

A MAGYAR  
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK  
KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI  
HEVESI GYULA

XVIII. KÖTET

1—4. SZÁM



MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA

BUDAPEST, 1956

VI. OSZT. KÖZL.

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK  
KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI  
HEVESI GYULA

XVIII. KÖTET 1-4. SZÁM

SZERKESZTŐSÉG: BUDAPEST, V., SZÉCHENYI RAKPART 3.  
KIADÓHIVATAL: BUDAPEST, V., ALKOTMÁNY UTCA 21.

A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei változó terjedelmű füzetekben jelennek meg. Négy füzet alkot egy kötetet. Évenként általában egy kötet jelenik meg.

Kéziratok a következő címre küldendők :

Magyar Tudományos Akadémia  
Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei  
Budapest, V., Széchenyi rakpart 3.

Ugyanerre a címre küldendő minden szerkesztőségi levelezés.

Minden szerzőt száz különnyomat illet meg megjelent munkájáért. Közlésre el nem fogadott kéziratokat a szerkesztőség lehetőleg visszajuttat a szerzőhöz, de felelősséget a beküldött kéziratok megőrzéséért, vagy továbbításáért nem vállal.

A Közlemények előfizetési ára kötetenként belföldi címre 40 forint, külföldi címre 60 forint. Belföldi megrendelések az Akadémiai Kiadó (Budapest, V., Alkotmány u. 21. Magyar Nemzeti Bank egyszámlaszám : 04-878-111-46), külföldi megrendelések a »Kultúra« Könyv- és Hírlap Külkereskedelmi Vállalat (Budapest, VI., Sztálin út 21. a Magyar Nemzeti Bank egyszámlaszám : 43-790-057-181) útján eszközölhetők.

A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának kiadványa az

**Acta Technica**

című idegennyelvű folyóirat.

E lap hivatott a magyar műszaki tudományok eredményeinek legjavát a külföld felé tolmácsolni. A cikkek orosz, német, angol vagy francia nyelven jelennek meg, lehetőleg a szerző kívánsága szerint, összefoglaló pedig a cikk nyelvén és azonkívül a másik három nyelven. Cikkeket magyar, vagy a szerző választotta idegen nyelven a következő címre kell beküldeni :

Acta Technica szerkesztősége, Budapest, V., Széchenyi rakpart 3.

# KIEGYENSÚLYOZOTT NAGNYOMÁSÚ HIDRAULIKUS SZIVATTYÚK ÉS MOTOROK HATÁSFOKÁRÓL\*

BOLDIZSÁR TIBOR

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA

NEHÉZIPARI MŰSZAKI EGYETEM, SOPRON

A hidraulikus fogaskerékszivattyúk hatásfokával JOHANNIS, ZAJCSENKO, ERNST, KRUG, PROKOFJEV, AMMANN, HAJMOVICS, WILSON és mások foglalkoztak, azonban nézetük egymással sokszor ellentétes és a hatásfok részletesebb meghatározásával Wilson kivételével egyikük sem foglalkozott. Ezért végeztem a Trirotor nevű nagynyomású, kiegyensúlyozott hidraulikus szivattyúval és motorral részletes hatásfok vizsgálatokat.

Ugyanazon méretű és kivitelű hidraulikus szivattyúból és motorból álló gépcsoport összhatásfoka egyszerű mechanikai megfontolással két részre bontható

$$\eta_{agg} = \frac{N_m}{N_{sz}} = \frac{M_m n_n}{M_{sz} n_{sz}} = \eta_{ny} \eta_v.$$

Hidraulikai megfontolásokból a nyomaték

$$M^{mkg} = \frac{10}{2\pi} q^{1/3} p^{kg/cm^2}.$$

Ebből megállapítható nyomatékhatásfok

$$\eta_{ny} = \frac{q_m P_m}{q_{sz} P_{sz}}, \quad \text{de esetünkben} \quad q_m = q_{sz}, \quad \text{tehát} \quad \eta_{ny} = \frac{P_m}{P_{sz}}.$$

Mérni azonban csak a  $p$  közös nyomást lehet;  $p_m$  és  $p_{sz}$  nem mérhető.

Az  $\eta_v$ -vel jelölt volumetrikus hatásfok értéke

$$\eta_v = \frac{n_m}{n_s} \quad \text{vagy} \quad \eta_v = \frac{Q_m}{Q_s}.$$

\* Kivonat szerzőnek az Acta Technica X. kötetében (1955) a 319—354. lapon angol nyelven megjelent tanulmányából.

Mivel a fordulatszám mérése egyszerűen és nagy pontossággal végezhető, a volumetrikus hatásfok két fordulatszám mérése segítségével igen pontosan állapítható meg.

A gépcsoport összh hatásfokát és volumetrikus hatásfokát pontosan ismerve, az ismeretlen nyomatékhatásfok szintén megállapítható :

$$\eta_{ny} = \frac{\eta_{agg}}{\eta_v}$$

A nyomaték veszteséget okozó áramlási veszteségek részletes hidromechanikai vizsgálatai alapján KÁRMÁN, KEMPF, IPPEN, ZUMBUSCH, SCHULZ és GRUNOW vizsgálatainak felhasználásával — ezt a részt az eredeti közleményben részleteztem — analitikailag kimutattam, hogy általánosan

$$\eta_{ny} = \eta_m - C_5 \frac{n_{sz}^2}{p}$$

A fogaskerek és a ház részben az áramlás a szokásos 0,02—0,03 mm résvastagság mellett feltétlenül lamináris. HAGEN—POISSEUILLE törvényének felhasználásával kimutattam, hogy

$$\eta_v = \eta_{v0} - C_7 \frac{p}{n_{sz}}$$

A hidraulikus szivattyú- és motorból álló gépcsoport összh hatásfoka analitikailag most már egyszerűen kifejezhető :

$$\eta_{agg} = \eta_{ny} \eta_v = \left( \eta_m - C_5 \frac{n_{sz}^2}{p} \right) \left( 1 - C_7 \frac{p}{n_{sz}} \right)$$

A szorzást elvégezve

$$\eta = \eta_m - C_5 \frac{n_{sz}^2}{p} - C_7 \eta_m \frac{p}{n_{sz}} + C_5 C_7 n_{sz}$$

E kétváltozós függvénynek nincs szélső értéke, azonban a nyomás és fordulatszám csökkenésével monoton növekszik  $p = 0$  és  $n = 0$  helyen határozatlanná válik.

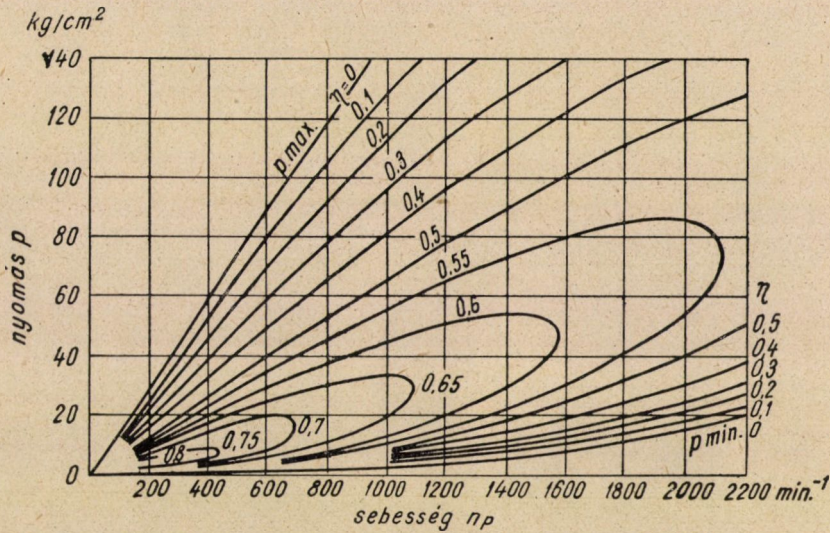
A hatásfok felület jól ábrázolható az egyenlő hatásfok-görbékkel (1. ábrát). Ezek a görbék adják a hidraulikus szivattyú és motor kagyló-görbéit. Az egyenlő hatásfok-görbék egyenlete implicit alakban kifejezhető, általánosan

$$An^3 + Bp^2 + Cpn^2 + Dpn = 0.$$

Megállapítható a  $p - n$  síkon az a felületrész, amelyen a gépcsoport üzemben

tartható. Egy egyenes és egy parabola határolja az üzemi szempontból felhasználható felületet; ezt úgy kapjuk, hogy az összhatérfokot 0-val tesszük egyenlővé.

$$p_{\max} = \frac{\eta_{v0}}{C_7} n_{sz} \text{ (egyenes)} \quad p_{\min} = \frac{C_5}{\eta_m} n_{sz}^2 \text{ (parabola).}$$



1. ábra

Az eddigiek szerint a gépcsoport összhatérfokát sikerült szétválasztanom két jól definiálható és jól megállapítható hatásfokra, amelynek fizikai értelmét is pontosan kimutattam.



# VASÚTI KOCSIK FORGÓVÁZ-FELTÁMASZKODÁSÁBÓL SZÁRMAZÓ TERELŐERŐK\*

KERESZTY PÉTER

MAGYAR ÁLLAMVASUTAK VEZÉRIGAZGATÓSÁGA, BUDAPEST

A MÁV járóművein négyféle feltámaszkodást alkalmaztak : forgótányért, forgócsapot, régi és újrendszerű Rónai-támot. Ha az ívbe futó kocsi alatt a forgóváz elfordul, a kocsiszekrénynek a forgóvázra való feltámaszkodásában mind a négyféle szerkezeti megoldásnál súrlódás ébred. Az ívbe futó kocsi alatt a forgóvázat terelőerő fordítja el, amely a vezetőkerék nyomkarimáján keletkezik. A feltámaszkodási súrlódás ezt a terelőerőt bizonyos hányadrésszel megnöveli. Ez a hányadrész a négyféle feltámaszkodási módnál különböző. Legkisebb a forgótányérosnál, nagyobb a forgócsaposnál és legnagyobb mindkétféle szerkezetű Rónai-támnál. Ezek a pótlékos erők számításal meghatározhatók és gyakorlati számpéldákon érzékelhető nagyságrendi értékűek.

Az elfordításhoz szükséges terelőerő-hányad annál nagyobb,

a) minél nagyobb a súrlódási tényező és ezért a kocsik fenntartásában gondoskodni kell a jó kenésről ; (a Rónai-támszerkezetek ezért érzékenyebbek a kocsik gondos fenntartási munkáira, mint a forgótányéros és forgócsapos megoldások) ;

b) minél nagyobb a kocsiszekrény önsúlya ;

c) minél kisebb a forgóváz tengelytávolsága, a két csúszótámnak egymástól való távolságához képest ;

d) minél nagyobb a Rónai-támcsúszkák elcsúszási irányának a kocsihossztengellyel bezárt szöge.

Ezekből a feltételekből már következik, hogy az eddigi általános felfogással ellentétben, nem célszerű a Rónai-támszerkezetnek ún. »elméleti forgáspontját« kötetlenül, a súlyátadás helyétől bármily távolságra választani, mert ennek határt szab a terelőerők túlságos megnövekedése.

\* Kivonat szerzőnek az Acta Technica XI. (1955) kötetében a 37—64. lapon francia nyelven megjelent tanulmányából. Ugyanez magyarul megjelent a »Járművek és Gépek« c. folyóirat 1954 aug.—szept.-i számában.

Ha a súrlódás nagy, a kocsinak ívbe való behaladása oly módon is történhetik, hogy a forgóvázat nem a Heumann-féle minimum-eljárásból meghatározható legkisebb terelőerő fordítja majd el, hanem

1. a hátsó kerékpár keresztirányú súrlódásából és a vezetőkerékpár terelőerejéből képzett nyomaték, vagy

2. a forgóváz elfordulás nélkül kénytelen elcsúszni.

Az elméleti megállapítások nagyrésze még gyakorlati igazolásra szorul.



# KÖRKERESZTMETSZETŰ VEZETŐBEN MUTATKOZÓ ÁRAMKISZORÍTÁSRÓL\*

FREUD GÉZA

MTA MATEMATIKAI KUTATÓ INTÉZETE

Térben homogén szinuszosan változó  $\omega$  körfrekvenciájú szinuszos áram folyik. Meghatározandó az árameloszlás a vezetőkben. Az árameloszlás ismeretében meghatározzuk a vezető hosszegységére eső Joule-veszteséget.

A vezetőkben létesülő  $i$  áramsűrűségeloszlás két részből tevődik össze. Az egyik a vezető saját áramából adódik, amikor semmiféle külső hatás nem érvényesül. A másik rész a külső mágneses tér által a vezetőkben indukált örvényáramok hatására jön létre. A külső mágneses teret homogénnek tekintjük. Az eredő áramsűrűségeloszlást a két rész lineáris szuperpozíciójából kapjuk.

A vezető saját áramától eredő áramsűrűségeloszlást A. SOMMERFELD már kiszámította.

A váltakozó mágneses tér által indukált áramot a Maxwell-egyenletekből vektorpotenciál segítségével számítjuk.

Az eredő  $i(r)$  áramsűrűségeloszlás Bessel-függvények segítségével fejezhető ki.

A wattveszteség

$$W = \frac{1}{2\gamma} \int |i|^2 dt$$

összefüggés segítségével számítható ki, és ugyancsak Bessel-függvények segítségével fejezhető ki. Két tagból áll, melyek közül az egyik csak a vezető áramának, a másik pedig csak a külső térnek a függvénye :

$$W = I_{eff}^2 R_0 g(x) + \frac{B_1^2}{\gamma} h(x),$$

ahol  $R_0$  a vezetődrót hosszegységnyi darabjának ohmikus ellenállása,  $B_1$  a mágneses indukcióvektor amplitúdója a vezető helyén,  $\gamma$  a vezető anyagának faj-

\* A dolgozat magyar nyelven megjelent az MTA Alkalmazott Matematikai Intézet Közleményei II. kötetében, német nyelven pedig az Acta Technica X. (1954) kötetének 397–406. lapjain.

lagos vezetőképessége, és  $x = \frac{\sqrt{2a}}{\delta}$ , ahol  $\delta$  a behatolási mélység:

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega\mu\gamma}}$$

$\mu$  a vezető mágneses permeabilitása, és  $\omega$  a tér körfrekvenciája. A  $g(x)$  és  $h(x)$  függvényekről a dolgozat táblázatot közöl, továbbá közelítő képleteket ad meg  $x$  igen nagy, ill. kis értékeire. Kis  $x$  értékek ( $x < 2$ ) esetén a közelítő képlet:

$$g(x) \sim 1 + \frac{1}{12} \left(\frac{x}{2}\right)^4 - \frac{1}{180} \left(\frac{x}{2}\right)^8 + \dots$$

$$h(x) \sim 4\pi \left(\frac{x}{2}\right)^4 \left\{ \frac{1}{2} - \frac{11}{48} \left(\frac{x}{2}\right)^4 + \frac{17}{1080} \left(\frac{x}{2}\right)^8 + \dots \right\}$$

# A KÉTMENTŰ HÉJAK EGYIK KÜLÖNLEGES FAJTÁJÁRÓL

CSONKA PÁL  
A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK DOKTORA

BUDAPESTI ÉPÍTŐIPARI MŰSZAKI EGYETEM SZILÁRDSÁGTANI TANSZÉKE

[Beérkezett 1954. június 23.]

## 1. Bevezetés

Szerző e folyóiratban megjelent egyik előző dolgozatában derékszögű négyszögalaprajz fölé szerkesztett kétmenetű — vagyis translációs felület szerint alakított — oly héjakkal foglalkozott, melyek alakja és terhelése két függélyes síkra nézve szimmetrikus volt. Az említett tanulmányban beigazolódott, hogy a kétmenetű héjak hártyaerőinek egyébként igen körülményes számítása a héj vezérgörbéinek alkalmas felvételével általában rendkívül egyszerűvé tehető.

Különösen egyszerűen alakul a számítás olyankor, midőn a héj az alaprajzi területen egyenletesen megoszló függélyes erőkkkel van terhelve. Ebben az esetben a héj alakja is igen egyszerű szerkezetű függvényvel jellemezhető.

Az alábbi vizsgálatok erre az imént említett különleges héjfajtára vonatkoznak. A vizsgálatok célja annak igazolása, hogy a szóban forgó héjak hártyaerőinek meghatározása nemcsak egyenletesen megoszló függélyes terhek esetében egyszerű, hanem a gyakorlatban szóba jövő egyéb függélyes terhek esetében is.

## 2. Feltevések

Legyen a vizsgálandó kétmenetű héj alaprajzi vetülete oly derékszögű négyszög, melynek oldalméretei  $2a$ , illetve  $2b$ , s legyen az ezen oldalakkal párhuzamos síkú vezérgörbék ívmagassága  $h_1$ , illetve  $h_2$ . Vizsgálatunk céljára vezessük be az 1. ábrán feltüntetett  $0(x, y, z)$  derékszögű koordinátarendszert, s állapodjunk meg abban, hogy

$$\xi = \frac{x}{a}, \quad \eta = \frac{y}{b}. \quad (1)$$

Legyen a tárgyalandó héj középfelületének egyenlete

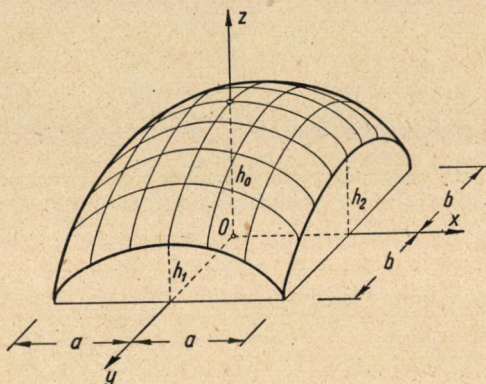
$$z = f(x, y) = \frac{1}{R(1)} [h_1 R(\xi) + h_2 R(\eta)], \quad (2)$$

ahol  $R(1)$ ,  $R(\xi)$ , illetve  $R(\eta)$  jelentse az

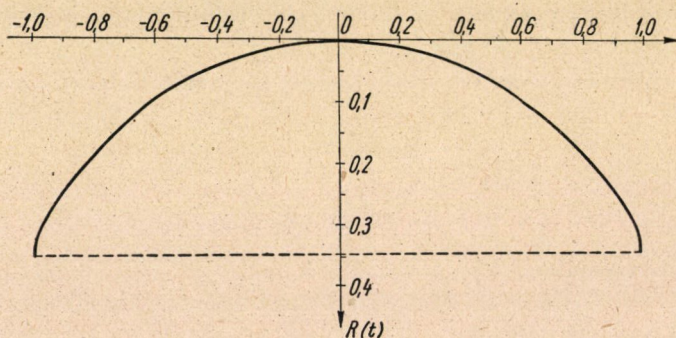
$$R(t) = \frac{1}{2} [(1+t) \ln(1+t) + (1-t) \ln(1-t)] \quad (3)$$

függvény értékét a  $t = 1$ ,  $t = \xi$ , illetve  $t = \eta$  helyen.

Az  $R(t)$  függvény diagramját a 2. ábra szemlélteti, az  $R(t)$  függvény egyes értékeit pedig az [1] tanulmány I. táblázata tartalmazza. E táblázat szerint  $R(1) = 0,6931$ . Az  $R(t)$  függvény diagramvonalára a vizsgálandó héj vezérgörbéivel affin vonal.



1. ábra. Kétmenetű héj derékszögű négyzögalaprajz felett



2. ábra. Az  $R(t)$  függvény diagramja

Legyen a héj a függőleges koordinátáskokra szimmetrikus elrendezésű függőleges erőrendszerrel terhelve, s kössük ki, hogy a terhelő erőknek a héj alaprajzi vetületének területegységére vonatkoztatott fajlagos értéke legyen

$$Z = \sum_{i=0}^m \sum_{k=0}^n C_{i,k} \xi^{2i} \eta^{2k} \quad (4)$$

alakú polinommal legyen kifejezhető.

Tegyük fel, hogy a héj hártyszerű feszültségi állapotban van, s alátámasztó falai, illetve ívei is csak a saját síkjukba eső erőhatásokkal szemben ellenállók. A héj és az alátámasztó falak, illetve ívek csatlakozásánál a kétféle szerkezet különböző mértékű alakváltozásából származó, a hártyszerű feszültségi állapottal összeférhetetlen zavaró hatásokra nem tekintünk.

### 3. A feladat differenciálegyenlete

Függélyes falakra vagy ívekre támaszkodó, függélyes megoszló erőkkel terhelt hártyszerű héjak belső erői igen egyszerűen számíthatók, ha sikerül olyan  $F(x, y)$  függvényt — ún. *feszültségfüggvényt* — találni, mely a

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} \cdot \frac{\partial^2 F}{\partial y^2} - 2 \frac{\partial^2 f}{\partial x \cdot \partial y} \cdot \frac{\partial^2 F}{\partial x \cdot \partial y} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \cdot \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} + Z = 0 \quad (5)$$

parciális differenciálegyenletnek megfelel, s melynek értéke a héj peremvonala mentén állandó. Ez az egyenlet az (1) alatt bevezetett homogén koordinátákkal így írható:

$$\frac{\partial^2 f}{\partial \xi^2} \cdot \frac{\partial^2 F}{\partial \eta^2} - 2 \frac{\partial^2 f}{\partial \xi \cdot \partial \eta} \cdot \frac{\partial^2 F}{\partial \xi \cdot \partial \eta} + \frac{\partial^2 f}{\partial \eta^2} \cdot \frac{\partial^2 F}{\partial \xi^2} + a^2 b^2 Z = 0. \quad (6)$$

Esetünkben a (2) és (3) alattiak folytán

$$\frac{\partial^2 f}{\partial \xi^2} = \frac{1}{R(1)} \cdot \frac{h_1}{1 - \xi^2}, \quad (7a)$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x \cdot \partial y} = 0, \quad (7b)$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial \eta^2} = \frac{1}{R(1)} \cdot \frac{h_2}{1 - \eta^2}, \quad (7c)$$

úgyhogy a (6) differenciálegyenlet a (4) alattiakat is figyelembe véve, ekként írható:

$$\frac{1}{R(1)} \cdot \frac{h_1}{1 - \xi^2} \cdot \frac{\partial^2 F}{\partial \eta^2} + \frac{1}{R(1)} \cdot \frac{h_2}{1 - \eta^2} \cdot \frac{\partial^2 F}{\partial \xi^2} + a^2 b^2 \sum_{i=0}^m \sum_{k=0}^n C_{ik} \xi^{2i} \eta^{2k} = 0. \quad (8)$$

Esetünkben a meghatározandó feszültségfüggvény ennek a differenciálegyen-

letnek tartozik megfelelni. Ezen kívül kell, hogy a szóban forgó függvény értéke a héj peremvonalain, vagyis a  $\xi = \pm 1$  és  $\eta = \pm 1$  helyeken állandó legyen.

#### 4. A feladat megoldása

Azt állítjuk, hogy a (8) differenciálegyenletnek a kerületi feltételeket is kielégítő megoldása:

$$F = \sum_{i=0}^m \sum_{k=0}^n D_{i,k} (1 - \xi^2) \xi^{2i} (1 - \eta^2) \eta^{2k}. \quad (9)$$

Mint hogy e függvény értéke a héj peremvonalai mentén zérus — tehát állandó, — állításunk igazolására elégséges mindössze azt kimutatnunk, hogy a (9) függvény a  $D_{i,k}$  együtthatók alkalmas felvétele esetében valóban megfelel a (8) differenciálegyenletnek. Evégett helyettesítsük be a (9) alattiakat a (8) differenciálegyenletbe, s állapítsuk meg, minő értékeket kell a  $D_{i,k}$  együtthatóknak tulajdonítanunk, hogy a kapott

$$\begin{aligned} & \frac{2h_1}{R(1)} \sum_{i=0}^m \sum_{k=0}^n D_{i,k} [k(2k-1)\eta^{2k-2} - (k+1)(2k+1)\eta^{2k}] \cdot \xi^{2i} + \\ & + \frac{2h_2}{R(1)} \sum_{i=0}^m \sum_{k=0}^n D_{i,k} [i(2i-1)\xi^{2i-2} - (i+1)(2i+1)\xi^{2i}] \cdot \eta^{2k} + \\ & + a^2 b^2 \sum_{i=0}^m \sum_{k=0}^n C_{i,k} \xi^{2i} \eta^{2k} = 0 \end{aligned} \quad (11)$$

egyenlet valóban teljesüljön.

Először is a  $D_{m,n}$  együtthatót állapítjuk meg. Ehhez ki kell választanunk a (11) egyenletből a  $\xi^{2m} \eta^{2n}$  tényezőt tartalmazó tagokat, és fel kell írunk, hogy azok összege bármely  $\xi, \eta$  helyen zérus értékű. Ezzel a

$$-\frac{2D_{m,n}}{R(1)} [(n+1)(2n+1)h_1 + (m+1)(2m+1)h_2] + a^2 b^2 C_{m,n} = 0$$

feltételhez jutunk, s ebből

$$D_{m,n} = \frac{R(1)}{2} \cdot \frac{a^2 b^2 C_{m,n}}{H_{mn}},$$

ha ti.

$$H_{m,n} = (n+1)(2n+1)h_1 + (m+1)(2m+1)h_2. \quad (12)$$

Ismervén  $D_{m,n}$  értékét, rátérhetünk a  $D_{m-1,n}$  és  $D_{m,n-1}$  meghatározására, majd ezek birtokában a  $D_{m-1,n-1}$  együttható kiszámítására. Ekként tovább haladva, rendre valamennyi együtthatót megállapíthatjuk. A számítás során célszerűen használhatjuk a következő rekurzív képletet:

$$D_{i,k} = \left[ (k+1)(2k+1)h_1 D_{i,k+1} + (i+1)(2i+1)h_2 D_{i+1,k} + \frac{R(1)}{2} a^2 b^2 C_{i,k} \right] \cdot \frac{1}{H_{i,k}}, \quad (13)$$

ahol

$$H_{i,k} = (k+1)(2k+1)h_1 + (i+1)(2i+1)h_2. \quad (13a)$$

A (13) képlet — mely tulajdonképp a (9) képletet is magában foglalja, — a  $D_{m,k}$  és  $D_{i,n}$  értékek számítására is felhasználható, feltéve, hogy a  $D_{m,n+1}$  és  $D_{i+1,n}$  értékek már ismeretesek. Ily esetekben természetesen a képletekbe behelyettesítendő  $D_{m+1,k}$  és  $D_{i,n+1}$  értékek helyébe zérust kell tennünk.

A  $D_{i,k}$  együtthatók kiszámításával a feladat feszültségfüggvénye teljesen ismeretessé vált s így rátérhetünk a hártyaerők számítására. Ez az ismert

$$\begin{aligned} n_x &= \frac{\partial^2 F}{\partial y^2} = \frac{1}{b^2} \cdot \frac{\partial^2 F}{\partial \eta^2}, \\ n_y &= \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} = \frac{1}{a^2} \cdot \frac{\partial^2 F}{\partial \xi^2}, \\ n_{xy} &= -\frac{\partial^2 F}{\partial x \cdot \partial y} = -\frac{1}{ab} \cdot \frac{\partial^2 F}{\partial \xi \cdot \partial \eta} \end{aligned} \quad (14)$$

képletekkel történhetik [2]. Ha ezekbe a (9) alattiakat behelyettesítjük, a hártyaerők képletei ekként alakulnak:

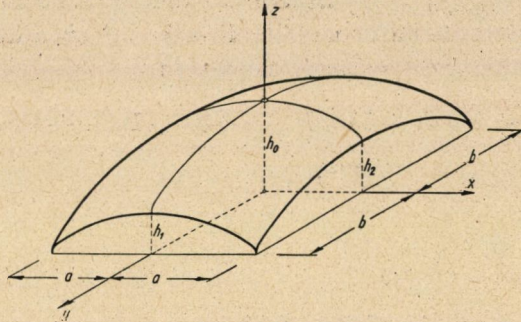
$$\begin{aligned} n_x &= \frac{2}{b^2} (1 - \xi^2) \sum_{i=0}^m \sum_{k=0}^n D_{i,k} [k(2k-1)\eta^{2n-2} - \\ &\quad - (k+1)(2k+1)\eta^{2k}] \cdot \xi^{2i}, \end{aligned} \quad (15a)$$

$$\begin{aligned} n_y &= \frac{2}{a^2} (1 - \eta^2) \sum_{i=0}^m \sum_{k=0}^n D_{i,k} [i(2i-1)\xi^{2i-2} - \\ &\quad - (i+1)(2i+1)\xi^{2i}] \cdot \eta^{2k}, \end{aligned} \quad (15b)$$

$$\begin{aligned} n_{xy} &= -\frac{4}{a \cdot b} \sum_{i=0}^m \sum_{k=0}^n D_{i,k} [i - (i+1)\xi^2] \cdot \xi^{2i-1} \cdot \\ &\quad \cdot [k - (k+1)\eta^2] \cdot \eta^{2k-1}. \end{aligned} \quad (15c)$$

## 5. Számpélda

Az előadottak magyarázatára példaképpen tárgyaljuk a 3. ábrán feltüntetett héjat, melyet már az [1] alatti tanulmány számpéldájaként is tárgyaltunk.



3. ábra. Számpélda

Legyen a héj vastagsága

$$d = 0,04 \text{ m,}$$

a héj egyéb adatai pedig :

$$a = 8,0 \text{ m}$$

$$h_1 = 3,2 \text{ m,}$$

$$h_1/a = 0,4,$$

$$b = 12,0 \text{ m,}$$

$$h_2 = 4,8 \text{ m,}$$

$$h_2/b = 0,4.$$

Legyen az alaprajz területegységére vonatkoztatott sajátteher

$$g = 120 + 9,2 (x^2/a^2 + y^2/b^2) = [120 + 9,2 (\xi^2 + \eta^2)] \text{ kg/m}^2,$$

a hőteher pedig

$$p = 80 \text{ kg/m}^2.$$

Állapítsuk meg a héj hátyaerőit a) sajátteher, b) hőteher esetében.

a) *Saját teher esete.* A szóban forgó esetben

$$m = n = 1,$$

a  $C_{i,k}$  együtthatók értéke pedig

$$C_{0,0} = 120,$$

$$C_{0,1} = 9,2,$$

$$C_{1,0} = 9,2,$$

$$C_{1,1} = 0.$$

A feszültségfüggvény képletében előforduló  $D_{i,k}$  együtthatók a (12) és (13) képlettel számítva:

$$D_{1,1} = 0,$$

$$D_{1,0} = \frac{R(1)}{2} \cdot \frac{a^2 b^2 C_{1,0}}{1 \cdot 1 h_1 + 2 \cdot 3 h_2} = 918 \text{ mkg,}$$



$$D_{0,1} = \frac{R(1)}{2} \cdot \frac{a^2 b^2 C_{0,1}}{2 \cdot 3 h_1 + 1 \cdot 1 h_2} = 1224 \text{ mkg},$$

$$D_{0,0} = \left[ 1 \cdot 1 h_1 D_{0,1} + 1 \cdot 1 h_2 D_{1,0} + \frac{R(1)}{2} a^2 b^2 C_{0,0} \right] \cdot \frac{1}{1 \cdot 1 h_1 + 1 \cdot 1 h_2} = 48951 \text{ mkg}.$$

A belső erők a (15) képletek szerint:

$$n_x = -\frac{2}{b^2} (1 - \xi^2) \cdot [D_{0,0} + D_{1,0} \xi^2 + D_{0,1} (6\eta^2 - 1)],$$

$$n_y = -\frac{2}{a^2} (1 - \eta^2) [D_{0,0} + D_{1,0} (6\xi^2 - 1) + D_{0,1} \eta^2],$$

$$n_{xy} = -\frac{4\xi\eta}{ab} [D_{0,0} + D_{1,0} (2\xi^2 - 1) + D_{0,1} (2\eta^2 - 1)].$$

Innen a feladat számértékeinek behelyettesítésével

$$n_x = -\frac{2}{12,0^2} (1 - \xi^2) [48951 + 918\xi^2 + 1224(6\eta^2 - 1)],$$

$$n_y = -\frac{2}{8,0^2} (1 - \eta^2) [48951 + 918(6\xi^2 - 1) + 1224\eta^2],$$

$$n_{xy} = -\frac{4\xi\eta}{8,0 \cdot 12,0} [48951 + 918(2\xi^2 - 1) + 1224(2\eta^2 - 1)].$$

A legnagyobb  $|\sigma_x|, |\sigma_y|$  derékkézfeszültségek a  $\xi = \eta = 0$  helyen, vagyis a boltozat tetőpontjában keletkeznek. Értékük:

$$\sigma_x = \frac{n_x(0,0)}{d} = -16572 \text{ kg/m}^2,$$

$$\sigma_y = \frac{n_y(0,0)}{d} = -37526 \text{ kg/m}^2.$$

A legnagyobb  $|\tau_{xy}|$  nyírófeszültség a boltozat sarokpontjaiban jön létre. Pl. a  $\xi = \eta = 1$  sarokpontban

$$\tau_{xy} = \frac{n_{xy}(1,1)}{d} = -53222 \text{ kg/m}^2.$$

b) Hóteher esete. Most

$$m = n = 0,$$

és az egyedüli zérustól eltérő  $C_{i,k}$  együttható értéke:

$$C_{0,0} = 80 \text{ kg/m}^2.$$

Ennek megfelelőleg a  $D_{0,0}$  kivételével valamennyi  $D_{i,k}$  együttható eltűnik,  $D_{0,0}$  értéke pedig

$$D_{0,0} = \frac{R(1)}{2} \cdot \frac{a^2 b^2 C_{0,0}}{1 \cdot 1 h_1 + 1 \cdot 1 h_2} = \frac{0,6931}{2} \cdot \frac{8,0^2 \cdot 12,0^2 \cdot 80}{3,2 + 4,8} = 31940 \text{ mkg}.$$

Így a belső erők képletei:

$$n_x = -\frac{2}{b^2} (1 - \xi^2) D_{0,0} = -\frac{[2}{12,0^2} (1 - \xi^2) \cdot 31\,940 \text{ kg/m},$$

$$n_y = -\frac{2}{a^2} (1 - \eta^2) D_{0,0} = -\frac{2}{8,0^2} (1 - \eta^2) \cdot 31\,940 \text{ kg/m},$$

$$n_{xy} = -\frac{4\xi\eta}{ab} D_{0,0} = -\frac{4\xi\eta}{8,0 \cdot 12,0} \cdot 31\,940 \text{ kg/m}.$$

A legnagyobb derékfeszültségek a  $\xi = \eta = 0$  helyen jönnek létre, és értékük

$$\sigma_x = \frac{n_x(0,0)}{d} = -11\,090 \text{ kg/m}^2,$$

$$\sigma_y = \frac{n_y(0,0)}{d} = -24\,953 \text{ kg/m}^2.$$

A legnagyobb nyírófeszültség a sarokpontokban keletkezik. Pl. a  $\xi = \eta = 1$  sarokpontban

$$\tau_{xy} = \frac{n_{xy}(1,1)}{d} = -33\,271 \text{ kg/m}^2.$$

Az utóbbi értékek pontosan a terhelések arányában, tehát 80 : 200 arányban kisebbek, mint az [1] tanulmány számpéldájában kimutatott feszültségek.

## IRODALOM

1. CSONKA, P.: A translációs felület szerint alakított héjakról. M. T. A. Műsz. Tud. Oszt. Közl. 15 (1955) 333—345.
2. LAFFAILLE, B.: Mémoire sur l'étude générale de surfaces gauches minces. *Mémoires de l'Association Internationale des Ponts et Charpentes* 3 (1935), pp. 295—332.

## Összefoglalás

Szerző egyik előző dolgozatában [1] derékszögű négyszögalaprajz fölé szerkesztett *kémenetű* — translációs felület szerint alakított — héjakkal foglalkozott. Az említett tanulmány szerint a héj vezérgörbéinek a héjra ható terheléstől függő alkalmas felvétele esetében a héj hártyaerőinek meghatározása rendkívül egyszerűvé tehető.

A jelen tanulmány, az előző tanulmányhoz zárkózva, kimutatja, hogy az egyenletesen megoszló függélyes terhek esetében célszerűnek talált héj-alak hártyaerőinek számítása igen egyszerűen elvégezhető a gyakorlatban szóba jövő egyéb fajta függélyes terhek esetében is.

A dolgozat a héj terhelését oly polinommal fejezi ki, melynek tagjai

$$C_{i,k} \xi^{2i} \eta^{2k}$$

alakúak, s beigazolja, hogy a héj feszültségfüggvénye is véges sor alakjában írható, s ennek tagjai:

$$D_{i,k} \cdot (1 - \xi^2)^i \cdot (1 - \eta^2)^k.$$

A  $D_{i,k}$  paramétereket az ismeretlen együtthatók módszerével állapítja meg.

A tanulmányban előadottak gyakorlati alkalmazását számpélda világítja meg.

# EGYES ÖTVÖZŐK HATÁSA AZ ÖNTÖTT ALUMÍNIUM SZÖVETÉRE

DOMONY ANDRÁS

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA

és

VASSEL K. RÓBERT

FÉMIPARI KUTATÓ INTÉZET, BUDAPEST

[Beérkezett 1954. szeptember 17.]

## I. Bevezetés

Ismeretes, hogy a fémek öntésekor képződő szemcsenagyságra a fémek összetételén kívül több-kevesebb hatással van az öntési hőmérséklet, az öntés időtartama és a hőelvonás módja, vagy sebessége is [3, 11, 12 és 14]. Ezek a jelenségek az utóbbi időben különösen az alumínium és alumíniumötvözetek technológiájában jutottak nagy jelentőséghez. A könnyűfémek megdermedésekor lejátszódó jelenségek ugyanis egyaránt befolyásolják a félfolyamatos tuskóöntési eljárással készült hengerlési vagy préstuskók használhatóságát (nagy átmérőjű, repedésmentes tuskók előállítására stb.); a nagyszilárdságú alumíniumformaöntvények selejtmentes előállítását (repedés és pórusmentes, nagyszilárd-ságú alumíniumformaöntvények gyártása) és az alumínium, de különösen a nagyszilárdságú alumíniumötvözetek repedésmentes hegesztésekor is elsőrendűen fontos tényezők. A könnyűfémek megdermedését befolyásoló tényezők bonyolult, egymásra gyakorolt hatásának elméleti összefüggése ma még nincs tisztázva. Az ismertetésre kerülő kísérleteinkből levonható következtetések ezért csak azt célozzák, hogy az öntött alumíniumféleségek szemcsenagyságára ható tényezők közül a legfontosabbra — az ötvözők és szennyezők egymásra gyakorolt hatására — az eddig ismerteknél egységesebb képet adjanak.

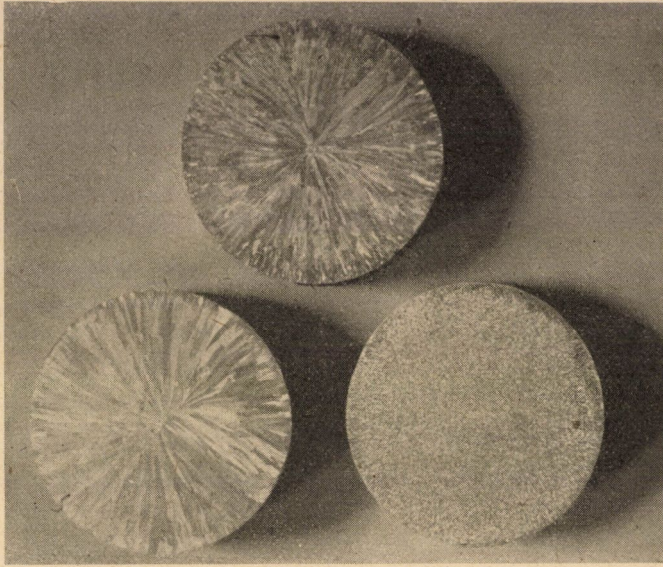
E célból megvizsgáltuk az alumínium legfontosabb ötvözőinek és szennyezőinek az alumíniumolvadék kristályosodására azonos körülmények között gyakorolt hatását. A vizsgálat főképp az egyes, változó mennyiségű ötvözőknek az olvadék megdermedésekor megnyilvánuló jelentőségét kutatta.

## 2. Kísérleti anyagok és eljárás

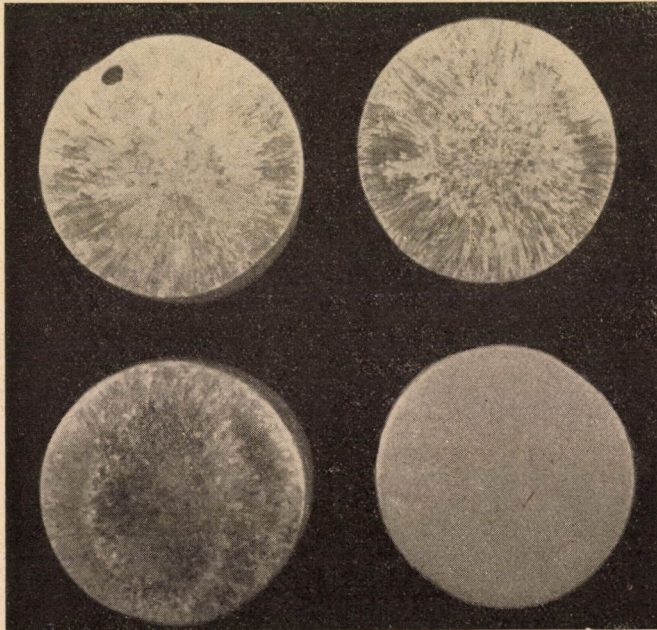
Összesen 220 féle próbát öntöttünk, a következő változatokban :

a) nagyon tiszta alumínium (99,99%-os alumínium).

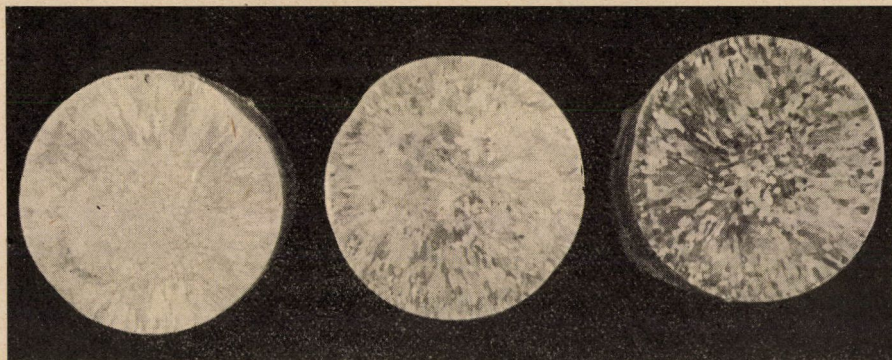
b) Al-Cu, Al-Fe, Al-Mg, Al-Mn, Al-Si, Al-Zn kétalkotós ötvözetek, amelyekben az ötvöző fém 0—1, 0—2, 0—4, 0—6 és 0—13 súlyszázalék között változott ;



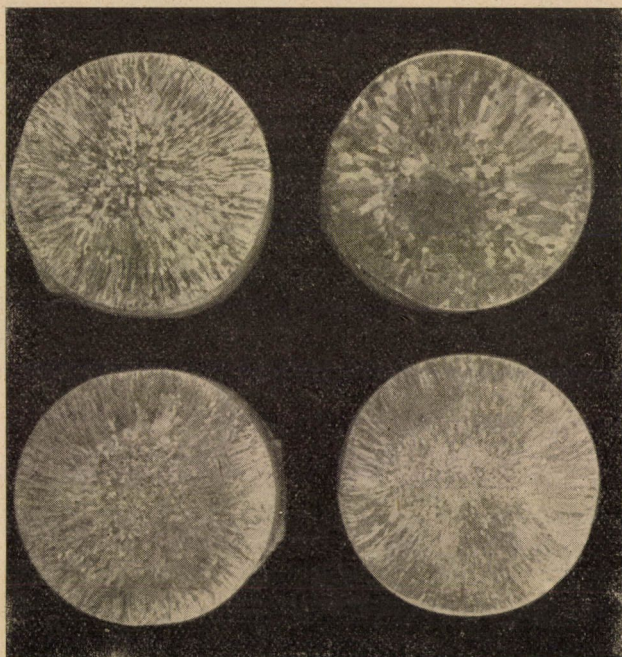
1. ábra. Nagyon tiszta alumíniumról és Ti-nal finomított változatról készült mikro felvétel  
 Felső sorban : szokványos hőmérsékleten öntve ; alsó sorban balra ; 850 C°-ra túlhevítve ;  
 jobbra : 0,1% Ti-nal finomítva



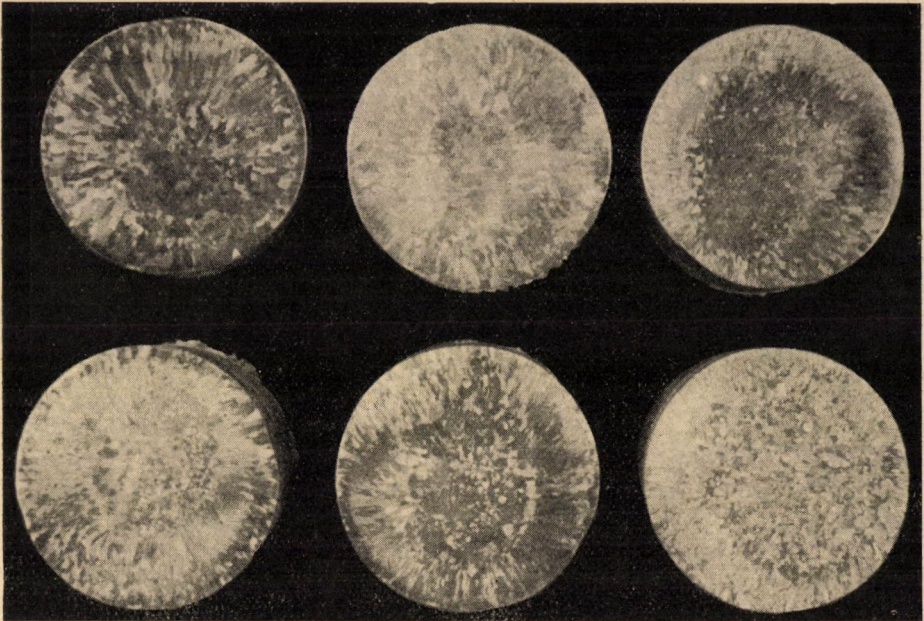
2. ábra. Különbéféle ötvözők hatása a nagyon tiszta alumínium szemcseméretére, makrofelvétel.  
 Felső sorban balra : 0,8 % Si ; jobbra : 0,8 % Fe ; alsó sorban balra : 0,8 % Mg ; jobbra :  
 0,8% Ti



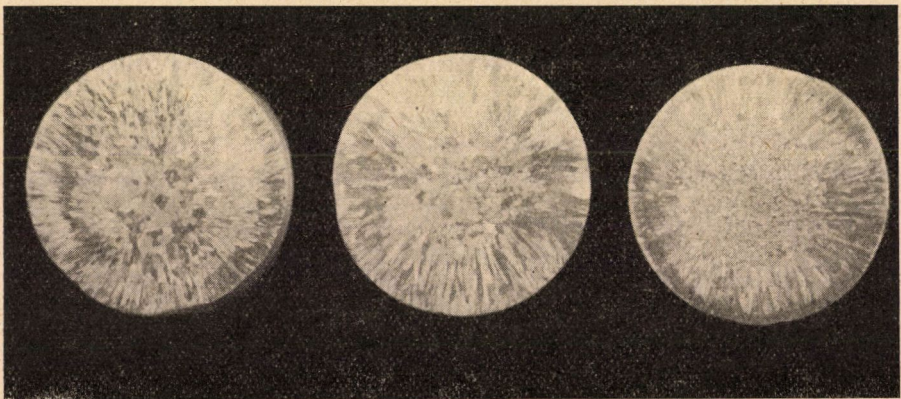
3. ábra. Különböfélé ötvözők hatása a nagyon tiszta alumínium szemcseméretére, makrofelvétel  
Baloldalt : 0,8% Cu ; középen : 0,8% Mn ; jobboldalt : 0,8% Zn



4. ábra. Vas hatása a nagyon tiszta alumínium makroszövetére  
Fent balra : 99,99% Al ; jobbra : 0,1% Fe-al ötvözve ; lent balra : 0,4% Fe-al ötvözve ;  
jobbra : 0,8% Fe-al ötvözve

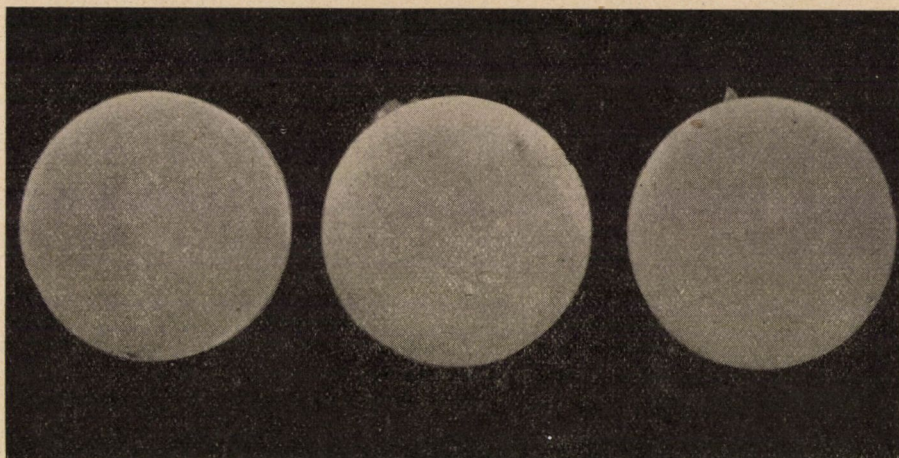


5. ábra. Magnézium hatása a nagyon tiszta alumínium makroszövetére  
 Fent balra : 0,4% Mg-mal ötvözve ; lent balra : 1,2% Mg-mal ötvözve ; középen : 2% Mg-mal  
 ötvözve ; jobbra : 4% Mg-mal ötvözve



6. ábra. Fe és Si egyidejű jelenlétének hatása a nagyon tiszta alumínium makroszövetére  
 Balra : 99,99% Al + 0,4% Fe + 0,1% Si ; középen : ua. + 0,4% Si ; jobbra : ua. + 0,8% Si

- c) a b szerinti kétalkotós ötvözetek 0,1 és 0,5% Ti-tartalommal ötvözve ;
- d) nagyon tiszta alumínium, 4% Mg-tartalmú Al-Mg ötvözet, 13% Si-tartalmú Al-Si ötvözet, 4% Cu és 0,7% Mg-tartalmú Al-Cu-Mg ötvözet és 1/2% Mn-tartalmú ötvözet, változó mennyiségű Si-al és Fe-al egyidejűleg ötvözve ;
- e) előbbi ötvözetek 0,1 és 0,5% Ti-tartalommal ötvözve ;
- f) Mg- vagy Si-felesleg nélküli, továbbá Mg-felesleget vagy Si-felesleget tartalmazó Al-Mg-Si ötvözetek változó mennyiségű Fe-al ötvözve ;
- g) előbbi ötvözetek 0,1 és 0,5% Ti-tartalommal ötvözve.



7. ábra. Különbféle eredetű titán bevitelének hatása a 4% Mg-mal ötvözött nagyon tiszta alumínium makroszövetére  
 Balra : 99,99% Al + 4% Mg + 0,5% Ti (káliumtitánfluoridból); középen : ua. (titán fémorból) ; jobbra : ua. (3%-os Al—Ti segédötvözetből)

A kiindulási anyag nagyon tiszta alumínium volt. A Cu-t, Fe-t, Mn-t és Si-t szabványos, házilag készített 33%-os, 3%-os vagy 13%-os segédötvözet alakjában ötvöztük (elektrolitrézből, lágy vashuzalból, fémmangánból és fémszilíciumból készítve) ; a Mg-t és a Zn-t színtém alakjában közvetlenül adagoltuk az alapfémbe. A titán ötvözése — két példa kivételével — káliumtitánfluorid közvetlen redukciójával történt. A titán bevitelének említett két kivételes példája összehasonlításul szolgált ; ekkor fémtitánport, illetve 3% Ti-tartalmú Al-Ti segédötvözetet használtunk.

Valamennyi anyag ömlesztése grafittegelyben történt, villamos ellenállásfűtésű kemencében. Az anyagot mindenkor túlhevítés nélkül 750 C° hőmérsékletre hevítettük. A folyékony fémeket az ötvözők bevitele után ezen a hőmérsékleten 30 percen át állni hagytuk, majd gondos keverés után erről a hőmérsékletről öntöttük. Az öntés 50 mm átmérőjű talpas vaskokillában történt, amelyet minden esetben 80 C° hőmérsékletre előmelegítettünk. Valamennyi öntött

tuskót a megdermedéstől számított 30 másodpercen belül kivettük a kokillából és vízben lehűtöttük. Egy adagban 400 g fémet olvasztottunk, ami kb. 50–70 mm magas tuskót adott. A tuskókat a talptól számított 10 mm magasságban levágtuk és ezt a felületet csiszoltuk és marattuk. Néhány tuskósorozatról készített ilyen makrofelvételt az 1–7. ábrákon mutatunk be.

### 3. Eredmények

Valamennyi tuskó felületén ötszörös nagyítású asztali mikroszkópon mértük a szemcsenagyságot oly módon, hogy a felületenkinti 30 mérés átlagértékét vettük. Az egyes szemcsék közepes felületét kiszámítottuk  $\text{mm}^2$ -ben, természetesen az egyenlő tengelyű szemcsék méretét alapul véve. Az oszlopos, hosszúkás szemcséknél ezek szélességi mérete volt irányadó, valamint az egész felület jellege. A mikroszkópi vizsgálat befejezése után a darabokat szemrevételezéssel is osztályoztuk, ami igen jó egyezést mutatott a pontosabb, kvantitatív mérésekkel; az osztályozás alapján a szemcseméret átlagos értéke szerint a következő csoportok választhatók el határozottan egymástól:

- a) 10  $\text{mm}^2$ -nél nagyobb;
- b) 1–5  $\text{mm}^2$  közötti;
- c) 0,5–1,0  $\text{mm}^2$  közötti;
- d) 0,1–0,5  $\text{mm}^2$  közötti;
- e) 0,05–0,10  $\text{mm}^2$  közötti és
- f) 0,05  $\text{mm}^2$ -nél kisebb szemcsék.

A mérések eredményei szerint az általunk öntött tuskók szemnagyságának összegezését az I–III táblázatok mutatják. Ezeket összefoglalva a IV. táblázathoz jutunk.

A szemnagyság megállapításával párhuzamosan vizsgálatokat végeztünk az egyes ötvözetek szemcsealakjának — oszlopos, vagy egyenlő tengelyű szövet-szerkezet — megállapítására is.

### 4. Az eredmények értékelése

A IV. táblázat alapján láthatjuk, hogy a kétalkotós Al-X ötvözetek szemnagyságát az egyes vizsgált elemek — egyre növekvő mértékű hatás szerint sorbaszedve —, következőképpen csökkentik:

0–1% Si, 0–1% Fe, 0–2% Zn;  
 0–4% Mg, 0–2% Mn;  
 2–13% Si, 0–4% Cu;  
 0,1% Ti.



Szembetűnő a titán 50—100-szoros szemcsefinomító hatása, amely jelenség nem indokolható az ismert állapotábrákból levonható következtetésekkel [6, 7 és 8].

Az ötvözetekhez adagolt vas egyáltalában nem módosította az egyes ötvözetcsoportok besorolását, tehát egy nagyságrenddel kisebb hatású, mint más ötvözőké, ami igazolja a Fe-nak az előbbi felsorolás elején elfoglalt helyét.

I. táblázat

Tiszta alumínium és kétalkotós ötvözetei átlagos szemcsenagyságának változása különböző ötvözők hatására

Anyagféleség	mm <sup>2</sup>	Anyagféleség	mm <sup>2</sup>
99,99%-os Al	8,0	99,99%-os Al + 0,1—1,0% Cu	0,3—0,5
99,99%-os Al + 0,1—1% Si	1,0—2,0	99,99%-os Al + 0,1—2,0% Mn	0,8—1,0
99,99%-os Al + 2—6% Si	0,2	99,99%-os Al + 0,1—2,0% Zn	1,5—2,5
99,99%-os Al + 13% Si	0,3	99,99%-os Al + 2,0—6,0% Cu	0,1—0,3
99,99%-os Al + 0,1—1,0% Fe	1,5—2,0	99,99%-os Al + 0,1% Ti	0,06
99,99%-os Al + 0,1—4,0% Mg	0,5—1,0	99,99%-os Al + 0,5% Ti	0,02

II. táblázat

Háromalkotós alumíniumötvözetek átlagos szemcsenagyságának változása különböző ötvözők hatására

Anyagféleség	mm <sup>2</sup>	Anyagféleség	mm <sup>2</sup>
99,99%-os Al + 0—1% között változó (Fe + Si) tartalom	1,5—2,0	99,99%-os Al + 4% Mg + 0—0,8% között változó (Fe + Si) tartalom	0,5—1,0
99,99%-os Al + 1,2% Mn + 0—0,8% között változó (Fe + Si) tartalom	0,6—1,0	99,99%-os Al + 4% Cu + 0,7% Mg + 0—0,8% között változó (Fe + Si) tartalom	0,06—0,1
99,99%-os Al + 4% Cu + 1—4% Si és 0—0,8% között változó (Si + Fe) tartalom	0,3—0,5	99,99%-os Al + Mg <sub>2</sub> Si + 0—0,8% között változó Fe-tartalom	0,1—0,2
99,99%-os Al + Mg <sub>2</sub> Si	0,3	99,99%-os Al + Mg <sub>2</sub> Si + Si-felesleg + 0—0,8% között változó Fe	0,15
99,99%-os Al + Mg <sub>2</sub> Si + Si-felesleg	0,5	99,99%-os Al + Mg <sub>2</sub> Si + Mg-felesleg + 0—0,8% között változó Fe	0,2—0,6
99,99%-os Al + Mg <sub>2</sub> Si + Mg-felesleg	1,5		

## III. táblázat

Két- és háromalkotós alumíniumötvözetek átlagos szemcsenagyságának változása különböző ötvözők hatására

Anyagféleség	mm <sup>2</sup>	Anyagféleség	mm <sup>2</sup>
0,1% Ti + 0—1% között változó (Fe + Si) tartalom	0,1 — 1,0	0,1% Ti + 1,2% Mn + 0,08% között változó (Fe + Si) tartalom	0,07—0,2
0,5% Ti + 0—1% között változó (Fe + Si) tartalom	0,02—0,04	0,5% Si + 1,2% Mn + 0,08% között változó (Fe + Si) tartalom	0,04
0,1% Ti + 0—4% között változó Mg	0,1	0,1% Ti + 0—6% között változó Cu	0,05—0,08
0,5% Ti + 0—4% között változó Mg	0,05	0,5% Ti + 0—6% között változó Cu	0,03
0,1% Ti + 2—13% Si	0,1 — 0,2	0,1% Ti + 4% Cu + 0,7% Mg + 0,08% között változó (Fe + Si) tartalom	0,07—0,08
0,5% Ti + 2—13% Si	0,02—0,08	0,5% Ti + 4% Cu + 0,7% Mg + 0—0,8% között változó (Fe + Si) tartalom	0,03
0,1% Ti + 4,0% Mg + 0—0,8% között változó (Fe + Si) tartalom	0,05—0,2	0,1% Ti + 4% Cu + 1—4% között változó (Fe + Si) tartalom	0,05—0,1
0,5% Ti + 4,0% Mg + 0,08% között változó (Fe + Si) tartalom	0,02 — 0,04	0,5% Ti + 4% Cu + 1—4% között változó (Fe + Si) tartalom	0,04
0,1% Ti + 0—2% között változó Zn	0,1	0,1% Ti + Mg <sub>2</sub> Si + 0—0,8% között változó Fe-tartalom	0,08
0,5% Ti + 0—2% között változó Zn	0,04	0,1% Ti + Mg <sub>2</sub> Si + Si felesleg + 0—0,8% között változó Fe-tartalom	0,05—0,1
0,1% Ti + 0—2% között változó Mn	0,1	0,1% Ti + Mg <sub>2</sub> Si + Mg felesleg + 0—0,8% között változó Fe-tartalom	0,08—0,12
0,5% Ti + 0—2% között változó Mn	0,03	0,5% Ti + Mg <sub>2</sub> Si + Mg vagy Si-felesleggel, vagy anélkül 0—0,8% között változó Fe-tartalom	0,02—0,04

IV. táblázat

A vizsgált alumíniumfélések szemcseméretének összesítése

< 10 mm <sup>2</sup>	> 1 mm <sup>2</sup>	> 0,5 mm <sup>2</sup>	> 0,1 mm <sup>2</sup>	> 0,05 mm <sup>2</sup>	< 0,05 mm <sup>2</sup>
	0—1% Si, Fe	0,1% Ti + (Si, Fe)		—	0,5% Ti + (Si, Fe)
	0—2% Zn	—	0,1% Ti + Zn	—	0,5% Ti + Zn
	—	0—4% Mg + (Si, Fe)	0,1% Ti + Mg + (Si, Fe)	0,5% Ti + Mg + (Si, Fe)	
	—	0—2% Mn + (Si, Fe)	0,1% Ti + Mn (Si, Fe)	—	0,5% Ti + Mn + (Si, Fe)
	—	—	0—6% Cu	0,1% Ti + Cu	0,5% Ti + Cu
	—	—	2—13% Si ± 0,1% Ti	0,5% Ti + 2—13% Si	
99,99% Al	—	—	—	99,99% Al + 0,1% Ti	99,99% Al + 0,5% Ti
	—	—	—	Cu—Mg (Fe + Si) ± 0,1% Ti	0,5% Ti + Cu—Mg + (Fe, Si)
	—	—	Cu+Si+(Fe)	0,1% Ti + Cu—Si + (Fe)	0,5% Ti + Cu—Si + (Fe)
	—	Mg <sub>2</sub> Si + Si	Mg <sub>2</sub> Si + Si+(Fe)	0,1% Ti + Mg <sub>2</sub> Si + Si + (Fe)	0,5% Ti + Mg <sub>2</sub> Si + Si + (Fe)
	—	—	Mg <sub>2</sub> Si ± (Fe)	0,1% Ti + Mg <sub>2</sub> Si + (Fe)	0,5% Ti + Mg <sub>2</sub> Si ± (Fe)
	Mg <sub>2</sub> Si + Mg	Mg <sub>2</sub> Si + Mg + (Fe)	—	0,1% Ti + Mg <sub>2</sub> Si + Mg + (Fe)	0,5% Ti + Mg <sub>2</sub> Si + Mg—(Fe)

Így a IV. táblázatból láthatjuk, hogy többalkotós ötvözeteknél a következő rangsoroláshoz jutunk :

Fe + Si;  
Mg + Si;  
Cu + Si;  
Cu + Mg.

A 0,1% Ti szemcsefinomító hatását a kétalkotós és többalkotós ötvözetekben vizsgálva láthatjuk, hogy a sorrend nagyságrendileg megegyezik az előbbieken megadottal; az érdekes jelenség csupán az, hogy a Si, Fe, Zn, Mn és Si+Fe-mal ötvözött fémeknél a 0,1% Ti szemcsefinomító hatása kisebb, mint a nagyon tiszta alumíniumban. Cu + Mg ötvözéssel 0,1%-os Ti adagolása nagyságrendi finomítást nem eredményez.

Az eredmények összefoglalásaként megállapítható, hogy a vizsgált ötvözők és szennyezők az alumínium alapfém kristályosodási jellegét a következőképpen változtatják :

1. Nagyon tiszta alumíniumban már 0,1% Ti szemcsefinomító hatása nagyságrendileg nagyobb, mint bármely más ötvöző tetszés szerinti mennyiségű adagolása.

2. Már 0,1% mennyiségben adagolt Ti is megszünteti a tiszta alumínium megdermedésekor keletkező sugaras kristályszerkezetet; a fém egyenletes finom kristályszerkezettel dermed.

3. Az egyes ötvözőknek az alumínium megdermedésére és makroszerkezetére gyakorolt hatása azonos olvasztási és öntési hőmérséklet mellett az alábbi :

Sugaras szövetszerkezet	Egyenletes poliéderez szövetszerkezet
Al—Fe	Al—Cu (Cu 1%-nál több)
Al—Mn	
Al—Zn	Al—Si (Si 4%-nál több)
Al—Cu—Si	Al—Mg (Mg 4%-nál több)
Al—Mg—Si	

Kísérleteink szerint nem helyes az a régebbi elképzelés [8], hogy a Fe, vagy bizonyos Al-Si-Fe vegyületek a szinalumínium szemcsenagyságát jobban finomítják, mint a többi ötvözők.

4. A 0,1% Ti rendkívüli szemcsefinomító hatása alumíniumötvözetben is mutatkozik (kivételez az Al-Cu-Mg ötvözet), bár ez a hatás a nagyon tiszta alumíniumban észlelnél kisebb.

5. 0,1% Ti adagolásakor az egyes ötvözőknek az alumínium megdermedésére és makroszerkezetére gyakorolt hatása azonos olvasztási és öntési hőfok mellett az alábbi :

Sugaras szövetszerkezet	Egyenletes poliéderez szövetszerkezet
Al—Mn	Al—Cu (Cu 0,5%-nál több)
Al—Fe	Al—Si
	Al—Mg
	Al—Zn (Zn 0,4%-nál több)
	Al—Cu—Mg
	Al—Mg—Si

6. 0,5% Ti szemcsefinomító és kristályosodást irányító hatása (egyenletes poliéderez kristályosodást elősegítő) nagyon tiszta alumíniumban és az összes alumíniumötvözetben azonos.

### 5. Az eredményekből levont következtetések

Véleményünk szerint megállapításainknak az alumínium öntése szempontjából azért van jelentősége, mert az irodalom újabb közlései szerint a hegesztésnél és az öntésnél tapasztalható melegrepedékenység között szoros összefüggés van. PELLINI [12] gyakorlati megfigyelései és elméleti megfontolásai szerint a melegrepedékenységet mindkét technológiai folyamatnál többek között nagymértékben az a körülmény is befolyásolja, hogy az alapfém durván sugaras szerkezetben, vagy pedig finom egyenletes poliéderez szerkezetben kristályosodik-e és a jelenlevő kisebb olvadáspontú, később dermedő fázis a priméren dermedő alapanyag dendritei között milyen helyet foglal el. PELLINI véleménye szerint a melegrepedékenységi hajlamot a finom, egyenletes kristályszerkezet azzal csökkenti vagy szünteti meg, hogy a nagymennyiségű, szabályos alakú kristályok a közöttük levő, később megdermedő folyékony fázist jobban, egyenletesebben osztják el. Ennek következménye, hogy közvetlenül a szoliduszpont alatt azonos hőmérsékleten a finomszerkezetű, egyenletes kristályszerkezetű fém melegszilárdsága lényegesen nagyobb, mint a sugaras kristályszerkezetűé.

Ezeket az általános érvényű megállapításokat kísérleteink eredményei alapján a könnyűfémek megdermedésére vonatkoztatva megállapíthatjuk, hogy alumíniumnál a melegszilárdság szempontjából hátrányos sugaras kristályosodást az alábbi ötvözők adagolása *nem* szünteti meg:

- Al—Fe (0—1,2% mennyiségben)
- Al—Mn (0—3,0% «
- Al—Zn (0—8,0% «
- Al—Cu (Cu kisebb 1%-nál)
- Al—Si (Si kisebb 4%-nál)
- Al—Mg (Mg kisebb 4%-nál).

Tiötözése viszont nemcsak a szemcsenagyságot csökkenti nagymértékben, hanem 0,1%-nál nagyobb mennyiségben adagolva mindenkor megszünteti a megszilárdulásra hátrányos sugaras szerkezet kialakítását.

Így tehát az alumínium technológiájának minden ágában — függetlenül az ötvözet összetételétől — ahol a durvakristályos sugaras kristályszerkezet megjelenése hátrányos, célszerű és szükséges a titánnak szemcsefinomítóként való alkalmazása, feltéve, hogy a titán nincs egyéb tulajdonságok ártalmára. Ez a megállapítás különösen érvényes a többalkotós, bonyolult rendszerű nagyszilárdságú ötvözetekre, ahol a priméren kristályosodó alapfém és a később szilárduló fázisok megdermedési hőfoka között igen nagy különbség van. Ilyenkor a durván, sugarasan megdermedő primér fázis gyors kristályosodása következtében a diffúzió késleltető hatása miatt a kis olvadáspontú eutektikumnak nemcsak elhelyezkedése lesz az előbb elmondottak alapján kedvezőtlenebb, hanem mennyisége is nagyobb lesz. A nagyméretű sugaras kristályok között ugyanis nagy, összefüggő eutektikumos csomók maradnak fenn, amelyek a diffúzió következtében sokkal lassabban szívódnak fel az alapfém kristályaiba, mint az egyenletes, finom szövetszerkezetű, finomabb eloszlású eutektikumos csomók [13]. Ti adagolásával ez a hátrányos jelenség is kiküszöbölhető.

## 6. A Ti-nal történő szemcsefinomítás elméleti magyarázata

A Ti-nak az alumínium és alumíniumötvözetek kristályosodásánál észlelt rendkívüli szemcsefinomító hatása magyarázatára, anélkül, hogy ezek bármelyike a jelenséget tökéletesen megmagyarázta volna, a nemzetközi irodalom jelenleg három elméletet fogadott el:

1. *A peritektikus reakció elméletének* [14] az adott esetben valószínűtlen voltára már többen rámutattak [1, 3, 4, 15], így tehát nem kívánunk ismétlésbe bocsátkozni.

2. *A titánkarbid-csíra elméletét* [11, 13] szintén többen [4, 15] kétségbe vonták, így mi magunk is [5]. Nem valószínű ugyanis, hogy az alumíniumban titánkarbid számottevő mennyiségben képződhessék és jelen legyen. Nem látszik bizonyítottnak továbbá az sem, hogy a mintegy 900 C°-ig terjedő túlhevítés hatására az igen állandó titánkarbid vegyület — amely lomhán képződik és bomlik szét — »alkatrészeire szétessék«, majd a 900 C°-ról 700 C°-ig történő aránylag gyors lehűtés hatására ismét »képződjék«. Valószínűtlen továbbá, hogy a részünkről ötvözésre használt titánsóban karbid lenne, illetve az aránylag rövid ideig tartó és kis hőfokon történő ötvözésnél és olvasztásnál titánkarbid keletkezzék.

3. Korábbi, valamint jelen vizsgálataink eredményei alapján az adott esetben valószínűtlennek kell tartanunk a *rácsmaradványok elméletét is* [15]. Az ötvözések sóból redukált titán segítségével történtek, tehát rácsmaradvány

a fémbe nem kerülhetett. A sóból redukált titánötvözés szemcsefinomító hatása ennek ellenére az Al-Ti segédötvözetével, és a fémtitánéval azonos volt. Nem vitás, hogy a rácsmaradványok kedvező szemcsefinomító hatást fejtenek ki, viszont jelen esetben a jelenségre teljes értékű magyarázatot nem szolgáltatnak.

Fentiekkel szemben véleményünk az, hogy a titánnak a többi alumínium ötvözőhöz képest sokkal nagyobb szemcsefinomító hatását a 600—700 C° hőmérsékletű alumíniumolvadék atomjai és a jelenlevő titánatomok közötti kedvező erő- és energiaviszonyok idézik elő. Nem gondolunk az ismert  $Al_3Ti$  vegyület jelenlétére vagy képződésére, hanem az egyes Al és Ti atomok közötti erőter kedvező kölcsönhatására. Ezt bizonyítják GEBHARDT és munkatársainak [9] más téren végzett mérései is, amelyek szerint a kérdéses hőfokhatárok között az Al-Ti vegyületek belső sűrűlódásának változása az egyéb kétalkotós alumínium-ötvözetekétől igen nagy mértékben különbözik. CHALMERS [2] szerint viszont az atom akkor képes a szilárd fázisból a folyékonyba, vagy fordítva átmenni, ha felesleges energiája van, azaz ha energiája nagyobb, mint a másik, azaz a szilárd vagy folyékony fázisban levő atomok átlagos energiája. GEBHARDT szerint valószínűnek látszik, hogy azok a kötőerők, amelyek szilárd fázisú vegyületeket eredményeznek, legalább részben olvadt állapotban is érvényesülnek és ezek az atomoknak már a fémolvadékban előnyben részesített elrendeződéséhez vezetnek. Ezek az atomcsoportok kedvező egymásratalálása szolgáltatná azokat a többleterőket, amelyek CHALMERS szerint a kristályosodás megindításához szükségesek. Ezek szerint az alumíniumolvadékokban jelenlevő Ti-atomok az alumíniumolvadék erőterét az alumínium olvadáspontja közelében olyan mértékben megváltoztatják, hogy az energiaegyensúly a szilárd fázisban levő — tehát szabad hőmozgást nem végző — atomok felé tolódik el és nagyobb annak a valószínűsége, hogy az egyes alumíniumatomok a szilárd atomcsoportokhoz kötődjenek.

Az Al-Ti energiaviszonyok egymásra történő hatása nemcsak a Ti szemcsefinomító mechanizmusát világitaná meg, hanem magyarázatul szolgálna arra is, hogy a Ti jelenléte miért akadályozza meg a sugaras kristályszerkezet fejlődését.

A sugaras kristályszerkezet képződésekor ugyanis általában a különböző atomok elhelyezkedését befolyásoló erők hatása nagyságrendekkel kisebb, mint a hőelvonás irányító hatása. A titán- és alumíniumatomok között keletkező erős kötőerők viszont a hőelvonás kristályosítást irányító hatásánál is nagyobb-nak látszanak [2] és ennek következménye, hogy azonos öntési körülmények között a titánnal ötvözött alumíniumfém dermedése egyenletes poliéderez szövetszerkezettel történik.

Nagyobb hőmérsékleten viszont már nem olyan kedvezőek az Al és Ti atomok közötti energiaviszonyok és az erőter alakulása. Erre vezethető vissza a titánnak nagyobb hőmérséklettel romló — bár a többi ötvözőhöz viszonyítva — még mindig nagyságrendileg kedvezőbb szemcsefinomító hatása.

A 0,1% Ti-nak a különböző két- vagy többalkotós alumíniumötvözetekre kifejtett változó szemcsefinomító hatását az ötvözetekben jelenlevő egyéb fématomok és a titánatomok kölcsönhatásával lehet magyarázni. Az erőhatások részben az Al-Ti atomok közötti erőhatással azonos jellegűek, másrészt viszont — ott, ahol a Ti szemcsefinomító hatása kisebb — az ötvöző fémnek a titán atomjával kölcsönös erőhatása csökkenti az alumínium- és a titánatomok egymásra gyakorolt kedvező hatását.

#### IRODALOM

1. BERNSTEIN, H.: J. of Metals, 1954. 603. oldal.
2. CHALMERS B.: J. of Metals, 1954. 519. oldal.
3. CIBULA A.: J. of Metals, 1949 (LXXVI) 321. oldal.
4. GROSSLEY F. A.; MONDOLFO L. F.: J. of Metals 1951. 1143. oldal.  
Ua.: Hozzászólók Morral F. R.; Eborall M. D.; és Cibula A.; Opic W. R.; Bernstein H.; Morgan I.; England P. G.; Turnbull D. és Hollomon J. H. (J. of Metals 1952.) 1190. oldal.
5. DOMONY A., VASSEL K. R.: MTA Műsz. Tud. Oszt. Közleményei, 1953. (VIII.) 3—4. szám, 629. oldal.
6. EBORALL M. D.: J. of Metals, 1949. (LXXVI), 295. oldal.
7. FINK W. L. stb.: Az alumíniumötvözetek fizikai metallurgiája, ASM. Cleveland, 1949.
8. FUSS V.: Az alumínium és ötvözeinek metallográfiája, Eplinger — Berlin, 1934.
9. GEBHARDT E., BECKER M., DORNER S.: Zeitschrift f. Metallkunde, 1953. 510. és 573. old.
10. GORSKOV I. E.: Színesfémek és ötvözeik tuskóinak öntése, Metallurgizdat, Moszkva, 1952.
11. KONDIC V., SHUTT F.: J. of Inst. of Metals, 1950. (LXXVIII) 105. oldal.
12. PELLINI W. S.: Welding Journal, 1954. 358. oldal.
13. PELLINI W. S.: American Foundryman, 1953. november. 28. oldal.
14. SCHEIL E.: Giesserei Techn.-Wiss. Beihefte, 1949—1953. 201. oldal.
15. VERÓ J.: MTA Műszaki Tud. Oszt. Közleményei, 1953. (IX) 1—4. szám, 187. oldal.

#### Összefoglalás

Kísérleteket végeztünk az alumínium fontosabb ötvöző-, szennyező- és adalékelemeinek az öntött tuskó elsődleges szemcsenagyságára kifejtett hatás vizsgálatára.

A mérések szerint azonos öntési és olvasztási körülmények között a szemcsenagyság és a kristályosodás mikéntje legnagyobb mértékben az olvadáskor levő ötvözőelem fajtájától, majd egyéb fémszennyező- vagy ötvözőelem jelenlététől, végül azok mennyiségétől függ.

A vizsgált elemek közül a Ti a várakozásnak megfelelően a szemcsenagyságra több nagyságrenddel erősebb hatást fejtett ki. A szerzők véleménye szerint a titán fokozott szemcsefinomító és kristályosítást irányító hatása nem magyarázható meg egyértelműen a három ismert elmélet — peritektikus reakció, titánkarbidcsíra és rácsmaradványok — egyikével sem, helyesebb képet a 700 C° nagyságrendű hőmérsékletű alumíniumolvadék és a titánatomok közötti kedvező erő- és energiaviszonyok feltételezésével alkothatunk magunknak.



# ELJÁRÁS DERÉKSZÖGŰ NÉGYSZÖG-ALAPRAJZÚ SÜVEGHÉJAK SZÁMÍTÁSÁRA

CSONKA PÁL

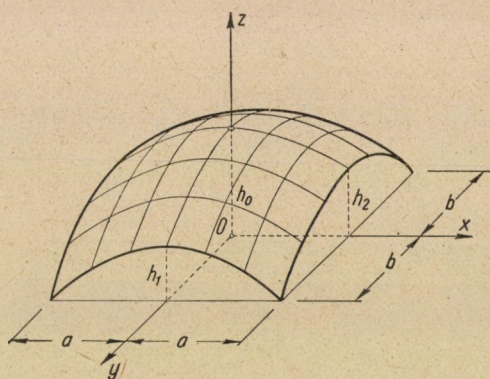
A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK DOKTORA

BUDAPESTI ÉPÍTŐIPARI MŰSZAKI EGYETEM SZILÁRDSÁGTANI TANSZÉKE

[Beérkezett 1954. szeptember 30-án]

## 1. Bevezetés

A derékszögű négyszög-alaprajzú süveghéj (1. ábra) számítása általában tetemes nehézségekbe ütközik [1]—[3]. Főként ezeknek a nehézségeknek tudható be, hogy ezt az egyébként sok tekintetben igen előnyös térlefödőszerkezetet



1. ábra. Süveghéj, derékszögű négyszög alaprajz felett.

a modern vasbetonépítészet csak elvétve alkalmazza. Ily körülmények között érdeklődésre tarthat számot oly eljárás ismertetése, mely a derékszögű négyszög-alaprajzú süveghéjak számítását egyszerűvé, a tervező részére könnyen kezelhetővé teszi. Az alábbi fejtegetések ezt a célt kívánják szolgálni.

## 2. Feltevések

Feltesszük, hogy a héj falvastagsága az alaprajzi méretekhez viszonyítva oly kicsiny, hogy a héj a középfelületére merőleges síkú hajlító és csavaró hatásokkal szemben semmiféle ellenállást sem fejt ki, tehát hártvaszerű feszültségi

állapotban van. Feltételezzük továbbá, hogy a héj függőleges síkú támasztó szerkezetei (a határoló falak és peremívek) is oly vékonyak, hogy csak saját síkjukba eső erőhatásokkal szemben ellenállók. A héj és a támasztó szerkezetek csatlakozásánál a kétféle szerkezet különböző mértékű alakváltozásából származó, a hártyszerű feszültségi állapottal összeférhetetlen zavaró hatásokat nem vesszük figyelembe.

Kikötjük, hogy a héjat csak függélyes megoszló erők terheljék, és ezek eloszlása a négyszögoldalakat merőlegesen felelő függélyes síkokra nézve szimmetrikus legyen.

Kikötjük továbbá, hogy a középfelület is szimmetrikus legyen a fenti síkokra nézve.

### 3. A feladat differenciálegyenlete

Tűzzük ki az  $O(x, y, z)$  derékszögű koordináta-rendszert úgy, hogy annak  $x$ , illetve  $y$  tengelyei az alaprajzi négyszög oldalfelezőibe essenek, pozitív  $z$  fél-tengelye pedig felfelé mutasson (1. ábra). Legyen e koordináta-rendszerben a héj középfelületének egyenlete

$$z = f(x, y), \quad (1)$$

a héjra ható megoszló erőrendszernek az alaprajzi vetület területegységére vonatkoztatott fajlagos értéke pedig

$$Z = Z(x, y).$$

Mint ismeretes [4], a hártyszerű feszültségi állapotban levő héjak belső erői célszerűen ezen erőknek az alaprajz síkjába eső vetületeivel jellemezhetők. Ez esetben a vízszintes koordinátatengelyekkel párhuzamos vetületi erők fajlagos értéke egy alkalmas  $F(x, y)$  feszültségfüggvény bevezetése esetén ekként fejezhető ki:

$$\begin{aligned} n_x &= \frac{\partial^2 F}{\partial y^2}, \\ n_{xy} = n_{yx} &= -\frac{\partial^2 F}{\partial x \cdot \partial y}, \\ n_y &= \frac{\partial^2 F}{\partial x^2}. \end{aligned} \quad (2)$$

Az  $F(x, y)$  feszültségfüggvény eleget tartozik tenni a

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} \cdot \frac{\partial^2 F}{\partial y^2} - 2 \frac{\partial^2 f}{\partial x \cdot \partial y} \cdot \frac{\partial^2 F}{\partial x \cdot \partial y} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \cdot \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} = Z \quad (3)$$

differenciálegyenletnek, valamint a feladat kerületi feltételeinek. Minthogy a héj támasztó szerkezetei csak síkjukba eső erőhatásokkal szemben ellenállók, az  $x = \pm a$  peremeken az  $n_x$  erőalkotóknak, az  $y = \pm b$  peremeken pedig az  $n_y$  erőalkotóknak el kell tűnniök. Ez a követelmény a (2) alattiakra és a fennforgó szimmetriára való tekintettel azt jelenti, hogy az  $F(x, y)$  függvény a peremvonalak mentén állandó értékű tartozik lenni.

Ha az  $x, y$  koordináták helyett a

$$\xi = \frac{x}{a}, \quad \eta = \frac{y}{b} \quad (4)$$

homogén koordinátákra térünk át, a belsőerő-alkotók (2) alatti képletei így alakulnak:

$$n_x = \frac{1}{b^2} \cdot \frac{\partial^2 F}{\partial \eta^2},$$

$$n_{xy} = n_{yx} = -\frac{1}{ab} \cdot \frac{\partial^2 F}{\partial \xi \cdot \partial \eta},$$

$$n_y = \frac{1}{a^2} \cdot \frac{\partial^2 F}{\partial \xi^2}.$$

Ugyanekkor a feladat (3) alatti differenciálegyenlete a következőképp írható:

$$\frac{\partial^2 f}{\partial \xi^2} \cdot \frac{\partial^2 F}{\partial \eta^2} - 2 \frac{\partial^2 f}{\partial \xi \cdot \partial \eta} \cdot \frac{\partial^2 F}{\partial \xi \cdot \partial \eta} + \frac{\partial^2 f}{\partial \eta^2} \cdot \frac{\partial^2 F}{\partial \xi^2} = a^2 b^2 Z. \quad (6)$$

#### 4. A feladat megoldása

Feladatunk megoldásához megkíséreljük a feladat feszültségfüggvényét előállítani. Ez esetben ui. a belső erőket az (5) összefüggések felhasználásával azonnal számíthatjuk.

Minthogy olyan  $F$  függvény, mely a (6) differenciálegyenletnek, valamint a feladat kerületi feltételeinek egyaránt megfelel, zárt alakban általában nem képezhető, a feladat pontos megoldása helyett közelítő megoldáshoz folyamodunk. A közelítés az, hogy a tényleges terhelési esetnek megfelelő  $F$  függvény helyett megelégszünk oly  $F^*$  függvény előállításával, mely a feladat kerületi feltételeinek pontosan megfelel ugyan, de a (6) differenciálegyenletnek csak közelítőleg, a  $Z$  terhelési tag némi módosításával tesz eleget. Ekként eljárva,

a megoldás pontosságát az fejezi ki, hogy a tényleges

$$Z = \frac{1}{a^2 b^2} \left( \frac{\partial^2 f}{\partial \xi^2} \cdot \frac{\partial^2 F}{\partial \eta^2} - 2 \frac{\partial^2 f}{\partial \xi \cdot \partial \eta} \cdot \frac{\partial^2 F}{\partial \xi \cdot \partial \eta} + \frac{\partial^2 f}{\partial \eta^2} \cdot \frac{\partial^2 F}{\partial \xi^2} \right) \quad (7)$$

és a módosított

$$Z^* = \frac{1}{a^2 b^2} \left( \frac{\partial^2 f}{\partial \xi^2} \cdot \frac{\partial^2 F^*}{\partial \eta^2} - 2 \frac{\partial^2 f}{\partial \xi \cdot \partial \eta} \cdot \frac{\partial^2 F^*}{\partial \xi \cdot \partial \eta} + \frac{\partial^2 f}{\partial \eta^2} \cdot \frac{\partial^2 F^*}{\partial \xi^2} \right) \quad (8)$$

teherértékek milyen mértékben térnek el egymástól. Ha az eltérés nem számottevő, akkor az alkalmazott közelítés megengedhető.

