükséges). A Lengyel Népköztársaságban 1962. év folyamán 3 új gyár üzembehelyezésére kerül sor, ezenkívül további 9 új üzemet fognak még építeni.

A gyártástechnológia vonatkozásában az ipari gyakorlat képviselőinek beszámolója részletesen foglalkozott a Zemianske-Kostolanyban 1959. november 6-án üzemelő gyárban szerzett tapasztalatokról, melyek lényege a következő volt:

1. A lengyel fél által garantált mennyiségi és minőségi jellemzők viszonylag könnyen túlteljesíthetők.

2. Alapvető a minden apró részletre kiterjedő technológiai fegyelem szigorú betartása. A lengyel technológiai előírásoktól eltérni, vagy a berendezéseken változtatni csak azután szabad, ha az üzem teljes szemlélyzete (mind a három műszak) már hosszabb időn keresztül megnyugtató színvonalon termelt. Ebben az esetben is bármilyen változtatást csak megfelelő üzemi kísérlettel alátámasztva szabad végrehajtani.

3. A minőséget alapvetően befolyásolja: az öntési hőmérséklet. Az öntési hőmérséklet kialakulásában számos tényező játszik szerepet, melyeknek mindegyike döntő befolyással rendelkezik. Ezek közül is azonban kiemelkedik a felhasználásra kerülő mész minőségének és az alumíniumpor adagolásának fontossága.

4. Rendkívül fontos a megfelelő homogenizálás, melyet a Zemianske-Kostolanyban levő berendezés nem tud kielégítően biztosítani.

5. Eddig még nem sikerült megfelelő módszert találni a homogenizált keverék aktivitásának mérésére.

6. Figyelmet kell fordítani a pernye granulometriai összetételének előírás szerinti biztosítására.

7. Jelentős gondot okoz a sablonban, a megengedettnél nagyobb mértékű túlnövekedésből származó anyaggal való manipuláció.

8. A megengedett gyártási késztermék hulladék 5%, ami évente (180 000 m³ kapacitású gyár esetén) 9000 m³-t tesz ki. Ennek elszállítása, illetve másirányú felhasználása még megoldatlan.

9. A készáru tér telítettségkor fellépő elszállítási nehézségek (pl. vagonhiány) nemcsak jelentős többletköltséggel járnak, hanem többszörözik a gyártási (késztermék) hulladékot.

10. Az autoklaválási időt 20 óra helyett 16 órára is lehet csökkenteni.

11. Nagy figyelmet kell fordítani a sablonok tisztítására és karbantartására, mert viszonylag könnyen deformálódnak.

12. Különös gondot kell fordítani a vágógépek folyamatos karbantartására.

13. A legnagyobb létszámot igénylő munkaterület az anyagmozgatás (daruzás). Ugyanakkor a gyártási folyamat különböző fázisaiban végzendő daruzási műveletek, a fizikai-kémiai technológiai tényezőktől függetlenül, alapvetően befolyásolják a késztermék minőségét, és a sablonok deformálódását.

14. A 180 000 m³/év kapacitás a szállítási szempontból ideálisnak mondható 50–60 km-es felhasználási körzetet tekintve kissé túlzottnak mondható. Ezzel szemben a 90 000 m³-es kapacitású üzem beruházási költségei fajlagosan kb. 50%-kal magasabbak, és mintegy 15–20%-kal nagyobb az önköltség.

15. Zemianske-Kostolanyban kockákon vizsgálják a minőséget, amit Nyitrán természetes méretű falazóelemeken ellenőriznek. A két mérés-sorozat összevetésének eredményeként az eddigi átlag szilárdság 69,9 kg/cm² volt, az átlagos térfogatsúly pedig 648 kg/m³. A minimális törőszilárdság 31 kg/cm², a maximális törőszilárdság pedig 120 kg/cm² felett volt (beleértve a hőszigetelő elemeket is).

16. Zemianske-Kostolanyban az utóbbi időben a kézi falazó blokkok mellett egyre nagyobb tért hódít a 80 × 24 × 6 cm méretű, 500 kg/m³ térfogatsúlyú szigetelőlemezek gyártása. Emellett itt gyártják le a kísérleti építkezésekhez szükséges nagyelemeket is.

