

302935

2

ÉPÍTŐANYAG



*A SZILIKÁTIPARI
TUDOMÁNYOS EGYESÜLET
FOLYÓIRATA*

2

XXV. ÉVFOLYAM
BUDAPEST 1973. FEBRUÁR

EPITAA 25 (2) 41—80 (1973)

Főszerkesztő:

Dr. Talabér József

Felelős szerkesztő:

Dr. Hinsenkamp Alfréd

*

Szerkesztő bizottság:

Dr. Beke Béla
Bretz Gyula
Csizi Béla
Erdély Imre
Dr. Grofcsik János
Dr. Kovács Róbert
Lenkei György
Dr. Lőcsei Béla
Pallós Imre
Dr. Szentmártony
Gusztáv
Dr. Tamás Ferenc
Dr. Tóth Kálmán
Träger Tamás

*

Szerkesztőség:

1368. Budapest VI.,
Anker köz 1—3.
Telefon: 226-497

*

Kiadja:

Lapkiadó Vállalat,
1073 Budapest VII.,
Lenin körút 9—11.
Telefon: 226-497

*

Felelős kiadó:

Sala Sándor

Megjelenik havonként

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalnál, a kézbesítőknél, a Posta hírlapüzleteiben és a Posta Központi Hírlap Irodánál (KHI. Budapest V., József nádor tér 1.) közvetlenül vagy postautalványon, valamint átutalással a KHI 215—96 182 pénzforgalmi jelzőszámára. — A folyóirat külföldre előfizethető: „Kultúra” P. O. B. 149. Budapest 82. Előfizetési díj: negyedévre 22,50 Ft; félévre 45,— Ft; egyes szám ára: 7,50 Ft.

73. 2., 18522 Réval Nyomda, Budapest V., Vadász utca 18. F. v.: Pováry Jenő.

XXV. ÉVFOLYAM, 1973. 2. SZÁM FEBRUÁR

TARTALOMJEGYZÉK

<i>Tamás Ferenc—Patona Ferenc: Fázisegyensúlyok aritmetikus számítása I. Koegzisztens fázisok mennyiségének számítása determinánsokkal</i>	41
<i>Beke Béla: A finomörlés határai és „hatásfoka”</i>	47
<i>Turbéki J. Péter: Cementgyári nyersanyagok felhasználásának irányelvei, összefüggésben a terner rendszerek tanulmányozásával</i>	53
<i>Szatura László: Cementipari forgókemencék ovalitásának vizsgálata Shelltest-készülékkel</i>	57
<i>Mátrai Ferenc: Kapacitásfejlesztés és telepítés a kőbányászatban</i>	61
<i>Végh József: Valószínűségszámítási módszerek speciális alkalmazása a cement gyártásában</i>	67
<i>Kollár Istvánné: Izotópos tapadásjelző a DCM IV. kernence Dopol-hőcseréjénél ..</i>	70
<i>Lovász József: CERA rendszerű pneumatikus cementszállító berendezés kapacitás növelésének szükségessége és lehetősége</i>	75
Egyesületi élet	46, 52, 56, B/III

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Тамаш, Ф.—Патона, Ф.: Арифметический расчет фазовых равновесий. I. Расчет количества коэзистентных фаз с помощью детерминантов</i>	41
<i>Беке, Б.: Границы и „коэффициент полезного действия“ тонкого помола</i>	47
<i>Турбеки, И. Петер: Указания по использованию сырьевых материалов цементной промышленности на основе изучения тройных систем</i>	53
<i>Сатура, Л.: Измерение овальности вращающихся печей цементной промышленности с помощью прибора Шеллтеста</i>	57
<i>Вег, Й.: Специальное применение расчета вероятности в цементной промышленности</i>	67
<i>Лоллар, Иванне: Применение метода изотопного измерения налипаней в теплообменнике — Дopol IV. печи Дунайского цементного завода</i>	70
<i>Ковас, Й.: Необходимость и возможности увеличения мощности пневматической системы Цера для транспортировки цемента</i>	75

INHALT

<i>Tamás, F.—Patoná, F.: Arithmetische Berechnung von Phasengleichgewichten. I. Berechnung der Menge koexistenter Phasen mittelst Determinanten</i>	41
<i>Beke, B.: Die Grenzen und der „Wirkungsgrad“ der Feinmahlung</i>	47
<i>Turbéki, J. P.: Richtlinien der Verwendung von Rohstoffen der Zementfertigung in Zusammenhang mit der Studie der ternären Systeme</i>	53
<i>Szatura, L.: Prüfung der Ovalität der Drehöfen in der Zementindustrie, mit Shelltestgerät</i>	57
<i>Végh, J.: Spezielle Anwendung von Wahrscheinlichkeitsrechnungsverfahren in der Zementfertigung</i>	67
<i>Frau Kollár, I.: Radioaktiver Ansatzanzeiger am Dopol-Wärmeaustauscher des Ofens IV im Zementwerk DCM</i>	70
<i>Lovász, J.: Die Notwendigkeit und Möglichkeit der Leistungserhöhung der pneumatischen Zementfördereinrichtung System CERA</i>	75

CONTENTS

<i>Tamás, F.—Patoná, F.: Arithmetical Solution of Phase Equilibria. I. Calculation of Quantities of Co-existent Phases with the Aid of Determinants</i>	41
<i>Dr. Beke, Béla: Limits and “Efficiency” of Fine Grinding</i>	47
<i>Turbéki, J. P.: Utilization of Cement Raw Materials in Connexion with the Study of Ternary Systems</i>	53
<i>Szatura, L.: Testing the Ovality of Rotary kilns in the Cement Industry by the “Shelltest” Equipment</i>	57
<i>Végh, J.: Special Application of Probability Calculus in Cement Manufacture ..</i>	67
<i>Mrs. Kollár, Ivánné: Adherence Tester on a Radioactive Basis used in the Dopol Heat Exchanger of the No. IV. Kiln of the Danube Cement Works</i>	70
<i>Lovász, J.: Necessity and Possibilities of Capacity Increase of the CERA Pneumatic Cement Conveyor Equipment</i>	75

Fázisegyensúlyok aritmetikus számítása*

I. Koegzisztens fázisok mennyiségének számítása determinánsokkal

TAMÁS FERENC — PATONA FERENC
Veszprémi Vegyipari Egyetem, Veszprém

Bevezetés

A fázisegyensúlyok mennyiségi értékelése során igen gyakran felmerül a következő kérdés: „Valamely ismert összetételű olvadék lehűtve két vagy több fázisra bomlik. A fázisok összetétele ismert; mennyi e fázisok mennyisége?”

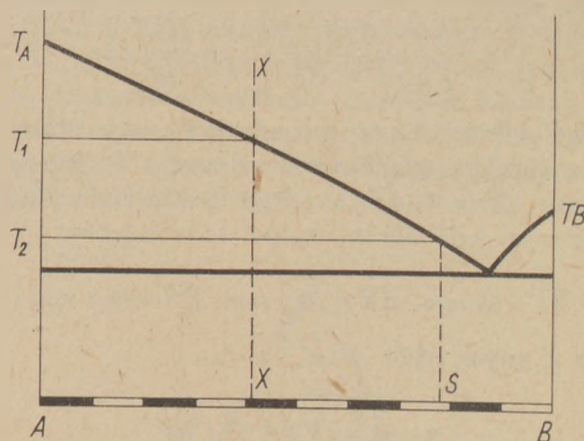
Ismert módon a feladat grafikusan oldható meg, az úgynevezett *súlyponti összefüggés* segítségével. A súlyponti összefüggés teljesen általános, akárhány fázis egyensúlyára vonatkozik; az egyes speciális eseteket külön „szabályok” foglalják össze. Két fázis egyensúlya esetén az *emelőszabály*, három fázis egyensúlya esetén a *háromszögszabály*, négy fázis egyensúlya esetén a *tetraedroidszabály* érvényesül. Ezek részletes leírását mellőzzük, mert mindez a vonatkozó szakirodalomban megtalálható: pl. az [1] irodalomban az *emelőszabály* a 23., a *háromszögszabály* a 39. és a *tetraedroidszabály* a 71. pontban.

A súlyponti összefüggést és a speciális „szabályokat” a szakirodalom rendszerint bizonyítás nélkül, axiomaaként ismerteti (pl. [1], [2], [3], [4], [5], [6]), vagy levezeti az emelőszabályt és megállapítja, hogy azonos gondolatmenettel juthatunk el a háromszög- és a tetraedroidszabályhoz. Ennél magasabbrendű „szabály” — a grafikus eljárás dimenzionális korlátai miatt — nem alkotható.

Azokban a művekben, ahol az emelőszabályt levezetik ([7], [8] és [9]), az alábbi gondolatmenet:

* A Veszprémi Vegyipari Egyetem Szilikátkémiai Kutatócsoportjának 2. sz. közleménye

Az $A-B$ kétösszetevős rendszerben (1. ábra) az X összetételű olvadékot hűtve T_1 hőmérsékleten megjelennek az A komponens első kristályai; a hűtést folytatva egyre több és több A kristály



1. ábra. Az emelőszabály levezetése eutektikus rendszerben

válik ki, következésképpen a velük egyensúlyban levő, koegzisztens olvadék egyre gazdagabb lesz B -ben. T_2 hőmérsékleten az A kristályokkal az S összetételű olvadék koegzisztens. Mennyi az A kristályok és az S összetételű olvadék mennyisége?

Jelöljük a mennyiségeket a megfelelő görög betűkkel, azaz az X összetételű olvadék (grammban kifejezett) mennyiségét ξ -vel, az A mennyiségét α -val és az S olvadék mennyiségét σ -val; nyilvánvalóan

$$\xi = \alpha + \sigma \quad (a)$$

A B mennyisége az X kiindulási anyagban arányos az AX -távolsággal (jele \overline{AX}), az S olvadékban pedig az AS -távolsággal (jele \overline{AS}); a B komponens grammban kifejezett mennyisége az X -ben tehát

$$\xi \cdot \overline{AX} \quad (b)$$

az S olvadékban pedig

$$(\xi - \alpha) \cdot \overline{AS} \quad (c)$$

Mivel azonban az A kristályok B -t egyáltalán nem tartalmaznak, az X teljes B -tartalma tehát az S -ment át, azaz (b) és (c) egymással egyenlők:

$$\xi \cdot \overline{AX} = (\xi - \alpha) \cdot \overline{AS}$$

Ebből következik, hogy

$$\alpha \cdot \overline{AS} = (\xi \cdot \overline{AS}) - (\xi \cdot \overline{AX}) = \xi \cdot (\overline{AS} - \overline{AX}) \quad (d)$$

Az ábrából azonban jól látszik, hogy

$$\overline{AS} - \overline{AX} = \overline{XS},$$

tehát a (d) így is írható:

$$\alpha \cdot \overline{AS} = \xi \cdot \overline{XS} \quad (e)$$

Az (e) -ből tetszés szerint kifejezhetjük, pl az α -t:

$$\alpha = \frac{\overline{XS}}{\overline{AS}} \cdot \xi$$

vagy a σ -t:

$$\sigma = \xi - \alpha = \frac{\overline{AS} - \overline{XS}}{\overline{AS}} \cdot \xi = \frac{\overline{AX}}{\overline{AS}} \cdot \xi$$

vagy bármely más mennyiséget vagy arányt. A gyakorlati számításoknál célszerű a ξ -t 100-nak venni; akkor az α és a σ értékét százalékban kapjuk meg. Az 1. ábrán lemérve a távolságokat:

$$\overline{AS} = 53 \text{ mm}, \overline{AX} = 28,0 \text{ mm}, \overline{XS} = 25,0 \text{ mm}.$$

Az X anyag tehát

$$\alpha = \frac{\overline{XS}}{\overline{AS}} \cdot 100 = 47,4 \% A$$

és

$$\sigma = \frac{\overline{AX}}{\overline{AS}} \cdot 100 = 52,6 \% S$$

összetételű olvadék keverékévé alakult át.

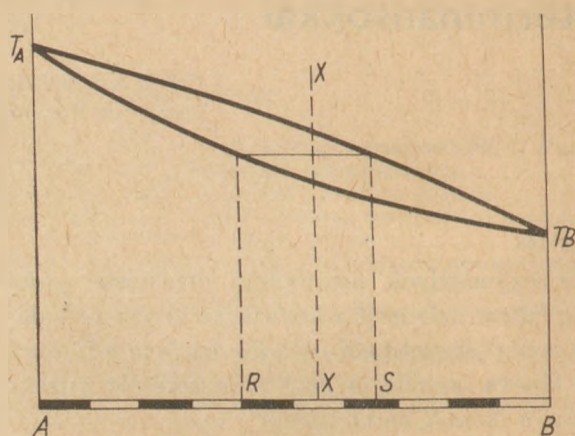
Az (e) -ben összefoglalt egyenlőség formailag teljesen analóg a kétkarú emelő egyensúlyára vonatkozó mechanikai szabállyal, mely szerint az \overline{AS} emelő akkor van a karjaira merőlegesen ható α és σ erő hatása alatt egyensúlyban, ha az X alátámasztási pont az \overline{AS} emelőt két olyan \overline{AX} és \overline{SX}

részre bontja, amelyekre nézve az alábbi összefüggés érvényes:

$$\alpha : \sigma = \overline{SX} : \overline{AX}.$$

Ennek analógiájára a két fázis egyensúlyi mennyiségeire vonatkozó, a fentiekben levezetett szabályt *emelőszabálynak* vezetjük.

Az emelőszabály fenti kifejezése helyes, de a levezetésben valamennyi, ezzel foglalkozó szakirodalom (pl. [7], [8] vagy [9] ugyanazt a hibát követi el. A hiba lényege a dőlt betűkkel szedett kulcsmondat: „Mivel azonban az A kristályok B -t egyáltalán nem tartalmaznak...”. Ez igaz a felrajzolt speciális esetben; de nem igaz pl. a 2. ábra esetében! Itt már semmiképpen sem mondhatjuk, hogy



2. ábra. Az emelőszabály elegykristályos rendszerben

az R anyag B -t egyáltalán nem tartalmaz! Ennek ellenére az emelőszabály itt is érvényes: az R mennyiségét ρ -val, az S mennyiségét σ -val jelölve itt is igaz, hogy

$$\rho = \frac{\overline{XS}}{\overline{RS}} \cdot 100 = 42,3 \%$$

és

$$\sigma = \frac{\overline{RX}}{\overline{RS}} \cdot 100 \% = 57,7$$

Az emelőszabály, illetve az általános súlyponti összefüggés érvényessége ugyanis nem a fenti gondolatmenetű levezetésen alapszik, hanem az anyagmegmaradás elvéből következik. Ennek alapján numerikus és gépi számításra is jól alkalmazható egyenletek vezethetők le a koegzisztens fázisok mennyiségének meghatározására; elkerülhető a koegzisztens fázisok összetételének berajzolása a fázisdiagramba, sőt a megoszlási adatok a fázisdiagram ismerete nélkül is számíthatók. Az aritmetikus eljárás ezenkívül pontosabb és olyan esetekben is alkalmazható, ahol a grafikus eljárás cső-

döt mond (pl. öt vagy még több összetevő esetén). Az aritmetikus eljárás hátránya, hogy hosszadalmas, bár egyszerű számításokat igényel (de még a legkisebb elektronikus számítógépek is könnyen programozhatók fázisegyensúlyi számításokra).

Fázismennyiségek meghatározása aritmetikus módszerrel

Az aritmetikus eljárás lényege: felírjuk az anyagmérlegegyenleteket, majd ezeket megoldjuk. n -összetevős rendszerben $n+1$ egyenlet írható fel: mindegyik összetevőre külön-külön egy-egy, valamint a fázisok összegére is. Ennyi adat több mint elegendő az ismeretlenek kiszámításához.

Térjünk vissza az 1. ábra példájához: 1 g X összetételű anyag lehűtve α g A és σ g S keverékévé alakul. Ugyanez a kérdés úgy is felvethető: mennyi A és mennyi S szükséges 1 g X kikeveréséhez?

Az anyagok összetétel-koordinátái (A , B sorrendben):

$$A(100,0); S(22,78); X(59,41)$$

Felírhatjuk tehát az alábbi egyenleteket:

$$\alpha + \sigma = 1 \quad (f)$$

Az anyagmegmaradás elve értelmében az X anyag az A révén $100 \cdot \alpha$, az S révén $22 \cdot \sigma$ gramm A komponenst tartalmaz, azaz

$$100 \cdot \alpha + 22 \cdot \sigma = 59 \quad (g)$$

Ugyanez a B komponensre vonatkoztatva:

$$0 \cdot \alpha + 78 \cdot \sigma = 41 \quad (h)$$

A felírt három egyenlet: (f) , (g) és (h) közül bármelyik kettő elégséges az ismeretlenek, azaz az α és σ meghatározására; a harmadikra tulajdonképpen nincs szükség. Az egyenleteket az algebrából ismert bármelyik módszerrel megoldhatjuk, pl. kiküszöböléssel, az egyenlő együtthatók módszerével stb. Általános esetben legcélszerűbb determinánsokkal számolni; speciális esetekben, azaz egy-egy konkrét rendszerre vagy rendszerrészre pedig célszerűbb az ismeretleneket kifejező explicit egyenleteket egyszer és mindenkorra kiszámítani, és a továbbiak során ezeket alkalmazni.

Cikkünk első részében az általános eljárással, a továbbiakban pedig a kerámia és a cementipar szempontjából fontos háromösszetevős ($MgO - Al_2O_3 - SiO_2$) és négyösszetevős ($CaO - Al_2O_3 - SiO_2 - Fe_2O_3$) rendszereken mutatjuk be az aritmetikus fázisegyensúlyi számításokat.

Megoldás determinánsokkal

A fentiekben felírt utolsó egyenletet elhagyjuk és az (f) és (g) egyenletből felírjuk a determinánsokat:

$$D = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 100 & 22 \end{vmatrix}; D_\alpha = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 59 & 22 \end{vmatrix}; D_\sigma = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 100 & 59 \end{vmatrix}$$

Ismeretes, hogy a másodrendű determináns értéke $(a_{11} \cdot a_{22}) - (a_{12} \cdot a_{21})$, azaz

$$D = 22 - 100 = -78, D_\alpha = 22 - 59 = -37 \text{ és } D_\sigma = 59 - 100 = -41$$

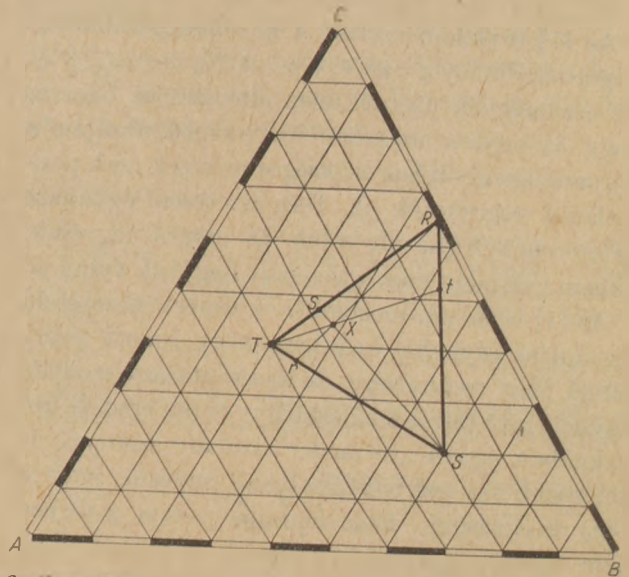
Az ismeretlenek értékét úgy kapjuk meg, hogy a megfelelő aldetermináns (jelölésünk szerint az indexes determinánsok egyikét) elosztjuk a fődeterminánsal (jelölésünk szerint az index nélküli determinánsal). Ez az úgynevezett Cramer-szabály.

$$\alpha = \frac{D_\alpha}{D} = \frac{-37}{-78} = 0,474, \text{ illetve százalékban } 47,4\% \text{ és}$$

$$\sigma = \frac{D_\sigma}{D} = \frac{-41}{-78} = 0,526, \text{ illetve százalékban } 52,6\%.$$

Az eredmény természetesen megegyezik a grafikusán, az emelőszabály segítségével kapott eredménynyel. Ha a determinánsokat az (f) és (h) vagy a (g) és (h) egyenletekből számítottuk volna, természetesen ugyanerre a megoldásra jutottunk volna.

Most oldjunk meg egy háromösszetevős egyensúlyt az aritmetikus módszerrel. Az [1] irodalom 39. fejezetében található az alábbi feladat: az $A-B-C$ rendszerben az $X(28,28,44)$ kiindulási összetételű anyagból három fázis keletkezik: $R(0,35,65)$; $S(20,60,20)$ és $T(40,20,40)$ (3. ábra).



3. ábra. Az emelőszabály háromösszetevős rendszerben $q = r\bar{X}/r\bar{R}$, $\sigma = s\bar{X}/s\bar{S}$, $\tau = t\bar{X}/t\bar{T}$

E három fázis egyelőre ismeretlen mennyiségét ϱ , σ és τ görög betűkkel jelöljük.

A négy egyenlet tehát:

$$\begin{aligned} \varrho + \sigma + \tau &= 1 & (i) \\ 0 \cdot \varrho + 20 \cdot \sigma + 40 \cdot \tau &= 28 & (j) \\ 35 \cdot \varrho + 60 \cdot \sigma + 20 \cdot \tau &= 28 & (k) \\ 65 \cdot \varrho + 20 \cdot \sigma + 40 \cdot \tau &= 44 & (l) \end{aligned}$$

Ezek közül egyet elhagyhatunk, mert az egyenletrendszer anélkül is eléggé határozott; hagyjuk el pl. a negyediket, az (l)-t.

A determinánsok:

$$D = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 20 & 40 \\ 35 & 60 & 20 \end{vmatrix} = -1300$$

$$D_{\varrho} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 28 & 20 & 40 \\ 28 & 60 & 20 \end{vmatrix} = -320$$

$$D_{\sigma} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 28 & 40 \\ 35 & 28 & 20 \end{vmatrix} = -140$$

$$D_{\tau} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 20 & 28 \\ 35 & 60 & 28 \end{vmatrix} = -840$$

A Cramer-szabály értelmében tehát:

$$\varrho = \frac{D_{\varrho}}{D} = \frac{-320}{-1300} = 0,246$$

$$\sigma = \frac{D_{\sigma}}{D} = \frac{-140}{-1300} = 0,108$$

$$\tau = \frac{D_{\tau}}{D} = \frac{-840}{-1300} = 0,646$$

Az [1] irodalom szerint a háromszögszabállyal kapott eredmény $\varrho = 25,4\%$, $\sigma = 9,7\%$ és $\tau = 65,2\%$. Az eredmények jelentéktelen eltérését az okozta, hogy az eredeti irodalom kis méretű ábráján a háromszögszabályhoz szükséges mérések csak pontatlanul végezhetők el. Természetesen ugyanazt az eredményt kaptuk volna, ha nem a negyedik, hanem valamely más egyenletet hagytuk volna el.

Az [1] irodalom megemlíti az ismert összetételű kiindulási anyagból keletkező négy ismert összetételű fázis mennyiségének kiszámítására szolgáló úgynevezett tetraedroidszabályt is (az eredeti irodalomban ugyan „tetraéder”-szabály szerepel, de helyesebb tetraedroidszabálynak nevezni, mert a négy koegzisztens fázis figurális pontja a térben nem szabályos tetraédert alkot), de ennek alkalmazását numerikus példán nem illusztrálja a térben való mérés nehézségei miatt. Aritmetikus úton

azonban a feladat könnyen megoldható. Legyen a kiindulási anyag jele X , koordinátái $X(20,45,20,15)$, az ezzel egyensúlyban levő négy anyag jele és koordinátái pedig

$R(57, 43, 0, 0)$; $S(0, 80, 10, 10)$; $T(25, 10, 15, 50)$ és $U(5, 50, 32, 13)$.

Az öt egyenlet tehát:

$$\begin{aligned} \varrho + \sigma + \tau + v &= 1 & (m) \\ 57 \cdot \varrho + 0 \cdot \sigma + 25 \cdot \tau + 5 \cdot v &= 20 & (n) \\ 43 \cdot \varrho + 80 \cdot \sigma + 10 \cdot \tau + 50 \cdot v &= 45 & (o) \\ 0 \cdot \varrho + 10 \cdot \sigma + 15 \cdot \tau + 32 \cdot v &= 20 & (p) \\ 0 \cdot \varrho + 10 \cdot \sigma + 50 \cdot \tau + 13 \cdot v &= 15 & (r) \end{aligned}$$

ahol a ϱ , σ , τ , v az R , S , T és U fázis mennyiségeit jelenti.

Az utolsó egyenlet elhagyásával képezzük a determinánsokat:

$$D = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 57 & 0 & 25 & 5 \\ 43 & 80 & 10 & 50 \\ 0 & 10 & 15 & 32 \end{vmatrix} = 55\,805$$

$$D_{\varrho} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 20 & 0 & 25 & 5 \\ 45 & 80 & 10 & 50 \\ 20 & 10 & 15 & 32 \end{vmatrix} = 13\,425$$

$$D_{\sigma} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 57 & 20 & 25 & 5 \\ 43 & 45 & 10 & 50 \\ 0 & 20 & 15 & 32 \end{vmatrix} = 4\,645$$

$$D_{\tau} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 57 & 0 & 20 & 5 \\ 43 & 80 & 45 & 50 \\ 0 & 10 & 20 & 32 \end{vmatrix} = 8\,110$$

$$D_v = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 57 & 0 & 25 & 20 \\ 43 & 80 & 10 & 45 \\ 0 & 10 & 15 & 20 \end{vmatrix} = 29\,625$$

Az ismeretleneket a Cramer-szabállyal számítjuk:

$$\varrho = \frac{D_{\varrho}}{D} = 0,241$$

$$\sigma = \frac{D_{\sigma}}{D} = 0,083$$

$$\tau = \frac{D_{\tau}}{D} = 0,145$$

$$v = \frac{D_v}{D} = 0,531$$

A grafikusan megoldhatatlan feladat tehát aritmetikusan megoldható.

Matematikai megjegyzések

1. A negyedrendű determináns számítása az általános kifejtési szabályok alapján elég fáradságos. Esetünkben könnyen elvégezhető a determináns értékének kiszámítása, ha figyelembe vesszük a következő tételt: a determináns értéke nem változik, ha valamelyik oszlopából kivonjuk egy másik oszlopát. Mivel az általunk használt determinánsok első sora mindig csupa 1-ből áll, elegendő az első oszlopot a további oszlopokból kivonni. Így pl. az előbbi D_v determináns az alábbi módon alakítható át:

$$D_v = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 57 & 0 & 25 & 20 \\ 43 & 80 & 10 & 45 \\ 0 & 10 & 15 & 20 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 57-57-32-37 & & & \\ 43 & 37-33 & & 2 \\ 0 & 10 & 15 & 20 \end{vmatrix}$$

Az így kapott determináns első sorában az első tag 1, valamennyi többi tag pedig 0. Az általános szabályok szerint tehát a determináns első sora és oszlopa elhagyható anélkül, hogy a determináns értéke megváltozna.

2. A harmadrendű determináns (pl. az előző pontban kapott

$$\begin{vmatrix} -57-32-37 & & \\ 37-33 & 2 & \\ 10 & 15 & 20 \end{vmatrix}$$

harmadrendű determináns) az általános kifejtési szabályok alapján számítható:

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = (a_{11} \cdot a_{22} \cdot a_{33}) + (a_{12} \cdot a_{23} \cdot a_{31}) + (a_{13} \cdot a_{21} \cdot a_{32}) - (a_{13} \cdot a_{22} \cdot a_{31}) - (a_{11} \cdot a_{23} \cdot a_{32}) - (a_{12} \cdot a_{21} \cdot a_{33})$$

Háromösszetevős egyensúlyok számításánál gyorsabban célhoz jutunk, ha a fenti általános kifejtés helyett a harmadrendű determinánst (melynek első sora csupa 1-ből áll) a fent 1. alatt leírt módszerrel másodrendűvé alakítunk át, majd az értéket a már említett

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix} = (a_{11} \cdot a_{22}) - (a_{12} \cdot a_{21})$$

kifejtés alapján számítjuk ki.