Olyan  $F^*$  függvény, mely a feladat kerületi feltételeinek megfelel, végtelen sokféleképpen állítható elő. Legyenek egymástól lineárisan független ilyen függvények

$$F_1^*, \quad F_2^*, \quad F_3^*, \dots,$$

s legyenek a (8) összefüggés szerint nekik megfelelő teherrendszerek

$$Z_1^*, \quad Z_2^*, \quad Z_3^*, \dots$$

Ez esetben az  $F_1^*, F_2^*, F_3^*, \dots$  függvényekből a feladat közelítő feszültségfüggvényét a következőképpen állíthatjuk elő:

$$F^* = k_1 F_1^* + k_2 F_2^* + k_3 F_3^* + \dots$$

Természetesen, az itt előforduló  $k_1, k_2, k_3, \dots$  együtthatóknak oly értékeket kell tulajdonítanunk, hogy az  $F^*$  függvénynek megfelelő

$$Z^* = k_1 Z_1^* + k_2 Z_2^* + k_3 Z_3^* + \dots$$

teherrendszer lehetőleg kevésbé térjen el a héjra ható tényleges  $Z$  teherrendszertől. Ehhez az szükséges, hogy a

$$H^2 = \int_{-1}^{+1} \int_{-1}^{+1} (Z^* - Z)^2 \cdot d\xi \cdot d\eta \quad (9)$$

hibanégyszet minimális legyen, ami pedig akkor következik be, ha

$$\frac{\partial H^2}{\partial k_1} = 0, \quad \frac{\partial H^2}{\partial k_2} = 0, \quad \frac{\partial H^2}{\partial k_3} = 0, \dots$$

A minimum feltételei tehát :

$$\int_{-1}^{+1} \int_{-1}^{+1} (Z^* - Z) Z_1^* \cdot d\xi \cdot d\eta = 0,$$

$$\int_{-1}^{+1} \int_{-1}^{+1} (Z^* - Z) Z_2^* \cdot d\xi \cdot d\eta = 0, \tag{10}$$

$$\int_{-1}^{+1} \int_{-1}^{+1} (Z^* - Z) Z_3^* \cdot d\xi \cdot d\eta = 0,$$

.....

Mínt hogy így éppen annyi egymástól független egyenletet állíthatunk elő, ahány  $k_i$  együtthatónk van, az említett egyenletekből a keresett

$$k_1, k_2, k_3, \dots$$

együtthatókat egyértelműen kiszámíthatjuk.

**5. Egyenletesen megoszló erőrendszerrel terhelt négyzet-alaprajzú héj**

A fent vázlatosan ismertetett eljárást az alábbiakban négyzet-alaprajzú oly héjra alkalmazzuk, melynek peremívei azonos ívmagasságúak, fajlagos terhe pedig a héj egész terjedelmében állandó. Esetünkben tehát

$$a = b, \quad Z = \text{konst.}$$

Legyen a tárgyalandó héj (2. ábra) középfelületének záradékmagassága  $h_0$ , a peremívek ívmagassága  $h_1$ , s legyen a héj középfelületének egyenlete

$$z = f(\xi, \eta) = h_0 - h(\xi^2 + \eta^2 + c\xi^2\eta^2), \tag{11}$$

ahol

$$h = h_0 - h_1, \quad c = \frac{2h_1 - h_0}{h_0 - h_1}. \tag{12}$$

A szóban forgó héj középfelületének a koordinátásíkokkal való metszetei függélyes tengelyű másodrendű parabolák. A héj alakja a  $c$  tényező alkalmas

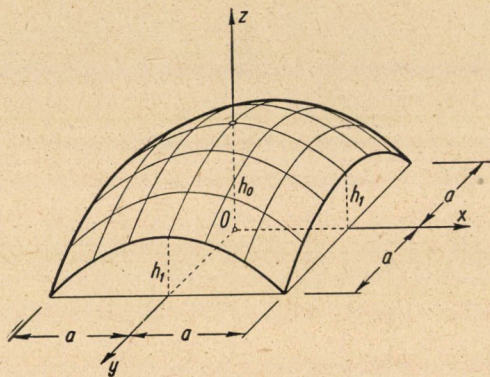
megválasztásával tág határok között változtatható. Ha

$$c = 0, \quad (13)$$

a héj középfelülete forgás-paraboloid alakú. Ha viszont

$$c = \frac{h_0 h_1}{a^2} = \frac{a^2 + 3h_1^2 - \sqrt{a^4 + 6a^2 h_1^2 + h_1^4}}{-a^2 - h_1^2 + \sqrt{a^4 + 6a^2 h_1^2 + h_1^4}} \cong \frac{2h_1^2}{a^2 + h_1^2}, \quad (14)$$

a héj középfelülete gömbfelülethez válik hasonlónvá.



2. ábra. Negyedrendű felület szerint alakított négyzet-alaprajzú héj

Oly függvények, melyek a feladat kerületi feltételeinek pontosan megfelelnek, könnyen előállíthatók. Két ilyen függvény például:

$$F_1^* = \frac{a^4 Z}{4h} (1 - \xi^2) (1 - \eta^2),$$

$$F_2^* = \frac{a^4 Z}{8h} (1 - \xi^4) (1 - \eta^4). \quad (15)$$

Az ezeknek megfelelő  $Z_1^*$  és  $Z_2^*$  teherrendszerek a (8) képlet segítségével állapíthatók meg. Ha a számítás során tekintettel vagyunk arra, hogy esetünkben

$$a = b,$$

azt találjuk, hogy

$$Z_1^* = [(2 - \xi^2 - \eta^2) + c(\xi^2 + \eta^2 + 6\xi^2\eta^2)] \cdot Z,$$

$$Z_2^* = [3(\xi^2 + \eta^2 - \xi^4\eta^2 - \xi^2\eta^4) + c(3\xi^4 + 3\eta^4 + 10\xi^4\eta^4)] \cdot Z. \quad (16)$$

Közelítő feszültségfüggvényül e két teherrendszer lineáris kombinációját választva,

$$F^* = k_1 F_1^* + k_2 F_2^*, \quad (17)$$

az  $F^*$  feszültségfüggvénynek megfelelő teherrendszer pedig

$$Z^* = k_1 Z_1^* + k_2 Z_2^*. \quad (18)$$

A  $Z^* \cong Z$  közelítéssel elkövetett közepes hiba a (10) alattiak szerint akkor válik minimálissá, ha

$$\begin{aligned} \int_0^{+1} \int_0^{+1} (k_1 Z_1^* + k_2 Z_2^* - Z) \cdot Z_1^* \cdot d\xi \cdot d\eta &= 0, \\ \int_0^{+1} \int_0^{+1} (k_1 Z_1^* + k_2 Z_2^* - Z) \cdot Z_2^* \cdot d\xi \cdot d\eta &= 0. \end{aligned} \quad (19)$$

E feltételegyenletekben a kétszeres szimmetriára való tekintettel integrálási határokul a  $-1$  és  $+1$  értékek helyett a  $0$  és  $+1$  értékeket írtuk.

A (19) alatt kijelölt műveletek elvégzésekor tekintettel kell lennünk a (16) összefüggésekre, valamint arra a körülményre, hogy esetünkben  $Z = \text{konst.}$  Ezek figyelembevételével a (19) képletekben szereplő integrál-kifejezések értéke :

$$\begin{aligned} I_{11} &= \int_0^{+1} \int_0^{+1} Z^2 \cdot d\xi \cdot d\eta = \frac{8}{45} \left( 11 + 14c + \frac{103}{5}c^2 \right) \cdot Z^2, \\ I_{12} &= \int_0^{+1} \int_0^{+1} Z^* Z_2^* \cdot d\xi \cdot d\eta = \frac{16}{35} \left( \frac{61}{15} + \frac{134}{15}c + \frac{73}{7}c^2 \right) \cdot Z^2, \\ I_{22} &= \int_0^{+1} \int_0^{+1} Z_2^{*2} \cdot d\xi \cdot d\eta = \frac{32}{5} \left( \frac{123}{245} + \frac{22}{21}c + \frac{419}{405}c^2 \right) \cdot Z^2, \\ I_{01} &= \int_0^{+1} \int_0^{+1} Z Z_1^* \cdot d\xi \cdot d\eta = \frac{4}{3} (1 + c) \cdot Z^2, \\ I_{02} &= \int_0^{+1} \int_0^{+1} Z Z_2^* \cdot d\xi \cdot d\eta = \frac{8}{5} (1 + c) \cdot Z^2. \end{aligned} \quad (20)$$

A fenti integrálkifejezések birtokában a (19) feltételeket

$$I_{11} k_1 + I_{12} k_2 - I_{01} = 0,$$

$$I_{12} k_1 + I_{22} k_2 - I_{02} = 0$$

alakban írhatjuk. Ebből a két egyenletből a keresett  $k_1$  és  $k_2$  együtthatókat már kiszámíthatjuk :

$$k_1 = \frac{I_{22} I_{01} - I_{12} I_{02}}{I_{11} I_{22} - I_{12}^2},$$

$$k_2 = \frac{I_{11} I_{02} - I_{12} I_{01}}{I_{11} I_{22} - I_{12}^2}.$$

A számítást elvégezve, azt találjuk, hogy

$$k_1 = \frac{\gamma_1}{\gamma_0}, \quad k_2 = \frac{\gamma_2}{\gamma_0}, \quad (21)$$

ha ti.

$$\gamma_0 = 4 (3\,020\,409 + 6\,329\,232 c + 7\,477\,778 c^2 + 2\,239\,160 c^3 + 1\,624\,733 c^4),$$

$$\gamma_1 = 1470 (3\,807 + 10\,800 c + 10\,483 c^2 + 3\,490 c^3), \quad (22)$$

$$\gamma_2 = 19\,845 (140 - 175 c - 422 c^2 - 107 c^3).$$

Adott esetben a  $k_1$  és  $k_2$  együtthatókat, mint a  $c$  tényező függvényét az I. táblázatból és a 3. ábrán feltüntetett diagramból minden számítás nélkül készen kivehetjük. Ezek után, tekintettel arra, hogy esetünkben  $a = b$ , a héj belső erőt az (5) alattiak figyelembevételével felírható alábbi képletekkel számíthatjuk :

$$n_x = -\frac{a^2 Z}{2h} [k_1 (1 - \xi^2) + 3k_2 (1 - \xi^4) \eta^2], \quad (23)$$

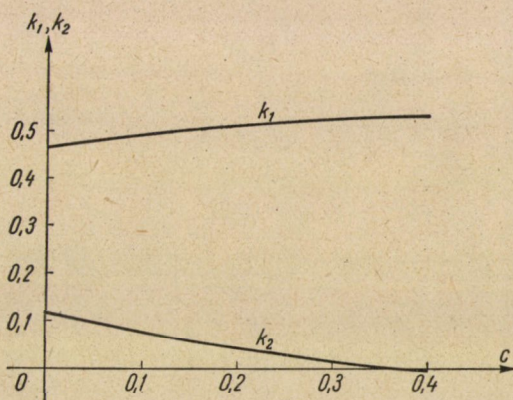
$$n_{xy} = -\frac{a^2 Z}{h} [k_1 \xi \eta + 2k_2 \xi^3 \eta^3], \quad (24)$$

$$n_y = -\frac{a^2 Z}{2h} [k_1 (1 - \eta^2) + 3k_2 \xi^2 (1 - \eta^4)]. \quad (25)$$



I. táblázat  
A  $k_1$  és  $k_2$  együtthatók értékei

$e$	$k_1$	$k_2$	$h_0/h_1$
0	0,4632	0,2300	2,000
0,04	0,4761	0,1998	1,962
0,08	0,4871	0,1710	1,926
0,12	0,4967	0,1437	1,893
0,16	0,5049	0,1180	1,862
0,20	0,5118	0,0940	1,833
0,24	0,5176	0,0716	1,807
0,28	0,5224	0,0507	1,781
0,32	0,5262	0,0313	1,758
0,36	0,5292	0,0134	1,735
0,40	0,5315	-0,0031	1,714



3. ábra. A  $k_1$  és  $k_2$  értékek, mint a  $c$  tényező függvényei

Végezetül — eljárásunk ellenőrzéseként — meg kell állapítanunk a számítás során elkövetett viszonylagos hiba nagyságát. Lévé  $Z = \text{konst.}$ , a szóban forgó hibaérték csupán a héj arányait jellemző  $c$  tényezőtől függ, s nagysága

$$H_r = \frac{1}{Z} \left[ \int_{-1}^{+1} \int_{-1}^{+1} (Z_1^* + Z_2^* - Z)^2 d\xi \cdot d\eta \right]^{1/2}.$$

Részletesebben kifejtve :

$$H_r = \frac{1}{Z} \left[ k_1^2 I_{11} + 2 k_1 k_2 I_{12} + k_2^2 I_{22} - 2 k_1 I_{01} - 2 k_2 I_{02} + 1 \right]^{1/2}.$$

A számítás eredményét a 4. ábra tünteti fel. Mint a diagramból látható, a viszonylagos hiba a

$$c = 0,08 \div 0,25$$

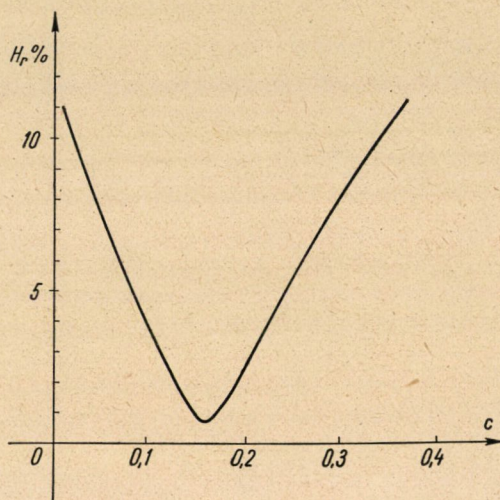
határok közt 5% alatt marad. A viszonylagos hiba akkor válik minimálissá, ha

$$c = 0,15\ 925 .$$

Ilyenkor

$$H_{r\min} = 0,7\% ,$$

ami rendkívül kis érték.



4. ábra. A  $H_r$  viszonylagos hiba, mint a  $c$  tényező függvénye

Megjegyzendő, hogy a gyakorlatban általában semmi nehézségbe sem ütközik, hogy a héj alakját az elkövetett hiba szempontjából optimális  $c = 0,15\ 925$  esetnek megfelelőleg állapítsuk meg. A szóban forgó eset a (12) alattiak szerint akkor következik be, ha

$$h_0 = \frac{2 + c}{1 + c} h_1 = 1,8626 h_1 .$$

E követelménnyel egyidejűleg az is könnyen biztosítható, hogy a héj középfelülete a gömbfelülethez hasonló alakú legyen. Ehhez a (14) alattiak szerint az szükséges, hogy

$$h_0 = 0,5446 a , \quad h_1 = 0,2924 a$$

legyen.

## 5. Számpélda

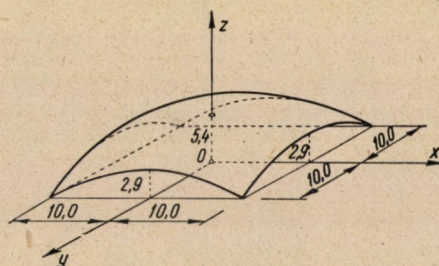
A 4. alatt előadottak alkalmazását az 5. ábrán bemutatott példán világítjuk meg. A számítandó héj gömbfelülethez hasonló alakú, főbb méretei:

$$a = 10,0 \text{ m,}$$

$$h_0 = 5,4 \text{ m,}$$

$$h_1 = 2,9 \text{ m,}$$

$$d = 0,04 \text{ m.}$$



5. ábra. Számpélda

A héj középfelületének egyenlete

$$z = 5,4 - 2,5 \left( \frac{x^2}{10,0^2} + \frac{y^2}{10,0^2} + 0,16 \frac{x^2 y^2}{10,0^4} \right),$$

s így

$$f(\xi, \eta) = 5,4 - 2,5 (\xi^2 + \eta^2 + 0,16 \xi^2 \eta^2).$$

Ez esetben tehát

$$h = 2,5 \text{ m,} \quad c = 0,16.$$

A héjra ható függélyes megoszló erőrendszer intenzitása:

$$Z = 200 \text{ kg/m}^2.$$

Közelítő feszültségfüggvényül a két szabad paraméteret tartalmazó

$$F^* = k_1 \frac{a^4 Z}{4h} (1 - \xi^2)(1 - \eta^2) + k_2 \frac{a^4 Z}{8h} (1 - \xi^4)(1 - \eta^4)$$

függvényt választjuk. Az itt előforduló  $k_1$  és  $k_2$  paramétereket az I. táblázat segítségével állapíthatjuk meg. Lévén esetünkben

$$c = 0,16,$$

a keresett  $k_1$  és  $k_2$  értékek az említett táblázat szerint

$$k_1 = 0,5049, \quad k_2 = 0,1180.$$

Ismervén  $k_1$  és  $k_2$  értékeit, a belső erő jellemzőit a (23)—(25) képletekkel számíthatjuk :

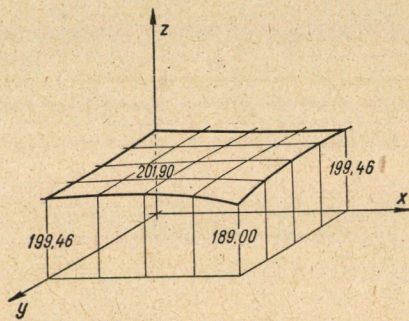
$$n_x = -\frac{10,0^2 \cdot 200}{2 \cdot 2,5} [0,5049 (1 - \xi^2) + 3 \cdot 0,1180 (1 - \xi^4) \eta^2],$$

$$n_{xy} = -\frac{10,0^2 \cdot 200}{2,5} [0,5049 \xi \eta + 2 \cdot 0,1180 \xi^3 \eta^3],$$

$$n_y = -\frac{10,0^2 \cdot 200}{2 \cdot 2,5} [0,5049 (1 - \eta^2) + 3 \cdot 0,1180 \xi^2 (1 - \eta^4)].$$

Alkalmazzuk a fenti képleteket a boltozat három olyan pontjára, melyekben a belső erők értékeit közvetlen módszerrel könnyen számítani tudjuk. Ilyen pont pl. a  $\xi = 0$ ,  $\eta = 0$  pont, vagyis a boltozat tetőpontja. Itt a (23) és (25) képlet szerint

$$n_x = n_y = -2019 \text{ kg/m.}$$



6. ábra. A közelítő  $Z^*$  teherrendszer

További effajta pontok pl. az  $xz$  síkkal párhuzamos peremívек záradékpontjai. E pontokban, vagyis a  $\xi = 0$ ,  $\eta = \pm 1$  helyeken a (23) alattiak szerint

$$n_x = -3436 \text{ kg/m.}$$

Végül a boltozat sarokpontjai közül a  $\xi = 1$ ,  $\eta = 1$  sarokpontban a (24) képlet értelmében

$$n_{xy} = -5928 \text{ kg/m.}$$

A fenti értékeket a (6) képlet alapján könnyen ellenőrizhetjük, ha az  $F$  függvény második deriváltjai helyett a (2) alatti értékeket vezetjük be, s tekintettel vagyunk a fennforgó szimmetriára és a kezdeti feltételekre. Ily módon eljárva, azt kapjuk, hogy a  $\xi = 0$ ,  $\eta = 0$  helyen

$$n_x = n_y = -2000 \text{ kg/m,}$$

a  $\xi = 0$ ,  $\eta = \pm 1$  helyeken

$$n_x = -3448 \text{ kg/m,}$$

a  $\xi = 1$ ,  $\eta = 1$  sarokpontban pedig

$$n_{xy} = -6250 \text{ kg/m.}$$

Mint megállapítható, a közelítő és pontos értékek között nincs jelentős eltérés.

Végezetül, a közelítő számítás során elkövetett hiba érzékeltetésére a 6. ábrán térbeli diagramba raktuk fel a közelítő  $Z^*$  teherértékeket. Az ábrából kivehetően a  $Z^*$  értékeket érzékeltető felület alig tér el a pontos  $Z = 200 \text{ kg/m}^2$  teherértékeknek megfelelő sík felülettől. Ez a körülmény is világosan igazolja, hogy az alkalmazott közelítés teljes mértékben jogos volt.

### IRODALOM

1. AAS JAKOBSEN, A.: Kugelschalen über vier- und vieleckigem Grundriss. Abhandlungen d. Internationalen Vereinigung für Brückenbau und Hochbau 5 (1937—8), pp. 1—17.
2. MENYHÁRD, I.: Héjszerkezetek elmélete II. A Mérnöki Továbbképző Intézet Kiadványai 19 (1942).
3. SZMODITS, K.: Héjszerkezetek statikája. Budapest (1953). Akadémiai Kiadó.
4. LAFFAILLE, B.: Mémoire sur l'étude générale de surfaces gauches minces. Mémoires de l'Association Internationale des Ponts et Charpentes 3 (1935), pp. 295—332.

### Összefoglalás

E tanulmány derékszögű négyszög-alaprajzú süveghéjak membránereőinek meghatározásával foglalkozik. A számítás felteszi, hogy a peremívek oldalirányú erőhatásokkal szemben semmiféle ellenállást sem fejtenek ki.

A dolgozat a feladat feszültségfüggvényét

$$F^* = \sum k_i F_i^*$$

alakú függvénysorral közelíti meg, ahol a  $k_i$  értékek állandókat, az  $F_i^*$  értékek pedig a feladat kerületi feltételeinek megfelelő függvényeket jelentenek. Szerző a  $k_i$  állandókat úgy állapítja meg, hogy a közelítő  $F^*$  feszültségfüggvénynek megfelelő  $Z^*$  teherrendszer lehetőleg kevésbé térjen el a héjra ható tényleges  $Z$  teherrendszertől.

A tanulmány külön is tárgyalja a négyzet-alaprajz fölé szerkesztett, teljes terjedelmében egyenletesen megoszló függélyes erővel terhelt süveghéj esetét. Kimutatja, hogy a közelítő számítás során elkövetett hiba csupán két függvénytagot tartalmazó függvénysor esetében is már elhanyagolhatóan kicsiny. Kedvező arányok esetében a négyzetes középhiba értéke mindössze 0,7%.



# SZENNYEZŐDÉSEK BESAJTOLÁSÁBÓL SZÁRMAZÓ HIBÁK VIZSGÁLATA SAJTOLT SZÍNES FÉM ÉS KÖNNYŰFÉM TERMÉKEKEN

HEGEDŰS ZOLTÁN

RÁKOSI MÁTYÁS MŰVEK KÖZPONTI ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUMA

[Beérkezett 1954. október 2-án]

Sajtolt színes és könnyűfém félgyártmányok selejtjének jelentős része származik szennyeződések besajtolásából. A hibás rudak, szelvény szalag vizsgálata változatos képet tár elénk. A szennyeződés egyszer a darab felületén helyezkedik el, felületi hólyagosodást, vagy réteges leválást idéz elő, máskor a rúd közepén található. A különböző hiba közös jellemzője, hogy csak a rúd vagy szalag vége felé jelentkezik. A szennyeződés eredete is változatos, egyszer a préstuskó oxidos felületi rétege kerül be az anyagba, máskor idegen oxidokkal és ötvözet-maradványokkal találkozunk.

A szennyeződések besajtolásából származó hibák tanulmányozásához a következő vizsgálatok szükségesek:

- a) A besajtott szennyeződések minőségi vizsgálata.
- b) A szennyeződések eredetének meghatározása.
- c) A különböző ötvözet típusoknál előforduló hiba makroszkópi és mikroszkópi vizsgálata.
- d) A sajtolási körülmények és a hibák keletkezése közti összefüggések tanulmányozása.

## a) A besajtott szennyeződések minőségi vizsgálata

A besajtott szennyeződések: nem fémes zárványok vagy idegen ötvözetek, kivételesen kenőanyagfélések.

A besajtott nemfémes zárványok különböző oxidok. Ezek összetétele megegyezhet az illető ötvözet préstuskó felületi oxidjainak összetételével, de azoktól teljesen el is térhet, ez utóbbiakat nevezzük idegen oxidoknak vagy szennyeződéseknek. Azonosításuk, ami a szennyeződés eredetének meghatározása miatt fontos, legegyszerűbben a csiszolatok mikroszkópi vizsgálatával történik. A fontosabb oxidfélések jellemző optikai tulajdonságai az irodalomból rendelkezésünkre állnak és ezeket az 1. táblázatban foglaltuk össze.

A besajtott idegen szennyezők reakcióba léphetnek a fémmel különböző összetételű oxidok keletkezése közben. Ez különösen rézötvözeteknél gyakori.

A besajtott idegen fém és fémötvözet felismerése a csiszolaton nem jelent különösebb nehézséget. A kenőanyag besajtolását viszont csak a hiba külső megjelenése árulja el.

A különböző oxid és idegen fémötvözet zárványok meghatározására, valamint e zárványoknak az alapfémmel lejátszódó reakcióra a következőkben bemutatott mikroszkópi vizsgálatoknál találunk számos példát.

1. táblázat

	Szín	Polározott fényben	Sötét látótérben	Egyéb tulajdonságok
CuO	kék	kékesszürke anizotróp	fekete	részben Cu <sub>2</sub> O-á redukálódik, fényesítéskor kitöredezik
Cu <sub>2</sub> O	kék	rubinvörös anizotróp	rubinvörös	jobban fényesedik, mint a CuO
ZnO	galambszürke	narancsbarnás anizotróp	narancsbarnás	fényesítéskor erősen széttöredeznek és karcosságot okoz
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	fekete	világít, nem olt ki	fehéren világít	fényesítéskor kitöredeznek és csak a zárvány helyét jelző üreg marad meg

### b) A szennyeződések eredetének megállapítása

A zárványok származhatnak: a préstuskó felületi részeiből, a sajtolási héjből vagy a kihalasodott recipiensben felgyülemllett maradékokból.

A felületi részből vagy a sajtolási héjből csak az illető ötvözet összetételének megfelelő zárványok kerülhetnek be az anyagba. Sárgaréznél: ZnO, tiszta réznél, tombaknál: CuO-Cu<sub>2</sub>O, alumíniumbronznál, alumíniumötvözeteknél: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

A következőkben a sajtolási selejt metallográfiai vizsgálatával kapcsolatosan mutatjuk be a szennyeződések eredetének meghatározását.

1. vizsgálat. 75 mm Ø Sr A 58 rúd közepén nagyobb oxidzárvány volt. A szabad szemmel látható szennyeződésen kívül a mikroszkópi vizsgálat többkisebb ZnO zárványt is kimutatott. Idegen ötvözet vagy más összetételű zárvány nem fordult elő.

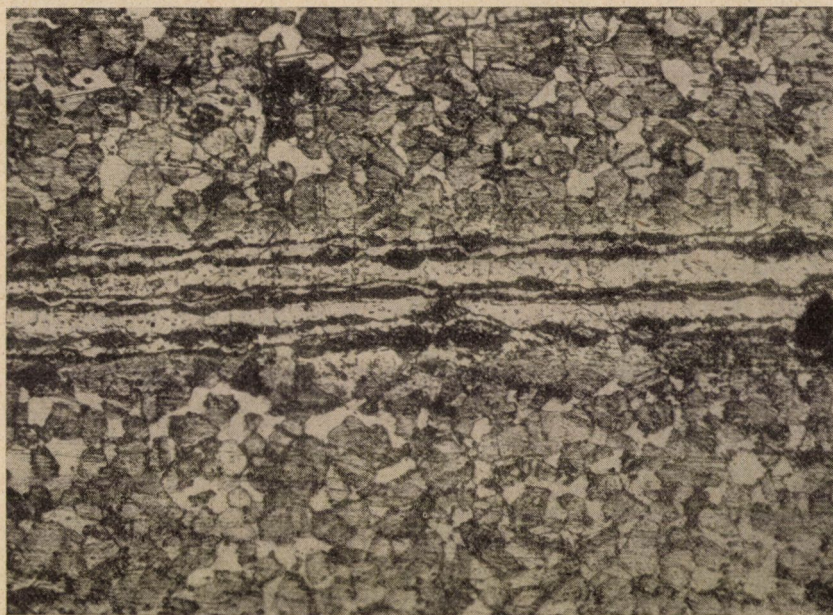
2. vizsgálat. 90×15 mm-es Sr A 58 szalag egyenetléskor eltört. A szalag közepén több párhuzamos ZnO-tartalmú réteg húzódott végig: 1. ábra.

3. vizsgálat. 25 mm Ø Sr A 58 rúd felületén ZnO-dal és oxidált felületű fémtörmelékkel kitöltött kidudorodások voltak: 2. ábra. A kidudorodások az átmérő 2/3-ad részét is elérték és a rúd teljes deformálódását okozták. A mikroszkópi vizsgálat az alapfém és besajtolt fémtörmelék között szövetszerkezeti különbséget nem mutatott: 3. ábra.

4. vizsgálat. Sajtolás közben eltört Sr 62 szalag látható a 4. ábrán. A törés helyén fémtörmelékkel és ZnO-dal kitöltött kidudorodás és felszakadozás keletkezett; a szalag vastagsága az eredeti kétszeresét is elérte.



A bemutatott négy példában a besajtott oxidok és fémdarabok a prés-  
tuskó szennyezett felületi részeiből származtak. Az 1. és 2. vizsgálatnál a szenny-  
yeződések a rúd, illetve szalag közepén helyezkedtek el. A 3. és 4. vizsgálatnál



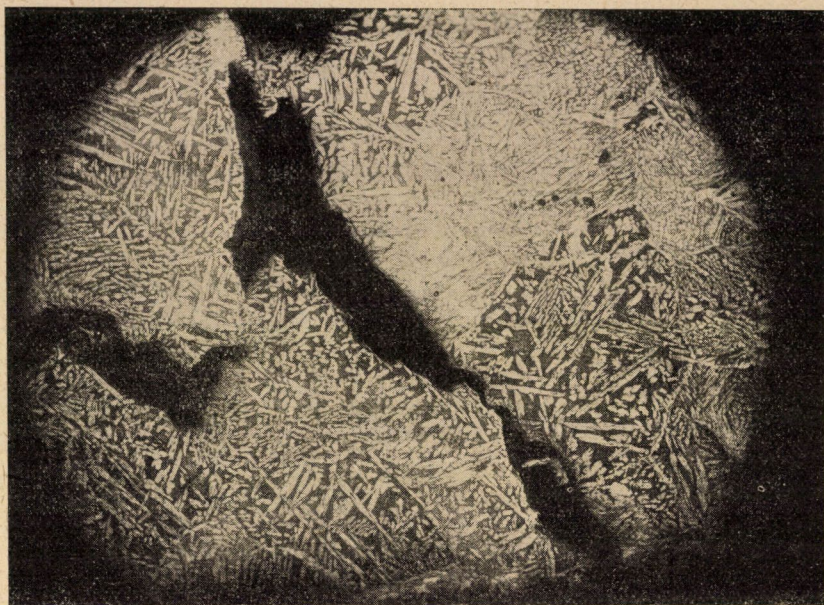
1. ábra. ZnO-tartalmú rétegek SrA58 szalag közepén  $N = 150\times$



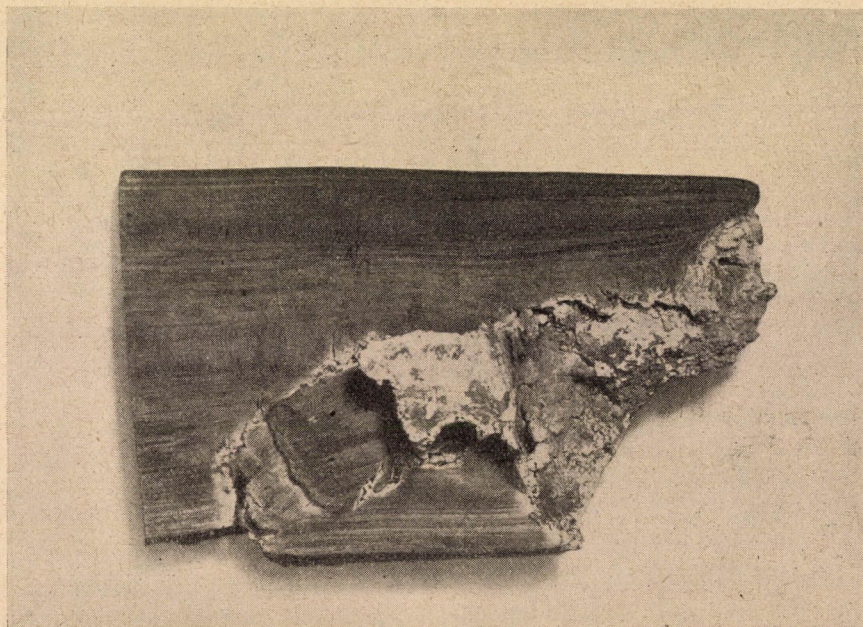
2. ábra. ZnO és fémtörmelékkel kitöltött kidudorodásoktól deformálódott SrA58 rúd

olyan erősen deformálódott a rúd és szalag, hogy a szennyeződés helye pon-  
tosan nem állapítható meg. Ezeknél a daraboknál a hibát valószínűleg sajtolási  
hég, illetve prés-tuskó maradvány eltávolításának elmulasztása okozta.

Hosszabb üzem közben fokozatosan megváltozik a recipiens mérete,  
különösen a szerszám felé eső részen. A kihasasodott helyen felhalmozódnak  
az előző préselés maradvékai, ezek a sajtolás vége felé mozgásba jönnek és bekerül-  
nek a rúdba.



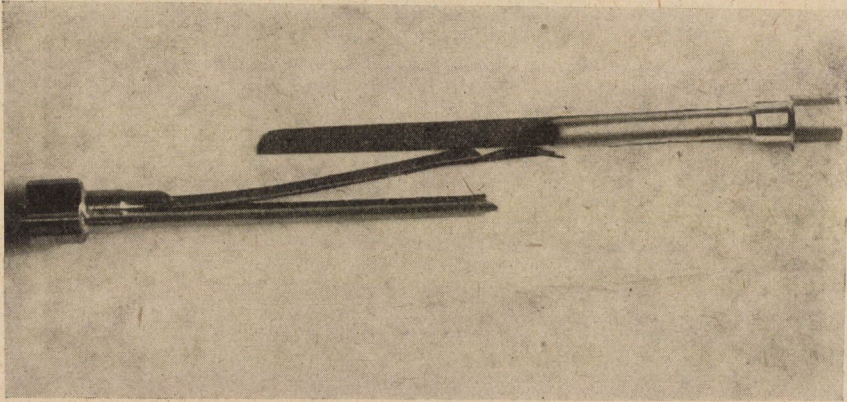
3. ábra. A besajtott fémtörmelék (A) és alapfém (B) szövete  $N = 25 \times$



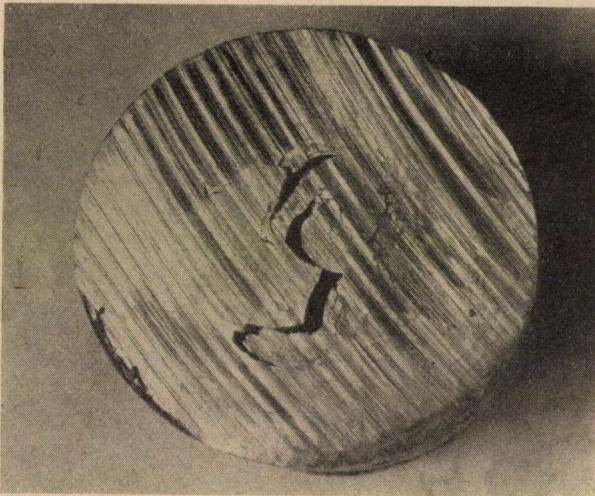
4. ábra. Fémtörmelékkal és ZnO-dal kitöltött kidudorodáson keresztül bekövetkezett törés sárgaréz szalagon

A kihalasodott recipiensre visszavezethető hibák metallográfiai vizsgálatakor különböző oxidokat és ötvözetmaradványokat találunk a sajtolt rúdban.

5. vizsgálat. 45 mm  $\varnothing$  Sr A 58 rúdból kimunkált szakító pálca rétegesen szakadt: 5. ábra. A szakadás a sárgarézben levő idegen rézrétegek mentén



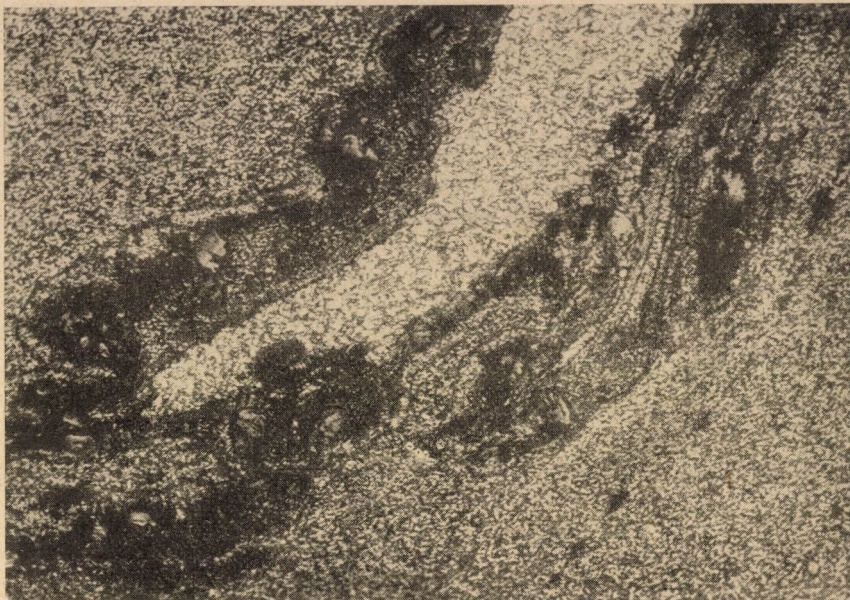
5. ábra Rétegesen szakadt SrA58 szakítópálca



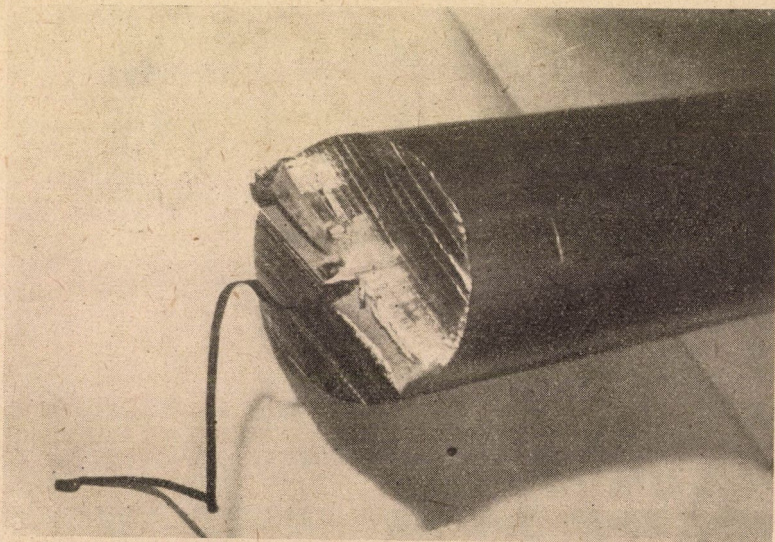
6. ábra Üregek, oxidos részek K Sr54 rúd közepén

következett be. A réz a rúd közepén helyezkedett el és az  $\alpha + \beta$  sárgaréz, valamint a réz érintkezési felületén nem volt szövetszerkezet-változás.

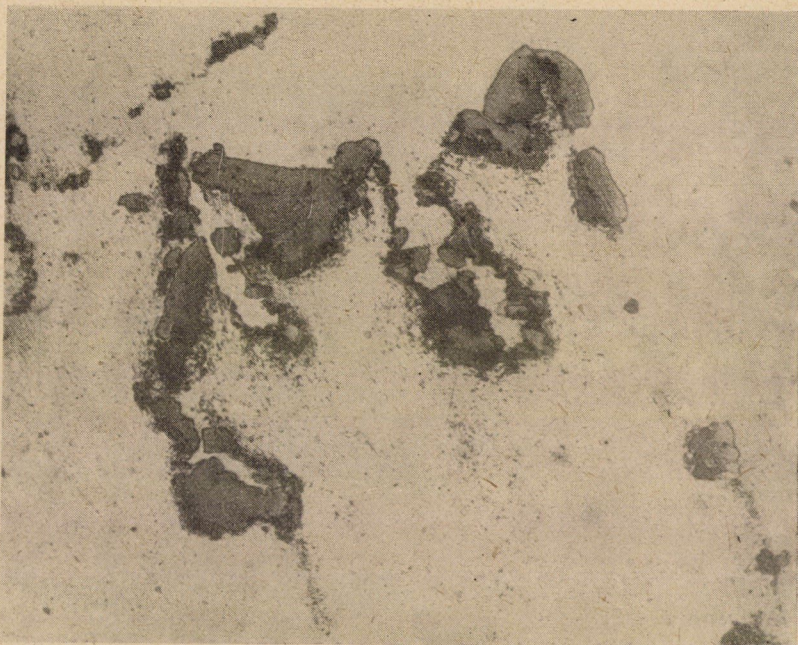
6. vizsgálat. 65 mm  $\varnothing$  K Sr 54 rúd közepén üregek és oxidos rétegek voltak: 6. ábra. Az üreg nem kör alakú és a hibajelenség nem mindenben azonos a Pearson leírta csőképződéssel. A mikroszkópi vizsgálat a hibás helyen a sok besajtott



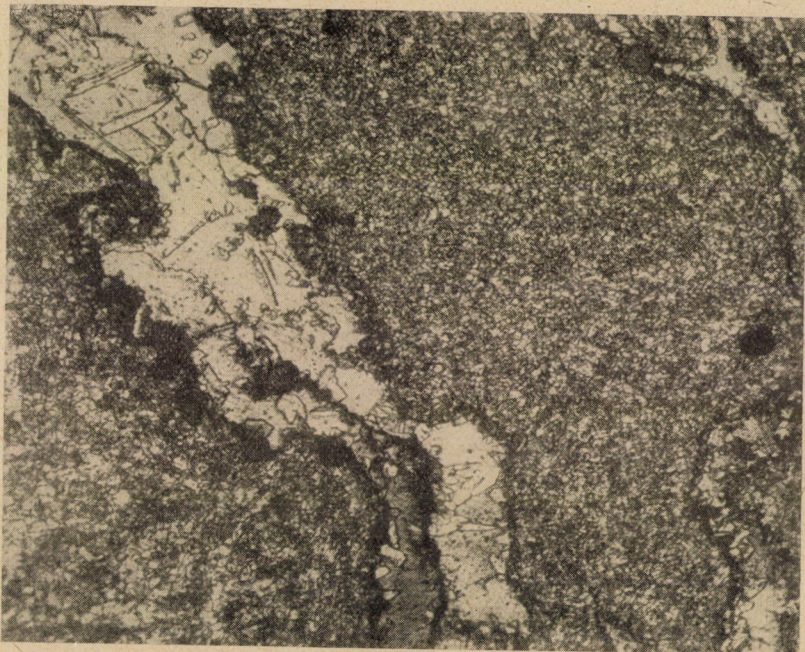
7. ábra. Idegen fémzárvány KSR54rúdban



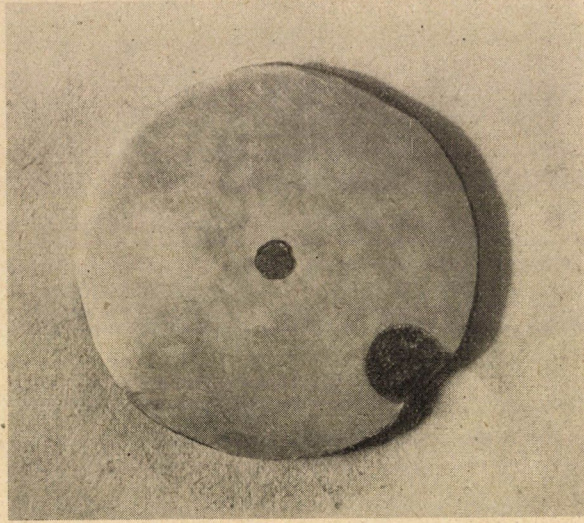
8. ábra. A hibás hely szövete:  $\alpha + \beta$  alapban szekundér oxidok és idegen sárgarézötvözet maradványok,  $N = 75 \times$



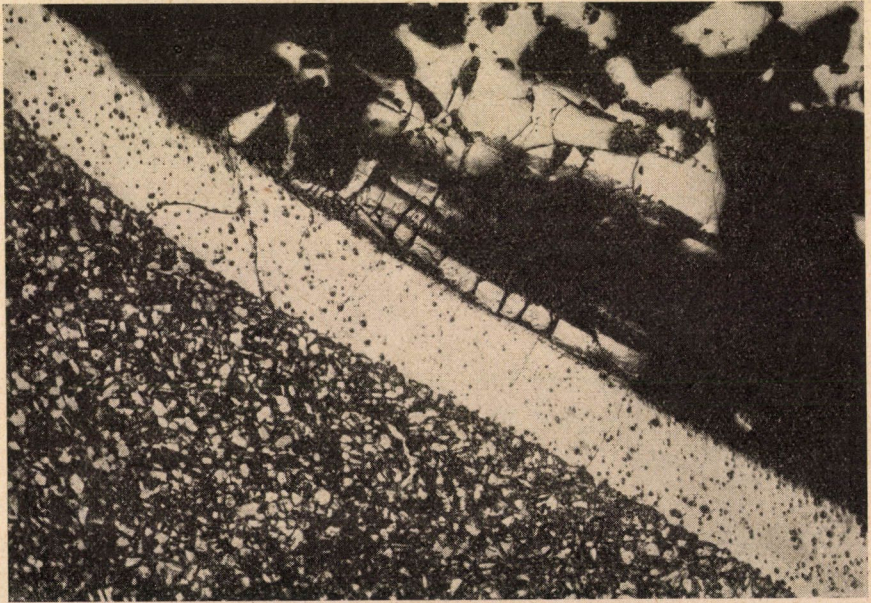
9. ábra. Sok pontszerű ZnO-dal körülvelt összetett CuO—ZnO zárványok.  $N = 150 \times$



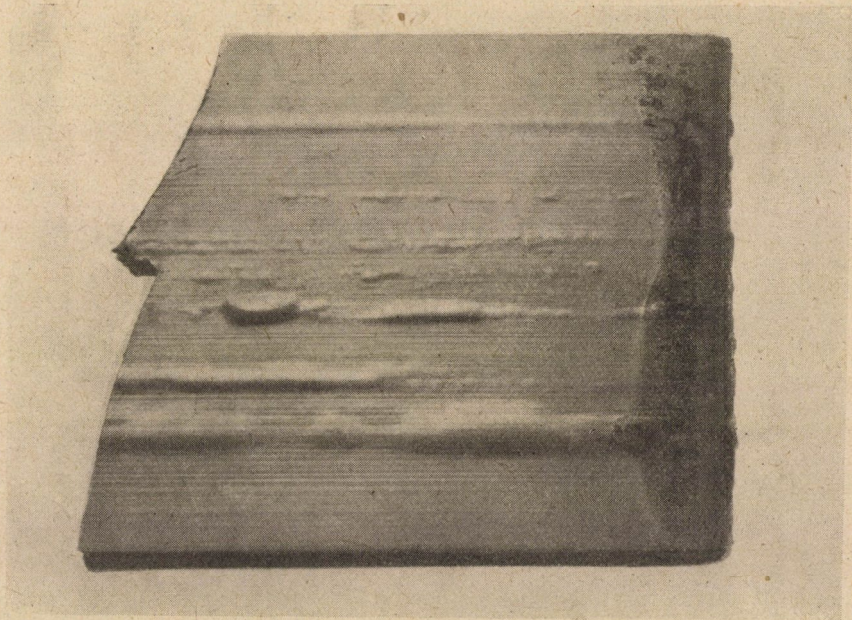
10. ábra. Cinktelenedés következtében keletkezett  $\alpha$ -szövet a zárványos helyen.  $N = 75 \times$



11. ábra. Alumínium és salak zárvány SrA58 rúdban



12. ábra.  $\beta$ -kristály réteg az alumínium zárvány mentén.  $N = 150\times$



13. ábra. Hosszirányú hólyagok Sr62 szalag végén



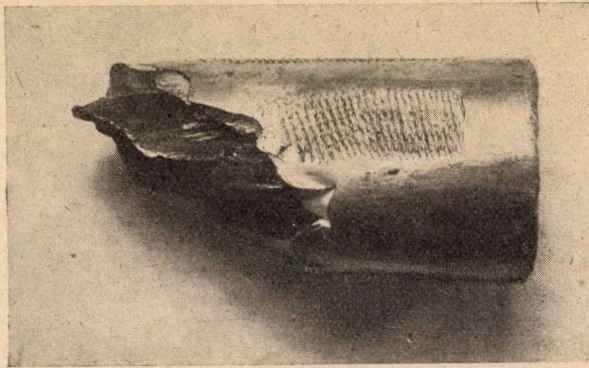
14. ábra. Hólyagos felületű alumíniumbronz cső

szekundér ZnO-zárványon kívül, idegen, tiszta  $\alpha$  szövetű sárgaréz jelenlétét is megállapította : 7. ábra. A finomszemcsés  $\alpha + \beta$  szövet kis sajtolási hőmérsékletre mutat.



15. ábra. Szekundér oxidok és összegyűrt fémrétegek a hibás helyeken.  $N = 135 \times$

7. vizsgálat. 40 mm  $\varnothing$  K54 rúd darabolásakor a vágási felületből kb. 400 mm hosszú idegen fémszalag nyúlt ki : 8. ábra. Az idegen fémet sok szekundér-zárvány vette körül. Az oxid zárványok nem voltak egyenlők, közepük



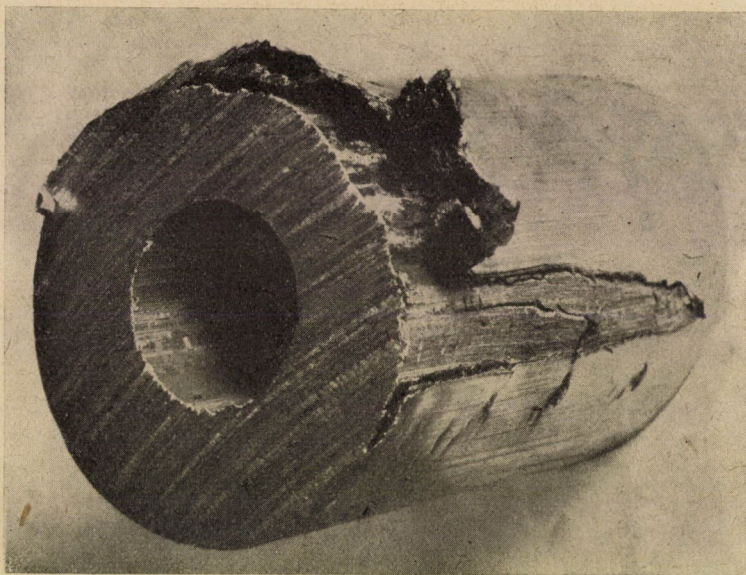
16. ábra. Rétegesen szakadt alumíniumbronz cső

kékes, szélük galambszürke színű : 9. ábra. A zárványos helyeken cinktelenedés következtében az ötvözet  $\alpha$  szövetű : 10. ábra. A kékes színű zárvány, sötét látótérben fekete és CuO-nak bizonyult, a galambszürke rész sötét látótérben narancsszínben világított és ZnO volt. Az összetett oxidszemcsék mellett az elcinktelenedett maradványban sok pontszerű ZnO észlelhető.



Ennek a különleges szövetszerkezeti elváltozásnak magyarázata a következő: a kihasasodott recipiensben felgyülemlt maradékokból besajtolta CuO a sajtolás hőfokán reakcióba lépett a sárgarézrel. A sárgaréz Zn-tartalma részben redukálta a CuO-t, szekundér ZnO keletkezése közben és ez az ötvözet helyi cinktelenedését eredményezte.

8. vizsgálat. 40 mm  $\varnothing$  Sr A 58 rúd közepén kb. 2 méter hosszúságban követhető alumínium zárványt találtunk. Egy helyen az alumínium zárványon kívül a felület közelében gömbalakú salakzárvány is előfordult: 11. ábra. Az alumí-



17. ábra. Szennyeződések besajtolása miatt rétegesen felszakadozott felületű sajtolt alumínium cső préstuskó

nium zárványt, durvább szemcséjű, egyenletes vastagságú  $\beta$ -kristályréteg vette körül. A  $\beta$ -réteg alumínium diffundálása következtében keletkezett, erre mutat a sárgaréz és alumínium oszlopos kristályszerkezete is: 12. ábra. Az alumínium zárvány valószínűleg az előző sajtolások folyamán a recipiens falára tapadt fémrétegből származik, amelyet a sárgaréz sajtolása előtt nem távolítottak el. A gömbalakú salak csak egy helyen fordult elő, jellegzetes alakja és szerkezete, valamint a szekundér zárványok teljes hiánya a préstuskó öntési hibájára mutat.

9. vizsgálat. 120  $\times$  5 mm-es Sr 62 szalag vége felé hosszirányú felületi hólyagok képződtek: 13. ábra. A lemez szövete homogén  $\alpha$ , és a hibás helyen sok szekundér ZnO és összgyűrt fémréteg található.

10. vizsgálat. 10%-os alumíniumbronz cső felülete hólyagos volt : 14. ábra. A hiba csak egy oldalon jelentkezett a cső vége felé. A hólyagos helyeken a fém-ben sok szekundér-oxidot és fémtörmelékét lehetett látni : 15. ábra. Jellemző, hogy ez a hiba csak a sajtolt rúd vagy szalag vége felé jelentkezik, ellentétben a kenőanyag besajtolás vagy préstuskó gázosság okozta hibával, amely a sajtolt darab egész hosszában megtalálható.

11. vizsgálat. 10%-os alumíniumbronz cső szakítóvizsgálatkor rétegesen szakadt : 16. ábra. A belső részén oxidált felületű fémréteg volt, de ez csak pár cm hosszúságig követhető. Az alapfém és oxidált felületű fémréteg között szövetszerkezeti különbség nem látható. A hibát a tüskére tapadt fém-maradék besajtolása okozta.

12. vizsgálat. Rétegesen felszakadozó sajtolt alumínium cső préstuskó mutat a 17. ábra. A hiba csak egy oldalú. A rétegesen leváló felületi részek alatt sok  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CuO}$  és rézötvözet foszlány található.

A bemutatott pár példából látható, hogy rézötvözeteknél a besajtott idegen szennyeződések eredetének megállapítása nem okoz különösebb nehézséget. Alumíniumötvözeteknél, ha csak oxidbesajtolással van dolgunk, nehezen tudjuk eldönteni, hogy az a kihasasodott recipiensből avagy a felületi oxidos rétegből származik-e.

### c) A különböző ötvözetfajtáknál előforduló hiba makroszkópi és mikroszkópi vizsgálata

A metallográfiai vizsgálatok során bemutatott példáknál láthattuk, hogy a szennyeződés-besajtolás egyszer középen, máskor a sajtolt rúd felületi rétegeiben helyezkedett el. Az ismertett példáknál, a különböző ötvözet típusoknál eltérő volt a hiba külső megjelenése. Annak eldöntésére, hogy van-e valamilyen összefüggés az ötvözet összetétele és a hiba külső megjelenése között, vizsgálatot végeztünk a rendelkezésünkre álló sajtolási selejtből. E vizsgálatok eredményeit a 2. táblázat tartalmazza.

A táblázatban összefoglalt vizsgálatokból, amelyeket számos üzemi megfigyelés is alátámaszt, megállapítható :

1.  $\alpha + \beta$  sárgarezekben a szennyeződések a sajtolt rúd közepén helyezkednek el.

2.  $\alpha$  sárgarezekben, valamint 90%-nál kevesebb rézet tartalmazó alumíniumbronzokban a hiba a felületen és középen egyaránt előfordul.

3. Tiszta réz, tombak és  $\alpha$ -alumíniumbronzokban főleg csak felületi hibával találkozunk.

4. Alumíniumötvözeteknél felületi, de központi szennyeződés besajtolás is előfordul.

2. táblázat

Sor-szám	Anyag és méret	Hiba megjelenése	A hiba oka
<b>I. Tiszta réz</b>			
1.	20 mm Ø <sup>o</sup> réz huzal	Felülete felszakadozott	A felületi rétegekben oxidok, sárgaréztalálható
2.	Réz huzal	Felületén benyomódott oxidok láthatók	A felületre nagy mennyiségű oxidot sajtoltak
3.	12×4 mm lapos huzal	Felülete zárványos	A felületi rétegekbe oxidokat, sárgarézt sajtoltak
4.	8 mm Ø <sup>o</sup> réz huzal	Felülete hólyagos	Közvetlenül a felület alatt nagy mennyiségű oxid található
5.	Réz szalag	Felülete berepedezett	A felületi rétegekbe sok oxidot sajtoltak
6.	96×7 mm Cu 53 szalag	Felülete zárványos	A felület közelébe oxidokat sajtoltak
7.	50 mm Ø <sup>o</sup> Cu 53 cső	Külső felülete rétegesen lehámlik	A lehámló réteg alatt az előző sajtolás maradékai vannak
8.	96×7 mm Cu 53 szalag	Felülete hólyagos és felszakadozik	A felület közelébe oxidokat sajtoltak
9.	Cu 53 Ø <sup>o</sup> rúd	Felületén fekete zárvány van	A rúd felületére Cu <sub>2</sub> O-t sajtoltak
10.	50 mm Ø <sup>o</sup> Cu 53 cső	Külső és belső felülete felszakadozik	Mindkét felület közelében sok oxid található
11.	110 mm Ø <sup>o</sup> Cu 53 cső	Belső felülete felszakadozott, zárványos	A belső felületre CuO-t sajtoltak
<b>II. Tombak</b>			
12.	Sr 95 szalag	A szalag széle hólyagos	A felület közelébe szennyezett réteget sajtoltak
13.	Sr 90 szalag	A felület hosszirányú csíkokban leválik	A levált réteg folytatásában CuO és alumíniumbronz van
14.	Sr 95 szalag	A szalag mindkét felülete hólyagos	A hólyagos részeken nagy mennyiségű CuO-t sajtoltak be az anyagba
15.	Sr 95 szalag	Egyik felülete hólyagos	A hólyagos részben sok idegen szennyeződés található
16.	Sr 95 szalag	Egyik felülete hólyagos	A felület közelébe oxidokat és Sr A 58-t sajtoltak
17.	0,62×30 mm Sr 95 szalag	Felülete hólyagos	A felület közelében nagy mennyiségű szennyeződés van

## 2. táblázat

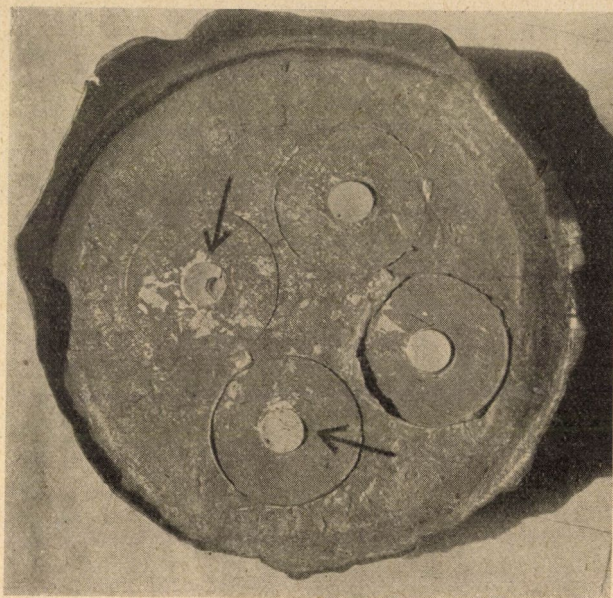
Sor-szám	Anyag és méret	Hiba megjelenése	A hiba oka
18.	Sr 95 szalag	Felülete hólyagos	A felület közelébe oxidokat sajtoltak
<b>III. <math>\alpha</math>-sárgarezek</b>			
19.	120×5 mm Sr 62 szalag	Felülete hólyagos	A felület közelébe oxidokat sajtoltak
20.	145×0,75 mm Sr 62 lemez	Felülete felszakadozik	A szalag felületi rétegeibe idegen szennyezőket préseltek
21.	130×5 mm Sr 62 szalag	Felülete hólyagos	A felületi rétegekbe, valamint középre is idegen szennyeződések sajtoltak
22.	90×5 mm Sr 63 szalag	Sajtolás közben a szalag eltörött	A szalag közepére idegen sárgarezet és oxidokat sajtoltak. Szöveve $\alpha$ , de helyenként $\beta$ foltok is vannak
23.	Sr 63 cső	Külső felülete hólyagos, belső felülete réteges	Mindkét felület közelébe nagy mennyiségű oxidot sajtoltak
24.	Sr 62 szalag	A szalagon kidudorodás keletkezett	A szalagba nagy mennyiségű ZnO-t sajtoltak
<b>IV. <math>\alpha + \beta</math>-sárgarezek</b>			
25.	75 mm $\varnothing$ Sr A 58 rúd	A rúd közepe zárványos	A zárványosságot oxid besajtolás okozta
26.	Sr A 58 szalag	Daraboláskor a szalag eltörött	A szalag közepén oxid besajtolás volt
27.	Sr A 58 rúd	A rúd közepe zárványos	A rúd <sup>ba</sup> oxidokat és idegen fémötvözet maradványokat sajtoltak
28.	40 mm $\varnothing$ Sr A 58 rúd	A rúd közepe zárványos	A zárványosságot oxid besajtolás okozta
29.	Sr A 58 rúd	A rúd közepén ketté vált	A kettéválást oxid besajtolás okozta
30.	47 mm $\varnothing$ K Sr 54 rúd	A rúd közepe oxidos volt	Az anyagba nagy mennyiségű oxidot sajtoltak
31.	40 mm $\varnothing$ K Sr 54 rúd	A rúd közepe zárványos	Sajtoláskor oxidok és idegen fém-maradványok kerültek be az anyagba
32.	65 mm $\varnothing$ K Sr 54 rúd	A rúd közepe üreges zárványos	A rúd zárványosságát oxid és idegen sárgarézt besajtolása okozta
33.	47 mm $\varnothing$ K Sr 54 rúd	A rúd közepe oxidos	Az anyagba oxidokat sajtoltak

2. táblázat

Sor-szám	Anyag és méret	Hiba megjelenése	A hiba oka
<b>V. Alumínium bronzok</b>			
34.	10%-os Al-bronz lemez	A lemez réteges	A rétegeiséget felületi oxid besajtolás okozta
35.	45×3 mm 10%-os Al-bronz cső	Felülete hólyagos	A hibás helyen oxidok és oxidos fém-maradványok található
36.	10%-os Al-bronz cső	Felületén sárgaréz volt	A felületi részekbe sárgaréz és oxidokat sajtoltak
37.	10%-os Al-bronz cső	Felülete hólyagos	A hólyagos részekben oxid besajtolás található
<b>VI. Alumínium ötvözetek</b>			
38.	Al—Mg—Si rúd	Felülete rétegesen leválik	A felület közelébe oxidokat sajtoltak
39.	8 mm Ø Al—Mg—Si huzal	Felülete felszakadozott	A felület közelébe oxidokat sajtoltak
40.	13,5 mm Ø Al—Mg—Si huzal	Felülete felszakadozott	A felületre oxidos részeket sajtoltak
41.	11,5 mm Ø Al—Mg—Si huzal	Felülete berepedezett	A huzal felületi részeire és közepére oxidokat sajtoltak
42.	7 mm Ø Al—Mg—Si huzal	Húzás közben török	A huzal felületi és középső részeire oxidokat sajtoltak
43.	Al—Mg—Si rúd	Felülete hólyagos	A felület alá oxidokat sajtoltak
44.	140×12 mm Al—Mg—Si sín	Egyik felülete hólyagos	A felület közelébe oxidokat és réz-ötvözet maradványokat sajtoltak
45.	Al—Mg—Si szalag	Felülete zárványos	A felületre Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -t sajtoltak
46.	35 mm Ø Al—Mg—Si rúd	Felülete rétegesen leválik	A réteges leválást Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> besajtolás okozta
47.	20×2 mm Al—Mg—Si szalag	Felülete felszakadozott	A felszakadozást oxid besajtolás okozta
48.	40×97 mm Al 99,5 cső	Felülete rétegesen leválik	A réteges leválást Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> és CuO besajtolás okozta
49.	11,5 mm Ø Al 99,5 huzal	Felülete hólyagos	A felületi rétegbe oxidokat sajtoltak
50.	8 mm Ø Al 99,5 huzal	Húzáskor elszakadt	Közepére oxidokat sajtoltak

#### d) A sajtolás körülményeinek hatása a hibák kialakulására

A sajtolás körülményei és a hiba közti összefüggések megállapítására kísérleti vizsgálatokat végeztünk különböző sajtoló berendezésekkel. A kísérleteknél a sajtolás összes körülményeit figyelembe vettük és a présmaradékokban figyeltük meg a szennyeződések elhelyezkedését. E kísérleti vizsgálatok eredményeit a 3. táblázatban foglaltuk össze.



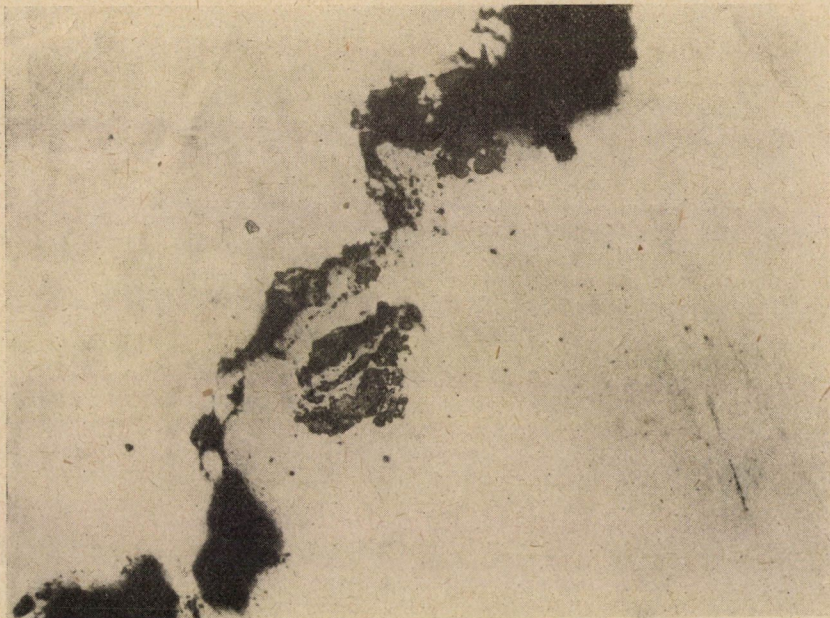
18. ábra. Sr A 58 présmaradék. A huzal töretén jól látszik az oxid besajtolása következtében keletkezett repedés.

$\alpha + \beta$  sárgarezekben az oxid besajtolás a várakozásnak megfelelően a sajtolt rúd közepén volt. A besajtolt oxid a présmaradékon a rúd vagy huzalcsont letörése után jól látható: 18. ábra. Az oxidzárvány mentén a töretben kagylós repedés keletkezett.

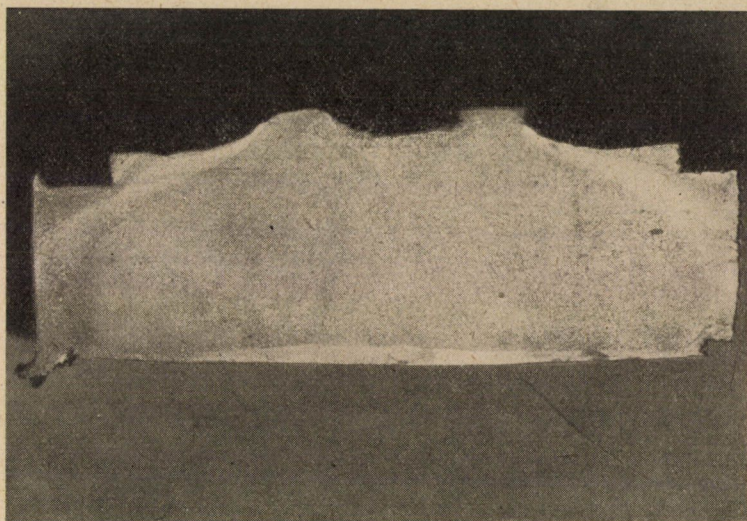
A mikroszkópi vizsgálat a repedés mentén besajtolt oxidokat mutatott: 19. ábra.

Az oxidos besajtolás képződésére erősen hat a redukció mértéke. Minél kisebb a redukció mértéke, annál gyakoribb és nagyobb mértékű az oxid besajtolás. A 4. táblázatban különböző méretű rúd és szelvény sajtolási maradékaik vizsgálati eredményeit foglaltuk össze. A táblázatból látható, hogy minél nagyobb a sajtolt rúd átmérője, annál gyakoribb az oxidbesajtolás.

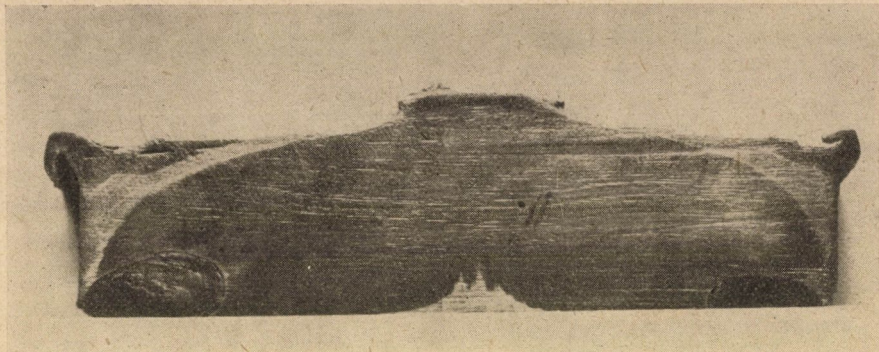
Tiszta réznél a présmaradék szélén felhalmozódó oxidok az anyagfolyás következtében a felület közelébe kerülnek: 20. és 21. ábra.



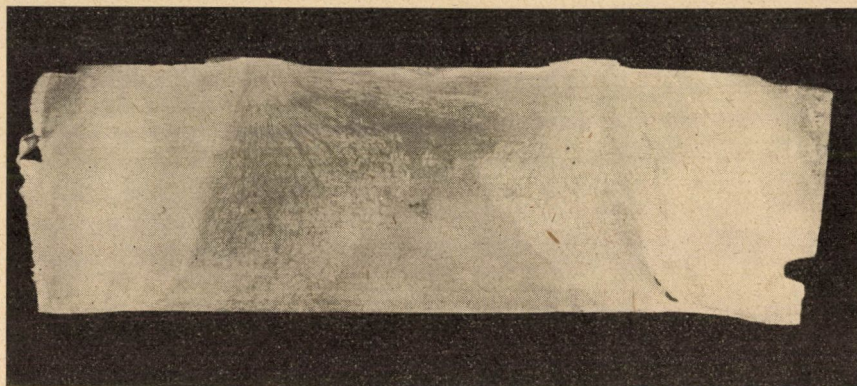
19. ábra. Besajtott oxidok a kagylós repedés mentén.  $N = 150 \times$



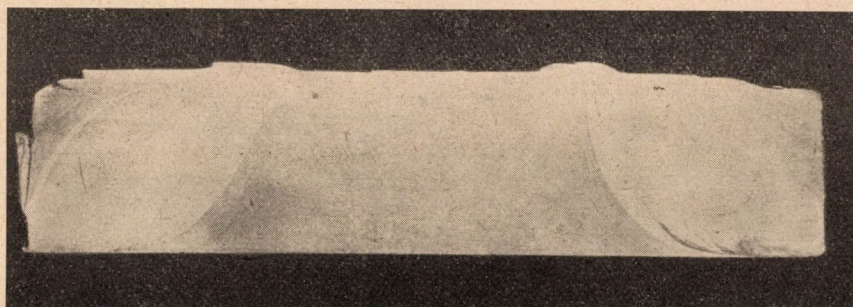
20. ábra. Kétlyukas szerszámmal sajtolt tiszta réz présmaradéka



21. ábra. Egylyukas szerszámmal sajtolt tiszta réz présmaradéka



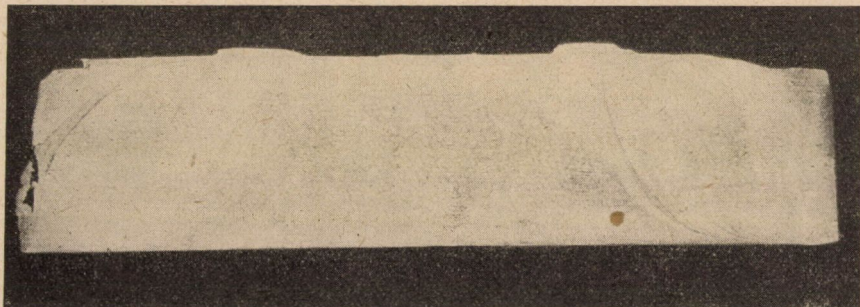
22. ábra. Al—Mg—Si présmaradék. Az oxid besajtolása a felület felé tart



23. ábra. Al—Mg—Si présmaradék. Az oxidbetörés az egyik huzalnál középre, a másiknál a felületre tart

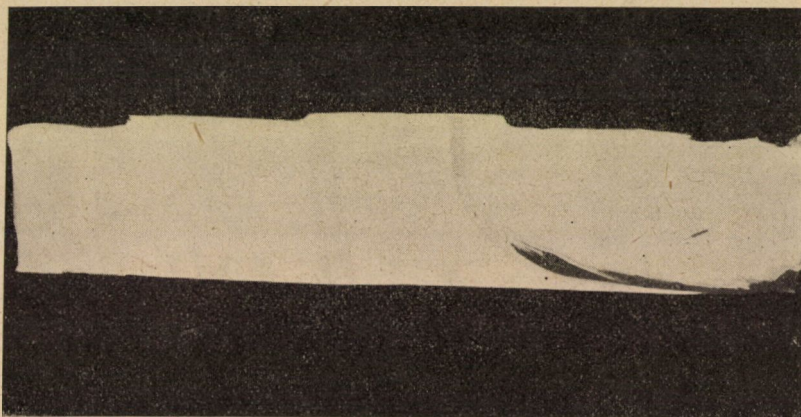


Alumíniumötvözetekben egyaránt találkozunk felületi illetve középpont felé tartó oxidbetöréssel: 22. ábra. Többlyukas szerszám használatakor megtörténik, hogy egy présmaradékon belül előfordul felületi és középfelé tartó oxidbesajtolás: 23. és 24. ábra. Sőt egyes esetekben egy huzalon belül is mutatkozik felületi és központi oxidbesajtolás.



24. ábra. Al—Mg—Si présmaradék

Az  $\alpha + \beta$  sárgarezekhez hasonlóan, az alumíniumötvözetekben is kisebb redukció esetén nagyobb mértékű lesz az oxidbesajtolás: 25. ábra.

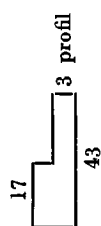


25. ábra. Al 99,5-ös 63×25 mm-es szelvény sajtolási maradéka

Kúpos préstárcsa és szerszám alkalmazása alumíniumnál gyökeresen megváltoztatja az oxidbetörés kialakulását és azt elsősorban közép felé tereli, bár ritkábban itt is találkozunk felületi oxid besajtolással: 26. ábra.

3. táblázat

Szám	Anyag	Prés	Recipiens állapot	Recipiens hőfok	Szerszám	Kenés	Préstuskó méretei mm	Tuskó hőfoka C°	Présmaradék mérete mm	Erő kg/cm <sup>2</sup>	Prés-tárcsa előrehaladás sebesség mm/perc	Présmaradék vizsgálati eredménye
1.	Sr A 58	1000 tonnás prés	Recipiens Ø 162 mm, a hosszú üzem közben 170 mm-re hasasodott ki	~ 500°	Négyllyukas 14 mm Ø rúd	Petroleumos grafittal	455 × 160	~ 650	50 × 167	3300	660	Két rúdnál központi oxid betörés volt
2.	Sr A 58						450 × 160	~ 680	50 × 168	3400	660	Két rúdnál központi oxid betörés volt
3.	Sr A 58						455 × 160	~ 660	50 × 167	3500	650	Két rúdnál központi oxid betörés volt
4.	Sr A 58						450 × 160	~ 690	60 × 167	3400	660	Három rúdnál központi betörés volt
5.	Sr A 58						305 × 160	~ 720	70 × 167	3800	570	Oxid betörés nem volt a profil végén
6.	Sr A 58						310 × 160	~ 730	70 × 167	3800	630	A szelvény végén nem volt oxid betörés
7.	Sr A 58						290 × 160	~ 740	60 × 167	3800	720	A szelvény végén nem volt oxid betörés
8.	Sr A 58						310 × 160	~ 750	50 × 167	3500	900	A szelvény vastagabb részének közepén kisebb oxid betörés



9.	Sr A 58
10.	Sr A 58
11.	Sr A 58
12.	K Sr 54
13.	K Sr 54
14.	K Sr 54
15.	K Sr 54
16.	K Sr 54
17.	K Sr 54
18.	K Sr 54

1000 tonnás prés

~ 450 C°

~ 420 C°

~ 500 C°

Recipiens Ø 162 mm, a hosszú üzem közben 170 mm-re hasasodott ki

Egylükas  
24 mm Ø  
rúd

Egylükas  
34 mm Ø  
rúd

Egylükas 47 mm Ø rúd

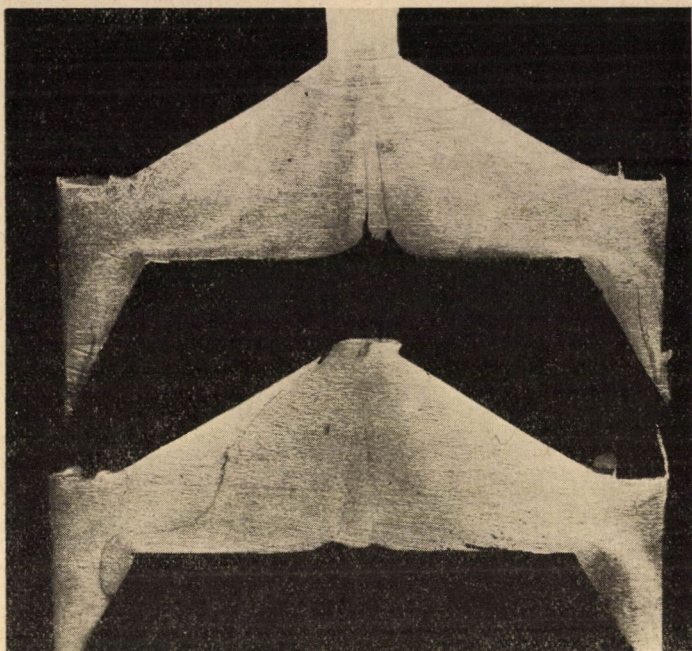
Négylükas 10,5  
mm Ø huzal

Petróleumos grafittal

300 × 160	~ 700	70 × 169	3500	620	A huzal végén oxid betörés nem volt
300 × 160	~ 730	45 × 170	3800	660	A huzal végén oxid betörés nem volt
320 × 160	~ 740	60 × 167	3500	710	A huzal végén oxid betörés nem volt
460 × 160	~ 700	70 × 166	2600	630	A rúd végén erős oxid betörés volt
450 × 160	~ 720	60 × 168	2600	650	A rúdvég közepén oxid betörés volt
435 × 160	~ 720	50 × 168	2400	820	A rúdvég közepén oxid betörés volt
460 × 160	~ 750	70 × 167	2400	700	A rúd végén oxid betörés nem volt
450 × 160	~ 740	60 × 167	2800	610	A rúd végén oxid betörés nem volt
460 × 160	~ 720	60 × 167	2700	750	A rúd végén oxid betörés nem volt
450 × 160	~ 750	60 × 167	3500	580	A rúd végén oxid betörés nem volt

Szám	Anyag	Prés	Recipiens állapot	Recipiens hőfok	Szezsám	Kenés	Présutuskó méretei mm	Tuskó hőfoka C°	Présmaradék mérete mm	Erdő kg/cm <sup>2</sup>	Prés-tárcsa előre-haladás sebesség mm/perc	Présmaradék vizsgálati eredménye
19.	Cu—E	1000 tonnás prés	Recipiens Ø 162 mm, a hosszú használat közben 170 mm-re hasasodott ki	~ 600 C°	Kétlyukas 10×12 mm profil	Petróleumos grafit	300×145	~ 900	60×167	4100	520	A besajított oxid a rúd felületére tart
20.	Cu—E						290×145	~ 900	40×168	4200	600	A besajított oxid a rúd felületére tart
21.	Al—Mg—Si	3500 tonnás prés	Recipiens Ø 252 mm. A recipiens hat órája volt üzemben	450 C°	Négylyukas 20 mm Ø rúd	Vizes NaCl oldattal	830×220	480	50×252	4200	430	Négy rúdnál felületre, egy-nél még középre tartó oxid betörés volt
22.	Al—Mg—Si						835×220	470	55×262	4000	440	Két rúdnál a felületre, kettő-nél középre tartó oxid betörés volt
23.	Al—Mg—Si						808×220	480	70×252	4200	440	Három rúdnál felületi, egy-nél középre tartó oxid betörés volt
24.	Al—Mg—Si						812×220	470	50×252	4000	430	Két rúdnál felületi, kettő-nél középre tartó oxid betörés volt
25.	Al—Mg—Si						805×220	490	57×252	4200	470	Két rúdnál felületi, kettő-nél középre tartó oxid betörés volt

26.	Al—Mg—Si	3500 tonnás prés	A recipiens 8 nap óta volt üzemben	425 C°	1 lyuk 20×2×3 L profil	vizes NaCl oldat	420×220	400	65×252	5800	50	Az idegen ötvözet besajtolása felület felé tart
27.	Al 99,5			430 C°	63×23 mm szalag		810×220	520	50×252	2700	1700	A felület közelében erős oxid betörés volt
28.	Al—Mg—Si	500 tonnás csőprés	100 mm Ø. Több hónap óta üzemben volt. Minden sajtolás után drótkéfével kitisztítva	420—430 C°	Szerszám- és présárcsa kúposra kiképzett. Egylukás 12 mm Ø rúd	Fagyjú	200 × 97 mm	425	30×100	—	135	Az oxid besajtolás a rúd felülete felé tart
29.	Al—Mg—Si							400	32×100	—	165	Az oxid besajtolás a közép felé tart
30.	Al—Mg—Si							390	33×100	—	260	Az oxid betörés a közép felé tart
31.	Al—Mg—Si							400	20×100	—	2100	Az oxid betörés a közép felé tart
32.	Al—Mg—Si							380	33×100	—	150	Az oxid betörés a felületre tart
33.	Al—Mg—Si							435	30×100	—	90	Az oxid betörés közép felé tart
34.	Al—Mg—Si							380	15×70	—	2400	Erős, középre tartó oxid betörés volt a rúdon
35.	Al—Mg—Si							430	35×100	—	2200	Az oxid betörés a közép felé tart



26. ábra. Kúpos prés tárcsával és szerszámmal sajtolt Al—Mg—Si (3% Mg, 2,5% Si) présmaradékok

4. táblázat

Prés t	Anyag	Préselt rúd mérete	Szerszám típus	Megvizsgált présmaradék száma	Ebből oxidbetörtéses volt
1000	Sr A 58		egylyukas	13	2
1000	Sr A 58	24 mm $\varnothing$	egylyukas	9	4
1000	Sr A 58	10,5 mm $\varnothing$	négylyukas	6	1
1000	Sr A 58	14 mm $\varnothing$	négylyukas	6	3
1000	K Sr 54	47 mm $\varnothing$	egylyukas	16	9
1000	K Sr 54	34 mm $\varnothing$	egylyukas	7	3
1500	K Sr 54	8 × 10 mm $\nabla$	egylyukas	5	0
1500	Sr 60 Si	8 mm $\varnothing$	egylyukas	8	0
3500	Sr A 58	50 mm $\varnothing$	egylyukas	2	2

A kísérletek eredményeit és a belőlük levonható következtetéseket az alábbiakban foglalhatjuk össze :

1.  $\alpha + \beta$  sárgarezekben a szennyeződések mindenkor a rúd közepén helyezkednek el.

2. Tiszta rézben a besajtoló oxid az anyag folyása következtében a felület közelébe kerül.

3. Alumíniumötvözetekben felületi és központi oxid besajtolás lehetséges.

4. Az erőnek és sajtolási sebességnek nincs különösebb hatása a szennyeződések elhelyezkedésére.

5. Minél kisebb a redukció mértéke, annál gyakoribb és nagyobb mértékű az oxid besajtolás.

6. A préstárcsa és szerszám kiképzés alakja erősen befolyásolja az oxid besajtolás kialakulását. Kúpos préstárcsa alumíniumötvözetekben közép felé tereli a szennyeződések és elősegíti a rúd végén a tölcserképződést.

7. A sajtolási hőmérsékletnek 30–40 C°-os ingadozása nincs észrevehető hatással az oxidbetörés kialakulására.

8. Alumíniumötvözetekben az eltérő jellegű oxidbetörés keletkezésénél döntő jelentősége van a tuskó felület és recipiens fal simaságának. A felület minősége számszerű értékkel nem jellemezhető, ezért a szabatos értékelése nem lehetséges.

9. Az egy préstárcsán belüli eltérő jellegű oxid besajtolás kialakulásánál a sajtolás kezdetén bekövetkező zömítésnek is van befolyása.

10. A préstuskó felületén keletkező revének fontos hatása van a hiba képződésénél. A reve tapadó képessége a fémhez és recipiensfalhoz, vastagsága és plaszticitása, valamint a revés fém alakíthatósága a sajtolási hőfokon, okozza az eltérő hibajelleget a különböző ötvözet típusoknál.