17. A kísérleti gyártások során, kellő technológiai fegyelem biztosítása mellett, sikerült már sorozatban is előállítani 3,0 × 1,60 × 0,24 m-es méretű, vasalatlan nagy elemeket, kielégítő minőségben.

18. Üzemi gyártás szempontjából megoldottnak tekinthető a 6,0 × 0,40 × 0,24 m méretű, teherhordó vasalással (lágvasbetét) ellátott tetőfödémpalló gyártása.

B) A gázbeton, illetve gázszilikát termékek felhasználása

A gázbeton, illetve gázszilikát termékek felhasználását illetően gyártástechnológusok, tervezők és kivitelezők számoltak be eddigi tapasztalataikról, rámutattak a hiányosságokra, valamint javaslatokat tettek a további felhasználási lehetőségekre. Mindezeket a következőképpen lehet összegezni:

1. A Zemianske-Kostolanyban működő gyár termékeiből — többek között — Nyitrán készítették, az ottani tervező iroda első tervei szerint mintegy 1500 lakást. Itt fal m²-ként kb. 45% munkaigényesség megtakarítást és mintegy 60%-os súlycsökkentést értek el az építkezésen a hagyományos téglaszervekethez viszonyítva.

2. A Zemianske-Kostolanyban gyártott kézi falazóblokkok értékesítése során nehézségek nem merülnek fel. Ennek ellenére az építési munkaigényesség és az építési átfutási idő lerövidítése — mint főcél — érdekében a konferencia tendenciája a nagyméretű elemek gyártásának szükségességét exponálta ki.

3. A nagyelemek gyártása tekintetében úgy tűnt, hogy a Szovjetunióknak és Csehszlovákiának alaposabb előkészítő munkája fekszik ebben a kérdésben, mint a Lengyel Népköztársaságnak, ahol a gázbeton, illetve gázszilikát termékeknek csak mintegy 1%-át (azaz évente kb. 15 000 m³-t) teszik ki a nagyelemek. Ennek oka feltehetően az, hogy míg a Lengyel Népköztársaság általában falazóanyag hiánnyal küzd, addig pl. Csehszlovákiában falazóanyagban nincs hiány, ezzel szemben minden eszközzel a korszerűbb építési technológiai követelmények kielégítésére törekednek a hagyományos falazóanyaggyártás rovására.

4. A Lengyel Népköztársaság által szállított berendezések (autoklávok és sablonok) nem elégítik ki hiánytalanul a nagyelemek gyártásának feltételeit. Itt elsősorban a sablonok mérete ad olyan megkötöt-

ségeket (pl. a 40 cm-es modul, a 6 cm-es hossz, a 24 cm-es magasság), melyek miatt vagy a sablonok kihasználása csökken (és ezen keresztül a kapacitás is csökken, illetve az önköltség növekedik), vagy pedig más épületszerkezetekkel csak nagy nehézségek árán összehangolható elemméretek adódnak. Általános törekvés a 30 cm-es modulhoz való alkalmazkodás, a magasabb (kb. 60 cm-ig terjedő) öntés, és a 3 méteres sablonhosszúság.

Fiziko-kémiai technológia szempontjából megoldott a $3,0 \times 1,50 \times 0,6$ m-es elemek gyártása. E sablonméret azonban nem teszi lehetővé az autokláv-keresztmetszetnek ugyanolyan mértékű kihasználását, mint a lengyel fél által szállított sablonok esetében. Ez bizonyos mértékben az autokláv átmérőjének is függvénye. A Szovjetunióban pl. már 2,6 m átmérőjű autoklávokat is használnak, melyekben ajtó- és ablaknyílásokat, illetőleg tokokat is magában foglaló paneleket tudnak előállítani.

5. A nagyelemek körébe tartozik a nagyobb méretű válaszfal-elemek, illetve szigetelő lemezek gyártása és szállítása. Ennél a témánál már rendkívül élesen jelentkezik az anyag vágásának kérdése. Ebben a vonatkozásban Szlovákiában két kísérleti gép készült el, melyek közül a svéd rendszerhez közelebb álló acélhúros, ferdevágási technológia biztat eredménnyel. Ehhez azonban speciális fenékkal ellátott sablonokra lenne szükség.