Fázisegyensúlyi megjegyzések

1. A grafikus emelőszabály, háromszögszabály és tetraedroidsabály alapján nyilvánvaló, hogy az X anyag csak akkor keverhető ki

két, R és S kiindulási anyagból, ha az X figurális pontja nem esik az RS szakaszon kívül;

három, R , S és T anyagból, ha az X figurális pontja nem esik az RST háromszögön kívül;

négy, R , S , T és U anyagból, ha az X figurális pontja nem esik az $RSTU$ tetraedroidon kívül stb. Ugyanis ilyen esetekben negatív mennyiségű anyagot kellene adagolni, ami lehetetlen. Az aritmetikus eljárásnál ez abban nyilvánul meg, hogy valamelyik anyag (amelynek figurális pontja kívül esik a szakaszon, a háromszögön stb.) adagolandó mennyiségére negatív értéket kapunk.

2. Háromösszetevős rendszereknél előállhat az a speciális eset, hogy az X anyag pontja véletlenül éppen az RST háromszög valamelyik oldalára esik; ez azt jelenti, hogy az X kikeveréséhez nincs szükség mindhárom anyagra, hanem kettő elegendő (X kiindulási anyag szételegyedése során pedig azt, hogy az anyag nem három, hanem két részre elegendik szét). Grafikusan ez azt jelenti, hogy nem a háromszögszabály, hanem az emelőszabály alkalmazandó. Aritmetikusan ez az eset arról vehető észre, hogy valamely aldetermináns értéke zérus, azaz az illető anyagból 0 grammot kell adagolni. Teljesen analóg eset, ha a négyösszetevős rendszerben az X anyag figurális pontja véletlenül éppen az $RSTU$ tetraedroid valamely lapjára vagy élére esik; ez azt jelenti, hogy az X kikeveréséhez nincs szükség négy anyagra, hanem három vagy kettő is elegendő (illetve az X nem négy, hanem három vagy két részre elegendik szét). Grafikusan ez azt jelenti, hogy nincs szükség a tetraedroidsabály alkalmazására, hanem a háromszög, illetve emelőszabály is elegendő. Aritmetikusan ez arról vehető észre, hogy egy-vagy két aldetermináns értéke zérus, azaz az illető anyagból 0 grammot kell adagolni.

Az 1. megjegyzésre természetesen csak akkor kell figyelemmel lenni, ha a célanyagot akarjuk a kiindulási anyagokból kikeverni. Ellentett esetben, ha az X bomlik két vagy több részre, az előfeltételek önmaguktól teljesülnek.

IRODALOM

- [1] Tamás Ferenc—Pál Imre: *Fázisdiagramok anaglif ábrázolása*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1964. (Angol fordítása: *Phase equilibria spatial diagrams*. Akadémiai Kiadó, Budapest — Iliffe Books, London, 1970)
- [2] Hinz, Wilhelm: *Silikate*, II. kötet. VEB Verlag für Bauwesen, Berlin, 1971.
- [3] Ricci, John, E.: *The phase rule and heterogeneous equilibria*. Van Nostrand, Toronto—New York—London, 1951.
- [4] Eitel, Wilhelm: *Die heterogenen Schmelzgleichgewichte silikatischer Mehrstoffsysteme*. J. A. Barth, Leipzig, 1945. (Angol fordítása: *Silicate melt equilibria*. Rutgers, New Brunswick, 1948).
- [5] Reser, Margie K. (editor): *Phase diagrams for ceramists*. The American Ceramic Society, Columbus, Ohio, 1969.

- [6] *Masing Georg: Ternary systems.* Dover Publications, New York, 1960.
- [7] *Евстропев К. Г.—Торопов, Н. А.:* Химия кремния и физическая химия силикатов. Госхимиздат, Москва 1949.
- [8] *Solacolu, Serban: Chimia fizica a silicatilor tehnici.* Editura tehnica Bucuresti, 1957. (Magyar fordítása: *Műszaki szilikátok fizikai kémiája.* Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1962.)
- [9] *Reisman, Arnold: Phase Equilibria.* Academic Press, New York—London, 1970.

Tamás Ferenc—Patona Ferenc: Fázisegyensúlyok aritmetikus számítása. I. Koegzisztens fázisok mennyiségének számítása determinánsokkal

A cikk numerikus példával alátámasztott aritmetikus megoldást ad heterogén egyensúlyok koegzisztens fázisainak mennyiségi számítására. A számítás mentes a grafikus-módszer dimenzionális korlátaitól, és minden olyan esetben alkalmazható, amikor a fázisok összetétele ismert.

Тамаш, Ф.—Патона, Ф.: Арифметический расчет фазовых равновесий. I. Расчет количества коэзистенционных фаз с помощью детерминантов

Статья приводит метод арифметического расчета количества гетерогенных, равновесных коэзистенцион-

ных фаз, подтверждая его применимость расчетными примерами. Данный метод расчета не ограничивается размерностью графического метода и может применяться во всех случаях, когда известен состав фаз.

Tamás, Ferenc—Patona, Ferenc: Arithmetische Berechnung von Phasengleichgewichten. I. Berechnung der Menge koexistenter Phasen mittelst Determinanten

Es wird eine mit numerischen Beispielen belegte arithmetische Lösung der quantitativen Berechnung koexistenter Phasen heterogener Gleichgewichte gegeben. Die Berechnung ist frei von den dimensional Schranken der graphischen Methode und kann in jenen Fällen angewendet werden, wo die Zusammensetzung der Phasen bekannt ist.

Tamás, Ferenc—Patona, Ferenc: Arithmetical Solution of Phase Equilibria. I. Calculation of Quantities of Co-existent Phases with the Aid of Determinants

An arithmetical solution is given for the calculation of percentages of co-existent phases in heterogeneous equilibria. The calculation system eliminates the difficulties caused by the dimensional limits of the graphical systems and can be used in all cases if the composition of phases is known.

Egyesületi élet

A második nap programja a Pécsi gyár és a III. Pécsi Bienále megtekintése volt.

Habuda Ádám vezérigazgató elvtárs értékelte a bienálén látottakat, különös tekintettel a FIM iparművészek részvételét. Utána beszámolt finnországi tapasztalatairól. Az Arábai gyári tervezés néhány követésre méltó gyakorlatáról. Felmerültek tervezői feladatok, problémák, melyek megvitatása a közös vacsora közben és utána is tartott, melyen Habuda elvtárson kívül Bosnyák János és Beke László a pécsi porcelángyár igazgatója és főmérnöke is jelen volt.

A harmadik nap programjaként városnézés szerepelt. A Széchenyi teret körülvevő klasszicista épületekről, a téren elhelyezkedő török Dzsámiról, (ma katolikus templon) Pátzay Pál lovasszobráról, nem messze az euzinon [Zsolnay-kútról hallottunk történelmi jellemzést.

A Pécsi székesegyház külső megtekintése, a templom mellett nemrég feltárt katakomba megtekintése után a belső kápolnákat és az altemplo mot néztük meg, csodálatos kiváltság és még csodálatosabb orgonaszó mellett.

Végül a modern képtár megtekintése zárta a programot.

A háromnapos programot Minya Mária iparművész szervezte, házigazda a Pécsi Tudományos Egyesület, a Porcelángyár vezetői és iparművészei voltak. Köszönet érte.

Lehelné Rozsos Janka

Tatabányai csoportunknál november hó 10-én klubnap keretében Csermák Vilmos műszaki oszt. vezető beszámolt a „Cementipari korszerű örlőberendezések terén szerzett külföldi és hazai tapasztalatok” címmel tartott előadásról.

A beszámolót érdeklődéssel hallgatta a tagság, valamint a meghívott vendégek, számos kérdést tettek fel az előadónak

Gádos László

*

A MTE SZ Nógrád megyei Területi Szervezet 1972. november 16-án tartott elnökségi ülésén a Szilikátipari Tudományos Egyesület helyi csoportja ismertette végzett munkáját.

Ezzel kapcsolatban az elnökség a következő határozatot hozta:

Az SZTE tájékoztatót, a végzett munkát értékelte az elnökség, azt jónak minősítette. Köszönetüket tolmácsolták a Síküveggyár Vezetőségének az egyesület munkájához nyújtott segítségért.

*

A Szilikátipari Tudományos Egyesület Borsod Megyei Csoportja 1972. november 21-én üzemlátogatást szervezett az Eger I. sz. új cserépgyárba. A résztvevők elismeréssel nyilatkoztak az új létesítményről. A gyár vezetője nagy szakértelemmel mutatta be az új üzemet. A résztvevők elsősorban a műszáritó és az agyagtároló iránt mutattak nagy érdeklődést. Az üzemlátogatás után megtekintették Eger nevezetességeit és ezzel a program befejeződött.

Pecze Sándor

Finomkerámiai szakosztályunk Iparművészeti szakcsoportja eredményes tanulmányutat szervezett szeptember 27—28—29-én Pécsre, mintegy 25 fős részvétellel.

A háromnapos program keretén belül Büki Béla hollóházi iparművész beszámolót tartott a JABLONECI tanulmányútról, melyet színes dia-vetítéssel gazdagított.

A hallottak és látottak alapján, a jelenlevők értékelték a magyar iparművészet részvételét a JABLONECI kiállításon. Általános vélemény szerint sokkal jobban oda kell figyelni az ilyen jellegű kiállításokra, tervezőknek és rendezőknek egyaránt.

A finomörlés határai és „hatásfoka”

B E K E B É L A

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

1. Bevezetés

A maradó alakváltozásra nem képes, vagyis rideg anyagok aprításának, főleg az aprítás nagyfinomságú fokozatának (örlés, finomörlés) nagy energiaigénye már régen ismert volt. Az ennek kiszámítására szolgáló múlt századbeli két egyszerű és egymásnak ellentmondó „elmélet” már régen túlhaladt, de elemzésük ma is időszerű és tanulságos.

Mint ismeretes, *Rittinger* (1867) „felületi” elmélete az energiaigényt a keletkező új felülettel, *Kirpicsev* (1874) és *Kick* (1885) „térfogati” elmélete az aprított test térfogatával tekinti arányosnak. Előbbi a szeletelés szemléletéből indul ki, utóbbi a rugalmas alakváltozás munkáját számítja.

A korszerű aprításmélet megalapozása *Smekal* munkásságához kapcsolódik. [1, 2] Ő vizsgálta először az aprítási energia hova fordításának kérdését, és a művelet eredményének a *Rittinger*-féle gondolatmenet kiterjesztésével a feltárt új felület energiáját tekintette.

2. A finomörlés határai

Számos korszerű ipari művelet írja elő az örlési finomság fokozását, aminek módja a tömegegység-re vonatkoztatott fajlagos energiaráfordítás növelése. Az energiaráfordítás hatásossága az örlési finomság növelésével azonban egyre csökken, bizonyos határon túl pedig hatástalanná válik. A szitamaradékkal vagy fajlagos felülettel jellemzett finomság stagnál, sőt csökkenni kezd, a már megörölt szemcsék ismét összenőnek, agglomerálódnak. Az örlési finomság fokozásának lehetőségét egyedi aprításnál, vagyis egyetlen szemcse törésével vizsgálva, *Schönert* [3] tanulmányában megállapítja, hogy kb. 1 μm szemcsenagyság alatt erőhatásra a szemcse már nem törik el, hanem összenyomódik, maradónan deformálódik, ridegsége megszűnik. Ez

a jelenség az irodalomban mikroplaszticitás néven vált ismertté, a ridegség tehát nem abszolút anyagi tulajdonság, hanem méretfüggő.

A kollektív folyamatra, vagyis az ipari örlésre rátérve, az egyedileg maradónan deformálódott szemcsék más, rendszerint nagyobb szemcsékhez való agglomerálódása következik be.

Az agglomeráció és a mikroplaszticitás szoros kapcsolatát *Hüttig* tárta fel az „örlési egyensúly” megállapításával [4]. Nevezetes kísérletét vörösréz porával végezte, ahol az őrléményt 60 μm nyílású szitán szétválasztva, majd a két szitálási terméket laboratóriumi golyósmalomban 48 órán át örölve, közel azonos szemcseösszetételű őrléményt kapott: a durva frakció tovább őrlődött és felülről, a finom frakció agglomerálódott és alulról közelítette meg az egyensúlyi állapotot. (1. ábra)

A kísérletet rideg anyagokkal (üveggel, márvánnyal) ismételve szintén bekövetkezett az egyensúlyi állapot, de jóval finomabb szemcsézettel: a rideg anyagok bizonyos szemcseméret alatt „mikroplasztikussá” váltak, fémek módjára viselkedtek.

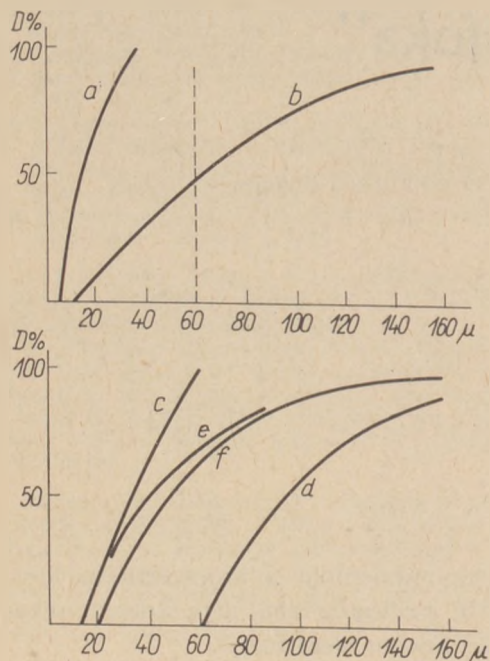
Az agglomerációt saját korábbi munkánkban épp ezért a fémek kalapálásos hegesztésével tekintettük analógnak [5].

Az agglomerációnak az örlési folyamatban való érvényesülését *Papadakis* a *Rittinger*-képlet módosításával írta le [6]:

$$\Delta F = ABW \quad (1)$$

ahol ΔF a felületnövekmény, W a felhasznált energia, B a fajlagos örlési energia cm^2/joule egységekben és A nevezetlen egynél kisebb szám, megadva az agglomeráció okozta felületvesztést. Nagyságát *Papadakis* szerint golyósmalmokra az

$$A = 1 - \frac{1}{e^b D d^m} \quad (2)$$



1. ábra. Az őrlési egyensúly kialakulása [4], szemcseméret eloszlási görbék

a) kiinduló anyag; b) 110 órai őrlés után (agglomerálódás); c) 60 μ -nál kisebb frakció; d) 80 μ -nál nagyobb frakció; e) c 48 órai továbbőrlése; f) d 48 órai továbbőrlése

képlet adja meg, ahol D a malom, d az őrletestek átmérője, b és m állandók.

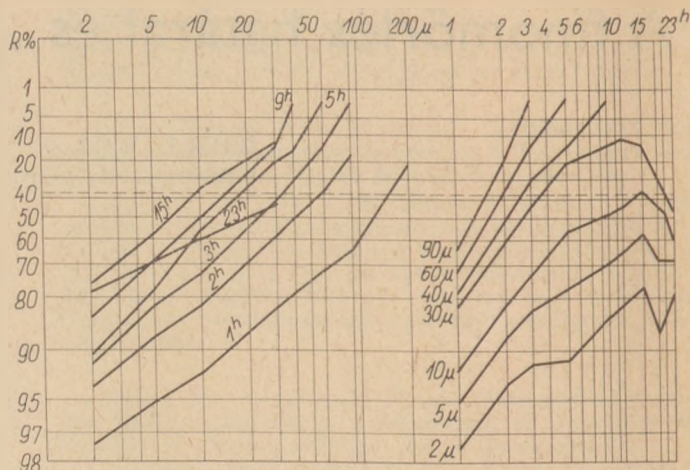
Nagyobb malomátmérő és nagyobb őrletestátmérő, vagyis az őrletestbehatások nagyobb energiaközlése, az őrlési energia túladagolása agglomerációt okoz.

Saját korábbi vizsgálatainkban [7] az őrlemény szemcseösszetételének alakulását tanulmányozva az őrletestbehatások energiájának növelésével a szemszerkezeti szórás növekedését állapítottuk meg.

Ebből pedig az következik, hogy nagy szemszerkezeti szórás (pl. a Rosin—Rammler eloszlási képlet kis egyenletességi tényezője) az agglomerációnak ismérve. Ha az őrlés előrehaladásával a szemszerkezeti szórás növekedni (az n egyenletességi tényező csökkenni) kezd, a további energiaráfordítás haszontalan, elérkeztünk az őrölhetőség határához. Ugyancsak következik, hogy lágy anyagok, amelyek őrleményének kicsi az egyenletességi tényezője, nagy finomságra nehezen őrölhetők. Így pl. a lágy mészkő ($n=0,7$) hamarabb agglomerál, mint a kemény kvarc ($n=1$).

Az agglomerálódás és a velejáró szemszerkezeti szórás fellépése jól látható a saját korábbi kísérleti anyagunkból származó és kvarchomok őrlésére vonatkozó 2. ábrából. [7].

Felületaktív anyagok adagolása egyébként tud-



2. ábra. Kvarchomok száraz őrlése. Szemcseméret eloszlás alakulása RR ábrázolásban [7]

valevőleg leköti a szabad energiát, és ezzel a finom-őrlés lehetőségét előmozdítja. E kérdéssel itt nem foglalkozunk.

3. Az aprítás „hatásfoka”

3.1. A Rittinger-féle elv szerint az aprítási művelet eredménye az új felület. Smekal [1] ennél tovább ment. Ő az aprítás energetikai eredményének a feltárt felület felületi energiáját tekintette és ezzel bevezette az aprítás hatásfokának fogalmát. Miután pedig pl. kvarc fajlagos felületi energiája elméleti úton meghatározva kb. 10^3 erg/cm², az üzemi malom pedig 1 t anyagot kb. 7000 cm²/g BET felületre 30 kWó energiaráfordítással őröl, átszámítva a „hatásfok” kb. 0,7%-ra adódik.

Smekal ezen állítása általánosan elfogadottá vált és az idevágó szakirodalomban sűrűn idézik. A következőkben ezt a kérdést kívánjuk elemezni.

Energiaátalakító gép hatásfokát az általánosan elfogadott definíció szerint egy tört adja meg, melynek nevezőjében a bevezetett energia (W), számlálójában a hasznosított energia (w) szerepel.

$$\eta = \frac{w}{W} \quad (3)$$

A nem hasznosított energia érezhető hővé (h) alakul, vagyis

$$\eta = \frac{W-h}{W} \quad (4)$$

Amennyiben tehát az őrlési művelet hatásfoka valóban tized százalék nagyságrendű, akkor a bevezetett energiát a mérési hibahatáron belül teljes egészében hő formájában kell megtalálnunk.

A magyar cementiparban nagyüzemi malmokon végzett vizsgálataink energiamérlegei azonban érdemleges (10–20%) hiányt mutattak.

E tekintetben nagy felkészültséggel végzett vizsgálatok során Schellinger hasonló eredményre jutott. A bevezetett energiát nyomatékméréssel határozta meg, a laboratóriumi golyósmalmot pedig kaloriméterbe helyezte. A malmot anyag nélkül, csupán őrlőtesttel feltöltve hó formájában valóban visszanyerte a teljes bevezetett energiát, ha azonban a malomban rideg anyagokat őrlött, mutatkozott a 10–20% hiány, vagyis ekkora a „hatásfok” [8].

Vizsgálatait nagyüzemi malmon is elvégezte, hasonló és a mienkkel egyező eredménnyel [9].

Schellinger ebből arra következtetett, hogy pl. a kvarc fajlagos felületi energiája 107 000, a kalicité 32 400 erg/cm², fizikokémiai megfontolások alapján elfogadhatatlan értékek.

E kérdést több neves kutató boncolgatta, anélkül, hogy egyértelmű magyarázatot találtak volna.

Rose [10] kvarcnak rezgőmalomban őrlésére a következő energiamérleget adja meg:

mechanikai veszteségek	37,2%
köpenyvesztés	46,8%
anyagmelegedés	12,0%
fázisátalakulás	3,7%
felületi energia és mérési hiba	0,3%

Hiorns [11] a következő összeállítást adja:

üresjárat	25–30%
felületképzés	5–10%
súrlódás	40–50%
egyéb folyamatok	15–20%

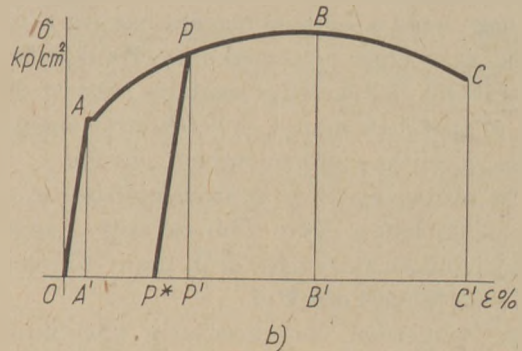
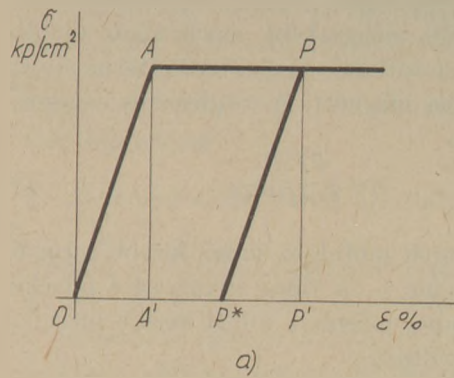
Egyiknél sincs megadva, hogy a „fázisátalakulás”, illetve „egyéb folyamatok” mennyiben mutatkozik érezhető hó formájában.

Hukki [12] e tanulmány szerzőjének kongresszuson elhangzott kérdésére válaszolva, irodalmi hivatkozásokra támaszkodva az aprítási műveletre formálisan kétféle, egymástól eltérő hatásfokot különböztet meg: a felületi energiára és a hőfejlődésre vonatkoztatottat.

Érdeemes megemlíteni, hogy az irodalomban a lényegét megkerülve a felületi energia („surface energy”) helyett sokszor hol a felületképzés („surface formation”), hol a törési energia („fracture energy”) kifejezést használják, ugyancsak a nem magyarázott 2 nagyságrendnyi eltérés kiküszöbölésére.

Az energiamérlegre támaszkodva nyilvánvaló, hogy az őrlés folyamán az anyag energiatartalma megnő és a felületi energián kívül más energiát is felvesz.

Anélkül, hogy az energiamérleg számszerű elemzésébe belemennénk, kvalitatív mértékben elemezni kívánjuk az energiatartalom növekedésének egyes



3. ábra. Plasztikus alakváltozás feszültségnyúlás ábrája
a) idealizált folyamat; b) acél alakváltozása

lehetőségeit, a plasztikus deformációt, a mechanikai aktiválást és az amorfosodást.

3.2. A közkeletűen ridegnek tekintett anyagok, mint fentebb szó volt róla, bizonyos, általában mikroszkopikus nagyságrendű szemcsehatárok alatt ridegségüket elvesztik és maradó alakváltozásra képesek válnak.

A következőkben ennek a maradó alakváltozásnak energetikai vonatkozásait vizsgáljuk.

A 3. ábrán a képlékenységtanban szokásos idealizált, illetve az analógiára való tekintettel acélok közismert feszültség-nyúlás diagramját látjuk. A diagramról leolvasható értékek: AA' a rugalmassági határ, BB' a szilárdság, OA vonal dőlése a rugalmassági modulus, OABCC'O terület az anyag deformációs energiatartalmának mérőszáma.

Ha az anyagot pl. P pontig terheljük, a bevezetett energia mérőszáma az OAPP'O terület.

A képlékenységtan ismert tétele értelmében a képlékenyen deformált anyag leterhelődése ismét a Hooke-törvény szerint, vagyis lineárisan megy végbe. Az acélanyag P pontig terhelve, leterheléskor a P' pontig tér vissza, rugalmassági határa PP' értékre nőtt meg, de energiatartalma az OAPP'O területtel csökkent, ez az energia hővé alakult. Kérdés, mit történt a PP'P+ területtel ábrázolt energiával? Ha az anyagot mechanikai munkavégzés nélkül leterheljük, nyilván ez is hő

formájában jelentkeznek. De ha megterhelve tartjuk, potenciális energiaként mechanikai munka végzésére hasznosítható, ezzel a területtel az anyag energiatartalma megnőtt. A megfeszítés energetikai hatásfoka

$$\eta = \frac{PPP^+}{OAPP'O} \quad (5)$$

A hatásfok annál jobb lesz, minél kisebb a rugalmassági modulus — és rideg anyagoké a fémekénél jóval kisebb, másrészt minél kisebb mérvű a maradó alakváltozás.

Az analógiát a mikroplasztikussá vált, eredetileg rideg anyagszemcsére alkalmazva azt állapíthatjuk meg, hogy a szemcse magára hagyva leterhelődnek, az energia hővé alakulna. Ha azonban agglomerálódik, feltehetőleg legalább részben deformált állapotában marad, a befektetett energia egy része az anyag energiatartalmát növelte.

3.3. Az utóbbi években az irodalomban, de az ipari gyakorlatban is egyre több szó esik az anyagok „mechanikai aktiválás”-áról, amit rezgőmalomban való őrléssel érnek el.

Ennek energetikai vonatkozásai a következők [13]: a kristályos diszperz rendszert felépítő atomok nagy része a szemcsén belül (számuk n_i), egy része a felületen (számuk n_o) helyezkedik el.

Ha a rendszer atomjait (ionjait) környezetükből kiemelve elméletileg végtelen távolságra visszük, az E kötési energiát kell legyőznünk, belső atomokra $n_i E_i$, külső atomokra $n_o E_0$ energiát. A rendszer teljes kötési energiája

$$E = n_i E_i + n_o E_0 = n E_i - n_o (E_i - E_0) \quad (6)$$

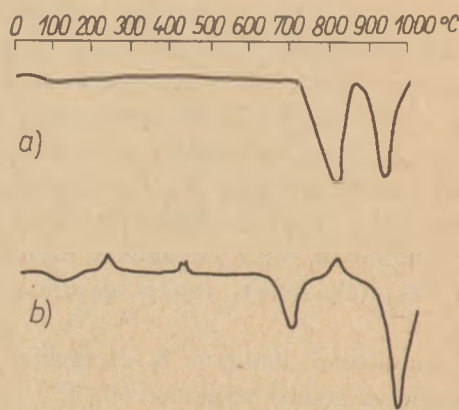
Az első tag, $n E_i = E_u$ a rendszer kötési energiája, vagyis a kristály rácsenergiája, a második tag $n_o (E_i - E_0) = S E_F$ a rendszer szomszédos, belső atomokkal le nem kötött felületi energiája, ahol S a tömegegységre eső fajlagos felület, E_F a fajlagos felületi energia.

Ha a rendszer az 1 jelzésű állapotból mechanikai energia ráfordításával a 2 jelzésű állapotba kerül, az energiatartalom növekedése

$$\Delta E = E_1 - E_2 = (E_{u1} - E_{u2}) - E_F (S_1 - S_2) = \Delta E_u + E_F \Delta S \quad (7)$$

lévén $E_{u1} > E_{u2}$ és $S_2 > S_1$. Az első tag, ΔE_u , a rácsenergia felszabadulása, a Smekal-féle definícióban nem szerepel, a második tag a Smekal szerinti hasznosított energia.