#### IRODALOM

1. J. CZOHRALSKI: *Moderne Metallkunde* 1924.
2. A. V. ZEERLEDER: *Technologie des Aluminiums und seiner Leichtlegierungen* 1947.
3. G. H. SAMANS: *Engineering Metals and their Alloys*. 1949.
4. GELEJI S.: *A Színes Fémek Félgyártmányainak Technológiája* 1952.
5. C. PEARSON: *The Extrusion of Metals* 1944.
6. P. H. SCHWEISSGUTH: *Zeitsch. VDI*. 1918. 20. 281.
7. W. WOLF: *Zeitsch. Metallkunde*. 1939. 3. 69.
8. W. EISBEIN: *Zeitsch. Metallkunde* 1932. 2. 79.
9. H. UNCKEL: *Zeitsch. Metallkunde* 1936. 6. 151.
10. G. SACHS—W. EISBEIN: *Mitt. Material*. 1935. 16. 67.
11. R. GENDERS: *J. Inst. Met.* 1921. 237.
12. GELEJI S.: *Akadémiai beszámoló* 1954.
13. HEGEDŰS Z.: *Acta Technika*. 1953. 6. 479.
14. HEGEDŰS Z.: *Gép* 1953. 7. 311.

### Összefoglalás

A szennyeződések besajtolásából származó hibákat metallográfiai és gyártási selejt-vizsgálatok valamint kísérleti sajtolások segítségével tanulmányoztuk. A besajtoló oxid és idegen fém felismerése és eredetének meghatározása mikroszkópi vizsgálattal történik. Egyes ötvözet típusoknál felületi, másoknál központi oxid besajtolás van. Az eltérő oxidbetörést a préstuskó felületi revés rétegének sűrűsödése, tapadása és alakíthatóságában mutatkozó eltérés okozza. Alumíniumötvözeteknél az oxid besajtolás helye függ a recipiens és préstuskó felületi minőségétől, zömítésétől, préstárca és szerszám kiképzés alakjától, valamint a kenéstől.



# ÁLTALÁNOS MÓDSZER A FORGÁCSOLÓERŐ ÉS TELJESÍTMÉNY MEGHATÁROZÁSÁRA A FAJLAGOS FORGÁCSOLÁSI ELLENÁLLÁS ALAPJÁN\*

HORNUNG ANDOR

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK DOKTORA

GÉPIPARI KUTATÓ INTÉZET, BUDAPEST

A fémforgácsolással foglalkozó gépipar igen nélkülöz valamely egyszerű, megbízható és általános számítási eljárást, amellyel az érintőleges irányú ún. fő forgácsolóerő és a forgácsoláshoz szükséges teljesítményfelvétel meghatározható. A szakirodalomban eddig rendelkezésre álló számítási módok és képletek igen bonyolultak, azonkívül legtöbbjük csak bizonyos határok között és kötött viszonyok mellett érvényes. Ezért ezek használata a gépipari gyakorlatban nincsen elterjedve. Szükség van tehát kisebb pontossággal rendelkező, de egyszerű számítási módszerre, mely általános felhasználásra számíthat.

Ilyen számítási rendszert ismertet jelen tanulmány, mely a gyakorlatban szokásos összes forgácsolási módszerekre alkalmazható. A rendszer a fajlagos forgácsolási ellenállásnak és a fajlagos forgácssteljesítménynek a közepes forgácsvastagság függvényében történő megállapításán alapszik.

Ha ugyanis forgácsolásnál akár a fő forgácsolóerőt, akár a teljesítményfelvételt kívánjuk meghatározni, a mai gyakorlat szerint igen bonyolult és igen sok változóval bíró képleteket kell megoldani, ami azonkívül még éppen a számítás nehézsége miatt sok hibalehetőséget rejt magában és így nem nyújt kellő biztonságot.

Ha a szerző kísérleti adataiból és megbízható szakirodalomból vett adatokból kiindulva a közepes forgácsvastagság függvényében felvisszük a fajlagos forgácsolási ellenállást kettős logaritmikus léptékben  $75 \text{ kg/mm}^2$  szakítószilárdságú acélra az esztergálástól a homlokmaráson, palástmaráson, fúráson és dörzsölésen keresztül egészen a köszörülésig, akkor azt tapasztaljuk, hogy az esztergálásból kiindulva a köszörülési értékkel összekötve jó megközelítéssel egész általánosságban megkaphatjuk a fajlagos forgácsolási ellenállás értékeit. Ha figyelembe vesszük a különböző minőségű anyagokat, a fajlagos forgácsolási ellenállás értékeit a közepes forgácsvastagság függvényében ugyancsak kettős logaritmikus léptékben megrajzolhatjuk  $160 \text{ kg/mm}^2$  szakítószilárdságú acéltól kezdve lefelé 58–60 HB keménységű alumíniumötvözetig.

\* Kivonatott ismertetés szerzőnek angol nyelven az Acta Technica 12 (1955) köt., 3–4 füzetében (289/309. l.) megjelent tanulmányáról.

Ily módon ki lehetett jelölni a gyakorlatban előforduló anyagokra a fajlagos forgácsolási ellenállás értékeit a közepes forgácsvastagság függvényében.

A közepes forgácsvastagság meghatározása nem okoz nagyobb nehézséget, mert a különböző megmunkálási módoknál a szerszám kialakítása és a mozgási összefüggések egyszerű geometriai levezetésekkel megadják a közepes forgácsvastagságot. Ebből kiindulva a különböző minőségű anyagok állandói és a tizedestört hatványkitevői segítségével meghatározható egész általánosságban a fajlagos forgácsolási ellenállás.

Hogy azonban ne kelljen még ezt a tizedestört hatványkitevővel bíró számítást sem elvégezni, a kettős logaritmusos beosztású diagrammból rögtön le lehet olvasni valamely közepes forgácsvastagsághoz tartozó fajlagos forgácsolási ellenállás értékeit a megmunkálásra kerülő különböző anyagoknál.

Miután a forgácsolási teljesítmény alapképletéből levezethető, hogy a különböző megmunkálási módoknál és a különböző megmunkálásra kerülő anyagoknál a fajlagos forgácsolási ellenállás és a fajlagos forgácsteljesítmény (az 1 perc alatt 1 Le-vel leválasztható forgácstérfogat) szorzata állandó, ezért nemcsak a fő forgácsoló erőt számíthatjuk ki igen egyszerűen a közepes forgácsvastagság függvényében bármely megmunkálásra kerülő anyagnál, bármely megmunkálási módszernél, hanem a fajlagos forgácsteljesítményt is. Így ismerve bármely szerszámgépnél a forgácsolásra fordítható teljesítményt, meghatározhatjuk, hogy valamely forgácsolási módszernél, a rendelkezésre álló Le-vel hány  $\text{cm}^3$  forgácstérfogatot tudunk leválasztani és megfordítva, valamely megadott forgácstérfogat leválasztásához mekkora teljesítmény szükséges.

A számítási rendszer igen előnyösen felhasználható még a más alapokon kapott fő forgácsolóerő és teljesítmény felvétel értékeinek az ellenőrzésére is.

# ELEKTROLÍZISHEZ VIHETŐ MANGANOSZULFÁTOS OLDAT ELŐÁLLÍTÁSA AZ ÚRKÚTI MOSÁSI MEDDŐBŐL

HORVÁTH ZOLTÁN

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA

NEHÉZIPARI MŰSZAKI EGYETEM FÉMKOHÁSZATI TANSZÉKE, MISKOLC

[Beérkezett 1954. november 18-án]

Az ipar mangánszükségletének nagy részét ferromangánnal fedezik. Ennek előállítására — közvetlenül, dúsító műveletek közbeiktatása nélkül — csak olyan ércetek alkalmasak, amelyek legalább 40% mangánt tartalmaznak. A természetben azonban olyan mangánércetek is előfordulnak, amelyekben a mangán ennél az alsó határnál kevesebb. Az ilyen anyagokból nem mindig lehet gazdaságosan 40% mangánt tartalmazó terméket készíteni; ha pedig lehet, akkor sem 100%-os mangánkihozattal. Ez azt jelenti, hogy a dúsításnál keletkező meddő, sokszor még elég tekintélyes mennyiségű — olykor több, mint 20% — mangánt tartalmaz. Az idők folyamán ezeknek a gazdaságosan elő nem készíthető érceteknek és a dúsításnál keletkező meddőknek értékesítésével is foglalkozni kezdtek. Főleg amerikai, szovjet, olasz és német laboratóriumokban — néhány évtized óta — lázas munka folyik, hogy ezekre, a ferromangánra közvetlenül fel nem dolgozható anyagokra gazdaságos értékesítési lehetőségeket találjanak. A kutatások eredményeiből megállapítható, hogy szegény ércetek mangántartalma vagy tüzi, vagy nedves eljárásokkal alakítható értékes terméké.

A tüzi útoni eljárással itt bővebben nem foglalkozom. Ennek lényege az, hogy az ércet szénnel vagy tükrösvassal keverve úgy olvasztják, hogy nyersvas és manganooxidban dús salak keletkezzék. Az utóbbit ferromangánra dolgozzák fel [1].

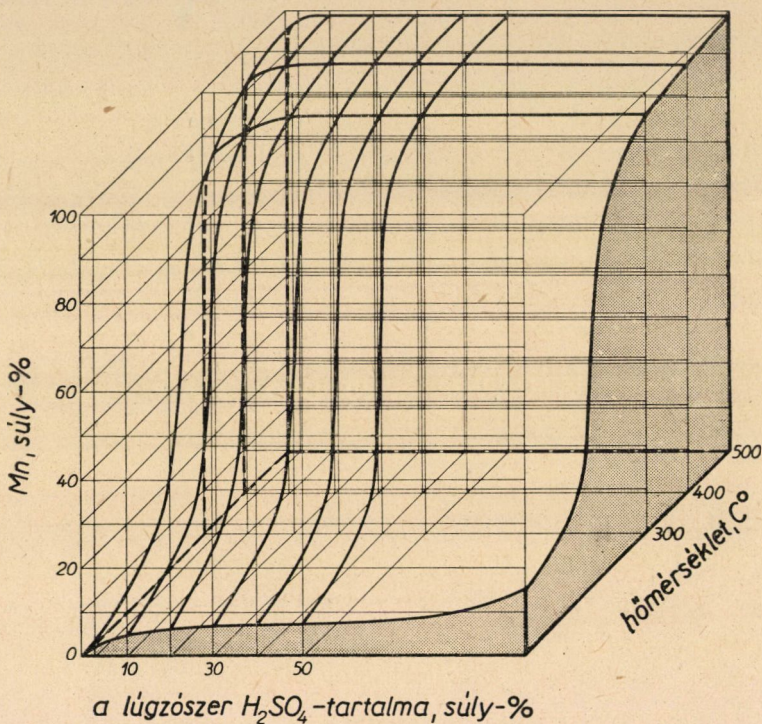
Nedves úton lúgzással vagy manganoszulfátot, vagy mangankloridot tartalmazó oldatot állítanak elő. Ebből az oldatból: *elektrolízissel* vagy elektrolit-mangánt [2], vagy mangándioxidot [3] — *oxidáció révén* mangándioxidban dús terméket [4] — végül *különböző eljárásokkal* mangánsókat [5], esetleg ferromangánt [1] készítenek.

Magyarországon három helyen (Úrkúton, Eplényben és Eger—Noszvaj—Demjén vidékén) fordul elő mangánérc [6].

Az úrkúti nyersérc 25—28% mangánt tartalmaz. Mosással dúsítják 30%-os súlykihozattal mellett. A dúsított részt, amelyiknek a mangán-tartalma 38—45% [6], ferromangánra dolgozzák fel. A mosásból a hányóra kerülő meddőben tehát még mindig tekintélyes mennyiségű mangán van. Az így veszendőbe menő mangán mennyiségét újabban a hidrociklonozás bevezetésével iparkodnak csökkenteni. Az eplényi érc kb. 24% mangánt tartalmaz. Ezt az ózdi kohó előkészítés nélkül használja fel a vasgyártásnál. Az Eger környékén előforduló érc mangántartalma 12—20%. Ma még nem hasznosítják.

Ebben a munkában az úrkúti mosási meddón vizsgáltam a feldolgozási lehetőségek egyik legtöbb eredményt ígérő részét. Ennek megfelelően ebből az anyagból elektrolízises viheto szulfátos elektrolitot iparkodtam készíteni.

A mangának szulfátos oldatából elektrolízis útján való termelése ma már megoldott problémának tekinthető. A Szovjetunióban, Csehszlovákiában Olaszországban és Amerikában már működnek is elektrolit-mangánt termelő üzemek. A részemre hozzáférhető irodalom a második világháborút közvetlenül megelőző időkben és a háború első éveiben már működésben volt Electro Manganese Corp. Knoxville-i üzemében alkalmazott munkamódot írja le bővebben. Itt vagy keménylombból, vagy — C. G. FINK és M. KOLODNEY szerint — 30—50% önt, 0,3—0,4% kobaltot tartalmazó ólom-ön-kobalt-ötvetetből készült anódákkal és fényesre csiszolt, szénben szegény krómácel-katódákkal elektrolizáltak.



1. ábra

Az anóda- és katódateret vitorlavázonból készült diafragmával választották el. A 7,2—7,6  $p_H$ -ra beállított katolit 200 g/l ammóniumsulfátot, 24—35 g/l mangánt és 0,1 g/l kén-dioxidot vagy hidroxilamint tartalmazott. A mintegy 2-es  $p_H$ -savanyúságú anolitban l-ként 200 g ammóniumsulfát, 3 g mangán és 25—30 g kénsav volt. 4—5,5 Volt kádfeszültséggel, 172—215—400 A/m<sup>2</sup> katódikus áramsűrűséggel és 20—30 C° kádhőmérsékleten, 50—70%-os áramkihozatal — tehát 1 kg mangánra számítva kb. 8 KWó-nyi energiafelhasználás — mellett 0,1%-nál kevesebb szennyezést tartalmazó elektrolitmangánt termeltek. A mangán 20%-a az anódán vált le mangándioxid-alakban.

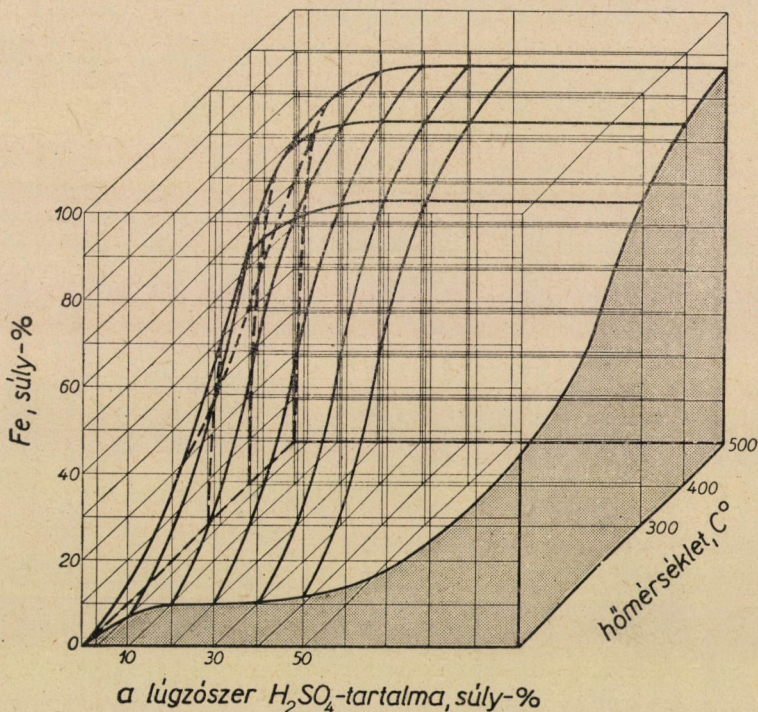
Ezek szerint csak a már bevált összetételű katolitról kell gondoskodni, hogy a kitaposott úton elektrolitmangánt kapjunk, viszont az elektrolit elkészítésének feltételeit minden ércre külön-külön kell megállapítani. Feladatomban egyik része éppen annak vizsgálata volt, hogy az úrkúti mosási meddóból hogyan lehet elektrolizálható manganoszulfátos oldatot készíteni.

A rendelkezésemre álló úrkúti érc polianit és piroluzit alakjában jelenlevő 19% mangánt, 13% vasnak megfelelő limonitot, azonkívül agyagot, meszet, kvarcot és 5% nedvességet tartalmaz. (Itt és a későbbiekben is a mangánt Volhard—Wolff, a vasat pedig Zimmermann—

Reinhardt szerint határozta meg.) 44-es szítán átmenő, tehát 0,4 mm-nél kisebb szemnagyságú anyaggal dolgoztam.

### 1. Elektrolitmangán előállítására alkalmas, szulfátos elektrolit készítése

A vizsgálatnak ebben az első részében az ércből lúgozással olyan oldat előállítására törekedtem, amelyik a Bureau of Mines előírásai szerint végzett mangánelektrolízis követelményeinek megfelelően 200 g/l ammóniumszulfátot, 24—35 g/l manganoszulfát-alakban levő mangánt tartalmaz, közel neutrális és szennyezésektől mentes. A lúgozásra legcélszerűbb az



2. ábra

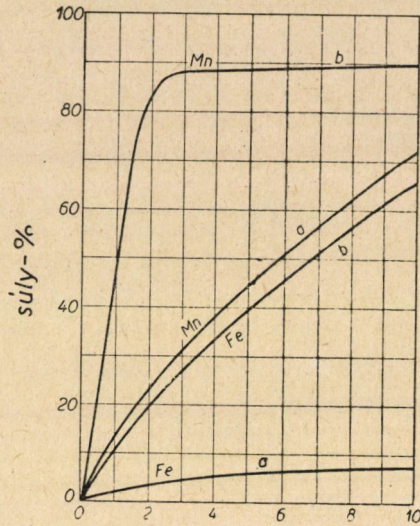
elektrolízisből kikerülő savanyú véglúgot használni. Ez az irodalomban található adatok szerint l-ként 200 g ammóniumszulfátot, 30 g szabad kénsavat és 3 g mangánnak megfelelő manganoszulfátot tartalmaz. Az ilyen, savban aránylag szegény lúgószerben a polianit- vagy piroluzit-alakban jelenlevő mangán alig oldódik. Amint az 1. ábra közönséges hőmérsékletre vonatkozó része mutatja, a 100 g nyersércben levő 19 g mangánból koncentrált kénsavval is csak 2,98 g, vagyis a mangánnak 15,7%-a oldható. Ezért a mangándioxidot a lúgozás előtt a lúgószerben könnyen oldódó vegyületté kell átalakítani. Ez célszerűen redukcióval történhetik amikor is a kénsavban rosszul oldódó  $MnO_2$  — megfelelő körülmények között — híg kénsavban is könnyen oldható manganooxidá ( $MnO$ -dá) alakul át.

#### A) A redukció legmegfelelőbb hőmérsékletének és időtartamának meghatározása

Az első ilyen kísérletsorozatnál tokos, ellenállásos fűtésre berendezett elektromos kemencében dolgoztam. A redukálható anyag a fekvő tok hosszabbik oldalával párhuzamosan, a tok tengelyében elhelyezett, vízszintes üvegesőben foglalt helyet. A kemence hátsó részén, a gázelvezető nyílásban fekvő üvegeső vége gumicső segítségével mosópalackon keresztül a városi

„a” a 25. és 27. kísérletből

„b” a 26. és 28. kísérletből



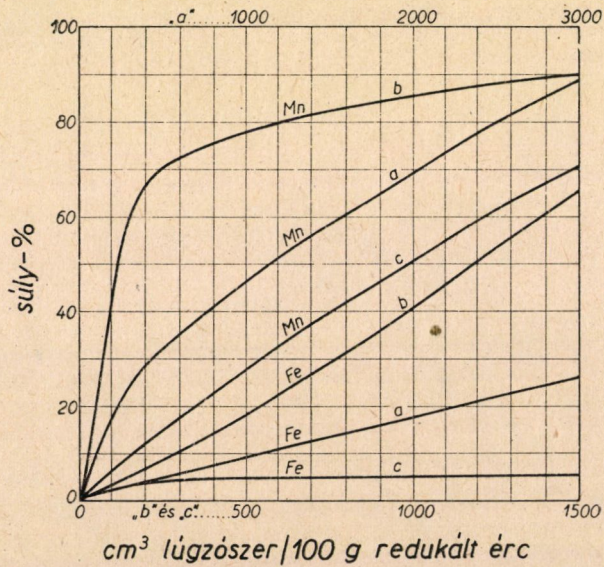
a lúgzószert  $H_2SO_4$ -tartalma, súly-%

3. ábra

„a” a 25. és 26. kísérletből

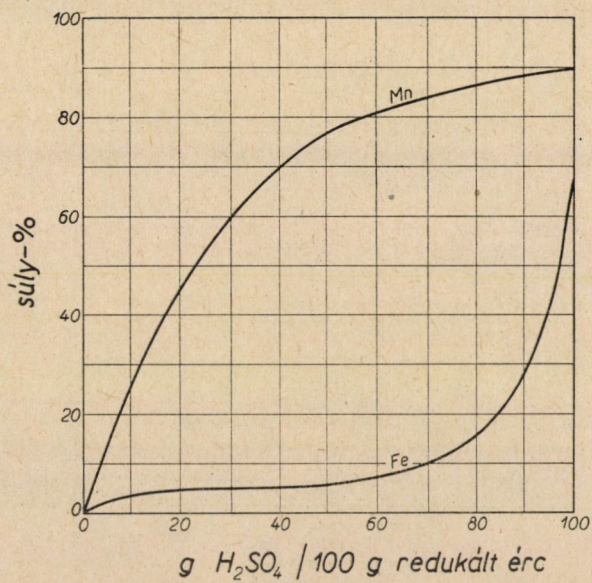
„b” a 27. és 28. kísérletből

„c” a 29–31. kísérletből

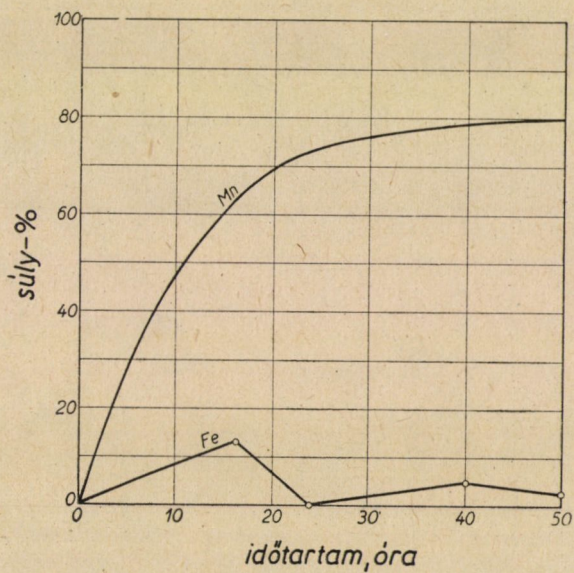


cm<sup>3</sup> lúgzószert/100 g redukált érc

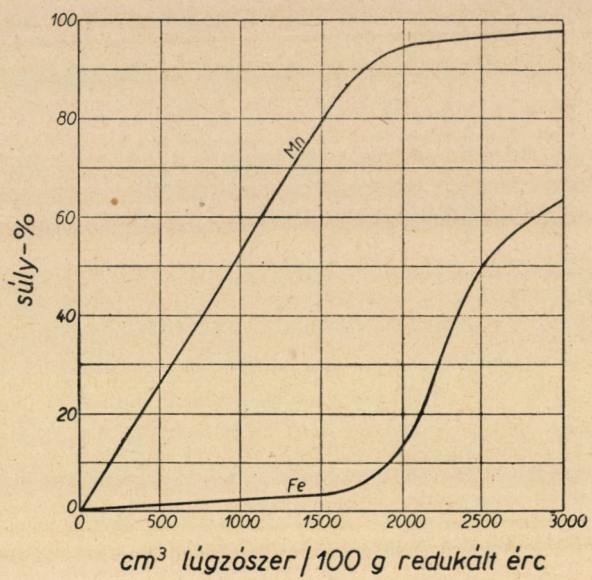
4. ábra



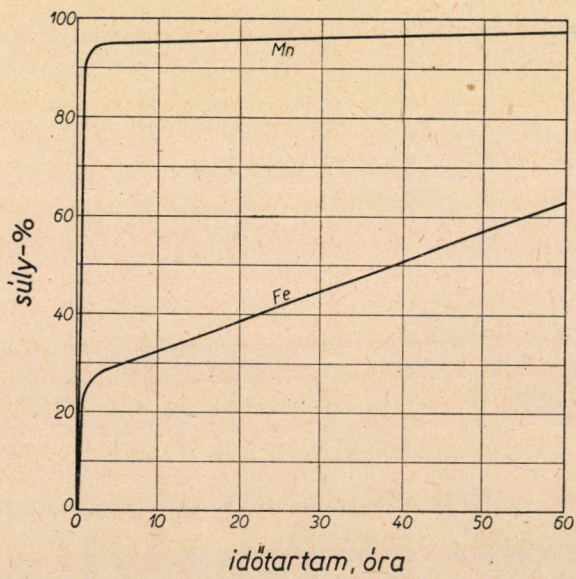
5. ábra



6. ábra



7. ábra



8. ábra



gázvezetékkel volt kapcsolatban. A kemence szájánál, a tokot elzáró azbesztlapban fekvő üvegcső végéhez gumicső közvetítésével kis Bunsen-égő csatlakozott. A tok hátulsó végébe nyúlt be a Drufa-hőmérsékletszabályozóval összekötöttetésben levő réz-konstantánhőelem. A redukálás alatt az üvegcsőben levő anyag hőmérsékletét a kemence száját elzáró azbesztlapon hőelemmel mértem.

Redukáláskor a lemért nyersércet hosszú nyélre erősített fémvályú segítségével adtam a kemencéből kiszedett üvegcsőbe, lehetőleg kis rétegvastagságban. Az üvegcsőben levő anyagot adott ideig hevítettem a megfelelő hőmérsékleten. Amikor ez az idő letelt, kikapcsoltam az áramot.

Folytatólag a többféle hőmérsékleten más és más ideig redukált anyagot különböző mennyiségű kénsavat tartalmazó oldatokkal lúgoztam közönséges hőmérsékleten. Azután meghatároztam a kapott lúgban és a kilúgozott anyagban levő mangán és vas mennyiségét.

Az oldódott mangán és vas százalékos mennyiségét a redukálás hőmérsékletének és a lúgzószert százalékos kénsavtartalmának a függvényében az 1. és a 2. ábra szemlélteti.

A 3., 4. és 5. ábra pedig azt mutatja, hogy miképpen változik a 400°-on  $\frac{1}{2}$  órán át redukált anyag lúgzásakor a mangán- és a vaskihozatal, ha a lúgzószert százalékos kénsavtartalmát (3. ábra), a lúgzószert mennyiségét (4. ábra), végül pedig a lúgzáshoz adott kénsav mennyiségét (5. ábra) változtatjuk.

A kapott értékek alapján megállapítható, hogy a 400 és 500 C° közötti hőmérséklet bármelyikén 1 órán át tartott és azután redukáló atmoszférában hűtött ércből a híg kénsav a mangánnak 95—98%-át oldotta, továbbá az is kitűnik, hogy a 400°-on redukált ércből a vasnak kb. 30%-a, az 500°-on kezeltből pedig 70%-a lúgzódott ki. Mivel az elektrolízis számára vastól mentes lúgot kell előállítani, azért ennek a célnak az érdekében, a lúgok vastalanításának megkönnyítése végett, folytatólag a lúgzásnál kevesebb vasat tartalmazó oldatot adó, 400 C°-on redukált anyaggal kísérleteztem.

## B) Vastól mentes lúg előállítása 400 C°-on, 1 órán át redukált ércből

Azok a kísérletek, amelyekkel a címben megjelölt célt iparkodtam elérni, két irányban folytak. Így ezek két alfejezetben tárgyalhatók.

### a) A lúgzószert mennyiségének és a lúgzás időtartamának a változtatása

A 4. és 5. ábrából látható, hogy kevés lúgzószert, azaz kevés kénsav alkalmazásakor először főleg a mangán oldódik. Ennek a megfigyelésnek a helyességét megerősítik a 6., 7. és 8. ábrában szemléltetett kísérleti eredmények is. A 6. ábra azt mutatja, hogy a redukált érc mangán- és vastartalmának hány százaléka kerül oldatba, ha 100 g redukált érc különböző ideig tartó lúgzásához 1500 cm<sup>3</sup>, a táblázatban feltüntetett összetételű oldószert adunk; a 7. ábra a lúgzószertmennyiség változtatásának a hatását szemlélteti 50 óránál tovább tartó lúgzáskor; a 8. pedig a 6-tól abban különbözik, hogy az ábraszervezés alapjául szolgáló kísérleteknél 100 g redukált érchez nem 1500 cm<sup>3</sup>, hanem kétszer ennyi, vagyis 3000 cm<sup>3</sup> lúgzószert adtam. Ezek a kísérletek azt is elárulják (lásd a 6. és 8. ábrát), hogy a rövid ideig tartó lúgzás, még ha savfelesleg is van, inkább a mangán oldódásának kedvez. Nagyobb mennyiségű vas csak akkor kerül oldatba, ha előzőleg már elég sok mangán oldódott.

A 6. ábrában feltüntetett eredményekből még arra lehet következtetni, hogy — ha nem nagy a savfelesleg — a lúgzás időtartamának növelésével

a nagyjából neutralizálódott lúgból a vas leválik, és az így felszabadult kénsav mangánt old.

Az egyik kísérlet azt mutatta, hogy az érc és a lúgzószer egymáshoz viszonyított mennyiségének és a lúgzás időtartamának megfelelő megválasztásával vastól mentes lúg készíthető. Ez az út azonban mégsem látszik járhatónak, mert vastól mentes lúgot csak a mangánkihozatal rovására tudunk készíteni, ha pedig nagy mangánkihozatalra törekszünk, akkor a mangán mellett vas is lesz az oldatban. Szóval, a mangán csak akkor oldódik kielégítően, ha oldásához az elméletileg szükséges savnál több savat használunk; ilyenkor viszont vasleválással nem számolhatunk. Azt, hogy jó mangánkihozatal csak savfelesleg alkalmazásával érhető el, az egyik kísérlet adatainak felhasználásával végzett alábbi számítás igazolja.

Ennél a kísérletnél a mangán 95%-a úgy ment oldatba, hogy 100 g redukált ércet 2000 cm<sup>3</sup> olyan lúgzószerrel kezeltünk, amely összesen 60 g kénsavat tartalmazott. Ez a savmennyiség  $60 \frac{55}{98} = 33,7$  g mangánt képes oldani. A 400°-on redukált érc 100 g-jában pedig csak átlag 20,8 g mangán van. A savfelesleg tehát (a mangánra számítva)  $\frac{33,7 - 20,8}{20,8} \cdot 100 = 62\%$ . A mangánt 20,8 g mennyiségben tartalmazó anyag lúgzásához elméletileg  $20,8 \frac{98}{55} = 37$  g kénsav elegendő lenne.

Ennyi sav a fenti lúgzószer 1233 cm<sup>3</sup>-ében van. Egyébként az egyik kísérletnél kapott, vastól mentes, neutrális lúg előállításánál is több sav fogyott, mint amennyi a mangán oldásához elméletileg szükséges. Ennek oka az, hogy az érc mészkőtartalma is fogyaszt kénsavat, és a lúgzás kezdetén feloldott vas — nagyobb részben — bázisos ferriszulfát alakjában válik le, és így — jóllehet nincs oldatban — mégis fogyaszt kénsavat.

### b) Redukció vízgőz jelenlétében

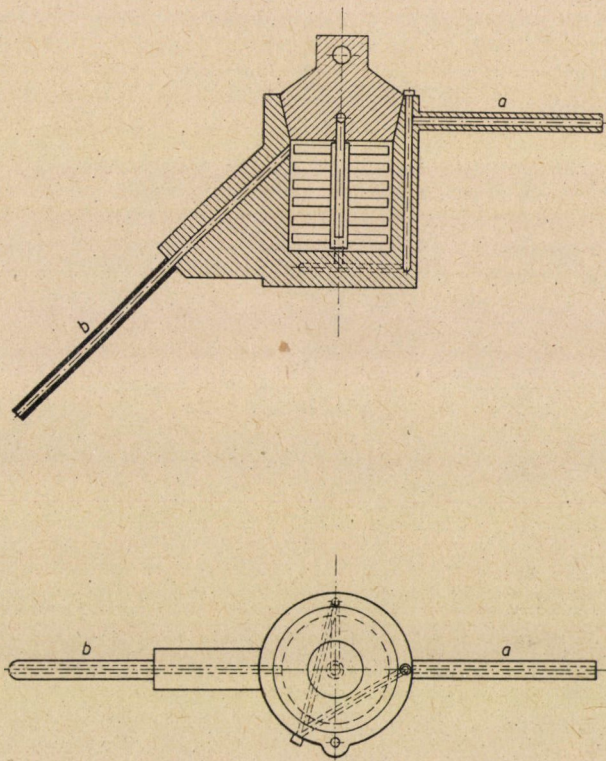
Ezeknél a kísérleteknél a kitűzött célt: a vastól mentes oldat készítését, úgy igyekeztem elérni, hogy az ércben levő vasat — a mangándioxidnak manganooxidá váló redukálása közben — híg savban oldhatatlan ferroferrioxidá iparkodtam átalakítani. Ez az irodalmi adatok szerint kétféleképpen történhetik.

EASTMAN szerint eljárhatunk úgy, hogy a ferrioxidtartalmú ércet 400°-on, 41%-nál kevesebb CO-t tartalmazó CO—CO<sub>2</sub>-gázkeverékkel redukáljuk [7], de eljárhatunk úgy is, hogy a ferrioxidot tartalmazó anyagot 400°-on 88%-nál kevesebb H<sub>2</sub>-tartalmú H<sub>2</sub>—H<sub>2</sub>O-gázkeverékkel hozzuk össze [8].

Az első módon MATSUBARA dolgozott, de nem kapott teljesen tiszta Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-ot. HILPERT és BAYER H<sub>2</sub>—H<sub>2</sub>O-gázkeverékkel kísérletezett. Tiszta Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-ot akkor sikerült készíteniök, ha a 400°-on alkalmazott gáz legalább 4% vízgőzt tartalmazott.

Kísérleteimhez átlag 43% H<sub>2</sub>-t, 20% CH<sub>4</sub>-t, 10% CO-ot, 3% CO<sub>2</sub>-t, 1% telítetlen szénhidrogént, 1% oxigént és 12% nitrogént tartalmazó világítógáz

állott a redukció céljára rendelkezéseimre. Mivel ebben sok a hidrogén, valamint jelentős mennyiségben tartalmaz magasabb hőmérsékleten a  $\text{CH}_4 = \text{C} + 2\text{H}_2$  reakcióegyenlet szerint bomló (9) metánt is, összetétele közelebb van a tiszta  $\text{H}_2$ -hez, mint a tiszta CO-hoz. Ezért a HILPERT és BEYER legkedvezőbbnek találta feltételek mellett, tehát  $400^\circ$ -on és minimum 4% vízgőzt tartalmazó gázzal próbáltam redukálni.



9. ábra

Az ilyen kísérletek céljára az üvegcső nem felelt meg. Ezért a további kísérleteknél eredetileg szénleparlási kísérletek céljára készített, némileg átalakított Schrader-féle alumínium retortával [10] dolgoztam (9. ábra). Az átalakítás az volt, hogy a retorta belsejét perforált, függőleges csőre szerelt, anyagtárolásra szolgáló munkalapokkal osztották részekre. A redukálható érc a berendezés dugójából lenyúló gázbevezető csövet körülvevő perforált csövön elhelyezkedő munkalapokra került. A retortának az ábrában *a*-val jelezett csőnyúlványa háromágú üvegcső egyik ágával volt összekötve. A háromágú üvegcső másik ága a gázvezetékekkel közvetlen összeköttetésben levő — a gázáramlásü temének ellenőrzésére szolgáló — mosópalackhoz csatlakozott, a harmadik ága pedig a gázt vízzel tápláló berendezéshez kapcsolódott. Összekötésre mindenütt gumicsövet használtam.

A vizet először gőzalakban úgy juttattam a gázba, hogy a háromágú üvegcső említett ágát  $30\text{--}50^\circ$ -os vizet tartalmazó lombik nyakával kötöttem össze. Ennél a megoldásnál jobbnak bizonyult az, amelynél a víz folyékony halmazállapotban került a retortába torkolló vezetékbe.

A retortát alulról Méker-égővel fűtöttem.

A retorta mintegy 50 perc alatt melegedett fel 400°-ra. Egy órán át hagytam ezen a hőmérsékleten. Azután eloltottam a Méker-égőt. A retorta mintegy 90 perc alatt hűlt le 100° alá. Ekkor beszüntettem a vízbejuttatást, elzártam a gázvezetéket, szétszedtem a berendezést, a redukált anyagot a perforált csővel és a munkalapokkal együtt lemértem, azután az anyag 1—1 g-ját lúgoztam 30 g/l kénsavat és 200 g/l ammóniumsulfátot tartalmazó lúggal közönséges hőmérsékleten, és meghatároztam az oldatba került vas és mangán mennyiségét. Az eredményeket az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat

A kísérlet száma	100 g nyersérből keletkezett redukált anyag súlya, g	A lúgzószer		A lúgzás		Kilúgzódott	
		összetétele	mennyisége cm <sup>3</sup> /100 g red. érc	hőmérséklete	időtartama, óra	% Mn	% Fe
41	93,2	30 g/l H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> +	2000	szoba	15,—	54,5	18,7
42	93,2	200 g/l (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3000	szoba	15,5	60,—	23,7

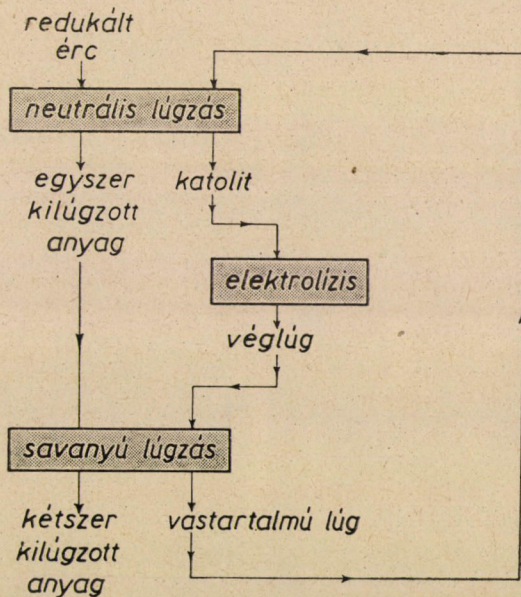
A 400 C°-on redukált anyag vastartalmából akkor oldódik kevesebb, amikor vízgőz jelenlétében redukált anyagot lúgozunk. Ez megfelel a várakozásnak. Nem lehetetlen, hogy nagyobb vízmennyiség bejuttatása révén tovább csökkenne az oldódó vas mennyisége, sőt az is lehet, hogy így az oldatot vastól mentesen is elő lehetne állítani. Ez az út azonban mégsem látszik járhatónak, mert a vízbejuttatás hatására ugyan kevesebb vas kerül oldatba, ezzel szemben azonban romlik a mangánkihozatal. (Valószínűleg a víz jelenléte akadályozza a mangándioxid redukcióját.) Ezért ezeket a kísérleteket abbahagytam, és a következő fejezetben leírt, végül is eredményre vezető útra tértem át.

### C) Vastartalmú oldat vastalanítása ellenáramban való lúgzással

Ezért úgy terveztem, hogy vasat tartalmazó oldatot állítok elő, és azután ezt vastalanítom. A megfelelő vastalanító módszer kiválasztásánál arra kell törekednünk, hogy a vas leválasztása végett beadott anyaggal ne vigyünk be nem kívánatos elemeket, hogy ez az anyag megfelelő mennyiségben álljon rendelkezésünkre, és hogy az egész művelet olcsó legyen. Ezeknek a követelményeknek figyelembevételével az látszott a legcélszerűbbnek, ha a vas leválasztására magát a redukált anyagot, illetőleg az abban levő MnO-ot használjuk. Az előzőekben a lúgzószer mennyiségének és a lúgzás időtartamának változtatásával végzett kísérletek megmutatták, hogy a lúgzószer neutralizálódásakor az oldatban levő vas leválik, a vasleválás során felszabadult kénsav pedig mangánt old. Azt is láttuk, hogy így akár vastól mentes lúgot is elő lehet állítani, de ilyenkor rossz a mangánkihozatal. Ez más szóval annyit jelent, hogy az összes vas csak akkor válik le, ha a kilúgzott ércmaradványban még marad vissza bizonyos mennyiségű mangán MnO-alakban, szóval, ha a lúgzásnak alávetett ércben az MnO a lúgzáshoz adott savhoz viszonyítva feleslegben van. Ebből az következik — amint ezt is megállapítottuk —, hogy a redukált anyagból a benne levő összes mangánt csak savat feleslegben tartalmazó oldattal lehet kilúgozni.

Ha mármost a jó mangánkihozatal érdekében savfelesleggel kell dolgozni, a vas leválasztása pedig csak akkor sikerül, ha manganooxid van feleslegben, magától kínálkozóan látszik a cink és a réz hidrometallurgiájában már sikerrel használt, ellenáramban való lúgzás elvének az alkalmazása.

Ebben az esetben — amint azt a 10. ábra mutatja — a redukált anyag először az ún. neutrális, utána pedig az ún. savanyú lúgzáshoz kerül. A redukált ércet a savanyú lúgzásból származó, vastartalmú, közel neutrális lúggal, amely-



10. ábra

hez esetleg kevés friss savat is adunk, lúgozzuk. Ennél a lúgzásnál ezt a savanyú lúgzásból eredő lúgot és az esetleg hozzá pótoltt friss savat a fölös mennyiségben jelen levő manganooxid teljesen neutralizálja, a lúgzószer vastartalma leválik, és az ennek révén szabadabbá vált kénsavval egyenértékű mangán oldódik. Ebből a neutrálisnak nevezett lúgzásból kikerült, vastól mentes lúg az elektrolízishez kerül. Az első, vagyis neutrális lúgzásnak még mangánt tartalmazó szilárd maradványát friss savval való, ún. savanyú lúgzáshoz visszük. Itt annyi szabad savnak kell lennie, amennyi az egyszer kilúgzott anyagban még benne levő mangán feloldásához éppen szükséges. Természetesen a mangán mellett kevés vas is oldódik. Ez a vasas lúg megy át a neutrális lúgzáshoz. A kétszer kilúgzott anyag, amely oldható mangánt már alig tartalmaz, kimosás után a hányóra jut.

a) A 400°-on, 1 órán át redukált ércnek, nyugvó helyzetben, ellenáramban való lúgzása 30 g/l kénsavat, 200 g/l ammóniumszulfátot és 3 g/l mangánt tartalmazó oldattal.

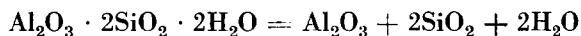
Ezeknél a kísérleteknél szintén 1 g-os bemérésekkel dolgoztam. Az előzők szerint a redukált anyagot a savanyú lúgzásból kikerülő, vastartalmú oldattal kell lúgozni (lásd a 10. ábrát). Ennek az összetétele azonban egyelőre nem ismeretes. Ezért először ilyen, a kísérlet elindítását megkönnyítő, vasas oldat készítését tűztem ki célul. Savanyú lúgzásból származó vasas lúg hiányában úgy indultam el, hogy a retortában vízbejuttatás nélkül redukált anyag 1 g-ját 30 g/l szabad kénsvavat és 200 g/l ammóniumsulfátot tartalmazó, ún. savanyú oldatnak 15 cm<sup>3</sup>-ével, nyugvó helyzetben lúgoztam közönséges hőmérsékleten, kb. 24 órán át. Kis vákuumban szűrtem. Az itt kapott szűrlettel tovább nem foglalkoztam. A szűrőn maradt anyagban — természetesen — miután a lúgzást a friss ércen a vasas oldat helyett a legsavanyúbb oldószóval végeztem, kevesebb vas és mangán maradt, mint amennyi a normális üzem neutrális lúgzási maradványában várható lesz. Viszont vasnak és mangánnak, csupán ennyi lúgzószer alkalmazásával, kellett visszamaradnia.

Ezt a maradványt nem mostam ki, hanem 15 cm<sup>3</sup>, előbb említett összetételű, friss savanyú oldattal, az előzővel egyező körülmények között újból lúgoztam, a kapott oldatot pedig leszűrtem. A második lúgzás maradványával, amelyből jelentékeny mennyiségű vas mellett a mangán gyakorlatilag véve teljesen kilúgozódott, szintén nem foglalkoztam tovább, viszont a szűrlettel folytatólag 1 g redukált ércet lúgoztam. Az innen kikerült szűrlettel sem törődtem tovább, viszont az így kilúgzott anyagot — az ellenáramú lúgzás elvét követve — 15 cm<sup>3</sup> friss savanyú oldattal való ún. savanyú, vagyis második lúgzáshoz adtam. Az itt előállított vasas oldattal pedig 1 g redukált ércen neutrális — első — lúgzást végeztem, a lúgzás maradványa pedig most is a friss savanyú oldattal való, savanyú lúgzáshoz került. Ezt a savanyú és neutrális lúgzásból álló műveletet többször ismételttem. Az utolsó savanyú lúgzásból kikerült vasas oldatban literenként kerekén 12 g mangán és 2,4 g ferrivas volt, továbbá ott kellett lennie az utolsó savanyú lúgzáshoz adott lúgzószerrel behozott 30 g/l kénsvavnak, természetesen most már részben az előbb említett mangánhoz és vashoz kötve, részben szabadon, végül ott volt még a 200 g/l ammóniumsulfát is.

Ezután újabb kísérletsorozatot végeztem, amelynél az imént közölt összetételű *vasas lúggal* kezdtem meg a redukált érc lúgzását. Ez a lúg számítás szerint már csak 2,3 g szabad kénsvavat tartalmazott, tehát várható volt, hogy ha ezzel a vasas oldattal indulok el, az érc első (neutrális) lúgzásának maradványában még jelentős mennyiségű oldható mangán marad vissza és hogy a kapott lúg vastól mentes és neutrális lesz. A továbbiakban ennél a kísérletsorozatnál is annyiban az előzőekben vázolt eljárás szerint dolgoztam, hogy a neutrális lúgzást követő savanyú lúgzáshoz friss savanyú oldatot használtam, még pedig 100 g ércre átszámítva egyik kísérletnél 1500 cm<sup>3</sup>-t mangánhozzáadás nélkül, három kísérletnél 1500—1500 cm<sup>3</sup>-t, de 3 g/l mangántartalommal, míg két kísérletnél 2000—2000 cm<sup>3</sup>-t szintén ugyanekkora mangánhozzáadással. Az elmondottak még azzal egészíthetők ki, hogy a kiindulásnál 100 g redukált ércre számítva a neutrális lúgzáshoz: az első kísérletnél az előző kísérletsorozat szerinti összetételű vasas oldatból 1500 cm<sup>3</sup>-t, három kísérletnél 1-ként 3 g-mal több, tehát 15 g/l mangánt tartalmazó vasas oldatból szintén 1500—1500 cm<sup>3</sup>-t, két kísérletnél pedig 2000—2000 cm<sup>3</sup>, ugyancsak 15 g/l mangántartalmú vasas oldatot adtam.

A lúgzások során a már leírt eljárást abban a tekintetben is utánoztam, hogy a savanyú lúgzásokból kihozott oldat mindig és pedig *savanyú oldat hozzáadása nélkül*, a friss redukált érc lúgzásánál talált lúgzószer gyanánt alkalmazást. Elemzéshez a neutrális lúgzásnál kapott oldat és a savanyú lúgzás maradványának kimosásából származó oldat került. A két elemzés adataiból és a redukált érc mangántartalmának ismeretéből adódnak a kihozatalok.

Ezekkel a kísérletekkel kapcsolatban figyelemre méltó, hogy a magasabb hőmérsékleten (75 C°-on) végzett lúgzásnál alumínium is oldódott. Úgy látszik, hogy a redukálás hőmérsékletén azaz 400 C°-on már megkezdődik az agyag szétesése az

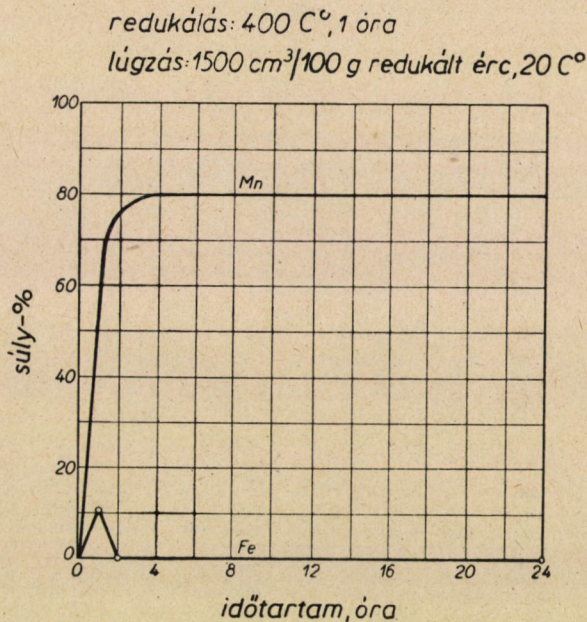


reakcióegyenlet szerint [11]. Valószínűleg az így szabaddá vált alumíniumoxid oldódik magasabb hőmérsékleten a híg savban.

Az eredmények szerint ellenáramban való lúgzással előállítható vastó, mentes lúg, megfelelő körülmények között pedig a mangánkihozatal is elég jól

A legkedvezőbb feltételeknek pontos meghatározásával itt még nem foglalkoztam. Erre a következő fejezetekben leírt kísérletek esetében került sor.

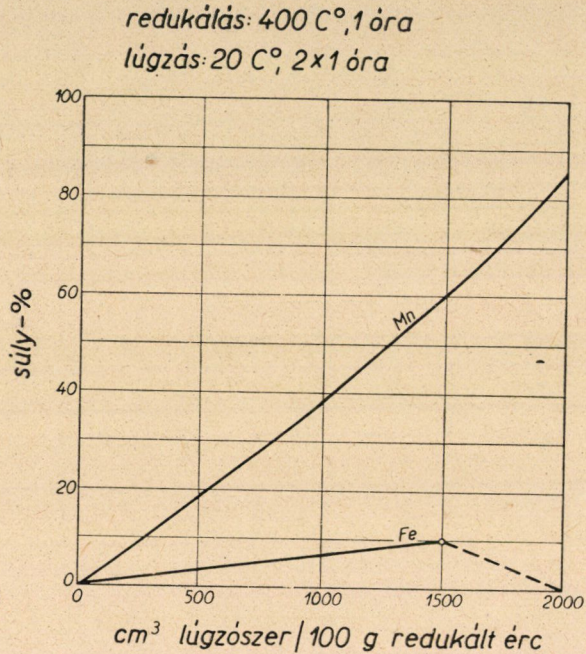
A kísérletek adataiból készült a 11–14. ábra. A 11. ábra azt mutatja, hogy miképpen változik az oldatba kerülő mangán és a vas százalékos mennyisége, ha a  $400^{\circ}$ -on 1 óra hosszat redukált anyag 100 grammjának, nyugvó helyzetben, ellenáramban való lúgzásakor — amikor 100 g redukált érchez a savanyú lúgzásnál  $1500\text{ cm}^3$  friss savat adunk, és az ellenáramban való lúgzást közönséges hőmérsékleten végezzük —, változtatjuk a lúgzás időtartamát. A 12. ábra azt



11. ábra

szemlélteti, hogy a  $400^{\circ}$ -on, 1 óra hosszat redukált anyag mangán- és vastartalmának hány százaléka kerül oldatba, ha a közönséges hőmérsékleten végzett,  $2 \times 1$  óra hosszat tartó (1 óra neutrális és 1 óra savanyú lúgzás), nyugvó helyzetben, ellenáramban való lúgzásnál 100 g redukált érchez különböző mennyiségű lúgzószert adunk. A 13. ábra pedig a mangán- és a vaskihozatalnak a lúgzás hőmérsékletével való változását ábrázolja akkor, amikor a  $400^{\circ}$ -on, 1 óra hosszat redukált anyag 100 grammjához az 1 óra hosszat tartó savanyú lúgzásnál  $1500\text{ cm}^3$  friss savat juttatunk. Végül a 14. ábra az oldatba kerülő vas és mangán mennyiségének a lúgzás hőmérsékletével való változását tünteti fel akkor, amikor 100 g,  $400\text{ C}^{\circ}$ -on, 1 óra hosszat redukált anyag neutrális lúgzási maradványához a savanyú lúgzásnál  $2000\text{ cm}^3$  friss lúgzószert adunk. Megjegyzendő, hogy a diagramok aránylag kevés adatból, extra- és interpolálással készültek. Az ábrákból megállapítható, hogy 100 g redukált ércre  $1500\text{ cm}^3$  lúgzószert

alkalmazva, kb. 2—2 óra elegendő a savanyú vagy a neutrális lúgzás számára (11. ábra). Az is kitűnik, hogy 1—1 órás lúgzási idő mellett a 100 g redukált érchez adandó, legjobb eredményt adó lúgmennyiség 2000 cm<sup>3</sup> (12. ábra). Láthatjuk végül, hogy magasabb hőmérsékleten nem célszerű lúgozni, mert a mangánkihozatal nem javul — ha 100 g redukált ércre 2000 cm<sup>3</sup> lúgzószert alkalmazunk (14. ábra) — ezzel szemben több vas mellett alumínium is oldódik, ami pedig nem kívánatos.



12. ábra

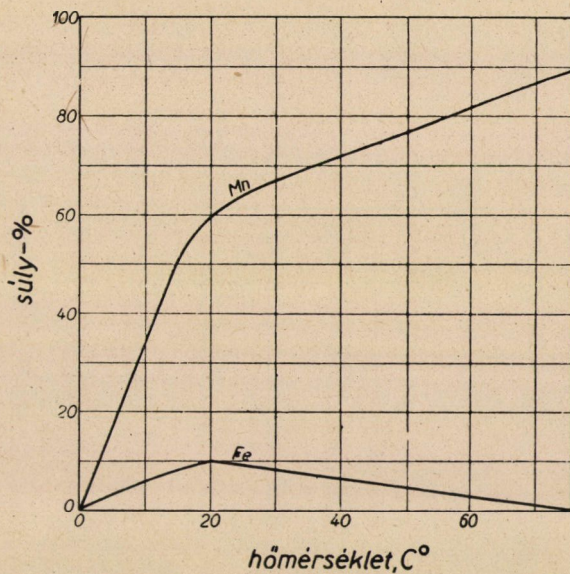
b) Az 500°-on, 1 órán át redukált érc ellenáramban való, kavarázó lúgzása 30 g/l kénsavat, 200 g/l ammóniumsulfátot és 3 g/l MnSO<sub>4</sub>-alakban levő mangánt tartalmazó oldattal, közönséges hőmérsékleten.

A továbbiakban az ellenáramban való lúgzás legkedvezőbb feltételeinek megállapítását az 500 C°-on, 1 óra hosszat redukált ércen végeztem. A megelőző kísérletek ugyanis azt mutatták, hogy az 500°-on redukált ércből híg savval több mangán oldható ki, mint a 400°-on kezelt anyagból. Az irodalomban található adatok szerint [12], az 500°-os redukciónál keletkező MnO jobban ellenáll a levegő oxidáló hatásának, mint az, amelyik alacsonyabb hőmérsékleten képződött. Egyébként pedig, ha az oldatba kerülő vas úgyszólván leválik a neutrális lúgzásnál, akkor a 400°-on végzett redukciónak már nem számottevő előnye az, hogy az így kapott anyagból a híg sav kevesebb vasat old.



redukálás:  $400\text{ C}^\circ$ , 1 óra

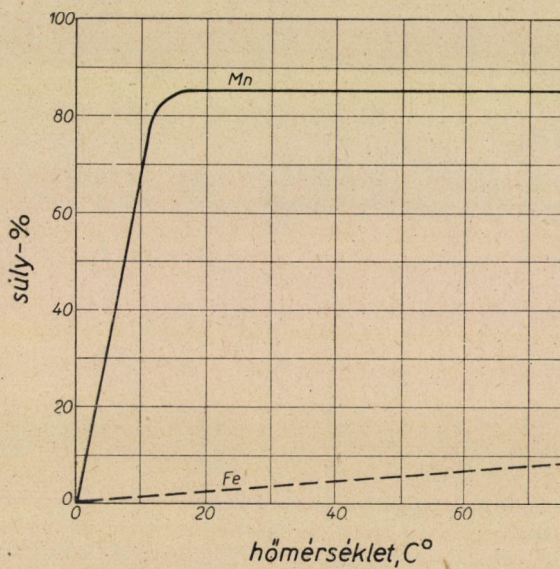
lúgzás:  $1500\text{ cm}^3/100\text{ g}$  redukált érc,  $2 \times 1$  óra



13. ábra

redukálás:  $400\text{ C}^\circ$ , 1 óra

lúgzás:  $2000\text{ cm}^3/100\text{ g}$  redukált érc,  $2 \times 1$  óra



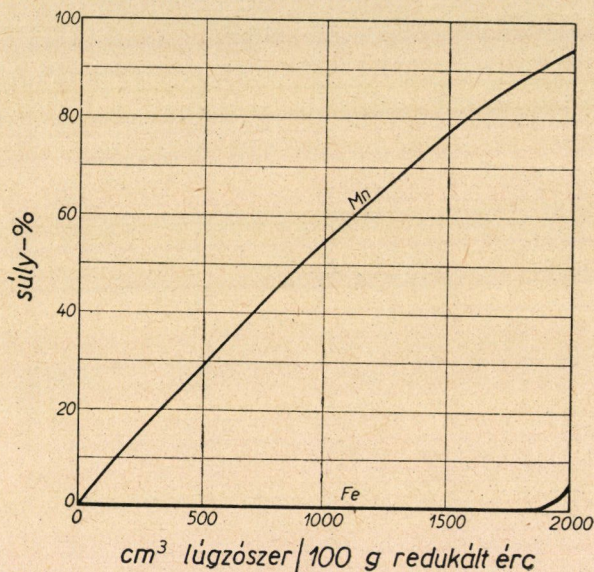
14. ábra

A jobb mangánkihozatal végett az ellenáramban való lúgzást *kavarás közben* végeztem. A neutrális lúgzáshoz a savanyú lúgzásból kikerülő vasas oldaton *kívül* friss, savanyú oldatot is adtam.

A *kavarás* teljesebbé teszi a lúgzószer és az anyag érintkezését — vagyis a reakciók lefolyását gyorsítja —, azonkívül a lúgot a levegővel is közvetlenebb érintkezésbe hozza. Ez az utóbbi körülmény azért fontos, mert a vasnak egy része ferroszalakban jut oldatba, ez pedig csak ferrivassá való oxidálódása után válhatik le. Az oxidációt a jelen esetben a levegőnek kell elvégeznie. A *kavarásról* úgy gondoskodtam, hogy az elektrolizáló állványba befogott hengerpohárba berakott, ércből és lúgzószerből álló elegyet kis elektromotorral meghajtott platina-spirálissal vagy üvegből készült keverővel kevertem percenként kb. 1000 fordulattal.

redukálás: 500 C°, 1 óra

lúgzás: 20 C°, 2 x 1,5 óra



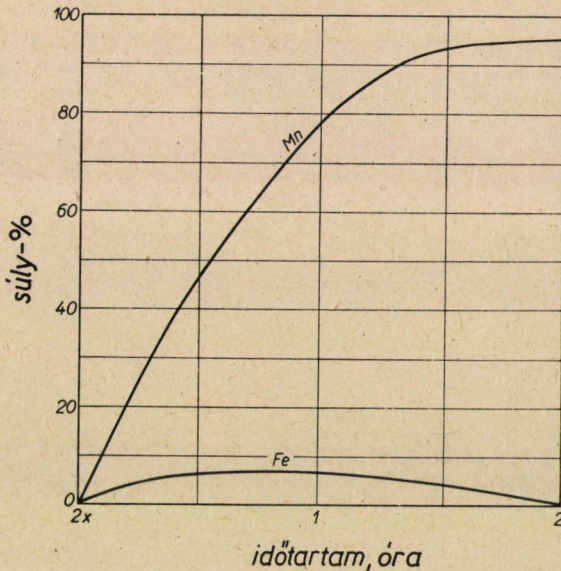
15. ábra

Azzal, hogy a neutrális lúgzáshoz a savanyú lúgzásból kikerülő vasas oldaton *kívül* — egy kísérlet kivételével — friss, savanyú oldatot is adtam, a gyakorlatban használatos munkamódot [13] iparkodtam megközelíteni. Az ellenáramos lúgzást alkalmazó legtöbb üzemben ugyanis úgy dolgoznak, hogy a savanyú lúgzásnál kapott lúghoz, mielőtt a neutrális lúgzáshoz adnák, bizonyos mennyiségű elektrolit-véglúgot, tehát savban megdúsult oldatot pótolnak. Ez a munkamód gyorsítja és ezzel gazdaságosabbá teszi a műveletet, mert így lehet eleget tenni az ellenáramban való lúgzás — gazdasági szempontból fontos — két követelményének. Az egyik szerint a *neutrális lúgzáshoz az ércel csak annyi MnO-t tanácsos beadni, hogy még éppen vastól mentes oldat keletkezzen*; a másik szerint a *savanyú lúgzáskor csak akkora savfeles-*

legnek kell lennie, hogy a neutrális lúgzás maradványában levő mangán még éppen oldódjék. Ha ugyanis a neutrális lúgzásnál az érc a savhoz képest a fentebb említettnél nagyobb feleslegben van jelen, akkor sok mangánt tartalmazó maradvány kerül a savanyú lúgzáshoz, ahol a mangán aránylag sok vassal együtt oldódik ki. Így tehát több vas és több mangán forog a lúgzásnál. Ha viszont a savanyú lúgzáshoz több savat adunk, mint amennyi a neutrális lúgzás maradványában levő mangán oldásához még éppen szükséges, akkor ez a savfelesleg vasat fog oldani, ami pedig nem kívánatos.

redukálás: 500 C°, 1 óra

lúgzás: 2000 cm<sup>3</sup>/100 g redukált érc

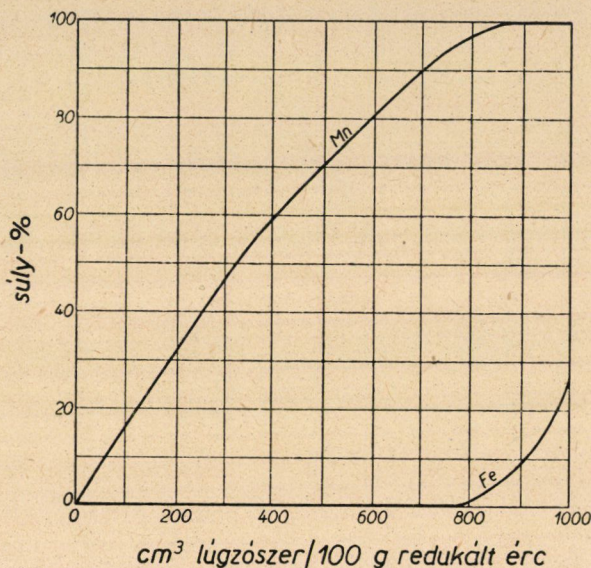


16. ábra

A kísérleteket az előző fejezetben leírt vizsgálatokhoz hasonlóan végeztem. A redukált érc lúgzásánál mesterségesen készült vasas oldat és vastól mentes savanyú oldat keverékével indultam ki. A vasas oldat literenként 2,4 g vasnak megfelelő ferriszulfátot, 15 g MnSO<sub>4</sub>-alakban levő mangánt és 2,3 g szabad kénsavat tartalmazott, mennyisége 100 g redukált ércre vonatkoztatva 1500 cm<sup>3</sup> volt. A vastól mentes savanyú oldatban literenként 30 g kénsav, 200 g ammóniumsulfát és 3 g mangán volt, mennyisége 100 g redukált ércre vonatkoztatva 0 és 500 cm<sup>3</sup> között volt. Szobahőmérsékleten és kavarással közben lúgoztam. A neutrális lúgzás szilárd maradványától elkülönített lúgot elemeztem, a szilárd maradványt pedig friss savanyú oldattal lúgoztam. Az itt kapott vasas oldat az előírt mennyiségű savanyú oldattal együtt a neutrális lúgzáshoz került. A savanyú lúgzás szilárd maradványát kimostam, és a mosóvizet elemeztem. Ezt a műveletet többször ismételtam. Az ismétlést úgy kell értelmezni, hogy a savanyú lúgzásnál kapott vasas oldat, többnyire savanyú oldattal megpótolva friss érc lúgzásához került mindaddig, amíg a neutrális lúgzásból kikerült oldat összetétele körülbelül állandósult.

A kísérleti adatok számtani középértékeiből készült — részben extrapolálással — a 15. és 16. ábra. Az előbbi azt mutatja, hogy miképpen változik

az oldott mangán és vas százalékos mennyisége, ha az 500°-on, 1 óra hosszat redukált anyag 100 grammját közönséges hőmérsékleten, kétszer 1,5 óra hosszat, ellenáramban, kaválás közben lúgozzuk. Mégpedig úgy, hogy a savanyú lúgzáshoz 1500 cm<sup>3</sup> friss savanyú oldatot veszünk, a neutrális lúgzást pedig friss anyagon a savanyú lúgzásnál kapott szűrleten kívül 0–500 cm<sup>3</sup>-ig terjedő mennyiségű friss savanyú oldat pótlásával végezzük, vagyis összesen 1500–2000 cm<sup>3</sup>-nyi friss savanyú lúgot használunk a kétféle lúgzásnál. A 16. ábra pedig a mangán- és vaskihozatalnak a lúgzás időtartamával való változását szem-



17. ábra

lélteti akkor, amikor az 500°-on, 1 óra hosszat redukált anyag 100 grammjához a savanyú és a neutrális lúgzásnál összesen 2000 cm<sup>3</sup> savanyú oldatot adunk.

Az eredmény egy kísérlet esetében a legkedvezőbb. Ekkor a neutrális lúgzásból kikerült, vastól mentes lúg  $\frac{22,8}{2} = 11,4$  g mangánt tartalmaz literenként

(a mosóvíz mangántartalmát nem vettem számításba), a mangánnak pedig a 94,3%-a ment oldatba. A mangánkihozatal ugyan jó, a lúg vastól is mentes, és ezek ellenére mégsem felel meg a mangánelektrolízis követelményeinek, mert mangántartalma (11,4 g/l) csak kb. a fele a megkívántnak (24–35 g/l).

c) Az 500°-on, 1 óra hosszat redukált érc ellenáramban való, kaváló lúgzása 60 g/l kénsavat, 200 g/l ammóniumsulfátot és 3 g/l MnSO<sub>4</sub>-alakban levő mangánt tartalmazó oldattal, közönséges hőmérsékleten.

Abból a célból, hogy a megkívánt mennyiségű mangánt tartalmazó oldat kerüljön az elektrolízishez, olyan oldattal kell lúgozni, amelyben literenként kb. kétszer annyi kénsav van, mint a korábbi kísérleteknél alkalmazott oldatban.

Ezért van a most használt lúgzószerben az előző 30 g/l-rel szemben 60 g/l kénsav. A megelőző kísérletek eredményeit szem előtt tartva arra lehet következtetni, hogy ebből a kénsavban dúsabb oldatból ugyanannyi mangán oldásához — térfogatra nézve — félannyi kell, mint a korábban alkalmazott hígabb oldatból.

A kiindulásnál használt, kísérletek alapján mesterségesen előállított vasas oldat literenként 200 g ammóniumsulfátot, 18 g mangánt, 1,4 g ferriszulfátalakban levő vasat és 32 g szabad kénsavat tartalmazott. A továbbiakban ugyanúgy jártam el, mint az előző fejezetben leírt kísérleteknél. A 17. ábra a mangán- és vaskihozatalokat tünteti fel a redukált érc 100 grammjához adott lúgzószer mennyiségének függvényében. A diagramból jól látható, hogy a legjobb eredményeket akkor kapjuk, amikor 100 g redukált érchez — a savanyú és a neutrális lúgzásnál összesen — 750–800 cm<sup>3</sup> friss, savanyú oldatot adunk.

A legjobb eredményt két kísérlet szolgáltatta. Az első esetben, amikor a redukált érc 100 grammjához a 3 óra hosszat tartó, savanyú lúgzáskor 750 cm<sup>3</sup> savanyú oldatot, az ugyancsak 3 óráig tartó, neutrális lúgzáskor csak a savanyú lúgzásból kikerült vasas oldatot adjuk, a neutrális lúgzásból kikerült lúg vastól mentes, és literenként  $\frac{1000}{750} = 26,6$  g mangánt tartalmaz. Az egyik kísérlet, amikor 100 g redukált érchez a 3 óráig tartó, savanyú lúgzáskor 600 cm<sup>3</sup> savanyú oldatot, az ugyancsak 3 óra hosszat tartó, neutrális lúgzásnál — a savanyú lúgzásból kikerült vasas oldaton kívül — 200 cm<sup>3</sup> savanyú oldatot adunk, a neutrális lúgzó berendezést elhagyó, szennyezésektől mentes lúg mangántartalma  $\frac{1000}{800} \cdot 20 = 25$  g/l. Mind a két kísérletnél kapott lúg megfelel az elektrolízis követelményeinek.

Érdekes, hogy 100 g redukált érc mangántartalmának oly módon való kilúgzásához, hogy vastól mentes oldat keletkezzék, 2000 cm<sup>3</sup>, 30 g/l kénsavtartalmú lúgzószer, tehát 60 g kénsav szükséges, viszont a l-ként 60 g kénsavval savanyított lúgzószerből 750, illetve 800 cm<sup>3</sup>, tehát 45, illetve 48 g kénsavnak megfelelő mennyiség kell. Az elméletileg szükségeshez képest a savfelesleg az első esetben  $\frac{60 - 37,42}{37,42} \cdot 100 = 60,34\%$ , az utóbbi esetben pedig csak

$$\frac{45 - 37,42}{37 - 42} \cdot 100 = 20,25, \text{ illetve } \frac{48 - 37,42}{37 - 42} \cdot 100 = 28,27\%.$$

Végeredményben tehát megállapítható, hogy az úrküti mosási meddőből laboratóriumi mértékben úgy lehet a mangánelektrolízis számára alkalmas elektrolitot előállítani, hogy a megfelelően (0,4 mm-nél kisebb szemnagyságra) aprított ércet 500 C°-on, 1 órán át kezeljük redukáló gázáramban, redukáló atmoszférában hűtjük, azután közönséges hőmérsékleten, kavarással mellett lúgozzuk ellenáramban 60 g/l kénsavat, 200 g/l ammóniumsulfátot és 3 g/l mangánt tartalmazó lúggal. A laboratóriumban jó mangánkihozatalt és vastól mentes lúgot akkor kapunk, ha 100 g redukált érchez a 3 óra hosszat tartó savanyú

2. táblázat

A kísérlet száma	60. sz.			61. sz.			62. sz.					
		Mn, g	Fe, g	SO <sub>4</sub> , g		Mn, g	Fe, g	SO <sub>4</sub> , g		Mn, g	Fe, g	SO <sub>4</sub> , g
Redukált anyag .....	5 g	1,3120	—	—	5 g	1,2240	—	—	5 g	1,1403	—	—
Vasas oldat .....	30 cm <sup>3</sup>	0,3690	0,0420	6,0540	30 cm <sup>3</sup>	0,3690	0,0420	6,0540	—	—	—	—
Véglég.....	10 cm <sup>3</sup>	0,0300	—	2,0930	10 cm <sup>3</sup>	0,0300	—	2,0930	30 cm <sup>3</sup>	0,603	—	6,5700
Katolit .....		1,1750	0,0290	7,6500		1,0600	0,2340	7,2600		0,8100	0,1170	5,1400
Egyszer kilúgozott anyag .....		0,5360	—	0,4970		0,5630	—	0,8870		0,3900	—	1,4300
Véglég.....	30 cm <sup>3</sup>	0,0900	—	6,2790	30 cm <sup>3</sup>	0,0900	—	6,2790	30 cm <sup>3</sup>	0,0900	—	6,2790
Vasas oldat .....		0,3160	0,1830	5,6225		0,3360	0,1490	5,6000		0,4800	—	5,3030
Mosóvízzel kihozva ..		0,0980	0,0580	1,0900		0,1120	0,0497	1,4700		0,1790	0,0846	2,2900
Kimosott anyag .....		0,2120	—	0,0635		0,2000	—	0,1220		0,0290	—	0,1070
Redukált anyag .....									5 g	1,1400	—	—
Véglég.....									10 cm <sup>3</sup>	0,0300	—	2,0930
Katolit .....										0,7900	—	5,1200
Egyszer kilúgozott anyag .....										0,8600	—	2,2760
Véglég.....									30 cm <sup>3</sup>	0,0900	—	6,2790
Vasas oldat .....										0,6720	0,2280	6,2650
Mosóvízzel kihozva ..										0,2200	0,0700	2,2120
Kimosott anyag .....										0,0580	—	0,0900

3. táblázat

A kísérlet száma	63. sz.			64. sz.			65. sz.					
		Mn, g	Fe, g	SO <sub>4</sub> , g		Mn, g	Fe, g	SO <sub>4</sub> , g		Mn, g	Fe, g	SO <sub>4</sub> , g
Redukált anyag .....	5 g	1,2520	—	—	5,36 g	1,3367	—	—	5 g	1,2500	—	—
Vasas oldat! .....	—	—	—	—	30 cm <sup>3</sup>	0,6150	0,2230	6,2790	30 cm <sup>3</sup>	0,6150	0,2230	6,2790
Véglóg a) összetétel .	30 cm <sup>3</sup>	0,0900	—	6,2790	20 cm <sup>3</sup>	0,0600	—	4,1860	20 cm <sup>3</sup>	0,0600	—	4,1860
Katolit .....		0,7550	—	5,3000		1,2650	—	8,3300		1,2500	—	8,4980
Egyszer kilúgozott anyag .....		0,5870	—	0,9790		0,7467	—	2,1350		0,6750	—	1,9670
Véglóg, a) összetétel	30 cm <sup>3</sup>	0,0900	—	6,2790	30 cm <sup>3</sup>	0,0900	—	6,2790	30 cm <sup>3</sup>	0,0900	—	6,2790
Vasas oldat, szűrlet .		0,4480	0,1460	5,4300		0,5270	0,3510	7,6500		0,6200	0,3210	6,8280
Mosóvízzel kihozva ..		0,1210	0,0467	1,5300		0,0517	0,0350	0,4440		0,0725	0,0527	1,2362
Kimosott anyag .....		0,1080	—	0,1560		0,2580	—	0,1740		0,0725	—	0,1710

4. táblázat

A kísérlet száma	66. sz.			
		Mn, g	Fe, g	SO <sub>4</sub> , g
Red. anyag .....	5,36 g	1,4210		
Vasas oldat .....	30 cm <sup>3</sup>	0,6150	0,2230	6,2790
Véglóg, a) összetétel .....	20 cm <sup>3</sup>	0,0600	—	4,1860
Katolit .....		1,5100	0,1460	9,7000
Egyszer kilúgozott anyag .....		0,5860		0,7650
Véglóg, a) összetétel : .....	30 cm <sup>3</sup>	0,0900	—	6,2790
Vasas oldat .....		0,5430	0,3650	6,2600
Mosóvízzel kimosva .....		0,0830	0,0526	0,8100
Kimosott anyag .....		0,0500	—	0,1280

lúgzáskor 750, illetve 600 cm<sup>3</sup> savanyú oldatot adunk, az ugyancsak 3 órán át tartó neutrális lúgzáskor pedig csak a savanyú lúgzásból kikerült oldatot, illetve ennek 200 cm<sup>3</sup> savanyú oldattal való keverékét juttatjuk.

**D) A 400—500 C°-között, 1 óra hosszat redukált anyag, 2×3 óráig tartó ellenáramban való lúgzásánál végbemenő folyamatok vizsgálata**

a) *A lúgzás különböző szakaszaiból kikerült oldatok és szilárd anyagok összetétele.*

Ennek a kísérletsorozatnak, amelynek eredményeit a 2., 3. és 4. táblázat tartalmazza, fő célja annak a megállapítása volt, hogy a kilúgozott, kimosott anyag mennyi kénsavat visz magával, és hogy ezért — elektrolízis esetén — a lúgösszerekhez mennyi friss kénsavat kell pótolni.

Ezekhez a lúgzásokhoz az alábbi összetételű oldatokat készítettem :

Vasas oldat	a) véglóg	b) véglóg
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> = 200 g/l .....	200 g/l .....	200 g/l
MnSO <sub>4</sub> = 33,8 g/l .....	8,24 g/l .....	5,5 g/l
Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> = 5 g/l		
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> = 32 g/l .....	60 g/l .....	72 g/l

A 60. és 61. kísérletnél (2. táblázat) 5 g redukált ércet a vasas oldat 30 cm<sup>3</sup>-ével és az »a) véglóg« 10 cm<sup>3</sup>-ével lúgoztam 3 órán át, közönséges hőmérsékleten, kavarással közben.

A keletkezett oldatot, amely az elektrolízishez katolit gyanánt kerülne, kis vákuumban szűrőpapíron való szűréssel különítettem el az egyszer kilúgozott anyagtól. A szűrt elemzéshez került. Az egyszer kilúgozott anyagot a szűrőpapírral együtt a lúgzóedénynek használt üvegpohárba adtam, hozzá 30 cm<sup>3</sup> »a) véglógot« töltöttem és 3 órán át lúgoztam közönséges



hőmérsékleten, kavaráss közben. A zagyot szűrőpapíron szűrtem kis vákuumban. A szűrőn átment vastartalmú oldat elemzéshez került. A szűrőn maradt anyagot forró vízzel mostam. A mosóvizet és a kimosott anyagot elemeztem.

A 62. kísérlet munkamódja a fent leírttól annyiban különbözött, hogy az 5 g redukált érc neutrális (első) lúgzásához nem adtam mesterségesen előállított vasas oldatot, hanem csak a *b*) szerinti összetételű véglúg  $30 \text{ cm}^3$ -ével lúgoztam az előző két kísérlet leírásánál ismertetett módon. Ebből az első (neutrális) lúgzásból kikerült anyagot folytatólag  $30 \text{ cm}^3$  *a*) szerinti összetételű véglúggal lúgoztam. Ezt a lúgzást már savanyúnak kell minősíteni, mert az anyagban visszamaradt mangánhoz képest nagy a savfelesleg. Az itt keletkezett vasas oldatot nem elemeztem, hanem ez  $10 \text{ cm}^3$ , *a*) összetételű véglúggal megpótolva 5 g friss redukált érc neutrális lúgzásához került. Ennek a lúgzásnak a szilárd maradványát  $30 \text{ cm}^3$  *a*) összetételű véglúggal savanyún lúgoztam. Az első lúgzások termékein kívül a második neutrális lúgzásból származó katolítot, a második savanyú lúgzásnál keletkező vasas oldatot és a második mosás két termékét: a mosóvizet és a kimosott anyagot elemeztem.

A 2. táblázat adataiból megállapítható, hogy az első neutrális lúgzásból kikerült katolít mind a három kísérletben vastartalmú. A 62. kísérletnél, a második neutrális lúgzás után leszűrt katolít azonban vastól mentes. Szembetűnik az is, hogy a mosóvizek aránylag sok mangánt, vasat és szulfátot ( $\text{SO}_4$ -et) tartalmaznak. Ennek magyarázata, hogy a savanyú lúgzás után következő szűrésnél két szűrőpapír (a neutrális lúgzás után való szűrésnél alkalmazott, valamint a vasas oldat és a kétszer kilúgzott anyag elválasztásánál használt) folyadékot tart vissza. Természetesen az ilyen munkamóddal kapott mosóvízben több mangán, vas és szulfát ( $\text{SO}_4$ ) van, mint amennyi az üzemben való mosásnál keletkező mosóvízben várható lesz, ezért a 3. és a 4. táblázatban foglalt kísérleteknél iparkodtam a szűrést — lehetőség szerint — úgy végezni, hogy a mosóvíz fém- és  $\text{SO}_4$ -tartalma a lehető legkisebb legyen.

Az új kísérletek számára azonban olyan vasas oldatot iparkodtam készíteni, amelyik — a 60—62. kísérletnél leírt munkamódszer mellett — az egyensúlyban levő rendszer vasas oldatával közel megegyező összetételű.

Ezt az összetételt azzal az okoskodással iparkodtam megközelíteni, hogy a következőket feltételeztem:

1. a neutrális lúgzásnál a vas ferrihidroxid-alakban válik le,
2. a savanyú lúgzást követő mosáskor a vízzel való hígítás (hidrolízis) következtében az oldatban levő vasból semmi sem válik le,
3. mind a neutrális, mind a savanyú lúgzás szilárd maradványa a szűrés után ugyanakkora térfogatú, az  $\text{SO}_4$ -re nézve azonos koncentrációjú oldatot tartalmaz.

Ezek szerint a savanyú lúgzásból kikerült *vasas oldat*  $\text{SO}_4$ -tartalmának egyenlőnek kell lennie a savanyú lúgzáshoz adott véglúgban levő  $\text{SO}_4$  mennyiségével; ebből következik továbbá az is, hogy az *egyszer kilúgzott anyagban* a lúg leszűrése után annyi  $\text{SO}_4$  marad, mint amennyi a savanyú lúgzás utáni mosóvízben és a kimosott anyagban együttvéve található. A neutrális lúgzásnál keletkező *katolítban* foglalt  $\text{SO}_4$  mennyiségének pedig egyenlőnek kell lennie a neutrális és a savanyú lúgzáshoz adott véglúg  $\text{SO}_4$ -tartalmának az összegével.

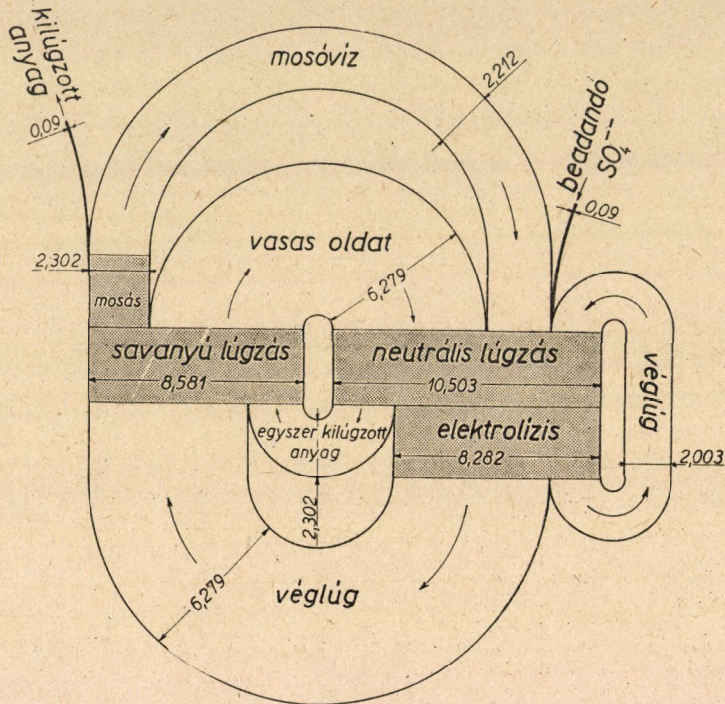
A gyakorlatban a neutrális lúgzáshoz csak annyi friss kénsavat kell pótolnunk, amennyit a kimosott anyag elvisz magával. Ezeknél a kísérleteknél nem adtam friss kénsavat és a mosóvizet sem juttattam vissza a lúgzáshoz, hanem több véglúggal végeztem a neutrális lúgzást.

A fentiek alapján adódik, hogy a kísérletnél keletkezett katolít  $\text{SO}_4$ -tartalmát úgy kapjuk meg, ha a neutrális és a savanyú lúgzáshoz adott véglúgban levő  $\text{SO}_4$ -ból levonjuk a mosóvízben és a kimosott anyagban levő  $\text{SO}_4$  mennyiségét.

A feltevések szerint — a 62. kísérletnek vastól mentes katolítot adó, második részét véve alapul — a vasas oldat  $30 \text{ cm}^3$ -ében  $6,279 \text{ g}$   $\text{SO}_4$ -nek kellene lennie (az elemzés során  $6,265 \text{ g}$ -ot találtam), az egyszer kilúgozott anyagnak  $2,212 + 0,090 = 2,302 \text{ g}$   $\text{SO}_4$ -et kellene tartalmaznia (számítás szerint  $2,276 \text{ g}$  van benne) és a katolít  $\text{SO}_4$ -tartalmának  $2,093 + 6,279 - 2,212 - 0,090 = 6,070 \text{ g}$ -nak kellene lennie (a 62. kísérlet második részében  $5,12 \text{ g}$ -ot találtam).

A mangáneloszlására vonatkozóan feltehető, hogy a mosóvízben levő mangán- és  $\text{SO}_4$ -mennyiség aránya egyenlő a *vasas oldat* mangán- és  $\text{SO}_4$ -tartalmának arányával; más szóval ez azt tételezi fel, hogy a mosóvíz felhígított *vasas oldat*. Az *egyszer (neutrálisan) kilúgozott anyagban* levő mangán mennyiségét megkapjuk, ha a mosóvíz, a kimosott anyag és a *vasas oldat* mangántartalmának összegéből levonjuk a savanyú lúgzáshoz adott véglúgban levő mangánt. Végül a *katolit* mangántartalmának egyenlőnek kell lennie a redukált ércel és a lúgzásokhoz adott véglúgokkal bevitt összes mangán és a kimosott anyagban maradt mangán különbségével.