A vágási kísérletekkel egyidejűleg folynak a nagyelemek szállításának megoldására vonatkozó kísérletek.

6. Csehszlovákiában elterjedt az a módszer, hogy a Zemianske-Kostolanyban gyártott 500 kg/m^3 súlyú hőszigetelő kézfalazóblokkokat használják fel — az építkezés helyszínén — külső falpanelek készítésére. E szerint a sablonban elhelyezik az ajtó, vagy ablakot, majd a vasszerelést. Először 3 cm vastag kavicsbeton réteget terítenek el, erre helyezik a gázzsilikát blokkokat, majd újabb nehézbeton réteggel kiöntik a felületet, végül felhordják a vakolatot, amit gőzöléses érlelés követ.

Ugyancsak elterjedt mód az is, hogy az egyes épületek alsó szintjét (vagy szintjeit) tőglából falazzák fel, míg a felső 3 emeletet gázzsilikát kézi falazóblokkokból készítik.

7. Egyre nagyobb tért hódít az építkezéseken a záró födémre kerülő gázzsilikát szigetelőlemezes megoldás. Ezeket a szigetelőlemezeket szürarozp rakják

homokba, majd a fugákat kiöntik bitumennel, a felületet emulzióval lekenik, és erre ragasztják a vízszigetelést, kiegyenlítő réteg nélkül.

8. A váznélküli gázzsilikát nagyelemes lakóépületek tervezésénél az egyértelműen elfogadott megoldás: a harántfalas rendszer, a lépcsőházak előregyártott nehézbeton lépcsőkarokból, a födémekek pedig előregyártott üreges kavicsbeton födémpanelekből. A tervezéskor nagyobb gondot kell az eddiginél fordítani a földszinti falazatok nyílásainak kialakítására, mert ennek függvényében csökkenthető a földszinti teherhordó falakkal szembeni nyomószilárdsági követelmény, és ezen keresztül a kisebb térfogatsúly is megfelel.

9. A gázbeton és a gázzsilikát elemeket egyre nagyobb mértékben használják fel kommunális, ipari és mezőgazdasági építkezésekhez.

10. A felület kikészítése tekintetében általában közönséges mészhabarcsot használnak, miután a felfelületet előzőleg cementtejjel befröcskölték és ez megkötött. A vakolást azonban erősen munkaigényes folyamatnak tekintik, ezért a fejlesztés célja az, hogy külső felületeken páradiffúziót nem gátló műanyag befűvást alkalmazzanak, a belső felületeken pedig közvetlen festést, vagy tapétázást.

A konferencia lerögzítette, hogy helyes a gázbeton, illetve gázzsilikát termékek gyártásának nagyarányú fejlesztése, helyesek azok a célkitűzések, amelyeket az előzőekben nagy vonásokkal összefoglaltunk. Ezen túlmenően szükségesnek tartották annak lerögzítését is, hogy a Bratislavában létesülő új, ipari méretű kísérletekre alkalmas, kísérleti üzem építése meggyorsuljon. A konferencia helyesnek ítélte az 1962. évre tervezett kísérleti építkezések elképzeléseit (22. épület, nagyelemekkel).

A hozzászólások eredményeként a konferencia határozatai közé bekerül annak felvetése, hogy a KGST államokon belül a Lengyel Népköztársaságra profilozott gázbetongyártó berendezések adottságait, fejlesztését, összhangba kell hozni az épülettervezéssel, illetve a tipizálással, valamint a modulrendszerrel. Ez ügyben a konferencia felkérte a Csehszlovák Építésügyi Minisztériumot, hogy ezt a koordinációs tevékenységet iktassa be a KGST illetékes főbizottságának munkatervébe.

A konferencián elhangzottak és tapasztaltak komoly segítséget jelentenek a Berentén épülő gázzsilikát gyár üzemeltetésének és termékei felhasználásának előkészítéséhez.