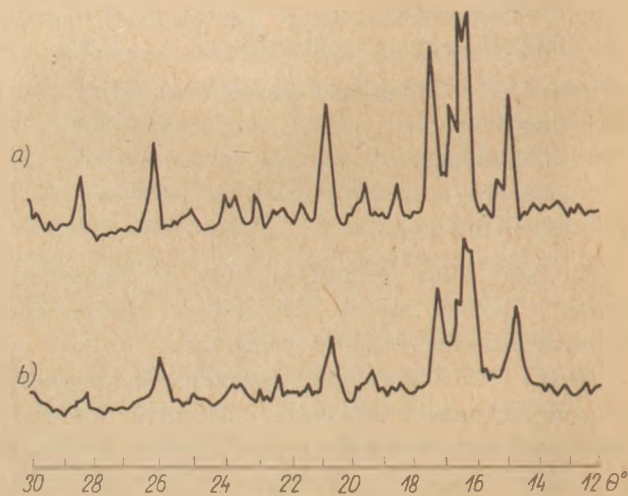
Juhász e tárgyú kísérletei alapján [13] csupán dolomitnak rezgőmalomban 32 órás őrlésekor felvett DTA görbét mutatjuk be, (4. ábra) ahol az exoterm csúcsok az anyag energiatartalmának növekedését tanúsítják.



4. ábra. Dolomit őrlése rezgőmalomban (13)

a) DTA görbe kiinduló állapotban; b) 32 órás őrlés után

3.4. Az irodalomból ugyancsak ismeretes, hogy kristályos anyagok őrlésekor anyagszerkezeti változások lépnek fel, amit a röntgendifraktogramon a csúcsok ellaposodása jelez. Saját korábbi kísérleteinkből [5] bemutatjuk portlandcement klinker laboratóriumi golyósmalomban 1 és 90 órás őrlésekor felvett difraktogramot. (5. ábra) A diagram menete azt igazolja, hogy a rendezettség, kristá-



5. ábra. Klinkerőrlemény röntgendiffrakciós felvétele [5]

a) 1 órás őrlés, 1800 cm²/g Blaine felület; b) 90 órás őrlés, 10 000 cm²/g Blaine felület

lyosodottsági fok csökkent, az energiatartalom nőtt.

3.5. A 3.2., 3.3 és 3.4. pontokban leírt és egymást bizonyítva túl is fedő folyamatok számszerű értékeléséhez egyelőre hiányoznak az egzakt mérési eredmények. Nyilvánvaló azonban, hogy az őrlés következtében a felületi energia növekedése mellett más, az anyag energiatartalmát növelő folyamatok is végbemennek, a felületi energiánál jóval nagyobb energia hasznosul és nem alakul hővé.

Némi nagyságrendi becslésre azért vállalkozhatunk: 1 g kvarc 7000 cm²/g BET felületre őrlése-

kor nyerünk mintegy $7000 \times 10^3 = 7 \times 10^6$ erg/g felületi energiát.

A kvarcit nyomószilárdsága 2800 kp/cm^2 , rugalmassági modulusa $600\,000 \text{ kp/cm}^2$. A 3.2. pont szerint hővé nem alakuló rugalmassági munka számítható az ismert $\sigma^2/2E$ cmkp/cm³ képlettel és adódik átszámítva $2,6 \times 10^6$ erg/g. Vagyis, még ha a kvarc teljes tömegében plasztikusan deformálva maradna is, az anyag energiataralma a felületi energiához viszonyítva érdemlegesen nem nőne.

Egészen más eredményre jutunk a mechanikai aktiválás (rácsenergia felszabadulása, amorfosodás) tekintetében.

Kvarc rácsenergiája különböző irodalmi adatok szerint mintegy 3000 kcal/mol , vagy átszámítva kb. 2×10^{12} erg/g, az őrléskor nyert felületi energiánál 5–6 nagyságrenddel nagyobb. Kérdés, hogy az őrlött anyag tömegének milyen hányada aktiválódik. Némi támponttal — dolomitra — a 4. ábra szolgál, ahol az exotherm hőmennyiség a dolomit disszociációs hőjének (mintegy 400 kcal/kg , vagyis $1,6 \times 10^{12}$ erg/g) néhány százaléka.

Hatásos őrléses aktiválás esetén tehát a felületi energiánál mintegy 2 nagyságrenddel nagyobb energia hasznosítása is sikerülhet.

3.6. A rideg anyagok aprításával analóg művelet a fémek forgácsolása, itt is új felületeket állítunk elő mechanikai energia befektetésével. Bár tudomásunk szerint soha senkinek nem jutott eszébe itt is „hatásfokot” számítani, érdekesnek tűnik ezt a számítást elvégezni.

Gépészeti kézikönyvek adatai szerint 1 mm vastag acélforgács leválasztása kb. 200 kp/mm erő igényel, vagyis a forgács két oldalát számítva az energiaszükséglet 10 mkp/cm^2 .

Cementőrlésnél ugyanekkor kb. $7000 \text{ cm}^2/\text{g}$ (BET) felületet nagyüzemileg 30 kWó/t ráfordítással állítanak elő, átszámítva a fajlagos energiaigény $1,6 \times 10^{-3} \text{ mkp/cm}^2$. Minthogy pedig fémek és rideg anyagok fajlagos felületi energiája között nincs nagyságrendi eltérés, a cementőrlés ipari „hatásfoka” négy nagyságrenddel jobb, mint az acélforgácsolásé.

3.7. A „hatásfok” taglalását más munkagépekre is kiterjeszthetjük.

Az aprítás, a felületképzés mechanikai energia ráfordításával felületi energiát állít elő.

Ugyanakkor az egyesítés, agglomerálás ennek megfelelően a felületi energiát felszabadítja. Ebből pedig az következne, hogy pl. egy brikettpréss elméletileg energiát termel és nem fogyaszt. Ha tehát kitarunk a Smekal-féle hatásfokdefiníció mellett, akkor a brikettpréss hatásfoka negatív szám.

De még tovább menve, pl. egy textilipari gépnél a hatásfoknak már semmi értelmezése sem lehetséges.

4. Következtetések

Következtetéseinket tehát így foglalhatjuk össze:

1. Rideg anyagok tetszőleges finomságra nem őrlhetőek. Az anyag mikronos nagyságrend alatt mikroplasztikus állapotba kerül, és további energiáfordítás annak agglomerálódását idézi elő, a szemcseméreteloszlás szórásának egyidejű növekedésével.

2. Rideg anyagok aprításánál a befektetett mechanikai energia a felületi energia mellett más, hővé nem alakuló, tehát energetikai szemlélet mellett hasznosnak tekintendő energiát is létrehoz, a „hatásfok” az általánosan említett tizedszázalékos értéknél nagyságrendekkel jobb.

3. Csupán a felületi energiát hasznosnak tekintve a rideg anyagok őrlése más munkagépek folyamataival összehasonlítva kivételesen kedvező hatásfokú.

4. Általánosabb szemlélet mellett rideg anyagok aprítási műveleteinél hatásfokról beszélni nem indokolt.

IRODALOM

- [1] Smekal, A.: Grundvorgänge der Hartzerkleinerung. Zeitschr. VDI 81 (1937), 1321–1326.
- [2] Rumpf, H.: Über grundlegende physikalische Probleme bei der Zerkleinerung. Symp. Zerkleinern, Verlag Chemie, Weinheim, VDI Verlag Düsseldorf, 1962. 1–30.
- [3] Schönert, K., Steiner, K.: Die Grenze der Zerkleinerung bei kleinen Korngrößen. Chemie Ingenieur Technik 43 (1971), 773–777.
- [4] Hüttig, G. F.: Neue Beobachtungen bei Zermahlungsvorgängen und deren Deutung. Dechema Monographien Band 21 (1952), 96–115.
- [5] Beke, B., Opoczky, L.: Portlandcementklinker őrlésekor fellépő anyagszerkezeti változások. Kémiai Közlemények 27 (1967), 63–72. Strukturänderungen bei der Klinkervermahlung zu extremen Feinheiten. Zerkleinern, Dechema Monographien Band 57 (1967), 495–508.
- [6] Papadakis, M.: Contribution à l'étude des broyeurs à boulets industriels. Revue des Matériaux de Constructions 542 (1960), 295–308.
- [7] Beke, B.: Órlési folyamatok lefolyása és egyensúlyi állapota. Építőanyag 13 (1961), 241–252. Le processus du broyage et son état d'équilibre. Revue des Matériaux de Constructions 558–559 (1962) 73–82, 115–121.
- [8] Schellinger, W.: Solid Surface Energy and Calorimetric Determinations of Surface-Energy Relationships for Some Common Minerals. Mining Engineering, April 1952., 369–374.
- [9] Schellinger, K.—Lalkaka, R. D.: Approximation of the Energy Efficiencies of Commercial Ball Mills by the Energy Balance Method. Mining Engineering, June 1951., 523–524.
- [10] Rose, H. E.: A Comprehensive Theory of the Comminution Process. Mint 5, 27–62.
- [11] Hiorns, F. J.: Energy Conversion in Milling. Mint 5, 165–181.

- [12] *Hukki, R. T.—Reddy, J. G.*: The relationship Between Net Energy Input and Fineness in Comminution. *Mint* 5, 313—339.
- [13] *Juhász, Z.*: Szilikátanyagok mechanokémiai aktiválása. *Kémiai Közlemények*, 31 (1969), 227—266.

Beke Béla: A finomörlés határai és „hatásfoka”

Rideg anyagok szemcséi a mikronos nagyságrend alatt mechanikai energiaközlésre nem törnek, hanem maradónan deformálódnak. A „mikroplasztikussá” vált szemcsék kollektív folyamatban agglomerálódnak, a méretelosztás durvább és szórtaabb lesz. Nagy szórású szemcseméretelosztás agglomerációra való hajlamosságot jelent.

Az aprítás hatásfokának elterjedt definíciója, mely szerint a hasznos munka felületi energia formájában mutatkozik és a hatásfok értéke 1% alatti, nem tartatható.

Az anyag energiataralmának növekedése más formában, elsősorban a rácsenergia változásában is meg nyilvánul és a hővé nem alakult energia mértéke gyakorlati vizsgálatok eredményei szerint 10—20% körüli. A felületképzés hatásossága rideg anyagok örlésénél jóval kedvezőbb, mint a fémek forgácsolásánál. Vitatható, hogy nem energiaátalakító munkagépeknél értehető-e egyáltalán a hatásfok fogalma.

Beke, B.: Границы и „коэффициент полезного действия” тонкого помола

Зерна упругих материалов после достижения микронных размеров при дальнейшем влиянии механических нагрузок не разрушаются, а претерпевают пластическую деформацию. Такие претерпевшие „микрoпластическую” деформацию зерна в коллективном процессе агрегируются, распределение по размеру становится более грубым и более разбросанным.

Распространенная в настоящее время формулировка коэффициента полезного действия измельчения, согласно которой полезная работа проявляется в форме поверхностной энергии, и составляет менее 1%, подлежит изменению.

Увеличение энергии материала проявляется также и в других формах, прежде всего в изменении энергии решетки, и размер энергии, не превратившейся в тепло, согласно результатам практических испытаний, составляет 10—20%. Эффективность образования поверхности при помолe упругих материалов гораздо благоприятнее, чем при резке металлов. Дискуссион-

ным остается вопрос, может ли вообще быть точно определено понятие коэффициента полезного действия для рабочих машин, не превращающих энергию.

Beke, Béla: Die Grenzen und der „Wirkungsgrad“ der Feinmahlung

Die Körner spröder Stoffe unter mikronischer Größenordnung, lassen sich durch mechanischer Energiezuführung nicht zerkleinern, sondern erleiden eine dauernde Deformation. Im Laufe eines kollektiven Prozesses agglomerieren die „mikroplastisch“ gewordenen Körner, ihre Größenverteilung wird gröber und erhält eine größere Streuung. Die große Streuung der Korngrößenverteilung deutet auf eine Neigung zur Agglomeration.

Die bekannte Definition des Wirkungsgrades der Zerkleinerung, wonach die nützliche Arbeit als Oberflächenenergie zum Ausdruck kommt und der Wert des Wirkungsgrades unter 1% beträgt, läßt sich nicht halten.

Der Anwuchs des Energiegehaltes des Mahlgutes zeigt sich in anderer Form, vor allem in der Änderung der Gitterenergie und der Anteil der nicht in Wärme umgesetzten Energie beträgt gemäß der Ergebnisse praktischer Untersuchungen 10 bis 20%. Die Wirksamkeit der Oberflächenbildung ist beim Mahlen spröder Stoffe wesentlich günstiger als bei Spanabhebungsarbeiten an Metallen. Es kann bestritten werden ob bei nicht energieumsetzenden Arbeitsmaschinen der Begriff des Wirkungsgrades überhaupt ausgelegt werden kann.

Beke, Béla: Limits and „Efficiency” of Fine Grinding

Particles of rigid substances in the size of micron or less will not be broken by mechanical energy, but suffer lasting deformation. These „microplastic” particles are agglomerated in a collective process, particle size distribution will be coarser and less uniform. A scattered particle size distribution always means an inclination to agglomeration.

The definition of comminution „efficiency” according to which useful energy manifests itself only as surface energy, and efficiency is < 1%, is not valid. The energy content of the substance manifests itself in an increased lattice energy too and this is not converted into heat either; useful energy may be as high as 10—20%. The efficiency of new surface formation of rigid substances by comminution is even higher than surface formation by metal turning. The word „efficiency” is meaningless in shaping machines (including crushers, mills too) and should be restricted to energy transforming machines only.

Egyesületi élet

Az Üvegszakosztály 1972. XI. 23. és 24-én kétnapos ankétot rendezett Miskolcon, amelyen a hazai üveg-olvasztó kemencék jelenlegi helyzete és fejlesztésének iránya került tárgyalásra. Az ankéton az üvegipar olyan szakemberei vettek részt, akik a kemencefejlesztési munkákban közvetlenül részt vesznek, ennek a területnek a legjobb ismerői.

Szalontai Károly vezérigazgató-helyettes elnökölt és értékelte az előadásokat, valamint a hozzászólások alapján kialakult vitát.

A program alapján az alábbi előadások hangzottak el:

Fodor Károly (Sajószentpéteri Üveggyár)

A hazai öblösüvegolvasztó kemencék műszaki és gazdasági színvonala.

Wilweger Ferenc (Salgótarjáni Sík-üveggyár)

A hazai táblaüveg olvasztó kemencék műszaki és gazdasági színvonala.

Magulya László (Parádi Üveggyár)

A kis ölomüveg és kristályüveg olvasztó kemencék műszaki és gazdasági színvonala.

Németh László (Nagykanizsai Üveggyár)

A boroszilikát üvegolvasztó kemencék műszaki és gazdasági színvonala.

Száder Rudolf (Üvegipari Művek)

A korszerű hővisszanyerők alkalmazása a hazai üvegiparban.

Alexi Tibor (SZIKKTI)

Az üvegolvasztó kemencék földgázellátásának problémái.

Bálint Sándor (Orosházi Üveggyár)

A hazai kemencék műszerezési színvonala.

Bocsi Imre (SZIKKTI)

Kemence modellezés szerepe a gazdaságosabb kemencék kialakításában.

Déry Attila (SZIKKTI)

Összehasonlító értékelés a hazai és külföldi üvegolvasztó kemencék színvonaláról a fejlesztés irányvonalának tükrében.

Az előadásokat sok hozzászólás és széleskörű vita követte. Különösen a fémredukátor alkalmazása és az elektromos pótfűtés kérdéséhez szölkáltak hozzá a résztvevők.

A szakemberek értékes tapasztalatokat szereztek, úgy a kemence konstrukciók fejlesztése, mint az üzemeltetések terén.

Az ankét másnapján megtekintésre került a Miskolci Üveggyár fémredukátorral működő hengerelt üveg-olvasztó kemencéje, valamint a Sajószentpéteri Üveggyár „U” lángú zöldüveg olvasztó kemencéje, melynek műszaki és gazdasági mutatói megközelítik az élenjáró nemzetközi szintet.

Deák Mihály

Cementgyári nyersanyagok felhasználásának irányelvei, összefüggésben a terner rendszerek tanulmányozásával

TURBÉKI J. PÉTER

Cementipari Művek Lábatalani gyára

A cementgyártásban, mint általában az ipar legtöbb ágában, a termékek különböző mutatóinak betartása kötelező érvényű. A cementeket ezen mutatók segítségével minősítik. A különböző mutatók (pl. szilárdság, összetétel, térfogatállandóság, szulfátállóság) általában nem függetlenek.

A mutatók között meghatározó szerepet játszik a kémiai összetétel. (pl. ha egy cement szilárdsága gyenge, összetétele jó is lehet, de ha szilárdsága megfelelő, összetétele feltétlenül jó.)

Egy cement gyártásánál — különösen speciális termék esetén — a legnagyobb problémát a szükséges összetétel biztosítása jelenti. Az összetétel beállításánál általában a következő változók szerepelnek: a nyersanyagok összetétele (2–4 változó), az őrlőtestek és egyéb alkotórészek kopásából fellépő járulékos vasmennyiség, széntüzelés esetén a szén hamutartalma, valamint a szállópor felhasználása esetén a szállópor mennyisége. A gyakorlatban az utóbbi változók mindegyike közelítően arányos a nyersanyagok mennyiségével, így kiküszöbölhető.

A cement gyártásánál a nyersanyagok szempontjából a következő kérdések merülnek fel:

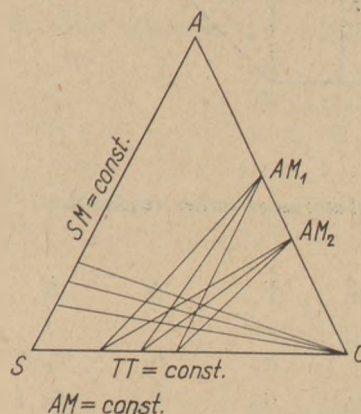
1. Előállítható-e a szükséges összetétel a rendelkezésre álló nyersanyagokból?
2. Milyen nyersanyag-fajlagosok szükségesek a megfelelő összetétel biztosításához?
3. A nagyobb intervallumban változtatható paraméterek milyen értékénél tudja a bánya a nyersanyagigényt legkönnyebben kielégíteni?

Az első kérdésre adandó választ a bányamintázások átlageredményei alapján határozhatjuk meg. (A meghatározás módjának ismertetésénél célszerű a 4-komponensű esettel foglalkozni, ennél bonyo-

lultabb összetételű cementet csak igen különleges célokra gyártanak.) A négy nyersanyagból egyet — a többi háromhoz való megfelelő arányú hozzáadás útján — kiküszöbölhetünk.

A három kiegészített komponens összetételét terner-rendszerben ábrázolva egy háromszöget kapunk. Amennyiben a szükséges iszap vagy liszt összetétele a háromszög belső, 2 szabadsági fokú területére esik, gyártásához 3 komponens, amennyiben az 1 szabadsági fokú szakaszokra esik, 2 komponens szükséges. A háromszög területén kívüli összetételek a három adott nyersanyagból nem állíthatók elő. Különleges esetben az iszap- ill. liszt-összetétel megegyezhet valamely nyersanyag összetételével, így naturcement előállítására nyílik lehetőség. Az 1. ábrán bemutatjuk a $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ terner torzított diagramján a lábatalani S 54-es klinker összetételét.

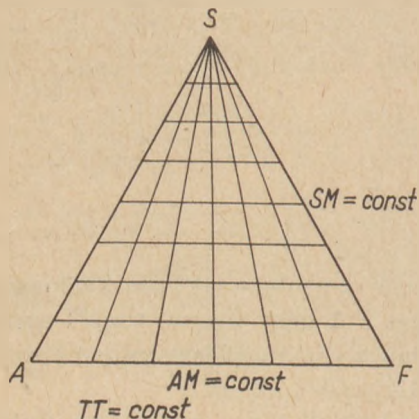
A második és harmadik kérdés eldöntése első megközelítésben szintén elvégezhető a már ismertetett grafikus eljárások segítségével. Pontosabb tájékozódás céljából azonban a fajlagosokat számításokkal határozzuk meg.



1. ábra. $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ terner rendszer (torzított) diagramja

* Az 1972. szept. 7-i pécsi „Szilikátipari Ifjúsági Napok”-on tartott előadás

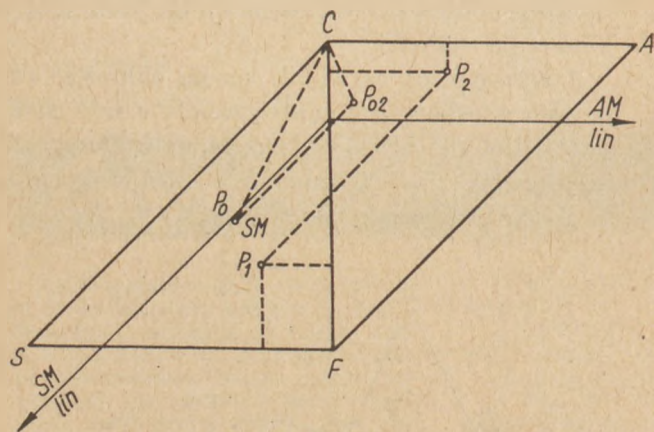
A második kérdésre adott válasz konkrét, összetartozó fajlagosokat szolgáltat, míg a harmadik kérdés a fajlagosok és egy változó közötti függvénykapcsolat vizsgálatát követeli meg. Konkrét függvény helyett többnyire gyorsabb és célszerűbb egy értéksort meghatározni, amelyet diagramban ábrázolva szemléletes képet kapunk a várható nyersanyag-szükségletről.



2. ábra. Fajlagosok meghatározása terner rendszerben (AM = állandó)

A számítás módszere igen különböző lehet, függ a szükséges pontosságtól, a komponensek számától, a rendelkezésre álló számolási segédeszközöktől.

Az elektronikus megoldású számoló- és számítógépek gyors elterjedése lehetővé teszi olyan számítási módszerek alkalmazását, amelyek kézi számológéppel csak nehézkesen voltak elvégezhetőek. Az újabb típusú, memóriával rendelkező számoló-



3. ábra. Fajlagos meghatározása terner rendszerben (TT = állandó)

Komp.	fajl.	F	A	S	C	$A_i - TTB_i$	$c_i - SM(a_i + b_i)$	$b_i - AMa_i$
I.	x_1	a_1	b_1	c_1	d_1	p_1	q_1	r_1
II.	x_2	a_2	b_2	c_2	d_2	p_2	q_2	r_2
III.	x_3	a_3	b_3	c_3	d_3	p_3	q_3	r_3
IV.	x_4	a_4	b_4	c_4	d_4	p_4	q_4	r_4

gépek alkalmazásával jelentősen növelhető a számítás sebessége. Magától értetődő, hogy a gyakrabban végezhető ellenőrzések nagymértékben megkönnyítik a gyártási folyamat stabilizációját.

Az összetételszámítás kiindulásaként adott a nyersanyagok, és a gyártott végtermékek összetételének mátrixa:

Komponens fajlagos Fe_2O_3 Al_2O_3 SiO_2 CaO

$$\begin{matrix} \text{I.} & x_1 & \begin{bmatrix} a_1 & b_1 & c_1 & d_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 & d_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 & d_3 \\ a_4 & b_4 & c_4 & d_4 \end{bmatrix} \\ \text{II.} & x_2 & \\ \text{III.} & x_3 & \\ \text{IV.} & x_4 & \end{matrix} = A^*$$

$$\begin{matrix} \text{termék:} & t_1 & 1 & \alpha_1 & \beta_1 & \gamma_1 & \delta_1 \\ & t_2 & 1 & \alpha_2 & \beta_2 & \gamma_2 & \delta_2 \\ & t_3 & 1 & \alpha_3 & \beta_3 & \gamma_3 & \delta_3 \\ & t_4 & 1 & \alpha_4 & \beta_4 & \gamma_4 & \delta_4 \end{matrix} = B^*$$

A^* és B^* mátrix A és B mátrix transzponáltja.

Az ebből felállítható mátrixegyenlet:

$$Ax = B$$

$$A^{-1}Ax = [1]x = A^{-1}B = I'$$

Minden összetételszámításnál ezen mátrixegyenlet „x” vektorát keressük, eltérés csak a megoldás módszerében mutatkozik. Az alkalmazott módszerek nagymértékben különböznek egymástól. A gyakorlatban alkalmazható módszerek a következők:

1. Grafikus módszerek

- a) egypontos „ G_1 ”
- b) kétpontos „ G_2 ”

2. Numerikus módszerek:

- a) Hiánymódszer, determinánsal „HD”
- b) Crout-féle redukció „C”
- c) Smith-algoritmus „S”

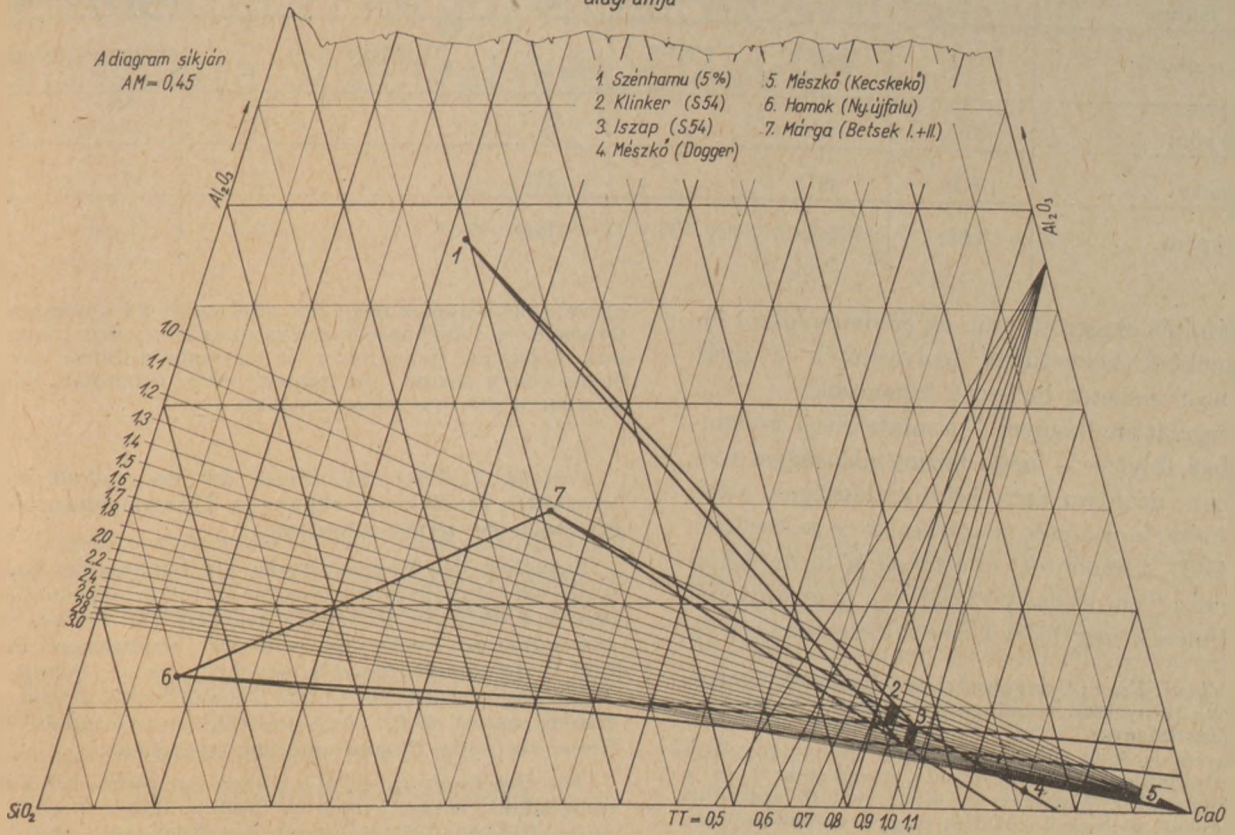
A módszerek rövid ismertetése:

1/a) A nyersanyagokat terner rendszerben ábrázolva az emelőszabály segítségével határozzuk meg a fajlagosokat. Négy komponens esetén egyet kiküszöbölünk a TT vagy az AM előzetes beállításával.