Ezek szerint a már idézett esetben — a 62. kísérlet második része — a *vasas oldatban* az  $\frac{\text{SO}_4}{\text{mangán}}$  hányadosnak egyenlőnek kellene lennie  $\frac{2,212}{0,220} = 10$ -zel (elemzés szerint  $\frac{6,265}{0,672} =$



18. ábra

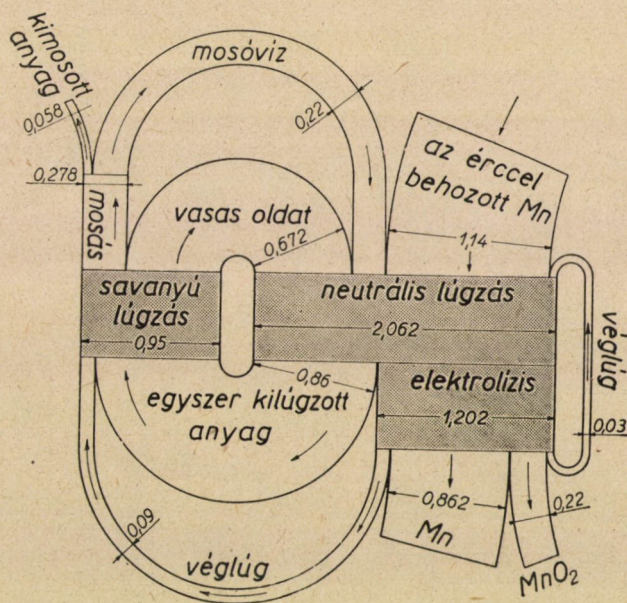
= 9,32); azután az egyszer kilúgozott anyagnak  $0,22 + 0,058 + 0,672 - 0,09 = 0,86$  g mangánt kell tartalmaznia; végül a katolitban  $1,14 + 0,03 + 0,09 - 0,058 = 1,202$  g mangánnak kell lennie. (0,79 g van. Ehhez azonban még hozzá kell adni a vissza nem adott mosóvízben levő 0,22 g-ot. Az összeg 1,01 g.)

A vastartalmat vizsgálva megállapítható, hogy — ha az említett feltevések fennállnak: 1. a *vasas oldatban* levő vas mennyisége a mosóvíz összetételének és a *vasas oldat* mangán-, illetőleg  $\text{SO}_4$ -tartalmának ismerete alapján kiszámítható; 2. az *egyszer kilúgozott anyagban* annyi vas van, mint a *vasas oldatban*, a mosóvízben és a redukált ércben együttvéve; 3. a *kimosott anyagnak* annyi vasat kell elvinnie, amennyit a redukált ércel behozunk.

Így tehát a *vasas oldatban* az  $\frac{\text{SO}_4}{\text{mangán}}$  hányados értékének  $\frac{2,212}{0,070} = 30,3$ -nek kellene lennie (elemzés szerint  $\frac{6,265}{0,228} = 27,5$ ), az *egyszer kilúgozott anyagnak*  $0,228 + 0,070 + 0,750 = 1,048$  g vasat kell tartalmaznia, és a kimosott anyagban 0,75 g vasnak kell lennie.

A fenti okoskodás alapján készült a 18., 19. és 20. ábra. Ezek a viszonyokat csak minőségileg tüntetik fel, mennyiségileg nem felelnek meg pontosan az üzemi állapotoknak.

Az előző fejtegetés eredményeinek megfelelően olyan vasas oldatot készítettem, amelynek 1 literében 200 g ammóniumsulfát, 20,5 g mangánsulfát alakjában levő mangán, 7,44 g vasnak megfelelő ferriszulfát és 9,12 g szabad kénsav volt. Ez a vasas oldat összetételét tekintve nagyon hasonlít ahhoz a vasas oldathoz, amely a 62. kísérlet utolsó savanyú lúgzásánál képződött.



19. ábra

Elkészítésénél az imént levezetett arányszámokat tartottam szem előtt. A 64—66. kísérletnél (3. és 4. táblázat) ez a vasas oldat került a neutrális lúgzáshoz.

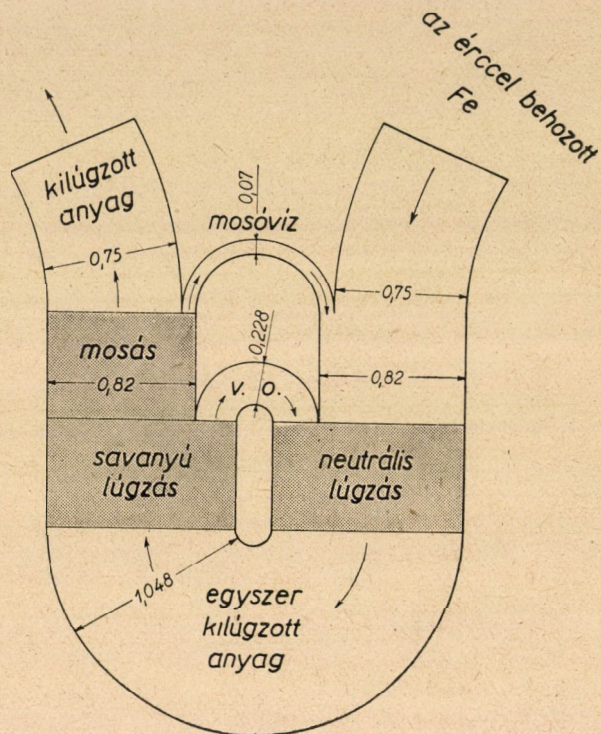
A mosóvíz fém- és  $\text{SO}_4$ -tartalmának a csökkentése érdekében a 63., 64. és 65. kísérletnél (3. táblázat) a neutrális, kavarási lúgzás befejezése után az oldatot a szilárd anyagtól porózus fenékkal ellátott szűrőcsészében való szűréssel különítettem el. Mivel a szilárd anyagot nehéz lett volna a csészéből veszteség nélkül kiszedni, azért csak a neutrális lúgzást végeztem kavarási közben, a savanyú lúgzásnál pedig úgy jártam el, hogy az erre szolgáló a) végfűgöt a szűrőcsészébe töltöttem, itt kis ideig állni hagytam, azután vákuumban szűrtem, a szűrletet pedig újból visszatöltöttem. Ezt a műveletet többször ismételttem.

A 63. kísérletnél a neutrális lúgzáshoz csak végfűgöt adtam, vasas oldatot nem; a 64.-nél 5,36 g-nyi, a 65.-nél 5 g-nyi érc 30 cm<sup>3</sup> vasas oldattal és 20 cm<sup>3</sup> végfűggyel került a kavarási, neutrális lúgzáshoz. A táblázatból látható, hogy a neutrális lúgzásból származó katolit mind a három kísérletnél vastól mentes

és az ércben levő mangánból ennek  $\frac{0,755-0,090}{1,252} 100 = 53,1$  (63. kísérlet),

$\frac{1,265-0,675}{1,3367} 100 = 44,2$  (64. kísérlet) és  $\frac{1,250-0,675}{1,250} 100 = 46\%$ -át (65.

kísérlet) tartalmazza. (A valóságban több mangán oldódott, amennyiben az



20. ábra

egyszer kilúgzott anyag és a szűrőcsészével visszatartott oldat is mangántartalmú.) A katolitban lévő  $\text{SO}_4$ -mennyiség a neutrális lúgzáshoz adott oldat  $\text{SO}_4$ -tartalmának  $\frac{5,3}{6,279} 100 = 84,5$ , azután  $\frac{8,33}{10,465} 100 = 79,7$  és  $\frac{8,498}{10,565} 100 = 81,1\%$ -a. Az egyszer kilúgzott anyag a 63. kísérletnél, amikor a neutrális lúgzást vasas oldat adása nélkül végeztem, számítás szerint  $0,979$  g  $\text{SO}_4$ -et tartott vissza, részben a benne maradt folyadékban, részben bázisos szulfátok vagy kalciumszulfát alakjában. A 3. táblázatban foglalt másik két kísérlet esetében ez az  $\text{SO}_4$ -mennyiség  $2,135$  és  $1,967$  g. Már ebből is látható, hogy ha több vas válik le, több a neutrálisan kilúgzott anyag  $\text{SO}_4$ -tartalma, ami — más szóval — annyit jelent, hogy a vas bázisos ferriszulfát alakjában megy a csapa-

dékba. (Ez a 62. kísérlet eredményein is megfigyelhető.) Azt a feltevést, hogy a mosásból kikerült víz hígított vasas oldat, a táblázat eredményei elég jól igazolják. Ezekkel a kísérletekkel azt a kitűzött célt, hogy kísérleteimnél a lúgzási szilárd maradványoknak vízzel való mosásánál kapott oldatok lehetőleg kevés mangánt tartalmazzanak, elértem, azonban a kimosott anyagban — a 65. kísérlet kivételével — sok mangán maradt. Ennek valószínű oka az, hogy a savanyú lúgzás nem kavarással közben folyt le.

Ennek a feltevésnek az igazolására végeztem a 66. kísérletet, amelynek eredményeit a 4. táblázat foglalja össze.

Ennél a kísérletnél üveg szűrőtégelyben szűrtem, és mindkét lúgzás kavarással lúgzás volt. A katoliban sok mangán és  $\text{SO}_4$ -en kívül vasat is találtam. A két első mennyisége valószínűleg a jobb leszűrődés és a vas egy részének oldatban való maradása miatt volt sok. Az utóbbi körülményből arra lehet következtetni, hogy a kísérlet valamilyen okból a bázisos ferriszulfát képződésre nem volt kedvező, ennek tulajdonítható — éppen úgy, mint a 60. és 61. kísérletnél is — az, hogy az egyszer kilúgzott anyagban aránylag kevés  $\text{SO}_4$  maradt. A mangán-kihozatal jó ;

$$\frac{1,421 - 0,050}{1,421} \cdot 100 = 96,6\% .$$

A legjobb eredmények a 65. kísérletnél adódtak. Vizsgáljuk meg, hogy ebben az esetben a számított értékek hogyan egyeznek a táblázatban levő eredményekkel.

A leszűrt vasas oldat  $\text{SO}_4$ -tartalmának a feltevés szerint 6,279 g-nak kellene lennie, vagyis ugyanannyinak, mint amennyi a kiinduló (készletből származó) vasas oldatban van ; a valóságban 6,828 g-ot találtam. Az egyszer kilúgzott anyagban maradna az előbbi okoskodás szerint  $1,2362 + 0,1711 = 1,4072$  g  $\text{SO}_4$ , maradt pedig a táblázat szerint 1,967 g, és éppen emiatt a katoliban  $4,186 + 6,279 - 1,2362 - 0,1710 = 9,0578$  g helyett csak 8,498 g  $\text{SO}_4$  van.

A vasas oldatban  $6,828 \cdot \frac{0,0725}{1,2362} = 0,4$  g mangánnak kellene lennie és 0,62 g mangán van.

Az egyszer kilúgzott anyag  $0,0725 + 0,0725 + 0,6200 - 0,0900 = 0,6750$  g mangánt tartalmaz és a katoliban  $1,25 + 0,06 + 0,09 - 0,0725 = 1,3275$  g helyett 1,25 g mangán van. (Ha az 1,25 g-hoz hozzáadjuk a vissza nem adott mosóvíz mangántartalmát — 0,0725 g-ot —, összegül 1,3225 g-ot kapunk.)

A vasas oldat vastartalma számítás szerint  $6,828 \cdot \frac{0,0527}{1,2362} = 0,291$  g az elemzésnél talált 0,321 g-mal szemben.

Amint látjuk, az egyes eredményeknél kisebb-nagyobb eltérés mutatkozik a számított és talált érték között. Ennek egyik oka az, hogy a neutrális lúgzásnál alkalmazott, kiinduló vasas oldat összetételére nézve nem felel meg pontosan az egyensúlyba jutott üzem vasas oldatának, másik oka, hogy a redukált érc 100 g-jához az előzőleg végzett kísérleteknél adódó  $80 \text{ cm}^3$  helyett  $100 \text{ cm}^3$  véglúgot adtam, továbbá a mosóvíz sem került vissza a neutrális lúgzáshoz, végül pedig a fejtegetés elején említett feltételek sem egészen helytállóak. A vas ugyanis nem ferrihidroxid, hanem bázisos ferriszulfát alakjában válik le a neutrális lúgzásnál, és a mosóvízzel kihozott mangán és vas közötti arány sem egészen ugyanaz, mint a vasas oldatban, mert a mosás során az anyagban foglalt vasas oldat hígul, ennek folytán hidrolizál, ami vasleválást okoz. A vasnak a neutrális lúgzás során bázisos szulfátalakban való leválása a 18.

ábrán feltüntetett számokat annyiban módosítja, hogy : 1. a neutrálisan kilúgzott anyagban a lúg leszűrése után annyival több  $\text{SO}_4$  marad vissza az előzőekben kiszámított mennyiségnél, mint amennyit a leválat bázisos vassulfát magával visz ; 2. a savanyú lúgzásból származó vasas oldatban, valamint a mosóvízben együttvéve annyival több  $\text{SO}_4$ -nek kell lennie, mint amennyi a savanyú lúgzásnál a bázisos vassókból a szabad kénsav hatására feloldódik.

Mindebből arra lehet és kell is következtetni, hogy : a) a rendszerben annyival több  $\text{SO}_4$ -et kell körforgásban tartani, mint amennyi a neutrális lúgzásnál leválat bázisos vassókból a savanyú lúgzásnál oldatba jut ; b) a lúgzáshoz 1 t nyersércre számítva annyi  $\text{SO}_4$ -et kell friss kénsav alakjában behozni, mint amennyi lúgzószerből származó  $\text{SO}_4$ -et a savanyú lúgzás vízzel kimosott ércmaradványa elvisz. Pl. a fenti kísérletekből megállapítható, hogy a lúgzó üzemben az 1 tonna redukált ércből keletkező, kétszer kilúgzott, kimosott anyag — kerek számokat véve — 12—35 kg kénsavat emészt, vagyis a redukált érc minden tonnájához *átlag* 25 kg kénsavat kell pótolni a neutrális lúgzásnál.

b) *Az ammóniumsulfát részvétele a lúgzásnál*

A BRADLEY-eljárásnál [14] a redukált ércben levő manganooxidot ammóniumsulfáttal lúgozzák ki. Felmerül a kérdés, hogy ha itt ammóniumsulfát jelenlétében lúgzunk, vajon részt vesz-e ez a vegyület a mangán fel-

5. táblázat

A kísérlet száma	67. sz.			
		Mn, g	Fe, g	$\text{SO}_4$ , g
Red. anyag .....	5 g	1,2334	—	—
Híg $\text{H}_2\text{SO}_4$ .....	30 $\text{cm}^3$	—	—	1,7650
Katolit .....		0,6750	—	1,5600
Egyszer kilúgzott anyag .....		0,5584		0,2050
Híg $\text{H}_2\text{SO}_4$ .....	30 $\text{cm}^3$	—	—	1,7650
Vasas oldat .....		0,4670	0,2260	1,7700
Mosóvízzel kihozva .....		0,0500	0,0468	0,2130
Kimosott anyag .....		0,0414		0,0596

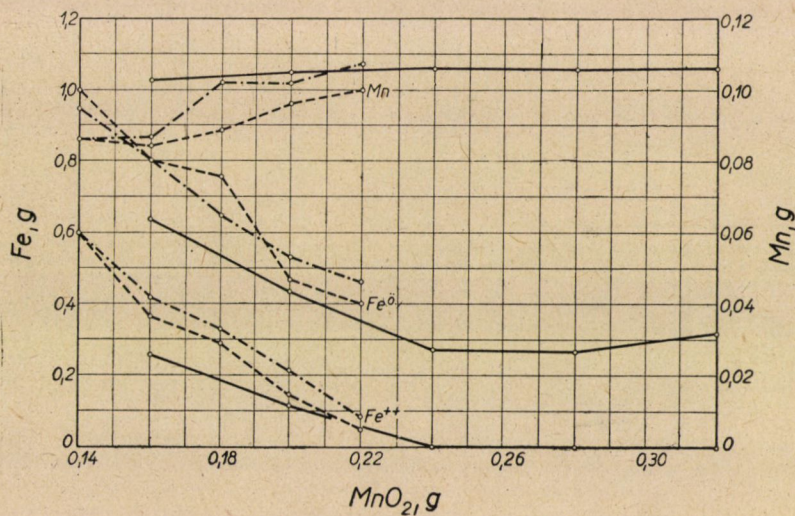
oldásában. Ennek a kérdésnek a megválaszolása végett végeztem a 67. kísérletet (5. táblázat). Ez a 63. kísérlettel (3. táblázat) azonos módon ment végbe, a különbség csak az volt, hogy ennél az új vizsgálatnál a neutrális és a savanyú lúgzáshoz egyaránt nem véglúgot alkalmaztam, hanem térfogatra nézve a véglúggal egyenlő mennyiségű híg kénsavat, amelyben sem ammóniumsulfát, sem manganosulfát nem volt, hanem csak annyi szabad kénsav, mint amennyit az előző kísérleteknél a véglúg tartalmazott (kb. 60 g/l). A 67. kísérletnél mindkét

lúgzás kavarási közben folyt le. A lúgzások után szűrőpapírral betakart fenékű szűrőcsészében szűrtem, kis vákuumban. A neutrális lúgzásból kikerült katolit most is vastól mentes volt, és az érc mangántartalmából kb. ugyanannyit — 0,675 g-ot — tartalmazott, mint a 63. kísérlet katolitja (0,735 — 0,090 = 0,665 g). Viszont a vasas oldatba több vas és mangán jutott, mint a 63. kísérletnél, aminek oka — valószínűleg — az, hogy most a savanyú lúgzás is kavarási lúgzás volt.

Az eredményekből megállapítható, hogy az ammóniumsulfát nem vesz részt az oldásban.

### E) Ferroszulfátos oldat oxidálása mangándioxiddal

A továbbiakban arra nézve kívántam tájékozódni, hogy az üzemben keletkező vasas oldattal kb. egyenlő mennyiségű vasat tartalmazó ferroszulfátos oldat vastartalmának oxidálásához mennyi mangándioxid szükséges, és hogy mangándioxiddal le lehet-e választani az oldatban levő összes vasat.



21. ábra

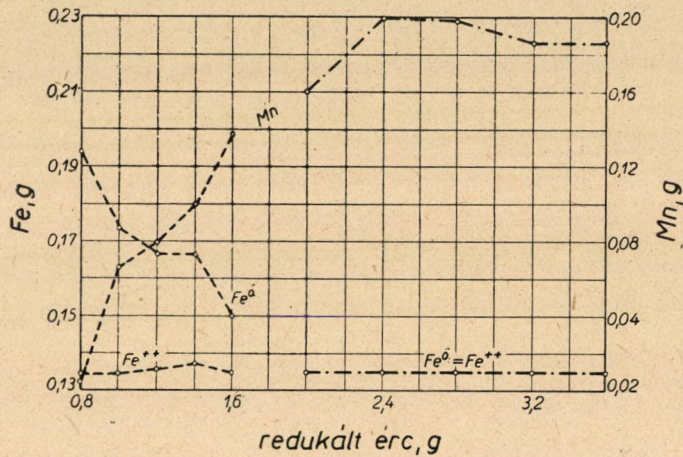
Ezért l-ként 9,64 g ferro-, 10,24 g öszsvasat és 18,836 g SO<sub>4</sub>-et (1,84 g szabad kénsavat) tartalmazó vasas oldatot készítettem. Ennek 20 cm<sup>3</sup>-ével különböző mennyiségű mangándioxidot lúgoztam kavarási nélkül. A 68—72. kísérletnél a hidegen végzett lúgzás 21—24 órán át tartott. A 73—77. vizsgálatnál a mangándioxidot 6—7 órán át, 50—60 C°-on lúgoztam.

A 78—82. kísérletnél a különböző mennyiségű mangándioxid olyan vasas oldat 20 cm<sup>3</sup>-ével került a hidegen végzett, 57—58 órán át tartó lúgzáshoz, amelyben l-ként 9,68 g ferro-, 10 g öszsvas és 17,4 g SO<sub>4</sub> (szabad kénsavból semmi sem) volt.

A kísérleti adatokból készült a 21. ábra. Ez a kapott oldatban levő mangán és vas mennyiségét tünteti fel a 20 cm<sup>3</sup> vasas oldathoz adott MnO<sub>2</sub> mennyiségének függvényében. Az ábrában a szaggatott vonalak a 68—72. kísérlet eredményeit tükrözik vissza, a pont-vonással kihúzott görbék a 73—77. kísérlet értékeit szemléltetik, a folytonos vonalak pedig a 78—82. vizsgálat eredményeinek a felhasználásával készültek.

A 21. ábrából látható, hogy a 20 cm<sup>3</sup> vasas oldattal kezelt mangándioxid mennyiségének növekedésével az oldatba kerülő mangán mennyisége csak bizonyos határig nő, az oldatban maradt vas mennyisége pedig szintén hasonlóan csökken. A növekedő vagy csökkenő érték akkor éri el a határt, amikor az összes ferrosvas ferrivassá oxidálódott. Ez a 80. kísérletnél akkor következett be, amikor a 0,1936 g ferrosvas 0,152 g mangánhoz kötött  $\frac{0,24 - 0,152}{2} = 0,044$  g, oxidációra képes oxigénnel került össze. (Elméletileg 0,1936 g ferrosvas oxidálásához csak  $0,1936 \cdot \frac{8}{56} = 0,0277$  g oxigén kell.) Ekkor a vasnak 85,9%-a vált le. A csapadékban maradt a beadott mangánnak  $\frac{0,0452}{0,1520} \cdot 100 = 29,7\%$ -a, a többi oldódott.

Feltéve, hogy a csapadék a mangánt mangándioxid-alakban tartalmazza, a csapadékban levő vas összetétele számítással megállapítható. A vizsgálatok



22. ábra

azt mutatják, hogy a vas bázisos szulfát alakjában válik le, és hogy a leválat bázisos szulfát összetétele nem állandó, hanem annál több szulfátot tartalmaz, minél nagyobb a mangándioxidfelesleg, minél több vas válik le, minél rövidebb ideig tart és minél alacsonyabb hőmérsékleten folyik a lúgzás. A vascsapadék összetétele — a lúgzás időtartamától és hőmérsékletétől függően — a mi esetünkben az  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 3\text{Fe}(\text{OH})_3$ , és  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 4\text{Fe}(\text{OH})_3$  vegyület összetételét közelíti meg.

### F) Ferriszulfátos oldat kezelése redukált ércel

Ennek a vizsgálatnak a célja annak a megállapítása volt, hogy adott összetételű ferriszulfátos oldatból mennyi redukált ércel lehet az összes ferrivasat leválasztani.



A mesterségesen készített vasas oldat literenként 0,146 g ferrovasat, 9,35 g öszsvasat és 28,34 g  $\text{SO}_4$ -et (1,84 g szabad kénsavat) tartalmazott. Ennek az oldatnak  $20 \text{ cm}^3$ -ével különböző mennyiségű redukált ércet lúgoztam szobahőmérsékleten, kavarással nélkül, az öt kísérletnél 22—24 óra hosszattal, az öt másik vizsgálatnál pedig 73—74 óra hosszattal. A 22. ábra a  $20 \text{ cm}^3$  vasas oldatnak redukált ércel való kezelésekor az oldatba került mangán és az oldatban maradt vas mennyiségét mutatja az oldathoz adott redukált érc mennyiségének a függvényében.

Láthatjuk, hogy kb. 2 g redukált érc választja le a  $20 \text{ cm}^3$  vasas oldatban levő összes ferrivasat (88. kísérlet). A lúgzáshoz adott oldatban levő, 0,00292 g ferrovas mennyisége 0,0116 g-ra szaporodott — valószínűleg a redukált ércben levő színvas és a lúgzószorben levő szabad kénsav hatására.

A levált  $0,1870 - 0,0116 = 0,1754 \text{ g}$  vas lecsapásához 2 g redukált érc, azaz kb. 0,5 g mangán kellett. Ebből a mangánból csak 0,21 g oldódott.

Feltehető, hogy a különbség (0,29 g)  $\text{MnO}$ -alakban van a csapadékban. Ha a vas leválása az  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{MnO} + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{MnSO}_4$  reakcióegyenlet szerint folynék le, akkor — mivel a vas és a mangán atomsúlya kb. ugyanaz — a leváló vas 1,5-szeresének megfelelő mennyiségű, tehát  $0,1754 \cdot 1,5 = 0,2631 \text{ g}$  mangánt tudna a ferriszulfát oldani. A lúgzáshoz adott oldatban levő 0,0368 g szabad kénsav  $0,0368 \frac{55}{98} = 0,0206 \text{ g}$  mangánt képes oldatba hozni, úgyhogy összesen  $0,2631 + 0,0206 = 0,2837 \text{ g}$  mangánnak kellene az oldatban lennie. Csak 0,21 g oldódott, tehát a  $0,2837 - 0,21 = 0,0737 \text{ g}$  mangán oldásához szükséges  $0,0737 \frac{96}{55} = 0,101 \text{ g}$   $\text{SO}_4$ -nek a csapadékban kell lennie, részben kalciumhoz, részben vashoz kötve.

Ezekből a kísérletekből és a korábban leírt 63—65. és 67. vizsgálatokból megállapítható, hogy a neutrális lúgzásnál a redukált érchez a vasas oldaton kívül annyi véglúgot kell adni, hogy ennél a lúgzásnál a redukált ércben levő mangán 40—50%-a oldódjon. Könnyen belátható, hogy a savanyú lúgzást meg annyi véglóg jelenlétében kell végezni, hogy az egyszer kilúgzott anyagban levő mangán még éppen oldódjék.

#### IRODALOM

1. HELGE LÖFQUIST: *Jernkontorets Ann.* 125 (1941) 147—83. o.  
Ref: *Chemisches Zentralblatt* (1942) I. 664. o.
2. R. SPRINGER: *Die elektrolytische Abscheidung des Mangans.* Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig (1951).
3. V. ENGELHARDT: *Handbuch der technischen Elektrochemie,* Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig, (1931) II. kötet, 2. rész. 133. o.
4. D. M. LIDDELL: *Handbook of Non-Ferrous Metallurgy,* McGraw-Hill Book Co., New York—London, I. kiadás (1926) II. kötet, 1272. o. és 2. kiadás (1945) II. kötet, 574. o.
5. DR. FRITZ ULLMANN: *Enzyklopädie der techn. Chemie,* Urban & Schwarzenberg, Berlin—Wien, 2. kiadás (1931).
6. DR. SCHMIDT ELIGIUS RÓBERT: *Magyarország ásványnyersanyagai,* Faust könyvkiadó, Budapest, (1947) 26—27. o.
7. SZÉKI—HORVÁTH: *Általános Kohászatlan,* Tankönyvkiadó Váll. Budapest, (1953).
8. WALTER BAUKLOH: *Die physikalisch-chemischen Grundlagen der Metallurgie,* Berlin, (1949).
9. U. S. Bureau of Mines Bulletin 270 (1927) 59. o.
10. *Brennstoff Chemie,* 1 (1920) 87. és 2 (1921) 182. o.
11. H. BILTZ és W. BILTZ: *Ausführung quantitativer Analysen,* 2. kiadás, S. Hirzel, Leipzig, (1937) 214. o.
12. U. S. Bureau of Mines Bulletin 226 (1925) 36. o.
13. V. TAFEL: *Lehrbuch der Metallhüttenkunde,* S. Hirzel, Leipzig, (1929) II. kötet, 410. és 418. o.
14. *Engineering and Mining Journal,* 127 (1929) 1039—41. o. és 128 (1929) 14—19. o.

## Összefoglalás

Ennek a munkának a célja az volt, hogy az úrkúti mosási meddőre gazdaságos feldolgozási lehetőséget találjunk. A vizsgálatok során ebből, a mangánt  $MnO_2$ -alakban tartalmazó agyagos ércből mangánelektrolízishez vihető, szulfátos elektrolitot iparkodtunk előállítani.

A) A laboratóriumi kísérletek szerint a mangánelektrolízis céljaira alkalmas, szulfátos elektrolit előállításának a legkedvezőbb feltételei:

- a) az érc redukálása gázáramban  $400-500\text{ C}^\circ$ -on, 1 órán át erre alkalmas készülékben, pl. forgódobos kemencében,
- b) hűtés redukáló atmoszférában,
- c) keverőlúgzás ellenáramban, közönséges hőmérsékleten, a mangánelektrolízisből visszatérő olyan véglúggal, amelyik 200 g/l ammóniumsulfátot, 60 g/l szabad kénsavat és kevés manganosulfátot tartalmaz.

A kísérleteknél a 0,4 mm maximális szemmagyságra örölt úrkúti ércből a mangánnak 93,33, illetve 94,04%-át lehetett kilúgozni. A mangánnak 93,33%-a akkor oldódott, amikor 100 g redukált ércre

1. a 3 órán át tartó semleges lúgzáshoz — a savanyú lúgzásból nyert vasas oldaton kívül —  $200\text{ cm}^3$  —,
2. az ugyancsak 3 órán át tartó savanyú lúgzáshoz pedig  $600\text{ cm}^3$  — elektrolitvéglúgot adtunk. A 94,04%-os mangánkihozatal akkor adódott, mikor
  1. a semleges lúgzáshoz csak a savanyú lúgzásból származó vasas oldatot —,
  2. a savanyú lúgzáshoz pedig  $750\text{ cm}^3$  elektrolitvéglúgot juttattunk.

A vizsgálatok során megállapítást nyert, hogy

- a) 1 tonna redukált ércből származó, kétszer kilúgzott, kimosott anyag átlag 25 kg kénsavat visz magával,
- b) a fentiek szerint lefolytatott lúgzásnál az ammóniumsulfát nem vesz részt a mangán feloldásában,
- c) a semleges lúgzásnál a vas bázisos-ferriszulfát alakjában válik le,
- d) a vascsapadék összetétele — a lúgzás időtartamától és hőmérsékletétől függően — az  $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 3Fe(OH)_3$ , illetve az  $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 4Fe(OH)_3$  vegyület összetételét közelíti meg,
- e) a redukált érchez a semleges lúgzásnál — a vasas oldaton kívül — annyi elektrolitvéglúgot kell adni, hogy ennél a lúgzásnál a redukált ércben levő mangánnak 40—50%-a oldódjék.
- f) a savanyú lúgzást annyi elektrolitvéglúg jelenlétében kell végezni, hogy az egyszer kilúgzott anyagban levő mangán még éppen oldódjék.

# KALCIUMALUMINÁT SALAKOK LÚGZÁSA

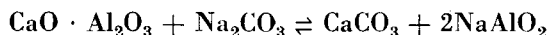
HÉJJA ANDRÁS

FÉMIPARI KUTATÓ INTÉZET, BUDAPEST

[Beérkezett 1954. december 13-án]

A kalciumaluminát salakok timföld előállítás céljából történő lúgzása a kishányadosú bauxitok feldolgozásával kapcsolatos kérdés. Mint ismeretes, ezek a 4–8-as hányadosú bauxitféleségek a Bayer-féle timföldgyártási eljárással nem dolgozhatók fel gazdaságosan. A vaskohászatban bauxitércék salakképző anyagként való adagolásával — amikor elsősorban kis kéntartalmú nyersvas előállítása a főcél — lehetséges olyan összetételű salakot nyerni melléktermékként, amely a továbbiakban timföld forrásként jöhet szóba, és ily módon a kishányadosú bauxitok gazdaságos felhasználására is lehetőség nyílik. Különböző összetételű kalciumaluminát salak előállítására és lúgzására az elmúlt év folyamán a Fémipari Kutató Intézetben nagyszámú kísérletet végeztünk. Ezeknek a kísérleteknek eredményei a Kohászati Lapok 1954-es évfolyama 10. számában láttak napvilágot. Jelen összeállítás ennek alapján és annak kiegészítésére a salakok lúgzására vonatkozólag további megfontolásokat tartalmaz, valamint egyszerű és kísérletileg is igazolt számítási módszert mutat be a lúgzáshoz szükséges szódaoldat mennyiségére, továbbá a kilúgzó egységek számának meghatározására. A számítások alapul szolgálhatnak egy modell kísérleti berendezés vizsgálatainál.

A kalciumaluminát salakok lúgzásánál  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $5\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  és  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  vegyületek  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  oldattal való reakcióival kell számolnunk. A salak lehűlésekor ugyanis először a monokalciumaluminát kristályosodik ki nagy, kemény, átlátszó kristályokkal. A  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  és a  $5\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  (GINSBERG szerint  $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ ) részlegesen eutektikus keveréket adnak. A kilúg-zhatósághoz az összetételtől függően mészfölösleg jelenléte szükséges. A kilúg-zási reakcióban szabad alkálinak kell jelen lennie, hogy a



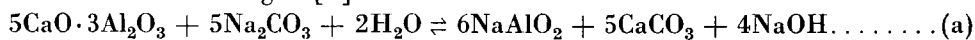
reakció értelmében a nátriumaluminát stabilitását biztosíthassuk. Mindaddig, amíg fölös szódatartalom van az oldatban, a lúg közvetlenül nem vesz részt a reakcióban. Ez nem is szükséges, hiszen a lúg csupán a nátriumaluminát stabilizációját segíti elő, s a mészaluminát kilúgzásában a szódatartalom a fontos.

Másrésről üzemileg a timföld csak akkor szemcsés és jól szűrhető, ha a kicsapásnál szabad alkálink van, különben kolloidális diszperz leválás képződik, amely nehezen szűrhető [1].

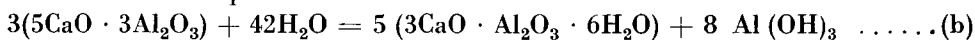
Az általános reakció GINSBERG szerint a következőképpen fejezhető ki:  

$$12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3 + 12\text{Na}_2\text{CO}_3 + 5\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 7\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 12\text{Na}_2\text{CO}_3 + 10\text{NaOH}.$$

A szódás lúgzás folyamán MAZELJ vizsgálatai alapján a következő reakciók mennek végbe [2]:



A pentakalciumtrialuminát hidrolízise következtében azonban trikalcium-alumináthidráttal képződik:



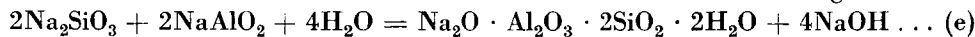
A képződött trikalciumaluminát hexahidráttal a szódával reagál:



A salak dikalciumszilikátja és a szódás aluminátlúg között is lejátszódnak kémiai folyamatok, amelyek a következőképpen szemléltethetők:



A nátriumszilikát az oldatban levő nátriumalumináttal reagál:



Lényegében tehát nátrolit képződik, ami természetesen timföld- és nátronvesztést okoz.

MAZELJ szerint a mellékfolyamatoknál a timföldvesztések 70 C° körüli hőmérsékleten csökkennek, ha az oldat rövid ideig (30–60 percig) érintkezik a lúgzásból visszamaradt csapadékkal. A fenti lúgzási reakciók közül az a) a legjelentékenyebb. A b) folyamat szerencsére kismértékű és így az oldhatatlan trikalciumaluminát hexahidráttal képződése is csekély mértékű. A c) folyamat hasznos, mert a b)-t ellensúlyozza. Fontos sajátossága az a) és c) folyamatoknak, hogy adott körülmények között megfordíthatók. A b) hidratációs folyamat nem megfordítható, de csökkenthető a c) reakció előtérbe lépésével. A keletkezett trikalciumhidroaluminát bomlása azonban a marónátron töménység túlzott növekedésével a c) reakció értelmében megszűnik. »Ezt a marónátron töménységet tehát megszabott kis határértéken kell tartanunk ahhoz, hogy az a) és c) reakció ne fejeződjék be előbb, mint a b) és az üledékben ne kezdődjék meg a trikalciumhidroaluminát felszaporodása.« (MAZELJ)

Lúgzáskor kezdetben timföld és SiO<sub>2</sub> egyidejűleg oldódik a salakból. A kovásv-tartalom az első oldási idő alatt maximumot ér el, azután gyorsan csökken és a végén állandó értékhez közeledik. A timföld-tartalom ezzel szemben az oldatban eleinte gyorsan emelkedik, majd állandó értékű marad.

A kalciumaluminát salakok lúgzása kétfázisú: szilárd- és folyadékrendszer extrakciós problémája. Lúgzásnál a szilárd anyag felületére koncentrált oldatréteg rakódik le, amelynek összetétele különbözik az áramlásban levő oldat főtömegétől. A két réteg koncentráció különbsége diffúzió útján egyen-

lítődik ki. A folyadék-folyadékrendszer diffúziójára érvényes a Stefan-törvény, amelynek értelmében :

$$\frac{dN_A}{dA} = \frac{D_L}{B_L} (\Delta c_A) = k_L (c_i - c_L), \quad (1)$$

ahol :  $D_L$  a folyékony fázison át történő diffúzióképesség ekvivalens  $B_L$  rétegvastagságon keresztül,  $\Delta c_A$  a koncentrációs potenciálkülönbség, azaz  $A$  koncentrációja a szilárd és folyékony fázis közötti közbenső rétegben (tehát az oldat töménysége a szilárd anyag felületén) mínusz  $A$  koncentrációja az áramlásban levő oldószer főtömegében.  $k_L$  a diffúziós együttható.  $N$  a diffúzió sebesség, azaz a koncentráció-kiegyenlítődés sebessége a két réteg között molnyi anyagmennyiségre vonatkoztatva  $dA$  felületen. Látható az egyenletből, hogy a diffúziósebesség a koncentrációkülönbséggel arányos lévén, a lúgzás előrehaladtával a koncentrációval együtt erősen csökken.

A lúgzás kérdése igen egyszerű lenne abban az esetben, ha a folyadékot tökéletesen el lehetne választani a szilárd fázistól. Ha adszorpciós hatások nem lennének, minden lúgzás elvégezhető lenne egyszeri kezeléssel még akkor is, ha a diffúzió az oldaton keresztül aránylag lassú. Természetesen sohasem lehetséges az oldatot a szilárd anyagtól tökéletesen eltávolítani, ezért szükséges az oldható részt a szilárd részhez tapadó oldószer-oldat rendszerből ismételt extrakcióval kivonni. Ez leghatásosabban ellenáramú megoldással végezhető, kilúgzó egységek sorozatával.

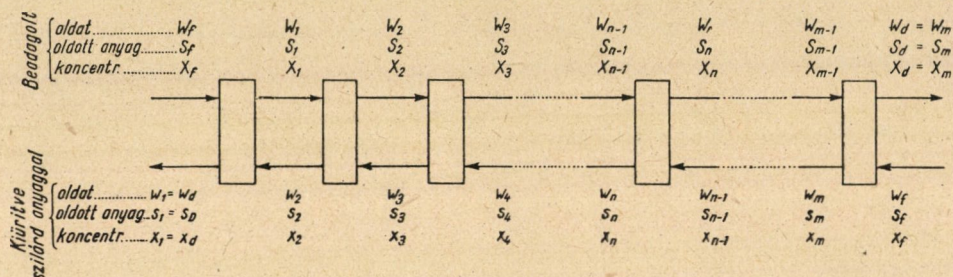
Az extrakciós számításokhoz igen sok jó módszert ismerünk [3]. Sajnos, legtöbbjüknél nehézséget okoz az, hogy a számítások igen bonyolultak és az extrakcióhoz szükséges extraháló egységek kiszámítása grafikus úton történik, ami a megoldás nehézségét csak még inkább növeli [3, 4, 5].

A kérdés egyszerűsítése céljából megtehetjük, hogy a kilúgzási műveletek számításait a folyadék-folyadékrendszer extrakciójának analógiájára végezzük. Ebben a megfontolásban a szilárd anyagra tapadó folyadékrendszert a nehéz-fázisnak, az oldószerrel áramlásban tartott oldószer-oldatrendszert pedig a könnyű-fázisnak tekintjük. Ha a szilárd anyag az oldott anyagot nem adszorbeálja és a szilárd és folyékony részek olyan bensőségesen keverednek, hogy ún. egyensúlyi feltételekkel számolhatunk, akkor a szilárd anyaghoz tapadó oldószer ugyanolyan összetételű, mint az áramlásban levő oldat-tömeg, tehát az eloszlási együttható a két fázis között egységnyi. Ha azonban a szilárd anyag adszorbeálja az oldott anyagot, akkor nincs egyensúly a két fázis között és az eloszlási hányados kisebb egynél.

Többszörös, friss oldószerrel való kilúgzáskor a jól ismert összefüggés érvényes :

$$\frac{s_0}{s_n} = \frac{1}{\left(1 + \frac{L \cdot D}{w}\right)^N}, \quad (2)$$

ahol  $s_0/s_n$   $L$  rész friss oldószerrel történő  $N$  számú extrakció után a szilárd anyagban maradó ki nem vont részt és a kezdeti koncentrációt kifejező hányados. A szilárd anyaghoz tapadó  $w$  oldat mennyiségét minden egyes egységben azonosnak vesszük. Mivel megfelelő keveréssel és elegendő idő esetén egyensúlyi helyzetet érhetünk el, a  $D$  eloszlási együtthatót egységnek tekinthetjük.  $D$  értéke  $S/s$ , azaz az áramló oldatrendszerben levő oldott anyag és a szilárd anyaghoz tapadó oldatban levő oldott anyag hányadosa. Ebben az esetben az egyenlet UNDERWOOD összeállításával segítségével könnyen megoldható [6]. Ez a megoldás azonban arra az esetre vonatkozik, ha minden egyes következő extrahálási részletnél friss oldószert használunk. Ellenáramú folyamatos eljárásnál ez azonban kivihetetlen. Sokkal általánosabb és könnyebb megoldás BAKER [7] nyomán



1. ábra

a BADGER—McCABE részéről közölt eljárás [8]. Ez az ellenáramú kilúgzáshoz szükséges extrakciós egységek számának meghatározására igen jó alapot szolgáltat. Számításainkat szigorú anyagmérlegre vonatkoztatjuk. Feltétel a következő: 1. Az áramlásban levő folyadék tökéletesen és egységesen keveredik azzal az oldattal, amely a szilárd anyag felületére tapad. 2. A szilárd anyag nem fejt ki szelektív adszorpciót az oldott anyagra.

Vegyünk egy folytonosan működő, az 1. ábra szerinti extraháló berendezést. A kilúgzó egységek sorba vannak kapcsolva és kezdődnek azzal az egységgel, ahol a friss oldószer belép. Az egységek száma legyen  $n$  a battriában. A kifolyt rész az inert szilárd anyag és az ezzel visszatartott oldat, míg a beömlő rész a szilárd anyag mentes, tiszta oldószer-oldatrendszer.

Az 1. ábrában  $W$  és  $w$  a körforgalomban levő folyadék súlya,  $X$  és  $x$  a körforgalomban levő anyag összetétele, tehát  $x$  kg oldatban levő oldott anyag, azaz kg oldott anyag/kg oldat,  $S$  és  $s$  a folyadékban levő oldott anyag súlya. A nagybetűk a rendszerbe befolyó, vagyis a tiszta folyadékrendszert, a kis betűk a rendszerből eltávozó és a szilárd anyagot kísérő oldószer-oldatrendszert jelentik. Minden esetben

$$X = \frac{S}{W}, \quad \text{illetve:} \quad x = \frac{s}{w} \quad (3)$$

Ha minden egyes egységben egyensúly van, akkor

$$X_n = x_n. \quad (4)$$

Ha mindegyik egységből, egyensúlyi helyzet lévén, ugyanaz az anyagmennyiség távozik el, az  $n$ -ik egységre érvényes:

$$W_{n-1} + w_{n-1} = W_n + w_n, \quad (5)$$

ha

$$w_{n-1} = w_n, \quad (6)$$

akkor

$$W_{n-1} = W_n. \quad (7)$$

Tehát olyan egyensúly keletkezett, amikor a szilárd anyag ugyanazt a folyadék-mennyiséget tartja állandóan magán. Ily módon a rendszerbe beömlő és az abból eltávozó oldat mennyiségének viszonya állandó szám. A rendszeren belül tehát mindenkor érvényes:

$$a = \frac{W_n}{w_n} = \frac{S_n}{s_n} = \text{konst.} \quad (8)$$

Így az  $m$ -ik egységben:

$$a_m = \frac{W_n - w_n}{w_n}. \quad (9)$$

Nézzük most kilúgzó egységről egységre haladva a viszonyokat. Betűjelzéseink értelmében  $S$  az áramban levő oldott anyagmennyiséget jelenti kg/kg inert szilárd anyag. Lúgzáskor nyilvánvalóan lesz valamilyen egyensúly a szilárd anyag és a magán tartott folyadék-mennyiség között, így tehát az első egységben:

$$S_1 = \frac{S}{s} \cdot s_D = a \cdot s_D. \quad (10)$$

Az oldott anyag egyensúlya ezen az egységen túl:

$$s_2 = S_1 + s_D - S_f = s_D \cdot (a + 1) - S_f. \quad (11)$$

A második egységre:

$$S_2 = a \cdot s_2 = s_D \cdot a (a + 1) - S_f \quad (12)$$

$$s_3 = s_D \cdot (a + a^2) - S_f \cdot a + s_D - S_f = s_D (1 + a + a^2) - S_f (1 + a). \quad (13)$$

Ebből az egyenletből:

$$s_m = s_D(1 + a + a^2 + a^3 + \dots + a^{m-1}) - S_f \cdot (1 + a + a^2 + \dots + a^{m-2}). \quad (14)$$

Így az  $m$ -edik egységben  $S_m = S_D = a_m \cdot s_m$

$$S_D = s_D \cdot a_m(1 + a + a^2 + a^3 + \dots + a^{m-1}) - S_f \cdot a_m(1 + a + a^2 + \dots + a^{m-2}). \quad (15)$$

Ha  $S$  és  $s$  a rendszerben levő oldószerben oldott anyag, könnyen belátható, hogy:

$$s_f = S_D + s_D - S_f.$$

Így  $s_f$  jelenti az extrakciós folyamat végén kivont anyag maximális mennyiségét.

$$s_f = s_D[1 + a_m(1 + a + a^2 + a^3 + \dots + a^{m-1})] - S_f[1 + a_m(1 + a + a^2 + \dots + a^{m-2})]. \quad (16)$$

Legyen  $F$  a még nem extrahált, friss, szilárd anyagra kerülő oldatra vonatkozó tört, amely  $s_D$  és  $s_f$  hányadosa, a fenti egyenletet rendezve és a viszonyzámnak megfelelően átalakítva kapjuk, hogy:

$$F = \frac{s_D}{s_f} = \frac{1}{1 + a_m(1 + a + a^2 + a^3 + \dots + a^{m-1}) - \frac{S_f}{s_D}[1 + a_m(1 + a + a^2 + \dots + a^{m-2})]} \quad (17)$$

A tört tehát extrahálás utáni viszonyszámot ad a szilárd anyagban extrahálás után bentmaradó, illetőleg az extrahálás előtt bentlevő anyagmennyiségek között. A számítás menete a kilúgzó egységek számát illetően a következő: a képletben előforduló  $a$  és  $a_m$  értékeket kiszámítjuk. Az előzőek alapján  $a = W_n/w_n = S_n/s_n$ ,  $a_m$  pedig  $a_m = (W_n - w_n)/w_n$  összefüggéseket használjuk. A számításhoz ismernünk kell laboratóriumi mérés alapján, az 1 kg anyaggal visszatartott oldószer mennyiségét, a kilúgzásra használt szódaoldat  $Al_2O_3$  tartalmát, valamint a salak  $Al_2O_3$  tartalmát kilúgzás előtt. Ezek alapján a tört értékét  $s_D/s_f$  viszonyra, valamint 1, 2, 3 stb. kilúgzó egységre meghatározzuk.  $F$  értéke az első egységre:

$$F = \frac{1}{1 + a_m} \quad (18)$$



a másodikra :

$$F = \frac{1}{1 + a_m(1 + a) - \frac{S_f}{s_D}(1 + a_m)} \quad (19)$$

a harmadikra :

$$F = \frac{1}{1 + a_m(1 + a + a^2) - \frac{S_f}{s_D}[1 + a_m(1 + a)]} \quad (20)$$

Az így kapott tört értéke kisebb kell legyen az  $s_D/s_f$  viszonyszám értékénél, vagy szélső esetben azzal egyenlő lehet. Ily módon megkapjuk a lúgzáshoz szükséges lúgzó egységek számát.

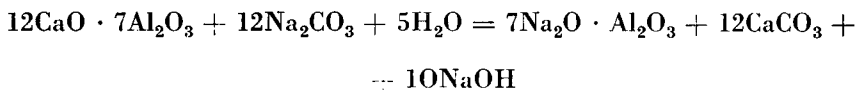
Ha a friss oldószer oldott anyag mentes, tehát  $S_f = 0$  és a kilúgzás 100%-os, a fenti egyenlet egyszerűsödik. Ekkor :

$$F = \frac{1}{1 + a_m(1 + a + a^2 + \dots + a^{m-1})} \quad (21)$$

A lúgzásoknál természetesen az elérendő  $\text{Al}_2\text{O}_3$  koncentrációtól függően különböző töménységű szódaoldatokkal kell dolgoznunk. Az alkalmazandó szódaoldat töménységének megállapítása a [9] alatt idézett munkában foglalt megfontolások alapján lehetséges. Legyen a salak összetétele :

$\text{Al}_2\text{O}_3$ .....	32,00%
$\text{SiO}_2$ .....	14,05%
$\text{CaO}$ .....	56,60%

Ez az összetétel azonos az idézett tanulmányban levő salak összetételével. A Ca-Al salak stöchiometriai képlete ekkor —  $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ -nak adódik. Így a lúgzási reakció elvileg :



reakció szerint játszódik le. Egy mol  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  szükséges tehát minden mol CaO-ra, a felhasznált  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  oldatban. A reakcióegyenletből a várható kausztikus molviszonyszám :

$$\frac{\text{Na}_2\text{O}}{\text{Al}_2\text{O}_3} \frac{\text{mol}}{\text{mol}} = \frac{12}{7}$$

Szódára számolva tehát 102 g  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -ra 185,7 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  jut. A kilúgzáshoz szükséges  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  oldat koncentrációját ezen az alapon számolva, 3,5–5 g/l  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -tartalmú híg oldathoz, az elméleti kausztikus molviszonyszámnál valamivel nagyobb értékkel számolva, 6–10 g/l-es  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  oldat szükséges. A tömény, 65–80 g/l-es koncentráció eléréséhez 160–180 g/l-es szódaoldatot használtunk a kísérleteinknél.

A számításokat megvilágítja a következő példa:

Készítendő kalciumaluminát salak szódás kilúgzása útján 75 g/l-es  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -oldat olyan salakból, mely 32%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -at tartalmaz. Az  $\text{Al}_2\text{O}_3$  — kísérleteink alapján — 85%-ban lúgzódik ki. (100 kg kilúgzott salakban tehát 4,8 kg  $\text{Al}_2\text{O}_3$  marad vissza.) Méréseink szerint 1 kg salak 1 kg oldószert tart vissza. A kilúgzáshoz használt szódaoldat  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tartalma 2 g/l = 0,20 g/100 g oldószer. Az oldat  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tartalma a lúgzás végén 7,5 g  $\text{Al}_2\text{O}_3$ /100 g szódaoldat.

Kiszámítandó :

1. A kilúgzáshoz szükséges szódaoldat mennyisége,
2. a lúgzáshoz szükséges lúgzó egységek száma.

Anyagmérleg :

100 kg salakra			
belépő $\text{Al}_2\text{O}_3$ a salakkal		= 32,0	kg
« $\text{Al}_2\text{O}_3$ az oldószerral		= 0,0020	$W_f$
Összesen	32,0 +	0,0020	$W_f$
Kilépő $\text{Al}_2\text{O}_3$ a salakon	100 · 0,048	= 4,8	kg
« $\text{Al}_2\text{O}_3$ a salakon levő oldatban	$(W_f - 100) \cdot 0,075$	= 0,075	$W_f - 7,50$
Összesen		= 0,075	$W_f - 2,70$
	32,0 + 0,00200	$W_f = 0,075$	$W_f - 2,70$
		$W_f = 34,70/0,075 =$	<u>475 Kg</u>

Számítás alapján tehát 475 kg szódaoldat kell 100 kg salak extrahálásához. Ha 100 kg salak 32 kg  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -at tartalmaz, ennek kilúgzásához szükséges szódamennyiség, 1,73-as elméleti kausztikus molviszonyszámmal számolva, 58,3 kg  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , ami 475 kg oldat esetén 122,5 g/l-es oldattöménységet jelent. 180 g/l-es szódaoldat alapulvételével 58,3 kg nátriumkarbonát 324 kg oldatot ad. Kísérleteinknél — mint említettük — a lúgzáshoz használt szódaoldat 180 g/l  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -t tartalmazott, így a következő számításnál is ezt vesszük alapul. Az elméleti 1,73-as molviszonyszámnál a gyakorlatban valamivel nagyobb (1,8-as) értékkel számolva, a 32 kg  $\text{Al}_2\text{O}_3$  kilúgzásához jóval kevesebb (59,8 kg szódának 332 kg 180 g/l-es szódaoldat felel meg) oldatot kell felhasználnunk.

Így tehát :

$$F = \frac{s_D}{s_f} = \frac{100 \cdot 0,048}{32,00} = \frac{4,8}{32,00} = \frac{1}{6,67}$$

$$a = 332/100 = 3,32$$

$$a_m = (332 - 100) \cdot 100 = 2,32$$

$$\frac{S_f}{s_D} = \frac{332 \cdot 0,0020}{100 \cdot 0,048} = 1,38.$$

Ezek alapján az I. egységre

$$F_1 = \frac{1}{3,32}$$

$1/3,32 > 1/6,67$ , tehát egy kilúgzó egység nem elegendő a fenti feltételek mellett.

A II. egységre

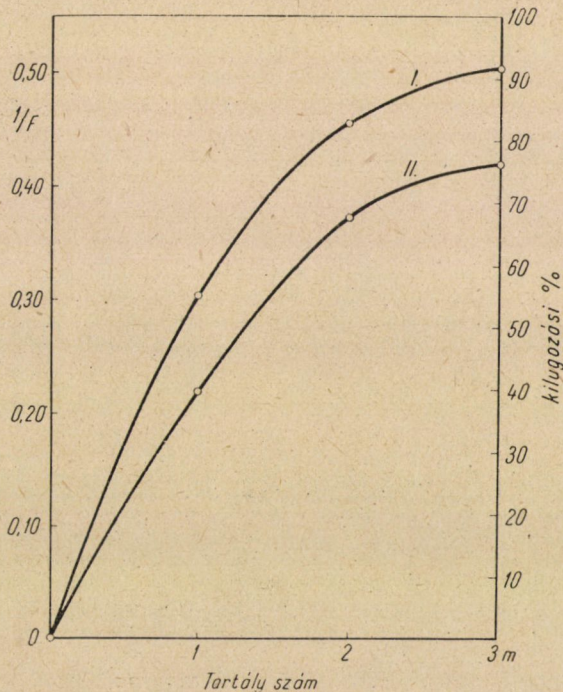
$$F_2 = \frac{1}{6,44}$$

$1/6,44 > 1/6,67$ , tehát két kilúgzó egységgel sem érünk még el 85%-os kilúgzást, míg a III. egységre

$$F_3 = \frac{1}{21,19}$$

$1/21,19 < 1/6,67$ , vagyis 3 kilúgzó egység teljesen elegendő.

Ezekből a számításokból megállapítható az egyes tartályokban a kilúgzódás mértéke is, a következő módon. A reciprok értékeket kiszámítva  $1/3,32 = 0,303$ ,  $1/6,44 = 0,156$ ,  $1/21,19 = 0,047$ , s az elméleti arányszám  $1/6,67 = 0,150$ -nek adódik. Ezeket az értékeket összeadva



2. ábra

az első tartályban 0,303, a másodikban  $0,303 + 0,156 = 0,459$ , a harmadikban  $0,459 + 0,047 = 0,506$ -os arányszámokat kapunk. Az elméleti érték arányszáma:  $(0,303 + 0,156) + (0,156 - 0,150) = 0,465$ , tehát 0,465-ös arányszám biztosítana 85%-os termelést, míg a 0,459-es, tehát két kilúgzó tartály esetén a kilúgzás 84%-os, valamivel alatta van a kívánt értéknek. A harmadik tartály bekapcsolásával így módon, számításaink alapján, 92,5%-os kioldást biztosíthatnánk. Így a kilúgzás mértéke az egyes tartályokban folytonos üzemben: I. 56,1%, II. 84,0%, III. 92,5%.

A 2. ábra I-es görbéje ezeket az értékeket tünteti fel. A diagramot megfelelően méretezve, az egyes arányszámokhoz tartozó kilúgzási százalékokat könnyen leolvashatjuk. (100%-os kilúgzásnak a fenti arányok értelmében  $1/F = 0,548$ -as érték felel meg.)

Ha az első tartályban az összetétel miatt a kilúgzás mindössze 40%-os, úgy természetesen a fenti értékeknél a kilúgzás mértéke a többi kilúgzó egységben is változik. Ha a kilúgzódás csökkenése lineáris, — amint azt a kilúgzás hőfokának, valamint a kilúgzendő anyag összetételének változtatásával kísérleteink is bizonyították —, akkor egyszerű átszámítással megkapjuk, hogy a kívánt kioldás eléréséhez hány darab további kilúgzó egység bekapcsolása szükséges.

A fenti példára vonatkoztatva : az I. tartályban 40%-os kilúgzás esetén a III.-ban mindössze 76%-os a kihozatal. (II. sz. görbe a 2. ábrán.) Ekkor a közölt (17-es) egyenlet alapján további  $1/F$  értékek kiszámítása szükséges. A 76,4%-os kilúgzási százalékknak a diagramból 0,415-ös  $1/F$  arányszám felel meg. További  $1/F$  értékeket számítva kapjuk, hogy negyedik tartály bekapcsolásakor

$$1/F_4 = 1/58,12 = 0,0170$$

$0,0170 + 0,415 = 0,432$ -es számhoz jutunk, ami a diagramnak megfelelően 78%-os kihozatalt jelent.

Ötödik tartály bekapcsolása lényegesebb változást már nem jelent, mert

$$1/F_5 = 1/233,29 = 0,0043$$

és

$$0,432 + 0,0043 = 0,436,$$

így  $0,436 = 79,5\%$ -os kilúgzással.

A kilúgzás mértéke tehát az első lúgzótartályban elért oldattöménység alapján az egyes tartályok között a következőképpen oszlik meg :

Az I. esetben		A II. esetben	
Tartályszám	Kilúgzási %	Tartályszám	Kilúgzási %
I.	56,1	I.	40,0
II.	84,0	II.	68,0
III.	92,5	III.	76,4
		IV.	78,8
		V.	79,5

Ebből világosan kitűnik, hogy gazdaságos üzemben a lúgzást úgy kell irányítanunk, hogy a salak adott összetételi lehetőségeinek megfelelően már az első tartályban lehetőleg nagy kilúgzási százalékot érjünk el.

Ha 5 g/l  $Al_2O_3$  tartalmú híg oldatot akarunk termelni, s a kitermelés 95%-os, az oldáshoz használt szódaoldat pedig 0,5 g/l  $Al_2O_3$ -at tartalmaz, 6900 kg 10 g/l-es szódaoldat szükséges 100 kg, 32%  $Al_2O_3$ -at tartalmazó kalciumaluminát salak kilúgzásához és a kilúgzást már 1 kilúgzó egységben végrehajthatjuk. Ezt a tényt számos kísérletünknel a gyakorlatban is beigazoltuk láttuk.

A nagy tömegű híg oldatok a kilúgzás szempontjából egyes vonatkozásokban előnyösebbnek mutatkoznak a viszonylag kis térfogatú töményebb oldatoknál. Egyrészt a kilúgzódás a kis koncentráció következtében és a gyors folyadékáramlás miatt igen gyorsan bekövetkezik, másrészt a kapott aluminátlúg kovasavtartalma — ellentétben a tömény oldatokéval — annyira kicsi, hogy az aránylag kínos deszilikálási folyamat teljesen feleslegessé válik.

Az ipari méretű kilúgzásokra vonatkozólag mind MAZELJ, mind pedig GINSBERG könyvében részletes utalás található.

Röviden foglalkoznunk kell még KARNOFSKY elgondolása alapján [10] egy, az előzőektől eltérő, de a számítások végeredményét illetően azonos megoldás alkalmazhatóságával. Ez lényegében fél-ellenáramos lúgzó berendezés, egy-egy extraktorhoz egy-két, vagy három külön tartály tartozik a 3. ábrán látható vázlat alapján.

Ennél az elrendezésnél a szilárd anyagot előbb a kétszer használt, majd az egyszer használt oldószerrel, végül pedig a tiszta oldószerrel lúgozzuk. Ha csak friss oldószerrel használunk, azaz az extraktorhoz csak egy friss oldószeres tartály kapcsolódik, az előzőkhöz hasonlóan az első extrahálásra érvényes:

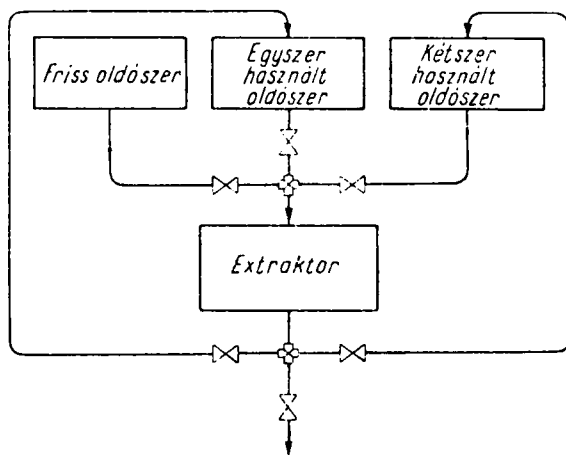
$$x_1 = s/W \quad (22)$$

a másodikra :

$$x_2 = \frac{x_1 \cdot w}{W + w} = \frac{s}{W} \left( \frac{w}{W + w} \right) \quad (23)$$

Az  $n$ -edikre :

$$x_n = \frac{s}{W} \left( \frac{w}{W + w} \right)^{n-1} \quad (24)$$



3. ábra

Jelentse  $F$  az előbbieik alapján a még nem extrahált friss, szilárd anyagra kerülő oldott anyagra vonatkozó törtet, ekkor :

$$F = \frac{x_n \cdot W}{s} = \frac{w}{W} \left( \frac{w}{W + w} \right)^{n-1} = \left( \frac{w}{W} \right)^{n-1} \quad (25)$$

$$\frac{w}{W} = \frac{a}{1 - a} \quad \text{és} \quad F = \frac{a^n}{1 - a} \quad (26)$$

Itt  $a = w/(W + w)$ .  $a$  és  $n$ -re megfelelő értékeket felvéve és a fenti kifejezésbe helyettesítve,  $F$  értékeit kiszámíthatjuk. A következő táblázat tartalmazza az egyes  $a$ -értékeknek megfelelő  $W/w$ , illetőleg  $1 - W/w$  értékeket, valamint  $F$  értékeit  $n = 1, 2, 3$  stb. mosás esetén.

$W/w$	$F$				
	$n = 1$	$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$	$n = 5$
1	0	0	0	0	0
2	0,5	0,25	0,125	0,063	0,031
3	0,33	0,11	0,036	0,012	0,004
4	0,25	0,062	0,016	0,004	0,001
5	0,20	0,040	0,008	0,0016	—
7	0,14	0,019	—	—	—
10	0,10	0,010	—	—	—

Log-log papíron  $F$  és a kilúgzási százalék az abszcisszán,  $W/w$  az ordinátán foglal helyet. A megfelelő görbéket felrajzolva (4. ábra), a lúgzások száma és a  $W/w$  közötti összefüggésből a következő értékek adódnak 85%-os salak kilúgzódás esetén:

$n$	$W/w$
1	6,75
2	2,58
3	1,90
4	1,60
5	1,32

$W/w$ -t a diagramból olvassuk ki.

Ha két tartályt kapcsolunk az extraktorhoz, úgy a szilárd anyagot  $n$ -szer mosva át a már egyszer használt oldószerrel,  $n$ -szer pedig a friss oldószerrel

$$F = \frac{a^{2n}}{(1-a)1 - \frac{(1-a^n)}{n(1-a)}} \quad (27)$$

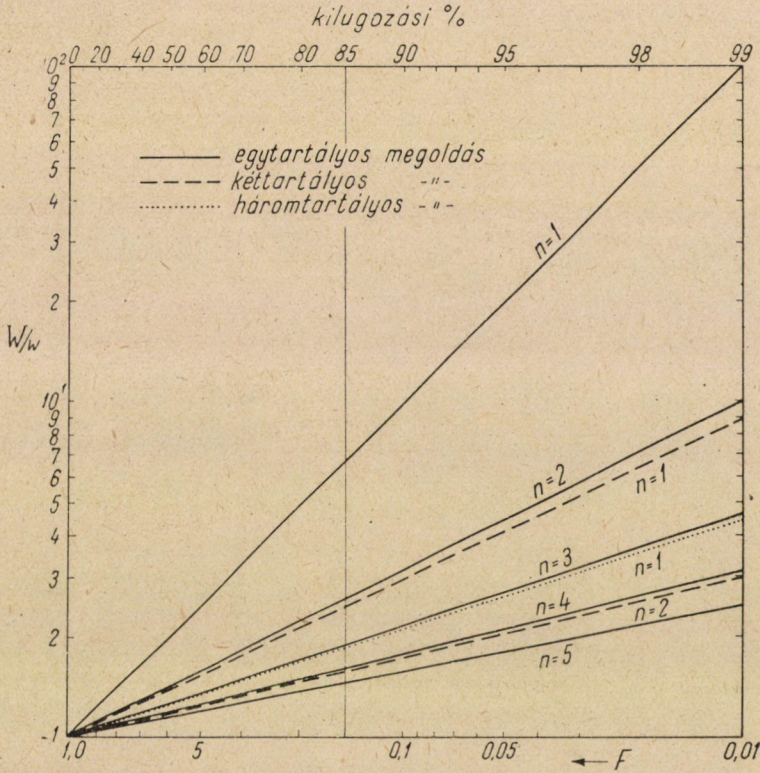
Az ebből számított  $F$  értékeket hasonló diagramba vesszük fel, mint azt az előbb az egytartályos berendezésnél láttuk.

Ha a vázolt séma szerinti háromtartályos elrendezést használjuk, úgy

$$E = \frac{a^{3n}}{(1-a)1 - \frac{(1-a^n)^2}{n(1-a)}} \quad (28)$$

végül is  $m$  számú tartály esetén :

$$F = \frac{a^{mn}}{(1-a) \left[ 1 - \frac{(1-a^n)^{m-1}}{n(1-a)} \right]} \quad (29)$$



4. ábra

Ha  $n = 1$ , akkor teljes ellenáramú extrakcióval van dolgunk és  $m$  fokozatra

$$F = \left( \frac{\alpha}{1-\alpha} \right)^m = \left( \frac{w}{W} \right)^m \quad (30)$$

Ez az összefüggés azonban azonos a már közölt (21) egyenlettel :

$$F = \frac{1}{1 + a_m (1 + a + a^2 + \dots + a^{m-1})}$$

ahol  $m$  a kilúgzó fokozatok száma. Ha — mint láttuk —

$$a_m = (W - w) / w = a - 1,$$

akkor

$$F = \frac{1}{1 + \frac{(a-1)(1-a^m)}{1-a}} = \frac{1}{a^m} \quad (31)$$

vagyis :

$$a = \frac{1}{F} - 1, \quad \text{így} \quad F = \left( \frac{a}{1-a} \right)^m. \quad (32)$$

Ha mármost — mint az előbbi példánkban — 85%-os kilúgzást akarunk elérni a kalciumaluminát salaknál, akkor a megszerkesztett diagramból háromszoros kilúgzást számolva (azaz  $m = 3$ ), az 1, 2 és 3-as tartályrendszereknél a következő képet kapjuk :

Tartályszám	$3/m$	$W/w$	$n/W/w$
1	3	1,90	5,70
2	1,5	1,80	2,70
3	1	1,75	1,75

$n(W/w)$  a friss oldószer relatív mennyiségét jelenti. Látható a táblázatból, hogy az 1 tartályos megoldásnál túl sok friss oldószeret használunk, ami anyag-gazdálkodási szempontból hátrányos, s az ideális a háromtartályos elrendezés.

Áramló anyag	kg oldat/ kg szilárd anyag	kg oldott anyag/ kg inert szil. anyag	kg oldott anyag/ kg oldat
A rendszerbe betáplált friss oldószer.....	$W_f$	$S_f$	$X_f$
A rendszerből kiürített szilárd anyagra tapadó oldat .....	$w_d$	$s_D$	$x_d$
A rendszerből extrahálás után kifolyó cc. tisztá oldat .....	$W_d$	$S_d$	$X_d$
Az $n$ -ik egységből a szilárd anyaggal kiürített oldat .....	$w_n$	$s_n$	$x_n$
Az $n$ -ik egységből kifolyó és a következőbe beömlő cc. oldat.....	$W_n$	$S_n$	$X_n$



## IRODALOM

1. FULDA—GINSBERG : Tonerde und Aluminium (1950).
2. MAZELJ : Timföldgyártás (1951).
3. J. ELGIN—R. WYNKOOP : A Chem. Eng. Handbook-ban 746. old. (1950).
4. E. G. SCHEIBEL : Chem. Eng. Progress 354. old. (1953).
5. RAVENSCROFT : Ind. Eng. Chem. 28, 851. (1936).
6. UNDERWOOD A. J. W. : Ind. Chemist. 10. 128. (1934).
7. BAKER : Chem. Met. Eng. 42, 669. (1935).
8. BADGER—MC. CABE : Elements of Chemical Engineering (1937).
9. DR. MAGYAROSSY—BARTÓK—HÉJJA : Kohászati Lapok 9. [87] 467. (1954).
10. G. KARNOFSKY : Chemical Engineering 192. (1955).

## Összefoglalás

A kalciumaluminát salakok lúgozása a kishányadosú bauxitok feldolgozásával kapcsolatos kérdés, amelyek a Bayer-féle timföldgyártási eljárással nem dolgozhatók fel gazdaságosan. A vaskohászatban bauxitércék salakképző anyagként való adagolásával lehetséges olyan összetételű salakokat kapnunk melléktermékként, amelyekből gazdaságos eljárással timföldet lehet előállítani. Jelen dolgozat, irodalmi közlések alapján, számításokat mutat be ezeknek a salakféléseknek szódaoldattal történő kilúgozására, meghatározva az egyes  $\text{Al}_2\text{O}_3$  koncentrációk eléréséhez szükséges szódaoldat töménységét, az oldattérfogatot és a kilúgozáshoz szükséges kilúgozó egységek számát. A számítások alapjául szolgálhatnak egy modell kísérleti berendezés vizsgálatainál.



# TEXTILANYAGOK SZAKÍTÓVIZSGÁLATÁNAK FEJLŐDÉSI IRÁNYAI\*

DISCHKA GYÓZÓ

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA

TEXTILIPARI KUTATÓ INTÉZET MECHANIKAI OSZTÁLYA, BUDAPEST

[Beérkezett 1955. január 22-én]

A fonalak és szövetek használhatóságát — legnagyobb mértékben — azoknak a gyakorlatban mutatkozó mechanikai igénybevételekkel szembeni ellenállóképessége szabja meg. Ez utóbbit ez idő szerint általában folyamatosan növekvő terheléssel végzett szakítókísérlettel állapítják meg. A szakítóvizsgálattal a szakítóerőt, a szakítónyúlást és a szakítási munka értékeit határozzák meg.

A szakítóvizsgálat mind fonalak, mind szövetek minőségének ellenőrzésére már igen régóta használatos. Tulajdonképpen a fémipari anyagvizsgálattól vette át a textilipar a szakítóvizsgálatot a textiltermékek minősítésére. A két anyag fizikai tulajdonságai között igen lényeges különbség van és eltérő a két anyag rendeltetésszerű felhasználásánál keletkező igénybevétel is. Amíg tehát a fémek szakítóvizsgálatának eredményei közvetlenül felhasználhatók a fémszerkezetek, géprészek méretezésére, addig a viszko-elasztikus textilanyagok szakítóvizsgálatainak eredményei ez idő szerinti ismereteinkkel nem adnak ilyen megbízható alapot a textiltermékek tartósságának meghatározására.

Amikor a szakítóvizsgálat összes körülményei azonosak, akkor a szakítási eredmények összehasonlíthatók és jellemzők a vizsgálatnál jelentkező igénybevétellel szembeni ellenállóképességre.

Textilanyagok szakítóvizsgálatánál azonosnak kell lenni a mintaméreteknél, az atmoszferikus körülményeknek, de azonosnak kellene lennie vagy a feszültségnövekedés, vagy a nyúlásnövekedés sebességének is.

Hosszú idő óta vitatott kérdés, hogy textilvizsgálatoknál melyik az elméletileg helyes szakítási folyamat, az-e, amelyiknél a terhelésnövekedés sebessége állandó, vagy az-e, amelyiknél a nyúlásnövekedés sebessége állandó? Véleményünk ebben a kérdésben a következő: A terhelésnövekedés sebességének állandósága nem biztosítja különböző keresztmetszetű minták esetében a feszültségnövekedés sebességének azonosságát. A szálanyagok deformációja a szakítási folyamat bármelyik pillanatában a mutatkozó feszültségtől függ,

\* Szerzőnek a moszkvai Textilműegyetemen KUKIN professzor tanszékén, 1954. dec. 10-én tartott előadása.

a feszültségváltozás sebessége tehát a próbadarab különböző keresztmetszete szerint más és más. Így ez a vizsgálati módszer nem elégíti ki azt a feltételt, hogy a szakítási folyamat bizonyos időpontjában, minden próbatestben azonos feszültség keletkezzék. Ezzel szemben szabványos szakítóvizsgálatoknál a próbatest befogási hossza azonos. Ha tehát szakítógépünk oly szerkezetű, hogy biztosítja a nyúlássebesség állandóságát, akkor függetlenül a próbasáv keresztmetszetétől, szilárdságától, a relatív megnyúlás minden kísérletnél az időnek azonos lineáris függvénye. Ez esetben a szakítási folyamatról rajzolt diagram az azonos sebességű lineáris nyúlásnövekedéshez tartozó terhelésváltozást regisztrálja.

Ezen elv helyességét alátámasztják a textilnyersanyagok szerkezetére vonatkozó kutatási eredmények, amelyek világosságot derítettek a textilnyersanyagok rugalmas és képlékeny (plasztikus) tulajdonságaira. Ezek a kutatások tisztázták, hogy a rugalmasság főleg a szálakat alkotó láncmolekulák rendezett részeinek, míg a maradék nyúlás a nem rendezett részeknek jellemzője. Azon textilnyersanyagoknál, amelyek nyúlása aránylag nagy, mint a gyapjú, a selyem, különböző szintetikus szálanyagok, a nagy nyúlás a molekulák közötti csúszás, folyás révén jön létre. Ez a folyási vagy csúszási folyamat az időtől függ, míg a pillanatnyi rugalmas alakváltozás a hang terjedési sebességével következik be. Ahhoz, hogy a szakítóvizsgálat folyamán a molekulák közötti csúszás azonos szabványos feltételek között menjen végbe, az szükséges, hogy a fajlagos nyúlás azonos feszültség hatására, vagy azonos sebességgel történjék.

Amikor a textilparát vette a fémipartól a szakítóvizsgálatot, mint minősítő módszert abból a célból, hogy a textilanyagok ellenállóképességére mechanikai igénybevétellel szemben megfelelő jellemzőket állapítson meg, akkor csupán az volt a szempont, hogy reprodukálható szilárdsági jellemzőket állapítsunk meg aránylag egyszerű műszerrel. Ebből a megfontolásból született az ún. ingás-szakítógép, mint pl. a Schopper-féle szakítógép, vagy a Lamo és a GZIP Dt. 200. szakítógép.

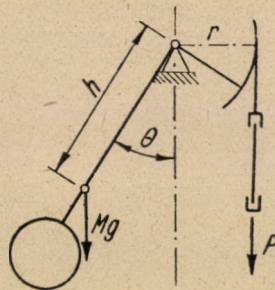
Ezek az ingás-szakítógépek vertikális elrendezésűek, az alsó húzófejet súly- vagy víznyomás, vagy elektromos hajtás húzza egyenletes sebességgel. A felső befogófej egy szögemelő rövid, vízszintes karjához van erősítve. A szögemelő hosszú, függőleges karja merev ingát képez, amely a vízszintes rövid karral együtt, húzóerő hatására vízszintes csap körül elfordul. A függőleges kar kitérése szolgál az erő mérésére.

A szakítókérdéslet folyamán a befogott próbatest a két befogófej közötti távolság növekedésével nyúlik. A felső befogófej is mozog, ezért a nyúlás-terhelés összetartozó értékeit feltüntető diagram megrajzolására szolgáló regisztráló-berendezés dobjának elforgatását olyan áttétellel kell megvalósítani, amely a húzófej útjából önműködően levonja a húzott fej útját.

Amikor a húzóerő a felső pófára hat, az inga kitér függőleges helyzetéből. Ha az egyszerű ingás-szakítógépbe merev fém pálcát fogunk be, amely nem nyúlik

meg, úgy egyenletes húzófejssebességnél az erő az idő szinuszfüggvénye szerint növekszik. Ebben az esetben a terhelésnövekedés sebessége a szinuszfüggvény differenciálhányadosának megfelelően koszinusz-törvény szerint változik. Mivel a különböző textilanyagok a szakítóvizsgálat folyamán különböző mértékben megnyúlnak, a terhelésnövekedés időfüggvénye kisebb-nagyobb mértékben el fog térni a szinusztörvénytől. A nyúlásnövekedés sem lineáris függvénye az időnek — még állandó húzófejssebességnél sem —, mivel a felső befogófej a befogott anyag nyúlása szerint különböző terhelési sebességnek megfelelő mozgást végez.

Másik tökéletlensége az ingás-rendszerű szakítógépeknek az, hogy a szakítási folyamat alatt a felső befogópofával összekötött inga kitéréséhez megfelelő inerciaerő legyőzése szükséges. Viszont, ha az inga már mozgásban van és



1. ábra

bizonyos sebességet felvett, akkor a sebességnek megfelelő lendület keletkezik. Az inerciaerő, illetve lendület befolyásolja a szakítási folyamatot, az arról felvett diagramot, valamint a szakítóerő értékét.

Az ingás-szakítógépek sztatikai hitelesítési módszerénél a felső befogófejre ható húzóerő nyomatóka és a kitérített inga nyomatóka közötti összefüggést az 1. ábra szerint

$$Pr = Mg h \sin \Theta$$

egyenlet fejezi ki,

ahol  $P$  = a felső befogófejre ható húzóerő,

$r$  = a szögemelő rövidebb karja, amelyhez a felső befogófej hozzá van erősítve,

$M$  = az inga tömege,

$g$  = a nehézségi gyorsulási erő,

$h$  = az inga súlypontjának távolsága a forgási ponttól,

$\Theta$  = az elfordulási szög.

Ezzel szemben a szakítási kísérletet dinamikai folyamatnak tekintve, az összefüggés a következő:

$$Pr = Mg \sin \Theta + I \frac{d^2 \Theta}{dt^2},$$

ahol  $I$  = a mozgó rendszer inercia-nyomatéka.

Mivel az inga mozgástörvénye, mint láttuk, nem csupán a húzófej sebességétől, hanem a vizsgált anyagtól és a gép szerkezeti elemeinek méreteitől, tömegétől függ, ezért a különböző méretű ingás-szakítógépek nem adnak abszolút értékre nézve megegyező szakítási eredményeket. Ezek az eltérések lassú szakításnál aránylag kisméretűek. De amióta a szakítóvizsgálat a textilüzemek állandó ellenőrzési eszközévé vált, növelték a szakítósebességet. Jelenleg a fonalaknál és szöveteknél használt szakítási idő 10 és 45 mp között változik. Ilyen rövid időtartamú szakítóvizsgálatnál az előbb említett inercia-erők már számba vehető befolyást gyakorolhatnak a szakítási eredményekre.

Az ingás-szakítógépek fejlődése abban nyilvánult meg, hogy főleg nagyobb teljesítményű típusoknál a szögemelő vízszintes karjának megfelelő kiképzésével egyenletes osztású erőskálát kaptak. Ezeket diagramíró-szerkezettel is felszerelték, amely többé-kevésbé bonyolult áttétellel oldotta meg a lineáris nyúlás- és terheléslépték kérdését. A nyúlás vagy a terhelés lineáris időbeli változását azonban a használatos ingás rendszerű szakítógépek nem biztosítják.

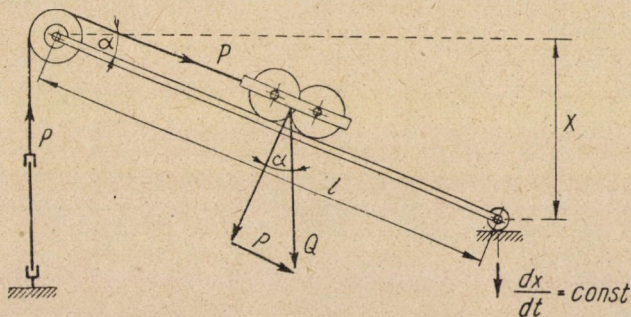
A szakító gép-szerkesztők a textilkutatók részéről megjelölt elvi szempontok szem előtt tartásával több oly egyszerű géptípust készítettek, mely lineárisan növekvő terhelést biztosít. Ehhez a típushoz tartoznak a lejtős vagy ferde pályájú szakítógépek (inclined plane tester, pl. Scott Tester, Uster önműködő dinamometer). Ezen gépeknél az egyik befogópofa rögzített, a másik egy kerekeken gördülő kocsihoz van kötve. A kocsi sík pályája egyik végén levő fix csap körül elfordulhat. A másik végén levő csap mozgatható asztallapra támaszkodik. A szakítóvizsgálat folyamán elektromos hajtószerkezet egyenletes sebességgel süllyeszti az asztallapot. Ennek következtében a kocsi pályának a kiindulási vízszintes helyzethez viszonyított lehajlási szögének szinusza az idő lineáris függvénye. Ezen lehajlási szög szinusza arányában növekszik a kocsi súlyának a kocsi pályára irányába eső komponense, azaz a befogott próbatestre ható húzóerő a 2. ábra szerint

$$\sin a = \frac{x}{l} = \frac{P}{Q}, \quad \text{abból} \quad P = \frac{Q}{l} x \quad \text{és} \quad \frac{dP}{dt} = \frac{Q}{l} \frac{dx}{dt}$$

ahol  $P$  = a húzóerő,  
 $Q$  = a kocsi súlya,  
 $l$  = a lejtő fix hossza,  
 $x$  = az asztallap útja,  
 $a$  = a vízszintessel bezárt szög.

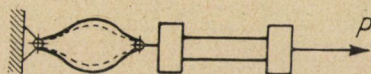
Mivel  $\frac{dx}{dt} = \text{const.}$ , tehát  $\frac{dP}{dt} = \text{const.}$ , vagyis az erőnövekedés sebessége állandó.

A lejtős szakítógépek elvi szempontból kétségtelenül fejlődést jelentenek az ingás-szakítógépekkel szemben. Legújabb kivitelükben, mint autodinametek, önműködően végzik a fonalbefogást, a szakítóerő és nyúlásértékek regisztrálását, a szakítóerők gyakorisági diagramjának feltüntetését, óránként 200



2. ábra

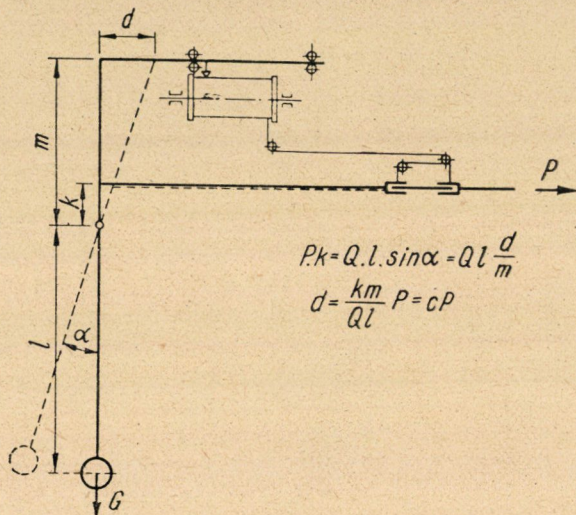
szakítással. Elvi hátrányuk azonban, hogy még jelentősebb inercia-erők keletkeznek a szakítóvizsgálat folyamán, különösen ezen géptípusoknál alkalmazott nagyobb szakítási sebességek folytán.



3. ábra

Nálunk a szövetszakítógépek terén már kb. 60 év előtt más irányban haladt a fejlődés. REJTŐ professzor 1890 körül olyan szakítógépet szerkesztett, amely horizontális elhelyezésű és a szövetre ható erőt káros súrlódások nélkül, a szövet megnyúlását pedig a húzott fej gyakorlati értelemben vett elmozdulása nélkül adja meg. Szövetszakító gépén az erőmérést olyan lemezrugó végzi, amely az erő hatására szélességirányban belapul, ellenben hosszirányban számbavehető nyúlást nem szenved (l. 3. ábrát). A rugó szélességirányú méretváltozását használta fel az erő mérésére. A szélességirányú méretváltozás áttételét úgy szerkesztette meg, hogy a diagramíró-szerkezeten az írón a hengeralkotó mentén lineáris léptékben rajzolja fel a terhelést. A lemezrugóra szerelt író-szerkezet dobját drót vagy zsinór forgatja, amelynek a vége a mozgó befogófejhez van kötve. Minden szakítógéphez 4 rugó tartozik, melyek rugóléptéke 1 mm = 1 kg, 2 kg, 4 kg, 6 kg.