Pataricza Imre

MŰSZAKI KÖNYVNAPOK 1962

október 22-től november 3-ig

Öntött kádkövek

Az üvegyártás gépesítése, melynek kezdete a múlt század utolsó évtizedéig nyúlik vissza, az üvegolvasztókemencék tervezőit új feladatok megoldása elé állította. Ezen feladatok közül a tűzállóanyagok, a kádkemencekövek minősége, tartóssága lépett előtérbe. Az olvasztás gyorsítása, az áramlási sebességek növekedése, az olvasztási hőmérséklet emelése a tűzálló kövekkel szemben mindnagyobb igényeket támasztott, amelyeket a döngölt és sajtolt kövek nem tudnak kielégíteni. A feladatot az öntött kádkövek gyártása tudta csak megoldani.

Az öntött kádkövek még csak rövid múltra tekinthetnek vissza. Az első öntött kádkő az 1920-as években került német gyártmányként forgalomba, anyaga mullit volt. Ezt néhány évvel később egy, az Egyesült Államokban gyártott öntött kő követte, szintén mullitból állt. Az 1930-as években megjelentek a β -timföld és a krómtimföld kövek, majd 1940 körül a nátrium és kálium tartalmú cirkon-timföld kövek, 1945-ben kerültek forgalomba az α — β timföld kövek, majd 1950 körül a boroszilikát tartalmú cirkon-timföld kádkövek. Az öntött kádkövek legfiatalabb képviselője a hazai gyártmányú α timföld kő.

A jelenleg gyártott öntött kádköveket előállító gyárak számát a gyártó országok alapján a következő táblázat adja meg.

1. táblázat

	Mullit	α	β	α — β	Cirkon	Króm
	timföld					
Egyesült Államok	2	—	1	1	3	1
Franciaország	1	—	1	1	1	—
Japán	1	—	—	—	1	—
Magyarország	—	2*	—	—	—	—
Németország	—	—	—	—	1	—
Olaszország	—	1	—	—	—	—
Szovjetunió	—	—	—	—	1	—

* Megjegyzés: hazai gyáraink: É. M. Sajószentpéteri Üvegyár KGM. Mosonmagyaróvári Timföldgyár.

Az öntött kádkövek — a cirkontimföld kövek kivételével, amelyek szükségszerűen üveges fázist is tartalmaznak — kristályos termékek. Lényeges szerepet játszik a kádkövek porozitása, amely az érintkező üvegolvadékkal szembeni ellenállás mértéke. Az öntési üregek (lunkerek) amelyek az olvadék zsugorodása következtében keletkeznek, kevésbé veszélyesek, mint a kő testében elszórt apró buborékok, amelyek a kő korrózióellenállását csökkentik.

Az α -timföldnek, a korundnak az ömlesztésével már a 30-as években is kísérleteztek, a terméket azonban csak a csiszolóiparban használták fel, mert porózus szerkezete miatt kádkőnek nem találták alkalmasnak. A porozitás csökkentése végett a kő keverékébe annyi szódát adagoltak, amennyit az olvadék Na_2O formájában fel tudott venni. A kristályosodás folyamán az olvadék

teljes mértékben átalakult β -timfölddé. Ezt a terméket az jellemzi, hogy szerkezete egyenetlen, üveges fázisban és porozításban szegény, hibája azonban az, hogy az üvegolvadék az aránylag nagyméretű β -timföld kristályokat kimossa. Üvegolvadékkal nem érintkező helyre beépítve azonban kiválóan alkalmasnak bizonyult. A nagyméretű kristályok keletkezésének elkerülése céljából demineralizátorokat alkalmaztak, aminek következtében a kádkő kb. 60% α - és 40% β -timföldet tartalmaz. A kő porozitása és kémiai összetételének egyenetlensége kedvező lett. Újabb fogyatékoság jelentkezett azonban. A β -timföld ugyanis, ami tulajdonképpen Na_2O -kal telített timföld, alkálígőzők jelenlétében stabil, de ha üvegolvadékkal érintkezik és az alkálígőzőktől elszigetelődik, lassan átalakul az α módosulathoz, aminek következtében a kő szerkezete megbomlik.

A legnagyobb mennyiségben jelenleg a cirkontimföld köveket gyártják. A 7 gyártó vállalat termékei csak az üveges fázis összetételében különböznek. Ezekben a kövekben a cirkon lépcalcikász-szerű és dendrites kristályok formájában van jelen és azokat szilikátüvegből álló fázis köti össze. Ez az üveges fázis 1200 °C körül, tehát a szokásos összetételű üvegek olvasztási hőmérséklete alatt meglágyul és a felületen cseppek alakjában jelenik meg. Ez a káros jelenség csak a üveges fázis megfelelő összetételének kialakításával kerülhető el.