1/b) A fajlagosokat szintén szakaszok arányából állapíthatjuk meg, az összetételt két pont jellemzi.

2/a) A leggyakrabban alkalmazott módszer, négykomponensű esetben a megoldás sémája a következő:

CaO-Al₂O₃-SiO₂ terner rendszer (torzított) diagramja



4. ábra. Fajlagosok meghatározása szakaszok arányából

$$TT = \frac{d_i - kb_i - la_i}{mC_i} = \frac{A_i}{B_i} \begin{cases} p_2x_2 + p_3x_3 + p_4x_4 = -p_1 \\ q_2x_2 + q_3x_3 + q_4x_4 = -q_1 \\ r_2x_2 + r_3x_3 + r_4x_4 = -r_1 \\ x_1 = 1 \end{cases} \text{Def.}$$

$$AM = \frac{b_i}{a_i}; SM = \frac{c_i}{a_i + b_i}$$

Alkalmazása összetétel-sorozatok számítására nem célszerű. (A gyök-determinánsok a végösszetétel függvényei.)

2/b) A módszer minimális lépésben adja a megoldást. Hátránya a gyökök különböző pontossága. Jól programozható.

$$\alpha_{ij} = a_{ij} - \sum_{k=1}^{j-1} \alpha_{ik}\alpha_{kj} \quad i \geq j$$

$$\left[\begin{array}{cccc|cccc} a_1 & a_2 & a_3 & a_4 & \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 & \alpha_4 \\ b_1 & b_2 & b_3 & b_4 & \beta_1 & \beta_2 & \beta_3 & \beta_4 \\ c_1 & c_2 & c_3 & c_4 & \gamma_1 & \gamma_2 & \gamma_3 & \gamma_4 \\ d_1 & d_2 & d_3 & d_4 & \delta_1 & \delta_2 & \delta_3 & \delta_4 \end{array} \right]$$

$$\left[\begin{array}{cccc|cccc} 1 & 0 & 0 & 0 & x_{11} & x_{12} & x_{13} & x_{14} \\ 0 & 1 & 0 & 0 & x_{21} & x_{22} & x_{23} & x_{24} \\ 0 & 0 & 1 & 0 & x_{31} & x_{32} & x_{33} & x_{34} \\ 0 & 0 & 0 & 1 & x_{41} & x_{42} & x_{43} & x_{44} \end{array} \right] \rightarrow \Gamma$$

$$\alpha_{ij} = \frac{1}{\alpha_{ii}} \left[a_{ij} - \sum_{k=1}^{i-1} \alpha_{ik}\alpha_{kj} \right] \quad i < j$$

$$\beta_i = \frac{1}{\alpha_{ii}} \left[b_i - \sum_{k=1}^{i-1} \alpha_{ik}\beta_k \right]$$

$$x_i = \beta_i - \sum_{k=i+1}^n \alpha_{ik}x_k$$

2/c) Mátrixinverziós módszer, igen jól programozható. Gyökei azonos pontosságúak. Összetétel-sorozatok számítására a legalkalmasabb módszer.

$$\left[\begin{array}{cccc|cccc} 1 & a_2 & a_3 & a_4 & \alpha_4 & \alpha_2 & \alpha_3 & \alpha_4 \\ & a_1 & & a_1 & a_1 & a_1 & a_1 & a_1 \\ 0 & b_2 - b_1 & a_2 & & & & & \\ & a_1 & & & & & & \\ 0 & c_2 - c_1 & a_2 & & & & & \\ & a_1 & & & & & & \\ 0 & & & & & & & \end{array} \right]$$

A fenti módszerek alkalmazási területét a komponensek száma, valamint a pontosság függvényében a következő táblázat szolgáltatja:

Komp.	2	3		4			Értéksorozatok
megkötés	TT	TTSM	TTAM	TTAMSM			értelemszerűen
Közelítő pont.	G ₁	G ₁		G ₁	G ₂		G ₁
Gyak. pont.	HD	HD		HD	C		C S
Kísérleti pont.	HD	HD	C	HD	C	S	S

A számítás elvégzése után az eredményekről ill. diagramokból közvetlenül leolvashatók a gyár stabil üzemmenetét biztosító fajlagosok.

A vizsgálat eredményei — a mintavételi és elemzési hibák folytán — némi bizonytalansággal rendelkeznek, azonban ezen bizonytalanságok hosszabb időtartam esetén kiszűrhetők és az eredmények kellő támpontot nyújtanak a technológiai folyamat egyensúlyban tartásához a nyersanyagok összetételének nagymérvű megváltozása esetén is.

Turbéki J. Péter: Cementgyári nyersanyagok felhasználásának irányelvei, összefüggésben a terner rendszerek tanulmányozásával

A nyersanyagok felhasználásának irányelveinél a cikk áttekintést ad a vizsgálati módszerekről és a nyersanyagokról. Ismerteti az alkalmazható számítási módszereket, melyek közül ötöt tárgyal részletesebben. A tárgyalás alkalmával kifejti hogy az ún. Smidt-algoritmust tartja megfelelőnek a nyersanyagszámítási módszerek használatánál, annál is inkább, mert ez a módszer programozási lehetőséget is magában foglal.

Az ismertetés a teljességre nem törekszik, de remélhető, hogy sikerül néhány technológiai alternatívával a specializálódás és az általánosítás kiindulási alapját megteremtteni.

Турбеки, Й. Петер: Указания по использованию сырьевых материалов цементной промышленности на основе изучения тройных систем

Статья даёт обзор применяемых сырьевых материалов, методов их испытания, а также приводит методы

расчета, из которых подробно описывает пять методов. Отмечает, что наиболее применимым для расчета сырьевых материалов является т. н. алгоритм-Смита, особенно еще и потому, что данный метод открывает возможность для программирования.

Turbéki, J. Péter: Richtlinien der Verwendung von Rohstoffen der Zementfertigung in Zusammenhang mit der Studie der ternären Systeme

Bezüglich der Richtlinien der Verwendung der Rohstoffe wird ein Überblick über die Untersuchungsmethoden und über die Rohstoffe gegeben. Es werden die anwendbaren Rechnungsverfahren beschrieben und fünf Verfahren eingehend besprochen. Der sog. Schmidt-Algorithmus wird unter den Rohstoffberechnungsverfahren um so mehr als entsprechend bezeichnet, als dieser auch eine Programmierung ermöglicht.

Die Beschreibung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, es ist jedoch zu hoffen, daß mit einigen technologischen Alternativen der Ausgangspunkt der Spezialisierung und der Verallgemeinerung geschaffen werden kann.

Turbéki, J. Péter: Utilization of Cement Raw Materials in Connexion with the Study of Ternary Systems

Raw materials and their testing is discussed; among calculation methods five of them are dealt with in detail. The so-called Smidt-algorithm proved to be the best among all, which includes a programming possibility too.

Egyesületi élet

A Szilikátipari Tudományos Egyesület kaposvári csoportja 1972. XII. 6-án, klubnapot tartott, melyen

Illés Ferenc műszaki igazgatóhelyettes: A Lengyelországban méshomok téglagyárakban tett tanulmányútról dia-filmvetítéssel egybekötött beszámolót tartott.

Keller Antal energetikai csoportvezető: a vállalat gyárainál alkalmazott műszerek gazdasági eredményeiről tartott tájékoztató előadást.

*

1972. XII. 13-án a kőröshegyi téglagyárban, — az alagútkelemencés téglagyár villanszerelői részére rendezett a csoport „ki tud többet a téglai ipari gépek villamos vezérléséről” vetélkedőt.

A vetélkedőt a helyi csoport a vállalat kezdeményezésére rendezte meg.

A versenyen minden gyár 3 fővel képviseltette magát. A versenyzők elektrotechnikából, vezérlés-szerelésből, vezérlés-javításból, vezérlésszakrajzból és szabvány ismeretből tartottak vetélkedőt.

A zsűriben részt vettek a testvérvállalatok képviselői is. A versenyben első helyezést ért el a teskándi téglagyár második helyezést ért el Balatonszentgyörgy II. harmadik helyezést ért el Kőröshegy.

A győztesek részére több mint 6000—Ft pénzjutalmat fizettek ki.

*

1972. XII. 29-én kibővített vezetőségi ülést tartott a csoport, melynek napirendje a következő:

1972. évi munkáról beszámoló

Előadó: Cziráky N. Katalin

1973. évi program ismertetése.

Előadó: Keller Antal
Vezetőség kibővítése, új tagok megválasztása.

A vezetőségen kívül részt vettek a vállalat műszaki és gazdasági vezetői.

1972. évi munkát Fehér József igazgató és Illés Ferenc műszaki igazgató elvtársak értékelték.

A résztvevők egyetértettek azzal, hogy a jövőben a csoport eredményes munkavégzése érdekében szükségesnek tartja egy szervező titkár megválasztását.

Szervező titkárnak Kovács Csabát választották.

A gazdasági ügyek intézésére Cziráky N. Katalint választották meg.

Keller Antal

Cementipari forgókemencék ovalitásának vizsgálata Shelltest-készülékkel*

S Z A T U R A L Á S Z L Ó

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

A cementipari forgókemencék üzemeltetése során gyakran lépnek fel olyan üzemzavarok, amelyek okai a kemencetest helytelen beállítására vezethetők vissza.

Egy hideg állapotban jól beállított forgókemence felfűtött és teljesen leterhelt állapotban egészen más felfekvési viszonyokat mutat [1].

A megváltozott viszonyoknak megfelelően, egyes görgők vagy görgőpárok lényegesen nagyobb nyomást fejtenek ki a futógyűrűre, ennek kapcsán a kemencetestre, mint amekkorára az adott helyen a kemence szerkezetet tervezték.

Tekintettel arra, hogy normál üzemi viszonyok között a forgókemence körszelvénye az alátámasztásoknál éppen a görgőnyomás következtében sugárirányú deformációt szenved, nem közömbös, hogy ezeken a kritikus helyeken milyen mértékű rugalmas alakváltozások lépnek fel.

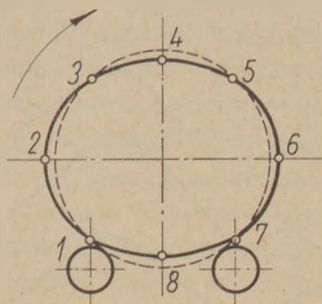
A futógyűrű és a görgő igen kis felületen érintkeznek egymással, s ezeken a helyeken a mai nagyobb forgókemencéknél többszáz tonna nyomóerő is ébredhet.

Ennek a nagy igénybevételnek a futógyűrűk rugalmasan engednek és a terhelt szakaszukon belapulnak, azaz sugaruk megváltozik. A futógyűrű alakváltozásait átveszi a kemenceköpeny is, amely ilyen módon forgás közben kör keresztmetszet helyett fekvő helyzetű ellipszissé alakul. A kemencetestnek ez az elliptikus deformációja még néhány méterre az alátámasztásoktól is észlelhető [2]. 1. ábra.

Könnyű belátni, hogy az ilyen jellegű rugalmas alakváltozások komoly igénybevételt jelentenek a kemenceköpenynek és a kemence tűzálló falazatának is.

*Az 1972. szept. 7-i pécsi „Szilikátipari Ifjúsági Napok”-on elhangzott előadás

Éppen ezért a kemencéket karbantartó és üzemeltető szakembereknek fontos tudni azt, hogy egy újonnan épített, vagy karbantartás után üzembe helyezett kemencén az esetleges helytelen beállítás következtében nem lépnek-e fel olyan nagymértékű alakváltozások, amelyek a tűzálló falazat idő előtti tönkremeneteléhez, majd pedig a kemencecső maradandó deformálódásához vagy elrepedéséhez vezetnek.



1. ábra. Egy felfűtött és leterhelt forgókemence deformációja

A kemenceköpeny forgás közben fellépő sugárirányú deformáció mérésére a Shelltest-készülék szolgál.

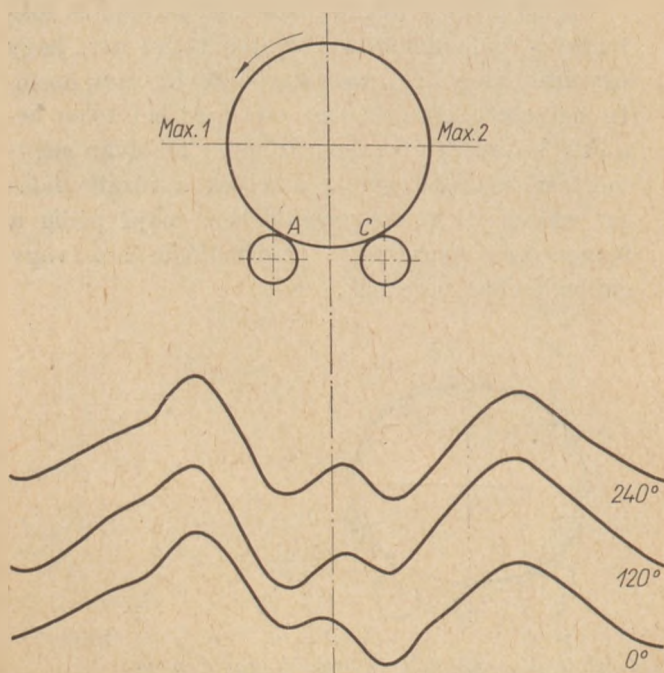
A készülék által szolgáltatott adatokból következtetések vonhatók le a kemenceszerkezet merevségére, a tűzálló falazat időállóságára, a görgők tehereloszlására, a kemence hossz tengelyének esetleges görbeségére vonatkozóan.

A Shelltest-készülék leírása

A Shelltest-alakváltozásmérő készülék lényegében egy 1 m fesz távolságú, három ponton felfekvő mérőhídból, valamint a rászerezhető mozgásátvivő és regisztráló szerkezetből áll.

A tartozékaival ellátott mérőhidat lánc közbeiktatásával egy rugós zárszerkezettel erősítjük a

kemenceköpeny egy meghatározott pontjára. A mérőhíd közepén egy — a kemence átmérőjének figyelembevételével szabályozható — rugózó tapintószeg található, amely a mérőhíd felerősítésekor a köpenylemezre fekszik fel. A köpenylemez egy pontjának egy teljes körülfordulás alatti mozgását a mozgásátvivő mechanizmus 30-szoros mértékben felnagyítja és a regisztráló készülék azt ilyen formában rögzíti. A köpeny egy pontjának rugalmas változása azonban általában kevés a merevség mértékének megállapítására, ezért egy keresztmetszet mentén a köpenyfelületen 3, egymástól 120°-ban eltolt pontban történt a mérés. A 120°-ban eltolt pontok valamennyi mérési síkban a kemenceköpeny azonos alkotóin fekszenek. 2. ábra.



2. ábra. Shelltest-készülékkel felvett forgókemence deformációs görbék

A mérési eredmények feldolgozása

Mérés közben a regisztrálókészülék írószerkezete egy 10 mm-es beosztású diagram papírra rajzolja a köpeny egy pontjának dinamikus változásait. Ideális esetben, azaz ha a kemenceszerkezet abszolút merev lenne, akkor a diagramon egyenes vonalat kapnánk. A gyakorlatban többé-kevésbé kifejezett hullámvonalat kapunk. A mérést végző személy a felvétel időpontjában bejelöli a hullámvonalon a görgők helyét. Mivel a görgőnyomás következtében a köpenykeresztmetszet függőleges tengelye megrövidül, vízszintes tengelye pedig megnyúlik, egy teljes körülfordulás után megállapítható a köpeny egy pontjának 1 m-re eső maximális elmozdulása. (1 m fesz távolságú a mérőhíd).

A diagramról leolvasható maximális kitérés harmincad része adja tehát a δ max elmozdulást mm/m-ben.

A kemenceszerkezet ovalitását ezután az

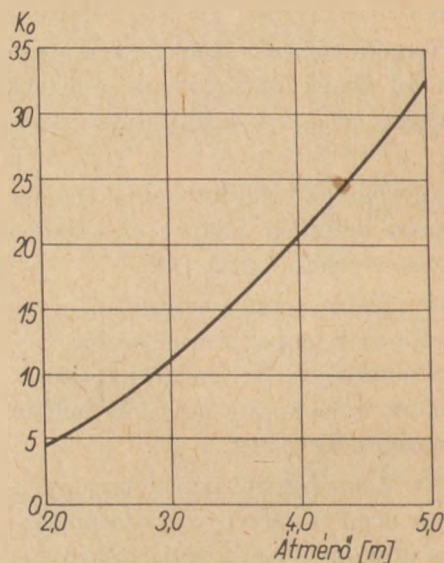
$$O = K_o \cdot \delta_{\max}$$

összefüggéssel határozzuk meg,

ahol O ovalitás mm-ben, azaz az ellipszissé deformálódott köpenykeresztmetszet kis és nagy tengelye közötti különbség

K_o a kemence átmérőjétől függő szorzófaktor.

A kemence-átmérő és a K_o közötti összefüggés a 3. ábrán látható.

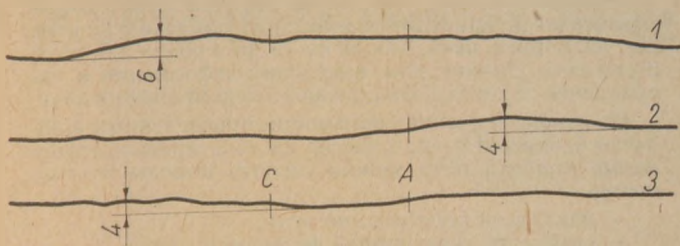


3. ábra. Összefüggés a kemenceátmérő és a K_o szorzófaktor között

A kemenceköpeny még megengedhető maximális ovalitásával számos szakirodalmi közlemény foglalkozik. A közlemények egy része a kemenceköpeny és a futógyűrű méretezésének korrigálására használja fel az ovalitásmérést. A kemencét üzemmentartó szakembereknek azonban elsődleges szempont a tűzálló bélés élettartamának növelése, valamint a kemenceköpeny állagának megóvása.

Hilber [3] 180 forgókemencén végzett ovalitás méréseket Shelltest-készülékkel, s az ő tapasztalatai és megállapításai szerint értékeljük mi is saját mérési eredményeinket.

Tekintettel arra, hogy a görgőnyomáshoz adódó deformáció a kemence zsugorítózonájának környékén a legnagyobb, Hilber szerint elegendő a méréseket a meleg oldalról számított második vagy harmadik futógyűrűig végezni. A béléstartósság és a kemenceszerkezet merevsége közötti összefüggésről mérései alapján többek között a következőket állapítja meg:



4. ábra. Egy jól beállított forgókemence ovalitásgörbéje

— 3 m-nél nagyobb átmérő és jó ansatz-viszonyok mellett 8–10 hónapos beléstartósság érhető el, ha a köpeny ovalitása max. 20 mm. De 2 évig terjedő beléstartósság érhető el akkor, ha ilyen körülmények között az ovalitás max. 5 mm.

— rosszabb a helyzet akkor, ha valamilyen oknál fogva nem sikerül a kemencében jó ansatz-reteget kialakítani. Ilyenkor 5 mm körüli ovalitás esetén is csak 3–6 hónapos beléstartósság érhető el.

A maximális ovalitás megállapításán túlmenően a deformációs görbékből még olyan további értesüléseket is szerezhetünk, amelyek a kemencek üzembiztonsága szempontjából fontosak. Ilyen pl. az egyes görgőpárokon a terhelés megoszlása, s ezzel összefüggésben a görgők oldalirányú beállítása.

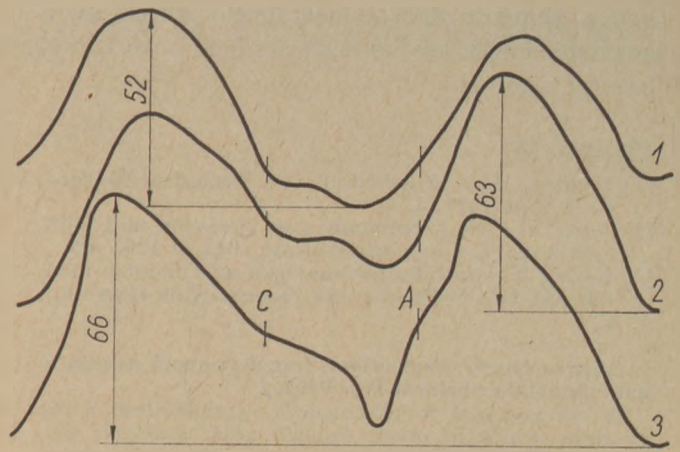
Ez utóbbi értesülés lehetőséget ad arra, hogy a hideg állapotban fénypontos, vagy teodolitos módszerrel történt beállítás helyességét rögtön a felhűtés után ellenőrizzük.

Megjegyezzük, hogy a deformációs görbéken a kemence forgásiránya minden esetben A-tól C irányba tart.

Az ovalitásmérés gyakorlati kivitelezésénél fontos szempont a mérési helyek megválasztása. Tekintettel arra, hogy a kemenceköpeny sugárirányú deformációját általában a görgőnyomás okozza kézenfekvő, hogy a méréseket a futógyűrűk szűk környezetében végezzük. Olyan esetekben viszont, amikor a kemencetest hosszanti felfekvése alapvetően rossz, vagy pedig a kemencecsövön más-hol jelentkeznek mechanikai meghibásodások, esetleg a falazat bizonyos helyen indokolatlan gyakorisággal kihullik, célszerű a mérést a futógyűrűktől nagyobb távolságra is elvégezni.

Eddigi ellenőrző méréseink során erre még nem volt lehetőség, mivel hazai forgókemencéink többségének geometriai elrendezése olyan, hogy a görgőalaptól 1–2 m-re eltávolodva már 4–5 méteres mélységet áthidaló állványzat építése volna szükséges.

A CEMŰ megbízása alapján eddig 15 db forgókemencén végeztünk ovalitásméréseket. A további-



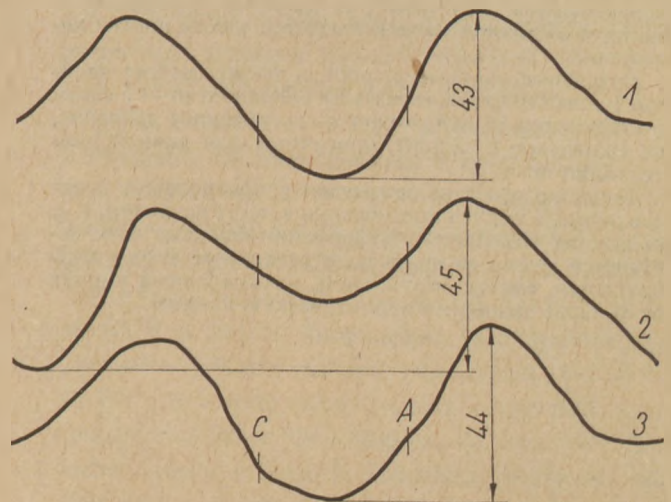
5. ábra. Egy rosszul beállított forgókemence ovalitásgörbéje

akban bemutatunk néhány olyan ovalitásgörbét, amelyek egyértelmű köpenyhibákra utalnak.

A 4. ábrán bemutatott ovalitásgörbe egy jól beállított forgókemencén készült, melynek köpenye is kifogástalan mechanikai állapotban van.

Az 5. ábra rendkívül nagy sugárirányú deformációkat mutat. A görbék lefutása hasonló, azonban a 3. sz. görbén A–C között nagymértékű belapulás mutatkozik. Az utólagos vizsgálat során ezen a köpenyszakaszon szegecscszakadás volt megállapítható. A kemenceköpeny merevsége ebben a keresztmetszetben egyébként nem kielégítő, még jó ansatz-viszonyok mellett is csak 1–2 hónapos beléstartósság érhető el.

A 6. ábra görbéi szintén nagy ovalitásértékeket mutatnak, a kemenceköpeny merevsége itt sem kielégítő. Ezen túlmenően a 2. sz. görbe alakja azt mutatja, hogy a köpenyen a görgők okozta belapulás csak kb. fele akkora, mint a kemencecső tetején fellépő belapulás. Ez azt jelenti, hogy a mért keresztmetszethez képest valamelyik irány-



6. ábra. Egy rosszul beállított forgókemence ovalitásgörbéje, amelynél még a hossz tengely is elgörbült

ban a kemence középvonala lefelé görbüli, és a kemence tetején levő csőszakaszt még húzó igénybevétel is terheli.

TRODALOM

- [1] Paulsen, H.: Ausrichten von Drehofen. Zement-Kalk-Gips 1971. 5. sz.
- [2] Rock, E.: Die berechnung von Drehofen und Mühlenrohren. Tonindustrie Zeitung 1942. p 420—423.
- [3] Hilber, H.: Stabilitätsmessungen an Drehofen manteln mit dem Shelltest-gerät. Zement-Kalk-Gips 1961. 1. sz.

Szatura László: Cementipari forgókemencék ovalításának vizsgálata Shelltest-készülékkel

A cementipari forgókemencék üzemeltetése során gyakran lépnek fel olyan üzembavarok, amelyek okai a kemencetest helytelen beállítására vezethetők vissza.

Egy hideg állapotban jól beállított forgókemence fel-fűtött és teljesen leterhelt állapotban egészen más fel-fekvési viszonyokat mutat.

A megváltozott viszonyoknak megfelelően, egyes görgők vagy görgőpárok lényegesen nagyobb nyomást fejtenek ki a futógyűrűre, ennek kapcsán a kemencetestre, mint amekkorára az adott helyen a kemence szerkezetet tervezték.

Ennek a nagy igénybevételnek a futógyűrűk rugalmasan engednek és a terhelt szakaszon belapulnak, azaz sugaruk megváltozik. A futógyűrű alakváltozásait átveszi a kemenceköpeny is, amely ilyen módon forgás közben kör keresztmetszet helyett fekvő helyzetű ellipszissé alakul.

Könnyű belátni, hogy az ilyen jellegű rugalmas alakváltozások komoly igénybevételt jelentenek a kemenceköpenyek és a kemence tűzálló falzatának is.

A kemenceköpeny forgás közben fellépő sugár irányú deformációjának mérésére a Shelltest-készülék szolgál.

A futógyűrűk környezetében meghatározott ovalitási értékekből, valamint a deformációs görbék lefutásából következtetni lehet

- a kemenceszerkezet merevségére,
- a tűzálló falzat időállóságára,
- a kemence hossztengelegének esetleges görbeségére.

A mérési módszer alkalmazását konkrét példákon mutatjuk be.

Сатура, Л.: Измерение овалности вращающихся печей цементной промышленности с помощью прибора Шеллтеста

В ходе эксплуатации вращающихся печей цементной промышленности часто возникают заводские помехи, причиной которых является неправильная установка корпуса печи.

Правильно установленная в холодном состоянии вращающаяся печь имеет в нагретом состоянии, а также в состоянии полной нагрузки совсем другое положение.

Отдельные опорные ролики, а также парные опорные ролики будут оказывать на бандаж печи — в связи с изменением её положения — повышенное давление, по сравнению с запроектированным для данной конструкции печи.

Бандажи печей не оказывают сопротивления этому давлению, а упруго прогибаются в месте нагрузки, т. е. радиус их изменяется. Деформация бандажа печи передается также её корпусу, в результате чего в ходе вращения, вместо окружности, искривленный корпус печи будет описывать эллиптическую кривую.

Совершенно ясно, что такие упругие деформации корпуса печи приводят к дополнительным нагрузкам как на корпус печи, так и на её футеровку. Прибор Шеллтеста служит для измерения деформации в направлении радиуса, возникающей в ходе вращения печи.

На основе значений овалности, определенных в области бандажей печи, а также из хода кривых деформации корпуса печи можно сделать выводы в отношении:

- жесткости конструкции печи,
- стойкости огнеупорной футеровки печи,
- возможного искривления продольной оси печи.