Ezt a szakítógépet még ma is használják egyes laboratóriumok, a legtöbb azonban a KRÁLIK—GILLEMOT-féle szakítógépet használja, amely a Rejtő-féle szakítógépből származik azzal a módosítással, hogy az erő mérésére nem rugót, hanem ingát alkalmaztak a konstruktőrök. Ennél a szakítógépnél a húzott fej csupán néhány mm-es utat tesz meg, lényegesen kisebbet, mint a vertikális szövetszakítógépek húzott feje. A Králik—Gillemot-féle szakítógépnek megvannak a Rejtő-féle szakítógép előnyei, a húzott fejnek jó vezetése, a kényelmes befogás és főleg az igen egyszerű és megbízható diagramrajzoló-szerkezet lineáris erőléptékkel (4. ábra).



4. ábra

A jó, megbízható, lineáris nyúlás- és terhelésléptékkel rajzolt szakítási diagram felvétele a Rejtő-féle, valamint Králik—Gillemot-féle horizontális szövetszakítógépek egyik fő szerkesztési célkitűzése. REJTŐ azért tekintette a szakítási diagramot nagyon fontosnak, mert elmélete szerint a szövet tartóssága nem a szakítóerőtől, hanem a szövet szakítása alkalmával végzett munkától függ. Ennek a munkának a meghatározása pedig a szakítási diagram alapján történik. Elméletében abból indult ki, hogy a gyakorlati használat folyamán a szövetet ismételten igénybe veszik. Nem ismerjük ugyan az igénybevétel határát, de az egyes munkakörökben kifejtett mozdulatok a ruhadarabot csaknem azonos határok között veszik igénybe. Az állandó határig ismételten terhelt szövet minden igénybevétel folytán veszít munkaképességéből és rajta az igénybevételek csak addig ismételhetők, míg ki nem merítik az anyag munkaképességét. Eszerint bizonyos munkakörökben tevékenykedő egyén ruhadarabja annál tovább fog tartani, minél nagyobb annak felületi egységre eső szakítási munkája.



A szakítási munka újabban további jelentőséghez jutott a dinamikai szakítóvizsgálatok alkalmazásánál, amelyek szintén a szakítási munkát adják. Fokozott jelentőséget kapott a fásasztási vizsgálatoknál. Ez utóbbiaknál azonban azt tapasztaltuk, hogy Rejtő elmélete kiegészítésre szorul, mert a szakítási munka ismételt igénybevételénél nem azonos az egy menetes szakítás alkalmával kapott szakítási munkával, hanem attól különbözik és az eltérés függ az igénybevételi határnak a szakítóerőhöz való viszonyától.

A szakítóvizsgálatnak, mint az előzőkben kifejtettük, elméleti szempontból egzakt alapja a nyúlásnövekedési sebesség állandósága. Ennek az elvnek gyakorlati megoldását az elektromos erőmérővel felszerelt szakítógépek mutatják. Különböző elvek szerint lehet az elektromos mennyiség változásával, így ohmikus ellenállás-változással, indukció-változással, kapacitás-változással erőt mérni, úgyhogy az elektromos jellemző lineáris összefüggésben mutatja a terhelés változását. Az elektromos erőmérésnek nagy előnye, hogy az úgyszólván tetszőleges mértékben erősíthető és átvihető akár közvetlen írószerkezetre, akár oszcillográfra és ily módon tökéletes diagram kapható a szakítási folyamatról. A különböző lehetséges megoldások közül csupán egyet említünk, amelyet a T. K. I. elektronikus fonalszakítógépén látunk megvalósítva.

A T. K. I. elektronikus fonalszakítógépe az ingás fonalszakítógép szerkezetét vette át, tehát szintén vertikális. Az alsó húzófejet elektromos hajtás egyenletes sebességgel húzza lefelé, a felső befogófej elektromos erőmérő berendezéssel van összeköttetésben. Ennek lényege az, hogy a felső befogópofa megfelelően méretezett laprugóhoz van erősítve, annak adja át a nyújtás következtében a próbadarabban keletkező húzóerőt. A laprugó deformációja minimális, 0,1—0,5 mm között változik. Így tehát a húzott fej gyakorlati értelemben rögzített, mert a 0,1—0,5 mm-es elmozdulás a befogott vizsgálati anyag 20—60 mm-es megnyúlásához viszonyítva elhanyagolható. A laprugó rugalmas deformációja késedelem nélkül méri a mutatkozó húzóerőt. A rugó minimális lehajlása két tekercs indukcióját változtatja oly módon, hogy az egyiket erősíti, a másikat gyengíti. Ezek az indukciós tekercsek váltakozó áramú mérőhídba vannak bekapcsolva. Ez utóbbi után kapcsolt váltakozó áramú feszültségerősítő felerősíti a mérőhídon átfolyt áramot, azután egyenirányító egyenirányú impulzusokká alakítja azt át. Végül egyenáramú teljesítményerősítő felerősíti az áramimpulzusokat oly mértékben, hogy azok 30 mA-es direktívóval regisztrálhatók. Ez utóbbi papírszalagja az alsó húzófej, tehát a nyúlás egyenletes sebességével mozog és azon a tintairó folytonos görbében regisztrálja a nyúlás és terhelés összetartozó értékeit. Ez a regisztrálókészülék súrlódás- és torzításmentes szakítási diagramot rajzol. Ez a diagram nemcsak arról ad képet, hogy a szakítási folyamat szabályosan folyt-e le, helyes volt-e a befogás, nem jelentkeztek-e szakítógéphibák vagy egyéb rendellenességek, hanem a diagram planimetrálásával megállapított területhől kiszámítjuk a szakítási munkát, amely a fonál és az abból készült szövet tartósságának fontos jellemzője.

Az elektronikus fonalszakítógépnek az a nagy előnye, hogy a szakítóvizsgálat folyamán nem mutatkoznak inercia-erők, s a diagram késés nélkül pontosan jelzi a nyúlásnak megfelelő terhelési értékeket. További előnye a súllyal működő (ingás, lejtős) szakítógépekkel szemben, hogy a csökkenő terheléseket is késés nélkül, pontosan regisztrálja. Alkalmas állandó nyúlásnak megfelelő feszültségfeloldódási (relaxációs) folyamat regisztrálására is.

A textilanyagok vizsgálatának újabb fejlődése megmutatta, hogy nem elegendő a nyúlás-terhelés összefüggések ismerete ahhoz, hogy valamely anyagnak rendeltetésszerű felhasználás közbeni viselkedésére megbízható felvilágosítást kapjunk. Szükséges a nyúlás összetevőinek, nevezetesen a pillanatnyi és késleltetett rugalmas nyúlás, valamint a maradó nyúlásnak az ismerete. Ezen komponenseket az eddig általánosan használt ingás és lejtős szakítógépekkel — feltéve, hogy azok diagramíró-szerkezettel fel voltak szerelve — csak pontatlanul, az előbb említett hibákkal torzítva lehetett meghatározni. Az elektronikus fonalszakítógépen a rugalmas és késleltetett nyúlás, valamint a maradó nyúlás felvétele kényelmesen és pontosan elvégezhető.

Az elektromos erőmérés előnye, hogy annak pontossága független a vizsgálatnál alkalmazott nyújtási sebességtől. Ezzel tehát oly eszközt kapunk, amellyel a különböző szakítási sebességek befolyását tanulmányozhatjuk az anyag viselkedésére anélkül, hogy a vizsgáló gép szerkezetének is hatása legyen a kísérletre és befolyásolja annak eredményeit.

A terhelés léptéke az erősítő fokozatok egyszerű átkapcsolásával 6 fokozatban változtatható. Így a T. K. I. elektronikus szakítógépen 100, 200—600 g-ig terjedő fonalszakítóerők azonos pontossággal mérhetők és regisztrálhatók.

Ezen előnyökre való tekintettel az elektronikus szakítógépek számára széles perspektíva nyílik a textilanyagok vizsgálata terén, feltéve, hogy a készülék 0 vonala és léptéke munka közben lényeges idővesztés nélkül ellenőrizhető.

A fentiek összefoglalásaképpen megállapíthatjuk, hogy a képlékeny-rugalmas (viszko-elasztikus) textilanyagok szakítóvizsgálatának elméletileg helyes alapja a meghatározott állandó sebességgel végzett nyújtás. Azon textilanyagoknál, amelyeknek terhelés—nyúlás diagramja egyenes vonal (azaz megfelel a Hooke-féle törvénynek), nincs gyakorlati különbség az állandó nyújtási sebességgel vagy állandó terhelésnövelési sebességgel végzett szakítóvizsgálat között. Ebbe a csoportba tartoznak általában a normál (szabványos) állapotú természetes növényi textilanyagok, mint pl. a pamut, a len, a kender, a rami stb. és azokból készült fonalak és szövetek. Ellenben a nagy képlékeny-, azaz maradó-nyúlással bíró textilanyagoknál és termékeknél, melyeknek szakítási diagramja nem felel meg a Hooke-féle törvénynek, elméleti és gyakorlati különbség mutatkozik az állandó nyújtási sebességgel, és az állandó terhelésnövelési sebességgel való szakítóvizsgálat között. Ebbe a csoportba tartoznak az állati és szintetikus textilanyagok, azokból készült fonalak és szövetek. Ugyancsak ide sorolandók azok a szakítóvizsgálatok, amelyekkel vízfelvételek,

különböző kémiai kezeléseknél a nyúláskomponensekre vagy a szakítóerőre gyakorolt befolyását kívánjuk kimutatni. Mindezeknél javasoljuk az állandó sebességgel nyújtó szakítógépek alkalmazását, mert csak ezek biztosítják az elméletileg kifogástalan összehasonlítási alapot.

### IRODALOM

1. REJTŐ S.: Az elméleti mechanikai technológia alapelvei. IV. kötet.
2. MNOSz 101. szabvány. Közszállítás tárgyát képező szövetek átvételénél alkalmazott minőségi vizsgálatok.
3. DEZSŐ I.: A szövetek szakítóvizsgálata és a szakítási diagram alakja. Budapest 1939.
4. BELICZIN: Szpravocnik po hlopkoprjadenija. Könnyűipari Kiadó 1948.
5. A. M. FREUDENTHAL: The inelastic behavior of engineering materials and structures. 1950 New York.
6. ASTM Standards on Textile Materials. 1954.
7. P. HEERMANN: Mechanisch- und physikalisch technische Textiluntersuchungen. Berlin.
8. Methods of Test for Textiles. London 1949—50. British Standards Inst.
9. W. OESER: Prüfgeräte für die Textilindustrie. Stuttgart 1952.

### Összefoglalás

Fonál és szövet gyakorlati használati értékét elsősorban a szakítóvizsgálattal megállapított szakítóerő, szakítónyúlás és a szakítási munka határozzák meg. Ezen szilárdsági jellemzők csak akkor tekinthetők egyértelműen meghatározottnak, hogyha az összes mérendő vizsgálati körülmények azonosak. A szakítási eredmények függenek a szakító gép típusától is, mert ez szabja meg, hogy a terhelésnövekedés sebessége, és a nyúlás sebessége miképp változik a szakítási folyamat alatt. A terhelésnövekedés sebességének állandósága nem biztosítja különböző keresztmetszetű mintákon a feszültségnövekedés sebességének azonosságát. Textil szakítási próbatestek méretei közül csak a befogási hossz szabványosítható. Ezért megfelelőbb összehasonlítási alap az állandó nyúlássebességgel való szakítás. Elméleti szempontból is helyesebb ez a vizsgálati módszer, különös tekintettel textilanyagok viszkózus folyással járó deformációs folyamatára.

Az ingás szakítógépeknél sem a nyúlás, sem a terhelésnövekedés nem lineáris függvénye az időnek. A lejtős pályájú szakítógépeknél a terhelésnövekedés sebessége állandó. A Rejtő-féle rugós szakító gépen állandó nyújtási sebességgel történik a szakítás. Ugyanezt biztosítja még pontosabban az elektronikus erőmérővel működő szakító gép. Ennek nagy előnye, hogy a szakítóvizsgálat folyamán nem mutatkoznak inercia-erők, és pontos diagramot ad a terhelési és tehermentesítési folyamatról. Ezért különösen alkalmas textilanyagok rugalmas és maradé nyúlásának meghatározására, valamint a feszültség relaxáció tanulmányozására.



# A MANGÁNTARTALOM HATÁSA AZ ÚN. DUMET-VASNIKKEL ÖTVÖZETEK HŐTÁGULÁSI ÉS MÁGNESES TULAJDONSÁGAIRA

MILLNER TIVADAR,  
A MAGY. TUD. AKADÉMIA LEVELEZŐ TAGJA

és

WELESZ RUDOLF

VASIPARI KUTATÓ INTÉZET, BUDAPEST

[Beérkezett 1955. január 24-én]

## I. Bevezetés

A vákuumtechnikai ipar termékeinek (pl. az izzólámpáknak, rádiócsöveknek stb.) nagy része olyan üvegburákkal készül, amelyeken fémes áramvezetők vezetnek keresztül. Ezeknek kb. 500 C° és szobahőmérséklet között, azaz a gyártás folyamán és lehűlt állapotban is légmentesen záró módon kell hozzátapadniuk a már rideg üveghez. Ehhez egyrészt az szükséges, hogy az üvegbe olvasztás után az üveg és fém összehúzódása (hőtágulása) kb. 450 C°-tól, azaz a rideggé válás hőmérsékletétől szobahőfokig eléggé megegyező legyen; másrészt az is szükséges, hogy ne csak az üveg, hanem a fém is egyenletesen húzódjék össze. Ha ugyanis a fém összehúzódása az üvegéhez képest pl. 250 C°-ig előre siet, azután pedig annyira csökken, hogy szobahőmérsékletig ugyanannyit húzódik össze, mint az üveg, 250 C° körül a rideg üveg a fémtől könnyen elválhat, vagy elszakadhat; így az egyébként egyező teljes összehúzódások ellenére tönkremehet a légmentesen záró üveg-fém kapcsolat. A vasnikkel ötvözetek között vannak olyanok, amelyek mindkét követelménynek eleget tesznek. Ezek közül a vákuumtechnikai ipar a megfelelően választott üvegfajtákban a kb. 42% Ni + 58% Fe összetételű, ún. dumet-ötvözeteket tapasztalati alapon már évtizedek óta használja áramátvezetőül [1].

A vákuumtechnikai ipar számára fontos tehát, hogy a dumet-ötvözetek hőtágulási együtthatója mintegy 500 C° alatt az üvegével lehetőleg megegyező módon egyenletesen változzék, azaz a hőtágulási együttható hőfokmenetében ne legyen töréspont [2].

Ismeretes, hogy a 35%-nál kevesebb Ni-t tartalmazó vasnikkel ötvözetekben lehűléskor  $\gamma \rightarrow \alpha$  fázisátalakulás megy végbe. Az is ismeretes, hogy ez »nem egyenletes« hőtágulási együttható változással jár és növekedő Ni-tartalommal egyre alacsonyabb hőmérsékleten megy végbe. 35% Ni-tartalomnál már jóval szobahőmérséklet alatt bekövetkezik ez a változás, úgyhogy a kb. 42% Ni-t tartalmazó dumet-ötvözetek egyensúlyi állapotban még szobahőmérséklet alatt is tisztán  $\gamma$  fázisúak [3]. A dumet-ötvözeteknél fázisátalakulási

okokból tehát töréspont a hőtágulási együttható hőfokmenetében szobahőmérséklet és 500 C° között nem várható és valóban nincs is.

A 35%-nál valamivel több Ni-t tartalmazó vasnikkel ötvözetekben azonban mégis észlelhető ilyen töréspont, mégpedig a Ni-tartalom növekedtével egyre magasabb hőmérsékleten. A dumet-ötvözeteknél, tehát 42% Ni-tartalom körül a töréspont már 450 C° fölött megjelenik. Fizikai vizsgálatok kiderítették, hogy ezek az ötvözetek szobahőfok és 500 C° között vesztek el ferromágneses tulajdonságukat és hőtágulási együtthatójuk hőfokmenetének töréspontja (anomális szakasza) mágneses átalakulásuk jellegzetes hőmérsékletén, az ún. Curie-ponton jelenik meg [3].

A vákuumtechnikai ipar számára ezek szerint azok a vasnikkel ötvözetek értékesek, amelyeknek 0—500 C° között mért átlagos hőtágulási együtthatója a gyakorlati üvegekéhez közel van, amelyekben emellett ebben a hőfoktartományban  $\gamma - \alpha$  átalakulás nem következik be és amelyeknek Curie-hőmérséklete egyúttal kb. 500 C°-nál magasabb. A gyakorlati dumet-ötvözetek ezeknek a követelményeknek általában eleget tesznek.

Ebben a tanulmányban azzal a kérdéssel foglalkozunk, milyen mértékben változtatja meg (tolja el) a kb. 44% Ni-t tartalmazó vasnikkel ötvözet Curie-hőmérsékletét és ezzel együtt hőtágulási együtthatójának anomális tartományát, ha kb. 56% Fe tartalmából 0,3—7,5%-ot Mn-nal helyettesítünk. Ennek a kérdésnek gyakorlati jelentőséget az a körülmény ad, hogy a kohászati vasnikkel ötvözeteket ferromangánnal szokták »dezoxidálni« és így megtörténhetik, hogy a vákuumtechnikai ipar számára valamely dumet-ötvözetet Ni-tartalma alapján megfelelőnek minősítenek, holott figyelembe nem vett Mn-tartalma miatt esetleg alkalmatlan légmentesen záró üveg-fém kapcsolatok készítésére.

## II. Hőtágulás-mérések

A kérdés felderítésére svéd »armco« vas, elektrolit nikkelt és elektrolit mangán felhasználásával 44% Ni- és 0,3—7,5% Mn-tartalom között változó ötvözeteket készítettünk, amelyekben a hiányzó rész vas volt. Az alkotók tisztaságáról, illetőleg szennyeződéseiről az 1. táblázat tájékoztat.

1. táblázat

Kiinduló anyag	C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr	Cu	Fe
Armco vas .....	0,06	0,03	—	0,005	0,022	—	—	—	maradék
Nikkel .....	0,14	—	—	—	—	—	—	ny	0,18

Mangán ..... »Merck«-féle pro anal. elektrolit-mangán

Az adagokat bázisos bélésű indukciós kemencében olvasztottuk. A 7 kg súlyú betétanyagnak pontosan 42%-a nikkkel, 58%-a vas volt. Csak igen gyengén, antracittal dezoxidáltunk, hogy más ötvözőt ne vigyünk a fürdőbe. Az észlelt kb. 2%-os vasvesztés és a nikkeltartalom növekedése 44%-ra, valószínűleg a gyenge dezoxidálás következménye. A 7 kg-os adagból először mangán adagolása nélkül 30 dkg-os tömböt öntöttünk. Ezután Ni-t és Mn-t adagoltunk úgy, hogy a fürdőben és a következő tömbben a Ni-tartalom változatlan maradjon, de az ötvözet mangánt is tartalmazzon. Öntés után újból Ni és Mn adagolása következett; ezzel a Ni-tartalmat állandó értéken tartottuk, a Mn-tartalmat pedig tovább növeltük. Őt szakaszban a fürdő mennyiségére számítva a következő mennyiségű mangánt adagoltuk:

	Mn-tartalom % az adagolásból számítva
1. adag (1. sz. ötvözet) .....	0
2. « (2. sz. « ) .....	1
3. « (3. sz. « ) .....	2
4. « (4. sz. « ) .....	4,2
5. « (5. sz. « ) .....	7,6
6. « (6. sz. « ) .....	11,4

Az adagolt mangán egy része természetesen a nem kellően dezoxidált fürdő dezoxidálására használódott fel, vagy oxidálódott, aminek következtében az egyes ötvözetek Mn-tartalma a számított értéknél kisebb lett, amint az a 2. táblázatban összefoglalt elemzési adatokból látható.

**2. táblázat**

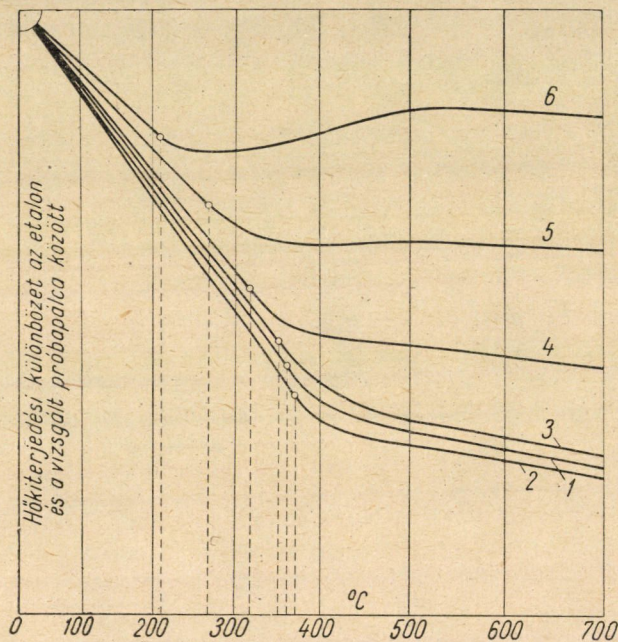
Az ötvözet jele	C	Mn	Ni	Fe
1. ....	0,01	—	43,9	55,4
2. ....	0,03	0,35	43,8	56,4
3. ....	0,02	0,75	43,5	56,0
4. ....	0,05	1,98	43,4	55,7
5. ....	0,03	4,52	44,0	50,8
6. ....	0,04	7,50	43,0	49,0

A tömbökből próbapálcákat kovácsoltunk és azokon Chevenard-differenciál dilatométerrel meghatároztuk az 1—6. ötvözetek hőtágulási görbéit. A műszerrel felvett hőtágulási görbék az 1. ábrán láthatók.

Megállapítható, hogy szobahőmérsékleten valamennyi ötvözetnek igen kis hőtágulási együtthatója van. Ezért indulnak a görbék meredeken lefelé. Növekvő Mn-tartalommal 370 C°-ról 210 C°-ra csökken az a hőmérsékleti határ,

amelyen a kis hőtágulási együttható fokozatos növekedése az 1—6. ötvözetekben megkezdődik. Ettől kezdve 60—80 C°-os hőmérséklet-közön át fokozatosan lényegesen (mintegy háromszorosára) nő a hőtágulási együttható. Az 1. ábra görbéiből megállapítottuk az egyes ötvözetek különböző hőfokokhoz tartozó hőtágulási együtthatóinak számértékét. Ezeket egyrészt összefoglaltuk a 3 táblázatban, másrészt szemléltettük a 2. ábrán.

Célszerűnek láttuk a 3. ábrán a Mn-tartalom növekedése mentén egyrészt azokat a hőmérsékleteket függvényyszerűen ábrázolni, amelyeken az egyes ötvö-



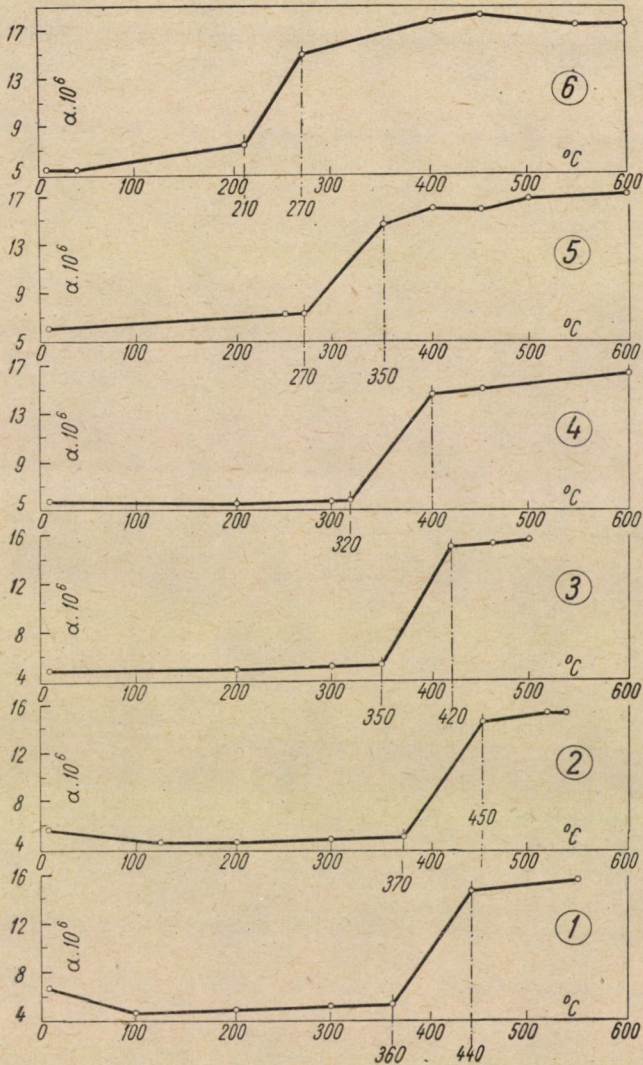
1. ábra. A vizsgált ötvözetsor hőtágulási görbéi

zetek kis hőtágulási együtthatója növekedni kezd (A-görbe), másrészt azokat a hőmérsékleteket, amelyeken a növekedés befejeződik, (B-görbe). Jól látható, hogy a hőtágulási együttható megváltozása valamennyi ötvözetben 60—80 C°-os hőfokszakaszban megy végbe; ennek a szakasznak alsó határa kb. 370 C°-ról 210 C°-ra csökken a Mn-tartalom növekedésével az 1—6. ötvözetekben.

Az észlelési adatok egyöntetűségét csak az zavarja, hogy a jellegzetes hőfokszakasz 0,35% Mn-nál emelkedő töréspontot mutat. Ez bizonyos kétséget keltett az észlelés helyessége iránt. Ennek kiderítésére a Chevenard-készülékben az etalon pálcá helyére az 1. sz. kísérleti pálcát (0% Mn) és a mérendő pálcá helyére a 2. sz. kísérleti pálcát (0,35% Mn) tettük és felvettük emelkedő hőmérséklettel a függőleges irányú kitérést. Ezt megcserélt pálcákkal is elvégeztük. Aszerint, hogy melyik pálcá volt a kettő közül felül, egymáshoz képest tükör-



képi kitéréseket észleltünk. A 0,35% Mn-t tartalmazó pálcát felülre helyezve a kitérés felfelé indult el. Ennek az ötvözetnek eszerint valóban magasabban van a jellegzetes hőfokszakasza, mint a 0% Mn-t tartalmazóé. Véleményünk



2. ábra. A különböző Mn-tartalmú (1—6.) ötvözetek hőtágulási együtthatójának változása a hőmérséklet függvényében, az 1. ábrán feltüntetett dilatométer-görbékből meghatározva

szerint ennek a jelenségnek magyarázata, hogy a felhasznált »armco« vas vas-oxidot tartalmazott, aminek következtében a gyengén dezoxidált 0% Mn-t tartalmazó ötvözetben is sok az oxid-zárvány. Ez a tágulási együttható megváltozásának hőfokhatárát is kissé lejjebb szállítja. Ezt csak a növekvő Mn-ada-

3. táblázat

Vizsgálati hőmérséklet C°	1. sz. ötvözet	2. sz. ötvözet	3. sz. ötvözet	4. sz. ötvözet	5. sz. ötvözet	6. sz. ötvözet
10	6,6	5,6	4,7	5,6	6,0	5,3
20	—	—	—	—	—	5,3
100	4,5	—	—	—	—	—
200	4,7	4,5	4,8	5,5	—	7,3
210	—	—	—	—	—	7,4
250	—	—	—	—	7,1	—
270	—	—	—	—	7,2	15,0
300	5,0	4,7	5,2	5,8	—	—
320	—	—	—	5,9	—	—
350	5,1	4,9	5,3	—	14,8	—
360	5,2	—	—	—	—	—
370	—	5,1	—	—	—	—
400	—	—	—	14,6	—	17,8
420	—	—	15,0	—	—	—
440	14,6	—	—	—	—	—
450	—	14,6	15,2	15,2	16,0	18,3

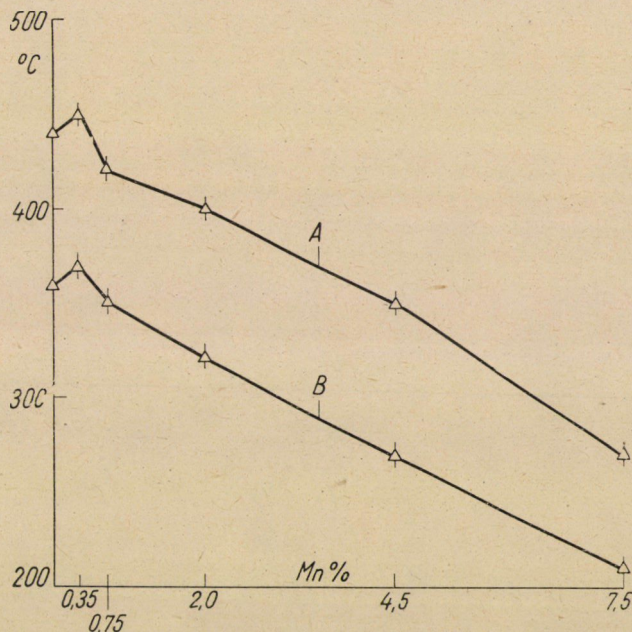
A különböző Mn-tartalmú ötvözetek hőtágulási együtthatói ( $\alpha \cdot 10^6$ ) a hőmérséklet függvényében  
(A bekeretezett számok a hőtágulási együttható változásának a kezdetét, az aláhúzottak pedig a végét jelzik)

gok dezoxidáló hatása szünteti meg. Véleményünket a mikroszkópi vizsgálatok is alátámasztották, az 1. sz. ötvözet szövetében ugyanis jóval több oxidzárvány volt található, mint a többi ötvözetében.

### III. Mágneses mérések

Említettük, hogy elméleti fizikai vizsgálatok szerint a ferromágneses fémek és ötvözetek ferromágneses állapotának megváltozását a Curie-hőmérsékleten törvényszerűen hőtágulási anomáliák kísérik. Az előzőkben azt is láttuk, hogy a dumet-csoportba tartozó ötvözetek hőtágulásának anomális szakaszát a növekvő Mn-tartalom egyre alacsonyabb hőmérsékletre szorítja le. Önként kínálkozik tehát a kérdés, vajon nem lesz-e az 1–6. ötvözetek Curie-hőmérsékleteinek menete a jellegzetes hőtágulási hőfokszakasz menetével megegyező (a növekvő Mn-tartalom mentén). Ha ez így lenne, helyesnek bizonyulna az a nézet, hogy az 1–6. ötvözetek hőtágulási viszonyait a mért hőfoktartományban teljesen mágneses viselkedésük szabja meg.

Ennek a kérdésnek felderítése céljából megvizsgáltuk az 1–6. ötvözetek mágneses átalakulásának hőmérsékletét, vagyis megállapítottuk azt a hőmérsékletet, amelyen a mágneses austenit már észrevehetően átalakul nem mágneses austenitté. Azt tapasztaltuk, hogy a mágneses átalakulás valamennyi említett ötvözetnél abban a hőmérsékleti sávban következik be, amelyben a hőtágulási együttható megváltozik. Ezzel a Curie-hőmérséklet mérések gyakorlati fontossága kidomborodik.

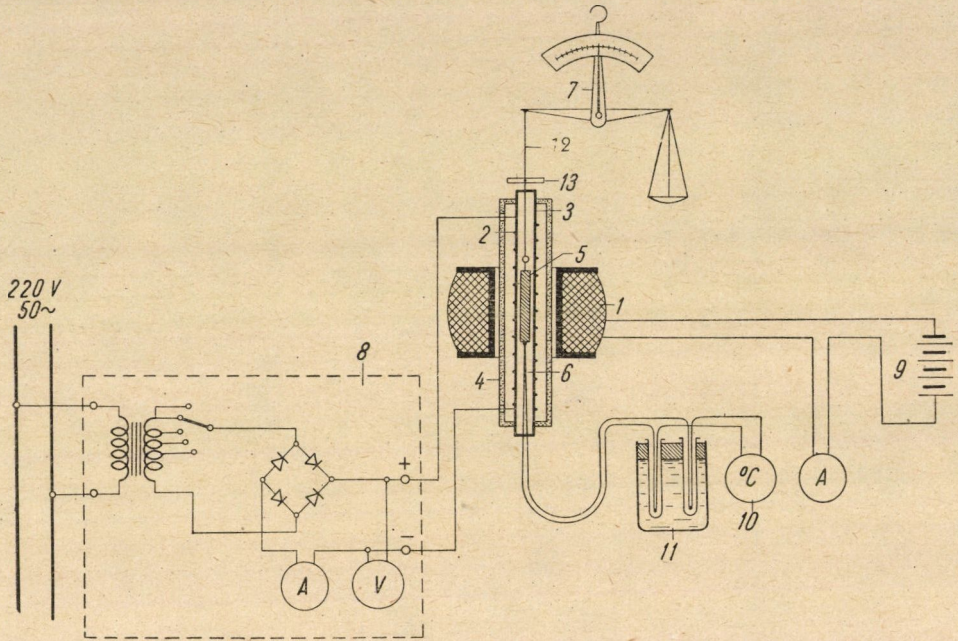


3. ábra. A hőtágulási együttható növekedésének kezdeti és végső hőmérsékletei különböző Mn-tartalmú ötvözeteknél a 2. ábra és a 3. táblázat alapján (folytonos vonallal összekötve)

Mágneses méréseinkhez a 4. ábrán vázlatosan feltüntetett egyszerű készüléket használtuk. Magát a mérést a következőképpen végeztük el. A vizsgálandó 5 próbapálcát a 2 ellenállásfűtésű kemence 3 kvarcsövébe helyezük úgy, hogy a 12 vékony felfüggesztő szállal a 7 patikamérleg szabad karjára függesztjük. A próbapálcát alsó végéhez a hőfokmérésre szolgáló 6 Pt-PtRh thermoelempár hozzá van forrasztva. Ha az 1 mágnesező tekercs nincs bekapcsolva, akkor a próbapálcát és a thermoelempárt a kemence felé billenti a mérleg karját. Ezt a kitérést pontosan kiegyensúlyozzuk a mérleg serpenyőjébe helyezett ellensúllyal úgy, hogy a mérleg mutatója a 0 jelen »játsszék«. Ezután a serpenyőbe kb. 0,2 g többletsúlyt helyezünk. Ennek következtében a mérleg a serpenyő oldalára billen át. Ezután bekapcsoljuk a mágnesező tekercs áramát, amire a tekercs a próbapálcát a serpenyő többletsúlya ellenére egészen a felfüggesztő

szálra erősített 13 ütközőig berántja. Ezután következik a kemence bekapcsolása. A hevítés célszerűen kb. 20 C°/perc sebességgel történik. (Lényegesen gyorsabb felhevítés valamivel magasabb átalakulási hőmérsékleteket okoz.)

Ily módon várható, hogy a mágneses átalakulás hőmérsékletét elérve, a mágnesező tekercs nem húzza már be tovább a próbapálcát és így a serpenyő többletsúlya átbillenti a mérleget.



4. ábra. A mágneses mérésekre szolgáló műszer

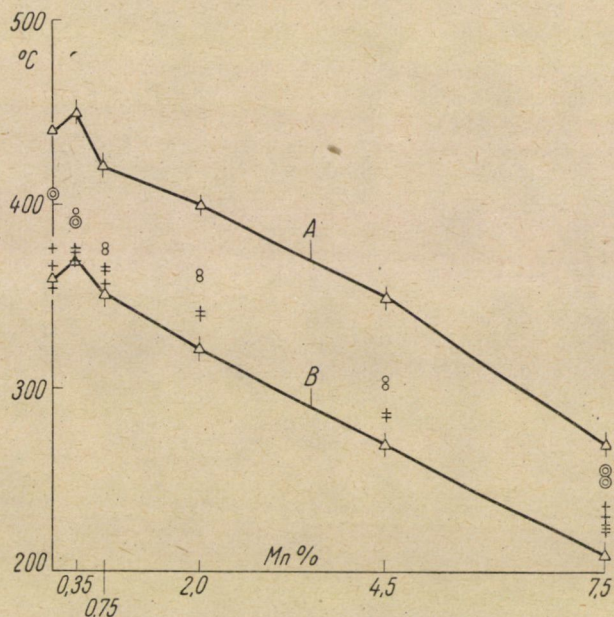
1 Mágnesező tekercs. 2 Fűtőellenállás. 3 Kvarcső. 4 Hőszigetelés. 5 A próbapálcá. 6 Thermoelem. 7 Patikamérleg. 8 Áramforrás a fűtésre. 9 A mágnesező tekercs áramforrása. 10 mV-mérő (hőfokmérő). 11 Thermostat. 12 Felfüggesztőszál. 13 Ütköző.

A valóságban a mágneses átalakulás fokozatosan megy végbe és ezért az átbillenés csak akkor következik be, amikor a mágneses átalakulás egy bizonyos mértéket már elért. Méréseinknél azt a hőmérsékletet tekintettük a mágneses átalakulás kezdőhőmérsékletének, amelynél a 13 ütköző első megmozdulása észlelhető volt. Feljegyeztük ezenkívül az ütköző kb. 1 mm-es elmozdulásának hőmérsékletét is ; ettől kezdve a próbapálcá gyors ütemben veszítette el mágneses sajátosságát és fokozatosan nem mágnesezhetővé vált.

Ha az így mért átalakulási hőmérsékleteket a 3. ábrába berajzoljuk, amelyen növekvő Mn-tartalom mentén a hőtágulási együttható megváltozásának határhőmérsékletei folytonos vonallal összefoglalva vannak ábrázolva, akkor az 5. ábrához jutunk. Ebben + jellel jelzett pontok a mágneses átalakulás észlelt

kezdő hőfokát, a körök pedig a 13 ütköző említett 1 mm-es elmozdulásának hőmérsékletét tüntetik fel.

Látjuk, hogy a mágneses átalakulás hőmérsékleteit valamennyi ötvözetnél alig 10–20 C°-kal találtuk magasabban, mint a hőtágulási együtttható megváltozásának kezdő hőmérsékleteit. Ez az alkalmazott mágneses mérő-módszer egyszerűségét tekintetbe véve igen kielégítő egyezés. A 13 ütköző 1 mm-es elmozdulásának megfelelő mért értékek (körök) a hőtágulási együtttható változásának szakaszában csaknem középre esnek, összhangban azzal, hogy ezek már az előrehaladott mágneses állapotváltozás mérőpontjai.



5. ábra. A mágneses mérések eredményei egyberajzolva a hőtágulási mérésekkel

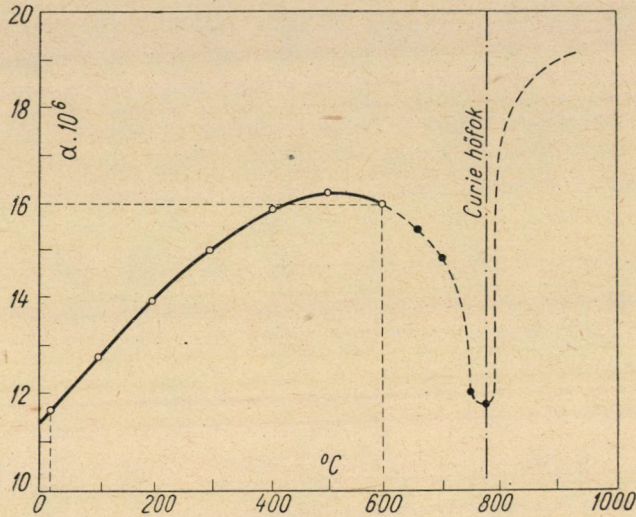
Megállapíthatjuk tehát, hogy 44% Ni-tartalmú vasnikkel ötvözetek anomális hőtágulási hőfokszakasza, valamint ún. Curie-hőmérséklete a Fe-tartalom rovására növekvő Mn-tartalom hatására egymással megegyezően a 0% Mn-hoz tartozó 460–370 C°-ról a 7,5% Mn-hoz tartozó 300–210 C° értékre csökken.

#### IV. Az észlelések fizikai magyarázatáról

Ismeretes, hogy a tiszta vas hőtágulási együttthatója a Curie-hőmérséklet környékén megváltozik és anomáisan alacsony értékeket ér el [5], (6. ábra). Fordított jelenséget észleltek nikkelnél. Ennél a fémnél a Curie-hőmér-

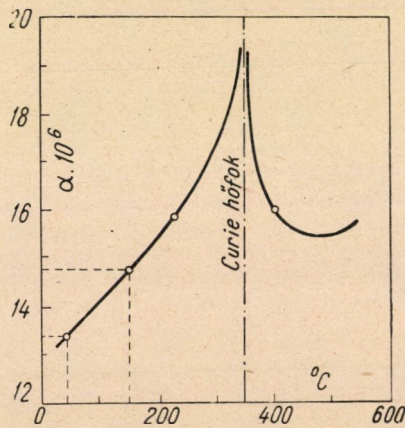
séklet környékén a hőtágulási együttható jelentősen növekedik [4, 5, 6]. (L. 7. ábra.)

Magának a hőtágulásnak létrejöttét — amint ismeretes — kétatomos modell segítségével a következőképpen értelmezhetjük. Szemléltesse pl. a 8. ábra



6. ábra. A vas hőtágulási együtthatójának változása a Curie-hőmérséklet körzetében

- a mérési pontok [4]
- számított értékek [5]
- a görbe feltételezhető további menete

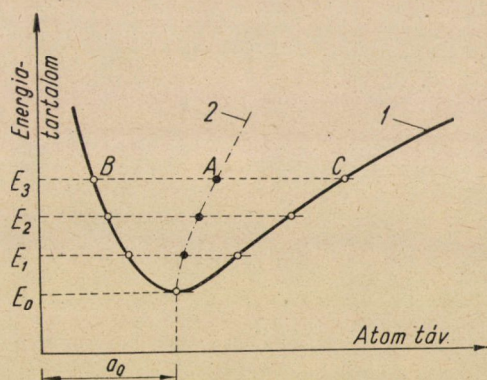


7. ábra. A nikkell hőtágulási együtthatójának változása a Curie-hőmérséklet körzetében [4, 5, 6]

két fématom »energiatartalom-atomtávolság« függvényét, vagyis az ún. potenciálgörbéjét.\* Látjuk, hogy e két atomból álló rendszer energiatartalma

\* Figyelmen kívül hagyva a nullpontenergia jelentőségét.

abszolút  $0^\circ$ -on  $E_0$ , atomtávolsága pedig ugyanakkor  $a_0$ . Magasabb hőmérsékleten e rendszer energiája a két atom viszonylagos rezgésének fokozódása folytán pl.  $E_3$  értékre nő; oly módon, hogy az  $E_3$  energia rezgés közben a legnagyobb megközelítés  $B$  helyzetében a taszítóerőkkel szemben kialakult teljesen potenciális energia alakjában, a legnagyobb eltávolodás  $C$  helyzetében pedig a vonzóerőkkel szemben kialakult teljes egészében potenciális energia alakjában és valahol e két pont között, az űn. rezgés középpontban teljes egészében kinetikai energia alakjában van a rendszerben. Mivel a taszítóerők meredekebben változnak az atomtávolsággal, mint a vonzóerők, ezért a potenciálgörbe aszimmetrikus. Ezért emelkedő hőmérséklettel, azaz növekvő rezgés amplitudóval a két atom távolsága növekedik (az ábrán a rezgés középpont egyre nagyobb távolságra tolódik el). Innen ered a hőtágulás.



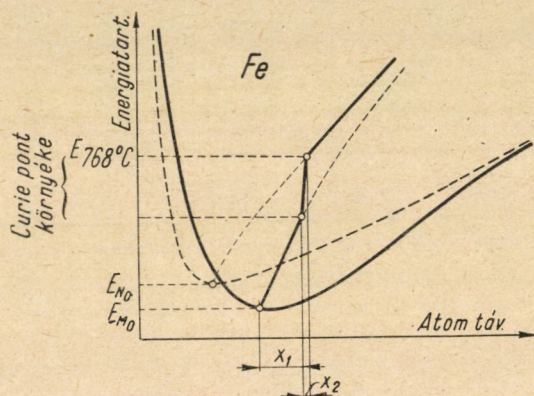
8. ábra. Két fématom »energiatartalom-atomtávolság« függvénye

1 potenciálgörbe

2 a rezgés középpont helyzete a másik atomhoz viszonyítva, ha feltételezzük, hogy ez az atom nem változtatja helyzetét és középpontja az ordinátán van

A vas és nikkelt hőtágulásának említett különösségeit ebből azonban még nem értelmezhetjük. Ehhez figyelembe kell vennünk azt a tapasztalatot, hogy minden ferromágneses fém önként átalakul hevítéskor valamely jellemző hőmérséklettartományban mágneses fémből nem mágneses fémmé (reverzibilisen). Ezért ferromágneses állapotban nagyobb energiátartalmat tulajdoníthatunk a fémnek, mint nem mágneses állapotban. Ennek megfelelően modellünkben a mágneses állapotú vasnak más potenciálgörbét tulajdonítunk, mint a nem mágnesesnek. Ha ezt oly módon tesszük, amint az a 9. ábrán látható, ahol egyrészt azonos rezgés amplitudókhoz nem mágneses állapotban nagyobb energia értékek tartoznak, mint mágneses állapotban, másrészt a mágneses állapotnak folytonos vonallal ábrázolt potenciálgörbéjében a rezgés középpontok sora a nem mágneses állapotnak szaggatott vonallal ábrázolt potenciálgörbéjéhez tartozó

rezgés középpontokhoz képest a nagyobb atomtávolságok felé van eltolva, akkor olyan viszonyokat ábrázoltunk, amelyek anomálisan kis hőtágulási együttható értékhez vezetnek a Curie-hőmérséklet közelében. Ilyen viszonyok között a mágneses állapotú rendszer rezgési energiája a hőmérséklet emelkedésével eleinte csakis úgy nőhet, hogy az atomtávolság a rezgés középpontok nagyobb távolságú sora szerint növekszik. A Curie-pont közelében azután a mágneses állapot megszűntetéséhez szükséges energiával a rendszer összes energiája úgy növekedhetik, hogy ez atomtávolság-változással nem jár, mert ezek között a viszonyok között a nem mágneses állapot rezgés-középpontjainak kisebb távolságú sorára való áttérés atomtávolság növekedés nélkül megtörténhetik, amint ezt a 9. ábra erősen kihúzott vonala szemlélteti. Ilyen viszonyok között a Curie-hőmérséklet közelében tehát igen kis hőtágulási együttható jelentkezik.



9. ábra. A vas ferromágneses (folytonos potenciálgörbe) és nem ferromágneses állapotának (szaggatott pot. görbe) értelmezésére szolgáló potenciálgörbék és a vasatom rezgés középpontjának változása a Curie-hőmérséklet közelében

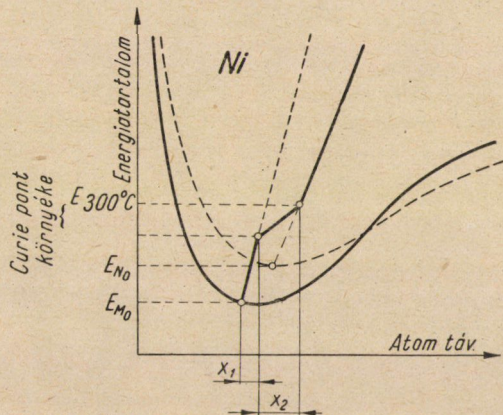
$E_{M0}$  a ferromágneses állapotú vas energiataralma absz. 0°-on

$E_{N0}$  a nem ferromágneses állapotú vas energiataralma absz. 0°-on

A 9. ábra viszonyai csak a vas hőtágulási anomáliáinak megértéséhez hoznak bennünket közelebb. Hasonló módon eljuthatunk azonban a nikkelfém kétatomos modelljéhez is akkor, ha a nem mágneses állapot potenciálgörbéjének rezgés középpontjait a mágneses állapot rezgés középpontjaihoz képest a nagyobb atomtávolságok irányában toljuk el. Oly módon, hogy azonos rezgés amplitudó mellett itt is a nem mágneses állapothoz tartozzék a nagyobb energiataralom. Ilyen körülmények között a rendszer energiájának növekedése a mágneses állapot rezgés középpontjainak soráról a nem mágneses állapot nagyobb távolságú rezgés középpont sorára való áttéréskor aránylag nagymértékű atomtávolság változást okoz, amint ezt a 10. ábra folytonos vonala szemlélteti. Ilyen viszonyok között, amelyeket a nikkelfémre jellemzőknek tekinthetünk, a Curie-hőmérséklet közelében tehát anomálisan nagy hőtágulási együttható jelentkezik.



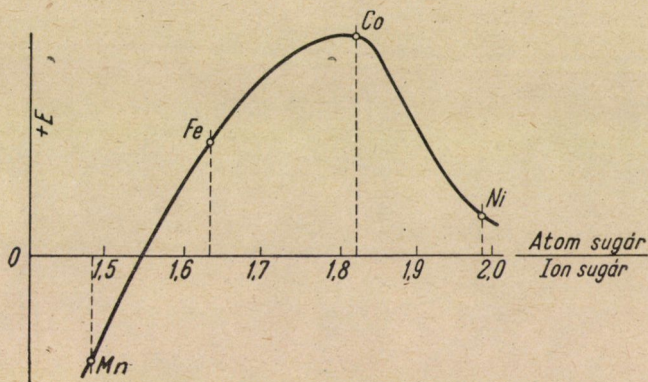
Ezek a kétatomos modellek csupán a tiszta vas és a tiszta nikkelt hőtágulási és mágneses sajátságainak jellemző vonásait világítják meg, a számszerű viszonyokat azonban nem írják le és még kevésbé alkalmasak arra, hogy vasnikkel ötvözetek sajátságainak alakulását belőlük kiolvassuk.



10. ábra. A nikkelt ferromágneses (folytonos potenciálgörbe) és nem ferromágneses, (szaggatott potenciálgörbe) állapotának értelmezésére szolgáló potenciálgörbék és a nikkeltatom rezgés központjának változása a Curie-hőmérséklet közelében

$E_{M_0}$  a ferromágneses állapotú nikkelt energiataralma absz. 0°-on

$E_{N_0}$  a nem ferromágneses állapotú nikkelt energiataralma absz. 0°-on



11. ábra. A ferromágneses állapotot stabilizáló energiának (+E) és az atomsugár/ion sugár arányának az összefüggése Slater szerint

A korszerű fémfizika a hullámmechanika segítségével ezen a téren igen messze előre haladt. Mélyebb értelmet adott azoknak a viszonyoknak is, amelyek a modellekben előfordulnak, de ezen messze túlmenően olyan megállapításokat tett pl. a 3d-elektronos fémek (... Cr, Mn, Fe, Co, Ni) ferromágneses állapotának stabilitásáról, amelyek kiterjeszthetők ezeknek a fémeknek az ötvözetekre is.

Bennünket ezek közül itt főképpen azok az ismeretes megállapítások érdekelnek, amelyek Slater-től származnak és a 11. ábrában vannak összefoglalva. Ezek szerint a  $3d$ -elektronos fémek ferromágneses állapotának stabilitása (stabilizáló +  $E$ -energiája) erősen függ az »atomsugár/ionsugár« arányszámtól, úgy, amint az az ábrán látható.

Kiolvashatjuk ebből az ábrából, hogy a vas vagy a kobaltfém ferromágneses állapota jóval nagyobb energiával van stabilizálva, mint pl. a nikkelfémé. Ez az oka annak, hogy a vas és a kobalt Curie-hőmérséklete, vagyis azon hőmérséklete, amelyen a mágneses állapot hőenergia segítségével megszüntethető, magasabb mint a nikkelfém Curie-hőmérséklete. De kiolvashatjuk belőle azt is, ami bennünket most elsősorban érdekel, hogy milyen kedvezőtlen a ferromágneses helyzet stabilitása szempontjából a mangánatomok »atomsugár/ionsugár« hányadosa.

Ez a körülmény adott nekünk eredetileg ösztönzést arra, hogy kísérletileg megvizsgáljuk a mangántartalom befolyását a dumet-vasnikkel ötvözetek hőtágulási és mágneses viszonyaira. Vizsgálatainkat nem kívántuk elméleti kérdésekre kiterjeszteni, a 4. táblázatban mégis bemutatjuk, hogy a ferromágneses helyzet stabilitására és ezzel együtt a Curie-hőmérséklet bennünket annyira érdeklő alacsony vagy magas voltára erősen kiható »atomsugár/ionsugár« arányszám miképpen alakul két közismert és egy kísérleti vasnikkel ötvözetnél, ha az ötvözet »atomsugarát« a komponensek (alkotók) ismert atomsugaraiból százalékarányuk szerint súlyozva átlagoljuk.

4. táblázat

*A mangán hatása a vasnikkel ötvözetekben az átlagos atomsugár/ionsugár arány változására*

Összetétel			Átlagos atomsugár/ionsugár arányszám
44% Ni	56% Fe	0% Mn (dumet)	1,78
44% Ni	48,5% Fe	7,5% Mn	1,77
36% Ni	64% Fe	0% Mn (invar)	1,75

A táblázatból látható, hogy a Mn-tartalom ezt a tényezőt az alacsonyabb Curie-hőmérsékletet előidéző irányba tolja el. Az eltolódás azonban olyan kismértékű, hogy nyilvánvalóan további vizsgálatok szükségesek annak a kérdésnek az eldöntéséhez, hogy 7,5% Mn-tartalom e kismértékű változás folytán, avagy egyéb okokból képes-e a 44% Ni + 56% Fe összetételű dumet-ötvözet 460—370 C° Curie-hőmérsékletét a 44% nikkell + 7,5 Mn + 48,5% Fe összetételű ötvözet 300—210 C° értékére csökkenteni.

## IRODALOM

1. MILLNER TIVADAR: Vasnikkel ötvözetek hőkiterjedési tulajdonságainak összefüggése mágneses sajátágaikkal. 1954. Mérn. Továbbk. Int. 2402. sz.
2. N. V. Molybdenum Company (Metallwerk Plansee, Österreich): Einschmelzmetalle für die Hochvakuumtechnik.
3. M. HANSEN: Der Aufbau der Zweistoff-legierungen. 1936. S. 697.
4. Metals Handbook (1948), P. 424, P. 1046.
5. R. ROCCA, M. B. BEVER: J. Metals, 1950, P. 327.
6. Int. Critical Tables: Vol. II. P. 461, 465.

## Összefoglalás

A tanulmány a vákuumtechnikai iparban áramátvezetőként használt vasnikkel — ún. dumet-ötvözetek hőtágulási és mágneses tulajdonságainak, különböző mennyiségű mangán hatására bekövetkező megváltozásával foglalkozik.

A tárgyalt kísérletek során végzett hőtágulási együttható és Curie-hőmérséklet mérések szerint a 44% Ni-t tartalmazó vasnikkel ötvözet Fe-tartalmának Mn-nal történő helyettesítése jelentős mértékben csökkenti ezeknek az ötvözeteknek hőtágulás-hőmérséklet görbéjén a »töréspontot« (anomális hőfokszakaszt).

Amíg ugyanis 44% Ni-ből és 56% Fe-ből álló dumet-ötvözet 460—370 C° között megjelenő »töréspontja« a vákuumtechnikai ipar szokásos üvegfajtáiban történő törésmentes beolvasztás követelményeinek megfelel, addig 44% Ni-ből, 3% Mn-ből és 53% Fe-ből álló ötvözet 400—300 C° között jelentkező »töréspontja« már egymagában véve is alkalmatlanná teheti ezt az ötvözetet beforrasztásra. Nagyobb Mn-tartalom még ennél is kedvezőtlenebb helyzetet teremt.

A tanulmány tehát felhívja a figyelmet arra, hogy nagy gondot kell fordítani a vákuumtechnikai dumet-ötvözetek gyártásánál a Mn-tartalom kis (lehetőleg 1%-nál nem nagyobb) értéken való tartására és a dumet-ötvözetek felhasználásánál a Mn-tartalom ellenőrzésére.



# BESZÁMOLÓ AZ ÚRKÚTI KARBONÁTOS MANGÁNÉRCCEL VÉGZETT LÚGZÁSI, LÚGTISZTÍTÁSI ÉS MANGÁNLEVÁLASZTÁSI KÍSÉRLETEKRŐL

HORVÁTH ZOILTÁN

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA

ÉS

BURNÓCZKY LAJOS

NEHÉZIPARI MŰSZAKI EGYETEM FÉMKOHÁSZATI TANSZÉKE, MISKOLC

[Beérkezett 1955. január 24-én]

Az újonnan feltárt karbonátos úrkúti mangánérc feldolgozási lehetőségei közül ebben a munkában azt vizsgáltuk, hogy milyen körülmények között lehet ebből az ércből olyan tisztaságú manganokarbonátot előállítani, amely az elektrolízis véglúgjával közvetlenül lúgozható és így mangántartalma elektrolitmangánná alakítható át.

Az érc mangántartalma minden előkészítés nélkül lúgozható híg kénsavas oldattal. A lúgzás során, ha jó mangánkihozataalt akarunk, a mangán mellett szennyező elemeket is oldatba kell vinnünk. Az oldatból tehát csak lúgtisztító művelet beiktatása után választhatunk le megfelelő tisztaságú manganokarbonátot. Ezek szerint kísérleteink közben először a lúgzásnak, azután a lúgtisztításnak, végül pedig az ammóniumkarbonáttal való leválasztásnak legkedvezőbb feltételeit kellett megállapítanunk.

A kísérletek céljaira rendelkezésünkre álló úrkúti karbonátos mangánérc összetétele a következő :

$$\text{MnCO}_3 = 32,0\%$$

$$\text{FeCO}_3 = 19,0\%$$

$$\text{CaCO}_3 = 6,3\%$$

$$\text{MgCO}_3 = 6,6\%$$

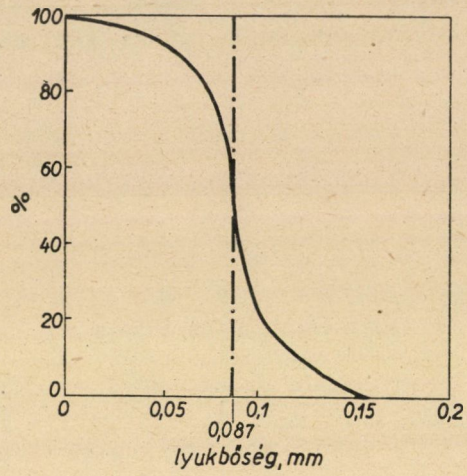
$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 5,4\%$$

$$\text{SiO}_2 = 19,5\%$$

$$\text{H}_2\text{O} = 11,2\%$$

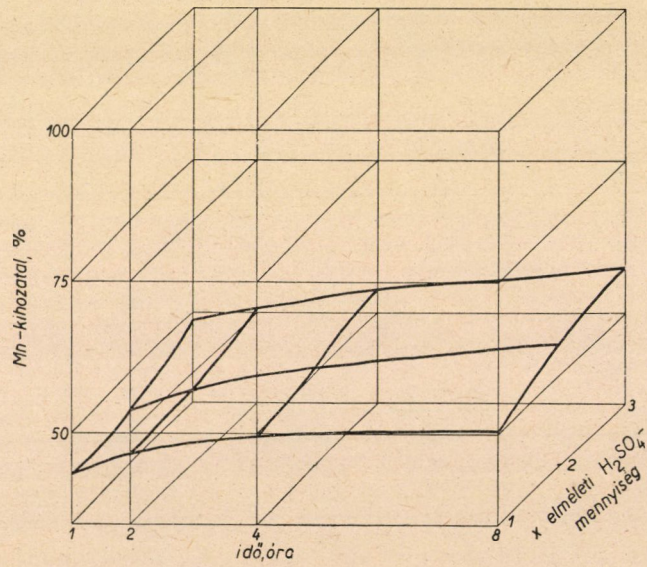
A kísérletekhez az ércet 110 C°-on való szárítás után a 80 csokros szitán (0,156 mm) átmenő szemnagyságra őrltük. Az őrlemény kumulatív görbájéből (1. ábra) megállapítottuk, hogy az ércben a 0,07—0,08 mm szemnagyságú rész van túlsúlyban.

A vizsgálatok első részében azt iparkodtunk megállapítani, hogy az ércből 1,2 és 4%-os kénsavval az ércben levő mangánnak és vasnak hányad



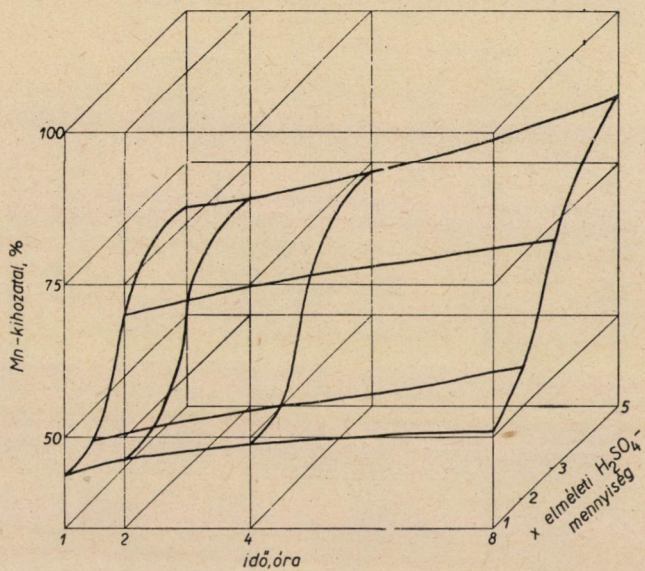
1. ábra

1%-os oldattal való lúgzás kavarási nélkül



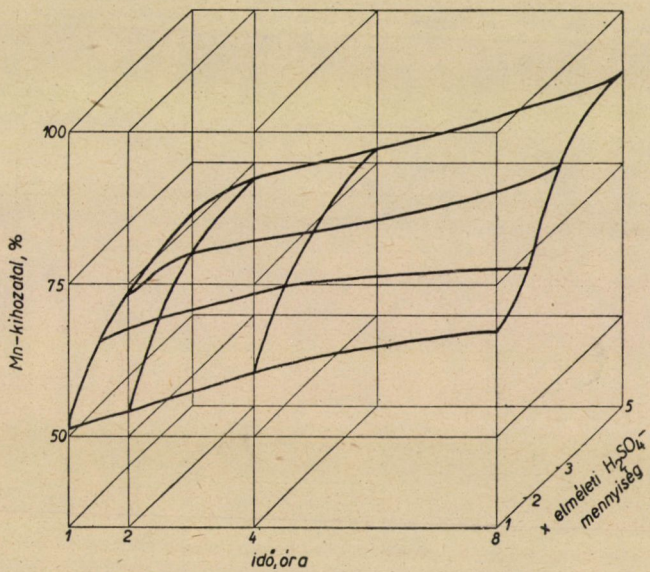
2. ábra

2 %-os oldattal való lúgzás kavarás nélkül



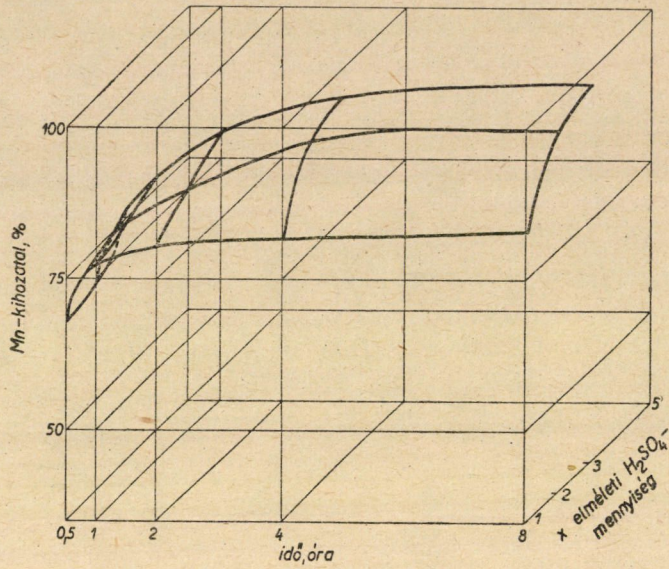
3. ábra

4 %-os oldattal való lúgzás kavarás nélkül



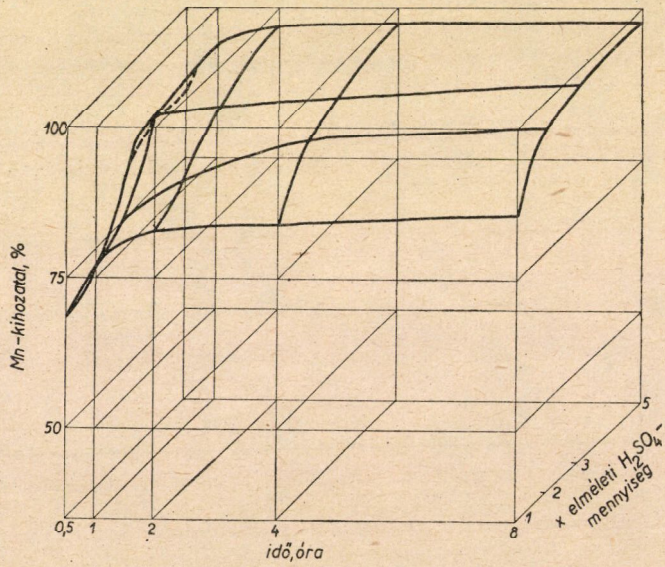
4. ábra

1%-os oldattal való lúgzás levegővel kavarva



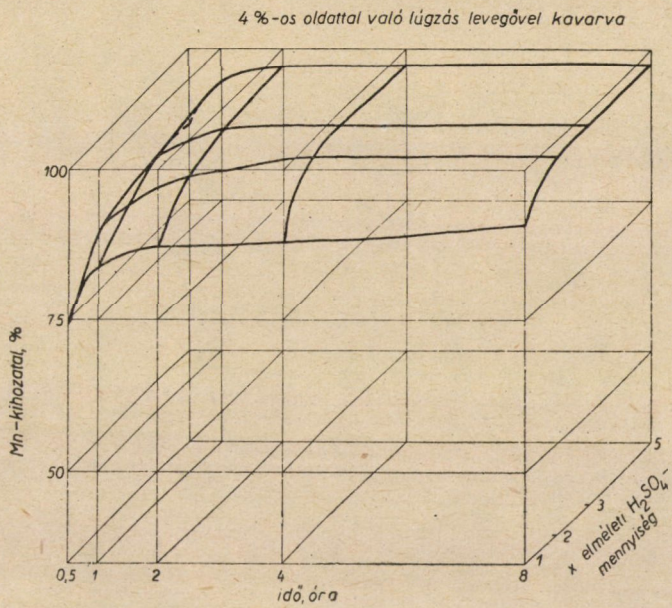
5. ábra

2%-os oldattal való lúgzás levegővel kavarva

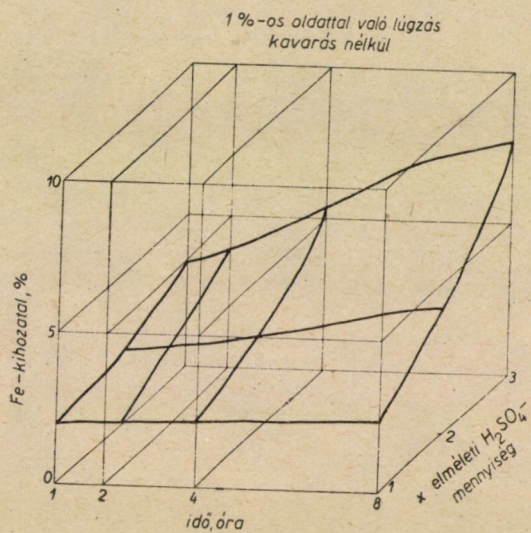


6. ábra

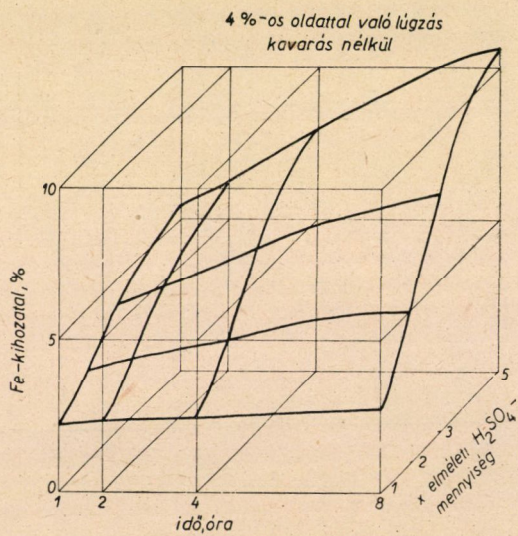
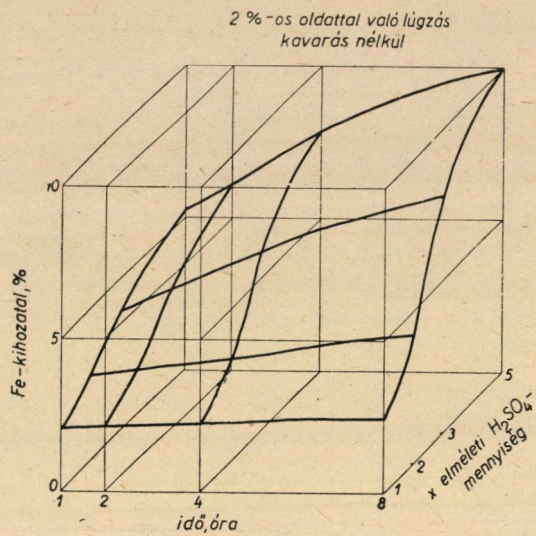


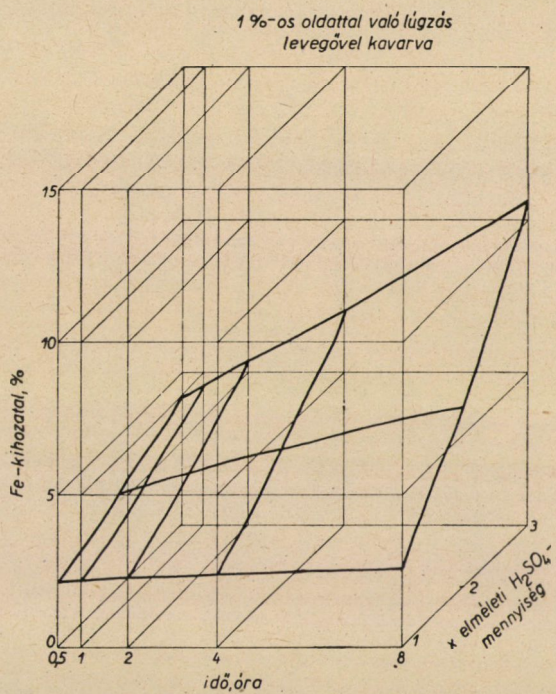


7. ábra

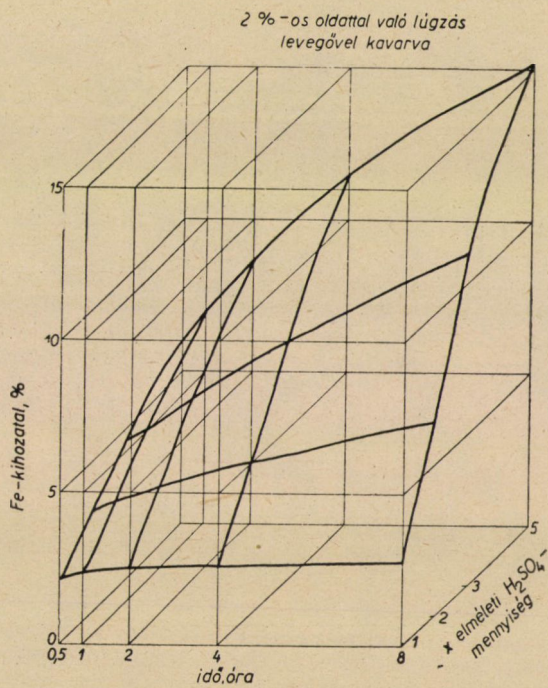


8. ábra

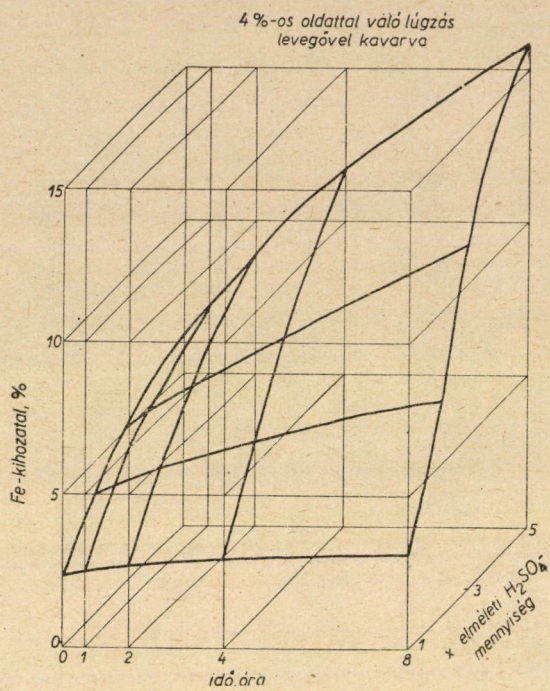




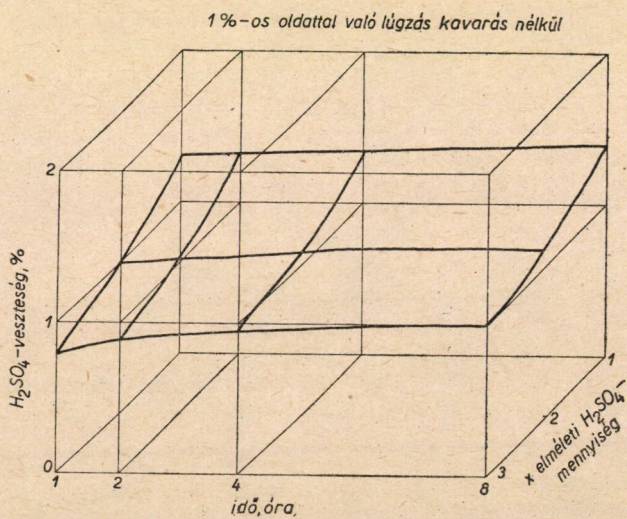
11. ábra



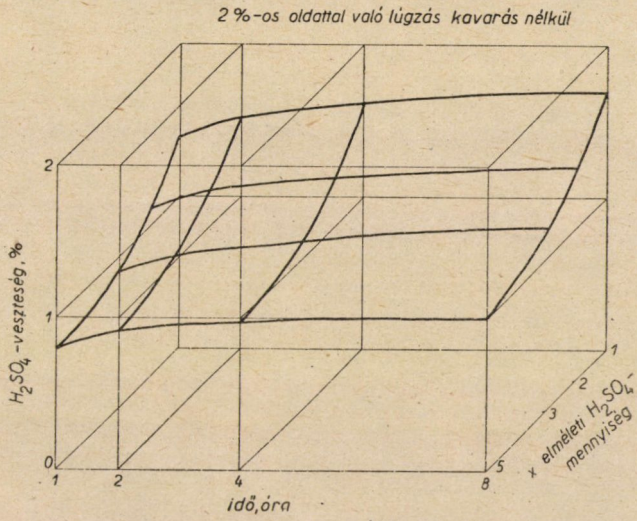
12. ábra



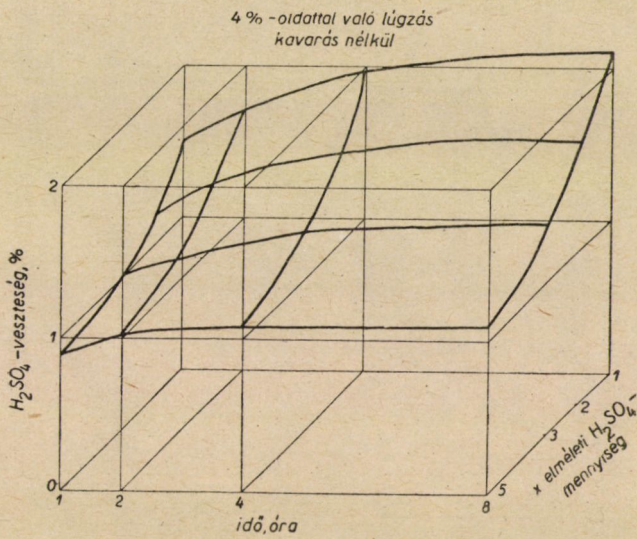
13. ábra



14. ábra

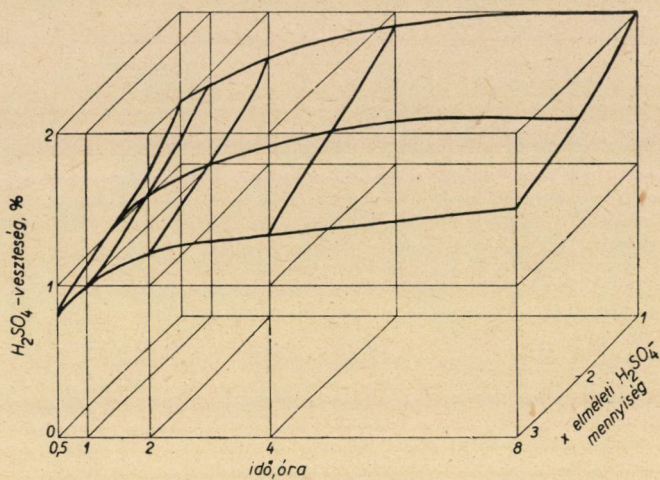


15. ábra



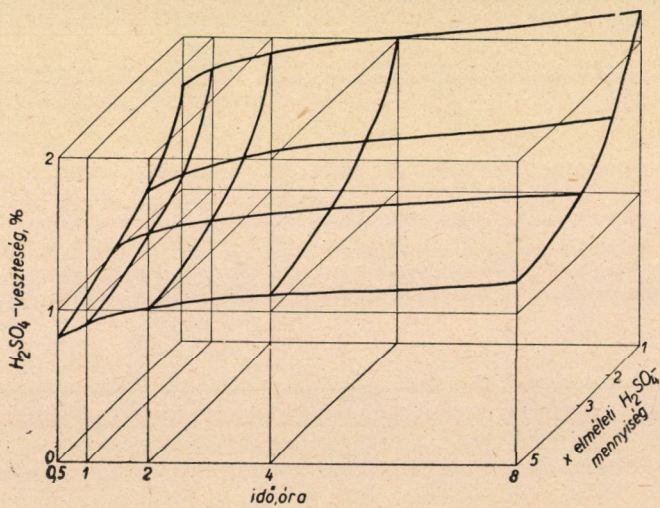
16. ábra

1%-os oldattal való lúgzás levegővel kavarva

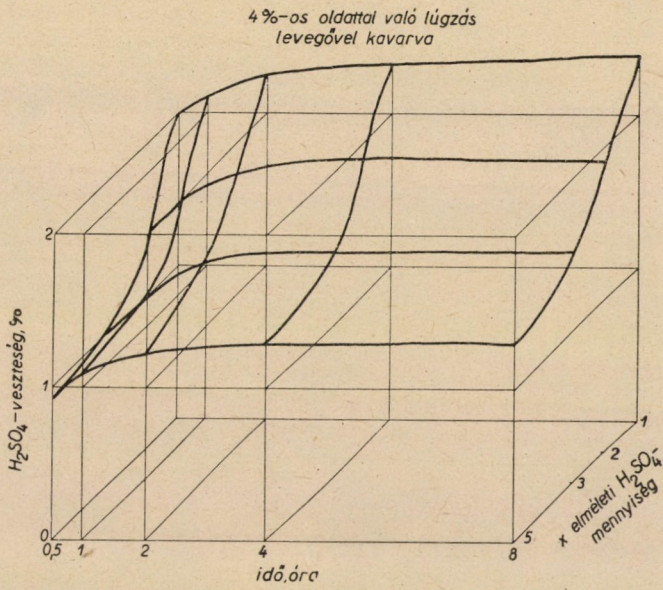


17. ábra

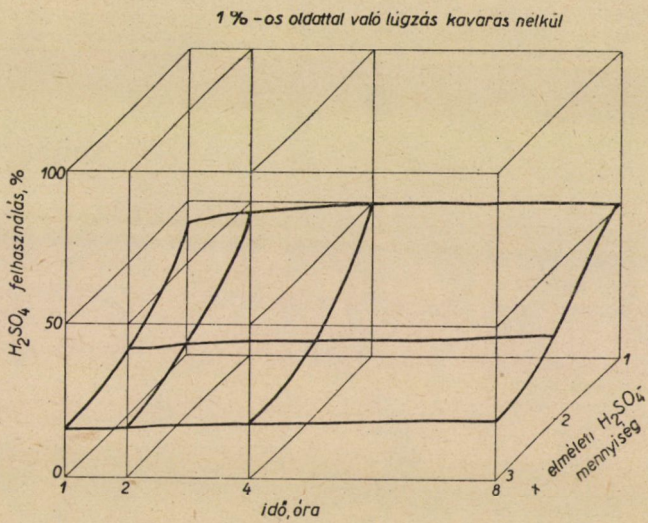
2%-os oldattal való lúgzás levegővel kavarva



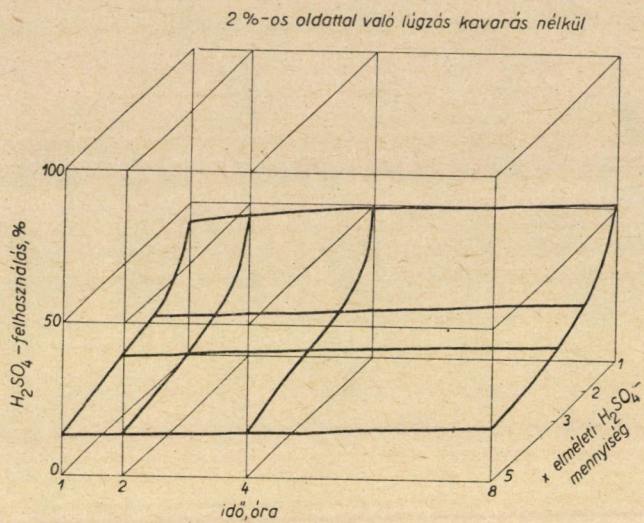
18. ábra



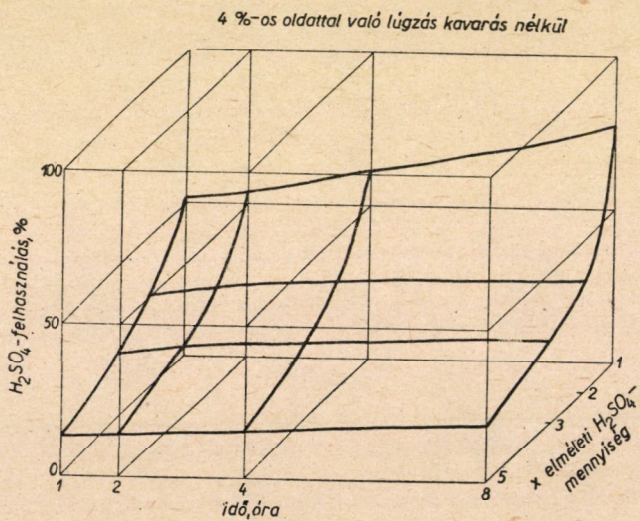
19. ábra



20. ábra

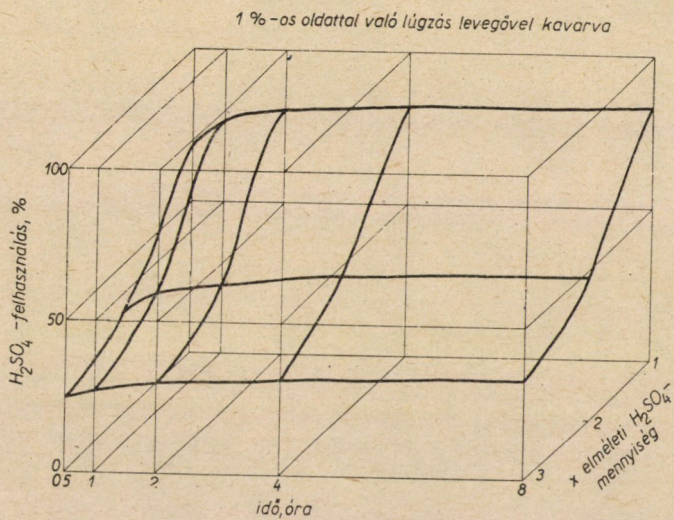


21. ábra

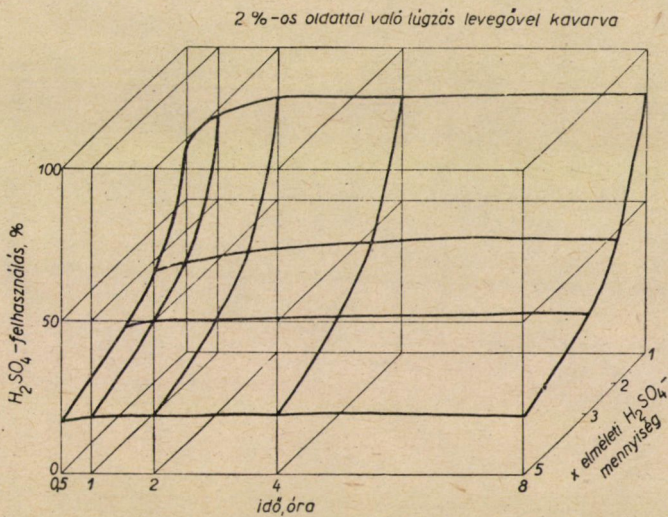


22. ábra



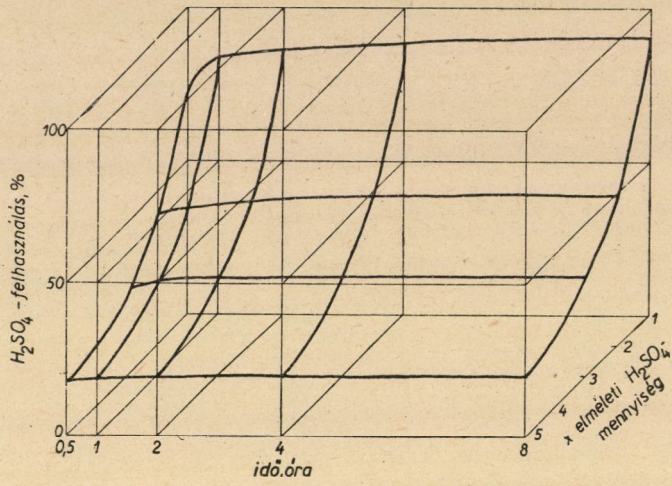


23. ábra



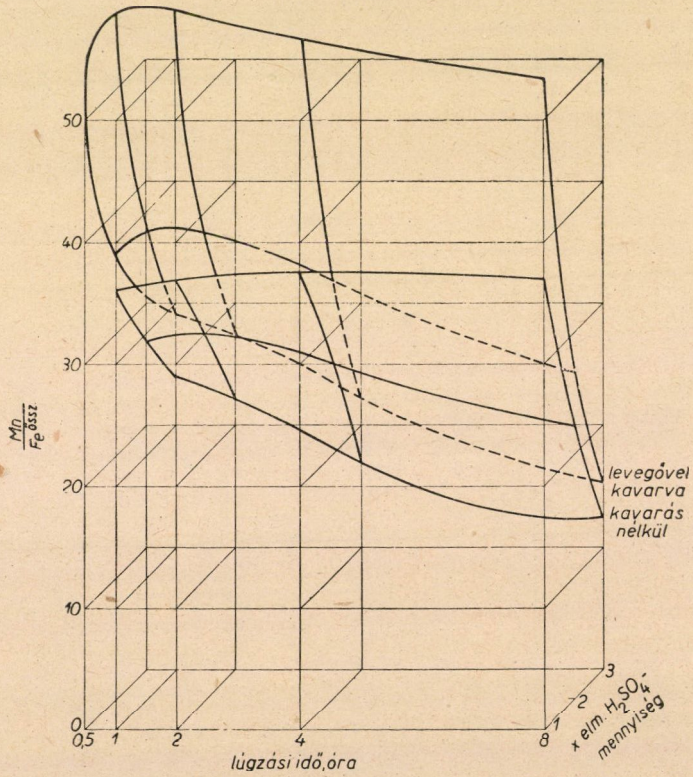
24. ábra

4 %-oldattal való lúgzás levegővel kavarva



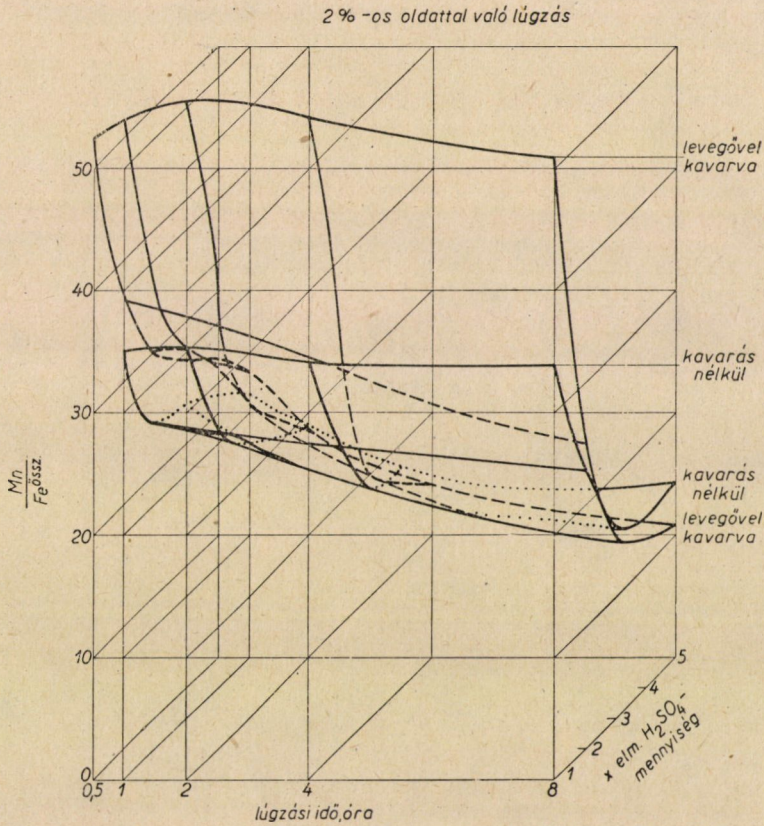
25. ábra

1 %-os oldattal való lúgzás



26. ábra

részét lehet oldatba vinni, azután a használt kénsavnak hány %-a kerül az oldhatatlan maradványba, ha a lúgzást elméleti, kétszeres, azután háromszoros, és végül ötszörös mennyiségű lúgzószerrel végezzük kaválás nélkül, vagy levegővel való kaválás közben. Minden esetben közönséges hőmérsékleten lúgoztunk. A kaválás nélkül végzett lúgzás időtartama 1, 2, 4 és 8 óra volt, a levegővel való kaválás közben végzett lúgzásoknál  $\frac{1}{2}$ , 1, 2, 4 és 8 órás időtartamokat

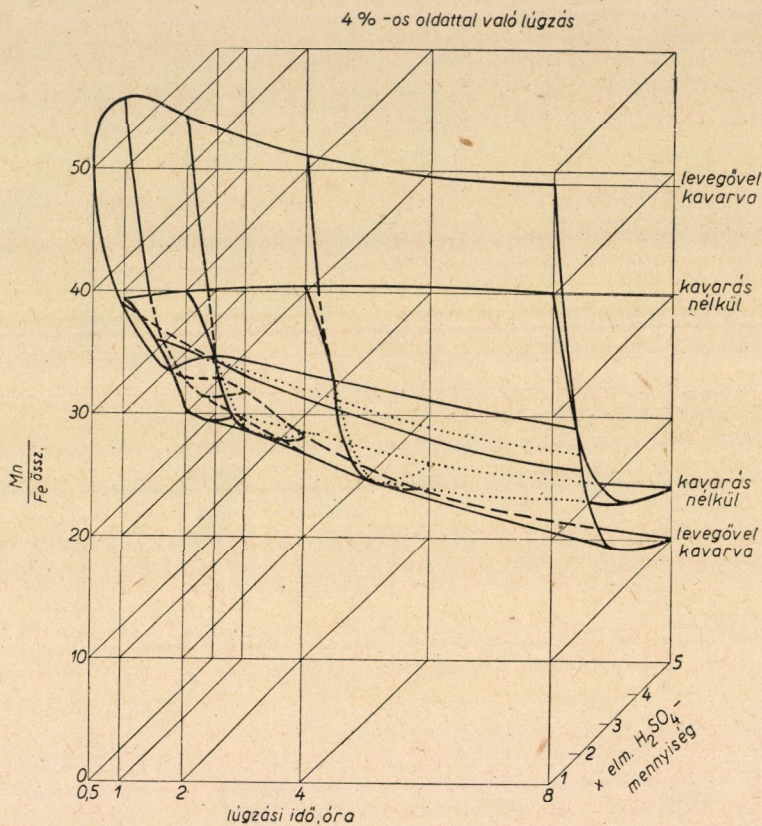


választottunk. A kaváló lúgzást hengerpoharakban végeztük. A zagyba a levegőt a végén kb. 1 mm átmérőjű üvegcsövön úgy vezettük be, hogy másodpercenként kb. 8 buborék keletkezzék.