Az öntött kövek minőségi megítélésénél a követelmények attól függenek, hogy azok használat közben érintkeznek-e az üvegolvadékkal, vagy pedig felépítménykövek céljaira szolgálnak csupán. Ha a kő érintkezik az üvegolvadékkal, akkor a következő minőségi feltételeket kell vizsgálat tárgyává tenni.

Korrózióval szembeni ellenállóképesség. Ezt a tulajdonságot külön kell megfigyelni az olvasztás és a tisztulás folyamán.

Hirtelen hőmérsékletváltozással szembeni ellenállóképesség.

Porozitás.

Az üveges fázis mennyisége.

Az üvegolvadékra gyakorolt színező hatás.

Brown (1) különböző féle kádköveket vizsgált meg a fenti szempontokból és a következő relatív százalékos eredményeket kapta:

A kő fajtája	Korrózióellenállás		Hőlékési ellenállás	Porozitás	Üveges fázis	Színező hatás
	olvasztásnál	tisztulásnál				
α -timföld . . .	5	55	44	92	4	5
α - β -timföld	58	84	25	10	11	6
Krómtimföld	92	95	53	12	5	93
Mullit	34	67	67	18	84	38
Cirkontimföld	83	90	88	5	95	15

A táblázat adataiból világos következtetéseket lehet levonni.

Korrózióval szembeni ellenállóképesség szempontjából a krómtimföldkő a legkedvezőbb, de színező hatása a legerősebb. A cirkontimföld kövek minden szempontból optimálisak, csak az üveges fázis mennyisége nem kedvező. Az α — β -timföld és mullit tartalmú kövek közepes tulajdonságúak. Az α -timföld tartalmú kövek porozitásuktól eltekintve igen kedvezően viselkednek.

Ha az öntött köveket felépítmények céljaira használják, más követelményeket kell figyelembe venni. Ezek között elsősorban a hőlékési ellenállás szerepel, tekintetbe jön továbbá a gázáteresztő képesség, végül a hővezetés. Ezen követelmények alapján az öntött kövek relatív százalékos viselkedését az alábbi táblázat foglalja össze:

A kő	Hő- lékési	Alkáli	Üveges fá- zis meny- nyisége	Gázát- eresztő képesség	Hővezetés
	ellenállás				
α -timföld	39	92	5	39	9
α — β -timföld	6	92	10	10	88
Cirkontimföld	66	93	93	8	47
Mullit	48	40	84	19	62
β -timföld	95	94	5	69	31

Ezen adatok szerint a különféle öntött kövek tulajdonságai felépítmények céljaira igen eltérőek, minden követelményt azonban egyik sem elégít ki tökéletesen. Újabb kutatások szükségesek tehát, hogy egyrészt a timföld adalékanyagainak megválasztásával, másrészt a gyártási technológia javításával olyan kád- és felépítmény kövek álljanak az üvegipar rendelkezésére, amelyek a felmerülő követelményeket maradéktalanul kielégítik.

Ha a hazai gyártmányú α -timföld tulajdonságait megfigyeljük, azt találjuk, hogy azok kedvezőtlen tulajdonságai a porozitással kapcsolatosak. A hazai öntött kádkő kutatásának tehát az α -timföld porozitásának csökkentését kell céljaul kitűznie.

Dr. Knapp Oszkár

IRODALOM:

1. Brown R. W., *The Glass Industry* 43 (1962) 2. 68

Öntött kádkövek

ЛИТЫЕ ВАННЫЕ БРУСЬЯ

Gusswanensteine

Műszaki könyvnapok elé

„A szocialista építőmunka előrehaladásával megnő a tudomány szerepe: a tudomány közvetlen termelőerővé válik“ — állapítják meg az MSZMP Központi Bizottságának kongresszusi irányelvei. Joggal mondhatjuk, hogy a kongresszus küszöbén, október 22—november 3. között elsőízben megrendezésre kerülő Műszaki Könyvnapok jelentős lépéssel segítik elő annak a hatalmas erőnek a kibontakozását, amelyet a műszaki kultúra széleskörű elterjesztése jelent nép gazdaságunk fejlődésének meggyorsításában.