Применение данного метода иллюстрируется конкретными примерами.

Szatura, László: Prüfung der Ovalität der Drehöfen in der Zementindustrie, mit Shelltestgerät

Bei dem Betrieb der Drehöfen der Zementindustrie ergeben sich oft Störungen, die auf das falsche Einstellen des Ofenkörpers zurückzuführen sind.

Der in kaltem Zustand richtig eingestellte Drehofen liegt in aufgeheiztem und belastetem Zustand unter veränderten Bedingungen auf.

Durch die veränderten Bedingungen üben einige Stützrollen oder Rollenpaare auf die Laufringe, und dadurch auf den Ofenkörper, stellenweise einen unzulässig großen Druck aus, dieser bewirkt eine elastische Deformation der Laufringe, welche, auf den Ofenmantel übertragen, letzterem statt dem ursprünglichen kreisförmigen unlaufenden Querschnitt, einen elliptischen Querschnitt verleiht. Diese elastische Verformung verursacht natürlich eine beträchtliche Beanspruchung des Ofenmantels und des feuerfesten Futters.

Die am Ofenmantel in radialer Richtung auftretenden Deformationen können mit dem Shelltestgerät gemessen werden.

Aus den in der Nähe der Laufringe festgestellten Ovalitätswerten, sowie dem Verlauf der Deformationskurven können bezüglich

- der Steifheit der Ofenkonstruktion
- der Dauerhaftigkeit des feuerfesten Futters
- der eventuellen Abweichung der Ofenlängsachse von der geraden Mittellinie Schlüsse gezogen werden.

Die Anwendung des Meßverfahrens wird an konkreten Beispielen beschrieben.

Szatura, László: Testing the Ovality of Rotary kilns in the Cement Industry by the "Shelltest" Equipment

Operation disturbances of rotary kilns are often caused by improper adjustment of the kiln body: a kiln, adjusted correctly in cold an unloaded state may be quite different at operational temperatures and fully loaded. Due to the changed circumstances some rolls exert a higher pressure to the runner ring and consequently to the kiln body than originally constructed. Runner rings respond with an elastic deformation to the increased pressure, i. e. their radius changes; this change is transferred to the kiln body which takes the shape of a recumbent oval. Such elastic shape changes mean a high extra loading to the kiln shell and its refractory lining.

Radial deformation of the kiln shell during rotation can be measured by the "Shelltest" equipment. From the ovality determined near the runner rings and with the aid of deformation curves conclusions can be drawn on the rigidity of kiln structure, durability of its refractory lining and a possible curvature of the kiln axis.

Kapacitásfejlesztés és telepítés a kőbányászatban

M Á T R A I F E R E N C

Építésügyi és Városfejlesztési Minisztérium

A távlati szükséglet fedezését célzó fejlesztési döntések a kőbányászatban három ütemben történnek.

Első ütem: A népgazdasági tervben foglaltak megvalósítása, tehát az 1975. évi 8,5 millió tonna termelés biztosítása;

Második ütem: A terven felüli esetleges többlet-igények részbeni kielégítése, kisebb üzemek telepítése, illetve kisebb üzembővítések révén;

Harmadik ütem: a többlet-igények teljes kielégítése nagyüzemek létesítése útján.

Az első két ütem realizálását szolgáló döntéseket 1971. év végéig meghozták, a megvalósítás pénzügyi feltételeit — jelentős idegen forrás (hitel és dotáció) igénybevétele útján — biztosították. Ezek a beruházások 1974-ig folyamatosan lépnek termelésbe. A következőkben az ÉGSZI azon kutatásáról számolunk be, amely a harmadik ütem előkészítést szolgálta, s célja, hogy elősegítse a megalapozott döntések kialakítását. Kutatásunk eredményét azzal a megjegyzéssel adjuk közre, hogy e munkánk készítésének idején még nem volt lehetséges figyelembe vennünk a beruházások területét érintő 1971. év végi kormányzati intézkedések hatását a zúzott kőtermékek szükségletére. Mai megítélésünk szerint az 1975. évre várt szükséglet 1—2 év késéssel következik be. E probléma azonban nem az általunk kidolgozott optimális kapacitásfejlesztési struktúrát, hanem csupán a kapacitásfejlesztések megvalósításának ütemezését módosítja. Az optimális kapacitásfejlesztési struktúra meghatározása szempontjából ugyanis nem lényeges tényező az, hogy az 1975. évre számított szükséglet 1—2 év késéssel jelentkezik.

I. A szükségletek és a várható termelés kapcsolata, a súlyponti fejlesztési feladatok

Az IV. ötéves terv előkészítése során a KPM — mint a zúzott kőtermékek szinte kizárólagos

felhasználója — mintegy 8,5 millió tonnás országos szükségletet prognosztizált 1975. évre. Későbbiek során a IV. ötéves tervidőszak országos közúthálózat fejlesztési terve — a korábbi elképzelésekhez képest — magasabb előirányzat mellett került elfogadásra. Ez szükségszerűen a zúzott kőtermékek szükségletének emelkedését is jelentette, amely 1975-re 11 millió tonna. Ebből az útépitések igénye mintegy 87% körül várható.

Az 1975 utáni években is — a IV. ötéves tervidőszakhoz hasonlóan — a zúzott kő termékkel szembeni szükségletet elsősorban az útépités fejlődése határozza meg. Útjaink állapotából és a közúti forgalom jelentős növekedéséből következik, hogy nemcsak a IV. ötéves tervidőszakban, hanem azt követően is, erőteljes útépitési programot kell megvalósítanunk. A szükségletek növekedése várható a zúzott kőtermékeknek a nehéz- és adalékanyagaként való felhasználásának területén is. Az építőanyagipar hosszútávú fejlesztési koncepciója az 1985. évi szükségletet 15 millió tonnában jelöli meg. Ez egy lakosra vetítve 1,3—1,4 tonna, amely közel azonos a fejlett nyugateurópai országok mai színvonalával.

A zúzott kőtermékek hazai termelése 1970-ben 7 millió tonna (s ez lényegében azonos a Kő- és Kavicsipari ES termelésével). E termelés és a várható szükséglet szerint 1975-ben mintegy 4 millió, a távlati időszak végén pedig közel 8 millió tonna hiányzó termelés, illetve kapacitás mutatkozik.

Mindezek ismeretében az elmúlt 1—2 év során az ÉVM a zúzott kőtermékek termelésének fejlesztésére jelentős állami támogatást juttatott. Az 1971. év végéig engedélyezett fejlesztések figyelembevételével az ES vállalatai 1975-re 9860 ezer tonna zúzott kőtermék termelést terveztek. Így 1975-ben a zúzott kőtermékek termelésében — a szükséglethez viszonyítva — mintegy 1,1 millió

tonna hiány mutatkozik, amelyet kapacitásfejlesztéssel kell biztosítani.

Ennél nagyobb mértékű az 1975. évi várható termelési hiány akkor, ha a zúzott kőtermékek alapvető minőségi megoszlását is számításba vesszük. A globális mennyiségi igények növekedésének mértékét meghaladja ugyanis a minőségi kategóriák közötti arányok változásának mértéke.

Az 1975. évi zúzott kőtermékek szükségletének minőségi kategóriák szerinti bontása — a KPM prognózisa alapján — a következő:

Z	40%
NZ	47%
KZ	13%

A zúzott kőtermékek minőségi kategóriánkénti megoszlása 1970-ben és az engedélyezett fejlesztésekkel együtt 1975-ben a következő:

	1970	1975
Z	58	48
NZ	42	38
KZ	0	14

A nemes és különleges zúzottkő részarányának növekedését az útépités műszaki fejlődése indokolja. A hosszútávú fejlesztési koncepció szerint 1985-ben a minőségi zúzott kőtermékek várható volumene mintegy 8 millió tonna lesz.

A várható 1975. évi szükséglet és termelés összehasonlítása eredményeként megállapítható, hogy amíg a különleges zúzottkőből (KZ) a várható igények és a termelés összhangban vannak, addig a nemes zúzottkőből (NZ) számottevő — mintegy 1,5 millió tonna — a hiány, s a zúzott kőből (Z) pedig 0,4 millió tonna többlet várható.

Az előbbiekből adódik a kőbányászat kapacitásfejlesztési feladata, amely lényegében abban foglalható össze, hogy 1975-ig mintegy 1,5 millió tonnával növelni kell a nemes zúzottkő termékek termelését. A fejlesztés részletes feladatainak kidolgozásánál figyelemmel kell lenni a már hivatkozott távlati fejlesztési koncepció alapvető megállapításaira. Ezek a következőkben foglalhatók össze:

1. A kapacitásfejlesztés fő iránya továbbra is a nagyüzemek és azok technológiájának fejlesztése. A termelés koncentrálódásával kapcsolatos előnyök — főleg a minőségi zúzottkővek termelésénél — erősen megnövelik az ellátási körzet-határokat. Számítani lehet arra, hogy a centrálisan elhelyezkedő középüzemek gazdaságosan működő nagyüzemekké fejleszthetők. Az üzemnagyság növekedésével kapcsolatos előnyök és az ellátási körzet-határ csökkentésére vonatkozó igények ellentétes tendenciái várhatóan olyan iparági kapacitás szerkezetet hoznak létre, amelyben

— a centrális körzetekben 2—3 millió tonna/év teljesítőképességű nagyüzemek,

— a megfelelő közelfordulások, de kevésbé centrálisnak számító körzetekben általában évi 1 millió tonna termelésű nagyüzemek és

— a gyengébb minőségű kőfeleségekkel rendelkező körzetekben 150—300 ezer tonna/év teljesítményű mobil és transzportábilis üzemek jöhetnek létre.

A kapacitás- és üzemnagyságfejlesztés célkitűzéseivel kapcsolatban hangsúlyozni szükséges, hogy a kőbányaipar telepítésénél elsődleges kérdés a nyersanyag-adottság, és így a telepítésnél a felhasználói igények várható területi megoszlása csak korlátozott mértékben vehető figyelembe. A nyersanyaglelőhelyekre való telepítés elsődleges szempontjainak érvényesítése természetesen közlekedéspolitikai konzekvenciákkal jár együtt.

2. A minőségi zúzottkővek részarányának 50% fölé való növelése — az eddig végzett kutatások szerint — gazdaságosan megoldható a jelenleg használt berendezésekkel is. Korszerű berendezések alkalmazásánál pedig a minőségi zúzottkővek részarányának növelése gazdaságossági okokból még kívánatos is, mivel a legjobban igényelt 5/12-es frakció így gazdaságosan állítható elő.

A zúzott kőtermékek globális szükségletén belül a minőségi zúzottkő termelésének felhasználási körzetek szerinti megoszlására is figyelemmel kell lenni. A körzeti igények alapján egyes bányákban célszerű lesz nagyobb, míg más bányákban kisebb hányadban előállítani a minőségi zúzottkő termékeket. Mindezek alapján a technológiai feltételeket úgy kell kialakítani, hogy a termelés képes legyen rugalmasan alkalmazkodni a minőségi arányokat illetően a változó piaci igényekhez

II. Az optimum meghatározásánál figyelembe vett szempontok

Feladatunk annak megállapítása, hogy

1. a hiányzó nemes zúzottkő (NZ) kapacitásokat hol, milyen nagyságrendben és milyen időbeli sorrendben létesítsék, valamint

2. a felesleges zúzottkő (Z) kapacitások hol és milyen mértékben jelentkeznek.

E feladatok megválaszolásához a népgazdasági szemléletű gazdaságosság, illetve általános és sajátos jellegű adottságokból származó korlátozó feltételek együttes figyelembevételével kell kivánnunk eljutni.

Közismert, hogy a zúzottkő termékek igen szállításiigényesek (amíg például a zúzottkő termékek feladóállomási ára a minőségtől függően 50—220

Ft tonnánként, addig a tonnánkénti szállítási költség az átlagost meghaladó, de még igen gyakori szállítási távolság esetén, a 150 Ft-ot is eléri).

A kőbányaszatban az üzemnagyság növekedése kedvezően hat a termelés gazdaságosságára, de ugyanakkor növeli az üzem ellátási körzetét, s így a szállítás költségét.

A kapacitásstruktúra fejlesztését e két, egymástól ellentétes irányban ható tényező együttes számításbavételével szükséges kialakítani. Ezt az optimumot azonban dinamikusan kell értelmezni (nem fogadható el ugyanis optimális kapacitásfejlesztési struktúrának az a megoldás, amikor ez a struktúra csak egy időpontban — például egy év —, s nem egy időtartamra — például 5–10 év — jelent optimumot). Az alkalmazható célfüggvény:

$$\sum_{i=1}^{i=k} \sum_{t=1}^{t=n} \frac{E_{i,t} \Delta + TK_{i,t}}{Q_{i,t}} + \frac{\sum_{t=1}^{t=m} SzK_t}{\sum_{i=1}^{i=n} \sum_{t=1}^{t=m} Q_{i,t}} \rightarrow \text{minimum}$$

ahol $i=1, \dots, k, \dots, n$; i az egyes kőbányákat jelöli, k azoknak a kőbányáknak a száma, amelyeknél kapacitásfejlesztésre kerül sor, n az összes kőbánya száma;

$t=1, \dots, m$; az egyes éveket jelöli, s a vizsgált időtartam éveinek száma: m ,

$E_{i,t} \Delta$ az i -edik kőbányába eszközölt kapacitásfejlesztési célú beruházás és forgóeszköz ráfordítás a t -edik évben, szorozva az átlagos hatékonysági normával;

$TK_{i,t}$ az i -edik kőbánya termelési költsége a t -edik évben;

$Q_{i,t}$ az i -edik kőbánya termelése a t -edik évben;

SzK_t a zúzott kőtermékek összes szállítási költsége a t -edik évben.

A célfüggvény tehát a kőbányaszat és a szállítás fázisában az egyszeri és folyamatos ráfordítások összegét (ahol a ráfordítások összeadhatóságát a hatékonysági együttható biztosítja) tartalmazza.

A vázolt célfüggvény felhasználásával úgy jutunk el az optimális kapacitásfejlesztési struktúrához, hogy

először: kidolgozzuk az összes kapacitásfejlesztési változatot, illetve struktúrát, amelyek száma természetesen igen nagy,

másodszor: ezek közül kiválasztjuk a különböző korlátozó feltételeknek és céloknak megfelelő (ún. lehetséges) megoldásokat, majd

harmadszor: a lehetséges, tehát a gyakorlatilag is realizálható változatok mindegyikére megállapítjuk a célfüggvény értékét — s a legkisebb célfüggvényértéket adó változatot tekintjük optimális megoldásnak.

A feladat sajátossága, hogy lehetővé teszi — minden kompromisszum nélkül — a jelentős volumenű számítási munka csökkentését, mivel

— egyrészt a korlátozó feltételek száma igen nagy, s ez nagyságrendileg csökkenti a lehetséges kapacitásfejlesztési változatok számát,

— másrészt a lehetséges kapacitásfejlesztési változatok közül a célfüggvény értékének szám-szerűsítése nélkül, logikai úton is jelentős számú változat szelektálható.

A következőkben a korlátozó feltételek és a logikai szelektálás együttes érvényesítése mellett jutunk el a feladat megoldásához.

a) Új telepítés, vagy bővítés

Lényegesnek tekinthető kérdés, hogy a meglévő üzemek bővítése mellett figyelembe vegyük-e az új üzemek telepítésének lehetőségét is.

A célfüggvény első tagja (a kőbányaszatban jelentkező egyszeri és folyamatos ráfordítások összege) szempontjából nézve arra a megállapításra lehet jutni, hogy ennek értéke a meglévő üzemek bővítésénél kedvezőbb, mint az új üzem telepítésénél. (A fajlagos egyszeri ráfordításokat illetően nyilvánvaló, hogy a bővítés kedvezőbb értéket ad. Az önköltség nem eszközjellegű ráfordításaiiban viszont nem érhető el olyan csökkenés, amely kompenzálná a nagyobb fajlagos eszközérték miatti többletet.)

A célfüggvény második tagja a szállítási költség. Új üzem telepítésével — a meglévő üzemek és a kővagyron adott területi elhelyezkedése miatt — nem érhető el a szállítási költség érzékelhető csökkenése (sőt nem lenne meglepő, ha az új telepítés a szállítási költség növekedését eredményezné). Ennek oka, hogy az 1975-ben működő 25 üzem területileg megfelelően decentralizáltan helyezkedik el a rendelkezésre álló, bányászásra alkalmas kőelőfordulásokon.

Mindezek alapján a meglévő üzemek bővítését az új üzemek létesítésével szemben előnyben részesítjük. Ez azt jelenti, hogy amennyiben a meglévő üzemek bővítése nem ütközik akadályba, akkor új üzemek létesítésétől az előbbi gazdaságossági megfontolásból eltekintünk.

b) Szállítási módok

A zúzott kőtermékeknel a bányából a felhasználóig történő szállítás közúton, víziúton és vasúton történhet. Az egyes szállítási módok és ezek kombinációjának megválasztását úgy kell elvégezni, hogy azzal biztosítsuk a lehető legkisebb szállítási költséget.

A zúzott kőtermékek szállítása alapvetően közúton és vasúton történik. (A víziszállítás elhanyagolható mértékű.) A közúti szállítás mintegy 50 km-es határig gazdaságos, s ennél hosszabb távolság esetén a közutat a vasút váltja fel.

Az 1975-ben működő bányák területi elhelyezkedése és várható termelése lehetővé teszi, hogy gazdaságos közúti szállítással kerüljön kielégítésre mindazon terület igénye, amely művelésre alkalmas közelőfordulással rendelkezik. Ez tulajdonképpen azt jelenti, hogy a terv megvalósítása esetén az 1975-ös években lényegében már — sem új telepítéssel, sem a meglévők bővítésével — nem növelhető a gazdaságos közúti szállítással ellátható terület. Ennek feltétele természetesen a közúti és vasúti tarifák közötti jelenlegi arány fennmaradása.

Mindebből következik, hogy az 1975-ben várható termelési hiány megszüntetését célzó fejlesztések termelési produktumát (vagy a fejlesztett üzemekből, vagy a nem fejlesztett üzemekből) a gazdaságos közúti szállítás határát meghaladó távolságra kell elszállítani. Erre a vasutat kell igénybe venni.

Közismert, hogy a szállítási költséget jelentős mértékben növelik az átrakások. Törekedni kell tehát arra, hogy a termék a lehető legkevesebb rakodással jusson el a felhasználóhoz. Kézenfekvő tehát, hogy vasúti szállítás igénybevétele esetén a kőbánya rendelkezzen normál nyomtávú iparvágánnyal. Az elmondottakból következik, hogy a meglévő bányák közül előnyben kell részesíteni azok bővítését, amelyek normál nyomtávú vasúttal rendelkeznek. Ezek a bányák: Uzsabánya, Zalahaláp, Sümeg, Polgárdi, Szob, Nógrádkövesd, Recsk, Szarvaskő, Tállya, Tarcsl, Sátoraljaújhely, Nagyharsány.

Ezek a bányák kellően decentralizáltan helyezkednek el a közelőfordulással ellátott területen, s így a célfüggvény második tagjának értéke nem csökkenthető akkor sem, ha olyan bányák fejlesztését is figyelembe vennénk, amely normál nyomtávú vasúttal nincs ellátva. E megállapításunk azonban nem vonatkozik Komlóra, amelynek jóllehet nincs közvetlen normál nyomtávú vasútja, de a gépkocsi felfuvarozási és rakodási többletet

kompenzálja a kedvező területi elhelyezkedése. (Megjegyzendő, hogy a komlói üzem közelében levő nagyharsányi üzem csak Z anyag termelésére alkalmas.) A szarvaskői és sátoraljaújhelyi üzemek a vasúti szállítás nagymértékben növelő bővítése közlekedés-gazdasági szempontból nem előnyös.

c) A kitermelhető készlet és minőség

A kőbányaüzemek fejlesztésének egyik alapvető kritériuma a megfelelő mennyiségű és minőségű kőkészlet.

A meglévő kőbányák nagyobb mértékű fejlesztése csak akkor ajánlható, ha a kőkészlet legalább 15—20 éves üzemeltetést lehetővé tesz. Az üzemeltetési idő és ésszerű üzemnagyság figyelembevétele alapján nem gazdaságos a Polgárdi-i, Recsk-i, Szarvaskő-i, Sátoraljaújhely-i bányák nagyobb nagyságrendű fejlesztése.

A felsorolt bányaüzemek közelőfordulásainak kőzetfizikai jellemzői alapján a nagyharsányi és a polgárdi bánya kőzete csak zúzottkő (Z), míg a többi bányák kővagyonja nemes és különleges zúzottkő előállítására is alkalmas.

d) A meglévő kapacitások figyelembevétele

Kutatásunk során a meglévő kapacitások esetleges leállításának kérdéseit nem vizsgáltuk, még akkor sem, ha a leállítás esetén a célfüggvény kedvezőbb értéket adna. Az optimális kapacitásfejlesztési struktúra kialakításánál tehát elfogadtuk, hogy csak a hiányzó kapacitások mértékéig létesítsünk új kapacitásokat.

Az előbbiekből kitűnt, hogy 1975-ben zúzottkőből (Z) mintegy 0,4 millió tonna termelési többlet várható. E zúzottkő tovább feldolgozott terméke a nemes zúzottkő (NZ), amiből viszont jelentős hiány várható. Számításainkat úgy végeztük, hogy felesleges zúzottkő termelés csak ott jelentkezhet, ahol azt nemes zúzottkővé célszerű feldolgozni. Nem minden bánya kőzete alkalmas azonban arra, hogy zúzottkőből nemes zúzottkővet állítson elő. Ezek a bányák: Nagyharsány, Polgárdi, Farkasmály és Gönc.

E négy üzem 1975. évi tervezett termelése tehát változatlanul szerepel az optimális megoldásban.

e) A regionális szükséglet

A kőbányák területi elhelyezkedését, termelésük arányát — a megfelelő minőségű és mennyiségű közelőfordulások földrajzi elhelyezkedésén túlmenően — a szükséglet területi arányai határozzák meg.

A zúzott kőtermékek regionális szükségletének várható távlati alakulását csak közvetett módon határozhatjuk meg. Ismeretes, hogy

— a zúzott kőtermékek elsődleges felhasználási területe az útépités (a IV. ötéves tervidőszak alatt a zúzott kőtermékek mintegy 85–90%-át az útépitőipar használja fel),

— az útépitőipar az általa felhasználandó zúzott kőtermék jelentős részét a meglévő úthálózat fenntartására és korszerűsítésére fordítja (a IV. ötéves tervidőszakban a fenntartásra és korszerűsítésre 90%-ot, új útépitésre pedig 10%-ot fordítanak az útépitésre rendelkezésre álló összeggől).

Mindezekből arra a következtetésre lehet jutni, hogy a zúzott kőtermékek várható regionális (megyei) arányait megfelelő pontossággal közelíthetjük meg a meglévő úthálózat hosszának regionális megoszlásával.

Az egyes területegységeken belül mindenütt azonosnak vesszük a zúzott kőtermékek szükségletének minőségi kategóriánkénti megoszlását.

III. Az optimális struktúra

A feladat megoldása többlépcsős. Előbb statikus jellegű szállítási optimumot számítunk 11 millió, majd 13 millió tonnás országos szükséglet feltételezésével, s ezt követően alakítjuk ki az üzemeltetés és szállítás együttes optimumát dinamikus értelmezésben.

a) Szállítási optimum 11 millió tonna szükségletnél

Az első lépcsőben — a lineáris programozás segítségével — meghatározzuk, hogy az 1975. évi 11 millió tonnás zúzott kőtermék szükséglet kielégítése

- mely üzemben,
- milyen volumenű és
- milyen minőségi kategóriájú

zúzott kőtermék termelésével biztosítható úgy, hogy a teljes termelési volument

- minimális szállítási költség terhelje,
- s ugyanakkor a megoldás eleget tegyen a feltételi rendszerben foglalt követelményeknek.

A feltételi rendszer lényegében az egyes üzemekre, illetve üzemcsoportokra vonatkozó ún. kapacitáskorlátokat jelenti. E feltételi rendszer célja a következőkben foglaltak biztosítása.

a) Az előzőekben fejlesztésre alkalmatlannak ítélt üzemekre vonatkozóan a megkötés az, hogy ezek termelése — teljes keresztmetszetben és minőségi kategóriánkénti arányaiban is — az optimális megoldásban a tervvel azonosan szerepel-

jen. Ezek az üzemek a következők: Vindornya-szőlős, Diszel, Sárospatak, Egerbakta, Karancs, Pomáz, Sástó, Visegrád, Erdőbénye, Bagókö, Szarvaskő, Farkasmály és Gönc.

b) Az üzemek második csoportja alkalmas a fejlesztésre: A korlátok itt a következők:

— a teljes keresztmetszetű termelés nem lehet kisebb a tervben előirányozottnál,

— a zúzott kő (Z) termelése csak akkor lehet kisebb a tervnél, ha a zúzott kő továbbfeldolgozást — nemes zúzottkővé — a kőzetfizikai jellemzők lehetővé teszik; emiatt az optimális megoldásban a nagyharsányi és a polgárdi üzem termelése csak azonos, vagy nagyobb lehet, mint a terv,

— a különleges zúzott kő előállítását csak azokban az üzemekben vesszük figyelembe, amelyekben a terv is tartalmaz termelést,

— az optimális megoldásban szereplő termelési volumen megegyezik a teljes szükséglettel, s így az egyes üzemek termelése — az előbbi megkötéseket figyelembevéve — bármilyen folytonos (nem diszkrét) értéket felvehet.

A fejlesztendő üzemek közé a következőket soroljuk: Uzsabánya, Tállya, Nógrádkövesd, Komló, Zalahaláp, Szob, Recsk, Tarcal, Nagyharsány, Polgárdi, Sümeg és Sátoraljaújhely.

Ezen üzemeknél — egyrészt a teljes keresztmetszetű termelés bővítését, — másrészt a minőségi kategóriák közötti arányt vizsgáljuk.

A megoldást elemezve a fejlesztésre alkalmasnak ítélt üzemeket három csoportba sorolhatjuk.

Az első csoportba tartoznak azok, amelyek teljes keresztmetszetű termelése a számítás szerint meghaladja a tervben szereplőt. Ezek az üzemek: Szob, Komló és Tállya.

Kiemelkedően a legnagyobb volumenű termelésemelkedési szükséglet a szobi üzemnél jelentkezik, amit a komló, majd a tályyai üzem bővítési igénye követ.

A második csoportba sorolhatjuk azokat az üzemeket, amelyekben nincs szükség ugyan a teljes keresztmetszetű termelés növelésére, de szükséges a nemes zúzottkővek termelésének növelése a zúzottkő termelése terhére. Ezek az üzemek: Uzsabánya, Zalahaláp és Nógrádkövesd.

A zúzottkőnek nemes zúzottkővé való továbbfeldolgozásának növelési igénye közel azonos az uzsai és a zalahalápi üzemben, s fele ilyen mértékű a nógrádkövesdi üzemben.

A harmadik csoportba sorolható üzemekre jellemző, hogy az 1975. évi szükségletek kielégítése érdekében a számításunk nem eredményezett változási igényt a tervhez képest, jöllehet ennek lehe-

tósége a számítás során adott volt. Ezek az üzemek: Recsk, Tarcal, Sümeg, Sátoraljajhely, Polgárdi és Nagyharsány.

b) *Szállítási optimum 13 millió tonna szükségletnél*

A kapacitásfejlesztési struktúrát akkor nevezhetjük optimálisnak, — a korábban már vázolt célfüggvény értelmében — ha az nem statikusan, azaz egy adott időpontban (például 1975-ben), hanem dinamikusan, tehát egy adott időtartam egészében (például 5—10 év) jelent optimumot.