A kísérletek eredményeiről a 2–31. ábra tájékoztat.

A diagramokból megállapítható az, ami előre is várható volt, hogy ugyanolyan időtartam és lúgzószer alkalmazása mellett a kaválás közben végzett lúgzás jóval nagyobb mangánkihozataalt biztosít, mint a nyugvó helyzetben végzett. Így pl. a 8 óra hosszát tartó lúgzásokat tekintve láthatjuk, hogy 1%-os kénsavasoldattal való lúgzással, ha a mangánra számítva elméleti mennyiségű

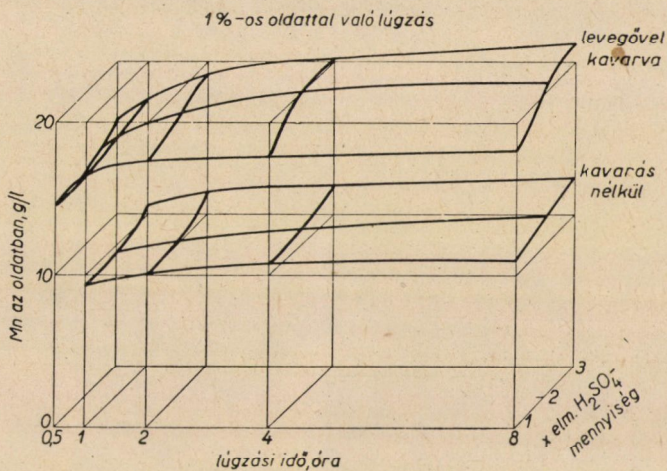
lúgzószer alkalmazunk, akkor a kavarási hatására 50,6%-ról 83%-ra, kétszeres mennyiségű lúgzószerrel 55%-ról 94,9%-ra, háromszoros mennyiségű lúgzószer alkalmazásakor 57,4%-ról 97,5%-ra növekszik a mangánkihozatal. Szerencsés körülmény, hogy ezekben az esetekben a mangánkihozatal növekedését az oldatba kerülő összes vas mennyiségének csak jelentéktelen szaporodása kíséri.



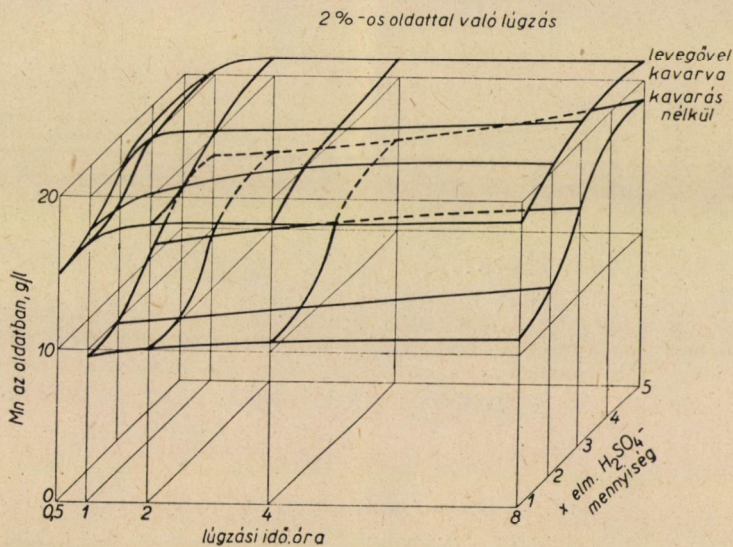
Az előbb említett mangánkihozatali értékek 2%-os kénsavas oldatnak elméleti mennyiségű alkalmazása esetén 51,2%-ról 85,6%-ra, az elméletinek kétszeresére rugó mennyiségű lúgzószerrel 56,8%-ról 95,3%-ra, háromszoros mennyiségű lúgzószerrel 72,4%-ról 97,5%-ra, ötszörös mennyiségű lúgzószerrel pedig 86,2%-ról 97,5%-ra növekedett. Itt is érvényes, hogy a lúgzószer mennyiségének növekedésével az oldatba kerülő vas mennyisége csak kis mértékben nő.

4%-os kénsavas oldattal való lúgzáskor 8 óra hosszat tartó lúgzási időt alkalmazva a mangánkihozatalok a kavarási nélkül és kavarási közben végzett lúgzásoknál a következők:

elméleti mennyiségű oldattal lúgozva, 67 és 91%, kétszeres mennyiségű oldószert használva 73,4 és 97,5%, háromszoros mennyiségű oldószert alkalmazva 85,1 és 97,6%, végül az elméletinek ötszörösét kitevő mennyiségű kén-



29. ábra



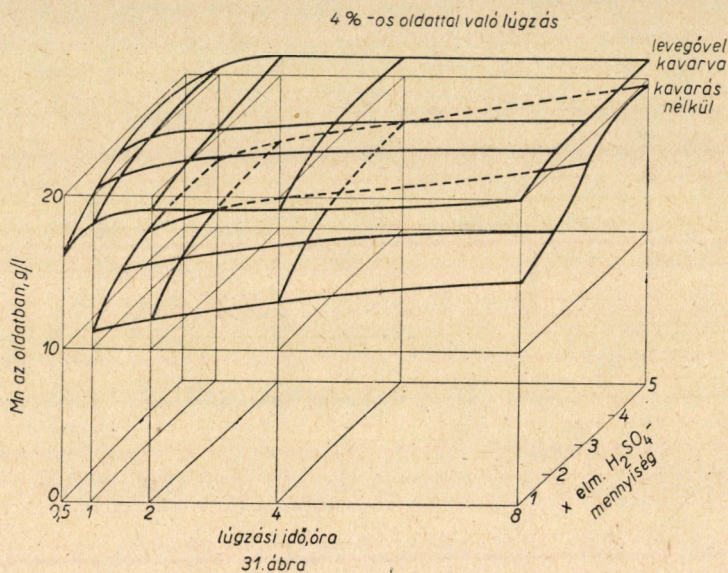
30. ábra

savat tartalmazó oldattal lúgozva 90 és 97,6%. Az oldatba kerülő vas mennyisége ekkor is csak kis mértékben növekedett.

A továbbiakban csak a levegővel való kaválás közben végzett lúgzások eredményeit szem előtt tartva azt állapíthatjuk meg, hogy pl. egy órai lúgzási

idő esetén a lúgzószer mennyiségét az elméletiről ennek háromszorosára növelve a mangánkihozatal 1%-os kénsavval való lúgzással 77,2%-ról 80%-ra, 2%-os kénsavval 78,3%-ról 92%-ra, 4%-os kénsav alkalmazásakor pedig 84%-ról 92,1%-ra növekedett. Ezekben az esetekben az oldatba kerülő vas mennyisége kb. a kétszeresére nőtt.

A levegővel való kavarási közben végzett lúgzásnál elméleti mennyiségű lúgzószer alkalmazva, a lúgzószerben a kénsav koncentrációjának 1%-ról 4%-ra való növelésekor 1/2 órás lúgzási idő esetén a mangánkihozatal 67,9%-ról



73,2%-ra, 1 óra hosszát tartó lúgzás alkalmazásával 77,2%-ról 84%-ra, 8 órás lúgzási idő esetén pedig 83%-ról 91%-ra növekedett. Ugyanezek a mangánkihozatali értékek háromszoros mennyiségű lúgzószer alkalmazásakor 1/2 órás lúgzási idő esetén 77,1% és 86,4%, 1 óra hosszát lúgozva 80 és 92,1%, 8 órás lúgzás esetén pedig 97,5 és 97,6%. A mangánkihozattal párhuzamosan, ugyanannyi kénsavval és azonos lúgzási időtartam esetén, a lúgzószer koncentrációjának változásával az oldatba került vasnak a mennyisége alig változik.

A lúgzás időtartamának a mangánkihozatalra gyakorolt hatását a levegővel való kavarási közben végzett lúgzás esetén vizsgálva azt állapíthatjuk meg, hogy elméleti mennyiségű kénsavat tartalmazó oldattal lúgozva, a lúgzási időnek 1/2 órától 2 órára való növelésekor 1%-os kénsavval való lúgzáskor 67,9%-ról 80,3%-ra, lúgzószer gyanánt 2%-os kénsavat alkalmazva 68,5%-ról 83,4%-ra, 4%-os kénsavval való lúgzás esetén pedig 73,2%-ról 87,1%-ra növekedett. Ugyanezek az értékek az elméletinek kétszeresére rúgó mennyiségű, kénsavas

oldattal való lúgzáskor 1%-os oldat esetében 67,9% és 84,8%, 2%-os kénsavval lúgozva 72,2% és 86,1%, 4%-os kénsavval való lúgzáskor pedig 85,6 és 93,9%.

Ha a kénsavas oldat az elméletileg szükséges kénsavmennyiségnek a háromszorosát tartalmazza, akkor a fenti időtartamok esetében a mangánkihozatal 1%-os kénsavval való lúgzáskor 77,1%-ról 89,2%-ra, 2%-os kénsavas oldattal 82%-ról 93,5%-ra, 4%-os kénsavas oldat esetében pedig 86,4%-ról 96,9%-ra növekedett.

Az oldatba kerülő vas mennyisége a lúgzási idő növelésével csak keveset növekedett.

Az eddigieket összefoglalva azt állapíthatjuk meg, hogy

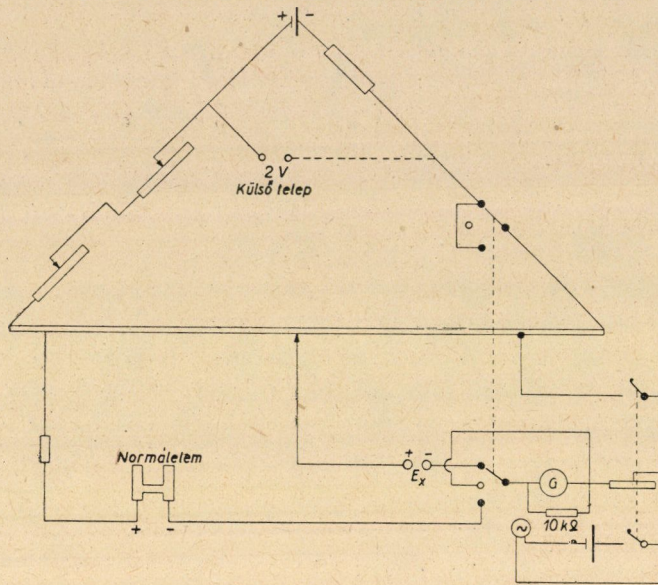
1. a kavarási előmozdítja a lúgzás hatásosságát,
2. a lúgzáshoz adott kénsav mennyiségének növelésével ugyan nő a mangánkihozatal, ezt az oldószert azonban mégsem célszerű nagy fölöslegben adni, mert a fölösleg az oldat további kezelésekor nehézségeket okoz, azután a mangán súlyegységére vonatkoztatott kénsavvesztés a kénsav fölöslegének növekedésével arányosan nő.

3. A lúgzószerben levő kénsav koncentrációjának növelésével nő a mangánkihozatal és emellett az ilyen munkamódnak megvan az az előnye is, hogy a továbbfeldolgozáshoz ugyanazt a mangánmennyiséget kevesebb oldatban vihetjük, és így a továbbfeldolgozásra használandó berendezések méretei csökkennek. Ebből a szempontból a 4%-os kénsavas oldattal való lúgzás látszik a legmegfelelőbbnek, ugyanis koncentráltabb oldat alkalmazásakor a lúgzószernak és a lúgzandó anyagnak egymáshoz való viszonya a megengedhetőnél kisebb lesz.

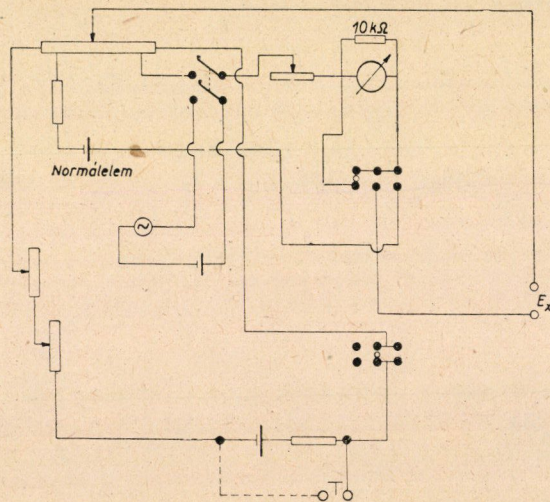
4. A kísérletek eredményeit összefoglaló ábrák azt mutatják, hogy a lúgzás időtartamának növelése fokozza a mangánkihozatalt. Az elméleti mennyiségű kénsavat tartalmazó 4%-os oldattal, levegővel való kavarási közben végzett lúgzásnál az optimális lúgzási idő 2 óra. Ennél hosszabb ideig tartó lúgzás esetében az oldatba kerülő többletmangán értéke nem fedezi a lúgzási idő növelésével járó többletkiadást. Ebben az esetben a mangánkihozatal 87,1%, az ércben levő vasnak 2,7%-a kerül oldatba, a kénsavvesztés pedig 2,3%.

A továbbiakban a lúgtisztítás legmegfelelőbb körülményeit iparkodtunk megállapítani. Ebből a célból először az előzőleg legkedvezőbbnek ítélt körülmények között végzett lúgzással nagy mennyiségű olyan oldatot állítottunk elő, amelynek egy literében 16,8 g mangán, 417 mg vas, 1,6 g szabad kénsav volt ( $p_H = 1,5$ ). Ez az oldat alumíniumot, kalciumot és magnéziumot csak nyomokban tartalmazott.

A lúgtisztítási kísérletek során a fenti összetételű oldatból esetenként 100–100 cm<sup>3</sup>-t vettünk ki, a mintához először oxidálóanyag távollétében. azután levegővel való kavarási, hidrogénszuperoxidval való oxidálás és levegővel való kavarási, végül 0,13 g mangándioxidval való oxidálás és levegővel való kavarási közben különböző mennyiségű ammoniumhidroxidot adtunk. Az oxidálópotlék



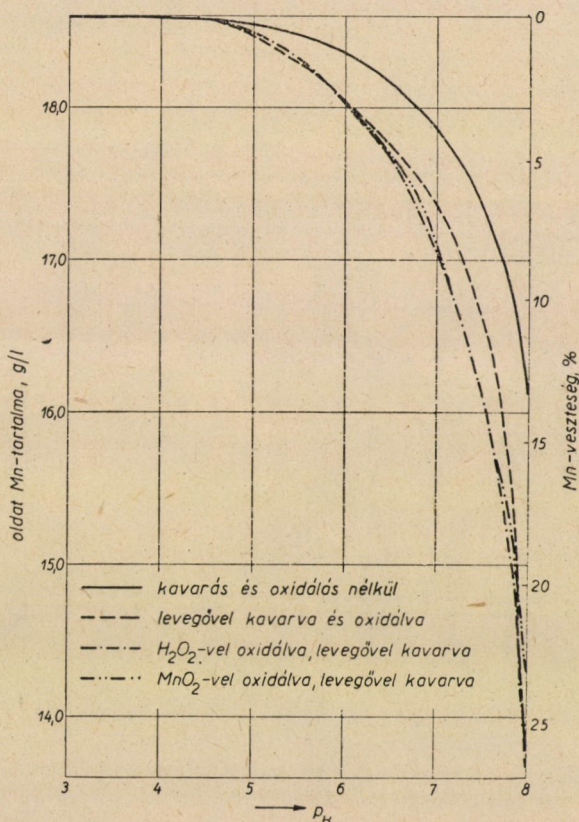
32. ábra



33. ábra



gyanánt alkalmazott hidrogénszuperoxid és mangánoxid említett mennyisége a  $100 \text{ cm}^3$  oldatban levő ferrovasnak ferrivassá való oxidálásához szükséges mennyiségnek kétszeresével egyenlő. Az ammónia hozzáadására kivált csapadékot  $\frac{1}{2}$  óra múlva leszűrtük, a szűrletnek  $p_{\text{H}}$ -ját a Kovo-gyártmányú, ionszókóp-védjegyű  $p_{\text{H}}$ -mérő segítségével chinhidron-elektroda alkalmazásával határoztuk meg. A  $p_{\text{H}}$ -mérő kapcsolási rajzát a 32. és 33. ábra mutatja. Az oldatból



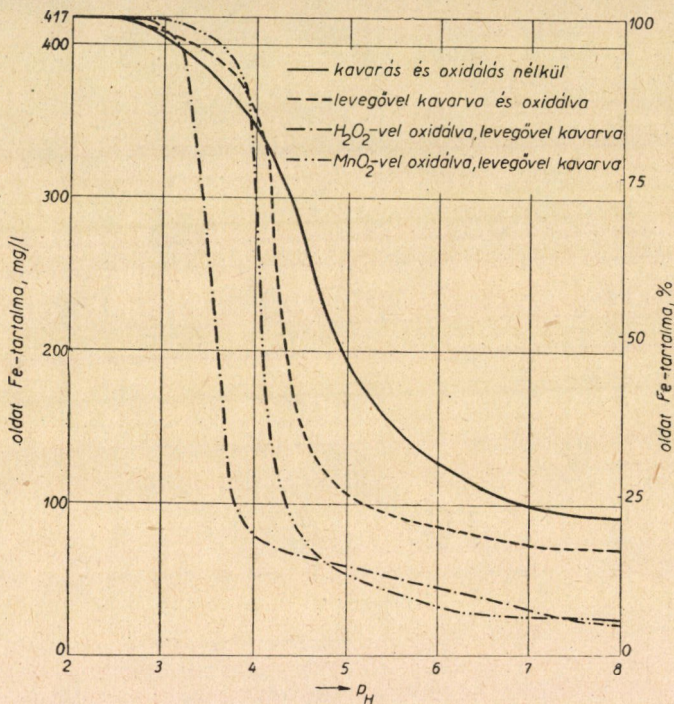
34. ábra

az ammónia hozzáadására levált vas és mangán mennyiségét a szűrőn maradt kimosott csapadék elemzésével határoztuk meg. A kísérletek eredményeit összefoglaló 34–35. ábrából a következőket állapíthatjuk meg:

Az oxidálóptélek távollétében végzett neutralizálással az oldat literenkénti vastartalma csak a 7-es  $p_{\text{H}}$  elérése után csökkenthető  $100 \text{ mg}$  alá. Ugyanez a vastartalom a levegővel való kavarási közben végzett vastalanításnál  $5,16$ , a mangánszuperoxidvaló oxidáláskor  $3,8$   $p_{\text{H}}$ -nál érhető el. A fenti  $p_{\text{H}}$ -értékeknél a %-os mangánvesztés körülbelüli értéke sorban  $4, 1, 0,2$  és  $0 \%$ .

A szóban forgó esetekben 7-es  $p_H$ -ig neutralizálva az oxidálópotlék távollétében végzett vastalanításnál 100, a levegővel való kavarási esetében 73, hidrogén-szuperoxidral oxidálva 33, végül a ferrovas oxidálására mangánszuperoxidot alkalmazva 24 mg-ra csökkenthető az oldat literenkénti vastartalma. A felsorolt esetekben és sorrendben az oldat mangántartalmának 4, 7, 8,6 és kb. 8,5%-a kerül a kiváló csapadékba.

A 34. és 35. ábrából megállapíthatjuk, hogy a  $p_H$ -nak 7 fölé való növelésekor a vastartalom csak igen keveset csökken, ezzel szemben a lecsapódó mangán

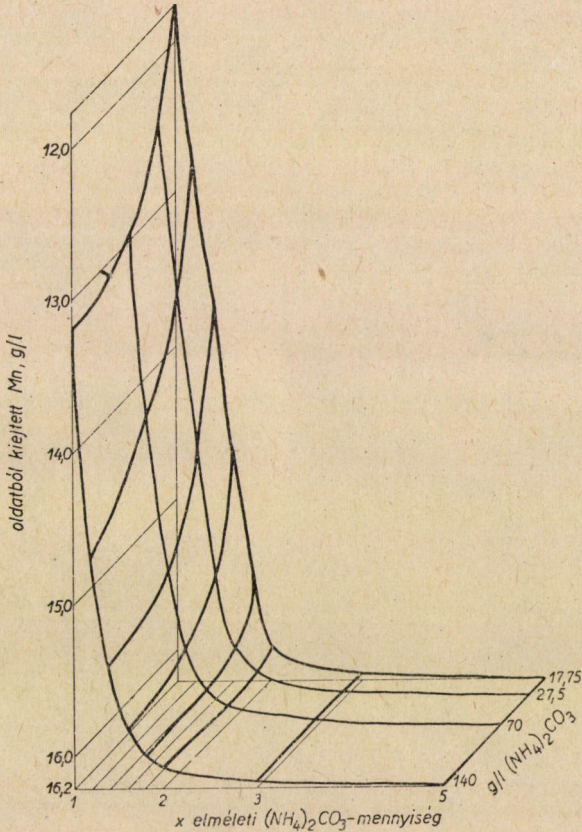


35. ábra

mennyisége rohamosan növekszik. Éppen ezért a legcélszerűbbnek az a munkamód látszik, amelyiknél úgy vastalanítunk, hogy a  $p_H$ -t mangánszuperoxid jelenlétében végzett ammónia adagolással a 7-es értékig növeljük.

A továbbiakban a vastartalmának túlnyomó részétől megtisztított manganoszulfátos oldatból a mangánt  $MnCO_3$ -alakban ejtettük ki. A karbonátalakban való kiejtés legkedvezőbb körülményeinek a vizsgálatához először nagyobb mennyiségű oldatot készítettünk, amelyik a legkedvezőbbnek ítélt lúgtisztítás végén keletkezik, tehát amelyiknek  $p_H$ -ja 7, és amelyik literenként 16,2 g mangánt és 24 mg vasat tartalmaz. A fenti összetételű oldat 50–50

$\text{cm}^3$ -éhez a literenként 140, 70, 35 és 17,5 g ammoniumkarbonátot tartalmazó oldatból annyit adtunk, hogy a keletkező keverékben minden mol mangán mellett 1, 1,2, 1,4, 1,6, 1,8, 2, 3 és 5 mol ammoniumkarbonát legyen. A zagyot 0,5 órai nyugvó helyzetben való állás után szűrtük, mostuk és a szűrletet elemeztük. A kapott eredményeket a 36. ábrában összesítettük. Az itt levő adatokból megállapítható, hogy egyrészt azonos koncentrációjú oldatban a leválasztott



36. ábra

mangán mennyisége az ammoniumkarbonát feleslegének növekedésével arányosan nő, másrészt ugyanolyan ammoniumkarbonát felesleg esetén a csapadékba kerülő mangán mennyisége a hígítással arányosan csökken.

## IRODALOM

1. I. N. PŁAKSZIN—D. M. JUHTANOV: Gidrometallurgija. Metallurgizdat Moszkva. 1949.
2. V. TAFEL: Lehrbuch der Metallhüttenkunde. B. III. S. Hirzel Verlagsbuchhandlung. Leipzig 1954.
3. R. SPRINGER: Die elektrolytische Abscheidung des Mangans. Akademische Verlagsgesellschaft Leipzig 1951.
4. J. L. BRAY: Non-Ferrous Production Metallurgy. John Wiley & Sons Inc. New York—London 1947.
5. C. R. HAYWARD: An Outline of Metallurgical Practice. D. Van Nostrand Co. Inc. Toronto—New York—London 1952.
6. D. M. LIDDEL: Handbook of Nonferrous Metallurgy. McGraw-Hill Book Co. Inc. New York—London 1945.
7. HORVÁTH ZOLTÁN: Manganoszulfátos oldatok előállítása szegény mangánérccekből. Doktori értekezés 1948.
8. HORVÁTH ZOLTÁN: Továbbfeldolgozásra alkalmas, vastól mentes manganoszulfátos oldatok előállítása szegény mangánérccekből. Bányászati és Kohászati Lapok. 1949. 6—7.

## Összefoglalás

A karbonátos mangánércet legcélszerűbb annyi 4%-os kénsavval lúgoznunk, hogy a zagyban minden mol mangánra 1 mol kénsav jusson, a lúgzási maradványtól elkülönített oldatnak  $p_H$ -ját mangánszuperoxid jelenlétében ammoniumhidroxid segítségével 7-re állítjuk be, végül a leváló vasas csapadék elkülönítése után az oldathól a mangánt ammoniumkarbonát segítségével ejtjük ki. A mangánkarbonát-alakban való kiejtés legkedvezőbb körülményeit csak az ammoniumkarbonát-regenerálás legkedvezőbb feltételeinek az ismeretében lehet megállapítani.

# A TORZIÓS LENGÉSEK ÖNLENGÉSSZÁMÁNAK KISZÁMÍTÁSA ÚJ ELJÁRÁS ALAPJÁN\*

BALOGH ARTHUR

[Beérkezett 1955 január 25-én]

A torziós lengések számítását három szakaszra bonthatjuk, mégpedig : az első szakaszban elvégezzük az előzetes számításokat, megállapítjuk a forgó tömegek tehetetlenségi nyomatékát, kiszámítjuk a redukált tengelyméreteket és végül a merevségi tényezőket (rúgó állandókat). Ezen megelőző számítások után térhetünk át

a második szakaszra, amely az önlengésszám kiszámítása. Erre nézve számos módszer ismeretes. Ez alkalommal új eljárást kívánunk ismertetni.

A harmadik szakaszban a rezonancia (kritikus lengésszám) megállapítása következik, amelynél pl. motoroknál már a gyújtási sorrendet is figyelembe kell venni.

A fentiekből következik, hogy az önlengésszámok megállapítása áll első helyen, és erre kell egyszerű és pontos eljárásnak rendelkezésre állnia.

A következőkben az ismert GÜMBEL-féle grafikus eljárásból indulunk ki. A módszer bevezetésére a 3 tömegeből álló rendszert fogjuk felhasználni, a módszer gyakorlati előnyét 8 tömegű rendszer esetére fogjuk látni, és végül általánosítás céljából kiterjesztjük  $n$  tömegre.

## A feladat kitűzése

Rugalmas, súlytalannak tekinthető tengelyen legyen  $n$  tömeg, amelynek tehetetlenségi nyomatéka :

$$I_1, I_2, I_3, \dots, I_n$$

az egyes tengelyrészek rúgóállandói :

$$c_1, c_2, c_3, \dots, c_{n-1},$$

akkor e lengési rendszer esetére az önlengésszámok kiszámítására a következő szimultán differenciálegyenletrendszer szolgál :

\* Német nyelven megjelent a VDI-Zeitschrift 1955. február 21-i számában.

$$\begin{aligned}
 I_1 \cdot f_1'' + c_1(f_1 - f_2) &= 0 \\
 I_2 \cdot f_2'' + c_2(f_2 - f_3) - c_1(f_1 - f_2) &= 0 \\
 I_3 \cdot f_3'' + c_3(f_3 - f_2) - c_2(f_2 - f_3) &= 0 \\
 \dots\dots\dots \\
 I_{n-1} \cdot f_{n-1}'' + c_{n-1}(f_{n-1} - f_n) - c_{n-2}(f_{n-2} - f_{n-1}) &= 0 \\
 I_n \cdot f_n'' + c_{n-1}(f_n - f_{n-1}) &= 0
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

ahol  $I$  forgó tömegek tehetetlenségi nyomatéka,  $c$  a tömegek közötti rugalmas tengelyrész rúgóállandója,  $f$  a csavarási szög.

1. Egyenletrendszer a torzióslengés alapegyenletei, amelynek megoldásai :

$$f_1 = p_1 \cdot \cos(wt + a), \quad f_2 = p_2 \cdot \cos(wt + a), \dots \tag{2}$$

ahol  $p$  a lengés amplitudója,  $a$  a fázisszög,  $w$  a körfrekvencia. Az (1) egyenletrendszerbe helyettesítsük be e megoldásokat, akkor a következő egyenletrendszert kapjuk :

$$\begin{aligned}
 (I_1 \cdot w^2 - c_1)p_1 + c_1 \cdot p_1 &= 0 \\
 c_1 \cdot p_1 + (I_2 \cdot w^2 - c_1 - c_2)p_2 + c_2 \cdot p_3 &= 0 \\
 c_2 \cdot p_2 + (I_2 \cdot w^2 - c_2 - c_3)p_3 + c_3 \cdot p_4 &= 0 \\
 \dots\dots\dots \\
 c_{n-1} \cdot p_{n-1} + (I_n \cdot w^2 - c_{n-1})p_n &= 0.
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

Ha ezen egyenleteket összeadjuk, akkor

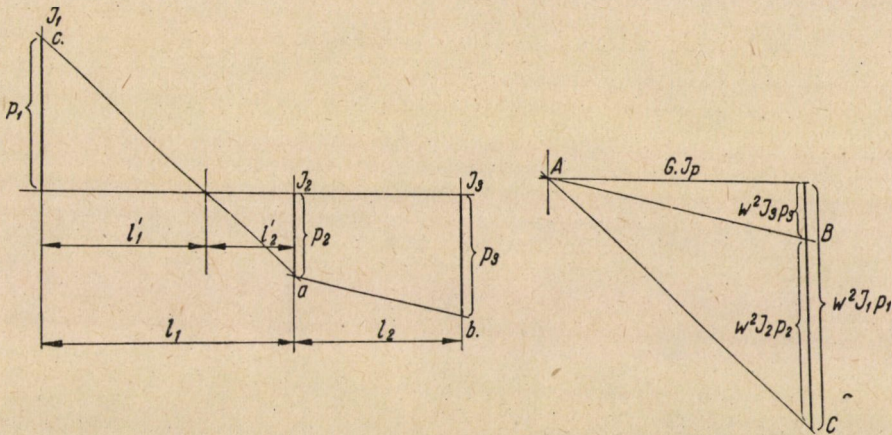
$$I_1 \cdot p_1 + I_2 \cdot p_2 + I_3 \cdot p_3 + \dots + I_n \cdot p_n = 0. \tag{4}$$

Azonban a (3) egyenletrendszert a következő alakban írhatjuk :

$$\begin{aligned}
 p_2 &= p_1 - p_1 \frac{I_1 \cdot w^2}{c_1} \\
 p_3 &= p_2 - \frac{w^2}{c_2} (I_1 \cdot p_1 + I_2 \cdot p_2) \\
 p_4 &= p_3 - \frac{w^2}{c_3} (I_1 \cdot p_1 + I_2 \cdot p_2 + I_3 \cdot p_3) \\
 p_5 &= p_4 - \frac{w^2}{c_4} (I_1 \cdot p_1 + I_2 \cdot p_2 + I_3 \cdot p_3 + I_4 \cdot p_4) \\
 p_6 &= p_5 - \frac{w^2}{c_5} (I_1 \cdot p_1 + I_2 \cdot p_2 + I_3 \cdot p_3 + I_4 \cdot p_4 + I_5 \cdot p_5)
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

Ezek előrebocsátása után az eljárást — bevezetésként — 3 tömegből álló rendszerre fogjuk bemutatni. Felhasználjuk GÜMBEL grafikus eljárását az önlengésszám megállapítására.

1. ábrában felrajzoltuk erre az esetre az erő- és kötélpoligont. A kötélpoligonban az utolsó és első egyenesek párhuzamosak egymással, ha az önlengésszámot eltaláltuk. A hasonló háromszögekből:



1. ábra

$$\frac{p_1}{l_1} = \frac{w^2 \cdot I_1 \cdot p_1}{G \cdot I_p}, \quad l_1' = \frac{G \cdot I_p}{w^2 \cdot I_1}$$

$$\frac{p_2}{l_2} = \frac{w^2 \cdot I_1 \cdot p_1}{G \cdot I_p}, \quad l_2 = \frac{G \cdot I_p \cdot p_2}{w^2 \cdot l_1 \cdot p_1}$$

E két kifejezésből:

$$l_1 = l_1' + l_2 = \frac{G \cdot I_p}{w^2 \cdot I_1} \left( 1 + \frac{p_2}{p_1} \right)$$

Jelöljük:

$$\frac{G \cdot I_p}{l_1} = c_1$$

akkor

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{I_1 \cdot w^2}{c_1} - 1,$$

ahol a nyírási rugalmassági tényező  $G$  kg/cm<sup>2</sup>, a tengely poláris tehetetlenségi nyomatéka  $I$  cm<sup>4</sup>.

Ugyancsak hasonló háromszögből következnek:

$$\frac{p_3 - p_2}{l_2} = \frac{w^2 \cdot I_3 \cdot p_3}{G \cdot I_p}, \quad \frac{p_2}{p_3} = 1 - \frac{w^2 \cdot I_3}{c_2}.$$

Az erőpoligonból következnek:

$$I_1 \cdot p_1 = I_2 \cdot p_2 + I_3 \cdot p_3,$$

amit a következő alakban írhatunk:

$$I_1 = \left( I_2 + I_3 \frac{p_3}{p_2} \right) \frac{p_2}{p_1}.$$

Vezessük be a következő jelölést:

$$\frac{c_i}{I_j} = u_{ij}.$$

és helyettesítsük be a  $p$  viszonyszámokat, akkor a következő eredményt kapjuk:

$$\frac{u_{12}}{w^2 - u_{11}} + \frac{u_{22}}{w^2 - u_{23}} = 1. \quad (6)$$

Ha ezt az egyenletet rendezzük, akkor a 3 tömegre ismert karakterisztikus egyenletet kapjuk:

$$w^4 - (u_{11} + u_{12} + u_{22} + u_{23})w^2 + u_{11}(u_{22} + u_{23}) + u_{12} \cdot u_{23} = 0. \quad (7)$$

A levezetéshez használt ábrában azt az esetet tüntettük fel, amikor a rendszernek egy csomópontja van. Két csomópont esetén az erőpoligon alakja megváltozik, de úgy, hogy az eredmény ugyanaz marad. Tehát ez az eredmény független a csomópontok számától.

A levezetett egyenlet — alakilag — általános érvényű. Azt a feladatot tűzzük ki, hogy ezen állításunkat teljes általánosságban bizonyítsuk be. (4)-ből következik:

$$I_1 \cdot p_1 + I_2 \cdot p_2 = - (I_3 \cdot p_3 + I_4 \cdot p_4 + \dots + I_n \cdot p_n).$$

Helyettesítsük be ezt a kifejezést (5)  $p_3$  kifejezésébe:

$$p_3 - p_2 = \frac{w^2}{c_2} (I_3 \cdot p_3 + \dots + I_n \cdot p_n).$$



Ebből pedig :

$$\frac{p_2}{p_3} = 1 - \frac{w^2}{c_2} \left( I_3 + \frac{p_4}{p_3} I_4 + \dots + I_n \frac{p_n}{p_3} \right).$$

Hasonlóan kapjuk :

$$\frac{p_3}{p_4} = 1 - \frac{w^2}{c_3} \left( I_4 + I_5 \frac{p_5}{p_4} + \dots + I_n \frac{p_n}{p_4} \right) \tag{8}$$

.....

$$\frac{p_{n-1}}{p_n} = 1 - \frac{w^2}{c_2} I_n.$$

Jelöljük :

$$I = I_4 \frac{p_4}{p_3} + \dots + I_n \frac{p_n}{p_3}, \tag{9}$$

akkor (4) egyenletet a következő alakban írhatjuk fel :

$$I_1 + \frac{p_2}{p_1} \left( I_2 + \frac{p_3}{p_2} (I_3 + I) \right) = 0.$$

Helyettesítsük be  $p$  értéket a fenti kifejezésekből :

$$I_1 + \left( \frac{I_1}{c_1} w^2 - 1 \right) \cdot \left( I_2 + \frac{I_3}{1 - w^2 \frac{I_3}{c_2} \left( 1 + \frac{I}{I_3} \right)} \left( 1 + \frac{I}{I_3} \right) \right) = 0.$$

Kevés átalakítással :

$$\frac{u_{12}}{w^2 - u_{11}} + \frac{u_{22} \left( 1 + \frac{I}{I_3} \right)}{w^2 \left( 1 + \frac{I}{I_3} \right) - u_{23}} = 1.$$

Jelöljük :

$$1 + \frac{I}{I_3} = A_n,$$

akkor

$$\frac{u_{12}}{w^2 - u_{11}} + \frac{u_{22} \cdot A_n}{w^2 \cdot A_n - u_{23}} = 1. \tag{10}$$

Három tömegből álló rendszer esetén  $I = 0$  és ekkor

$$A_3 = 1$$

és a már levezetett egyenletet kapjuk. Ezzel kitűzött feladatunkat megoldottuk, és tényleg alakilag ugyanazt a kifejezést kaptuk, csak az  $A$  értékek változnak a rendszerben levő tömegek száma szerint.

A következőkben 8 tömegből álló rendszerrel fogunk foglalkozni. A most bemutatandó eljárást azonban alkalmazhatjuk bárhány tömeg esetére is.

### Alkalmazások

8 tömeg esetén :

$$p_3 - p_2 = \frac{w^2}{c_2} (I_1 \cdot p_1 + I_2 \cdot p_2 + I_3 \cdot p_3 + I_4 \cdot p_4 + I_5 \cdot p_5 + I_6 \cdot p_6 + I_7 \cdot p_7 + I_8 \cdot p_8) \quad (11)$$

Ezt a kifejezést a következő alakban írhatjuk fel :

$$\frac{p_2}{p_3} = 1 - \frac{w^2}{c_2} \left\{ I_3 + \frac{p_4}{p_3} \left[ I_4 + \frac{p_5}{p_4} \left[ I_5 + \frac{p_6}{p_5} \left[ I_6 + \frac{p_7}{p_6} \left( I_7 + I_8 \frac{p_8}{p_7} \right) \right] \right] \right] \right\} \quad (12)$$

Teljesen hasonló eljárás felhasználásával írhatjuk fel :

$$\frac{p_3}{p_4} = 1 - \frac{w^2}{c_3} \left\{ I_4 + \frac{p_5}{p_4} \left[ I_5 + \frac{p_6}{p_5} \left[ I_6 + \frac{p_7}{p_6} \left[ I_7 + I_8 \frac{p_8}{p_7} \right] \right] \right] \right\} \quad (13)$$

$$\frac{p_4}{p_5} = 1 - \frac{w^2}{c_4} \left\{ I_5 + \frac{p_6}{p_5} \left[ I_6 + \frac{p_7}{p_6} \left( I_7 + I_8 \frac{p_8}{p_7} \right) \right] \right\} \quad (14)$$

$$\frac{p_5}{p_6} = 1 - \frac{w^2}{c_5} \left\{ I_6 + \frac{p_7}{p_6} \left[ I_7 + I_8 \frac{p_8}{p_7} \right] \right\} \quad (15)$$

$$\frac{p_6}{p_7} = 1 - \frac{w^2}{c_6} \left( I_7 + I_8 \frac{p_8}{p_7} \right) \quad (16)$$

$$\frac{p_7}{p_8} = 1 - \frac{w^2 \cdot I_8}{c_7} \quad (17)$$

Ha e kifejezésekre rátekintünk, látjuk, hogy ismétlődések fordulnak elő, amik számításainkat meg fogják könnyíteni.

(17) kifejezéssel kezdjük és az átalakítást a következőképpen végezzük el: Mindenekelőtt vezessük be a következő jelölést:

$$1 - \frac{u_{77}}{w^2 - u_{78}} = 1 - U_{778}, \quad (17a)$$

akkor

$$I_7 + \frac{p_8}{p_7} I_8 = I_7 \left( 1 + \frac{I_8}{I_7} \frac{1}{1 - w^2 \frac{I_8}{I_7}} \right) = I_7 \left( 1 - \frac{u_{77}}{w^2 - u_{78}} \right) = I_7 (1 - U_{778}) \quad (18)$$

amikor is felhasználtuk a (17) kifejezést. Ezzel azután a (16) képlet a következőképpen alakul át:

$$\frac{p_6}{p_7} = 1 - \frac{w^2}{c_6} I_7 (1 - U_{778}). \quad (19)$$

Ezekután sorban áttérünk a (15) kifejezés átalakítására. Jelöljük:

$$1 - \frac{u_{63}(1 - U_{778})}{w^2(1 - U_{778}) - u_{67}} = U_{6678}, \quad (20)$$

akkor

$$\begin{aligned} \frac{p_5}{p_6} &= 1 - \frac{w^2}{c_5} \left( I_6 + \frac{I_7(1 - U_{778})}{1 - \frac{w^2 \cdot I_7}{c_6} (1 - U_{778})} \right) = \\ &= 1 - \frac{w^2}{c_5} I_6 \left( 1 + \frac{u_{56}(1 - U_{778})}{w^2(1 - U_{778}) - u_{67}} \right) = 1 - \frac{w^2 \cdot I_6}{c_5} U_{6678}. \end{aligned} \quad (21)$$

Sorrendben következik a (14) kifejezés átalakítása, amelyhez a következő jelölést használjuk fel:

$$1 - \frac{u_{55} \cdot U_{6678}}{w^2 \cdot U_{6678} - u_{56}} = U_{55678} = U_{55-8} \quad (22)$$

$$\frac{p_4}{p_5} = 1 - \frac{w^2}{c_4} \left( I_5 + \frac{I_6 \cdot U_{6678}}{1 - \frac{w^2}{c_5} I_6 U_{6678}} \right) = 1 - \frac{w^2}{c_4} I_5 \cdot U_{55-8}. \quad (23)$$

Folytatjuk az átalakítást a (13) kifejezésen, és ehhez a következő jelölést vezetjük be :

$$1 - \frac{u_{44} \cdot U_{55-8}}{w^2 \cdot U_{55-8} - u_{45}} = U_{445678} = U_{44-8}, \quad (24)$$

akkor

$$\begin{aligned} \frac{p_3}{p_4} &= 1 - \frac{w^2}{c_3} \left( I_4 + \frac{I_5 \cdot U_{55-8}}{1 - \frac{w^2}{c_4} I_5 \cdot U_{55-8}} \right) = \\ &\stackrel{\Delta}{=} 1 - \frac{w^2}{c_3} \left( 1 + \frac{I_5}{I_4} \frac{I_5 \cdot U_{55-8}}{1 - \frac{w^2}{c_4} I_5 \cdot U_{55-8}} \right) = 1 - \frac{w^2}{c_3} I_4 \cdot U_{44-8}. \end{aligned} \quad (25)$$

És végül átalakítjuk a (12) kifejezést a következőképpen, de bevezetjük a következő jelölést :

$$A_8 = 1 - \frac{u_{33} \cdot U_{44-8}}{w^2 \cdot U_{44-8} - u_{34}} \quad (26)$$

és akkor

$$\frac{p_2}{p_3} = 1 - \frac{w^2}{c_3} \left( I_3 + \frac{I_4 \cdot U_{44-8}}{1 - \frac{w^2}{c_3} I_4 \cdot U_{44-8}} \right) = \quad (27)$$

$$= 1 - \frac{w^2}{c_2} I_3 \left( 1 - \frac{u_{33} \cdot U_{44-8}}{w^2 - U_{44-8} - u_{34}} \right) = 1 - \frac{w^2}{c_2} I_3 \cdot A_8. \quad (28)$$

4.-et alkalmazzuk 8 tömegű rendszer esetére :

$$I_1 \cdot p_1 + I_2 \cdot p_2 + I_3 \cdot p_3 + I_4 \cdot p_4 + I_5 \cdot p_5 + I_6 \cdot p_6 + I_7 \cdot p_7 + I_8 \cdot p_8 = 0. \quad (29)$$

Átalakítással :

$$I_1 + \frac{p_2}{p_1} \left\{ I_2 + \frac{p_3}{p_2} \left[ I_3 + \frac{p_4}{p_3} \left( I_4 + \frac{p_5}{p_4} \left[ I_5 + \frac{p_6}{p_5} \left[ I_6 + \frac{p_7}{p_6} \left[ I_7 + \frac{p_8}{p_7} I_8 \right] \right] \right] \right] \right] \right\} = 0. \quad (30)$$

(18) kifejezés figyelembevételével

$$I_1 + \frac{p_2}{p_1} \left\{ I_2 + \frac{p_3}{p_2} \left[ I_3 + \frac{p_4}{p_3} \left( I_4 + \frac{p_5}{p_4} \left[ I_5 + \frac{p_6}{p_5} \left[ I_6 + \frac{p_7}{p_6} I_7 (1 - U_{778}) \right] \right] \right] \right] \right\} = 0.$$

Helyettesítsük e kifejezésbe (19)-ből  $\alpha p_7/p_6$

$$I_1 + \frac{p_2}{p_1} \left\{ I_2 + \frac{p_3}{p_2} \left[ I_3 + \frac{p_4}{p_3} \left( I_4 + \frac{p_5}{p_4} \left[ I_5 + \frac{p_6}{p_5} \left[ I_6 + \frac{I_7(1 - U_{778})}{1 - \frac{w^2}{c_6} I_7(1 - U_{778})} \right] \right] \right] \right\} = 0.$$

Ha  $I_6$ -t kiemeljük és az  $I_7/I_6$ -t levisszük a nevezőbe, akkor e kifejezés a következőképpen alakul át:

$$I_1 + \frac{p_2}{p_1} \left\{ I_2 + \frac{p_3}{p_2} \left[ I_3 + \frac{p_4}{p_3} \left( I_4 + \frac{p_5}{p_4} \left[ I_5 + \frac{p_6}{p_5} I_6 \left[ 1 - \frac{u_{66}(1 - U_{778})}{w^2(1 - U_{778}) - u_{67}} \right] \right] \right] \right\} = 0.$$

Ha (20) jelölését vezetjük be, akkor

$$I_1 + \frac{p_2}{p_1} \left\{ I_2 + \frac{p_3}{p_2} \left[ I_3 + \frac{p_4}{p_3} \left( I_4 + \frac{p_5}{p_4} \left[ I_5 + \frac{p_6}{p_5} I_6 \cdot U_{6678} \right] \right] \right\} = 0.$$

(21) kifejezésből helyettesítsük be  $p_6/p_5$ -t

$$I_1 + \frac{p_2}{p_1} \left\{ I_2 + \frac{p_3}{p_2} \left[ I_3 + \frac{p_4}{p_3} \left( I_4 + \frac{p_5}{p_4} I_5 \left[ 1 + \frac{I_6 \cdot U_{6678}}{1 - \frac{w^2}{c_5} I_6 \cdot U_{6678}} \right] \right] \right\}$$

Az előzőkkel egyező átalakítással:

$$I_1 = \frac{p_2}{p_1} \left\{ I_2 + \frac{p_3}{p_2} \left[ I_3 + \frac{p_4}{p_3} \left( I_4 + \frac{p_5}{p_4} I_5 U_{55-8} \right) \right] \right\} = 0.$$

(23) kifejezés figyelembevételével a folytatólagos átalakítás a következő eredményhez vezet:

$$I_1 + \frac{p_2}{p_1} \left\{ I_2 + \frac{p_3}{p_2} \left[ I_3 + \frac{p_4}{p_3} I_4 U_{44-8} \right] \right\} = 0.$$

és ha (28)-at felhasználjuk a  $p_3/p_2$  kiküszöbölésére, akkor

$$I_1 + \frac{p_2}{p_1} \left\{ I_2 + \frac{p_3}{p_2} I_3 \cdot A_3 \right\} = \frac{p_2}{p_1} \left( I_2 + \frac{I_3 \cdot A_3}{1 - \frac{w^2}{c_2} I_3 \cdot A_3} \right) = 0.$$

Küszöböljük ki (4) egyenlet segélyével  $p_2/p_1$ -et, akkor

$$\frac{I_1}{I_2} + \frac{I_1 w^2 - c_1}{c_1} \left( 1 - \frac{u_{22} \cdot A_8}{w^2 \cdot A_8 - u_{23}} \right) = 0. \quad (31)$$

Rendezés után a végeredmény:

$$\frac{u_{12}}{w^2 - u_{11}} + \frac{u_{22} \cdot A_8}{w^2 \cdot A_8 - u_{23}} = 1. \quad (32)$$

Ez a képlet szerkezetileg egyezik a (10) kifejezéssel, csak hogy e képletben még az  $A_8$  van, amely 3 tömeg esetén 1-gyel egyenlő.

Összefoglaljuk az eddigi eredményeket 8 tömeg esetére:

Felhasznált képletek: (17/a), (20), (22), (24), (26), (32).

Felvesszük  $w^2$  értékét és kiszámítjuk:

$$\frac{u_{77}}{w^2 - u_{78}} = U_{778}.$$

Ezután következnek:

$$1 - \frac{u_{66} (1 - U_{778})}{w^2 (1 - U_{778}) - u_{67}} = U_{6678}.$$

Következnek:

$$1 - \frac{u_{55} U_{6678}}{w^2 U_{6678} - u_{56}} = U_{55-8}. \quad (32a)$$

Ennek ismeretével:

$$1 - \frac{u_{44} U_{55-8}}{w^2 U_{55-8} - u_{45}} = U_{44-8}$$

és végül:

$$A_8 = 1 - \frac{u_{33} U_{44-8}}{w^2 U_{44-8} - u_{34}}.$$

Ha az  $A_8$  értékét ismerjük, akkor behelyettesítjük

$$\frac{u_{12}}{w^2 - u_{11}} + \frac{u_{22} \cdot A_8}{w^2 \cdot A_8 - u_{23}}$$

és ha az eredmény 1-gyel egyenlő, akkor  $w^2$ -t helyesen választottuk. Egyébként a regula falsi módszerével közeledünk a  $w^2$  végleges értékéhez.

Ha végig tekintünk (32/a) alatti kifejezéseken, akkor láthatjuk, hogy azok szerkezete ugyanaz, és jellemző rájuk az, hogy dimenzió nélküliek, ami a számításokat egyszerűsíti, mint arról a később bemutatandó számpéldán meggyőződhetünk.

$n$  tömeg esetére a számítást teljesen hasonlóan végezhetjük el, annak elismétlése elmaradhat. A kifejezések általános alakja a következő:

$$1 - \frac{u_{kk} \cdot U_{k+1, k+1, -n}}{w^2 \cdot U_{k+1, k+1, -n} - u_{k, k+1}} = U_{kk-n}. \quad (33)$$

A végeredményhez ismerni kell:

$$A_n = 1 - \frac{u_{33} \cdot U_{44-n}}{w^2 \cdot U_{44-n} - u_{34}}. \quad (34)$$

$w^2$  helyes választása esetén érvényes

$$\frac{u_{12}}{w^2 - u_{11}} + \frac{u_{22} \cdot A_n}{w^2 \cdot A_n - u_{23}} = 1. \quad (35)$$

Ezek alapján bárhány tömegről is legyen szó, a számítás képleteit azonnal felírhatjuk. Tehát

4 tömegre:

$$A_4 = 1 - U_{334}$$

5 tömegre:

$$A_5 = 1 - \frac{u_{33}(1 - U_{445})}{w^2(1 - U_{445}) - u_{34}}$$

és

$$U_{445} = \frac{u_{44}}{w^2 - u_{45}}$$

6 tömegre:

$$A_6 = 1 - \frac{u_{33} \cdot U_{4456}}{w^2 \cdot U_{4456} - u_{34}},$$

$$U_{4456} = 1 - \frac{u_{44}(1 - U_{556})}{w^2(1 - U_{556}) - u_{45}}, \quad U_{556} = \frac{u_{55}}{w^2 - u_{56}}.$$

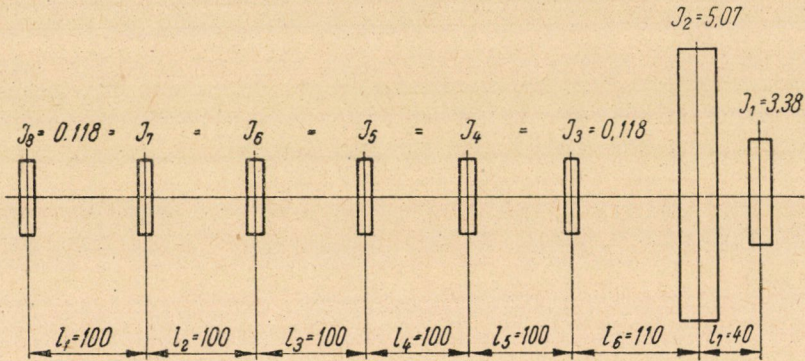
7 tömegre :

$$A_7 = 1 - \frac{u_{33} \cdot U_{44-7}}{w^2 \cdot U_{447} - u_{34}},$$

$$U_{44-7} = 1 - \frac{u_{44} \cdot U_{5567}}{w^2 \cdot U_{5567} - u_{45}}, \quad U_{5567} = 1 - \frac{u_{55} (1 - U_{667})}{w^2 (1 - U_{667}) - u_{56}},$$

$$U_{667} = \frac{u_{66}}{w^2 - u_{67}}.$$

Eddig 8 tömegből álló lengésrendszer egyenleteit írtuk fel, de ezek alapján bárhány tömegű rendszer torziós önlengésének lengésszámának kiszámítására szolgáló kifejezéseket azonnal felírhatjuk.



2. ábra

Ezekután 8 tömeg esetére a levezetett kifejezések használatát számpéldán mutatjuk be.

**Számpélda:** 2. ábrában 8 tömegű rendszert látunk. Ezen a példán fogjuk e módszert bemutatni.

Az előzetes számítás keretében a következő értékeket kapjuk :

$$c_1 = c_2 = c_3 = c_4 = c_5 = \frac{44 \cdot 8,3 \cdot 10^5}{100} = \frac{I_p \cdot G}{l_1} = 3,65 \cdot 10^5$$

$$c_6 = \frac{44 \cdot 8,3 \cdot 10^5}{110} = 3,32 \cdot 10^5, \quad c_7 = \frac{44 \cdot 8,3 \cdot 10^5}{40} = 9,13 \cdot 10^5.$$

Ezek ismerete alapján kiszámítjuk az  $u$  értékeket :





$w^2 = a \cdot 10^5$	$a = 3$	$a = 4,53$	$a = 10$	$a = 12$	$a = 15,4$	$a = 15,5$
$U_{778}$	6,43	1	0,247	0,194	0,142	0,141
$1 - U_{778}$	-5,43	0	0,753	0,806	0,858	0,859
$U_{6678}$	-8,76	1	-2,08	-1,51	-0,92	-0,90
$U_{55-78}$	-3,73	2,17	-0,25	0,05	0,369	0,38
$U_{44-78}$	-1,73	4,17	0,769	1,051	1,451	1,468
$A_8$	-0,48	2,068	2,023	2,76	6,19	6,53
	-0,687	-3,49	-7,27	37,90	0,988	0,92
$w^2 = a \cdot 10^5$	$a = 18$	$a = 20$	$a = 30$	$a = 30,95$	$a = 35$	$a = 39$
$U_{778}$	0,118	0,104	0,066	Pólusoz túl közel	0,0557	0,0496
$1 - U_{778}$	0,882	0,896	0,934		0,9443	0,9504
$U_{6678}$	-0,63	-0,46	0,49		0,18	0,266
$U_{55-78}$	0,54	0,35	1,042		1,226	1,401
$U_{44-78}$	1,785	2,11	-106,3		-2,18	0,83
$A_8$	-7,25	-4,82	-0,22		0,371	0,597
	-0,65	-1,65	-32,13		7,02	1,48
$w^2 = a \cdot 10^5$	$a = 39,3$	$a = 39,5$	$a = 40$	$a = 42$	$a = 50$	$a = 60$
$U_{778}$	0,0492	0,0489	0,0483	0,0458	0,038	0,0317
$1 - U_{778}$	0,9508	0,9511	0,952	0,954	0,962	0,9689
$U_{6678}$	0,272	2,75	0,285	0,319	0,43	0,528
$U_{55-78}$	1,415	1,423	1,45	1,563	2,407	-21,7
$U_{44-78}$	-0,77	-0,74	-0,66	-0,395	0,166	0,46
$A_8$	-0,611	0,619	0,645	0,75	1,226	5,34
	0,99	0,68	-0,45	45,77	2,88	1,63
$w^2 = a \cdot 10^5$	$a = 68$	$a = 69$	$a = 80$	$a = 87$	$a = 95,5$	$a = 100$
$U_{778}$	0,0275	0,0271	0,02329	0,0213	0,0194	0,0185
$1 - U_{778}$	0,9725	0,0729	0,9767	0,9787	0,9806	0,982
$U_{6678}$	0,585	0,588	0,645	0,675	0,704	0,717
$U_{55-78}$	-1,04	-0,89	0,03	0,25	0,399	0,0486
$U_{44-78}$	0,684	0,702	1,033	1,835	-0,73	0,037
$A_8$	-0,37	-0,245	0,382	0,59	0,777	1,042
	1,039	0,971	-2,245	1,45	1,062	0,889

A számpélda ilyen terjedelmes kidolgozását azért tartottam szükségesnek, hogy a számítás ezen új módszerét részletesen ismertessem. Törekvésem az volt, hogy a számítás fokozatosságát a táblázatban feltüntessem, mert így véltem elérni azt, hogy az egész tanulmány tisztán álljon az érdeklődő előtt. A valóságban lényegesen kevesebb számítás elegendő, mert kevés gyakorlattal azonnal meg lehet állapítani  $w^2$  értékére vonatkozóan azt a néhány próbálgatást, amelyre szükség lehet, és ebben a regula falsi szabálya sokat segíthet.

### Összefoglalás

A torzióslengés önlengésszámainak megállapításánál azt az új eljárást ismertetem, amelynél az amplitudók számításba vétele elmarad. Ennek következtében a számítás egyszerűbb és gyorsabb. Előnyös e számítási eljárásnál még az is, hogy az egyes kifejezések dimenzió nélküliek.

Az idevágó irodalom anyagát nem soroltam fel, mert az már előző tanulmányomban (Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának Közlem. XV. kötet 1—4. szám) megtalálható.

Dr. Thamm Istvánnak, aki az alapképlet alapján annak általános megoldásának kidolgozására hívta fel figyelmemet, ezúton is köszönetemet fejezem ki.



# HIÁNYOS ÖRVÉNYSOR SEBESSÉGI MEZEJÉNEK KÖZELÍTŐ MEGHATÁROZÁSA

GRUBER JÓZSEF

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA

BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM ÁRAMLÁSTANI TANSZÉKE

[Beérkezett 1955. január 29-én]

Az axiális áramlástechnikai gépek lapátozásának szerkesztésekor az ún. rácshatást sok esetben nem lehet figyelmen kívül hagyni. Viszonylagosan sűrű lapátrácsoknál a hatás már számottevő, és ezért azt vízgépeknél, ahol a kavitáció határát pontosabban kívánjuk meghatározni, ismernünk kell.

A rácshatás számítását úgy végezzük, hogy a vizsgált lapát-elem helyén — többnyire annak húrja mentén — meghatározzuk a többi elem indukálta sebességet. A »zavaró« elemeket helyettesíthetjük húrjuk mentén megoszló örvényekkel (pl. turbina esetén 1. ábra), ezek hatását pedig soronként számíthatjuk (2. ábra), tehát a feladat hiányos örvénysor hatásának kiszámításához vezet.

A további számításokat célszerűen a komplex potenciál segítségével végezzük el. Az örvénysort a 2. ábrán látható módon helyezzük el a  $\xi'$  szám síkon. A vizsgált lapát-elem húrjának egy pontja a  $P_1(\xi')$  pont.

Az itt indukált sebesség konjugáltja :

$$dv^* = i \frac{d\Gamma}{2\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \left( \frac{1}{\xi' + kt} + \frac{1}{\xi' - kt} \right).$$

Bevezetve a  $\xi = \frac{\xi'\pi}{t}$  változót,

$$dv^* = i \frac{d\Gamma}{2\pi} \left( \frac{\pi}{t} \right) \sum_{k=1}^{\infty} \left( \frac{1}{\xi + k\pi} + \frac{1}{\xi - k\pi} \right) = i \frac{d\Gamma}{2\pi} \left( \frac{\pi}{t} \right) f(\xi).$$

A végtelen tagú összeg helyett a MITTAG—LEFFLER-sorfejtést felhasználva

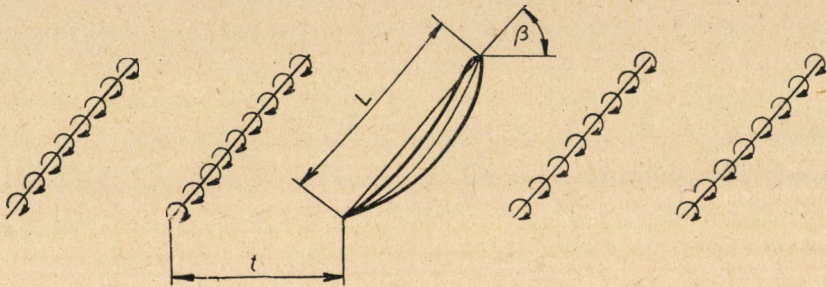
$$\text{ctg } \xi - \frac{1}{\xi}$$

kifejezést is írhatunk, mellyel  $dv^*$  elhanyagolásmentes meghatározása

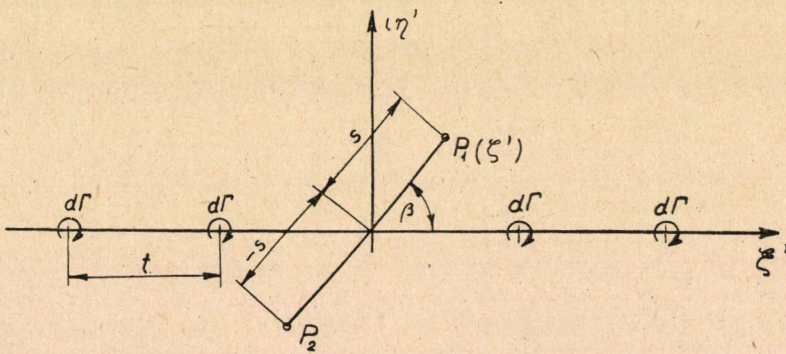
elvégezhető. Az irodalomban ismeretes eljárások is lényegében ezt használják fel [1, 2].

Egyszerűbb matematikai készültséget felhasználó közelítő megoldást kaphatunk  $\frac{L}{t} < 1$  esetben, ha  $f(\xi)$  függvényt a  $\xi = 0$  pont körül Taylor-sorba fejtjük:

$$f(\xi) = f(o) + f'(o)\xi + \frac{f''(o)}{2!}\xi^2 + \dots$$



1. ábra



2. ábra

Könnyen belátható, hogy

$$f(o) = 0, \quad f'(o) = -\frac{2}{\pi^2} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^2}, \quad f''(o) = 0,$$

$$f'''(o) = -\frac{2 \cdot 3!}{\pi^4} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^4}$$

és általában

$$\frac{f^{(N)}(0)}{N!} = -\frac{2}{\pi^{N+1}} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^{N+1}}, \quad \text{ha } N \text{ páratlan}$$

$$0, \quad \text{ha } N \text{ páros.}$$

A fenti együtthatókkal

$$f(\xi) = -\frac{2}{\pi} \left[ \left( \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^2} \right) \left( \frac{\xi}{\pi} \right) + \left( \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^4} \right) \left( \frac{\xi}{\pi} \right)^3 + \dots \right] =$$

$$= -\frac{2}{\pi} \left( \frac{\xi}{\pi} \right) \left[ \left( \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^2} \right) + \left( \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^4} \right) \left( \frac{\xi}{\pi} \right)^2 + \left( \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^6} \right) \left( \frac{\xi}{\pi} \right)^4 + \dots \right].$$

Néhány tag összegezésével és a maradékösszeg integrálkritériummal történő megbecslésével kimutatható, hogy

$$\left( \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^2} \right) \simeq 1,64, \quad \left( \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^4} \right) \simeq 1,08 \quad \text{és} \quad \left( \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^6} \right) \simeq 1,02,$$

a továbbiak mindjobban megközelítik 1-et. Nem követünk el nagy hibát, ha a harmadik és további összegek értékei helyett 1-et írunk.

Megengedve ezt az elhanyagolást,

$$\left( \frac{\xi}{\pi} \right) = \left( \frac{\xi'}{t} \right) < 1$$

esetben

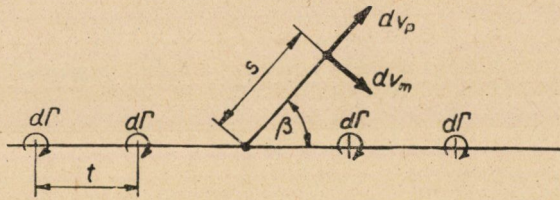
$$f(\xi) = -\frac{2}{\pi} \left( \frac{\xi}{\pi} \right) \left[ 0,64 + 0,08 \left( \frac{\xi}{\pi} \right)^2 + 1 + \left( \frac{\xi}{\pi} \right)^2 + \left( \frac{\xi}{\pi} \right)^4 + \dots \right] =$$

$$= -\frac{2}{\pi} \left( \frac{\xi}{\pi} \right) \left[ 0,64 + 0,08 \left( \frac{\xi}{\pi} \right)^2 + \frac{1}{1 - \left( \frac{\xi}{\pi} \right)^2} \right],$$

mellyel az indukált sebesség konjugáltja

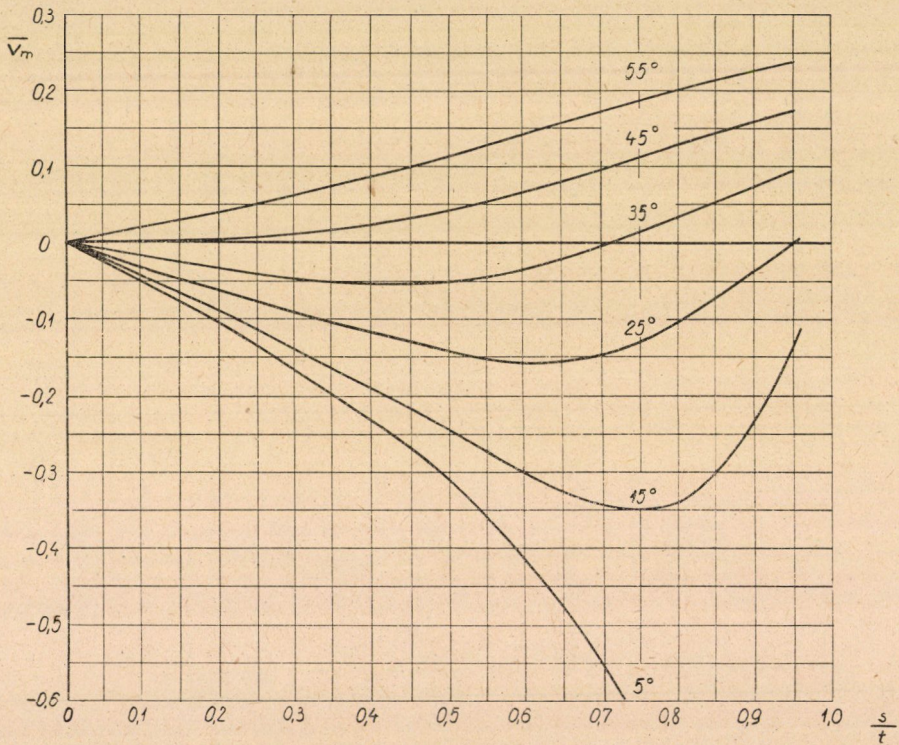
$$dv^* = -i \frac{d\Gamma}{\pi^2} \left( \frac{\pi}{t} \right) \left( \frac{\xi'}{t} \right) \left[ 0,64 + 0,08 \left( \frac{\xi'}{t} \right)^2 + \frac{1}{1 - \left( \frac{\xi'}{t} \right)^2} \right].$$

A sebességi mezőt ebből az egyszerű közelítő összefüggésből számíthatjuk  $|\xi'| < t$  sugarú körön belül.



3. ábra

Mivel  $dv^*$   $\xi'$ -nek páratlan függvénye, a  $P_2$  pontban indukált sebesség a  $P_1$ -ben talált érték negatívja.



4. ábra

Szivattyúrács esetében  $d\Gamma$  értelme az eddigivel ellentétes, tehát azonos  $\frac{\xi'}{t}$  és  $|d\Gamma|$  mellett

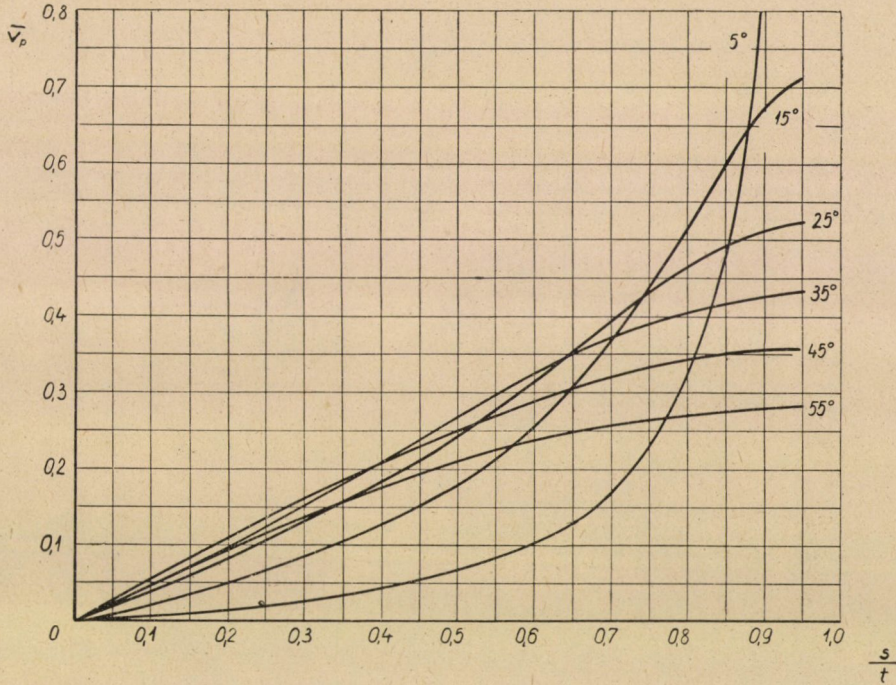
$$(dv^*)_{\text{szivattyú}} = - (dv^*)_{\text{turbina}} .$$



A rácshelyesbítés meghatározásánál célszerű az indukált sebességnek a vizsgált elem húrjára merőleges, és párhuzamos összetevőivel számolni (3. ábra). Ezek azonban  $dv^*$ -ból könnyen megkaphatók, mivel

$$dv_m = I \{e^{i\beta} dv^*\} \quad \text{és} \quad dv_p = R \{e^{i\beta} dv^*\},$$

ahol  $I$  és  $R$  a képzetes, illetve valós részt jelenti.



5. ábra

Méretnélküli alakban (turbinarácsnál)

$$\bar{v}_m = \frac{dv_m}{d\Gamma} t = \frac{1}{\pi} \left( \frac{s}{t} \right) \left\{ \left[ 0,64 + \frac{1}{1 - 2 \left( \frac{s}{t} \right)^2 \cos 2\beta + \left( \frac{s}{t} \right)^4} \right] (-\cos 2\beta) + \right. \\ \left. + 0,08 \left( \frac{s}{t} \right)^2 (-\cos 4\beta) + \frac{\left( \frac{s}{t} \right)^2}{1 - 2 \left( \frac{s}{t} \right)^2 \cos 2\beta + \left( \frac{s}{t} \right)^4} \right\},$$

$$v_p = \frac{dv_p}{d\Gamma} t = \frac{1}{\pi} \left( \frac{s}{t} \right) \left\{ \left[ 0,64 + \frac{1}{1 - 2 \left( \frac{s}{t} \right)^2 \cos 2\beta + \left( \frac{s}{t} \right)^4} \right] \sin 2\beta + \right. \\ \left. + 0,08 \left( \frac{s}{t} \right)^2 \sin 4\beta \right\}.$$

Pozitív iránynak a 3. ábrán feltüntetett irányokat vettük.

Számszerű eredmények közkezen forgó szögfüggvénytáblázat segítségével viszonylag rövid idő alatt meghatározhatók.

$\bar{v}_m$  és  $v_p$  értékeit néhány  $\beta$  szög esetén a 4. és 5. ábra tünteti fel.

A leírt közelítés csupán  $\frac{L}{t} < 0,97$  esetben használható. Vízgépek lapátózásánál ez a feltétel általában teljesül, tehát ez esetben az eredmények felhasználhatók.

#### IRODALOM

1. BETZ: Diagramme zur Berechnung von Flügelreihen, Ing. Archiv 1931. S. 359.
2. N. SCHOLZ: Strömungsuntersuchungen an Schaufelgittern, V. D. I. Forschungsheft 442. 1954.

#### Összefoglalás

A hiányos örvénysor indukált sebességét az osztásnál kisebb sugarú körön belül egyszerű kifejezéssel lehet megközelíteni. Az eredményeket diagramokba foglaltuk.

# A BESZÍVÁSNÁL KELETKEZŐ ÖRVÉNYLÉS BEFOLYÁSA AXIÁLIS VENTILÁTOR HATÁSFOKÁRA

BLAHÓ MIKLÓS és SZENTMÁRTONY TIBOR  
BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM ÁRAMLÁSTANI TANSZÉKE

[Beérkezett 1955. január 29-én]

## Bevezetés

Az iparban alkalmazott axiális ventilátorok hatásfoka általában rosszabb, mint a laboratóriumi kísérleteknél kapott és az irodalomban ismertetett értékek. A hatásfok csökkenése sok esetben a 20–25%-ot is meghaladja.

Az eltérés egyik oka a lapátok kialakításában keresendő. Az axiális ventilátorok jelleggörbáját és hatásfokát a lapátok metszetének alakja, beállítási szöge és felületük simasága rendkívül érzékenyen befolyásolja. A szokásos lemezből hajlított kivitel a tervnek megfelelő alakhűségeet egyáltalán nem biztosítja, ami a beállítási szög pontos mérését is lehetetlenné teszi. Öntött kivitelnél az alakhűség elvben biztosítható, de gyakran nem fordítanak rá kellő gondot. Az öntött lapát alakhűségét gyakran a felület lesimítása rontja el.

Célszerű kivitelnek látszik a lemezlapátokat a tervezett körvonalnál valamivel kisebbre készíteni, és a felületet könnyen megmunkálható anyaggal (pl. fröccskittel) bevonva, alakmás (sablon) szerint pontosan megmunkálni.

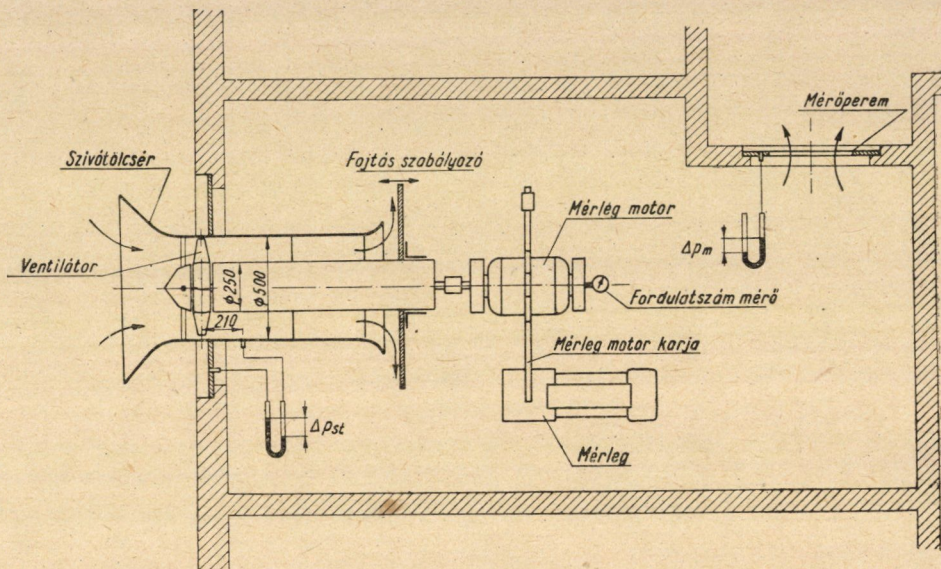
A hatásfok romlásának másik oka, hogy a ventilátorhoz érkező levegő sebessége sem térben, sem időben nem olyan egyenletes, mint azt a számítás feltételezi és a laboratóriumi elrendezés biztosítja. A levegő gyakran éles szélű nyíláson át, vagy oldalról, szívótáskaszerűen vezetve lép a ventilátorba. Az így keletkező örvénylés és aszimmetria a ventilátor jelleggörbáját és hatásfokát ugyancsak lényegesen befolyásolja.

E befolyás megismerésére a Budapesti Műszaki Egyetem Áramlástani Tanszékén kísérletsorozatot végeztünk különböző nyílásszögű és alkotóhosszúságú beszívókúpokkal, éles és lekerekített szívónyílással, valamint csőből és szívótáskából való beszívással. A maximális hatásfok az éles szögletű szívónyílásnál kapott 62,5%-ról megfelelő szívókúp alkalmazásával 75% fölé emelkedett, míg szívótáska esetében 36%-ra csökkent.

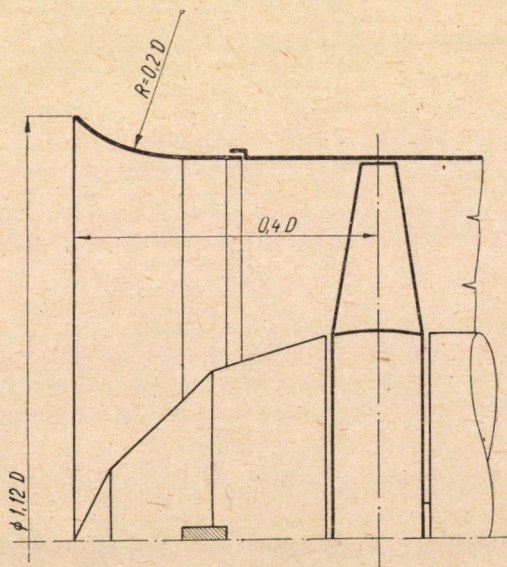
A hatásfok értékek terelőlapatozás hiánya következtében kisebbek. A járókerékből kilépő levegő forgása számítás szerint a hasznos teljesítményt kb. 9%-kal csökkenti, úgy hogy a kapott 75% maximális hatásfok helyes terelőlapatozással kb. 82%-ra növekednék.