Ha a Műszaki Könyvnapok szerepét, jelentőségét és feladatait vizsgáljuk, mindenek előtt arra kell rámutatnunk, hogy ez az országos seregszemle fontos mérőköve lesz annak a számottevő fejlődésnek, amely műszaki irodalmunkban — mennyiségi és minőségi szempontból egyaránt — különösen az utóbbi években megvalósult. Kulturális forradalmunk eddigi olyan eredményei között, hogy például az elmúlt évben már több mint 40 millió példányban adtunk ki könyveket — szemben az 1938. évi mintegy 9 millió darabbal — műszaki könyvkiadásunk növekvő súllyal jelentkezik.

Ezt bizonyítja többek között, hogy az e területen központi helyet elfoglaló Műszaki Könyvkiadó, amely 1960-ban 145, 1961-ben 186 művet jelentetett meg, ez évben már 302 könyvet ad ki; e kiadványok részesedése az Állami Könyvterjesztő összes ismeretterjesztő és szakkönyv-beszerzésében az 1960. évi kb. egy ötödről az elmúlt évben egy harmadra emelkedett.

A Műszaki Könyvnapok bevezető eseményeként a Technika Házában megnyíló, valamint a megyei könyvtárakban megrendezett műszaki könyvkiállítás is erről a sokoldalú fejlődésről tesz majd bizonyosságot.

Nagyban növeli e kiállítások vonzóerejét, hogy azokon a Műszaki Könyvnapokra megjelenő 31 kiadvány is bemutatkozik az olvasók előtt, a gépipar, építőipar, közlekedés, vegyipar, villamosipar híradástechnika stb. szakterületen.

A Műszaki Könyvnapok jelentősége és célkitűzései azonban túlnőnek a műszaki irodalom seregszemléjeként sorra kerülő kiállítások keretein: elsőízben nyújtanak alkalmat a kiadói szervezetek és az olvasótábor közötti széleskörű, közvetlen találkozóra is. Csepelen és Miskolcon, Duna-

újjvárosban és Tatabányán, Veszprémben és Szegeden, Ózdon és Debrecenben s más helyeken, — összesen 150 fővárosi és vidéki ipari üzemben, tervező- és kutatóintézetben, egyetemen és minisztériumban szolgálják majd — sokrétű formában — a Műszaki Könyvnapok, a technikai tudás tökéletesítésének, a műszaki továbbképzésnek és ismeretterjesztésnek hasznos propagandáját.

E propaganda elsőrendű célja, hogy helyi könyvkiállításokon, könyvismertetésekben, filmvetítéseken keresztül és egyéb módon kitágítsa a műszaki irodalom iránti érdeklődést, ráirányítsa a figyelmet a műszaki kultúra fontosságára népgazdasági feladataink teljesítésében. Ezek között a feladatok között kiemelkedő helyet foglal el — mint erre a kongresszusi irányelvek is rámutatnak — a munka termelékenységének emelése és a gazdaságosság fokozása, ezeknek pedig egyik alapvető feltétele a műszaki műveltség széleskörű növelése a munkások, műszakiak, tudományos kutatók között.

A Műszaki Könyvnapok ráirányítják a figyelmet az automatizálás jelentőségére és arra a célkitűzésünkre, hogy a gyártmányszerkezet átalakításával az ipari termékekben a magas technikai kultúrát képviselő ágazatok jussanak túlsúlyra. Egyben alkalmat nyújtanak arra, hogy gondolatokat ébresszenek technikai fejlődésünk, legközvetlenebb letéteményesei, a műszaki dolgozók között. Új megoldásokra ösztönözzenek üzemen belül s ennél is szélesebb hatósugárban, amelyek egyaránt előnyt jelentenek a népgazdaság, de maguk az érdekelt dolgozók számára is.

A Műszaki Könyvnapokon — elsősorban a szerző-olvasó találkozókon — hasznos segítséget kapnak maguk a kiadói szervek is az olvasók véleményét, igényeit illetően. Ez a „közvélemény-kutatás“ értékes tapasztalatokkal szolgálhat a kiadványokkal megfelelően el nem látott területek feltárására, a könyvek színvonala, a kiadói tervek tökéletesítése szempontjából. Fontos szerep jut itt a könyvnapok programjába bevont könyvtáraknak, a rendezés munkájában részt vevő szakszervezeti szerveknek és üzemi megbízottaknak, mert ezek az olvasótábor nagy hányadának véleményét, igényeit ismerik és közvetítik.