E követelménynek teszünk eleget — bizonyos ésszerű kompromisszum mellett — akkor, amikor az optimális kapacitásstruktúrát a 11 millió tonna/év szükséglet mellett 13 millió tonna/év szükséglet esetén is megállapítjuk. E második variációt úgy kell tekintenünk, mint az 1975-t követő azon év optimális kapacitás-struktúráját, amikor az éves szükséglet eléri a 13 millió tonnát. A számításnál alkalmazott korlátok és feltételek azonosak az előző számítással.

A megoldás elemzése során az üzemeket itt is — az előbbi ismérvek alapján — három csoportba soroljuk. Az első csoportba tartozó üzemek: Szob, Komló, Tállya, Sümeg és Nógrádkövesd.

A 13 millió tonnás szükséglet kielégítése ezen üzemek teljes keresztmetszetű termelésének növelését igényli. A második csoportba csak az uzsai üzem sorolható. A harmadik csoportba tartozó üzemek — ahol a számítás eredménye azonos a tervvel — a következők: Zalahaláp, Recsk, Tarcal, Nagyharsány, Polgárdi és Sátoraljajhely.

c) *Dinamikusan értelmezett népgazdasági szemléletű optimum*

Az eddigi számításaink sajátossága, hogy egyrészt az ismerttetett szempontok szerinti módon csökkentett számú lehetséges fejlesztési változatok közül az optimálist a célfüggvény második tagja, azaz a szállítási költség minimuma alapján határoztuk meg, másrészt a bővítések mértékét nem diszkrét egységekben — hanem folytonosan — vettük figyelembe.

Vajon a célfüggvény első és második tagjának együttes figyelembevétele, valamint diszkrét nagyságú bővítések esetén is azonos eredményre juthatunk?

A 11, illetve 13 millió tonnás országos szükséglet esetén akkor érhető el a minimális szállítási költség, ha a hiányzó 1,1, illetve 3,1 millió tonnás termelési kapacitást Szobon, Komlón, Tállyán, illetve ezeken felül még Sümegen és Nógrádkövesden létesítjük, az alábbi volumenekben:

ezer tonna					
	termelés bővítés nélkül (1975)	a bővítés mértéke		termelés a bővítéssel együtt	
		11	13	11	13
		millió tonna szükséglet esetén			
Szob	600	778	1703	1378	2303
Komló	800	270	486	1070	1286
Tállya	1200	92	475	1292	1675
Sümeg	230	0	370	230	600
Nógrádkövesd . .	850	0	106	850	956
összesen:	3680	1140	3140	4820	6820

A legkedvezőbb szállítási költség tehát akkor biztosítható, ha a hiányzó kapacitások több mint 50%-át az öt telephely egyikén, Szobon létesítjük. Ha ezt az arányt megváltoztatjuk — különösen Komló, Tállya, vagy Sümeg javára — akkor az elérhető legkedvezőbb szállítási költség jelentősen romlik.

Az egyes üzemekre a szállítási optimum alapján meghatározott bővítési mértékeket az öt üzem között tehát csak akkor csoportosíthatjuk át, ha ennek eredményeként csökken a célfüggvény egészének az értéke, azaz a célfüggvény első tagjának fajlagos értékében elérhető csökkenés nagyobb, mint az így előálló szállítási költség emelkedés.

Közismert az a műszaki-gazdasági összefüggés, hogy racionális üzemkialakítás és szervezés esetén a magasabb üzemnagyságnál kedvezőbb mind a fajlagos beruházási és forgóeszközráfordítás, mind az önköltség. Az összefüggés degresszív jellegű: az üzemnagyság növekedése degresszíve csökkenti az előbbi fajlagosok értékét. Ebből az következik, hogy ott érhető el a célfüggvényünk első tagjának a legkedvezőbb értéke, ahol mind a bővítés mértéke, mind az ennek eredményeként létrejövő üzem nagysága a legnagyobb. E szerint az öt telephely közül Szobon érhető el a legkedvezőbb fajlagos eszközráfordítás és önköltség. (A helyi adottságok e megállapításon nem igen változtathatnak, mivel olyan számottevő a bővítési mértékek közötti különbség).

Ha a szobi üzem bővítését elhagynánk, vagy a szállítási optimumnál kisebb mértékben fejlesztenénk, s helyette a többi négy üzemet (vagy ezek közül akár egyet, kettőt vagy hármat) bővítenénk, akkor a szállításban bekövetkező többletköltséget lehetetlen kompenzálni a fajlagos eszközráfordításban és önköltségben esetleg bekövetkező csökkenéssel.

Valószínűségyszámítási módszerek speciális alkalmazása a cement gyártásában*

V É G H J Ó Z S E F

Cementipari Művek Lábatlani gyára

Bevezetés

A valószínűségyszámítás a matematika egyik ága, mely az utóbbi évtizedekben úgy elméleti, mint gyakorlati oldalról nézve hatalmas fejlődésen ment keresztül. Feladata a tömegjelenségek területén mutatkozó objektív törvényszerűségek vizsgálata, és ezen keresztül az ember gyakorlati tevékenységének elősegítése. Nézzük meg konkrétan, mit jelent ez a megfogalmazás a gyakorlatban, ill. jelen esetben körülményeink, tehát a cement gyártásával kapcsolatban.

A cement gyártása során az üzemi paraméterek hol szűkebb, hol tágabb határok között változnak. Felvetődik a kérdés, vajon ezek a paraméterek egymással kapcsolatban állnak-e, és ha igen, ezt a kapcsolatot milyen függvény írja le. A választ a matematikai statisztikai módszerek adják meg.

A következőkben a valószínűségyszámítás azon részfejezeteivel foglalkozom, melyek gyárunkban már alkalmazást nyertek, és röviden ismertetem a módszer lényegét is.

Az alkalmazott valószínűségyszámítási módszerek

Tudvalevő, hogy az előállított termék, jelen esetben a cement és a mész minősége függ a felhasznált nyersanyagok minőségétől. Ezért szükségszerű tudni, hogy egy adott időszakban milyen minőségi nyersanyag áll rendelkezésre.

Természetesen arra nincs lehetőség, hogy az egész nyersanyagvagyon minden egyes részletét külön-külön megvizsgáljuk, viszont egy bizonyos valószínűséggel meg tudjuk határozni az adott helyen levő nyersanyagminőséget. Erre a célra szolgál a valószínűségyszámításnak a nagy számok

törvényszerűségeivel foglalkozó fejezete. A módszer lényegét egy konkrét példán a bányamintázáson keresztül fogom bemutatni.

Induljunk ki abból, hogy a valószínűségi változó, mely jelen esetben a mészkő CaO, ill. a márga CaO és SiO₂ tartalmának (legfontosabb alkotórészek) szórása bizonyos képet ad arról, hogy milyen valószínűséggel számíthatunk ennek a valószínűségi változónak tényleges és várható értéke közötti különbségre.

A valószínűségi változó szórásnégyzetének képletéből kiindulva:

$$D^2(x) = \sum_{i=1}^n [x_i - M(x)]^2 P_i$$

ahol $D^2(x)$ = szórásnégyzet, x_i = valószínűségi változó i -edik tagjának értéke, $M(x)$ = várható érték, P_i = a valószínűségi változó x_i értékéhez tartozó valószínűség.

Legyen y egy tetszőleges pozitív szám melynek jelentését később fogom megmagyarázni. Ha a képletben szereplő összegből minden olyan tagot elhagyunk, melyre $[X_i - M(x)] > y$, úgy az összeg csak csökkenhet, tehát

$$D^2(x) \geq \sum_{i=1}^n [x_i - M(x)]^2 P_i$$

Ez az összeg még jobban csökken, ha minden tagjában az $(x_i - M(x))^2$ tényezőt a nála kisebb y^2 -el helyettesítjük.

Tehát
$$D^2(x) \geq y^2 \sum_{i=1}^n P_i$$

Az egyenlet jobb oldalán álló összeg az x valószínűségi változó azon x_i értékeihez tartozó való-

* Az 1972. szept. 7-i pécsi „Szilikátipari Ifjúsági Napok”-on tartott előadás.

színűségek összege, melyeknél az $M(x)$ -től vett abszolút eltérés $> y$, más szóval

$$P[|x - M(x)| > y]$$

tehát annak valószínűsége, hogy egy x érték abszolút eltérése a várható értéktől y -nál nagyobb legyen.

Végül is azt kaptuk, hogy

$$P[|x - M(x)| > y] \leq \frac{D^2(x)}{y^2},$$

ez pedig a Csebisev féle egyenlőtlenség.

Miután azonban a bányában egy nyersanyag-komponens pl. CaO százalékos értékét a mintákból számított számtani középérték adja, a számtani átlagra kell felírnunk a Csebisev-féle egyenlőtlenséget, tehát

$$P\left[\left|\frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} - M(x)\right| > y\right] \leq \frac{D^2\left(\frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}\right)}{y^2}$$

ahol P valószínűségeken belül

$$\frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

jelenti a minták elemzéséből számított egy kőzet-komponens százalékos értékét az összeshez viszonyítva, az $M(x)$ várható értéket pedig akkor nyerünk, ha gyakorlatilag az egész bányát mintának tekintenénk. Az egyenlőtlenség jobb oldalán a számtani átlag szórásnégyzete szerepel, amelyet a már korábban végzett elemzési adatokból lehet meghatározni. Ha egy előre lerögzített $P = P_0$ valószínűségeken belül akarunk dolgozni, akkor ezen adatokból már a szükséges minták száma meghatározható.

$$n \geq \frac{D^2(x)}{P_0 y^2}$$

Az előző egyenlet által meghatározott számú minták elemzése után már konkrét számadatokból meghatározható a nyersanyagminőség, illetve, hogy milyen valószínűségeken belül érvényesek megállapításaink.

A számítást mellőzve az elemzés után kapott eredmények a következők.

Kecskekő(mészkö)—CaO-ra

$$\begin{aligned} D^2(x) &= 0,378 & y &= 0,25\% \\ n &= 31 & x &= 54,26\% \\ P_1 &= 80,5\% & P_2 &= 90,25\% \end{aligned}$$

Dogger (mészkö)—CaO-ra

$$\begin{aligned} D^2(x) &= 3,82 & y &= 0,7\% \\ n &= 40 & x &= 51,31\% \\ P_1 &= 80,5\% & P_2 &= 90,25\% \end{aligned}$$

Bersek (márga)—CaO-ra

$$\begin{aligned} D^2(x) &= 105,77 & y &= 3\% \\ n &= 26 & x &= 26,1\% \\ P_1 &= 54,8\% & P_2 &= 77,4\% \end{aligned}$$

SiO₂-re

$$\begin{aligned} D^2(x) &= 151,03 & y &= 3\% \\ n &= 26 & x &= 34,74\% \\ P_1 &= 35,5\% & P_2 &= 66,75\% \end{aligned}$$

ahol \bar{x} = átlagos CaO, ill. SiO₂ tartalom
 y = átlag CaO, ill. SiO₂ tartalomtól való eltérés

n = megelemzett minták száma

$P_1 = 100 - P_0$ = annak a valószínűsége, hogy a CaO, ill. SiO₂ tartalom egy adott helyen $y\%$ -nál kisebb értékben tér el \bar{x} -től.

$P_2 = 100 - 1/2(100 - P_1)$ = annak a valószínűsége, hogy a CaO, ill. SiO₂ tartalom eléri az átlagos értéket, illetve nagyobb annál.

Látható, hogy a márgánál a P_1, P_2 valószínűségi értékek elég alacsonyak, ami azzal magyarázható, hogy előzetes számítások alapján a mészköhöz hasonló valószínűség eléréséhez 53 mintát kellett volna megelemezni, erre pedig nem volt lehetőség. Utólag a minták vizsgálata elkészült és a valószínűségi értékek, mint ahogy várható is volt magasabbak lettek.

Egy másik valószínűségi számítási módszer, melynek felhasználására már szintén sor került, az úgynevezett korrelációs számítás. Tulajdonképpen a valószínűségi változók közötti sztochasztikus kapcsolatok vizsgálatával foglalkozik. A probléma tehát a legegyszerűbb kétváltozós esetre a következő: Adva vannak a ξ és ζ valószínűségi változók, keressük azt az $y = A(x)$ függvényt, melyre $A(\xi)$ legjobban megközelíti az ζ változót. Ezen azt értjük, hogy azt az $A(x)$ függvényt keressük amelyre $M\{[\zeta - A(\xi)]^2\}$, azaz a szórás négyzet minimális. Hogy ez a függvény létezik-e egyáltalán, az csak később fog kiderülni.

Az $M\{[\zeta - A(\xi)]^2\}$ akkor lesz minimális, ha $A(x)$ az x minden értékére egyenlő ζ -nak a $\xi = x$ melletti feltételes várható értékével, melyet a rövidség kedvéért $M(\zeta/x)$ -el jelölünk. Az $M(\zeta/x)$ függvényt, mint x függvényét ábrázoló görbét ζ -nak ξ -re vonatkozó regressziós görbéjének nevezük.

Kétváltozós normális eloszlás esetén a regressziós görbék egyenesek, melyeknek egyenlete:

$$\frac{y}{D(\zeta)} = R(\xi; \zeta) \frac{x}{D(\xi)}$$

Abban az esetben, ha a normális eloszlás közép-pontja nem az origóba esik, mint ahogy látni fogjuk, esetünkben sem esik oda, a regressziós egyenes egyenlete:

$$\frac{y - M(\zeta)}{D(\zeta)} = R(\xi; \zeta) \frac{x - M(\xi)}{D(\xi)},$$

ahol $M(\zeta)$ és $M(\xi)$ várható értékek,
 ζ és ξ valószínűségi változók,
 $D(\zeta)$ és $D(\xi)$ szórások,
 $R(\xi; \zeta)$ a korrelációs együttható, melynek definiáló egyenlete a következő:

$$R(\xi, \zeta) = \frac{M\{[(\xi - M)\xi -][\zeta - M(\zeta)]\}}{D(\xi)D(\zeta)}$$

A fenti számítási módszert a nyersiszap optimális nedvességtartalmának meghatározására használtuk fel. Mintegy 1/2 éves időtartamra vonatkozóan kerestünk kapcsolatot az iszapnedvességtartalom és az égetéshez szükséges hőmennyiség között. A regressziós egyenes meghatározásához a nedvességtartalom-porkamra-hőfok összetartozó értékeit használtuk fel, figyelmen kívül hagyva a szénporadagolás egyenetlenségeit, melynek hibája azonban hosszabb távon minimális.

Végülis 5 kemencés üzemre vonatkozóan 38%-os optimális nedvességtartalmat kaptunk viszonyaink között.

A füstgázok átlagos fajhőjét a termelt klinker mennyiségét figyelembe véve végülis 22 kcal/kg klinker hőmegtakarítás volt kimutatható a 38%-os nyersiszapnedvesség tartásával.

Mint láttuk a valószínűségszámítási módszerek alkalmazhatósága a cementiparon belül is elég tág határok között mozog. Az elkövetkezendő időkben még inkább szeretnénk más területekre is kiterjeszteni, hiszen gyakorlati haszna az elmondottak alapján egyértelműen megállapítható.

Végh József: Valószínűségszámítási módszerek speciális alkalmazása a cement gyártásában

Tárgyalásra kerülnek a valószínűségszámítás speciális esetei cementgyártási folyamatoknál. A termékek gyártása során bizonyos paraméterek hol szűkebb, hol tágabb határok között változnak. Ezt a kapcsolatot szűkítheti le a matematikai valószínűségszámítás. Részletesen ismertetésre kerül a Csebisev-féle formula mintavételezésnél történő alkalmazása. A szorzó behatárolja azt az optimális mintaszámot mész- és márga esetében, amely minimálisan szükséges a nyersanyag minősítéséhez. A korrelációs együtthatók segítségével optimalizálja a nyersiszap víztartalmát. Összefüggés állapítható meg a különböző forgókemencék távozó füstgáz hőmérséklete és a nyersiszap nedvességtartalma között.

Вег, Й.: Специальное применение расчета вероятности в цементной промышленности

Обсуждаются специальные случаи расчетов вероятности в процессах цементного производства. В ходе производства цемента определенные параметры изменяются, иногда в широких, а иногда в узких пределах. Эта связь может быть сужена с помощью применения математического расчета вероятности. Подробно описывается применение формулы Чебышева при отборе пробы. Автор определяет оптимальное число проб в случае известняка и мергеля, минимально необходимых для качественной оценки сырьевого материала. С помощью коэффициентов корреляции оптимизирует влажность шлама. Может быть установлена зависимость между температурой отходящих дымовых газов и влажностью сырьевого шлама.

Végh, József: Spezielle Anwendung von Wahrscheinlichkeitsrechnungsverfahren in der Zementfertigung

Es werden die speziellen Fälle der Wahrscheinlichkeitsrechnung bei Vorgängen der Zementfertigung besprochen. Im Laufe der Herstellung der Produkte ändern sich bestimmte Parameter zwischen engeren oder weiteren Grenzen. Dieser Zusammenhang kann durch die Wahrscheinlichkeitsrechnung eingeengt werden. Die Anwendung der Tschebyscheff-Funktion bei Probenahmen, wird eingehend beschrieben. Es wird die zur Wertung des Rohstoffes mindestens nötige und optimale Zahl der Proben für Kalk und Mergel angegeben. Mit Hilfe der Korrelationsfaktoren wird der Wassergehalt des Rohschlammes optimiert. Zwischen der Abgastemperatur verschiedener Drehöfen und dem Feuchtgehalt des Rohschlammes kann ein gewisser Zusammenhang festgestellt werden.

Végh, József: Special Application of Probability Calculus in Cement Manufacture

Some parameters are changed within wide, others within narrow limits during processes of cement manufacture. These interrelationships can be narrowed down by mathematical probability calculus. Chebishev's formula can be well utilized in sampling: the author calculates the minimum number of limestone and marl samples necessary to raw material qualification. Water content of raw slurry can be optimized by calculating correlation coefficients. Similar correlations can be found between flue gas temperature of rotary kilns and the water content of the raw slurry.

Izotópos tapadásjelző a DCM IV. kemence Dopol-hőcserőjénél

KOLLÁR IVÁNNÉ
Cementipari Művek Váci Gyára

Bevezetés

A DCM IV. kemencében száraz eljárásos klinker-égetés folyik. A technológia első lépéseként a nyerslisztet a kettősáramlású előmelegítő Dopol-rendszerben előmelegítik. A nyerslisztet száraz, por alakú őrlemény formájában adják fel a hőcserélő-rendszer legfelső, azaz a IV. fokozatába. A hőátadás a ciklonokban történik, ahol a felülről jövő anyag a kemencéből jövő forró kemencegázzal találkozik. A ciklonokban a felmelegedett liszt leválik, a surrantón át a következő fokozatba jut. Ennél az eljárásnál nagy gondot okoz a ciklonokba feltapadt anyag növekedése, amely végül a keresztmetszet teljes elzáródását okozza.

A dugulások miatti üzemzavar legtöbb esetben több órás termelékiesést okozott. Nem szükséges a tapadások okozta üzemzavarok gazdasági következményeit részletesen kifejteni, ezek mindenki előtt ismereteseek.

A ciklonok dugulásának oka igen sok tényező lehet. Tapasztalat szerint az okokat három csoportra oszthatjuk.

Az első csoportba tartoznak azok, amelyek a kemence indulása előtti gondos ellenőrzéssel egyszerűen kiküszöbölhetők. Például: érdes felület, a levegőcsappantyú beragadása, hamis levegő, anyaglerakódás a surrantóban.

A második csoportba tartoznak azok, amelyek a technológiai előírás igen pontos követésével szüntethetők meg. Ilyenek a jó lángvezetés, alkáliák helyes %-os aránya stb. Ezek betartásának lehetőségét újabb sor tényező határozza meg. A jó lángvezetést meghatározza az O_2 és CO helyes aránya, a lángfúvóka jó beállítása, megfelelő huzat, az olaj minősége stb. Az alkáliák helyes ará-

nyát, annak értéken való tartását a nyersanyagok minősége határozza meg. Döntő szerepet játszik mindkét csoportnál a beosztott dolgozók, molnárrok, égetők, nyersliszt-beállítók precíz, lelkiismeretes munkája.

A harmadik csoportba tartoznak azok az okok, amelyek bekövetkezése semmilyen tényezőtől előre nem látható és bekövetkezésük néhány másodperc alatt dugulást eredményez. Ilyen például: egy ciklon falára feltapadó anyag a falról leválik és lezúdulva az alatta levő ciklon kiömlő nyílását eltömi.

Az elmondottakból is látszik, hogy a feltapadások, dugulások a legkisebb technológiai mulasztás közvetlen vagy közvetett következményei lehetnek.

A meglévő mérőműszerek, amelyek a kemence pillanatnyi műszaki és technológiai állapotáról adnak információt, csak a dugulás megtörténését jelzik. Dugulásra a hőmérséklet és huzat változásából lehet egyértelműen következtetni. Ezek megváltozását dugulás vagy olyan nagymérvű feltapadás idézheti elő, amelyek letisztítása legtöbb esetben csak a kemence leállításával végezhető el.

A dugulások számának csökkentésére első lépésként szükségesnek látszott egy olyan jelzés megteremtése, amely a ciklonfalon levő tapadásnak már a kezdetéről egyértelmű, biztos információt szolgáltat. Ennek a feladatnak a megoldására a világviszonylatban ismert és széles körben alkalmazott nukleáris elvű információszerzés vált alkalmassá.

Az MTA Izotóp Intézettel kötött kutatási szerződés keretében a kísérletet elvégeztük, és megkeztük azt az optimális helyet a ciklonon, ahová a berendezés véglegesen felszerelésre kerül. A kísérlet sikeresen zárult, amelynek időtartama alatt is a

* Az 1972. szept. 7-i pécsi „Szilikátipari Ifjúsági Napok”-on tartott előadás.

dugulások száma az ellenőrzött ciklonban mini-
uálisra csökkent.

E bevezetés után szeretnénk a mérési elvet, az
alkalmazott berendezést, végül a kísérlet tapasza-
latait részletesebben ismertetni.

Mérési elv és az alkalmazott berendezés

A nukleáris elvű információszerzés általánosság-
ban azzal jellemezhető, hogy a mérőjeleket rádió-
aktív sugárforrás emittálja, az érzékelő detektorok
az információhordozó rádióaktív sugárzást villamos
jelek formájában szolgáltatják. A jelváltozást lét-
rehozó információtartalom alapja magfizikai köl-
csönhatás.

A rádióaktív sugárforrás irányított sugárzása
áthatol a mérendő anyagon, vagy reflektálódik róla.
Az anyaggal való kölcsönhatás során a rádióaktív
sugárzást alkotó elemi részecskék száma, energi-
ája vagy iránya az abszorpció, illetve reflexió kö-
vetkeztében megváltozik. Ezen tulajdonságok meg-
változásából a mérőműszer, — amely a detektorból
és mérőkészülékből áll — meghatározza a kívánt
paramétert.

A nukleáris elvű mérési módszer legfőbb előnyei:

1. Az érzékelés „érintés nélküli”, azaz a mérés a
rendszer megbontása nélkül történik.
2. A rádióaktív sugárzás emittálását a környezet
paramétereinek változása nem befolyásolja.
3. A sugárforrás sem energiát, sem karbantartást
nem igényel.
4. A mérési eredmény nagy anyagmennyiség átla-
gára vonatkozik.
5. A mérési eredmény villamos jelek formájában,
analóg vagy digitális formában jelentkezik.
6. Az eredmény időkésedelem nélkül kapható.

Sugárzás és az anyag kölcsönhatása

Az ismert négy sugárzási fajta közül, az α -, β -,
 γ - és neutronsugárzás közül a γ -sugárzás alkalmaz-
ása a legmegfelelőbb a ciklonokban előforduló
tapadások jelzésére.

A γ -sugárzás a többi sugárzáshoz viszonyítva
kevésbé abszorbeálódik, ionizáló képessége lényeg-
esen kisebb, ezek következtében jelentős vastag-
ságú anyagon képes áthatolni.

A γ -sugárzás intenzitása is gyengül abszorpció
és reflexió következtében, különböző anyagokon
való áthatolás közben.

A gyengülés $I = I_0 e^{-\mu d}$ exponenciális összefüg-
géssel jellemezhető,

ahol I_0 a kezdeti intenzitás,

μ a lineáris abszorpciós tényező,

d anyagvastagság,

bevezetve a $\mu = \frac{\mu}{\rho}$ egységnyi sűrűsége vonatkoz-
tatott tömeggyengítési tényezőt,

$$I = I_0 e^{-\mu \rho d}$$

A negatív előjel arra utal, hogy növekvő sűrű-
séggel a sugárzás intenzitása csökken. Ez az expo-
nenciális összefüggés pontosan csak keskeny és
párhuzamos sugárnyalábokból álló monokroma-
tikus γ -sugárzásra érvényes.

A sugárzás gyengülése összetett kölcsönhatási fo-
lyamat. Jelenleg 11 különböző kölcsönhatási folya-
mat ismeretes.

A legfontosabbak:

1. Fotoeffektus,
2. Compton-effektus,
3. Párképződés.

Fotoeffektus: Gamma-kvantum energiáját az
atom külső elektronhéján keringő elektronnak
adja át, amely kiszabadul és a maradék energiát
magával viszi. A kiszabadult elektron rugalmas
és rugalmas ütközés folyamán ionizációt és ger-
jesztést okoz, ezt a folyamatot fényjelenség, vagy
ehhez hasonló folyamat kíséri.

Compton-effektus: Az elektron nem veszi át a
gamma-kvantum teljes energiáját, s az így meg-
maradt maradék energiától a rugalmas ütközés-
hez hasonló jelenségből szórt γ -sugárzás keletke-
zik.

Párképződés: Az atommag előterébe jutó gamma-
kvantum eltűnik és helyette egy pozitronból és
egy elektronból álló részecskepár képződik.
A megmaradt energiatöbbletet a két elemi ré-
szecske kinetikus energiaként magával viszi.

Rádióaktív sugárzás érzékelése

A rádióaktív sugárzás észlelése a már ismertetett
kölcsönhatási folyamat alapján lehetséges. A gya-
korlatban jelenlétüket detektorokkal mutatják ki,
amelyek a rádióaktív sugárzást villamos jellé ala-
kítják át és szolgáltatják részünkre. A detektorok-
kal szemben támasztott követelmény:

1. Jó hatásfok, — a detektorba becsapódó részecs-
kéket minél nagyobb számban kell villamos jellé
átalakítani. A hatásfokot a rádióaktív sugár-
zást érzékelő detektoroknál megszólalási való-
színűségnek is nevezik.
2. A sugárzás intenzitása és a kimenő jelek gyako-
risága közötti arányosság.

Az ipari detektoroknál a detektálásra az alábbi
folyamatok alkalmazhatók:

1. Ionizáció. — A gázokban áthaladó sugárzás
ionizálja a gázatomokat. Az ionizáció mértéke
a sugárzás intenzitásával arányos. Ezt a folya-

matot alkalmazó detektorok, az ionizációs kamra és a Geiger—Müller számláló cső.

2. Lumineszcenc-hatás. — Egyes anyagok, főleg szerves és szervetlen kristályok olyan tulajdonsággal rendelkeznek, hogy rádióaktív sugárzás hatására fényfelvillanás keletkezik. A fényfelvillanás arányos a beeső rádióaktív részecske energiájával. A szcintillátor-kristályból és az optikailag hozzacsatolt fotoelektron sokszorozóból összeállított számlálót szcintillációs detektornak nevezzük.

Hatásfoka igen jó, amely miatt kis aktivitású sugárforrás alkalmazását teszi lehetővé az iparban. Hátránya a honyolult felépítés és a fotoelektron-sokszorozó erősítésének igen nagymérvű tápfeszültség függése.

A szcintillációs detektorban a rádióaktív részecske észlelése és villamos jellé való átalakítása öt fokozatban történik:

1. A beeső részecskét a szcintillációs kristály abszorbeálja.

2. A kristályban fényfelvillanás (fotoemisszió) keletkezik. Minél nagyobb a részecske energialeadása, annál nagyobb a fényfelvillanás.