## Mérési elrendezés

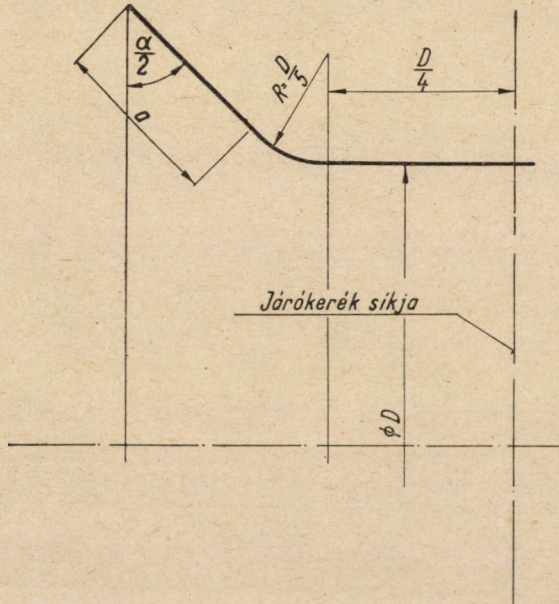
A mérési elrendezés az 1. ábrán látható. A ventilátor a levegőt a szabadból szívta, és a légmentesen zárt szoba ajtónyílásában elhelyezett mérőperemen keresztül fújta ki a folyosóra. A mérés ilyen elrendezésére azért volt szükség,



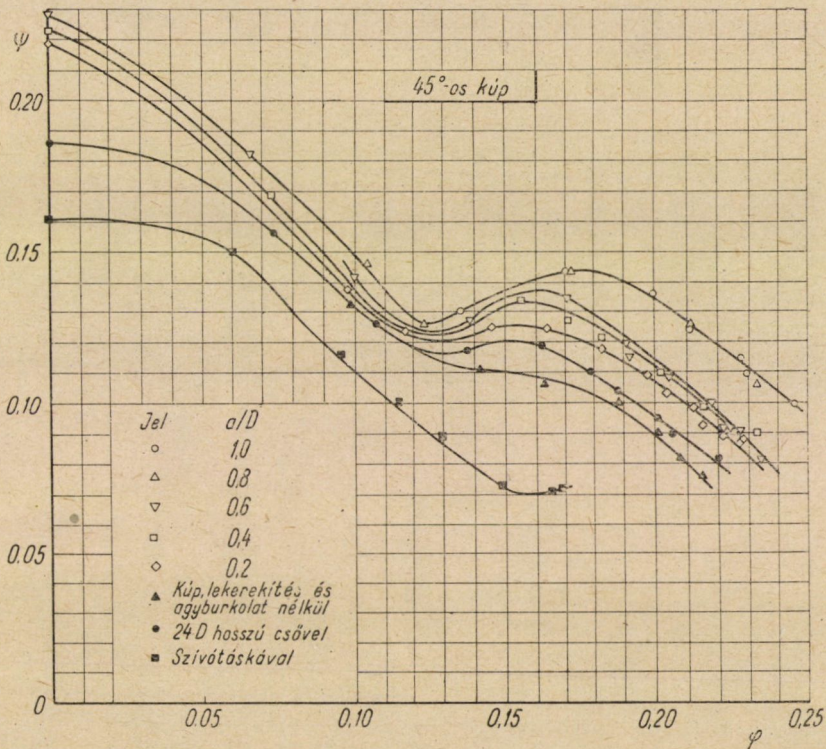
1. ábra



2. ábra

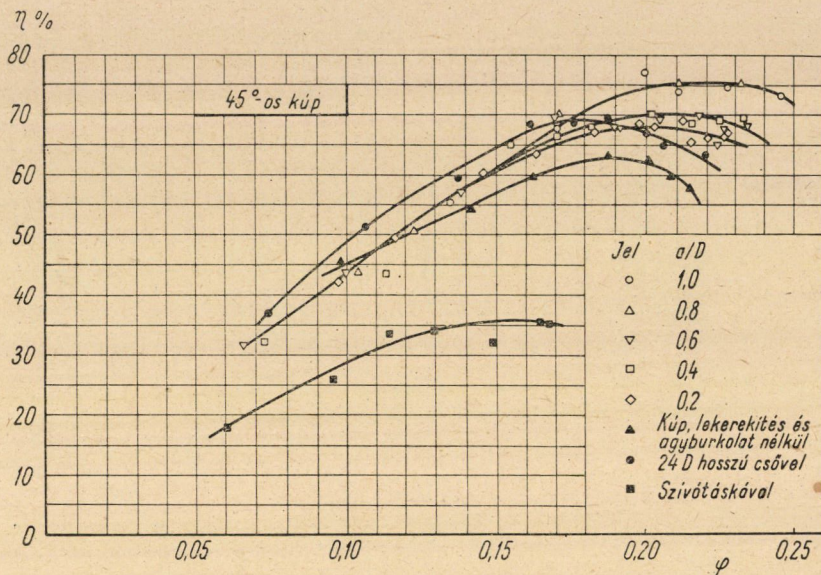


3. ábra

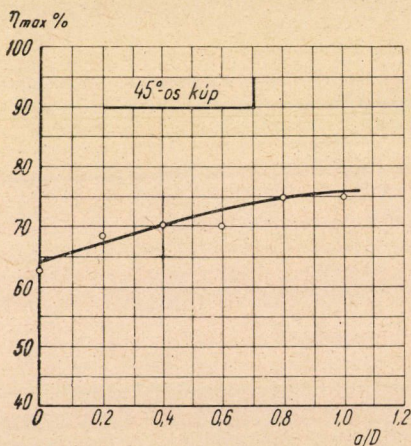


4. ábra

mert aránylag nagy levegőmennyiséget kellett mérnünk kis nyomásveszteség mellett. A ventilátorral előállított statikus nyomásemelkedést ( $\Delta p_{st}$ ) a ventilátor után következő hengeres szakasz külsején elhelyezett nyomáskivezetés és



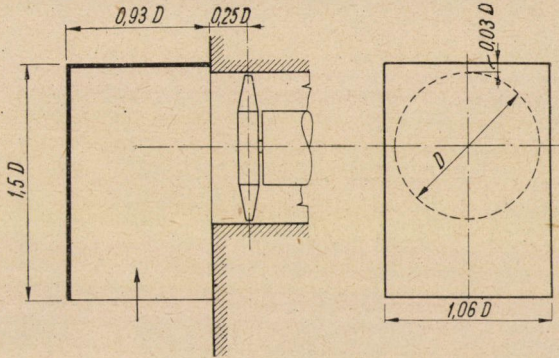
5. ábra



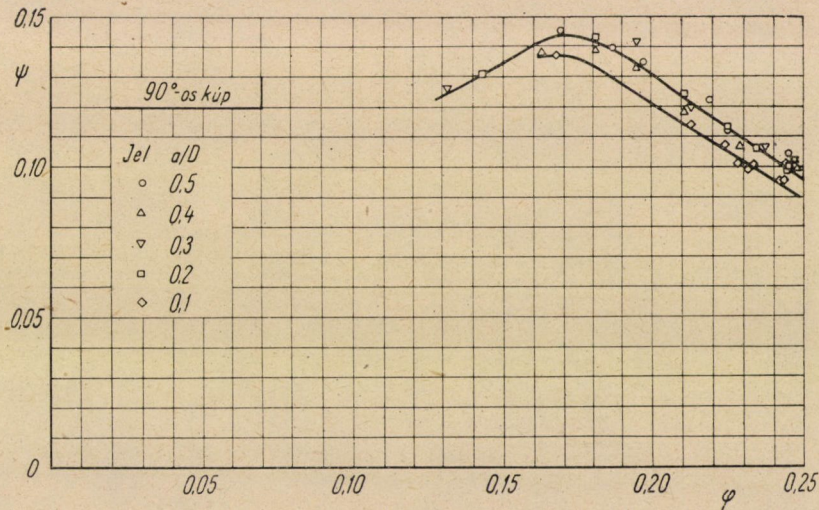
6. ábra

a szabadban uralkodó nyomás között mértük. A szállított mennyiséget az ajtónyílásban elhelyezett mérőperem nyomásesése ( $\Delta p_m$ ) mutatta. A felvett teljesítményt a mérlegmotor nyomatékának és fordulatszámának mérése útján határoztuk meg.

A szabadból való beszívás a mérési pontosságot némileg rontotta, mert a szabadban keletkező légáramlatok a mérőperemen észrevehető nyomásváltozást okoztak. Ez a körülmény a mérési pontok kissé nagyobb szórásában mutatkozik.



7. ábra

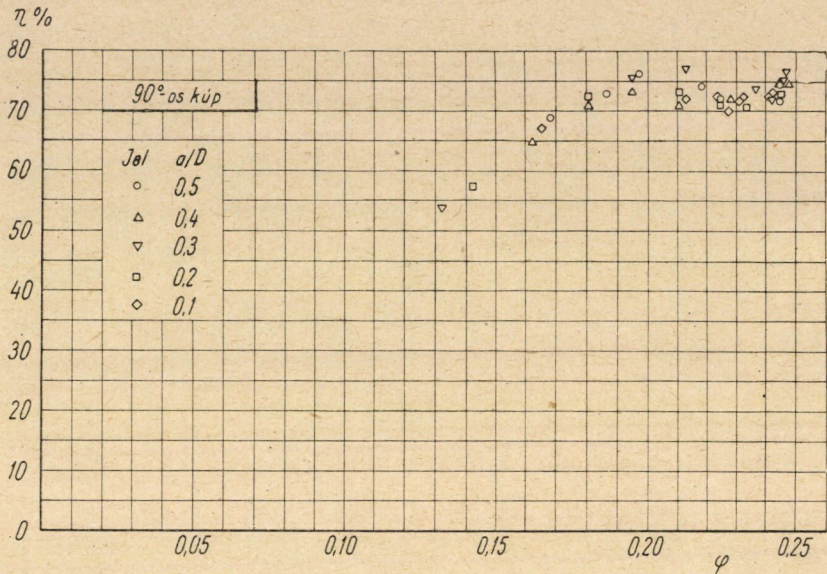


8. ábra

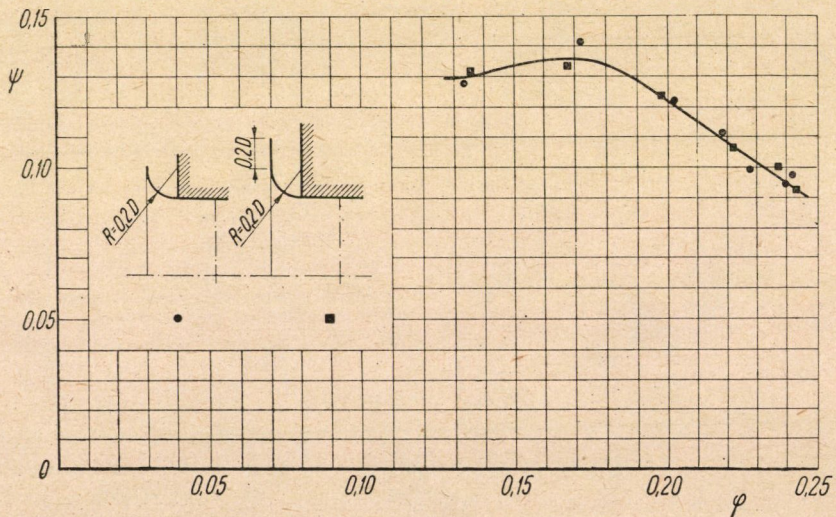
### Mérési eredmények

A ventilátor szívónyílásának első alkalommal vizsgált kiképzését a 2. ábra mutatja. Ezzel a szívónyílással felvett mérés a továbbiakkal közvetlenül nem hasonlítható össze, mert ez esetben a ventilátor lapátszöge a kerületen  $20^\circ$  volt, szemben a további mérések alkalmával beállított  $18^\circ$ -kal. Miután azonban a hatásfok maximumát a lapátszög kis megváltozása nem befolyásolja lényegesen, összehasonlítási alapként tekinthetjük a hatásfok ilyen körülmények között elért  $67\%$  maximumát.

A további kísérletsorozatban vizsgált kúp rajzát a 3. ábrában találjuk. A kúp nyílásszöge első alkalommal  $\alpha = 45^\circ$  volt. A különböző alkotóhosszúsággal kapott jelleggörbéket a 4. ábrán, a hatásfokgörbéket az 5. ábrán mutat-



9. ábra

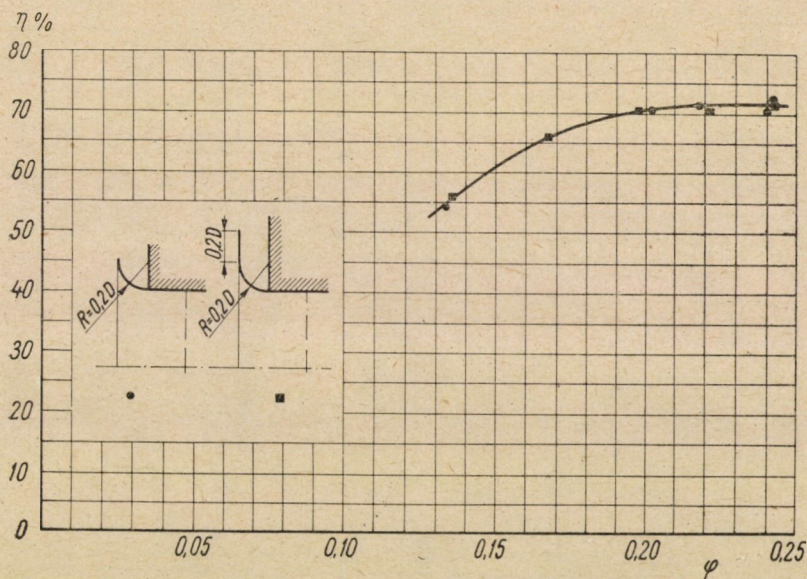


10. ábra

juk be. Mint megfigyelhető, az alkotó rövidülése a jelleggörbében lényeges eltolódást okozott, a hatásfok értékeit pedig szintén csökkentette. A 6. ábrán a maximális hatásfokok értékét az alkotóhosszúság függvényében találjuk.



Bár a mérési pontok kissé szórnak, megállapítható, hogy a hatásfok a kúp alkotójának növekedésével javul. A 0 alkotóhosszúságnak megfelelő pont a mérés-sorozatba nem illik bele tökéletesen, mert ebben az esetben a belépő lekerekítés, valamint az agynál egyébként alkalmazott (a 2. ábrán látható) burkolat sem volt felszerelve. A berajzolt görbe arra mutat, hogy a hatásfok még az egy átmérőnyi alkotóhossznál sem éri el maximális értékét. A hatásfok javulása azonban eddig az alkotóhosszig is meghaladja a 10%-ot.



11. ábra

Az 5. és 6. ábra mutatja azokat a görbéket is, melyeket a ventilátor elé helyezett kb. huszonnégy átmérőnyi hosszú csővel, valamint szívótáskával vettünk fel. A ventilátor elé helyezett cső esetében a hatásfok maximuma mintegy 69%, szívótáskával pedig kb. 36% volt. A szívótáska méreteit a 7. ábra mutatja.

További kísérletsorozatunk során 90°-os nyílásszögű kúp hatását vizsgáltuk. Mint a 8. ábrából megfigyelhető, ebben az esetben a kúp alkotóhosszának rövidítése — a legrövidebb esetet nem tekintve — a mérési pontok szórásánál kisebb eltérést okozott. Bár az  $a/D = 0,5$ -nek megfelelő pontok a többenél valamivel magasabbra esnek, a pontok aránylag nagy szórása miatt csupán azt a következtetést óhajtjuk levonni, hogy a kúp  $0,1 D$ -re való rövidítése már okozott számottevő eltérést. A 90°-os kúppal kapott hatásfok értékekből (9. ábra) a szórás ellenére megállapítható, hogy a hatásfok legnagyobb értéke 74% körül van, tehát erősen megközelíti a 45°-os kúppal  $\frac{a}{D} = 1$  esetben kapott értéket.

A 10. és 11. ábrában látjuk végül a sík felületig kiterjesztett lekerekítés, valamint a  $0,2 D$  széles körgyűrűvel folytatott legömbölyítés hatását. Mint megfigyelhető, a sík körgyűrű felület sem a nyomás-, sem a hatásfok értékeit nem befolyásolta számottevően. A hatásfok maximuma ezekben az esetekben valamivel kisebb, mintegy 72%.

### Összefoglalás

Az elmondottak és különösen a szívótáskánál végzett mérés alapján megállapíthatjuk, hogy az axiális ventilátor jelleggörbéjét és hatásfokát a beszívásnál keletkező örvénylés nagymértékben befolyásolja. Így részben a kísérleteknél, másrészt pedig az üzemekben felszerelt axiális ventilátoroknál különös gondot kell fordítani a megfelelő hozzááramlásra. Nem jelenti hozzááramlás szempontjából az optimumot az azonos átmérőjű hengeres csőből való beszívás sem. Ilyenkor a ventilátor előtt alkalmazott jól legömbölyített konfuzorral lehet a hatásfokot javítani.

Mindenképpen elkerülendő a ventilátor előtti derékszögű, szívótáskaszerű irányterelés.

Szabadból való beszívás esetén szívókúp és legömbölyített átmenet javasolható. A kísérletek alkalmával legjobbnak bizonyult szívókúp nyílásszöge  $45^\circ$ , alkotóhossza pedig a ventilátor járókerék átmérőjével egyenlő volt, de a hatásfok maximuma csak kis mértékben (1–2%-kal) csökkent a  $90^\circ$  nyílásszögű és  $0,1 \div 0,5$  átmérőnyi alkotóhosszúságú kúp esetében. A kúpok és a hengeres szakasz közötti átmenet sugara mindkét esetben  $0,2$  átmérőnyi, a járókerék pedig a hengeres szakasz elejétől  $\frac{D}{4}$  távolságban volt.

Sík felületen elhelyezett nyílásból szívó ventilátor esetében a belépésnél  $0,2$  átmérőnél nagyobb lekerekítési sugár javasolható.

# SOKREKESZŰ RÁCSOS HASÁBOK CSAVARÁSA

CSONKA PÁL

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK DOKTORA

BUDAPESTI ÉPÍTŐIPARI MŰSZAKI EGYETEM SZILÁRDSÁGTANI TANSZÉKE

[Beérkezett 1955. február 23-án]

## 1. Bevezetés

*Rácsos hasábon* térbeli oly rácsos szerkezetet értünk, amely a hasábtengelylyel párhuzamos síkú *rácsos oldallapokból* és a hasábtengelyre merőleges síkú *rácsos véglapokból* áll. Az olyan rácsos hasábot, melynek oldallapjai egy, vagy több térrészt fognak körül, *egy-, illetve többrekeszű rácsos hasábnak* mondjuk (1. ábra).



1. ábra. Háromrekeszű rácsos hasáb keresztmetszete

A rácsos hasákkal szemben a hasonló keresztmetszet-alakítású teli falú hasábot *lemezes hasábnak*, mégpedig a lemezfalakkal közrezárt térrészek száma szerint, *egy- vagy többrekeszű lemezes hasábnak* nevezzük (2. ábra).



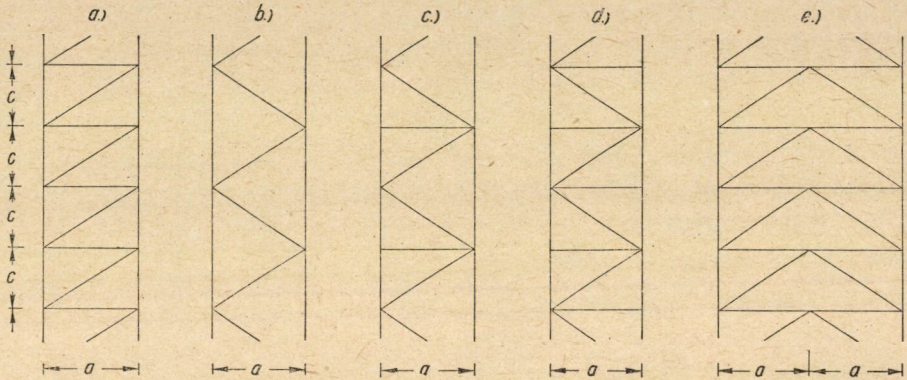
2. ábra. Háromrekeszű lemezes hasáb keresztmetszete

A sokrekeszű lemezes hasáb csavarásával több dolgozat [1], [2], köztük e folyóirat hasábjain most megjelent két tanulmány [3], [4] foglalkozott. A többrekeszű rácsos hasáb csavarását általánosságban szerző egyik korábbi tanulmánya [5] tárgyalta, ez a dolgozat azonban nem tért ki a sokrekeszű rácsos hasárok részletes vizsgálatára. Az a körülmény, hogy ezt a problémát ez ideig másutt sem tárgyalták, indokolja, hogy az alábbiakban ezt a kérdést, a sokrekeszű rácsos hasárok csavarási problémáját válasszuk vizsgálataink tárgyául.

## 2. Feltevések, kikötések

Vizsgálataink sztatikai szempontból határozott rácsos hasábokra, tehát olyan szerkezetekre vonatkoznak, amelyek a szilárd környezethez való rögzítés nélkül önmagukban véve is alaktartók.

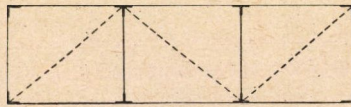
Kikötjük, hogy az oldallapok *N*-, *V*- vagy *K*-fajtájú rácsozattal készüljenek (3. ábra) és rácsosztásuk a hasábtengely irányában állandó legyen. Megköveteljük, hogy az azonos helyzetű rudak egy-egy oldallap egész terjedelmében



3. ábra. Az oldallapok rácsosztása

azonos keresztmetszeti területűek legyenek. E kikötések folytán a rácsos hasáb azonos alakú részek — *ízek* — sorozatának fogható fel.

A véglapokról kikötjük, hogy rácsozatuk háromszögméretű legyen. Ilyformán a véglapok az oldallapok keresztirányú kiterjedését vagy összehúzódását nem akadályozzák, csupán az oldallapoknak egymáshoz képest való elfordulását teszik lehetetlenné.



4. ábra. Háromrekeszű rácsos hasáb véglapja

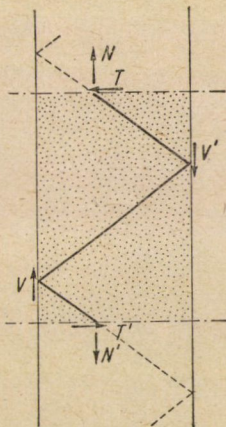
Terhelésként csak a véglapok síkjában működő csavaró erőket engedünk meg. Kikötjük, hogy ezek a véglapok csomópontjain akként oszoljanak el, hogy hatásukra a rácsos hasáb minden íze azonos alakváltozást szenvedjen. A csavarásnak ezt az egyszerű módját *tiszta csavarásnak* nevezzük.

A csavarás-okozta alakváltozásokat kicsinyeknek, a csavarónyomatékkal arányosoknak tételezzük fel. Az oldallapokat és véglapokat a síkjukra merőleges erőhatásokkal szemben nem tekintjük ellenállóknak, tehát feltesszük, hogy ezek a vékony síklemezekhez hasonlóan csupán saját síkjukba eső erőhatásokkal szemben fejtenek ki ellenállást.

### 3. Sztatikai megfontolások

#### 3.1. Az oldallapok egyensúlya

A rácsos véglapok csomópontjai a háromszögmépzés szabályai szerint vannak egymáshoz fűzve. A véglapok minden csomópontjának a rácsos hasáb egy-egy *oldaléle* felel meg, s így a háromszögmépzés szabályai ezen oldalélekre is képzési sorrendet állapítanak meg. Az oldaléleket e képzési sorrenddel ellentétes sorrendben végigjárva, először az utolsó oldalélen tartunk egyensúlyi vizsgálatot. Ehhez az oldalélhez csak két *rácsmező* csatlakozik. Minthogy ezek különböző síkúak, egyensúly csak úgy lehetséges, ha a vizsgált oldalélre csak tengely-



5. ábra. Rácsmező ízhosszúságú szakasza

irányú erők adódnak át. De ugyanez a megállapítás sorra megismételhető a többi oldalélre is, ha azokat az említett képzési sorrenddel ellentétes sorrendben vizsgáljuk. Ily módon eljárva, végeredményként megállapíthatjuk, hogy a rácsos hasáb oldalélei a hozzájuk csatlakozó rácsmezőktől csak tengelyirányú erőket kaphatnak s az oldalélek a rácsmezőkre is csak ilyen erőket gyakorolhatnak.

#### 3.2. A rácsmezők egyensúlya

Vegyük szemügyre az egyik rácsmezőnek olyan szakaszát, melyet íztávolságra fekvő két keresztirányú egyenes határol. Ilyen rácsmező-szakaszt az 5. ábrán pontozással jelöltünk meg.

A vizsgált rácsmező-szakaszra az oldalélekhez való csatlakozás helyén a 3.1. alatt mondottak szerint csak a  $V$  és  $V'$  tengelyirányú erők működhetnek. A keresztirányú határvonalak mentén viszont csak a kongruens pontokban támad-

nak erőik, s ezek az erőik párosával azonos nagyságúak, de ellentett irányúak:

$$N = N', \quad T = T'.$$

Ily körülmények közt a vizsgált szakaszon csak akkor lehet egyensúly, ha

$$V = V',$$

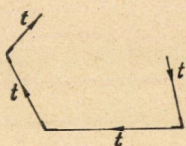
s ha ezenfelül

$$V_s = Th.$$

Az utóbbi egyenlet szerint

$$\frac{T}{s} = \frac{V}{h} \equiv t, \quad (1)$$

ami azt jelenti, hogy a nyíróerőnek a vizsgált rácsmező-szakasz oldalhosszaira



6. ábra. Laplánc keresztmetszete

vonatkoztatott fajlagos értéke hossz- és keresztirányban azonos. A nyíróerőnek így értelmezett fajlagos értéke — a *t* fajlagos nyíróerő — az egész rácsmezőre nézve állandó érték.

A fajlagos nyíróerőre vonatkozó fenti megállapítás teljes összhangban van a lemezes hasábok falaiban keletkező nyíróerőkre vonatkozó szabályokkal.

### 3.3. A nyíróerő-folyamra vonatkozó szabályok

Az imént megállapított összefüggés kétségtelenné teszi, hogy mindazok a szabályok, melyek a lemezes hasábokban keletkező nyíróerőkre vonatkoznak, rácsos hasábok esetében is érvényben vannak. Épp ezért a szóban forgó szabályokat az alábbiakban bizonyítás nélkül közöljük.

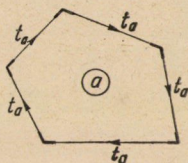
a) *Oldallapok egyszerű láncolata* esetében (6. ábra) a fajlagos nyíróerő értéke valamennyi rácsmezőben azonos. A nyíróerők a keresztmetszeti rajzon folyamatos nyíllal, mintegy folyamatos áramlásként jelentkeznek. A keresztirányú nyíróerőknek ezt a folyamatát *nyíróerő-folyamnak* nevezzük.

b) *Egyrekeszű alakzatok* esetében (7. ábra) a fajlagos nyíróerő valamennyi rácsmezőben azonos értékű. A nyíróerő-folyam zárt.

c) *Kétrekeszű alakzatok* esetében (8. ábra) mindkét rekesz nyírőerő-folyama egymástól függetlenül alakul ki. A közös falrészekben a két áramfolyam eredőjeként a két áramlás különbsége jelentkezik:

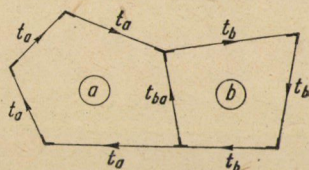
$$t_a = t_b - t_a.$$

A fenti képlet felírásakor az M. P. BLAISE-féle előjelszabályt [2] alkalmaztuk, vagyis a két rekesz nyírőerő-folyamát az óramutató forgásirányával



7. ábra. Egyrekeszű rácsos hasáb keresztmetszete

egyező keringési irány esetében tekintettük pozitívnak. A két rekesz közös falrészén működő nyírőerő megjelölésekor a nyírőerő betűjelében alkalmazott kettős index első betűjével fejeztük ki azt, hogy a két rekesz melyikének megfelelő keringési irányt fogadtuk el a nyírőerő-folyam pozitív irányául. Ezt a jelszabályt a későbbiekben is alkalmazni fogjuk.



8. ábra. Kétrekeszű rácsos hasáb keresztmetszete

d) *Többrekeszű alakzatok* esetében (9. ábra) hasonló szabály érvényes, mint kétrekeszű alakzatokra. A nyírőerő-folyam ilyenkor is minden rekeszben egymástól függetlenül alakul ki, s a közös falrészekben a szomszédos két rekesz nyírőerő-folyamának eredője jön létre. Ha tehát az  $i$ -edik, illetve  $j$ -edik rekeszhez rendelhető nyírőerő érték  $t_i$ , illetve  $t_j$ , akkor a két rekesz közös falrészén a nyírőerő

$$t_{ij} = t_i - t_j. \quad (2)$$

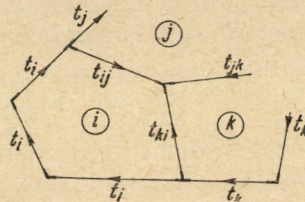
### 3.4. A külső és belső erők egyensúlya

Messzük ketté a rácsos hasábot az oldalélekre merőleges síkkal, s az egyik hasábrész eltávolítása után képezzük a megmaradt hasábrészen a metszeti erők nyomatékösszegét valamely tetszőleges tengelyirányú egyenesre! Ha az  $i$ -edik rekesz keresztmetszeti területét  $\Omega_i$  betűvel jelöljük, az  $i$ -edik rekeszhez

tartozó  $t_i$  nyírőerő-folyam nyomatékát így fejezhetjük ki (10. ábra) :

$$M_i = t_i (r_a s_a + r_b s_b + r_c s_c + \dots) = 2t_i \Omega_i.$$

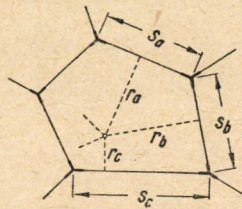
Hasonló képleteket írhatunk a többi rekeszre is. Ha az így kapott nyomatékértékeket összegezzük, a belső erők nyomatékát kapjuk meg. Ennek a nyomatékösszegnek — egyensúlyi okokból — az eltávolított hasábrész véglapjára ható



9. ábra. Többrekeszű rácsos hasáb keresztmetszete

csavaró erőpár  $M$  nyomatékával kell egyeznie. Ha ezt az óramutató járásával egyező forgató irány esetében tekintjük pozitívnak, az említett egyenlőséget így fejezhetjük ki :

$$M = 2 \sum t_i \Omega_i. \quad (3)$$



10. ábra. Az  $i$ -edik rekesz keresztmetszete

#### 4. Geometriai megfontolások

Az alakváltozás során a rácsos hasáb oldallapjainak sarokpontjai a csavarási tengely körül elforognak, s ezzel egyidejűleg különböző mértékű tengelyirányú elmozdulást is végeznek. Ezen elmozdulások révén az oldallapok eredetileg egymásra merőleges élei közt  $\gamma$  szögtorzulás keletkezik. Ennek értéke tetszőleges oldallap esetében (11. ábra) :

$$\gamma = \alpha + \beta \approx \frac{v}{l} + \frac{u}{s}.$$

A fenti képletben a  $v$  elmozdulás az egymástól egységnyi távolságra levő keresztmetszetek közt jelentkező elcsavarodástól, vagyis a  $\vartheta$  fajlagos elcsavarodási



szögtől, az oldalélek  $l$  hosszúságától, valamint a vizsgált oldallapnak a forgástengelytől mért  $r$  távolságától függ:

$$v = r l \vartheta.$$

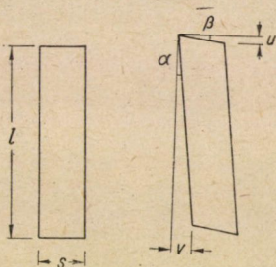
Így aztán

$$\gamma = r \vartheta + \frac{u}{s},$$

illetve

$$u = \gamma s - \vartheta r s.$$

Természetesen, bárminők is legyenek a csavarás-okozta alakváltozások, kell, hogy a rekeszfalak zárt körvonalai alakváltozás után is összefüggő zárt



11. ábra. Oldallap alakváltozás előtt és után

vonalak maradjanak [5]. Ez a követelmény pl. az  $i$ -edik rekesz esetében a

$$\Sigma u = 0$$

egyenlettel fejezhető ki, illetve az előző összefüggések felhasználásával ekként fogalmazható:

$$\Sigma \gamma s - \vartheta \Sigma r s = 0.$$

Ámde, miként 3.4 alatt is,

$$\Sigma r s = 2 \Omega_i,$$

úgyhogy a szóban forgó illeszkedési feltétel így is írható:

$$\Sigma \gamma s = 2 \vartheta \Omega_i. \quad (4)$$

Az imént felírt feltételnek természetesen minden rekeszre nézve teljesülnie kell. Így, ha a rácsos hasáb keresztmetszeti idoma  $n$  rekeszt tartalmaz, összesen  $n$  egymástól független ilyen egyenlethez jutunk.

### 5. Rugalmassági összefüggések

Az oldallapok  $\gamma$  szögtorzulása az oldallapokra jutó fajlagos nyíróerővel arányos. Általában

$$\gamma = \frac{t}{sE} K, \quad (5)$$

ahol  $E$  a szerkezet anyagának rugalmassági tényezője,  $s$  az oldallap szélessége,  $K$  pedig a rácsozat alakíthatóságára jellemző olyan tényező, amely a rácsozat geometriai adataitól és a rudak keresztmetszeti területétől függ.  $E$  tényező értéke a 3. ábrán feltüntetett esetek közül az  $a$  és  $e$  esetben

$$K = \frac{1}{c} \left( \frac{a^3}{F_a} + \frac{A^3}{F_A} \right), \quad (6)$$

a  $b$ ,  $c$  és  $d$  esetben pedig

$$K = \frac{1}{c} \cdot \frac{A^3}{F_A}. \quad (7)$$

A fenti képletekben  $F_a$  az oldalélekre merőleges rácsrudak keresztmetszeti területét,  $A$  és  $F_A$  pedig a ferde rácsrudak hosszát és keresztmetszeti területét jelenti.

### 6. A feladat megoldása

A rácsos hasáb keresztmetszetein keletkező fajlagos nyíróerők meghatározására a (4) alatti illeszkedési egyenletekbe be kell helyettesítenünk a  $\gamma$  szögtorzulások (5) alatti értékeit. Ezzel pl. az  $i$ -edik rekesz esetében az

$$\frac{1}{E} \sum tK = 2 \vartheta \Omega_i \quad (8)$$

összefüggéshez jutunk. Ebben az egyenletben az összegezés a rekesz valamennyi oldallapjára értendő.

Egy-egy rekesz oldallapjai, M. P. BLAISE módszerét [2] követve, általában két csoportba sorolhatók aszerint, hogy azok határosak-e más rekeszekkel vagy sem.

Az oldallapok *első* csoportjában a  $t$  nyíróerő a két egymással szomszédos rekesz fajlagos nyíróerejétől függ. Pl. az  $i$ -edik és  $j$ -edik rekesz közös falrészén

$$t_{ij} = t_i - t_j.$$

Ha tehát a szóban forgó két rekesz közötti oldallap  $K$  értékét  $K_{ij}$  betűvel jelöljük, az oldallapok első csoportjára nézve ezt írhatjuk:

$$\Sigma tK = \sum_j (t_i - t_j) K_{ij}. \quad (9)$$

Az oldallapok *második* csoportjában a  $t$  nyíróerő állandó értékű, nevezetesen az  $i$ -edik rekeszhez rendelhető  $t_i$  fajlagos nyíróerővel egyenlő, úgyhogy az oldallapok ezen csoportjára nézve

$$\Sigma tK = t_i \Sigma K,$$

illetve a

$$\Sigma K \equiv K_i \quad (10)$$

jelöléssel

$$\Sigma tK = t_i K_i. \quad (11)$$

A (9) és (11) összefüggések felhasználásával a (8) jelű feltétel-egyenlet végül is így alakul:

$$t_i K_i + \Sigma (t_j - t_j) K_{ij} = 2E \vartheta \Omega_i. \quad (12)$$

A fentiekhez hasonló egyenlet képezhető az  $n$  rekesz mindegyikére. Ezzel  $n$  olyan egyenlethez jutunk, melyben az  $n$  ismeretlen  $t_i$  értéken kívül még a  $\vartheta$  érték is, tehát összesen  $n + 1$  ismeretlen fordul elő. Az ismeretlenek meghatározására tehát még egy egyenletet, mégpedig a külső és belső erőpárok nyomatékegyenlőségét kifejező (3) egyenletet kell igénybe vennünk. Ezen egyenlet szerint

$$2\Sigma t_i \Omega_i = M. \quad (13)$$

Az így rendelkezésre álló  $n + 1$  egyenletből az  $n + 1$  ismeretlen már egyértelműen meghatározható.

A  $t_i$  fajlagos nyíróerőket megállapítván, a hossz- és keresztirányú nyíróerőket az (1) összefüggés segítségével számíthatjuk ki, s így a rácsrúderőket is már meghatározhatjuk. A számítás eredménye a 3. ábrán feltüntetett rácsozatok esetében igen egyszerű képletekbe foglalható. A vízszintes rácsrúderő az  $a$  és  $e$  esetben  $at$ , a  $c$  és  $d$  esetben zérus. A ferde rácsrúderő valamennyi esetben  $At$ , az övrúderő pedig mindenkor zérus értékű.

Meg kell jegyeznünk, hogy a fentebb levezetett (12) és (13) egyenletek tökéletesen egyeznek a sokrekeszű lemezes hasábok csavarási problémájának megoldására M. P. BLAISE által [2] felállított egyenletekkel. Ezen azonosság folytán kétségtelen, hogy a [3] és [4] alatt ismertett eljárások, melyek szintén a Blaise-féle egyenleteken alapszanak, nemcsak sokrekeszű lemezes hasábok, hanem sokrekeszű rácsos hasábok esetében is használhatók.

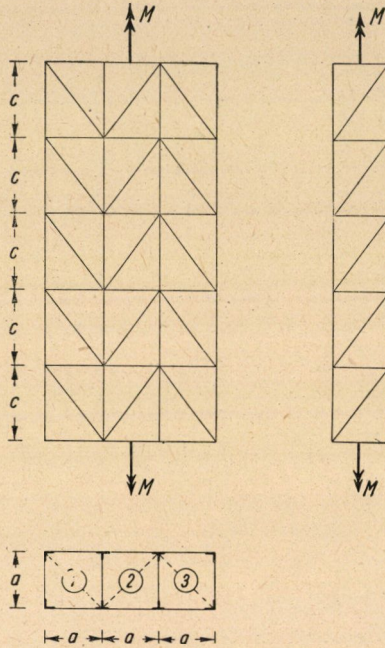
## 7. Számpélda

Alkalmazzuk a fenti ismertetett eljárást a 12. ábrán feltüntetett háromrekeszű rácsos hasábra! Legyen

$$M = 1, \quad E = 1,$$

és legyen valamennyi oldallapra nézve

$$a = 3, \quad c = 4, \quad A = 5, \quad F_a = 9, \quad F_A = 5.$$



12. ábra. Háromrekeszű hasáb

Feladatunkban mind a tíz rácslap egyforma, tehát az alakíthatóságukra jellemző  $K$  érték is azonos:

$$K = \frac{1}{c} \left( \frac{a^3}{F_a} + \frac{A^3}{F_A} \right) = \frac{1}{4} \left( \frac{3^3}{9} + \frac{5^3}{5} \right) = 7.$$

Természetesen, a fennforgó szimmetria miatt

$$t_1 = t_3, \quad t_{12} = t_{32},$$

úgyhogy a feladat megoldásához a (12) jelű illeszkedési egyenletet csak két rekeszre kell felírni. Lévén

$$K_1 = 3K = 21,$$

$$K_{12} = K = 7,$$

$$K_2 = 2K = 14,$$

$$K_{32} = K = 7,$$

$$\Omega_1 = \Omega_2 = 9,$$

az 1. - illetve 2.-jelű rekeszre vonatkozó illeszkedési egyenlet

$$t_1 \cdot 21 + (t_1 - t_2) \cdot 7 = 2 \cdot 1 \cdot \vartheta \cdot 9,$$

illetve

$$t_2 \cdot 14 - 2(t_2 - t_1) \cdot 7 = 2 \cdot 1 \cdot \vartheta \cdot 9,$$

a (13) jelű egyensúlyi egyenlet pedig

$$2(t_1 \cdot 9 + t_2 \cdot 9 + t_1 \cdot 9) = 1.$$

Az utóbbi három egyenletből

$$t_1 = \frac{5}{288}, \quad t_2 = \frac{6}{288}, \quad \vartheta = \frac{49}{2592}.$$

### IRODALOM

1. F. H. BARON: Torsion of Multiconnected Thin-walled Cylinders, *Trans. Am. Soc. Mech. Engrs.*, **64** (1942), p. A-72.
2. M. P. BLAISE: La torsion des prismes multicellulaires à parois minces. *Annales des Ponts et Chaussées*, **122** (1952) pp. 601—611.
3. J. BARTA: Sur l'estimation de la rigidité de torsion des prismes multicellulaires à parois minces. *Acta Technica Hung.* **12** (1955), pp. 333—337.
4. M. P. BLAISE: Sur la résolution numérique du problème de la torsion des prismes multicellulaires à parois minces. *Acta Technica Hung.* **12** (1955), pp. 327—332.
5. P. CSONKA: Rácsos szerkezetek csavarása. A Magyar Mérnök- és Építész-Egylet Közlönye, **66** (1932), pp. 12.1—128.

### Összefoglalás

A *rácsos hasábok* térbeli oly rácsos szerkezetek, melyek a hasábtengellyel párhuzamos síkú, párhuzamos övű rácsos oldallapokból s a hasábtengelyre merőleges síkú rácsos véglapokból állanak. E szerkezetek igen hasonlóak a velük azonos keresztmetszet-alakítású vékonyfalú *lemezes hasábokhoz*. Szerző kimutatja, hogy az esetben, ha a rácsos hasáb csupa egyforma alakú és méretű szakaszból áll, az oldallapok rácsozata egyszerű *N*-, *V*-, vagy *K*-rácsozat, a véglapok rácsozata pedig háromszöggépzésű, a rácsos és lemezes hasábok erőjátéka közt teljes hasonlóság mutatkozik. A csavarásra igénybe vett ilyenféle rácsos hasábok igénybevételei ugyanúgy számíthatók, mint a vékonyfalú sokrekeszű hasáboké.



# TISZTA MANGANOSZULFÁTOS OLDAT ELŐÁLLÍTÁSA A HIDROCIKLONÓZÁSBÓL SZÁRMAZÓ ÚRKÚTI MEDDŐBŐL

HORVÁTH ZOLTÁN

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA

és

FOGARASI BÉLA

NEHÉZIPARI MŰSZAKI EGYETEM FÉMKOHÁSZATI TANSZÉKE, MISKOLC

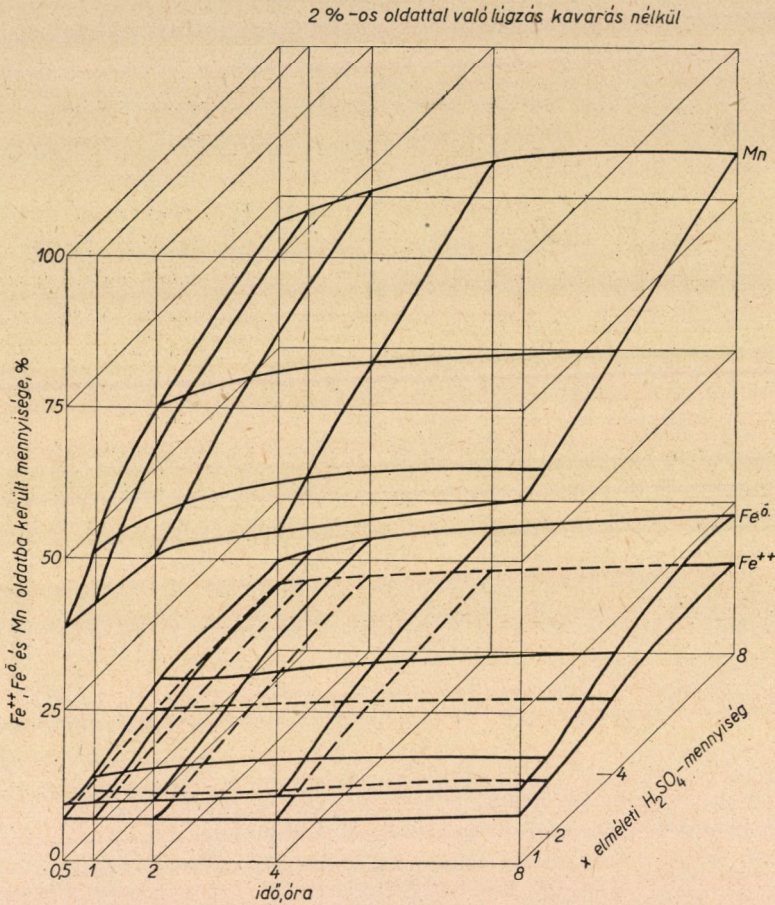
[Beérkezett 1955. február 24-én]

Az úrkúti hidrociklonozásból származó, 22,2% mangánt, ferrioxid alakjában ugyanennyi vasat, 26,5%  $\text{SiO}_2$ -t, 16,5%  $\text{H}_2\text{O}$ -t,  $\text{CaO}$ -t és  $\text{MgO}$ -t nyomokban tartalmazó, a MNOSz 695 számú 0,1 m/m lyukbőségű szitán áteső szem nagyságra őrölt meddővel végzett kísérleteink során először a szilárd szénnel való redukció legmegfelelőbb hőmérsékletének és időtartamának a vizsgálatát végeztük el. Ebből a célból 5–5 g ércet az ércben levő mangándioxidnak manganooxidá váló redukálásához szükséges elméleti mennyiségű, kétszeres és négyszeres mennyiségű szénnel keverve olyan porcelántégelybe helyeztük, amelyik nagyobb porcelántégelyben állott. Bemérés után az elegyet tartalmazó porcelántégelyt másik porcelántégellyel borítottuk be és közben a porcelántégelyek közötti teret faszénporral töltöttük ki. Az így előkészített téglék kerültek a redukálás hőmérsékletére melegített kemencébe. A megfelelő ideig tartó hevítés után kiszedett és lehűlt anyagot  $200 \text{ cm}^3$  5%-os kénsavval lúgoztuk levegővel való kavarással közben 2 órán át. Ezt a műveletet követte a szűrés és a mosás, ezután az oldatot elemzéshez vittük.

A kapott eredményekről az 1–3. táblázat tájékoztat. Ezekből az állapítható meg, hogy azonos redukáló anyag jelenlétekor a redukció hőmérsékletének növekedésével nő a mangánkihozatal és ugyanakkor növekszik az oldatba kerülő vas mennyisége is. A  $750 \text{ C}^\circ$  alatt végzett redukció után ferrovas egyáltalán nem kerül oldatba. E fölött a hőmérséklet fölött aztán a vas túlnyomó része ferrovas alakjában oldódik.

A redukció időtartama általában növeli mind a mangánkihozatal, mind az oldatba kerülő vasnak a mennyiségét. Némelykor a redukció időtartamának növekedése a mangánkihozatal csökkenésével járt. Ennek minden bizonnyal az az oka, hogy hosszú ideig tartó hevítéskor az elegytől a levegőt távol tartó faszénporréteg elég és oxigén jut az elegyet tartalmazó porcelántégely belsejébe. Ugyanazon a hőmérsékleten és időtartam alatt végzett redukció esetében a mangánkihozatal növekedik a redukáláshoz adott szén mennyiségének a növelésével. Így pl.  $800 \text{ C}^\circ$ -on  $\frac{1}{2}$  órás redukció után az elméletinek egyszeresére rúgó mennyiségű szén jelenlétében 79,1, kétszeres szén használatkor 87 és négyszeres szénfelesleg jelenlétében 91,4%-os a mangánkihozatal.

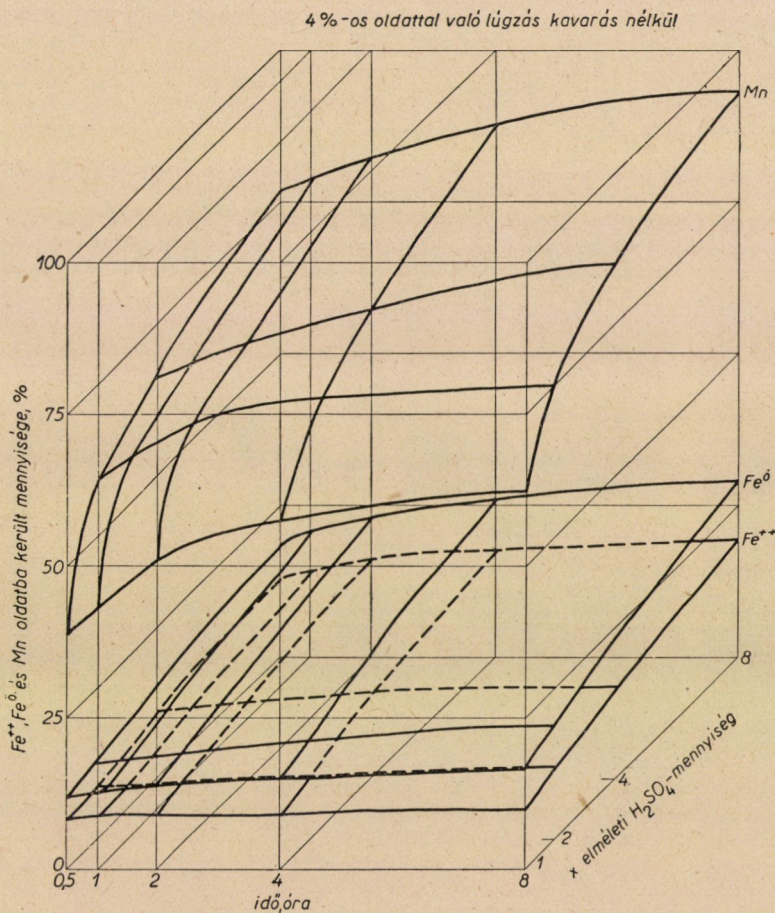
A kísérletek eredményeiből megállapítható, hogy legcélszerűbb a redukción 900 C°-on egyszeres szénmennyiség jelenlétében végezni, mert ilyenkor már 1/2 órai redukció után 95%-ot meghaladó mangánkihozattal kaphatunk manganoszulfátos oldatot.



A továbbiakban nagy mennyiségű egyszeres szénmennyiség jelenlétében 1/2 óra hosszán 900 C°-on redukált anyagot állítottunk elő és ebből 5–5 g dioxidos érenek megfelelő mennyiséget lúgoztunk kavarással nélkül, vagy levegővel kavarrva 1/2, 1, 2, 4, 8 óra hosszán. Lúgzószer gyanánt 2, 4 és 8%-os kénsavas oldatot használtunk elméleti, kétszeres, négyszeres és nyolcszoros mennyiségben. Lúgzás után vákuumban szűrtünk és a szűrtet mangánra, ferrovasra és összes vasra elemeztük. A kapott eredményeket az 1–6. ábra foglalja össze. Ezekből az alábbiakat állapíthatjuk meg:

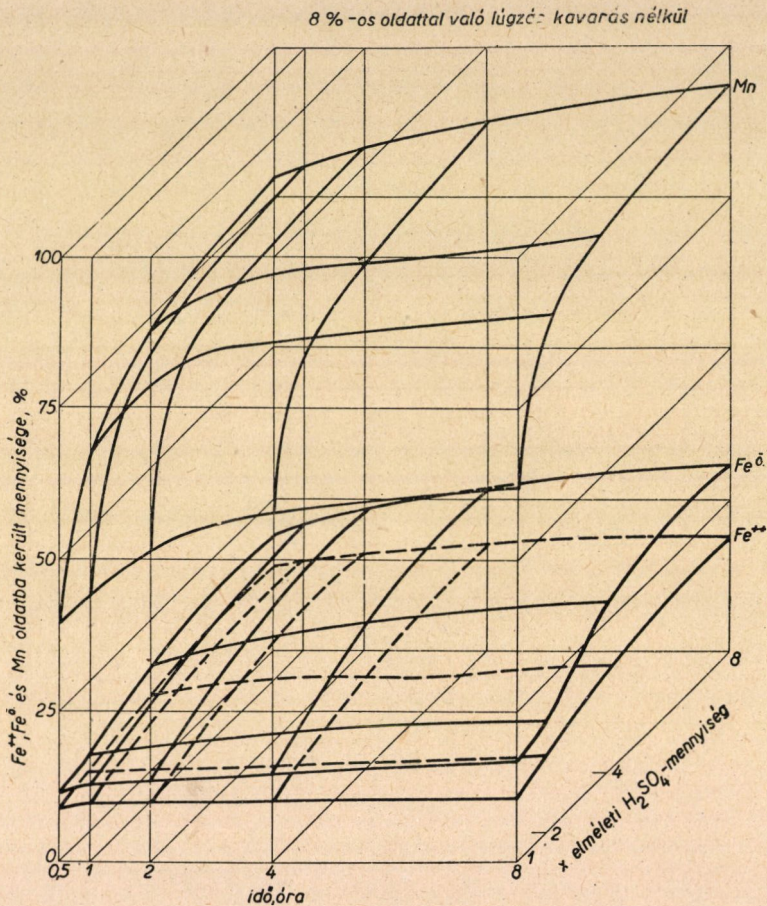


Ugyanolyan körülmények között végzett kavarási lúgzás előnyösebb, mint az álló, mert a mangánkihozatal kavarási közben mindig nagyobb, mint enélkül. A kavarásihoz az oldatba került vas mennyiségére gyakorolt hatásáról azt mondhatjuk, hogy kavarási hatására az oldatba kerülő összes vas mennyisége bizonyos mértékben nő, a ferrovas mennyisége azonban csak keveset változik.



A levegővel való kavarási közben végzett lúgzásokat alapul véve megállapíthatjuk, hogy a lúgzási időt  $\frac{1}{2}$  órától 8 órára növelve 2%-os kénsavval való lúgzásakor elméleti kénsavmennyiséget használva a mangánkihozatal 45,5%-ról 62%-ra, kétszeres kénsavmennyiség jelenlétében 56,8%-ról 82%-ra, négyszeres kénsav alkalmazásakor 70,7%-ról 83,3%-ra és nyolcszoros kénsavmennyiség adásakor 79%-ról 88,9%-ra növekszik. Ha lúgzószer gyanánt 4%-os kénsavat

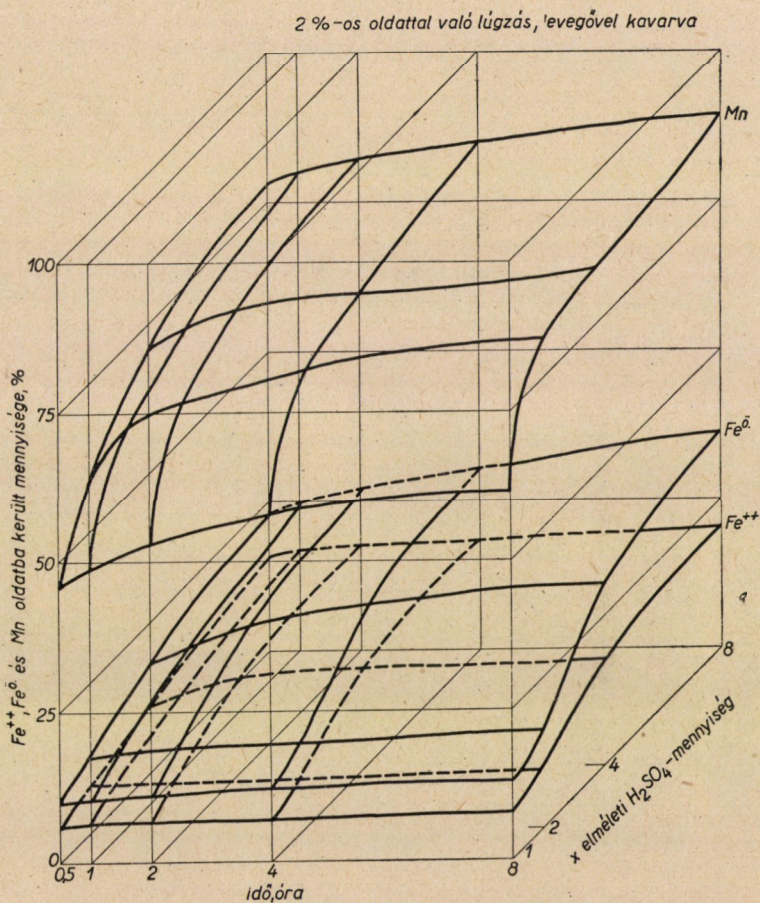
használunk, akkor a lúgzási időnek a fentiek szerinti növekedését elméleti kénsavmennyiség használatakor a mangánkihozatalnak 48,5%-ról 66%-ra, kétszeres kénsav jelenlétében 63,3%-ról 90,6%-ra, négyszeres kénsavmennyiség adásakor 79,1%-ról 91,4%-ra és nyolcszoros kénsav jelenlétében 81,4%-ról 95,45%-ra való növekedése fogja kísérni. Ha lúgzószer gyanánt 8%-os kén-



savat használunk, akkor a lúgzási időnek  $\frac{1}{2}$  órától 8 órára való növelésével a mangánkihozatal elméleti kénsav jelenlétében 52%-ról 64,7%-ra, kétszeres kénsavmennyiség adásakor 69,1%-ról 95%-ra, négyszeres kénsav jelenlétében 79,1%-ról 95,5%-ra, végül nyolcszoros kénsav felhasználásakor 82,4%-ról 96,3%-ra fog növekedni.

• A levegővel való kaválás közben kapott lúgzási eredményeket vizsgálva, az oldatba kerülő vas mennyiségét tekintve azt állapíthatjuk meg, hogy a lúgzási idő növelésével az oldat vastartalma nő.

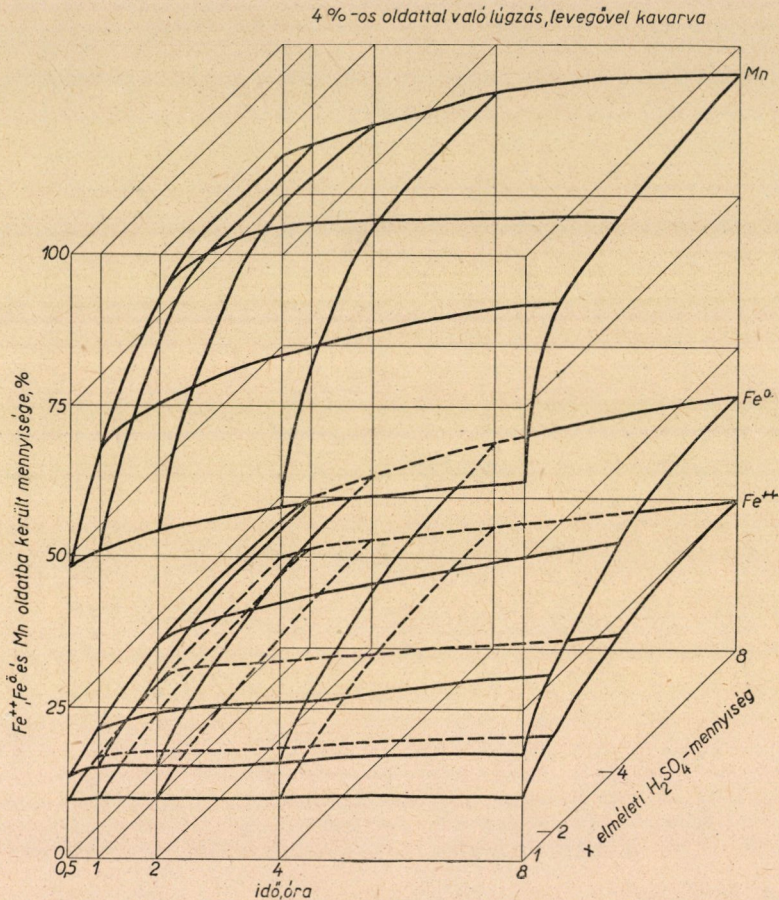
A levegővel való kavarási közben 8 óra hosszat végzett lúgzásokat alapul véve, a lúgzószer százalékos kénsavtartalmának a hatásáról megállapíthatjuk, hogy a mangánkihozatal elméleti kénsavmennyiség alkalmazásakor a lúgzószer kénsavtartalmának 2%-ról 4, illetve 8%-ra való növelése esetében 62%-ról 66, illetve 64,7%-ra növekszik. Ugyanezek az értékek kétszeres kénsavmennyi-



ség alkalmazásakor 82, 90,6 és 95%, négyszeres kénsav jelenlétében végzett lúgzáskor 83,3, 91,4 és 95,5, végül nyolcszoros kénsavmennyiség jelenlétében 88,9, 95,45 és 96,3%. Láthatjuk tehát hogy a lúgzáshoz adott oldat százalékos kénsavtartalmának növelésével növekszik az oldatba kerülő mangán mennyisége.

A lúgzószer összetételének az oldatba kerülő összes vas mennyiségére gyakorolt hatásáról azt mondhatjuk, hogy pl. levegővel való kavarási közben 8 óra hosszat végzett lúgzáskor az oldatba kerülő összes vas mennyisége, az érc

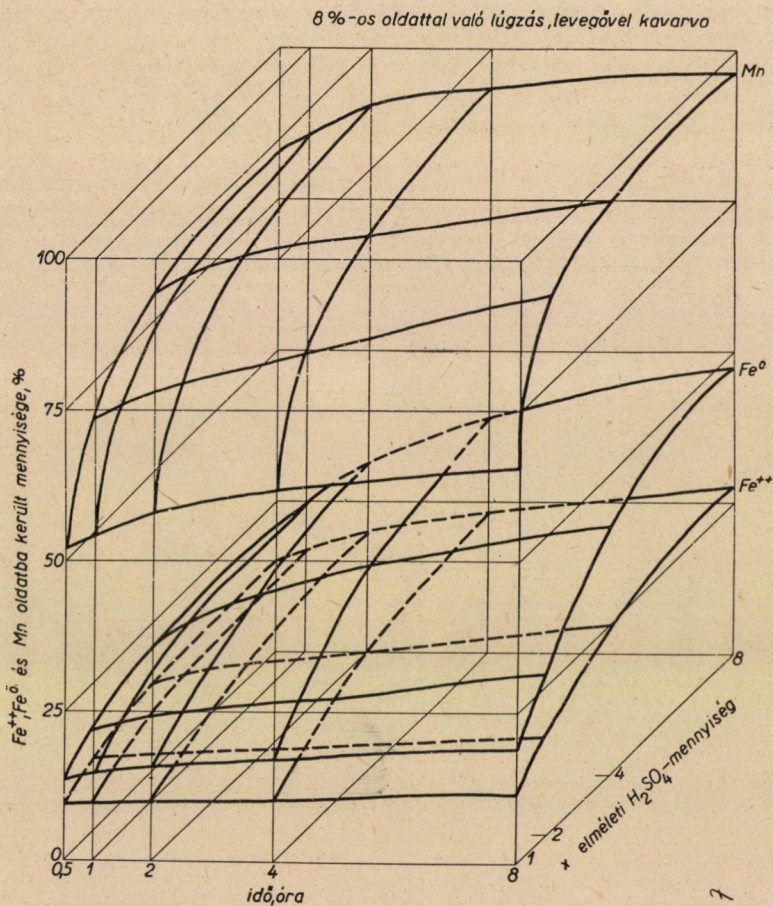
vastartalmának százalékában kifejezve, elméleti kénsavmennyiséggel való lúgzáskor, a lúgzószer kénsavtartalmát 2%-ról 4 és 8%-ra növelve, 13,1%-ról 18,2 és 19,4%-ra növekszik. Ugyanezek az értékek kétszeres kénsav felhasználásakor 14,7, 26,4 és 27,2%, négyszeres kénsavval való lúgzáskor 31,6, 37,7 és 42,4%, végül nyolcszoros kénsav felhasználásakor 35,8, 42,5 és 47,8%.



A lúgzáshoz adott kénsav mennyiségének az oldatba kerülő mangánra és vasra gyakorolt hatását illetően azt állapíthatjuk meg, hogy pl. levegővel való kavarás közben 8 óra hosszat végzett lúgzással 2%-os kénsavas oldatot használva a mangánkihozatal 62%-ról 82, 83,3 és 88,9%-ra növekszik, ha a lúgzószerben levő kénsav mennyiségét az elméletileg szükségesről annak kétszeresére, négyszeresére vagy nyolcszorosára növeljük. 4%-os kénsavoldattal való lúgzással ugyanez a mangánkihozatal 66%-ról 91,6, 91,4 és 95,45%-ra növekszik. Ugyan-

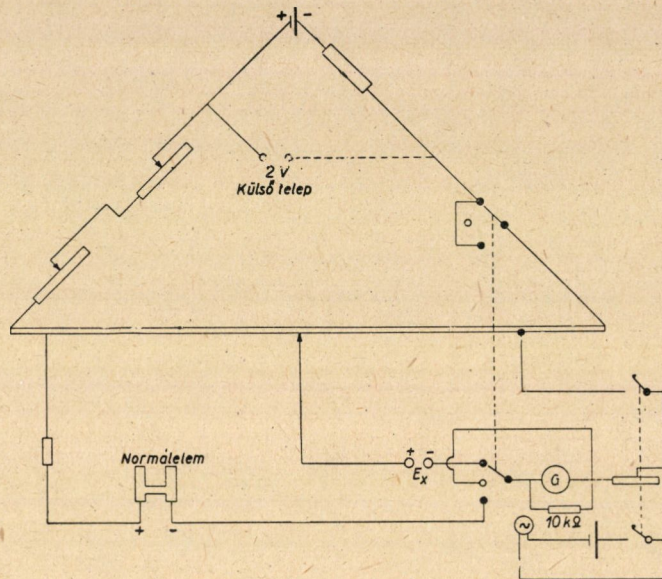
ezek az értékek 8%-os kénsavval való lúgzással 64,7, 95, 95,5 és 96,3%. Láthatjuk tehát, hogy a lúgzáshoz adott oldat kénsavtartalmának növelésével ugyanolyan töménységű oldat alkalmazásakor nő a mangánkihozatal.

Az oldatba kerülő vas mennyiségét tekintve azt látjuk, hogy a lúgzáshoz adott kénsav mennyiségének növelésével az oldatba kerülő vas mennyisége is növekszik.

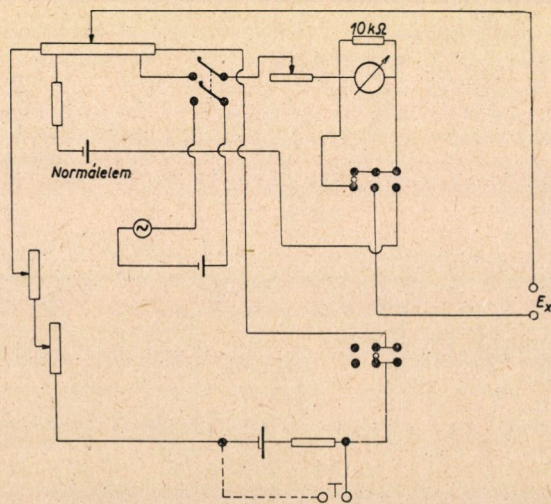


Mivel a legkisebb kénsavfelhasználással járó eredményeket tekinthetjük a legjobbnak, ezért a vizsgálatokból azt állapíthatjuk meg, hogy a lúgzás akkor vezet a legkedvezőbb eredményre, ha ezt 4%-os kénsavval 2-szeres kénsavmennyiség jelenlétében 8 órán át végezzük levegővel való kavarás közben, vagy pedig a 4%-os kénsavval négyszeres kénsavmennyiség jelenlétében a levegővel való kavarás közben lúgzunk.

A továbbiakban a lúgtisztítási kísérletekhez a  $900\text{ C}^\circ$ -on egyszeres szénmennyiség jelenlétében  $\frac{1}{2}$  órán át redukált anyagot kétszeres kénsavmennyiség jelenlétében 4%-os kénsavval 8 órán át lúgoztuk levegővel való kavarás közben és ily módon nagy mennyiségű olyan oldatot állítottunk elő, amelynek

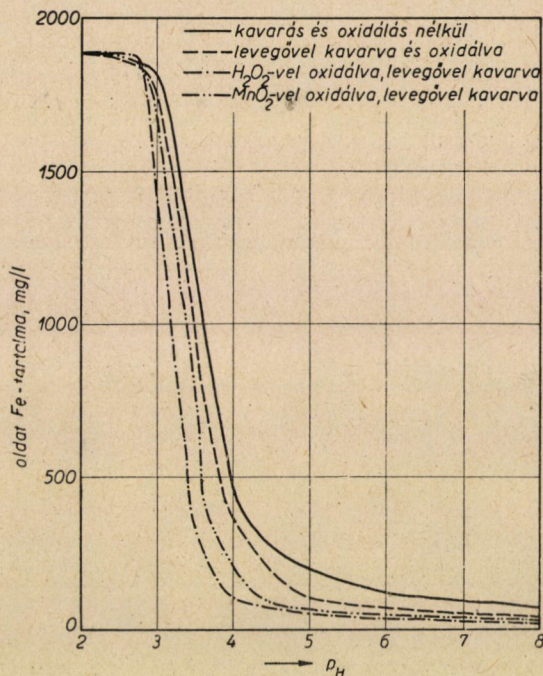


7. ábra



8. ábra

1 literében 9,13 g Mn, 1879 mg Fe, 40,2 g  $\text{SO}_4^{--}$  volt és Ca-ot, valamint Mg-ot csak nyomokban tartalmazott. Ebből az oldatból esetenként 100–100  $\text{cm}^3$ -t vettünk ki, ehhez bürettából különböző mennyiségű 1–1 arányban hígított ammóniumhidroxidot adtunk, azután a rendszert az első esetben kaválás nélkül, a másodikban levegővel kavarva, a harmadikban 1,46  $\text{cm}^3$  4%-os hidrogén-szuperoxidral oxidálva és levegővel kavarva, a negyedikben pedig 0,146 g mangánszuperoxidral oxidálva és levegővel kavarva iparkodtunk egyensúlyi álla-



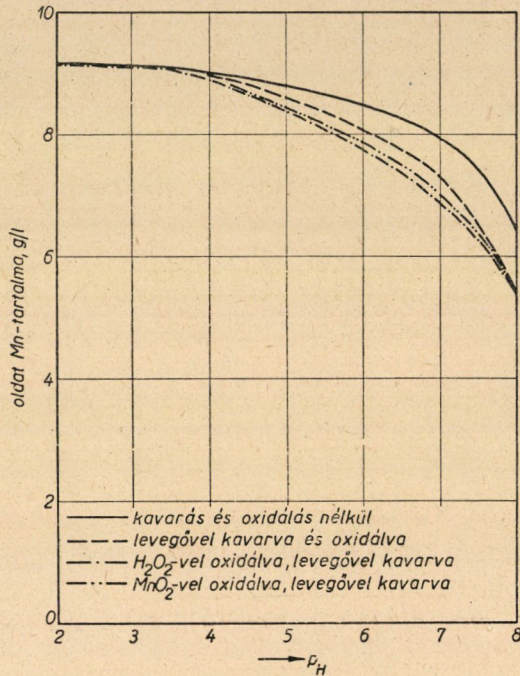
9. ábra

potba hozni, végül szűrőpapíron szűrtünk és a mosás nélkül kapott szűrletnek megállapítottuk a  $p_{\text{H}}$ -ját. Ezt a műveletet azon az ionoskop rendszerű  $p_{\text{H}}$ -mérőn végeztük, amelynek kapcsolási rajzát a 7. és 8. ábra mutatja. Az oldat összetételének az ammóniaadás és az oxidálás hatására bekövetkező megváltozását a szűrőn maradt és kimosott anyag elemzésével határoztuk meg.

A felsorolt négy esetben az oldat összetételének a  $p_{\text{H}}$ -val való változását a 9. és 10. ábra mutatja. Ezekből az állapítható meg, hogy a szóban forgó oldat vastartalma a  $p_{\text{H}}$ -nak 3 fölé való növelése után már erősen csökken és literenként 100 mg alá akkor csökkenthető, ha kaválás és oxidálás nélkül végzett lúgtisztításnál a  $p_{\text{H}}$ -t 6,5 fölé állítjuk be. Ugyanilyen vastartalmú oldatot kapunk, ha levegővel való kaválás közben 5-ös, hidrogénszuperoxidral oxidálás és levegővel való kaválás esetében 4-es, végül mangánszuperoxidral oxidálva és levegővel

kavarva 4,5-es értékre állítjuk be. Az oldat 1 literében levő 9,13 g mangán mennyisége a fenti  $p_H$  értékek beállítása után kb. 8,1, 8,6, 8,9, illetőleg 8,7 g-ra csökkent.

6-os  $p_H$ -ig neutralizálva az oldat literenkénti vastartalma kaválás és oxidálás nélkül 120, levegővel kavarva és oxidálva 70, mangánszuperoxidral oxidálva és levegővel kavarva 50, oxidálásra hidrogénszuperoxidot használva pedig 35 mg-ra csökkenthető. Ugyanezekben a példákban a mangántartalom



10. ábra

8,5, 8,1, 7,85 és 7,75 g-ra csökken. A százalékos mangánveszteség tehát 6,8, 11,2, 14, ill. 15%.

A mangánelektrolízis részére megkívánt tisztaságot szem előtt tartva a fentiekből azt állapíthatjuk meg, hogy a lúgtisztítást legcélszerűbb 6-os  $p_H$ -ig hidrogénszuperoxidral való oxidálás és levegővel való kaválás közben végezni.

A most kapott eredményeket célszerű összehasonlítani egyik korábban végzett lúgtisztítási kísérlet eredményeivel. Ebben az esetben a literenként 16,8 g Mn-t, 417 mg Fe-t tartalmazó 1,5-es  $p_H$ -jú oldatot hasonló körülmények között tisztítottuk. Az itt lefolytatott kísérletekből az adódott, hogy ilyenkor a vastalanítást legcélszerűbb mangánszuperoxid jelenlétében végzett ammónia-adással a 7-es  $p_H$  eléréséig végezni. Ilyenkor az oldat literenkénti vastartalma 24 mg-ra csökkent, az oldat mangántartalmának pedig kb. 5%-a került a csapadékba. A két oldat eltérő viselkedése a hígítás különbözőségével magyarázható.



## Összefoglalás

Az úrkúti hidrociklonos dúsításból származó meddővel végzett kísérleteink során először a szénnel való redukció legmegfelelőbb hőmérsékletét és időtartamát, azután a redukált anyag híg kénsavval való lúgzásának körülményeit, végül a lúgtisztítás munkamódját iparkodtunk megállapítani.

A vizsgálatokból az adódott, hogy legcélszerűbb 900 C°-on elméleti szénmennyiséggel ½ órán át redukálni. A lúgzás akkor adja a legkedvezőbb eredményt, ha a redukált anyagot 4%-os kénsav kétszeres mennyiségével levegővel való keverés közben 8 órán át lúgozzuk. Végül a mangán-elektrolízis által megkívánt tisztaságú oldatot legelőnyösebben úgy állíthatjuk elő, ha a lúgzásból kikerült oldatot hidrogénszuperoxid jelenlétében ammóniumhidroxiddal 6-os  $p_H$ -ig közömbösítjük.

I. táblázat

*A hidrociklonozásból kikerülő meddő redukálása elméleti mennyiségű szénnel*

Be- mé- rés, g	Redukáló szén mennyisége, g	A redukálás		A lúgzószer mennyisége, cm <sup>3</sup>	A kilúgzott					
		hőmérsék- lete, C°	idő- tartama, óra		Mn		Fe <sup>++</sup>		Fe <sup>o</sup>	
					mg	%	mg	%	mg	%
5	0,24	500	0,5	200	93,1	8,4	—	—	26	3,3
			1		97,0	8,7	—	—	26	3,3
			2		207,5	18,7	—	—	26	3,3
			4		349,1	31,5	—	—	65	8,4
			8		362,7	32,7	—	—	79	10,0
		600	0,5	213,3	19,2	—	—	26	3,3	
			1	418,9	37,7	—	—	53	7,0	
			2	508,2	45,8	—	—	53	7,0	
			4	523,7	47,2	—	—	53	7,0	
			8	465,5	41,9	—	—	53	7,0	
		700	0,5	707,3	63,7	—	—	42	5,4	
			1	742,7	66,9	—	—	53	6,8	
			2	737,0	66,4	—	—	53	6,8	
			4	548,2	49,4	—	—	140	18,0	
			8	295,0	26,6	—	—	165	21,4	
		800	0,5	878,2	79,1	151	19,5	153	19,8	
			1	1096	98,7	151	19,5	152	19,8	
			2	1047	94,3	164	21,3	169	21,7	
			4	928,0	83,6	169	21,3	311	31,0	
			8	1067	96,1	122	15,7	352	45,5	
		900	0,5	1074	96,8	262	33,7	451	58,1	
			1	1080	97,3	470	60,5	582	75,2	
			2	1100	99,1	530	69,3	620	80,0	
			4	589,7	53,1	550	70,8	582	75,4	
8	546,9		49,3	560	72,2	582	75,4			

## 2. táblázat

A hidrociklonozásból kikerülő meddő redukálása az elméleti mennyiségű szén kétszeresével

Be- mé- rés, g	Redukáló szén mennyisége, g	A redukálás		A lúgzó- szén mennyisége, cm <sup>3</sup>	A kilúgzott					
		hőmérsék- lete, C°	idő- tartama, óra		Mn		Fe <sup>++</sup>		Fe <sup>o</sup>	
					mg	%	mg	%	mg	%
5	0,48	500	0,5	200	116,4	10,4	—	—	26	3,3
			1		290,9	26,2	—	—	30	3,9
			2		349,1	31,6	—	—	40	5,2
			4		446,1	40,2	—	—	59	7,6
			8		504,2	45,4	—	—	112	14,4
		600	0,5		310,3	28,0	—	—	53	6,8
			1		455,8	41,1	—	—	53	6,8
			2		430,6	38,8	—	—	53	6,8
			4		581,9	52,4	—	—	92	11,9
			8		640,0	57,7	—	—	92	11,9
		700	0,5		607,5	54,7	—	—	130	16,8
			1		730,8	65,8	—	—	180	23,1
			2		908,6	81,9	—	—	140	18,0
			4		974,0	87,7	—	—	182	23,1
			8		690,2	62,2	—	—	201	26,9
		750	0,5		798,6	71,9	—	—	165	21,2
			1		822,2	74,1	69	8,9	219	28,1
			2		978,5	88,2	137	17,6	275	35,5
			4		933,8	84,1	69	8,9	240	30,9
			8		885,1	79,7	69	8,9	282	36,3
		800	0,5		966,3	87,0	165	21,3	182	23,3
			1		986,6	88,9	165	21,3	182	23,3
			2		1003	90,3	206	26,7	251	32,4
			4		1096	98,7	422	54,4	563	72,5
			8		943,9	85,0	426	54,4	523	67,4
		850	0,5		1047	94,3	234	30,1	234	30,2
			1		1088	98,0	453	58,3	453	58,4
			2		1110	100	522	67,3	529	68,0
4	1110		100	576	74,2	577	74,4			
8	1047		94,3	576	74,2	577	74,4			
900	0,5	1110	100	604	78,4	659	85			
	1	1110	100	632	81,4	673	84,5			
	2	1110	100	632	81,4	618	79,7			
	4	1110	100	632	81,4	642	83,2			
	8	1064	95,9	632	81,4	652	84,0			

3. táblázat

A hidrociklonozásból kikerülő meddő redukálása az elméleti mennyiségű szén négyszeresével

Be- méc- rés, g	Redukáló szén mennyisége, g	A redukálás		A lúgzó- szer mennyisége, cm <sup>3</sup>	A kilúgzott					
		hőmérsék- lete, C°	idő- tartama, óra		Mn		Fe <sup>++</sup>		Fe <sup>3</sup>	
					mg	%	mg	%	mg	%
5	0,96	500	0,5	200	228,9	20,62	—	—	13	1,5
			1		273,5	24,6	—	—	26	3,3
			2		418,9	37,7	—	—	52	6,7
			4		448,0	40,4	—	—	52	6,7
			8		469,4	42,3	—	—	65	8,4
		600	0,5		405,4	36,5	—	—	99	12,8
			1		552,8	49,8	—	—	100	12,8
			2		678,8	61,2	—	—	100	12,8
			4		678,8	61,2	—	—	79	10,8
			8		562,5	50,7	—	—	79	10,8
		700	0,5		865,0	77,9	—	—	201	27
			1		878,6	79,2	—	—	137	17,5
			2		884,4	79,7	—	—	140	18,0
			4		733,2	66,1	—	—	220	28,4
			8		627,9	56,6	—	—	165	21,4
		750	0,5		934,8	84,2	118	15,2	288	37,1
			1		969,8	87,4	119	15,2	274	35,2
			2		934,8	84,2	131	16,9	343	44,3
			4		946,5	85,3	78	10,0	343	44,3
			8		717,6	64,6	78	10,0	385	50,0
		800	0,5		1015	91,4	210	27,1	210	27,2
			1		1037	93,4	276	35,5	276	35,5
			2		1064	95,9	329	42,4	329	42,5
			4		1100	100	552	71,1	552	71,0
			8		1064	95,9	460	59,2	460	59,3
		850	0,5		1039	93,7	217	27,9	394	50,8
			1		1109	99,9	552	71,4	591	76,4
			2		1110	100	591	76,3	657	84,8
			4		1110	100	617	79,6	696	89,5
			8		900	81,1	329	42,4	390	50,3
		900	0,5		1047	94,3	329	42,4	460	59,3
			1		1105	99,5	591	76,3	630	81,3
			2		1110	100	610	77,8	611	78,8
			4		931,0	83,9	260	33,5	381	49,2
			8		853,4	76,8	260	33,5	381	49,2



# HAJLÍTÁSRA TERHELT RUDAK SZIMMETRIKUS MEGERŐSÍTÉSE

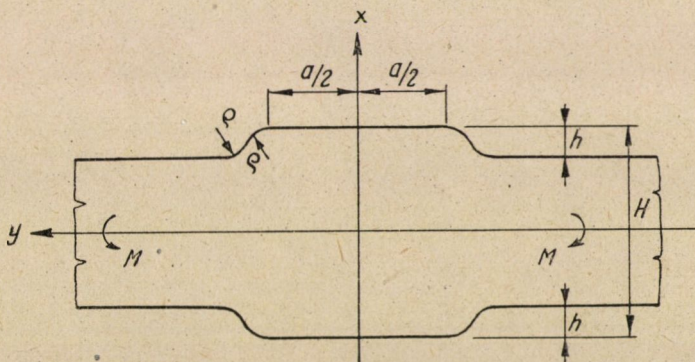
HUSZÁR ISTVÁN

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA

NEHÉZIPARI MŰSZAKI EGYETEM MECHANIKA TANSZÉK, MISKOLC

[Beérkezett 1955. április 2-án]

Előre bocsátjuk, hogy vizsgálataink *homogén, izotróp és a HOOKE-törvényt követő anyagokra* vonatkoznak. Ezekre tehát a rugalmasságtan alapegyenletei érvényesek, ha a terhelés következtében létesülő feszültségi állapot nem lépi át az arányosság határát.



1. ábra

Vegyük szemügyre a műszaki gyakorlatban úgyszólván lépten-nyomon előforduló *egyenes tengelyű, állandó keresztmetszetű rudakat*. Tételezzük fel, hogy a terhelés *tisztán hajlítás*. Mint ismeretes, a feszültségi és alakváltozási állapotot linearitás jellemzi az alapegyenletekhez simulóan.

Lényegesen megváltoznak azonban a viszonyok akkor, ha a rúd keresztmetszetei nem egybevágóak. Ha a prizmatikus alaktól való eltérés csekély, akkor közelítően lehet az előző eredményeket átvinni. De hangsúlyozni kell, hogy ezek már az alapegyenleteket nem elégítik ki szigorúan. *Hirtelenebb keresztmetszetváltozások esetén pedig még a közelítés sem indokolható*, a kérdést behatóbban kell esetről esetre tanulmányozni.

\*

Tűzzük ki célul az ábrázolt (1. ábra) szimmetrikusan megerősített rúd feszültségviszonyainak tisztázását. Legyen a rúd állandó  $d$  vastagságú és min-

den keresztmetszete derékszögű négyszög, továbbá a  $d$  méret a másik két irányú kiterjedéshez képest csekély. A terhelést jelentse az  $xy$  síkra merőleges  $M = \text{const.}$  hajlítónyomaték.

\*

A feszültséganalízis a rugalmasságtan alapegyenletei segítségével pusztán matematikai módszerekkel elvégezhető.

Állandó vastagságú, az  $xy$  síkkal párhuzamos középsíkkal rendelkező lemez esetén, ha abban *kéttengelyű feszültségi állapot* (amikor is  $\sigma_z = 0 = \tau_{zx} = \tau_{zy}$ ) ébred, kimutatható, hogy

$$\sigma_x = \frac{\partial^2 F}{\partial y^2}, \quad \tau_{xy} = -\frac{\partial^2 F}{\partial x \partial y}, \quad \sigma_y = \frac{\partial^2 F}{\partial x^2},$$

ahol

$$F = F_0(x, y) + \frac{\nu}{1 + \nu} \left( \frac{d^2}{24} - \frac{z^2}{2} \right) \Delta F_0(x, y)$$

és

$$\Delta \Delta F_0 = 0. \quad [1]$$

Fordítva pedig azt mondhatjuk, hogy ha a lemez terhelését ezekhez a kifejezésekhez simulóan valószínűleg meg, akkor igénybevétele kéttengelyű lesz. A DE SAINT—VENANT-elv szerint azonban közelítéssel ezzel az esettel van dolgunk a vizsgált helyen akkor is, ha ettől elegendő távolságban alkalmazzuk az  $M$  hajlítónyomatékot [2].

A  $z$  tengely irányában a közepes feszültségek

$$\bar{\sigma}_x = \frac{1}{d} \int_{-d/2}^{+d/2} \sigma_x dz = \frac{\partial^2 F_0}{\partial y^2}, \quad \bar{\tau}_{xy} = -\frac{\partial^2 F_0}{\partial x \partial y}, \quad \bar{\sigma}_y = \frac{\partial^2 F_0}{\partial x^2},$$

amelyek tehát  $F_0 = F_0(x, y)$  kétváltozós *Airy-függvény* ismeretében számíthatók.