A műszaki irodalom új olvasó-rétegeinek feltárása, érdeklődésük felkeltése a Műszaki Könyvnapok további jelentős feladata. A régebbi szakemberek mellett itt elsősorban azokra a fiatalokra kell utalni, akik tanulmányaik végeztével — vagy azok közepette — nemrég kerültek a termelő munkába s fejlődésük döntő mértékben függ továbbképzésük folyamatosságától és színvonalától.

Nem kevésbé fontos célkitűzése a könyvnapoknak a régebbi szakmunkásoknak a továbbképzésre való megnyerése. A műszaki propaganda akkor igazán hatékony, ha széles fronton halad előre s ez az alkalom jól hasznosítható annak megvilágítására, a termelőberendezések és a technológiai folyamatok állandó korszerűsítése a szakmunkásoktól is több ismeretet, sokoldalúbb műszaki tájékozottságot követel meg.

A Műszaki Könyvnapok jelentősége nemzetközi viszonylatban is számottevő. A felsorakozó kiadványokon keresztül elősegíti a nemzetközi technikai fejlődés legújabb eredményeinek megismerését, a szocialista országok viszonylatában pedig a tapasztalatok kölcsönös kicserélésének további kibontakozásához vezethet. Ez pedig elsőrendű fontosságú a KGST működésének most következő új szakaszában, amelyben a tervezés, kutatás és termelés összehangolása az eddiginél magasabb színvonalon valósul meg. A Műszaki Könyvnapok egyben ráirányítják a baráti országok kiadói szerveinek figyelmét műszaki irodalmunk fejlődésére, ami hazai szakkönyveink külföldi kiadásainak kibővülését eredményezheti.

A Műszaki Könyvnapok eredményes lebonyolítása nem tekinthető a rendezést — a Kiadói Főigazgatósággal és az Állami Könyvterjesztéssel egyetértésben — ellátó Műszaki Könyvkiadó egyedüli feladatának. Sikerének előfeltétele, hogy ebben a munkában az egyéb érdekelt szervek, elsősorban a kijelölt üzemek, intézmények, könyvtárak, valamint a szakszervezeti szervek hatékonyan közreműködjenek. Ez lesz a biztosítéka annak, hogy a Műszaki Könyvnapok elérje célját: jelentős lépéssel vigye előre a műszaki kultúra széleskörű elterjesztését.

Follinus János

lasi terület bővítésének szükségesége. A hűrbetonnak különösen a lakásépítkezésben kell elfoglalnia az őt megillető helyet. Megfelelő fedőlaptípusok és a gyártásukkal kapcsolatos problémák.

SILIKATTECHNIK 1962. 4. sz.

Schustereit, H.—Dumm, A.: Népgazdasági megfontolások a kavics- és zúvalékipar központosításával kapcsolatban. (p. 113—115) Az NDK zúvalékiparának 1965-ig 225%-ra, kavicsiparának pedig 187%-ra kell emelnie termelését. Ehhez az szükséges, hogy a központosítás lehetőségeit teljes mértékben kihasználják. A gépi felszerelés bővítésének szükségessége és ésszerű határai.

Beke, B.: A cementörlés elmélete és technológiája. (p. 115—123, á: 8, b: 30) A cementek szilárdságának alakulására a 3—30 mikron közötti frakció van döntő hatással. A 3-

mikronos frakció a kezdeti szilárdulást javítja. Az őrlés kinetikájának általános elmélete. A nyílt- és zártrendszerű cementörlés kritikája.

Kondr, H.: A cementipari őrlőberendezések jövője az NDK-ban. (p. 124—128, á: 8, t: 1, b: 4)

Az NDK és a szocialista tábor országaiban alkalmazott Dessau-i malmok. Ezek teljesítménye, fajlagos munkaigénye. Többkamrás nedvesen őrlő malmok, serlegrsoros körfolyamatos malmok, szilárd tüzelővel fűtött őrlő-szárítók, többkamrás csőmalmok (klinkerörléshez), cementválasztó malmok.