3. A keletkezett foton a kristályon áthaladva eljut a fotoelektron sokszorozó katódjára.

4. A beeső foton hatására a sokszorozó katódja fotoelektront bocsát ki (amittál).

5. A katódot elhagyó fotoelektront a fókuszelektroda az első anód felé irányítja, amelyet dinódának nevezünk. A dinóda olyan anyagból készül, hogy a becsapódó fotoelektron hatására további szekunder elektronok keletkeznek, amelyeket a következő dinóda erőtere gyorsít. Az elektronsokszorozási folyamat ismétlődik A dinódák számának növelésével igen jelentős erősítés érhető el.

A szcintillációs számláló kimenetén, az utolsó dinódán, melyet anódnak nevezünk, feszültségi impulzus keletkezik. Nagysága néhány mV-tól néhány V-ig terjedhet a beeső részecske energiájától függően.

A több ismert mérési elrendezés közül a kísérlet során a direkt-mérési (közvetlen-mérési) módszert alkalmaztuk. Ez a mérés az anyagi tulajdonságok (például sűrűség, vastagság) abszorpciós mérésének legegyszerűbb elrendezése.

Az ólomtartóban elhelyezett sugárforrásból kiinduló irányított rádióaktív sugárzás a mérendő anyagon való áthaladásnál részben abszorbeálódik. Az abszorpció következtében gyengült sugárzás a detektorhoz ér. Minél nagyobb az abszorpció, annál kevesebb sugárzás éri a detektort. A detektor jelei az elektronikus egységbe kerülnek, amely

impulzuserősítőt, impulzusformálót, integrálókört és diszkriminátort tartalmaz. A mért értéket esetünkben a vonalíró mutatja.

A mérési elrendezésben a mutatott érték fordítottan arányos az anyagi tulajdonságokkal.

A mérés pontossága a csökkenő sugárintenzitás következtében romlik. A műszer skálája egyébként is exponenciális, amely elektronikus műszerkapcsolásokkal lineárisrá tehető, de ez a mérés pontosságán nem változtat.

Az ismertetés második részében magáról a kísérletről, az itt szerzett tapasztalatokról, eredményekről számolunk be.

Kísérleti tapasztalatok

A mérőberendezést a bal 1-es ciklon kiömlő része fölé 30 cm-re szereltük fel. A ciklon kiválasztásánál egyetlen szempont játszott szerepet, az, hogy az üzemi tapasztalatok szerint a legtöbbször dugult el.

A felszerelt radióaktív sugárforrás Cs-137, amelylyel szemben van elhelyezve a FAS/T folyamatos szintmérő szcintillációs mérőszondája. A főerősítő analóg kimenetére kapcsolt vonalíróval a mérésről folyamatos eredményt kapunk.

A mérés tulajdonképpen sűrűség-mérés, amely a γ -sugárzás abszorpcióján alapul. Tapadáskor a vizsgált keresztmetszetben a sűrűség nagyobb lesz, amelynek változásából látjuk a normálistól eltérő állapot kialakulását.

A kísérletet három részre bonthatjuk:

Az első rész feladata volt megállapítani, hogy az alkalmazott mérési elrendezés, a beállított érzékenység az anyagmennyiség változásának érzékelésére alkalmas-e.

A második lépésben a kapott diagramok kiértékelése és a napi jelentések alapján meghatároztuk azt a szintet, amely a folyamatos üzemelés mellett, a teljes terheléssel üzemelő kemence esetében a vizsgált ciklonon áthaladó anyagmennyiségnek felel meg.

A harmadik szakaszban egy újabb, az elsőtől független mérőhelyet telepítettünk a bal — 1 ciklonra, az első mérőhely fölé kb. 200 cm-re. Feltételezhető volt, hogy a ciklonban a tapadás az örvénylő mozgás miatt az első törésvonal után — azaz ahol a ciklon kúposan szűkülni kezd — kezdődik. A kapott két diagram kiértékelése után egyértelműen látszott, hogy a tapadás a kiömlő rész fölött elhelyezett műszer magasságában kezdődik.

Több hetes üzemelés során összegyűlt diagramok birtokában, amely diagramok nemcsak az izotópos mérési eredményeket, hanem az üzemelés

minden műszaki jellemzőit (pl. hőmérséklet, olajfogyasztás, lisztadagolás stb.) is tartalmazták, a részletes kiértékelést elvégezhetjük.

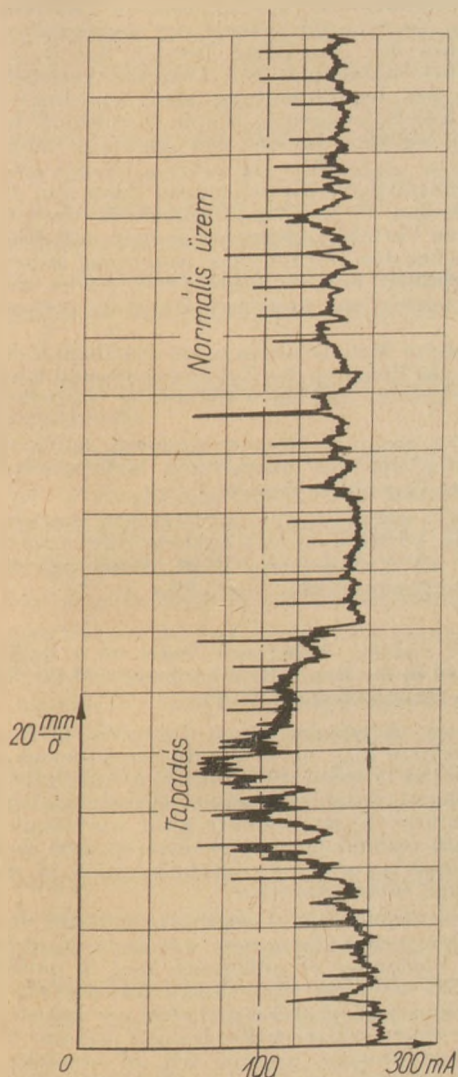
A kiértékelés eredményei:

A legfontosabb az, hogy a dugulás bekövetkezése előtt 1–1½ órával az izotópos műszer fokozatos szintcsökkenést jelez. A szintcsökkenés magyarázata az abszorpció növekedése, amelyet a nyersliszt felrakódása okoz.

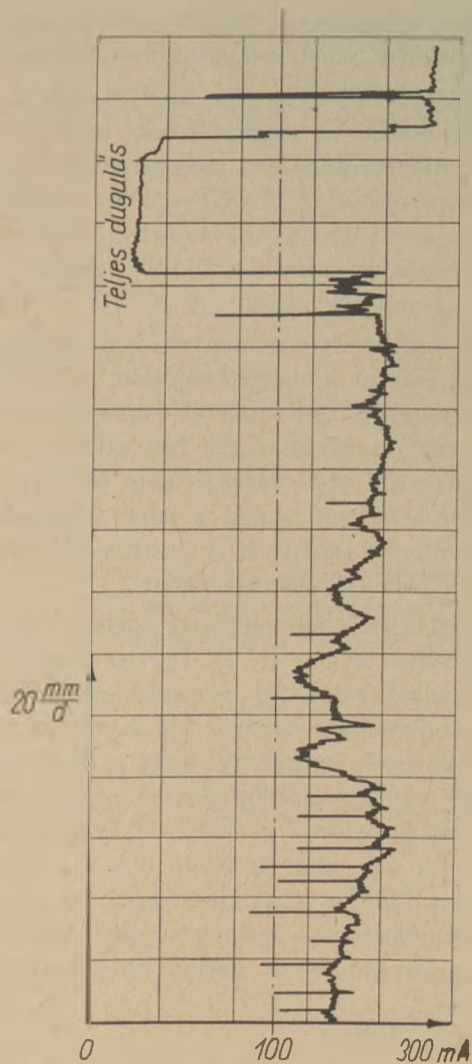
A szintcsökkenés egy meghatározható értékének elérése után az üzemelés folyamatossága bizonytalanná válik. A feltapadt anyag bármikor leválhat a ciklon faláról és elzárhatja a kiömlő nyílást.

Ciklonjaink sűrített levegő befúvatásával történő tisztítása 20 percenként elegendőnek látszik, ezek az alkalmak a diagramon nagy tüimpulzusok formájában látszanak.

Az 1. ábrán látható, hogy a ciklonfalon tapadás kezdődik. A kritikus érték elérése után a határérték-



1. ábra. Tapadás kialakulása



2. ábra. A felső fokozatból leszakadó anyag a ciklont teljesen elzárta

kapcsoló a jelzőlámpát bekapcsolja, aminek következtében a tisztítást megkezdik. A ciklonban 1–1½ óras tisztítás után ismét a normális üzemnek megfelelő állapotok alakulnak ki. A diagramon látható tü alakú impulzusok a már előbbieken elmondott lefúvatásokat jelentik.

A 2. ábrán látható az az eset, amikor a lefúvatások több órán át történő kimaradása következtében a felső fokozatban dugulás következik be, a felrakódó anyag levál a falról és a vizsgált ciklont teljesen eltömi. Ezt a ciklont, amint az ábrából is látható, egy óra múlva tudták csak teljesen megtisztítani.

Ezen tüimpulzusok hiánya alapján a diagramok az előírt lefúvatások elmulasztását mutatják. A kísérlet első szakaszában ez több esetben dugulást eredményezett. Az égető ellenőrizhető lett és ennek következtében emiatt dugulás már nem fordul elő.

A kemence indulásakor a lisztadagolás ütemének meghatározásához is hasznos segítséget nyúj-

tott a kísérlet. Induláskor a dugulásveszély többszörösen jelentkezik, amelynek egyik fontos tényezője a helytelen lisztfeladás.

Ezen tapasztalatok és meghatározott szintértékek után a mérőberendezést kiegészítettük egy határérték-kapcsolóval. A FAS/T műszer rendelkezik egy olyan szabályozható kimenettel, amelyre kötött határérték-kapcsoló a beállított értéknél a jelzőrendszer áramkört zárja.

A kísérlet során elért eredmények és a szerzett tapasztalatok szerint a mérési módszer a beállított érzékenységgel jó. A határérték-kapcsoló beiktatásával az égető szükség szerint beavatkozik, ha a sűrített levegővel való tisztítás nem hoz eredményt, akkor a toronykezelők a falon feltapadt anyagot közvetlenül tisztítják. A tisztítás eredményességét a jelzőlámpa elalvása jelenti.

A felszerelt kísérleti berendezéssel is jelentős termelési eredményt értünk el. Az 1971-es évben a ciklonok dugulása 266,4 óra termelés kiesést okozott, amely az éves üzemórakiesés 5%-át jelentette. Ez év első félévének eredménye, hogy az 2,8%-ra csökkent. Ez egy hónapra kivetítve azt jelenti, hogy 1971-ben havonta a kemence ciklondugulás miatt 22,2 órát állt, míg 1972-ben 3 és 1/2 órára csökkent ez az idő. Ez is a három darab mérőberendezés felszerelésével — melyek a legkritikusabb helyekre lesznek szerelve — várhatóan jelentősen csökkenni fog.

Kollár Ivánné: Izotópos tapadásjelző a DCM IV. kemence Dopol-hőcserélőjénél

Ismeretes az a tény, hogy a száraz eljárásos klinker-égetésnél a hőcserélő ciklonokban az anyag feltapadásának, sőt a ciklonok eldugulásának veszélye állandóan fennáll, amelynek bekövetkezése jelentős termelés kiesést okoz.

A ciklonok dugulásának oka, közvetve vagy közvetlenül, igen sok tényezőtől tevődik össze. A technológia bonyolultságánál fogva a folyamatos üzemelés biztosítása igen nagy technológiai fegyelmet követel. Ezen előírások betartása mellett is előfordulhatnak olyan zavaró körülmények (mint például lisztkimaradás), amelyek következménye tapadás lehet.

A jelenlevő ellenőrző berendezéseink által szolgáltatott adatokból csak a dugulás tényét tudjuk megállapítani, szükségesnek látszott egy olyan mérési módszer alkalmazása, amely a ciklon falán az anyag felrakódásának kezdetéről biztos információt ad. E feladat megoldására a nukleáris elvű információszerzés vált alkalmissá.

Az alkalmazott mérési módszer segítségével a ciklon falán az anyagfeltapadás kezdetéről biztos és időkéselem nélküli információt kapunk. A mérési eredmény ismeretében a ciklon falának tisztítása azonnal megkezdhető, aminek eredményeként a dugulás megelőzhetővé vált.

A több hónapja tartó kísérlet folyamán a felszerelt 1 db mérőberendezés segítségével is jelentős eredményt értünk el.

Az 1971-es évben a ciklonok dugulása az éves üzemórakiesés 5%-át jelentette. 1972-ben ez az érték 2,8%-ra csökkent az egy darab kísérleti berendezés üzemelése idején.

Kollár, Ivánné: Применение метода изотопного измерения налипания в теплообменнике-Дополь IV. печи Дунайского цементного завода

Для изучения кинетики процесса образования налипания в теплообменнике сухого способа производства цемента — вызывающих, как известно, залипание и зарастание циклонов теплообменников — был применен ядерный метод измерения. С помощью этого метода была получена точная и быстрая информация о ходе процесса налипания. На основании результатов измерений можно сразу же начинать очистку циклонов, предотвратив этим полное зарастание циклона.

С помощью одного измерительного прибора удалось получить хорошие результаты в ходе эксперимента, продолжавшегося в течение нескольких месяцев.

В 1972 г. годовой простой производства, за счет залипания циклонных теплообменников — составил 5%. В 1972 году это значение снизилось до 2,8% во время эксплуатации одного экспериментального оборудования.

Kollár, Ivánné: Radioaktiver Ansatzanzeiger am Dopol-Wärmeaustauscher des Ofens IV im Zementwerk DCM

Bei trockenem Klinkerbrennverfahren besteht bekanntlich die Gefahr, daß das Material in den Wärmeaustauschzyklonen ansetzt und die Zyklone eventuell verstopft, was einen beträchtlichen Produktionsausfall verursachen kann.

Der Grund der Verstopfung der Zyklone setzt sich mittelbar oder unmittelbar aus zahlreichen Faktoren zusammen. Bei der Kompliziertheit der angewandten Technologie kann der ungestörte Betrieb nur durch die Wahrung der technologischen Disziplin gesichert werden. Selbst bei der Einhaltung aller Vorschriften können sich jedoch Störungen (z. B. das Ausbleiben der Rohmehlzufuhr) ergeben, die evtl. ein Ansetzen verursachen.

Mit den gegenwärtigen Einrichtungen kann nur die bereits eingetretene Verstopfung festgestellt werden; deshalb sollte ein Verfahren gefunden werden, mit Hilfe dessen bereits über den Beginn einer Ansetzung sichere Information erhalten werden kann. Dazu erwies sich ein Anzeigeverfahren auf nuklearer Basis als entsprechend.

Das angewandte Meßverfahren zeigt den Beginn der Ansetzung an, das Reinigen der Zyklonseitenwand kann sofort in Gang gesetzt und die Verstopfung verhindert werden.

Im Laufe der mehrere Monate hindurch geführten Versuche wurden mit der eingesetzten Meßapparatur bemerkenswerte Ergebnisse erreicht.

Im Jahre 1971 waren 5% der eingetretenen Betriebsausfälle auf die Verstopfung der Zyklone zurückzuführen. Im Jahre 1972 sank dieser Wert, Dank der eingesetzten Versuchseinrichtung auf 2,8%.

Mrs. Kollár, Ivánné: Adherence Tester on a Radioactive Basis used in the Dopol Heat Exchanger of the No. IV. Kiln of the Danube Cement Works

An adherence of powder upon the walls of heat exchanging cyclones may bring a complete stoppage of dry-system clinker burning. Stoppage is a consequence of numerous, direct or indirect factors. Technology itself is rather complicated, an uninterrupted run requires compliance with technological rules; even in such cases disturbances may occur (e. g. discontinuation of raw meal flow) which cause adherence.

As our present equipment is capable to indicate stoppage only, a new measuring system was required which indicates the beginning of adherence too. A nuclear detector yielded adequate and timely information to start with cyclone wall cleaning and thus prevent stoppage. The new experimental device brought full success: cyclone stoppage brought approx. 5% of breakdown time in 1971; after the installation of the new device this figure was reduced to 2.8%.

CERA rendszerű pneumatikus cementszállító berendezés kapacitás növelésének szükségessége és lehetősége*

LOVÁSZ JÓZSEF
Cementipari Művek Lábatlani Gyára

Bevezetés

A tanulmány szándékosan a legegyszerűbb fizikai összefüggésekre, valamint a legszorosabb, ellenőrizhető gyakorlati tényekre épült fel. Szándékosan mellőztek az áttanulmányozott irodalomban szereplő bonyolult matematikai összefüggések, melyek nem eléggé konkrét és ellenőrizhető mennyiségek közti törvényszerűségeket rögzítenek.

A munka fő irányvonalát az határozta meg, hogy egy meglévő, évek óta üzemelő rendszert kíván alkalmasabbá tenni feladata végrehajtásához.

A tanulmányban végigvonnul a meglévő és a leendő közti párhuzamvonalás.

A számítások logarléc pontosságúak, melyek a gyakorlat követelményét kielégítik.

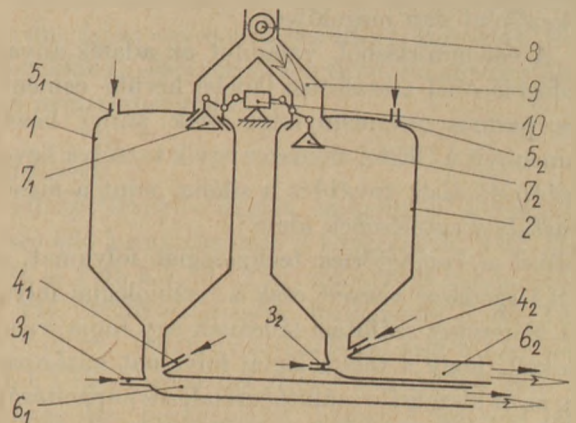
I. A CERA-rendszer szerkezeti elrendezése, üzemmenete

A CEMÜ Lábatlani Gyárában a cementőrlés után levő szállítási láncban az utolsó tag a CERA sűrített-levegőjű pumparendszer. A folyamatos anyagszállítás alapvető feltétele az, hogy a szállítási láncba beépülő szállítóberendezések szállítókapacitása a láncban növekvő tendenciájúak legyenek.

Gyakorlati tényként megállapítható, hogy a cementőrlés utáni cementszállítás folytonossága a CERA-rendszeren megakadhat, ugyanis a CERA előtti szállítóberendezések nagyobb kapacitásúak.

A cementszállítás megakadását, mely a folytonosságot megbontja, a CERA-rendszer működésének ismeretével lehet megmagyarázni. A CERA-rendszer 2 db (1), (2) tartályból áll, melybe tartályonként 3 db (3), (4), (5) sűrített levegőt biztosító csőcsomók, ezekből 1 db főfúvóka (3) és a cement el-

vezetéséhez szükséges szállítócsővezeték (6) csatlakozik. További szerkezeti tartozékok az adagológarat (9), elzárószervezet (10). 1. ábra.



1. ábra. CERA-rendszerű cementszállító berendezés működési vázlatja

A CERA működése:

A működés jellege szakaszos.

Indulási fázis:

Az (1) és (2) tartály üres. A (2)-es tartályt sűrített levegővel mozgatott harang (7₂) elzárja. A keverőcsiga (8) az adagológarat (9) közvetítésével az (1)-es tartályt tölti.

Az (1)-es tartály töltődése után az anyagbeáramlást a harang zárása (7₁) megakadályozza, ugyanakkor a (2)-es tartály záróharangja (7₂) kinyitja a töltőgaratot, a cementbeáramlás a (2)-es tartályba megkezdődik.

Az (1)-es tartály a sűrített levegőt biztosító 3 db (3₁), (4₁), (5₁) levegőcsomók közvetítésével nyomás alá kerül, megkezdődik az (1)-es tartály ürítése. Ugyanis a nyomás hatására a cement levegő-keverék a szállítás helyére, silóba kerül, a cementszállító csővezeték (6₁) közvetítésével.

* Az 1972. szept. 7.-i pécsi „Szilikátipari Ifjúsági Napok”-on elhangzott előadás.

Az (1)-es tartály ürítése után (kb. 10 perc), a (2)-es tartály töltődött. A zárószervezet váltása után, a (2)-es tartályba kezdődik az ürítési folyamat, míg az (1)-es tartály töltődik. A leírt folyamatok periodikus váltakozása adja a CERA-rendszer üzemmenetét.

Az üzemmenet ismeretében meg lehet határozni azokat az alapvetően szükséges feltételeket, melyek elengedhetetlenek a helyes üzemelés szempontjából. Ezek a következők:

1. A tartály cementtel való megtelésének ideje nagyobb legyen a tartályürítési időnél.

2. Az ürítést, valamint a zárást biztosító sűrítettlevegő-ellátás folytonos és elegendő legyen.

3. A rendszerbe tartozó szerkezeti egységek működése megfelelően az üzemelési követelményeknek.

Az alapvető feltételek analizálásával lehet meghatározni a szükséges módosításokat.

Jelenleg a CERA üzemének egyensúlya a következőként van megoldva:

A cementőrlésből, valamint az adalék-anyag adagolásából a szállítási láncba kerülő cement és pernye összmennyisége csak annyi lehet, amennyit a CERA-rendszer egyik tartálya kevesebb idő alatt továbbít a silóba, mint a másik tartály megtelésének ideje.

Mivel a cementőrlés technológiai folyamat, a CERA-rendszer viszont csak a technológiai folyamat alárendelt szállítási láncának egy tagja, ezért indokolt, hogy a technológiai folyamat határozza meg az őt kiszolgáló szállítóberendezés kapacitását.

A jelenlegi helyzet tehát fordított, az alárendelt szállítóberendezés (CERA) határozza meg mennyiségileg a technológiai folyamatot.

Ezt a nem kívánatos fordított meghatározottság megszüntetését lehet elérni a CERA-rendszer szállítókapacitásának megnövelésével.

A gyári cementőrlési kapacitás: 108,77 t/óra (8 malom).

Ha a cementőrlés után levő szállítási kapacitás a maximális cementőrlés kapacitásával fedéssel megegyezik, úgy ez azt jelenti, hogy a cementőrlés rugalmasan tudná feldolgozni az alapvető-keresztmetszeten (klinkerégetés) átjutó anyagmennyiséget, mivel ez csak 77,5 t/ó.

A CERA-rendszer a cementszállítási lánc utolsó tagja. Szállító teljesítményének meghatározásához üzemmeneteinél mért mennyiségek felhasználásával lehet eljutni.

Lényeges jellemző itt, hogy 2 db különálló rendszer — „A” és „B” — áll rendelkezésre, és közvetítésükkel 8 db tároló silóba történhet a cementszállítás. Mindkét rendszerből minden siló elérhető.

A CERA-rendszer egy tartályának ürítési ideje:

Az ürítési idő több tényező függvénye, melyek közül a leglényegesebbek:

a) A szállítási hely távolsága és magassága,

b) Az optimálisan max. szállító sebességet biztosító sűrített levegő folyamatos megléte.

c) Tökéletes zárás a záró harangnál.

d) A fúvóka állapota.

e) A szállítócsővezeték változatlan keresztmetszete (lehet esetleges keramit bedőlés, ami ellenállást jelent és dugulást okozhat).

f) A szállított cement mennyisége.

Az a) tényező változik és legkedvezőtlenebb értéke, távolság 250 m., magasság 32 m.

A b) tényezőt kompresszor, 1 db TKV 1/82-es biztosítja.

A c), d), e) tényezők biztosítása az időszakos karbantartás feladata.

Itt kívánunk kitérni a CERA-rendszer kényes pontjára, a tömítő-gumibetét problémájára.

A gumibetét szerepe: A záróharang kúpfelületű tányérjával a beömlőhüvely tökéletes zárása. Ez azért elengedhetetlenül szükséges, mert tökéletlen zárás esetén a sűrített levegőenergia lényeges mennyisége a szállítás szempontjából elszökik, s ez üzemzavarokhoz vezet.

Az eredeti német gumi-betétek üzemelési ideje 14 nap volt, míg a legutóbbi időig használatos magyar gumik 3 napos üzemmenetet bírtak.

A hüvelyperem módosításával és új gumigyári gyűrű-betéttel az üzemelési idő 6 napra növekedett, mely még mindig kívánnivalót hagy maga után. Ugyanis tömítógumi cserét csak üzemenkívüli helyzetben, tartálykilevegőztetés után lehet elvégezni.

A tömítőgyűrű-gumi meghibásodást igénybevételek ismeretében lehet magyarázni, mely igénybevételek a következők:

— dinamikus ütés (záráskor)

— viszonylagosan magas hőmérsékleten húzamos ideig tartó nyomás (120 °C 10 perc, 3,5 att)

— dinamikus rántás (nyitáskor).

A fenti igénybevételek hatására a tömítőgyűrűn, illetve gumibetéten kopás, szakadás, berepedés észlelhető anélkül, hogy a gumi belső szerkezetében lényeges változás menne végbe. Feltétlen indokolt, hogy a gumi üzemelési ideje a gumi belső szerkezetében véghemenő változásig növekedjék, mely az idő és a hőmérséklet függvénye. Mivel a hőmérséklet adott (120 °C), az idő pedig 14 nap körül van, tapasztalati becslés alapján, ezért a javaslat a következő:

Hogy a tömítőgumi üzemelési ideje az adott gumiminőség mellett 14 nap legyen, feltétlenül szükséges a harangtányér záró kúpfelületének keménykrómozása. Jelenleg e kérdéses felület $R_a = 40$ finomsági fokú. Anyaga acélöntés. A kemény króm és a gumifelület közt kisebb az athéziós erő (nincs összetapadás) és nagyobb felületi finomságánál fogva elenyésző a kopás.

f)-hez:

A szállított cement mennyisége egy tartályra vonatkoztatva — gyakorlati mérések alapján — a következő:

Egy tartály max. térfogata: 17 m^3

Az üzemi gyakorlatból adódó tartálytöltési fok: $0,65$ — ami $11,05 \text{ m}^3/\text{tartály}$ cement, vagy $12,2 \text{ t}/\text{tartály}$ cement mennyiségnek felel meg. A szállítási helytől és a töltési foktól függően az ürítési idő $9, 10$ és 11 perc, $0,65$ töltési fok esetén.

A CERA-kapacitás Q t/ó-ra vonatkoztatva az ürítési idő és a mért töltési fok függvényeként a következőnek adódik:

9 perces ürítés esetén

$$Q_9 Q_9 = 60/9 \cdot 12,2 = 81,5 \text{ t/ó}$$

10 perces ürítés esetén

$$Q_{10} Q_{10} = 60/10 \cdot 12,2 = 73,2 \text{ t/ó}$$

11 perces ürítés esetén

$$Q_{11} Q_{11} = 60/11 \cdot 12,2 = 66,5 \text{ t/ó}$$

A különböző ürítési időkre számított CERA-kapacitás ismeretében azonnal látható a berendezés kapacitás-hiánya az őrléskapacitáshoz viszonyítva, mivel az előzőek szerint az őrlési max. kapacitás 109 t/ó . míg a max. CERA-kapacitás csak $81,5 \text{ t/ó}$.

A két max. kapacitáskülönbség ismeretében ($27,5 \text{ t/ó}$) helytálló az az előbbi állítás, mely szerint a technológiai folyamatnak (cementőrlésnek) alárendelt szállítóberendezés (CERA) mennyiségileg meghatározza a technológiai folyamatot.

Ugyanis 6 malom (5 db. GANZ plus 1 db Jászberényi plus adalékanyag) üzemmenet esetén alakul ki az a maximális határhelyzethez jutó üzemállapot, mely esetben az ürítési idő megegyezik a töltési idővel.

Ha ilyen egyensúly esetén néhány százalékkal több cementpernye jut a szállítási láncba, mely pontatlan pernyeadagolásból és a malomnak intenzív táplálásából következik be, úgy azonnal felbomlik a CERA-rendszer működéséhez alapvetően szükséges feltétel, mely szerint a tartály telítési idő nagyobb legyen a tartály ürítési idejénél. Az egyensúly megbomlása a szállítási lánc megbénulását okozza, az őrlési, anyagi veszteséget, emberi beavatkozást kíván, tehát messzemenőkéig kerülni kell.

A CERA kapacitásnövelés számításba jöhető módoszatai

Az előzőekben vázolt jelenség meglétéből adódik a CERA-berendezés szállítókapacitás növelésének szükségyszerűsége. A kérdéses kapacitásnövelés a következő megválaszolendő kérdéseket veti fel:

a) Mik a kapacitásnövelés számításba jöhető módoszatai?

b) A különböző módoknak megvannak-e a reális anyagi energia lehetőségei?

c) Mennyiben határozza meg mennyiségileg, a determináló körülményeket figyelembe véve, a kapacitásnövekedés mértékét?

A kérdések megválaszolása a kérdésfelvetés sorrendjében. A következő kapacitásnövelő módoszatok jöhetnek számításba:

1. Mindkét CERA-rendszer egyidőben történő üzemmenete

Ez már megoldott feladat, aránylag rövid időre, az ún. őrlési csúcsokra beállított megoldás. Ez a megoldás az ellene szóló sok és súlyos ellenérv alapján nem javasolható.

Ellenérvek

Sűrítettlevegő-energiát szolgáltató, s rendelkezésre álló kompresszorok a következők: 3 db TKV 1/82 és 2 db KV 52/12 tip. dugattyús kompresszor. A két CERA-rendszeres üzemmenet 2 db TKV 1/82-es tip. kompresszort köt le, míg a harmadik TKV 1/82-es az üzemlet (égetés, iszapkádák, cement-csomagolás, pernyeürítés, hálózati vezeték) látja el sűrítettlevegővel. A fennmaradó 2 db KV 52/12 tip. kompresszor kis teljesítményével nem ad számottevő tartalékot.

A kérdéses kompresszorok ilyen letérheltsége gépészeti megfontolások alapján hosszútávon nem megengedhető. Gazdasági vonatkozású része a két-rendszeres üzemmenetnek:

A legkedvezőtlenebb szállítási helyre történő szállítás esetén is a két rendszer együttes szállítókapacitása 133 t/ó . Mivel a max. őrléskapacitás csak 109 t/ó , ezek szerint pedig 22% plus szállítókapacitás lép fel, ami igen veszteséges. További ellenérv, hogy hosszútávon a CERA-rendszerek együttes üzemeltetése gépészeti szempontból sem megengedhető.

2. Egy CERA-rendszerrel, nagyobb sűrítettlevegő-energia betáplálásával megoldott üzemmenet

Logikusnak látszik az a megokolás, hogy ha a rendszerbe nagyobb levegőenergiát táplálunk be, úgy a rendszer szállítókapacitásának növekednie

kell a legegyszerűbb fizikai összefüggés, a $Q = A \cdot v$ alapján, ahol „ Q ” a szállított anyag mennyisége $m^3/\text{idő}$ dimenzióval, a szállítócső keresztmetszete m^2 , „ v ” a szállítócsőbe mozgó anyag sebessége $m/\text{idő}$. Ahol „ A ” adott és „ v ” pedig a betáplált energia függvénye, mely függvény lineáris és egyenes arányú. Sajnos ez az összefüggés csak ideális, ellenállás nélküli csővezetékre igaz.

A gyakorlatban pedig igaz egy v ideálisan max. értékig. Hogy a további gondolatfuttatásnak is lehetőséget adjak, a v ideálisan max. fogalmát magyarázni kell. A sűrített levegővel való cementszállítás alapvető jellemzője, hogy csővezetékben meghatározott cement-levegő koncentráció mozog. A levegő sebessége nagyobb a cementszemcsék sebességénél, tehát a levegőszemcsék elhagyják a cementszemcsé részecskéket, ez a relatív sebességkülönbség készíti lebegésre és mozgásra a cementszemcsét és ezáltal a szállítandó cement tömegét.

A szállítás feltételéből adódóan a levegő-cement koncentráció viszony egy szűk intervallumban szigorúan kötött.

A csővezetékben meghatározott sebességgel mozgó cement a csőkönyvekben, csőhajlatokba ütközve, sebességének egy részét elveszíti, tömegénél fogva a könyöktérből kiszorítja a levegőt, felbomlik a cement-levegő koncentráció viszony, a rendszer pedig további szemcséket szállít, így kialakul a könyök dugó, amelyben már elhanyagolható a levegőmennyiség. A könyök dugó két oldalán jelentős nyomáskülönbség lép fel, mely nyomáskülönbség egy meghatározott időintervallumban az idővel együtt nő, egy meghatározott értéknél viszont a könyök ellenállását legyőzve, a cement dugót a könyökön átnyomja. Mivel a cement dugónak tömege van és a könyökön való átjutáskor gyorsulva mozog, az ismert összefüggés alapján $F = m \cdot a$, ahol „ F ” erő, „ m ” a cement dugó tömege, „ a ” a tömeg gyorsulása, erő ébred, mely a csővezetékre hat.

A fent vázolt jelenség periodikus ismétlődése (váltakozó erőhatás) a rezonancia jelenségét idézi elő. Hogy a rezonancia fellépjen, szükséges a csővezetékben egy rezonancia kezdeti sebesség. A rezonancia rendkívül káros, a csővezetékét dinamikusan veszi igénybe és a szállítást lehetetlenné teszi.

A több anyagszállítás egy adott keresztmetszeten $Q = A \cdot v$ összefüggés alapján minél nagyobb „ v ”-t kíván.

A „ v ” ideálisan max.-ról röv. $v_{\text{id. max.}}$ akkor beszélhetünk, ha képletesen:

$$v_{\text{id. max.}} = v_{\text{rez.}} \text{ kezdete}$$

A fenti sebességek közötti összefüggést szövegesen megfogalmazva: A csővezetékben a szállítási sebességet, a rezonancia fellépését biztosító sebesség alsó környezetében kell tartani, hogy elkerüljük a rendkívül káros rezonancia fellépését, de a szállítókapacitásunk a max. érték körül mozogjon.

E pont elején vázolt kapacitásnövelő módnak ezek ismeretében már csak akkor lehet létjogosultsága, ha a jelenlegi szállítósebesség növelésére van lehetőség.

A számszerű mennyiségek mellőzésével, csupán a többszöri gyakorlati megfigyelésre támaszkodva, kimondható, hogy ez nem járható út. A jelenlegi szállítósebesség a felső határérték környezetében van, ugyanis kompresszor javítás, levegőszűrő tartály tisztítás után a cementszállítás csővezetékén megfigyelhető a rezonancia jelensége.

3. A szállítócső keresztmetszetének növelésével történő CERA-kapacitás növelése

A 2. pontban vázolt elv összefüggéséből adódóan a $Q = A \cdot v$ kifejezést vizsgálva, a következőket kell megállapítani:

- a cél, minél nagyobb „ Q ” elérése,
- a „ v ” értéke a maximális határon van,
- a „ Q ” növelésének egyetlen lehetősége marad vissza, ha
- „ A ”-t, a szállítócső keresztmetszetét növelem.

Ezzel a gondolattal jutottam el a tanulmány lényegi részéhez, amelyet összefoglalva — alapos meggondolás után —, a determináló összefüggéseket figyelembe véve kimondható:

- a) az egy-rendszeres CERA-üzem a legideálisabb,
- b) a CERA-rendszer kapacitásnövelésére feltétlenül szükség van.
- c) és ami még bebizonyítandó: a kapacitásnövelés egyedüli gazdaságos lehetősége a szállítócső keresztmetszetének növelése.

Az a), b) feltevést axiómaként elfogadva, a c) feltevést tovább boncolva, a következő feladatok adódnak:

- határozzuk meg a keresztmetszet növekedését, mértékét,
- meghatározandó a kapacitásnövekedésből adódó energiaigény nagysága, termelésének lehetősége, valamint a rendszerbe való betáplálásának módja.

A feladatok megoldása a felvetés sorrendjében: Szükséges keresztmetszet meghatározása,

- ismert tény, hogy a szállítócső keresztmetszete kör alakú, belső átmérője 150 mm, ami $A = 0,0176715 \text{ m}^2$ felületnek felel meg.

A megnövekedő keresztmetszet meghatározásához a számításba jöhető többlet szállított anyagmennyiség a mérvadó. A kapacitásnövekedés sűrített levegő-energia növekedést kíván, aminek biztosítása — az előzők alapján — nehézkes feladat, ez indokolja, hogy a kapacitásnövekedést a min. szükséges kapacitás környezetére szabad változtatni.

E gondolatok konkrét mennyiségi megvilágítása a következő:

Maximalis őrléskapacitás 109 t/ó

CERA max. szállítási kapacitás (legkedvezőbb szállítási helyre) jelenleg 81,5 t/ó

A megnövekedett szállítókapacitás olyan legyen, hogy a maximális őrlési kapacitást a legkedvezőbb szállítási helyre 4%-os túlfedéssel (113 t/ó) tudja szállítani, amíg az átlag őrlési kapacitást (81,5 t/ó) a legkedvezőtlenebb helyre is el tudja szállítani, biztonságos üzemmenet mellett. Tehát arról van szó, hogy a 81,5 t/ó CERA-kapacitás 113 t/ó-ra növekedjék, ami százalékosan 38,5% növekedést jelent.

A 38,5%-os kapacitásnövekedés a csőkeresztmetszet ugyanilyen mérvű növekedését kívánja meg.

Tehát az új csőkeresztmetszet

$$A_1 = 0,0176715 \text{ m}^2 \cdot 1,385 = 24475,0275 \text{ mm}^2$$

A csőkeresztmetszetből az ismert összefüggéssel számítható a csőátmérő.

$$d_1 = 176,5 \text{ mm, kerekítve } 175 \text{ mm}$$

A javasolt CERA kapacitásnöveléshez szükséges levegőenergia mennyiségi meghatározása, valamint termelési lehetősége.

Az új szükséges levegőteljesítmény mennyiségét legegyszerűbben és legpontosabban a régi levegőmennyiséghez viszonyítva lehet meghatározni.

Mivel a megnövekedett szállítandó anyagmennyiség az eredeti mennyiségnek az 1,385-szöröse, így a szállításhoz szükséges teljesítmény és az eredeti teljesítmény-szükséglet 1,385-szöröse kell, hogy legyen, mivel a szállított anyagmennyiség „Q” t/ó, a teljesítmény „P”-közt az alapvető lineáris összefüggés áll fenn.

$P = Q \cdot s$, ahol „s” a szállítandó távolságból és magasságból adódó út, ez természetesen mindkét esetben azonos. A szükséges sűrített levegő teljesítmény (P) $P = 1,385 \cdot P_r$, ahol P_r a jelenleg igényelt teljesítmény mennyiség.

A P_r levegőteljesítményt 1 db TKV 1/82 típ. kompresszor biztosítja. A kompresszor teljesítmény leadása a gépkatalógus szerint:

nyomás $p_1 = 7 \text{ kg/cm}^2$, levegőmennyiség $V_T = 52 \text{ m}^3/\text{perc}$, hőmérséklet $T_1 = 400 \text{ °K}$, teljesítmény

szükséglet a tengelyen 393 LE, ami 30%-os fedéssel van véve.

Így a sűrített levegő teljesítménye:

$$P_r = 393 \cdot 0,7 = 275 \text{ LE}$$

A sűrített levegő katalógus szerinti jellemzőiből a teljesítménye nem határozható meg, mert a közeg rendkívül bonyolult állapot-változásait csak alapos mérések alapján lehet figyelembe venni.

A megnövekedett teljesítményigény:

$$P = 275 \cdot 1,385 = 380 \text{ LE}$$

Tehát a két teljesítmény különbsége $P - P_r = 380 - 275 = 105 \text{ LE}$, és ezt kell a rendszerbe pluszként betáplálni.

Ezt a teljesítményt 1 db KV 52/12 típ. kompresszorral lehet biztosítani, mely kompresszor jellemzői az alábbiak:

$$p = 7 \text{ kg/cm}^2 \cdot v = 26,2 \text{ m}^3/\text{perc},$$

$$T = 400 \text{ °K}'' \text{ szükséges tengelyteljesítmény } 216 \text{ LE}$$

A termelt levegőteljesítmény a 30%-al csökkentett tengelyteljesítményből adódik.

$$P_1 = 216 \cdot 0,7 = 150 \text{ LE}$$

Mivel az össz-teljesítmény szükséglet a számítás alapján 380 LE, viszont 1 db TKV 1/82 és 1 db KV 52/12 típ. kompresszor összesen 275 plus 150 = 425 LE sűrített levegő leadására képes, ami a szükségletnek 112%-a. A 12%-os túlfedés nem számottevő érték.

Ezzel el is jutottunk a kitűzött cél megoldásáig.

Mielőtt a munkát összegeznénk, említést kell tenni a különböző energiaveszteségekről, melyek a pneumatikus szállítási rendszerben fellépnek.

Ha egy csővezetékben közeg mozog, mozgása a súrlódás miatt mindig veszteséges. A veszteség a mozgó közeg energiáját csökkentve hőenergiává alakul. Csővezeték esetében a veszteség a csővezeték jellemzőitől (átmérő, hossz, vonalvezetés), valamint a mozgó közeg sebességétől (itt négyzetesen, az előbbieknél lineárisan) függ. Ezért, ha a jelenlegi csővezetékben szállítjuk a megnövekedett levegőenergiát a kompresszortól a CERA-tartályig, úgy a sebesség 1,385-szörösére nő, ez pedig a jelenlegi veszteségnek — a négyzetes összefüggés értelmében — 1,92-szerese.

Ez a veszteség nem lényeges, ezért nem célszerű a kérdéses csőszakasz cseréje. A két kompresszor párhuzamos üzeme nem igényel csőbekötési munkákat.

A szállítócső átmérőnövekedése viszont veszteségsökkenést okoz, mert a veszteségek fordítva arányosak, a csőátmérő viszont $d_1/d_0 = 175/150$ ötödik hatványával. A mi esetünkben $1,165^5 = 2,15$,

A jelenlegi veszteség 2,15-re csökken. A veszteségcsökkenés egyben a szállítási sebesség növekedését teszi lehetővé s ez magyarázza, hogy a kompresszor kapacitásából adódó 12%-os túlfedés nem okozza a rezonancia megjelenését.

A CERA-kapacitásnövelés javaslatának összefoglalása, a megoldás előnyének és hátrányának vázolója

Az előzők alapján a konkrét javaslat a következő:

1. A cementszállítást egyrendszeres CERA-üzemmel oldjuk meg.

2. A sűrítettlevegő-energiát 1 db. TKV 1/82 és 1 db KV 52/12-es kompresszor együttes üzemével biztosítjuk, és ez a jelenlegi csővezetéken jut el a CERA-rendszer tartályokig. Ekkor a kompresszorház üzembe a következő:

1 db. TKV 1/82-es az üzemnek,

1 db. TKV 1/82-es és

1 db. KV 52/12-es a CERA-rendszernek dolgozik,

míg 1 db. KV 52/12-es és

1 db. TKV 1/82-es. áll, tartalékot képez.

3. A harangtányér zárókúpfelületének keménykrómozása.

4. A tartálytól a silóig vezető szállítócső nagyobb átmérőjűre való kicserélése azonos nyomvonalon, azonos cső-mennyiség mellett NÁ 150-ről NÁ 175 mm-re.

A nagyobb átmérőjű cső nagyobb súlyával és a benne levő több anyagmennyiségnél fogva értelemszerűen jobban terheli a csővezeték nyomvonalára épített tartóhidat. Számítás szerint a kb. 400 kg/cm^2 σ h-ra méretezett hídszerkezetbe a feszültség $\sigma_h = 472 \text{ kg/cm}^2$ -re nő, ami még megengedhető, ugyanis a szerkezeti anyag rugalmassági határa lényegesen nagyobb. Ezzel bizonyítottnak látszik, hogy többlet-terhelés nem igényli a szállítóhíd megerősítését.

A javasolt megoldás előnye:

a) A kapacitásnövekedés megszünteti az előzőkben többszörösen hangoztatott, fordított meghatározottságot.

b) A cementörlési programot, a klinkerrészeket tároló kapacitásának függvényében rugalmassá teszi. Holt időket enged meg, ami munkaerő felszabadulással jár.

c) Biztonságos üzemmenet nyújt,

A javasolt megoldás hátránya:

a) A megoldás plus 1 db. KV 52/12 típusú kompresszor üzembe lépését igényli.

b) A szállítócsővezeték cseréje anyagi befektetést igényel.

IRODALOM

- [1] Grinyev: Pneumatikus szállítás a cementiparban
- [2] Temesvári: Ömlesztett cementszállítás
- [3] Pattantyus: Gépész és vill. mérnökök kézikönyve 4. kötet

Lovász József: CERA rendszerű pneumatikus cementszállítóberendezés kapacitás növelésének szükségessége és lehetősége

A szerző részletezi a gyári CERA rendszer szerkezeti elrendezését, üzemmenetét. Kitér a CERA kapacitás növelés számításba vehető módzataira, melyek között megemlíti a 2 CERA rendszerrel történő egyidejű üzemeltetés és az 1 CERA rendszerrel történő üzemeltetés mellett a nagyobb sűrített levegő energiafelhasználást.

Kiszámítja a kapacitásnöveléshez szükséges sűrített levegő mennyiségét, valamint ennek előállításai lehetőségeit. Vákolja a javaslatok előnyeit és hátrányait.

Végezetül kitér azokra a módosításokra, amelyek a CERA rendszer kapacitásnöveléséhez szükségesek.

Ловас, Й.: Необходимость и возможности увеличения мощности пневматической системы Цера для транспортировки цемента

Автор описывает конструктивное размещение и ход работы системы. Затрагивает возможности повышения мощности системы Цера, среди которых упоминает повышенный расход энергии при повышенном расходе сжатого воздуха в случае одновременной эксплуатации 2 систем Цера, а также в случае использования 1 системы Цера.

Рассчитывается количество сжатого воздуха, необходимого для повышения мощности, а также возможности его получения. Отмечаются положительные и отрицательные стороны сделанных предложений.

В заключение останавливается на тех видоизменениях, которые необходимы для повышения мощности системы Цера.

Lovász, József: Die Notwendigkeit und Möglichkeiten der Leistungserhöhung der pneumatischen Zementfördererichtung System CERA

Es wird die konstruktive Anordnung und Arbeitsweise des werkmäßigen CERA-Systems beschrieben. Unter den in Betracht kommenden Möglichkeiten der Leistungserhöhung wird der gleichzeitige Betrieb zweier CERA-Systeme und der Betrieb eines CERA-Systems bei größerem Preßluft-Energieaufwand erwähnt.

Die zur Leistungserhöhung nötige Preßluftmenge und deren Herstellungsmöglichkeiten werden berechnet und die Vor- und Nachteile der Vorschläge erörtert.

Schließlich werden die zur Leistungserhöhung nötigen Änderungen beschrieben.

Lovász, József: Necessity and Possibilities of Capacity Increase of the CERA Pneumatic Cement Conveyor Equipment

The structure and operation of the CERA-system is discussed with special emphasis to possibilities of capacity increase, among the simultaneous operation of two CERA conveyors and a higher pressurized air consumption when one CERA is used. The amount and production possibilities of the increased pressurized air are discussed, together with other factors required for capacity increase.

A Cementszakosztály DCM Üzemi Csoportja és a Tűzálló Szakcsoport közös rendezésében 1972. nov. 23-án a váci gyárban „Cementipari Tűzállóanyagok” címmel egésznapos ankétúra került sor.

Az ankétón képviseltették magukat a témában érdekelt cementgyárak, tűzállóanyaggyárak és tudományos intézmények, Mintegy 40 szakember jelenlétében nyitotta meg Dr. Székely István a Cementszakosztály vezetője az ülést. Bevezetőjében utalt a tűzállóanyagipar és cementipar hosszú évekre visszanyúló jó szakmai kapcsolatára. Hangsúlyozta az együttműködés szükségességét, hatékonyabbá tételét, a rendszeres információcserét, valamint a tűzállóanyagok műszaki fejlesztésének fontosságát. Méltatta a kezdeményezés időszzerűségét, melynek következtében létrejött két iparág szakembereinek e találkozója, mely hivatva van a meglévő problémákat tisztázni, s azok megoldását elősegíteni.

Ezt követően hangzott el Dr. Terényi Gyula (Magnezitipari Művek) előadása „Cementipari bázikus tűzállóanyagok” címmel.

Előadásában behatóan foglalkozott a klinkerégető forgókemencék zsugorító zónáiban felhasznált és beépített bázikus tűzállóanyagok problémáival. Hangsúlyozta, hogy a zsugorító zónába beépített tűzállóanyagok minőségi paraméterei fokozásának milyen nagy jelentősége van a nagy hőkoncentráció, gyakori és jelentős hőmérsékletingadozás és nagyfokú mechanikai igénybevétel miatt. Utalt arra, hogy az elmúlt évek adatai alapján a fajlagos tűzállóanyag-felhasználás emelkedő tendenciát mutat a magyar cementiparban. Ennek fő okát és magyarázatát elsődlegesen az új égető-berendezések üzembehelyezésekor jelentkező tűzállóanyag-problémákban látja.

Előadása további részében kitért néhány elméleti kérdésre, majd ismertette a kutatási-fejlesztési terveket, eredményeket, melyek a felhasználók érdekében a kívánt tűzállóanyag minőség elérésére irányulnak.

„Tűzállóanyagok felhasználása a Váci Gyárban” címmel tartotta meg előadását Kovács József (DCM).

Bevezetőként kiemelte a tűzállóanyagoknak, mint igen fontos gyártási segédanyagoknak a jelentőségét az üzemfenntartási költségek alakulása szempontjából, s ezt számadatokkal is illusztrálta. Áttekintést adott mindazokról a tűzállóanyagfélésekről, melyeket az üzemvitel közel egy évtizede alatt a gyár kipróbált a kemence zsugorító zónájának, kemence-fejnek, befúvócsőnek stb. a falazására. A tűzállóanyagok tartósságának feltételeit 3 pontban foglalta össze:

1. szerkezeti — konstrukciós kérdések;
2. üzemviteli feltételek;
3. az alkalmazott tűzállóanyag minősége.

Végezetül kitért a tűzállóanyagok szállítási, tárolási és átvételi feltételeinek fontosságára.

Az előadásokat élénk vita követte. Felszólaltak a cementgyárak jelenlevő képviselői (Metzger János LCM, Kovács István DCM, Kovács László DCM, Csermák Vilmos TCM.). Ismertették a cementgyárakban meglévő tűzállóanyagipari problémákat, a közelmúltban egyre nagyobb mennyiségben beépített külföldi tűzállóanyagokkal (DIDIER, ORYLEX, PLIBRICO) szerzett — nem minden esetben jó — tapasztalatokat, valamint a cementipari tűzállóanyagokra vonatkozó szabványok haladéktalan érvényesítését.

Dr. Székely István (CEMŰ) a cementipar elvárásait foglalta össze hozzászólásában:

1. még intenzívebb együttműködés;
2. a javuló minőségi mutatók stabilizálása;
3. mérrethelyesség.

Ismerteti a mészégető aknakemencék tűzállóanyagaival szemben támasztott követelményeket. Kitért a mészkemencéknél fellépő szénmonoxid-korrózióra.

Kéri a MIM illetékeseit, hogy mérjék fel a cementipar igényeit, s a fel-

használási területeknek megfelelően ajánljanak megfelelő téglapíntásokat.

Dr. Reuter Ottó (SZIKKTI) a bere-mendi forgókemencék tűzálló falazatával kapcsolatos tapasztalatokat ismertette.

Varga Imre (SZIKKTI) átfogó képet nyújtott a cementipari tűzállóanyagok problémáiról, kihangsúlyozta a felfűtési előírások betartásának fontosságát, a tűzállóanyag élettartama szempontjából.

Mogyorósi Sándor (MSZH) a zsugorító zónába beépített tűzállóanyagokkal szembeni követelményeket ismertette. Szólt a klinkerásványok és a tűzállóanyagok közötti kémiai kölcsönhatásról. Szakirodalmi adatok alapján ismertette a fajlagos tűzállóanyag felhasználás és a kemencék méretnövekedése közötti összefüggést.

Monostori László (MIM) a samott-termékekkel kapcsolatos kérdéseket ismertette. A téglák szabványos méreteiben való eltérést a gyártó berendezések tökéletlenségével magyarázza. Felhívja a figyelmet arra, hogy senkit ne tévesszen meg a külföldi termékek szép kiállítása, mert nem áll arányban minőségük a magas árral.

Figyelembe ajánlja a MIM hab-samott-termékeit, amelyeket már több hőkezelő berendezésben felhasználtak, megelégedéssel.

Bodócs János (MIM) „Nagyterhelésű cementipari forgókemencék tűzállóanyagai” címmel szólt hozzá és az üzembehelyezésnél mutatkozó tűzállóanyag-meghibásodások okait ismertette. Szólt a gyakori leállások káros voltáról is. Számszerű összehasonlítást közölt az osztrák és magyar tűzállótéglák élettartamáról.

A problémákat, tapasztalatokat, elképzeléseket igen nagy számban felvető ankét Terényi Gyula zárószavával ért véget, aki annak a reményének adott kifejezést, hogy az előadásokban és felszólalásokban elhangzottak mind a gyártó mind a felhasználó vállalatok munkájához jelentős segítséget adnak.

A ma tudománya – a holnap technikája

OLVASSA RENDSZERESEN MŰSZAKI TUDOMÁNYOS SZAKLAPJAINKAT!

Mindig széleskörűen tájékoztat a szakterület helyzetéről, eseményeiről, újdonságairól

Anyagmozgatás, Csomagolás
Bányászati és Kohászati Lapok
BÁNYÁSZAT

Bányászati és Kohászati Lapok
KŐOLAJ ÉS FÖLDGÁZ

Bányászati és Kohászati Lapok
KOHÁSZAT

Bányászati és Kohászati Lapok
ÖNTŐDE

Bőr- és Cipőtechnika

Elektrotechnika

Energia és Atomtechnika

Élelmezési Ipar

Építőanyag

Épületgépészet

Az Erdő

Faipar

Finommechanika

Fizikai Szemle

Gép

Gépgyártástechnológia

Hidrológiai Közlöny

Híradástechnika

Ipari Energiagazdálkodás

Ipargazdaság

Járművek, Mezőgazdasági Gépek

Kép- és Hangtechnika

Közlekedéstudományi Szemle

Magyar Alumínium

Magyar Építőipar

Magyar Grafika

Magyar Kémiai Folyóirat

Magyar Kémikusok Lapja

Magyar Textiltechnika

Mélyépítéstudományi Szemle

Mérés és Automatika

Műanyag és Gumi

Műszaki Élet

Papíripar

Városépítés

Villamosság

FENTI KIADVÁNYAINK ELŐFIZETHETŐK

minden postahivatalban,

a Posta Központi Hírlap Iroda (Józsefnádor tér 1.) csekkszámlijára vagy átutalással, valamint
a Technika Háza műszaki könyvboltjában (V., Szabadság tér 17.)

PÉLDÁNYONKÉNT KAPHATÓK

V., Váci utca 10.

VI., Bajcsy-Zsilinszky út 76. szám alatti Hírlapboltokban.

HIRDETÉSEKET FELVESZ A LAPKIADÓ VÁLLALAT HIRDETÉSI OSZTÁLYA

VII., Lenin körút 9–11. I. em. 120. (222-251).