Lienert, H.: A szellőző és légelszívó berendezések helyes kiképzésével az üvegyipar jobb munkakörülményeiért. (p. 130—131, á: 4)

A munkacsarnokok szellőztetésének jelentősége az üvegyiparban. A természetes szellőzés gyakran elegendő. Hőmérleg felállítása. A levegő kilépőnyílásainak árnyékolása.

Espig, H.: Azbesztszerű és egyéb szilikátok mesterséges előállítás. (p. 131—136, á: 8, t: 2, b: 8)

A mesterséges úton képződött termékek nem azonosak semmilyen természetes képződménnyel. A mesterséges azbeszt rostjai nem haladják meg az 5 mm hosszúságot s így nem lehet velük minden további nélkül a természetes azbeszt helyettesíteni. Jobb kémiai és termikus tulajdonságai folytán alkalmazási területét inkább ennek megfelelően kell keresni.

Toropov, N. A.—Bondar, I. A.: Folyékony keverékek ritka-földfém—SiO₂ rendszerekben. (p. 137—139, á: 2, t: 1, b: 7)

Ritka földfémek szilikátjaiból képződött nem keveredő üvegek. A kritikus szétkeveredési hőmérséklet 2050—2200 C°. Kísérletek alapján megállapított képletek az ilyen üvegek összetételét illetően.

É P Í T Ő A N Y A G

Főszerkesztő: Korach Mór. Szerkesztő: Hilsenkamp Alfréd — Kiadja a Műszaki Könyvkiadó, V., Bajcsy-Zsilinszky út 22. Telefon: 113-450
Felelős kiadó: Solt Sándor — Megjelent 800 példányban
62-11932-689/2-Révai-nyomda Budapest V., Vadász utca 16.

Terjeszti a Magyar Posta. — Előfizethető a Posta Központi Hirlapirodánál (Budapest, V., József nádor tér 1. Telefon: 180-850) és minden postahivatalnál.

A folyóirat külföldre előfizethető: „Kultura” P. O. B. 149. Budapest 62
Előfizetési díj: ¼ évre 18.—Ft; félévre 30.—Ft; egyes szám ára: 6.—Ft. — Csekk számlaszám egy évi: 61.252 közlel: 61.066
vagy átutalás az MNB 8. sz. folyószámlájára

MŰSZAKI KÖNYVNAPOK 1962 ÚJDONSÁGAI

Kardos—Valkó:

ÉPÍTŐIPARI KÉZIKÖNYV

Műszaki kötve 185,— Ft

Mihálffy L.:

MŰVEZETŐ TERVEZŐK ZSEBKÖNYVE

Műszaki kötve 51,— Ft

Mohácsy—Bretán—Molnár:

ACÉLBETON SZERKEZETEK

Műszaki kötve 68,— Ft

Antal—Kozmon—Nagy:

A PRÉSLÉGÜZEM GÉPEI ÉS BERENDEZÉSEI

Műszaki kötve 44,— Ft

Kismarty L.:

GÉPIPARI TÁBLÁZATOK

Műszaki kötve 50,— Ft

Bánki—Dömök—Prause—Reuss—Sztanó—Vecsey:

SZABADVEZETÉKEK ÉS KÁBELEK

Műszaki kötve 57,— Ft

Lányi—Magyar I.:

ELEKTROTECHNIKA

Műszaki kötve 56,— Ft

Hámory A.:

VILLANYSZERELÉS Ipari Szakkönyvtár

Műszaki füzve 31,— Ft

Gonda—Laboda:

FORRASZTÁS Ipari Szakkönyvtár

Műszaki füzve 22,— Ft

Perényi—Faragó—Major:

MEZŐGAZDASÁG ÉS TELEPÜLÉSTERVEZÉS

Műszaki kötve 60,— Ft

Dr. Fodor Gy.:

A LAPLACE-TRANSZFORMÁCIÓ ÉS MŰSZAKI ALKALMAZÁSA

Műszaki kötve 77,— Ft

Szerk.: Kovács György:

MÉLYÉPÍTÉSI GYAKORLATI SZÁMÍTÁSOK

Műszaki kötve 81,— Ft