Nyilvánvalóan a  $d$  méret csökkenésével a középértékek eltérése a  $z$  irányban vett feszültségmegoszlás értékeihez képest csökken, tehát vékony lemezek esetén jó közelítéssel elhanyagolható. A továbbiakban éppen ilyen közelítéssel élve a középértékekkel számolunk.

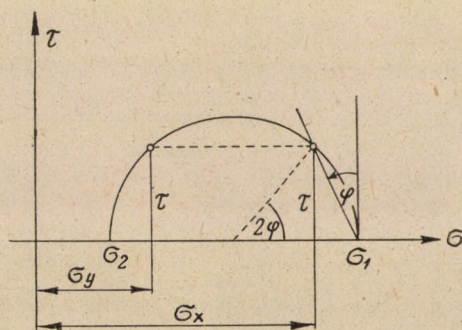
A fentiek szerint tehát felvetett problémánk megoldására a megfelelő  $F_0$  biharmonikus függvényt kell megkeresni.

Mivel a kerületi értékek és a kerületen felvett derivált értékek a terhelésből meghatározhatók [3], elvben a kérdést tisztázottnak tekinthetjük. A ki-

jelölt út azonban matematikailag úgyszólván leküzdhetetlen nehézségekkel jár általában, így a tárgyalt, aránylag egyszerű kialakítás mellett is. Ezért feltétlen célravezetőbbnek látszik az optikai úton való feszültséganalízis.

\*

Az *optikai feszültségvizsgálat* modellvizsgálat. Olyan átlátszó anyagok segítségével történik, amelyek terhelés hatására kettősen törőkké válnak, másrészt a bekövetkezett feszültségi és alakváltozási viszonyokat a rugalmasságtan alapegyenleteinek segítségével lehet kiszámítani. A kettősen törés jelensége



2. ábra

nyomán mutatkozó optikai kép segítségével lehet a modell minden pontjában az optikai ( $\vec{e}_I$ ) főirányokat és e két főirányban áthaladó fénykomponensek egymáshoz képesti fáziskülönbségét ( $m$ ) megállapítani.

Az optikai és feszültségi ( $\vec{e}_F$ ) főirányok azonosak:

$$\vec{e}_I \equiv \vec{e}_F,$$

másrészt a fáziskülönbség és a főfeszültségek különbsége között fennáll

$$m = K (\sigma_1 - \sigma_2) d$$

kifejezés, ahol  $K$  az anyagra jellemző optikai állandó [4]. Így bármely pontban a sík-feszültségi állapot meghatározására szükséges három összefüggés közül kettő rendelkezésre áll. A harmadik összefüggést az alapegyenletek szolgáltatják.

Vizsgálataimnál FROCHT nevéhez fűződő meghatározás módszerét követtem [5]. Bármely pontban a rendelkezésre álló  $m$  és  $\vec{e}_I$  értékekből tetszőlegesen kiválasztott  $x$  y tengelykereszthez tartozó  $\sigma_x$ ,  $\tau_{xy} = \tau$ ,  $\sigma_y$  számítható. A Mohr-

kördiagram szerint ugyanis az  $\vec{e}_l$  főirányhoz képest  $\varphi$  szöggel hajló  $x$  irányhoz tartozik (2. ábra):

$$\tau = \frac{1}{2} (\sigma_1 - \sigma_2) \sin 2\varphi = \frac{m}{2Kd} \sin 2\varphi.$$

Tehát a modell minden pontjában egyszerűen megkapjuk az optikai kép segítségével  $\tau$ -t. Az egyensúlyi egyenletből integráció révén

$$\sigma_x = \sigma_{x0} - \int_{x_0}^x \frac{\partial \tau}{\partial y} dx,$$

amely a  $\tau$  mező ismeretében kiszámítható. Végül ugyancsak a kördiagram alapján

$$\sigma_y = \sigma_x \pm 2 \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 \frac{1}{4} - \tau^2} = \sigma_x \pm 2 \sqrt{\left(\frac{m}{2Kd}\right)^2 - \tau^2}.$$

A sík-feszültségi állapotot meghatározó három feszültségértéket ezzel tehát megállapítottuk.

\*

Modellanyagként *juralitot* (fenol-formaldehid bázisú műgyanta) és *plexiglast* használtam.

A juralit-modell elkészítésére igen kellett ügyelni, mert gondatlan, gyors megmunkálás során történő felmelegedés következtében úgynevezett kerületi hatás keletkezik, amely a használhatóságot megghiúsítja. Az esetleges mérsékelt kerületi hatás kiküszöbölésére a megmunkált modellt hőkezelésnek vettem alá. Ilyen módon egyúttal a juralit optikailag érzékenyebbé válik, rugalmassági tényezője megnő, a rugalmas utóhatás pedig csökken.

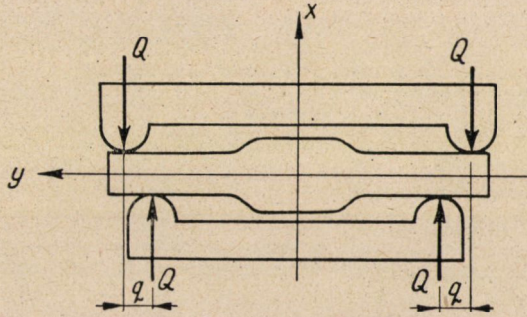
A fenti indokok alapján *kellő hőkezelést* dolgoztam ki — hasonló anyagra az irodalomban [6] közölt módszer nyomán. Legalkalmasabb közegnek adódott a kis viszkozitású gépolaj. Ebben helyezkedik el az alumínium fóliával burkolt modell. A vetemedés kiküszöbölésére üveglapokat helyezünk a lapjával vízszintesen lefektetett modellre csekély súlyterheléssel. Alkalmasnak bizonyult a felhevítés sebességére 0,8 C°/perc, a hőntartás időtartamára 5 óra, a lehűtés sebességére pedig 0,25 C°/perc. A hőkezelés maximális hőfokául bevált 110 C°.

A modell terhelését két erőpár létesíti a megerősítés helyétől elegendő messze (3. ábra), ezek nyomatéka  $qQ = M$ . A terhelésnél figyelemmel voltam arra, hogy a modellanyag rugalmassági határa alatt maradjon a benne ébredő feszültség, különben ugyanis az értékelés nem végezhető el.



A főirányok meghatározására szolgáló optikai képeket plexiglas anyagból készült modell segítségével vettem fel fényképezőgéppel, míg a fáziskülönbségeket adó optikai képeket juralit modellel kaptam.

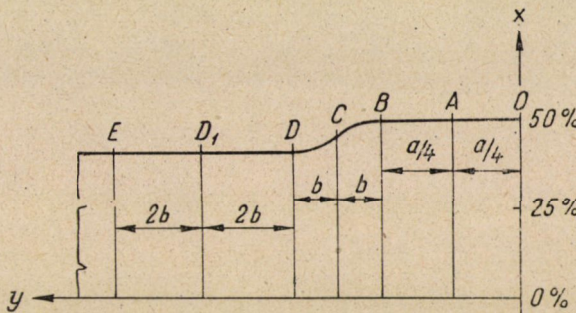
Az optikai képeket a felvétel-negatívokról 10-szeres nagyítással rajzoltam meg az értékelés érdekében, felhasználva a szimmetrikus kialakítás és terhelés következtében kapható ellenőrzéseket.



3. ábra

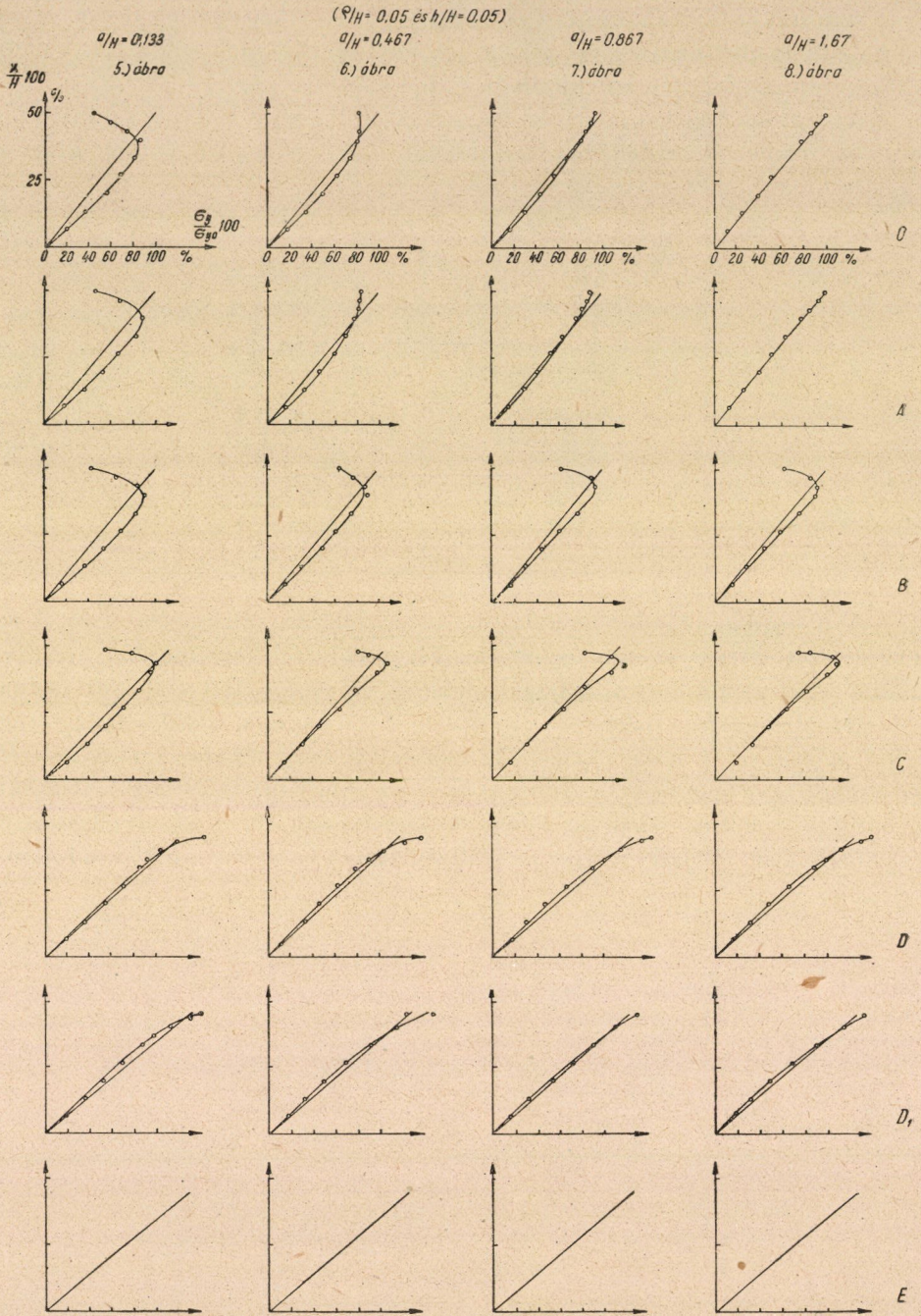
A  $K$  optikai állandó meghatározását az alábbiak szerint végeztem. A keresztmetszenváltozás okozta feszültségzavarás helyétől, ugyanakkor a terhelő erőktől is elegendő messze a feszültségmező zavartalan. Itt a húzott szálban a feszültségeloszlásra jellemző  $\tau = 0$ ,  $\sigma_x = 0$ , azaz  $\sigma_x = \sigma_2 = 0$ ,  $\sigma_y = \sigma_1$ . Tehát  $m = K \sigma_1 d$ . A keresztmetszet méreteiből és az alkalmazott nyomaték-ból számítható lineárisan eloszló  $\sigma_1$  bármely pontban, ugyanott leolvasható az optikai képből  $m$ , tehát  $K = m/\sigma_1 d$  meghatározható.  $K$  ismeretében pedig a röviden vázolt módszer szerint a feszültségértékek numerikusan kiszámíthatók.

\*

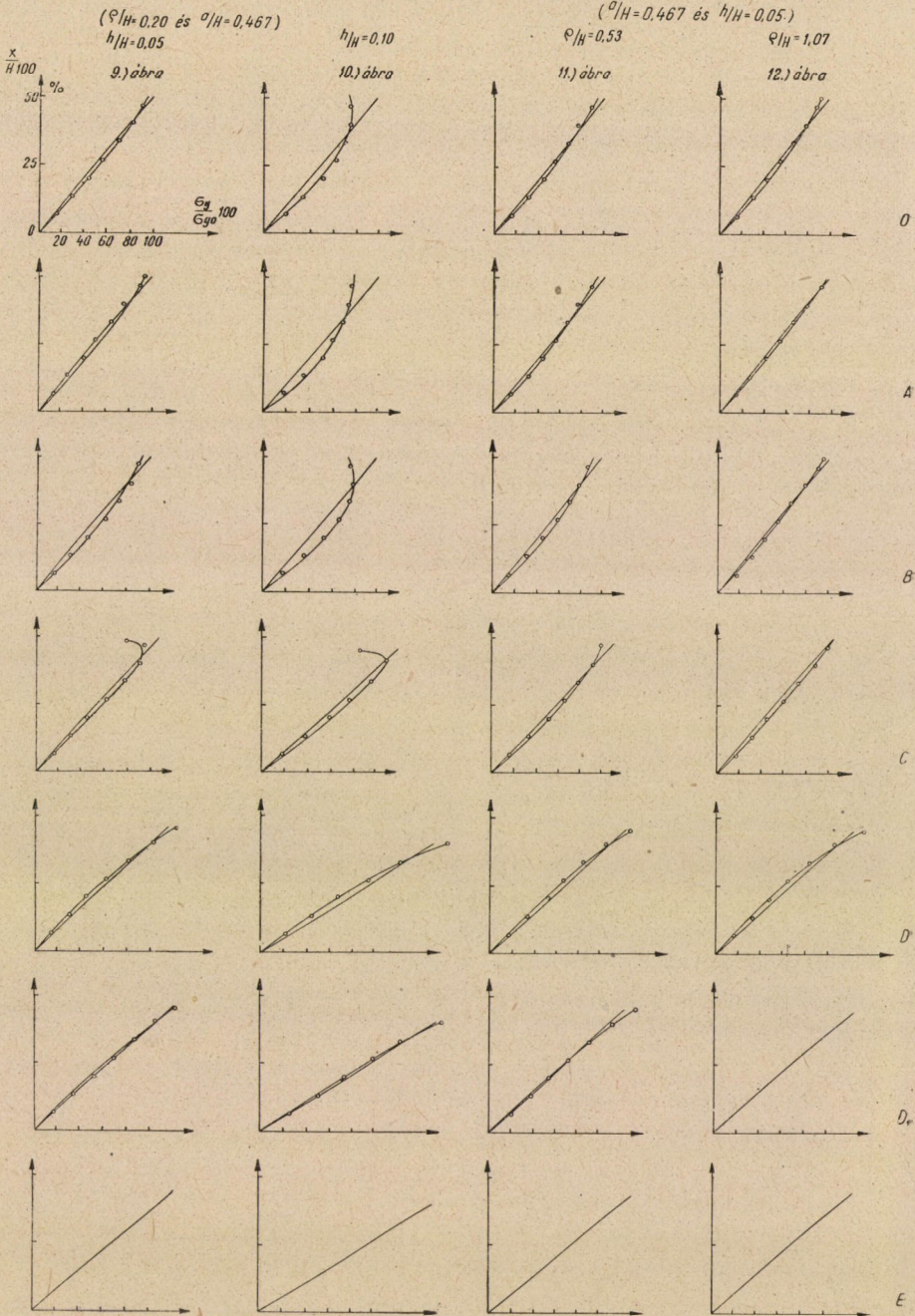


4. ábra

Célszerűnek látszik a megerősítést a jellemző »a«, »h«, »c« méretek függvényében tanulmányozni. Az egyes paraméterek jelentőségének megfigyelése



5-8. ábra



9-12. ábra

végelt vizsgálataimat úgy végeztem, hogy két tényezőt állandónak tartva, csupán a kérdéses jellemzőt változtattam.

A mérés eredményei: a 4. ábrán feltüntetett metszetekben ébredő  $\sigma_y$  feszültségek eloszlását az 5–12. ábrák diagramjai adják. (A szimmetria miatt elegendő a pozitív  $x$  értékekhez tartozó görbét megrajzolni.)

A diagramokon %-os értékben tüntettem fel a feszültségi állapotot meghatározó  $\sigma_x$ ,  $\tau$ ,  $\sigma_y$  közül a leglényegesebbet, a  $\sigma_y$  feszültségeket.  $\sigma_{y0}$  a 0 keresztmetszetben ébredő maximális értéket jelenti, ha a feszültségeloszlás lineáris. Az ábrákba berajzoltuk az illető keresztmetszethez tartozó ideális feszültségeloszlás egyeneseit, hogy a tényleges feszültségeloszlást ezzel könnyen össze lehessen hasonlítani.

A függőleges tengelyre az  $y$  tengelytől való távolságot vittük fel, mégpedig a rúd  $H$  magasságára vonatkozó százalékos értékekkel.

Az előbb említett tényezők helyett célszerű az » $a/H$ «, » $h/H$ «, » $q/H$ « dimenzió nélküli paraméterekkel számolni.

\*

A megerősítés szélességének (» $a/H$ «) jelentősége:

Az 5., 6., 7., 8. ábrák részletesen feltüntetik  $h/H = 0,05$  és  $q/H = 0,0$  értékekkel jellemzett négy rúd egyes keresztmetszeteinek  $\sigma_y$  feszültségeloszlását. Már ezek alapján is megállapíthatók a következők:

1.  $a/H$  nöttével a  $\sigma_y$  görbéje (l. 0 és  $A$  jelzésű ábrák) közeledik az ideális feszültségeloszlás egyeneséhez a megerősítés szakaszán, azaz az átmenet zavaró hatása csökken. Ennek megfelelően a  $\sigma_x$  és  $\tau$  feszültségek értéke is csökkenő tendenciát mutat, mint ez a számítás során természetesen ki is adódott.

2.  $a/H$  nöttével  $\sigma_y$  — ugyanez mondható  $\sigma_x$  és  $\tau$  görbékre is — az átmenet környezetében egy határgörbéhez tartanak (l.  $B$ ,  $C$ ,  $D$  jelzésű ábrák). Nyilván található olyan  $a_{\min}/H$  érték, amely feletti  $a/H$  értékek esetén e határgörbét jól megközelítik, azaz ekkor a  $B D$  átmenet környezetének feszültségviszonyai csupán  $h/H$  és  $q/H$  függvényei.

3.  $a/H$  további növekedésekor található olyan  $a_{\max}$  érték, amely felett a  $B D$  zavaró környezetén kívül a megerősítés szakaszán  $\sigma_y$  közelítően lineáris (l. 7. és 8. ábrák  $O$  és  $A$  jelzésű diagramjait), ugyanekkor természetesen  $\sigma_x$ ,  $\tau$  közelítően zérus.

4. Az átmenet másik oldalán elegendő messze már  $\sigma_y$  lineáris eloszlásúnak vehető (l.  $D_1$ ,  $E$  ábrákat): azaz  $\sigma_x = 0 = \tau$  értékkel számolhatunk.

Meg kell jegyezni, hogy fenti eredményeinket számos más  $h/H$  és  $q/H$  viszonyhoz tartozó rúdon ellenőriztük, de magyarázhatók elvi megfontolásokkal is. A DE SAINT VENANT-féle elv szerint, valamely feszültségi állapotot — jelen esetben a prizmatikus tiszta egyenes hajlításra terhelt rúdrészét — zavaró hatás viszonylag kis környezetre terjed ki. Minél messzebb van tehát

valamely hely az átmenet zavaró környékétől, annál kevesebb a hatás rá. Ugyanez mondható megfordított értelemmel az átmenetre is, ti. ekkor az  $O A$  rész feszültségviszonyának hatása az átmenetre csökken.

Sok esetben elegendő az optikai képek összehasonlítása is. Így ezek segítségével megszerkeszthető  $a_{\min}/H$  és  $a_{\max}/H$  értéke, illetve megítélhető, hogy ez alatt vagy felette vagyunk-e adott esetben.

\*

A megerősítés magasságának ( $\gg h/H \ll$ ) jelentősége :

A 9. és 10. ábra tartalmazza az  $a/H = 0,467$  és a  $\varrho/H = 0,20$  értékekkel meghatározott két rúd  $\sigma_y$  görbéit egy-egy keresztmetszetben. Ezek alapján az alábbi megállapítások tehetők.

5.  $h/H$  csökkenésével a  $\sigma_y$  görbe (l.  $O, A$  jelű ábrák) közeledik az egyeneshez a megerősítés szakaszán. Az átmenet zavaró hatása tehát kisebbedik. Ez együtt jár azzal, hogy  $\sigma_x$  és  $\tau$  értékei is fogynak.  $h/H$  paraméter jelentősége — mint látható — az  $a/H$  tényezőjével éppen ellentétes.

6. Található olyan  $h_{\max}/H$  érték, amelyen alul már a  $B D$  környezet feszültségviszonya izolált. Ez természetesen éppen megfelel  $a_{\min}/H$  értéknek is egyúttal, ezért külön igazolásra nem szorul.

7. Ugyancsak kikereshető olyan  $h_{\min}/H$  érték, amelyen alul pedig a  $B D$  zavart környezetet kívül már az egész rúdon  $\sigma_y$  lineáris eloszlásával lehet számolni jó közelítéssel és  $\sigma_x = 0 = \tau$ .

Az előbbiek mint kísérleti eredmények kaphatók a mérés során, és magyarázhatók a fentebb már részletezett módon.

\*

Az átmenet görbületi sugarának ( $\gg \varrho/H \ll$ ) jelentősége :

Négy különböző  $\varrho/H$  értékkel jellemzett megerősítés  $\sigma_y$  feszültségeloszlási ábráját mutatják a 6., 9., 11., 12. rajzok. A rúd másik két paramétere  $a/H = 0,467$ ,  $h/H = 0,05$ .

8. Igen szépen látszik már a bemutatott diagramokból is az, hogy  $\varrho/H$  nöttével a  $\sigma_y$  görbéje minden keresztmetszeten (l.  $O, A, B, C, D, D_1, E$  jelű ábrák) egyeneshez közeledik. Ennek megfelelően mondhatjuk a mérési értékekkel egybehangzóan, hogy ugyanakkor  $\sigma_x$  és  $\tau$  értékei csökkennek. Ez az eredményünk az átmenet görbületi sugarának az irodalomból közismert hatásával összevág.

9. A 2. és 6. mintáján található olyan  $\varrho_{\min}/H$  érték, amelynél nagyobb görbületi sugarak esetén a  $B D$  átmenet feszültségviszonyai lokalizáltak. Ez éppen a megfelelő  $a_{\min}$ , illetve  $h_{\max}$ -hoz tartozó érték.

10. A 3. és 7.-hez hasonlóan pedig ki lehet jelölni olyan  $\varrho_{\max}/H$  értéket, amelynél nagyobb  $\varrho/H$  értékek esetén a  $B D$  környezetet kívül  $\sigma_y$  lineárisnak

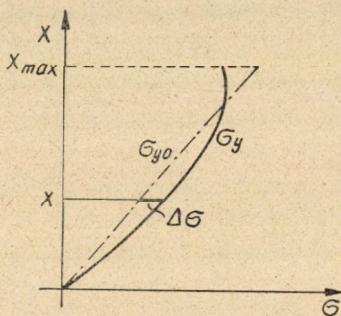
vehető. Ezzel együtt jár, hogy  $\sigma_x$  és  $\tau$  közel zérusok.  $BD$  környezet azonban, azaz a zavart rész, nagyobb, mint  $B D$  távolság.

11. Található olyan  $\varrho_*/H$  érték, amely felett már a szűkebb értelemben vett  $BD$  környezeten (csak a  $BD$  intervallumon) kívül az egész rúdon  $\sigma_y$  lineárisnak,  $\sigma_x$ ,  $\tau$  zérusnak tekinthető.

12. Végső és talán legfontosabb következtetésként megállapíthatjuk, hogy található olyan  $\varrho_0/H$  érték, amelynél nagyobb  $\varrho/H$  értékek esetén az egész rúdban jó közelítéssel  $\sigma_y$  lineáris,  $\sigma_x = 0 = \tau$ .

\*

Számos kialakítás feszültségmezejének numerikus meghatározásával kiadódott eddigi eredmények csupán *kvalitatív jellegűek*. Mihelyt azonban meg-



13. ábra

állapodunk abban, hogy milyen eltérést lehet  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$ ,  $\tau$  görbék számára megengedni a mérésekből becsülhető ún. határgörbékhez képest; a 2., 6., 9. alatt mondottak szerint konkrétan is meghatározható  $a_{\min}/H$ ;  $\varrho_{\min}/H$ ;  $h_{\max}/H$  értéke.

Hasonlóképpen, ha a  $\sigma_y$  feszültségeloszlás-ábrának az egyenestől való eltérésére valamely mérőszámot előírunk, meghatározhatjuk a mérés pontosságán belül a 3., 7., 10., 11., 12. alatt ismertetett határértékeket is.

\*

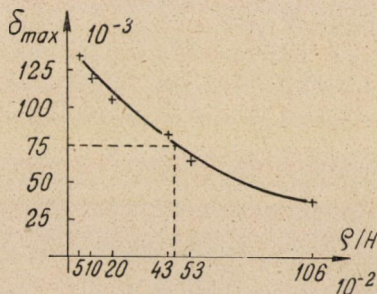
Kiragadjuk a gyakorlat számára legfontosabb  $\varrho_0$  értékek meghatározásának leírását. Legelső lépésként bevezetjük a linearitásra jellemző — egyébként önkényesen felvett —  $\delta$  számot. Jelentse  $\sigma_y$  valamely keresztmetszet mentén a feszültségek eloszlásának diagramját,  $\sigma_{y0}$  pedig az ideális esetben, tiszta hajlításra terhelt prizmatikus rúdban ébredő feszültségek ábráját. Tetszőleges  $x$  helyen a két feszültség közötti különbség (13. ábra)

$$\Delta\sigma = \sigma_y - \sigma_{y0}.$$

Nyilván a két görbének az egész szakaszra vonatkozó eltérésére jellemző lesz

$$\delta = \frac{\int |\Delta\sigma| x dx}{\int \sigma_{y0} x dx},$$

ahol a nevező a keresztmetszetet terhelő hajlítónyomatékkal arányos. Jó köze-

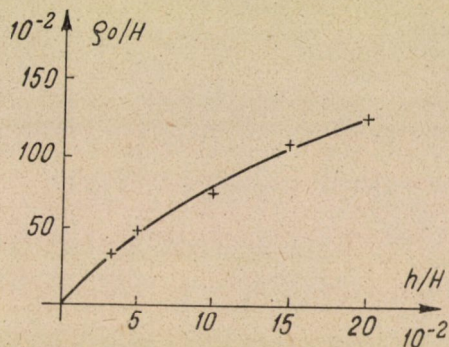


14. ábra

lítéssel lineárisnak nevezzük a  $\sigma_y$  feszültségeloszlást a keresztmetszet mentén akkor, ha

$$\delta < 0,075.$$

Feladatunk ezekután csupán az, hogy különböző  $q$  értékekhez tartozó kialakítás esetén az egyes keresztmetszetekben megállapítsuk  $\delta$  értékeit, illetve ezek közül a legnagyobbat ( $\delta_{max}$ ). Interpolálással kikereshető az a görbületi sugár, amelyhez tartozik  $\delta = 0,075$ , ez lesz  $q_0$ .



15. ábra

$a/H = 0,467$  és  $h/H = 0,05$  esetén  $q/H = 0,05; 0,10; 0,20; 0,43; 0,53; 1,06$  értékekre végrehajtott mérés alapján kiszámított  $\delta_{max}$  görbét a 14. ábra feltünteti. Eszerint a kritikus  $q_0/H$  0,46 érték körül mozog.

Hasonló mérések eredményeit tünteti fel a 15. ábra. Itt  $\varrho_0/H$  értékeket a  $h/H$  függvényében ábrázoltuk.

\*

Mivel a vizsgált tartomány egyszerűen összefüggő volt, minden további nélkül *átvihetők eredményeink a rugalmas, homogén és izotróp anyagokra*, — így a szerkezeti acélra is — ami a vizsgált kérdésnek a gyakorlat számára való felhasználhatóságát biztosítja [4].

Másrészt, minthogy az alapösszefüggést jelentő kifejezésekben nem volt semmi megszorítás  $x$  és  $y$  változókkal kapcsolatban, bármely lineáris torzításnak megfelelő méretű szerkezeti elemre is igazak eredményeink, csupán állandóban van eltérés az egyes értékek között.

#### IRODALOM

1. H. NEUBER: Kerbspannungslehre. Berlin, J. Springer, 1937.
2. J. W. GECKELER: Elastostatik, Handb. d. Physik. Bd. VI. Mechanik der elastischen Körper. Berlin, J. Springer, 1928.
3. K. GIRKMANN: Flächentragwerke. Wien, J. Springer, 1948.
4. G. MESSMER: Spannungsoptik, Berlin, J. Springer, 1929.
5. M. M. FROCHT: Photoelasticity. I—II. New York, Wiley, 1941 és 1948.
6. L. FÖPPL und E. MÖNCH: Praktische Spannungsoptik, Berlin, J. Springer, 1950.

#### Összefoglalás

A disszertáció témáját tiszta egyenes hajlításra terhelt prizmatikus, derékszögű négy-szög keresztmetszetű rudak szimmetrikus megerősítésének vizsgálata képezi.

A rúdban ébredő sík-feszültségi állapot meghatározása a rugalmasságtan általános összefüggései alapján leküzdhetetlen nehézségekkel jár. Ezért helyette az optikai feszültség-vizsgálat módszerét alkalmaztam.

A kísérletek során több részletproblémát kellett megoldani, minthogy hazánkban ilyen természetű vizsgálatok numerikus értékeléssel ezideig nem folytak. Így elsősorban a rendelkezésre álló juralit elnevezésű műgyanta modellanyagnak a helyes értékelést biztosító kellő hőkezelését volt szükséges kidolgozni.

Az értékeléssel kapott értékeket az alábbi három tényező függvényében vizsgáltam: a megerősítés szélessége ( $a$ ), a megerősítés magassága ( $h$ ), az átmenet görbületi sugara ( $\varrho$ ).

Végül meghatároztam azt a görbületi sugarat ( $h$  függvényében), amely mellett a rúd-ban jó közelítéssel használható az elemi szilárdságtannak a hajlításra érvényes összefüggése.



# VÁSÁRHELYI PÁL EMLÉKE\*

MOSONYI EMIL

A MAGY. TUD. AKADÉMIA LEVELEZŐ TAGJA

Aki Vásárhelyi Pálnak az életével és tevékenységével valóban meg akar ismerkedni, annak nem elegendő csupán »a legnagyobb magyar vízimérnök« életrajzi adatait és munkáit tanulmányozni, hanem alaposan el kell mélyednie a Tisza-szabályozás előzményeinek és történetének vizsgálatában is. A Tisza-szabályozás ui., hazánk történetének egyik legnagyobb, nemzedékek hosszú sorozatának életére kiható műszaki alkotása, elválaszthatatlanul összeforrt Vásárhelyi Pál nevével.

Vásárhelyi Pál 160 éve, 1795. március hó 25-én született Szepes-Olasziban. 1804-ben szüleivel Miskolcra költözött, itt végezte algimnáziumi tanulmányait, majd Eperjesen filozófiát tanult. Ezután — amint Gonda Béla írja »Vásárhelyi Pál élete és művei« címen 1896-ban megjelent átfogó tudománytörténeti munkájában — Vásárhelyi »az akkoriban nem éppen kecségetető mérnöki pályára szánta magát, s 1814-ben Borsod vármegye mérnöke, Losonczy József mellett vállalt gyakornoki állást«. Az akkoriban két esztendőre terjedő ún. mérnöki tanfolyamot kitűnő eredménnyel végezte el, s 1816 végén, azaz 21 éves korában mérnöki oklevelet kapott. Két évet a Zemplén és Veszprém vármegyei úrbéri földek és erdők felmérési munkálataiban töltött, majd 1819 tavaszán a Tisza, a Körös és a Berettyó vízrajzi felvételeihez nevezték ki napidíjas mérnöknek.

Vásárhelyi Pál 1826-ban elszakad a Körös vidékétől, mert áthelyezik ahhoz az átfogó geodéziai és vízrajzi munkálathoz, amely »dunai mappáció« néven néhány évvel korábban indult meg. Ennél a bonyolult és sok tekintetben úttörő jellegű munkánál csakhamar számos elismerést kap feletteseitől. A következő évben már irodalmi munkásságával is magára vonja a figyelmet, két értékes geodéziai tanulmánya jelenik meg a háromszögelés elméleti és gyakorlati kérdéseiről. A feladatok szaporodásával és a felmerülő műszaki problémák súlyosbodásával a dunai felméréshez új vezetőmérnökre volt szük-

\* A Magyar Tudományos Akadémia, a Társadalom- és Természettudományi Ismeretterjesztő Társulat és a Magyar Hidrológiai Társaság rendezésében 1955. március hó 25-én a Magyar Tudományos Akadémián tartott *Vásárhelyi Pál emlékünnepe*len elhangzott emlékbeszéd.

ség, s a választás Vásárhelyi Pálra esett. Az országos építési főigazgatóság előterjesztésére 1829. április 14-én a helytartótanács a dunai felmérések vezetésére és egyidejűleg az aldunai hajózási mérnöki állás ideiglenes ellátására a 34 éves Vásárhelyi Pált nevezi ki. Az országos építési főigazgató a nagyobbára Vásárhelyi Pál irányításával készült dunai térképről a legnagyobb elismerés hangján nyilatkozik; véleménye szerint »a fölvételek pontossága, a kidolgozás helyessége, a földolgozott adatok teljessége, megbízhatósága és világossága és az egésznek nagy terjedelme tekintetében bátran nevezhető a világ első folyami térképének«.

Amikor Széchenyi Istvánt 1833-ban az aldunai szabályozási munkálatok királyi biztosának nevezik ki, magához veszi Vásárhelyi Pált, kipróbált és tehetséges egész személyzetével együtt. Vásárhelyi elkészíti a Vaskapu és a csatlakozó zuhatagos szakasz szabályozási terveit, de a munkálatokat végrehajtó katonai parancsnokság féltékenységből állandóan gáncoskodik Vásárhelyivel szemben, sőt terveiről becsmélő jelentéseket tesz. Végül is Széchenyi teremt rendet a huzavonában. Ezzel azonban az akadályok még nem hárultak el teljesen. A mérések végrehajtását a Duna jobb oldalán az új-orsovai török pasa is akadályozta, mert lövetni akarta a meder jobb felén horgonyvetésre készülő munkahajókat.

A rendelkezésre álló idő nem engedi meg, hogy a Vaskapu-szabályozás terveit és végrehajtását ismertessem, bár azok a műszaki tudományok története szempontjából rendkívül nagy jelentőségűek. Csupán megemlítem, hogy az 1834. év végéig Vásárhelyi és munkatársai elkészítették az Izlás és Tachália zuhatagoknál létesítendő csatorna és a Vaskapu általános szabályozási tervét, továbbá a hajózáshoz feltétlenül szükséges Kazán-szorosí ontatóút terveit is. A hazánkban teljesen újszerű szikla-munkák tanulmányozására, továbbá megfelelő gépek beszerzésére és a szükséges sekély járatú hajók vizsgálatára Széchenyi István Vásárhelyi Pál kíséretében tanulmányútra megy Angliába. Az öthónapos tanulmányút végén Rotterdamon átutazva Vásárhelyinek alkalma volt az akkoriban már igen fejlett holland zsilip- és csatorna-építkezések tapasztalatait megismerni.

Hazatérte után nagyobb ütemben folytatja az építési munkálatokat Hieronymi, Hevessy, Weszter és Forberger mérnökökkel és többi munkatársaival. E nagyszabású és az egész világon elismert Vaskapu-szabályozási munkák irányítása közben azonban súlyos anyagi gondokkal küzd, s még Széchenyi többszöri közbenjárása sem tudja az udvari kancelláriát hajthatatlan álláspontjának megmásítására bírni, Vásárhelyi kérelmét visszautasítják. Közben a kicsiny létszámú mérnöki csoporttal irányított igen felelősségteljes munka, a folytonosan felmerülő újabb akadályokkal, fizikailag elgyöngítették és lelkileg is eléggé megviselték Vásárhelyit. Széchenyi aggodalommal figyelte e jelenségeket és ismét kísérletet tett Vásárhelyi jövőjének biztosítására, de ez a felterjesztés is kudarccal járt.

Önzetlen és odaadó munkája iránt az udvari kancellária részéről sorozatosan megnyilvánult közömbösség sok keserűséget okozott Vásárhelyinek. A hivatalos téren tapasztalt mellőzések után némi kárpótlás volt részére az az elismerés, amiben a Nemzeti Tudós Társaság részesítette, 1835-ben megválasztva őt levelező tagjává.

1837-ben sok nehézség után befejezik a vaskapui utat és átadják a forgalomnak, Vásárhelyit kinevezik az országos építési igazgatósághoz és első hajózási mérnöknek. A fővárosba költözik és ettől kezdve élénken részt vesz a tudományos életben is. Vásárhelyi életében most átmenetileg nyugalmasabb időszak következett be. Foglalkozik a Rába és mellékfolyóinak szabályozásával, szerepe van a Fertő tó lecsapoló-csatorna megvalósításában, részt vesz a Duna szabályozási terveinek kidolgozásában.

Csatlakozik ahhoz a mozgalomhoz, amelyet 1831-ben Széchenyi István az első dunai hídunk, a Lánchíd építéséért indított, s 1838-ban közzétett »A budapesti állóhíd tárgyában« című terjedelmes dolgozatával hozzá is járult a későbbi sikeres megvalósításhoz. Az aggodalmaskodók elég nagy csoportja ellenezte a hídépítést, elsősorban azért, mert véleményük szerint a híd mederpillérei veszedelmes jégtorlódásokat okozhatnak. Ezek az aggályok az 1838-as jeges árvíz budapesti elöntései miatt csak fokozódtak. De Vásárhelyi világosan látja a kérdést, s idézett tanulmányában éles logikával boncolja az 1838-as jégjárás okait, s igyekszik eloszlatni a szerinte merőben téves elképzeléseken alapuló ellenvetéseket. Értekezéséhez tervet is csatol; a Vásárhelyi-féle Lánchíd-terven a hídnak két nyílása van, a meder közepén közel egymáshoz tervezett pillérek közé fölvonható tartórészt iktatott. A Margitsziget alsó csúcsának meghosszabításában kőgátat javasol egészen a hídig, a medernek ilyen módon való kettéosztásával vélte a jégjárás káros hatását biztosan kiküszöbölhetni. Minkét hídfőre és a kettős mederpillére is a jelenlegihez hasonló kapuzatot tervezett. Valószínű, hogy a híd végleges megoldásának tervezői több elképzelését fel is használták.

Az 1838-ban megjelent »Néhány figyelmeztető szó a Vaskapu ügyében« c. értekezésében vitába száll az aldunai munkák elfogult kritikusaival, és többek között BESZÉDES JÓZSEF neves vízmérnöknek azokat a helytelen jóslatait is megcáfolja, amelyek az aldunai szabályozásnak Bécsig terjedő és a Tiszán is messze elnyúló vízszínsüllyesztő hatására vonatkoznak. Ezek után állandó viták részese; a budapesti hídra vonatkozó értekezésére ellenvélemények jelennek meg, majd ő bírálja eléggé élesen Beszédes József tervét, amely a Budapesttől Grätzig hajózható országos nagy csatornával foglalkozik. 1839-ben Széchenyi őt is bekapcsolja a most már megvalósulás előtt álló Lánchíd előmunkálataiba és összehozza őt a híd tervezőjével, az angol Clark Vilmostal. Széchenyi szorgalmazására 1841-ben kinevezik hajózási felügyelővé, s ettől kezdve Vásárhelyi már hivatalosan vesz részt a hídépítés ellenőrzésében. Ezzel az előléptetéssel elérte azt a hivatali állást, amely lehetővé tette számára, hogy

eddig szerzett gazdag tapasztalatait nagyobb területen és nagyobb súllyal érvényesíthesse.

Ezekben az években arra is talált időt, hogy a Nemzeti Tudós Társaság számára munkálkodjék, részben számos tudományos értekezés bírálatával, részben saját írásaival. Saját kutatásai alapján ismerteti Traianus római császár aldunai útját és hídját. Értékes irodalmi tevékenységének újabb megbecsülését kapja meg, amikor 1838-ban a Nemzeti Tudós Társaság rendes tagjává választják, ahol 1840. június 1-én tartja meg székfoglaló előadását »A Berettyó vizének hajózhatóvá tételéről a Bega vizének példájára« címmel. Az Akadémia 1845-ben évkönyvében közzéteszi »A sebesség fokozatáról folyóvizeknél« című értekezését, amely a vízfolyások hidraulikájának feltárása tekintetében úttörő munkának számít.

De térjünk vissza hivatali munkájához. Az 1839 és 1845 közötti időszakban a Lánchíd munkálataiban való részvételén kívül több folyószabályozási kérdéssel is foglalkozik. Így például a Száva szabályozásával, a Budapest alatti Duna-szakasz rendezésével. Közben utólag elismeréseket kap eddigi tevékenységéért, s méltányolják már legmagasabb helyeken is aldunai eredményeit. Mégsem mondhatjuk azonban azt, hogy Vásárhelyi Pál megkapta volna életében minden tekintetben a munkáját valóban megillető ellenértéket. Találón írja Gonda Béla: »A felsőbb és legmagasabb elismerések, köszönetek és méltánylásoknak nem is volt Vásárhelyi soha híjával, de ha arról volt szó, hogy páratlan buzgalmát, nagy munkaerejét, kiváló szakképzettségét és speciális szolgálatait anyagilag is méltányolni kellene, akkor rendszeren csak a jövőendő szebb kilátásokkal kecsegtették. S habár el is érte azt, hogy hajózási főfelügyelő és építési igazgatósegéd lett, mindez végtelen csekély jutalom volt azokkal a nagy szolgálatokkal szemben, melyeket hazájának tett.«

Sokirányú elfoglaltsága mellett elmélyed a különféle hajó-csatornák terveibe, 1843-ban három példányban elkészítteti az akkori Magyarország egész területére vonatkozó vízrajzi térképet, amely az összes folyók kisvízszíneinek magassági adatait, továbbá a folyók és tervezett csatornák partjainak magassági viszonyait tünteti fel.

Az 1845-ös év ismét fordulópontot jelent Vásárhelyi életében. Az aldunai munkák, sőt megpróbáltatások évei után bekövetkezett viszonylagos nyugalomból életének legnehezebb küzdőterére lép, amikor Széchenyi — századokra szóló nagy elgondolásának, a Tisza szabályozásának megvalósításához — ismét Vásárhelyitől kér támogatást. Széchenyi nagyszerű eszméjéből Vásárhelyi Pál tudományos képzettsége, gazdag tapasztalatokra támaszkodó mérnöki tudása segítségével készül el a Tisza-szabályozás terve, amelynek első kidolgozását »Előleges Javaslat« néven a nádor részéről 1845. június 12-ére összehívott értekezleten mutatta be Vásárhelyi. Ettől a történelmi nevezetességű üléstől számíthatjuk a Tisza-szabályozás előkészítésének valóságos megindulását.

De vessünk néhány pillantást az előzményekre és arra a társadalmi környezetre is, amelyben a terv megszületett és valóra vált, hogy a maga teljességében bontakozzék ki előttünk Széchenyi és Vásárhelyi nagysága és műveik jelentősége az utókor számára. A Tisza-szabályozás szükségességét már 1784-ben felvetette Szinyeyi Merse Jenő. A Tisza rendszeres tanulmányozása azoktól az összefüggő térképezési és vízrajzi felvételektől számítható, amelyek 1833-ban Lányi Sámuel vezetésével kezdődtek, s amelyek készítésének legfőbb irányítást később maga Vásárhelyi Pál vette a kezébe. A Tiszáról készült ún. Vásárhelyi-féle felvételek akkoriban a külföld elismerését is kivívták szakszerűségük, pontosságuk és olyan átfogó adatszolgáltató jellegük miatt, amilyenre akkor még világszerte is kevés példa volt.

Amikor Széchenyi Istvánt a helytartótanács közlekedésügyi osztályának főnökévé kinevezték, megkezdette országos agitációját a Tisza-szabályozás megvalósítása érdekében, majd ugyane célból kiadta »Eszmetöredékek a Tiszavölgy rendezéséről« című dolgozatát. Csak az tudja kellőképpen értékelni Széchenyi munkáját, s annak rövid néhány hónap alatt elért eredményeit, aki ismeri az akkori megyei életnek az önkormányzattól fakadó számos visszasságát, s a sok kiváltsággal rendelkező birtokosok önzését. Minthogy az egész Tiszavölgy 22 törvényhatósághoz tartozott, nyilvánvaló, hogy a sok egymással ütköző egyéni érdek miatt nehéz feladat volt az erőket az országos cél érdekében egyesíteni.

Érdeemes lesz kissé időzni Vásárhelyi Pál Tisza-szabályozási terveinél, nemcsak azért, mert élete munkásságát ezek koronázzák, hanem azért is, mert a tervekkel kapcsolatban számos téves nézet terjedt el. *Sokan nem tudták, hogy Vásárhelyi kevéssel halála előtt egy második, sokkal teljesebb elgondolást is kidolgozott*, s mivel első terve Tiszaújlaktól csak Tiszafüredig ad javaslatot a szabályozásra, utódai közül sokan csonkának minősítették a tervét. Ezt a tévhitet teljesen eloszlatja második terve, amelyet 1846. március 25-i kelettel írt alá Vásárhelyi Pál. E második terv eredetije a háborúig még megvolt, de különös módon sohasem ismertették ezt az átfogó munkát a szakírók. Csupán a »Tisza hajdan és most« c. kiadvány idéz egyes fejezeteket belőle.\*

E hely nem alkalmas a terv ismertetésére, de engedjék meg, hogy legalább néhány fontos adatra és szempontra rámutassak a kezemben levő teljes Vásárhelyi-terv alapján, hogy tisztázhassunk néhány meggyökeresedett félreértést a tervvel kapcsolatban.

1. Az első megállapításunk az lehet, hogy ez valóban teljes Tisza-szabályozási terv, mert a folyó torkolatáig összefoglalja a teendőket.

2. A terv nem vázlatos javaslat, hanem olyan bőséges adatanyagot tartalmaz, hogy kivitelre közvetlen alkalmas. Leghelyesebb, ha HERRICH KÁROLY-

\* A tervnek egykorú másolati példányát *Ihrig Dénes* és *Károlyi Zsigmond* kartársak voltak szívesek rendelkezésemre bocsátani. Erről a tervről az első és egyben az egyetlen teljes ismertetést *Botár Imre* főmérnök adta a Magyar Tudományos Akadémiához a közelmúltban benyújtott és pályadíjat nyert dolgozatában.

nak, a Tisza-szabályozás végrehajtójának szavait idézzük: »Vásárhelyi oly gazdag anyagot mutatott be, minőt eddig soha egy folyóról mérnök előmutatni nem bírt! De csak úgy volt képes ezt előállítani, hogy ezen terv dús adathalmaza mintegy 35—40 mérnök, ily természetű munkában jártas jeles szakember hosszú évek során tartott működésének eredménye.«

3. A javasolt töltésekkel 2,8 millió magyar hold ősi árterület mentesítését kívánja elérni.

4. A tervleíráshoz mellékelt térkép 101 átvágást tüntet fel, s ezzel a Tiszaújlaktól a Dunáig terjedő 1212 km-es folyószakasz kereken 750 km-re rövidülne, ami kereken 1/3 megrövidülést jelent.

5. A terv megadja a töltés-távolságokat, részletes hidraulikai számítást ad, továbbá építési utasítást is tartalmaz a kényesebb munkákra vonatkozóan.

6. Részletes költségvetéssel zárul, amelyből a Tiszára összesen 3,9 millió forint esik.

Vásárhelyi Pál tervének készítése közben Széchenyivel a Pannonia nevű gőzhajón egészen Tisza-Berczelig bejárja a területet. Amikor második terve már majdnem készen van, megalakul a Tiszavölgyi Társulat, s Vásárhelyit megválasztja igazgató mérnöknek. A szokott eréllyel megkezdí a szervezést és befejezi második tervét, amely a Tiszavölgyi Társulat 1846. április 8-án tartott ülésén vita tárgya volt. Tervének védelme közben, az önző »megyei urak« gáncoskodó, laikus ellenvetésétől felizgatva, a tárgyalóasztalnál de. 11 órakor szívszélhűdés érte, s esti 11 órakor a nagy magyar vízimérnök szíve megszűnt dobogni.

Gonda Béla így búcsúzik könyvében Vásárhelyitől: »Az ország legjobbjobbjainak egyikét veszté el benne, egy századokra szóló nagy alkotás küszöbén; a tudományosság nagytehetségű úttörő munkásától, a társadalom egy közkedveltségű tagjától fosztattott meg, akinek komoly férfias jelleme, tisztelitet parancsoló szerénysége, s jó szívének legbensőbb rejtékében fakadó szeretetteljes modora minden körben elsőrangú helyet biztosított.«

Végül nézzük meg, miképpen valósultak meg Vásárhelyi Pál tervei.

A Tisza völgyében mentesített terület 3 803 000 kat. hold, amelyből 2 853 800 kat. hold esik az ország jelenlegi területére. A létesített átvágások száma: 112, s ezekkel a folyó hosszát 453 km-rel rövidítették meg.

A Vásárhelyi-féle Tisza-szabályozási terven alapuló és több évtized alatt megépített árvédelmi gátak tehát a Tiszántúl mai területének 60,8%-át mentesítik az időnként jelentkező árvizektől, amelyek korábban mocsárrá, tengerré változtatták hónapokon keresztül a tiszavidéki tájat.

Sok téves megállapítás csúszott be az irodalomba a Vásárhelyi-féle terv megvalósulásának kérdéséről, amelyek közül a lényegesebbeket e helyen tisztáznunk kell. A tévedések zöme a köré a helytelen beállítás köré csoportosul, hogy Vásárhelyi Pál terve ellentétben van Paleocapa Péter akkori velencei építési főigazgató véleményével, akit szakértőnek hívtak meg a Tisza-szabályo-

záshoz. Szerencsétlen módon azt írják egyesek Paleocapa javára, hogy Vásárhelyivel szemben az egész Tiszára készített tervet, s mindezt azért, mert Vásárhelyi második terve nem került ismertetésre. Sőt még olyat is lehet olvasni, hogy Vásárhelyit azért érte szívszélhűdés, mert Paleocapa tervét hozták fel ellene, s az e feletti izgalom okozta szívrohamát. Pedig Paleocapa csak Vásárhelyi halála után jött Magyarországra szakértői véleményt adni.

Vásárhelyi második tervének és Paleocapa szakvéleményének gondos összehasonlításából éppen az derül ki, hogy a leglényegesebb kérdésekben véleményük megegyezett, s végeredményképpen egy-két részletet nem tekintve, Paleocapa Péter, a neves vízügyi szaktekintély helyesnek tartotta Vásárhelyi tervét.

\*

És most, amikor a népéhez hű, képzett tudósnek, az életét önzetlen munkában eltöltött kiváló mérnöknek, az elgondolásainak igazságáért keményen küzdő talpig férfinak az élteútját végigkísértük, amikor követtük életének nemzedékek számára utat mutató csillagát, amelynek fénye éppen deleléskor aludt ki, akkor vonjuk le magunk számára is a tanulságokat. Mert ha ezt nem tennők, akkor Vásárhelyi Pál munkás életének egy részét kárbaveszettek ítélné meg a történelem, de nem az ő hibájából, hanem a mi nemzedékünk vétkessége miatt. Noha még vannak tennivalóink a Tisza-szabályozás terén, nemcsak a folyó medrének szabályozásával, hanem az árvédelmi gátak megerősítésével, magasbításával, korrekciójával kapcsolatban, mégis azt mondhatjuk, hogy a nagy alkotás lényegében befejeződött. S ezzel, továbbá a lecsapolási belvízrendezési és egyéb vízrendezési feladatok jelentékeny részének elvégzésével, lezárult egy korszak, a vizek kártételei ellen való küzdelem úttörő korszaka, amelyre a vizek hasznosításának a kora következett, vagy legalábbis kellett volna következnie, ahogyan azt Széchenyi István történelmi jelentőségű szavai előre kitűzték, amit Lónyai Menyhért egykori fültanú feljegyzései alapján így idéztek :

*»A vízbajok megszüntetésének természetes sorrendje a szabályozással egybekapcsolt ármentesítés és az azt követő lecsapolás, amiket azután az öntözésnek kell betetőznie.«*

Nem elszólás, amikor azt mondtam, hogy a vízhasznosítás korának kellett volna követnie a Tisza-szabályozást. Vízgazdálkodásunk fejlődésében ugyanis kimutatható lanyhulás következett be már a századforduló idején, sőt feltűnő törés mutatkozott a század elején, legfőképpen pedig a két világháború közötti időszakban. Voltak ugyan egyes kiragadott, nagyszabású munkálatok, de a hasznosítás tervszerűsége hiányzott. Hiába írta meg *Sajó* Elemér 1934-ben híres emlékiratát, a hivatalos és kormányzati körökben távolról sem keltett olyan visszhangot, mint amelyet megérdemelt volna. Noha kerek száz esztendő telt el, s a hidrológia és a vízepítés tudománya rendkívül nagymértékben fejlődött, számos építési gyakorlati eljárás és a gépesítés nagy lehetősé-

geket nyitott még a vízimérnökök számára, ezekkel a lehetőségekkel néhány évtizeden keresztül már nem éltünk, a fejlődés nyújtotta eszközöket nem használtuk ki. Amíg 100 évvel ezelőtt vízimunkálatainkkal, de különösképpen a Vaskapu szabályozással és a Tisza-szabályozással világviszonylatban is az elsők között haladtunk, addig századunk első felében már sok tekintetben elmaradtunk. Sajó Elemérnek és a hozzá csatlakozó önzetlen és haladó szellemű munkatársainak küzdelmét mégis koronázta némi siker, s a harmincas évek végén — ha nem is kielégítő ütemben —, de megindult a tiszántúli öntözőművek építése.

A felszabadulás teljesen új helyzetet teremtett és új távlatot mutatott a vízgazdálkodás terén. Iparunk rohamos fejlődésével községeink és városaink vízellátásának kiterjesztésével és fokozásával teljesen új szempontok is előtérbe kerültek. Széchenyinek, Vásárhelyinek és munkatársainak előrelátása az árvizek megzabolázásán, a vizek kártételeinek megelőzésén túlmenően csak addig terjedhetett — a fejlődés akkori fokán —, hogy az igen bőségesnek tűnő vízkészletek öntözéses hasznosítását tűzzék ki végső célul. De ma már világosan látható, hogy egyfelől sem a felszíni, sem a felszín alatti vízkészleteinket nem tekinthetjük kimeríthetetleneknek, másfelől túlzás nélkül lehet állítani, hogy rémként lebeg előttünk folyóink, tavaink, sőt talajvizeink káros beszenneveződésének veszélye. Ha tanulni és okulni akarunk Vásárhelyi Pál munkásságából, akkor nemcsak a tőle megkezdett vízügyi feladatokat kell folytatnunk, hanem nekünk is kötelességünk megkísérelni azt, hogy a részünkről már előrelátható újabb távlati célokat is kitűzzük, s rámutassunk a megfelelő előkészítés elmulasztásából várható károokra.

Megváltozott és megnövekedett feladatunkat így tűzhetjük ki az egész országra kiterjedő vízszabályozásnak egy elmúlt százada után :

A vizek kártételei ellen való védekezésnek és a vizeink hasznosításának átfogó tervét az ország összes vízkészletének, mint korlátolt mennyiségű nyersanyagának felmérése alapján kell elkészíteni, továbbá felszíni és talajvizeink beszenneveződésének korlátot kell állítani.

Vásárhelyi Pál áldozatos életének és nagy művének, a Tisza-szabályozásnak legnagyobb tanulsága, hogy országos vízügyi feladatokat csak évtizedekre való előrettekintéssel szabad előkészíteni és megoldani.

Ezt a szellemi örökséget kaptuk Vásárhelyi Páltól, s lobogó fátkyaként ezt visszük tovább mi is népünk boldogulásának megvalósításáért.

#### Összefoglalás

A megemlékezés Vásárhelyi Pál magyar vízimérnök életét és tevékenységét ismerteti. Vásárhelyi tervezte és irányította a XIX. század első felében az alsó Dunán a Vaskapunak szakörökben világszerte ismert munkálatait. Számos magyarországi folyó szabályozásával foglalkozott, ezek között legkiemelkedőbb a Nagy Magyar Álföldön végigvonuló Tisza folyó szabályozása, ami a nagy magyar államférfi, Széchenyi István századokra szóló elgondolása volt. Ennek a nagyszabású tervének megvalósítását Vásárhelyi már nem élte meg, mert 1846-ban meghalt. Tisza-szabályozási tervét a szakirodalomban támadások érték, de ma már megállapítható, hogy egyik legismertebb bírálója, Paleocapa Péter velencei építési főigazgató véleménye lényegében egyezett Vásárhelyiével. Tudományos téren is élénk tevékenységet fejtett ki, tagja volt a Magyar Tudományos Akadémiának.



# FORGÁSI ELLIPSZOID NORMÁLMETSZETÉNEK EGYSÉGES VIZSGÁLATA

SZÁDECZKY-KARDOSS GYULA

SOPRONI MŰSZAKI EGYETEM ALKALMAZOTT GEODÉZIAI TANSZÉKE

[Beérkezett 1955. május 23-án]

A felsőgeodéziában a hosszmerések fejlődésével lépést tartva mindinkább sor kerül arra, hogy méréseinkkel összekapcsolt két pont egymástól való távolságát az eddig használatos távolság néhányszorosára növeljék. Számításainkat a Földet helyettesítő forgási ellipszoidon végezzük. Ellipszoidos számítási eljárásainkat tehát meg kell vizsgálni abból a célból, hogy alkalmazható-e ezekre a megnövekedett távolságokra is. Tudjuk, hogy a hatványsorokkal adott képletek egy határértékig igen célszerűen használhatók. A sorok használhatósági határértékének átlépésével azonban az azokból történő számítások eredményeinek a valódi értéktől való eltérése rohamosan növekszik. A zárt képletekkel történt számítások ugyan néha bonyolultabb összefüggést adnak az ismeretlen értékére mint a sorok, előnyük azonban a sorokkal szemben az, hogy használhatóságuk nem korlátozott, példánkban úgy az egész ellipszoidra, mint annak kis felületi részére egyaránt alkalmazhatók.

A számítási megoldásoknál a következő ellipszoidos vonalakkal dolgoznak: a geodéziai vonallal, a kitűzési görbével és a normálmetszettel.

Tanulmányunkban e három ellipszoidos vonal közül a legutóbbival, a normálmetszettel foglalkozunk. Meghatározzuk a normálmetszet görbéjének térbeli egyenleteit, majd ennek a metszetnek a síkbeli vizsgálatára fogunk rátérni. Ezt úgy érjük el a legegyszerűbben, ha a normálmetszetet valamelyik koordinátasíkba transzformáljuk. Az így transzformált görbe már síkgörbe, mégpedig ellipszis. Ennek az ellipszisnek a jellemzőit fogjuk megadni. A továbbiakban meghatározzuk a normálmetszet azimutját, a metszési ellipszis középpontjának térbeli koordinátáit, majd végül néhány jellemző szögértékre fogunk képletet levezetni.

A jellemzőknek ezeket az egyenleteit úgy alakítjuk ki, hogy azok zárt kifejezések legyenek, az adott pontok földrajzi koordinátáinak függvényében legyenek meghatározhatók, részint táblázatokba foglalható értékkel, továbbá, hogy számológéppel végzett számításokra célszerű formában legyenek megadva.

Az ellipszoidos normálmetszet geometriai problémáinak egyes részeivel már többen foglalkoztak. BISCHOFF a metszési ellipszis fél tengelyméreteire, numerikus excentricitására és az ellipszis középpontjának az egyenlítő síkjától mérhető távolságára vezetett le képleteket.

Ismerve egyrészt azt a pontot, amelyben a normálmetszet eléri a legnagyobb földrajzi szélességet, másrészt a vizsgált pontot, gömbháromszögtani, valamint geometriai megfontolások alapján dolgozta ki megoldását [1]. Végképleteiben a vizsgált pont földrajzi szélessége, a normálmetszet azimutja, valamint ellipszoidos mennyiségek vannak. Tanulmányában hivatkozik BAEYER egyik munkájára [2], megjegyezvén, hogy ugyanazokat a végeredményeket vezette le, mint BAEYER, de egyszerűbb úton. BAEYER tanulmányához, sajnos, nem volt módunkban mind e ideig hozzájutni. Valószínű azonban, hogy ebben a munkában foglaltaknak más a levezetése, mint nálunk, hiszen a végeredményei Bischofféval megegyeznek, tehát ő is az azimut és a vizsgált pont függvényében adta meg eredményeit. HELMERT híres felsőgeodéziai munkájában [3] a normálmetszet azimutjának cotangensére mind a redukált szélesség, mind a földrajzi szélesség függvényében adott képleteket. GROSSMANN a normálmetszettel foglalkozó tanulmányában [4], a normálmetszet pontjaira és az azimut cotangensére sorokkal alkotott képleteket tett közzé. Ezeket a képleteket a két pont közötti geodéziai vonal és annak azimutja függvényében oldotta meg. SCHMEHL a normálmetszet-ellipszis középpontjának egyenlítő síkjától mért távolságát adta meg ugyancsak az azimut és a földrajzi szélesség függvényében [5]. NÄBAUER is meghatározott képleteket az azimut cotangensére, a földrajzi koordináták függvényében [6]. Ugyanebben a munkájában levezetett képleteket a normálmetszet-ellipszis kis- és nagytengelyére szélsőérték számítással oly módon, hogy a normálmetszet síkját az  $xz$  koordinátákra vonatkozóan vetítősík helyzetbe hozta. Ebben a transzformált koordináta-rendszerben meghatározta még az ellipszis középpont térbeli koordinátáit és a tengelyvégpontok földrajzi koordinátáit is szintén az azimut függvényében. BAESCHLIN felsőgeodéziájában [7], vektoranalízis felhasználásával közöl képleteket a normálmetszet azimutjának cotangensére; a redukált szélesség függvényében adja meg ezeket az összefüggéseket. Végül a rendelkezésünkre álló irodalom egy másik felsőgeodéziai művében BOMFORDnál [8] szintén találunk normálmetszettel kapcsolatos összefüggéseket. Rudoc-féle képletek név alatt a normálmetszet-ellipszisének kistengelyére, a második numerikus excentricitásra, valamint a centrikus anomália tangensére közöl formulákat, a földrajzi koordináta és a normálmetszet azimutjának függvényében. Csak végképleteket ad, és a bibliográfiai felsorolásban arra hivatkozik, hogy a Rudoc-féle formulák levezetése csak kéziratban van, közölve még nincsenek.

Az alábbi levezetésünkben főleg a téranalitika tételeire fogunk támaszkodni és képleteinket tisztán az adott két ellipszoidos pont,  $P_1$  és  $P_2$  földrajzi koordinátáinak függvényében kívánjuk megadni.

\*

Vegyünk fel egy forgási ellipszoidot, ennek középpontjában helyezzük el térbeli koordináta-rendszerünket úgy, hogy a  $z$  tengely az ellipszoid forgástengelyével egybe essék. Ez a tengely legyen a meridiánellipszis kistengelye  $2b$  hossz értékkel, az  $xy$  síkban fekvő egyenlítői metszet körének átmérője pedig legyen  $2a$ . A forgási ellipszoid egyenlete ebben az esetben :

$$b^2 x^2 + b^2 y^2 + a^2 z^2 = a^2 b^2. \quad (1)$$

Vegyünk fel egy, a térben általánosan fekvő síkot, melynek egyenlete :

$$Ax + By + Cz = D. \quad (2)$$

Tételezzük fel, hogy a síknak van reális metszete az ellipszoidunkkal. A síkmetszet a térben általánosan elhelyezett áthatási síkgörbét ad. Ezt a síkgörbét implicit alakban az :

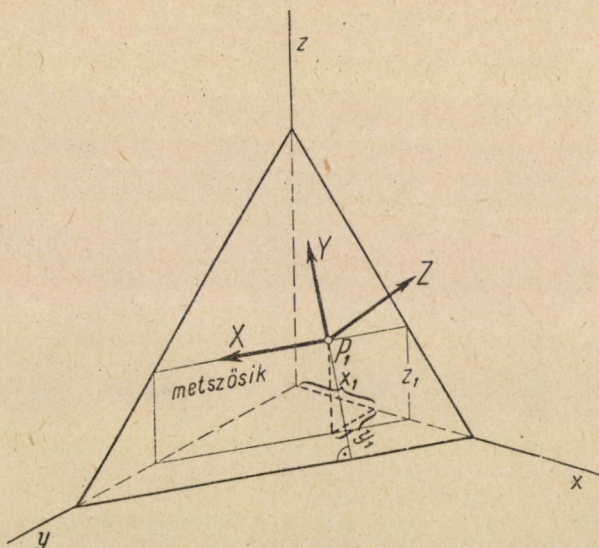
$$F_1(x, y) = 0 \quad (3)$$

$$F_2(x, z) = 0 \quad (4)$$

két egyenlet határozza meg.

Az áthatási görbe e két egyenletének meghatározása végett a (2) egyenletből fejezzük ki előbb  $z$ -t és négyzetre emelés után helyettesítsük be (1)-be. A szükséges átalakítások elvégzése után  $z$  kiküszöbölése révén az

$$F_1(x, y) = \left( A^2 + \frac{b^2}{a^2} C^2 \right) x^2 + 2ABxy + \left( B^2 + \frac{b^2}{a^2} C^2 \right) y^2 - 2ADx - 2BDy + (D^2 - b^2 C^2) = 0 \quad (5)$$



1. ábra

$y$  kiküszöbölése révén pedig az

$$F_2(x, z) = (A^2 + B^2) x^2 + 2ACxz + \left( C^2 + \frac{a^2}{b^2} B^2 \right) z^2 - 2ADx - 2CDz + (D^2 - a^2 B^2) = 0 \quad (6)$$

egyenletekhez jutunk.

Az (5) képlet az áthatási görbén áthaladó  $xy$  koordinátasíkra merőleges tengelyű elliptikus vezérgörbéjű vetítőhenger egyenlete, míg a (6) kifejezés ugyancsak egy egyenestengelyű elliptikus vetítőhenger egyenlete; az utóbbinak a tengelye merőleges az  $xz$  koordinátasíkra. A két egyenlet együttesen meghatározza az áthatási görbét.

Ezt a görbét legcélszerűbben úgy vizsgálhatjuk, hogy a térbeli ortogonális koordinátarendszerünk kezdőpontját a forgási ellipszoid középpontjából párhuzamosan eltoljuk a metszősíkon fekvő egyik pontba, amelyet az 1. ábrán

$P_1$ -gyel jelöltünk; és az eltolt koordinátarendszert elforgatjuk úgy, hogy az új  $Z$  tengely a metszősík normálisán haladjon keresztül, az új  $X$ -tengely pedig a metszősík első fővonalába essék. Az új  $Y$ -tengely ilyen elhelyezés mellett természetesen az esésvonal irányába fog mutatni. Az új koordinátarendszer tájékozását pedig a következők alapján végezzük. Legyen a  $Z$ -tengely pozitív ága az az irány, amely az ellipszoid felületéből kifelé mutat, a  $X$ -tengely pozitív ága mutasson abba az irányba, amerre a  $+y$  értéke növekszik. Térbeli bal koordinátarendszert feltételezve, az  $Y$ -tengely így az emelkedés irányában fog elhelyezkedni.

Fejezzük most ki a régi koordinátákat az új koordinátákkal. A [9] 198. lap (23) egyenlete alapján felírhatjuk, hogy

$$\left. \begin{aligned} x &= aX + bY + cZ + d \\ y &= a_1X + b_1Y + c_1Z + d_1 \\ z &= a_2X + b_2Y + c_2Z + d_2 \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

A  $d$ ,  $d_1$  és  $d_2$  értékek esetünkben a  $P_1$  pont térbeli koordinátaival egyeznek meg, írhatjuk tehát, hogy

$$d = x_1; \quad d_1 = y_1; \quad d_2 = z_1. \quad (8)$$

Vegyük figyelembe még azt is, hogy ortogonálisan transzformált új koordinátarendszernél az iránycosinusok a [9] 196. lap (16) és (17) képlete alapján alakulnak. A (7) egyenletet tehát írhatjuk a következőképpen:

$$\left. \begin{aligned} x &= \cos(xX)X + \cos(xY)Y + \cos(xZ)Z + x_1 \\ y &= \cos(yX)X + \cos(yY)Y + \cos(yZ)Z + y_1 \\ z &= \cos(zX)X + \cos(zY)Y + \cos(zZ)Z + z_1 \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Határozzuk meg először a megfelelő iránycosinusok értékét. A (2) egyenlettel megadott sík normálisának iránycosinusai az előzőekben jelzett tájékozás mellett a téranalitika szerint (például [10] 58. lap (5) egyenlete alapján):

$$\cos(xZ) = \frac{-A}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}} \quad (10)$$

$$\cos(yZ) = \frac{-B}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}} \quad (11)$$

$$\cos(zZ) = \frac{-C}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}} \quad (12)$$

Mivel az első fővonal merőleges a  $Z$ -tengelyre, írhatjuk, hogy

$$\cos(zX) = 0. \quad (13)$$

A transzformációs képletben előforduló és még meg nem határozott iránycosinuszokat a téranalitika alábbi iránycosinus összefüggései alapján (például [9] 197. lap 19. és 19/a. képletesoportjából) állapíthatjuk meg:

$$\cos^2(zX) + \cos^2(zY) + \cos^2(zZ) = 1 \quad (14)$$

$$\cos(yX) \cos(zX) + \cos(yY) \cos(zY) + \cos(yZ) \cos(zZ) = 0 \quad (15)$$

$$\cos(xX) \cos(zX) + \cos(xY) \cos(zY) + \cos(xZ) \cos(zZ) = 0 \quad (16)$$

$$\cos^2(xX) + \cos^2(xY) + \cos^2(xZ) = 1 \quad (17)$$

végül:

$$\cos(xX) \cos(xY) + \cos(yX) \cos(yY) + \cos(zX) \cos(zY) = 0. \quad (18)$$

Emeljük ki a (14) egyenletből  $\cos(zY)$  értékét, vegyük figyelembe a (12) és (13) egyenleteket, hozzunk közös nevezőre a négyzetgyökjel alatti kifejezésben:

$$\cos(zY) = \frac{\sqrt{A^2 + B^2}}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}} \quad (19)$$

Ha a (15) egyenletet megoldjuk  $\cos(yY)$ -ra, figyelembe vesszük a (11), (12), (13) és (19) egyenleteket, továbbá elvégezzük a megfelelő egyszerűsítéseket, akkor írhatjuk, hogy

$$\cos(yY) = \frac{-BC}{(\sqrt{A^2 + B^2}) \sqrt{A^2 + B^2 + C^2}} \quad (20)$$

A (16) egyenletből fejezzük ki  $\cos(xY)$  értékét, és vegyük figyelembe a (13), (11), (12) és (19) jelzésű kifejezéseket:

$$\cos(xY) = \frac{-AC}{(\sqrt{A^2 + B^2}) \sqrt{A^2 + B^2 + C^2}} \quad (21)$$

A (17) egyenletet oldjuk meg  $\cos(xX)$  értékére, végezzük el a megfelelő behelyettesítéseket és rendezéseket. Így azt kapjuk, hogy

$$\cos(xX) = \frac{B}{\sqrt{A^2 + B^2}} \quad (22)$$

Végül a (18)-ból a még ismeretlen  $\cos(yX)$  értéke :

$$\cos(yX) = \frac{-A}{\sqrt{A^2 + B^2}} \quad (23)$$

Vezessük be a következő rövidítő jelölést :

$$U = (\sqrt{A^2 + B^2}) \sqrt{A^2 + B^2 + C^2} . \quad (24)$$

Az így meghatározott iránycosinus-értékeket helyettesítsük be a (9) transzformációs egyenlet-csoportba, vegyük továbbá figyelembe a (24) rövidítést. A megfelelő rendezések elvégzése után írhatjuk, hogy :

$$\left. \begin{aligned} x &= \frac{1}{U} [B\sqrt{A^2 + B^2 + C^2} X - ACY - A\sqrt{A^2 + B^2} Z + Ux_1] \\ y &= \frac{1}{U} [-A\sqrt{A^2 + B^2 + C^2} X - BCY - B\sqrt{A^2 + B^2} Z + Uy_1] \\ z &= \frac{1}{U} [ \quad \quad \quad + (A^2 + B^2) Y - C\sqrt{A^2 + B^2} Z + Uz_1] \end{aligned} \right\} \quad (25)$$

A későbbiekben szükség lesz az új  $(X, Y, Z)$  koordináták értékeire, meghatározva ezeket a régi  $(x, y, z)$  koordináták függvényében. Ezek a következőképpen írhatók :

$$\left. \begin{aligned} X &= \cos(xX)x' + \cos(yX)y' + \cos(zX)z' \\ Y &= \cos(xY)x' + \cos(yY)y' + \cos(zY)z' \\ Z &= \cos(xZ)x' + \cos(yZ)y' + \cos(zZ)z' \end{aligned} \right\} \quad (26)$$

A (26) egyenletben előforduló  $x'$ ,  $y'$  és  $z'$  értéke pedig a koordinátarendszer párhuzamos eltolása esetében :

$$x' = x - x_1 ; \quad y' = y - y_1 ; \quad z' = z - z_1 \quad (27)$$

Helyettesítsük be a (26) egyenletcsoportba az iránycosinusok (10)–(13) és (19)–(23) alatt jelzett értékeit, és vegyük figyelembe a (24) és (27) kifejezést. Az új koordinátákra felírható egyenleteink ezek szerint :

$$X = \frac{1}{\sqrt{A^2 + B^2}} [B(x - x_1) - A(y - y_1)] \quad (28)$$

$$Y = \frac{1}{U} [-AC(x - x_1) - BC(y - y_1) + (A^2 + B^2)(z - z_1)] \quad (29)$$

$$Z = \frac{1}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}} [-A(x - x_1) - B(y - y_1) - C(z - z_1)] \quad (30)$$

A (30) egyenletben további egyszerűsítést végezhetünk az alábbi megfontolások alapján. Minden olyan pont, amely a metszősíkra esik, kielégíti a (2) egyenletet, amelyet a síkban fekvő  $P_1$  pontra vonatkozóan a következőképpen írhatunk fel:

$$Ax_1 + By_1 + Cz_1 = D \quad (31)$$

Helyettesítsük be a (30) egyenletbe a (2) és (31) alatt jelzett értékeket. Kapjuk, hogy:

$$Z = \frac{1}{A^2 + B^2 + C^2} [-D + D] = 0. \quad (32)$$

Most már a (25) alatt jelzett egyenletrendszer birtokában meghatározhatjuk az áthatási görbe  $XY$  síkba transzformált egyenletét. Figyelembe véve a (32) kifejezést, a (25)-ből írhatjuk a következőket:

$$x = \frac{1}{U} [B\sqrt{A^2 + B^2 + C^2} X - ACY + Ux_1] \quad (33)$$

$$z = \frac{1}{U} [ \quad + (A^2 + B^2)Y + Uz_1] \quad (34)$$

Képeznünk kell még az  $x^2$ ,  $xz$  és  $z^2$  kifejezéseit. Megfelelő behelyettesítések és rendezések elvégzése után ezekre az értékekre kapjuk, hogy:

$$x^2 = \frac{1}{U^2} [B^2(A^2 + B^2 + C^2)X^2 - 2ABC\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}XY + A^2C^2Y^2 + 2UBx_1\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}X - 2UACx_1Y + U^2x_1^2] \quad (35)$$

$$xz = \frac{1}{U^2} [B(A^2 + B^2)\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}XY - AC(A^2 + B^2)Y^2 + UBz_1\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}X + U(A^2x_1 + B^2x_1 - ACz_1)Y + U^2x_1z_1] \quad (36)$$

$$z^2 = \frac{1}{U^2} [(A^2 + B^2)^2Y^2 + 2U(A^2 + B^2)z_1Y + U^2z_1^2]. \quad (37)$$

Helyettesítsük be a (6) egyenletbe a régi koordináták (33)–(37) jelzésű értékeit. Végezzük el a megfelelő rendezéseket  $X^2$ ,  $XY$ ,  $Y^2$ ,  $X$ ,  $Y$  és a tiszta tagok sorrendjében. Az  $XY$ -os tagra ugyanazokat az értékeket kapjuk ellentétes előjellel, tehát az kiesik; az  $Y^2$ -es tagból  $(A^2 + B^2)$  kifejezést emeljük ki; az  $X$ -es tagból pedig emeljük ki  $2UB\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}$ -et, akkor a transzformált síkgörbe egyenlete lesz:

$$\begin{aligned} & \frac{B^2}{U^2} (A^2 + B^2) (A^2 + B^2 + C^2) X^2 + \frac{A^2 + B^2}{U^2} \left( A^2 C^2 - 2A^2 C^2 + A^2 C^2 + \right. \\ & B^2 C^2 + \frac{a^2}{b^2} A^2 B^2 + \frac{a^2}{b^2} B^4 \left. \right) Y^2 + \frac{2B}{U} \sqrt{A^2 + B^2 + C^2} [A^2 x_1 + B^2 x_1 + \\ & + A(Cz_1 - D)] X + \frac{2}{U} \left[ (A^2 + B^2) \left( -ACx_1 + C^2 z_1 + \frac{a^2}{b^2} B^2 z_1 - CD \right) + \right. \\ & + AC(A^2 x_1 + B^2 x_1 - ACz_1 + AD) \left. \right] Y + \frac{1}{U^2} \left[ (A^2 + B^2) x_1^2 + 2ACx_1 z_1 + \right. \\ & \left. + \left( C^2 + \frac{a^2}{b^2} B^2 \right) z_1^2 - 2ADx_1 - 2CDz_1 + D^2 - a^2 B^2 \right] = 0. \quad (38) \end{aligned}$$

Az  $Y^2$ -es tag szorzójában végezzük el az egyszerűsítést, utána emeljük ki  $\left(\frac{a^2}{b^2} B^2\right)$ -tet; az  $X$ -es tag szorzójában írhatjuk a (31) egyenletből, hogy:

$$Cz_1 - D = -Ax_1 - By_1. \quad (39)$$

Az  $Y$ -os tag szorzójában végezzük el a kijelölt műveleteket. Végül vegyük figyelembe a (6) egyenletből, ha abba a  $P_1$  pontnak megfelelő  $x_1$ ,  $y_1$  és  $z_1$  koordinátákat helyettesítjük be, hogy:

$$\begin{aligned} & (A^2 + B^2) x_1^2 + 2ACx_1 z_1 + \left( C^2 + \frac{a^2}{b^2} B^2 \right) z_1^2 - 2ADx_1 - 2CDz_1 + \\ & + D^2 + a^2 B^2 = 0. \quad (40) \end{aligned}$$

Mindezeket felhasználva a (38) kifejezés a következőképpen alakul:

$$\begin{aligned} & \frac{B^2}{U^2} (A^2 + B^2) (A^2 + B^2 + C^2) X^2 + \frac{a^2}{b^2} \frac{B^2}{U^2} (A^2 + B^2) \left( A^2 + B^2 + \frac{b^2}{a^2} C^2 \right) Y^2 + \\ & + \frac{2B^2}{U} \sqrt{A^2 + B^2 + C^2} (Bx_1 - Ay_1) X + \frac{2}{U} \left[ \frac{a^2}{b^2} B^2 \left( A^2 + B^2 + \right. \right. \\ & \left. \left. + \frac{b^2}{a^2} C^2 \right) z_1 - B^2 CD \right] Y = 0. \end{aligned}$$



Végigosztva  $B^2$ -tel és figyelembe véve  $U$  értékét is (24) szerint, egyenletünk :

$$X^2 + \frac{a^2}{b^2} \frac{A^2 + B^2 + \frac{b^2}{a^2} C^2}{A^2 + B^2 + C^2} Y^2 + \frac{2(Bx_1 - Ay_1)}{A^2 + B^2} X + \\ + \frac{2}{U} \frac{a^2}{b^2} \left[ z_1 \left( A^2 + B^2 + \frac{b^2}{a^2} C^2 \right) - \frac{b^2}{a^2} CD \right] Y = 0$$

lesz. Ha végigszorozzuk mindkét oldalt  $b^2 \left[ (A^2 + B^2 + C^2) : \left( A^2 + B^2 + \frac{b^2}{a^2} C^2 \right) \right]$ -tel, akkor írhatjuk, hogy

$$b^2 \frac{A^2 + B^2 + C^2}{A^2 + B^2 + \frac{b^2}{a^2} C^2} X^2 + a^2 Y^2 + \frac{2b^2 (A^2 + B^2 + C^2) (Bx_1 - Ay_1)}{(\sqrt{A^2 + B^2}) \left( A^2 + B^2 + \frac{b^2}{a^2} C^2 \right)} X + \\ + \frac{2a^2 (A^2 + B^2 + C^2)}{U \left( A^2 + B^2 + \frac{b^2}{a^2} C^2 \right)} \left[ z_1 \left( A^2 + B^2 + \frac{b^2}{a^2} C^2 \right) - \frac{b^2}{a^2} CD \right] Y = 0. \quad (41)$$

A síkgörbe (41) egyenletét kapjuk meg akkor is, ha a vetítőhenger (5) egyenletébe helyettesítjük be  $x$  és  $y$  kifejezését a (25) alatti transzformációs egyenletekből, ha itt is figyelembe vesszük a (32) egyenletben foglaltakat. Ennél az utóbbi megoldásunknál ugyanaz az elvi gondolatmenet, mint amivel a (41) kifejezést kaptuk, itt azonban lényegesen több kiemelésre, egyszerűsítésre, visszahelyettesítésre és egyéb matematikai fogásokra van szükség. Az eredmények azonossága természetes, hiszen a koordináta-síkba transzformált görbe számára közömbös, hogy azt a térbeli egyenletek közül a (3) avagy a (4) implicit alakú kifejezésből kaptuk-e.

A (41) másodfokú kifejezés a forgási ellipszoid tetszőleges síkmetszetének áthatási egyenlete. A síkgörbe általános elhelyezésű ellipszis és az alábbi rövidítő jelölésekkel adható meg :

$$A_0 X^2 + C_0 Y^2 + D_0 X + E_0 Y = 0. \quad (42)$$

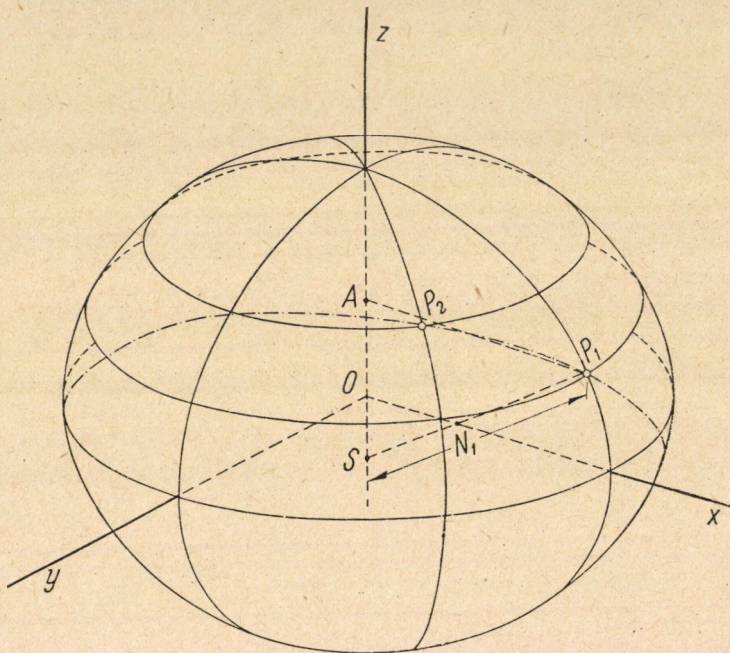
A (41) egyenlet csak ellipszist adhat, mert  $A_0$  és  $C_0$  kifejezésében csupán négyzetes tagok vannak, ennél fogva értékük bármilyen  $A$ ,  $B$  és  $C$  érték mellett is csak pozitív lehet. Általában  $A_0 \neq C_0$ . Abban a különleges esetben, amikor véletlenül fennáll a síkmetszetre a következő törvényszerűség, hogy :

$$\frac{a^2}{b^2} = \frac{A^2 + B^2 + C^2}{A^2 + B^2 + \frac{b^2}{a^2} C^2}$$

akkor a síkmetszet körré fajul. Ugyanebből a képletből adódik az is, hogy a síkmetszet kör lesz akkor is, ha  $A = B = 0$ , vagyis, amikor a sík egy paralelkört metsz ki az ellipszoidból.

Megjegyezzük, hogy a forgási ellipszoid síkmetszetének ellipszis voltát már többen is megállapították. Így például CLEBSCH téranalitikájának másodrendű felületekkel foglalkozó részében [11]. A geodéziai irodalomban BAESCHLIN állapítja ezt meg a normálmetszetekről, a felsőgeodéziával foglalkozó művében [12]; vagy BOMFORD [13], de további matematikai következtetést egyikük sem vont le erről.

Az eddigi tárgyalásokban levezetett metszési ellipszis (5) és (6) térbeli egyenlete, a (25), (28) és (29) alatti transzformációs egyenletek és a síkba transz-



2. ábra

formált ellipszis (41) egyenlete érvényes a forgási ellipszoidnak bármelyik valós síkmetszete esetében, tehát a normálmetszetnél is.

Ezekután vizsgáljuk meg a normálmetszet ellipsziséét. Hogy ennek jellemzőit meghatározhassuk, ki kell fejteni a normálmetszet síkjának egyenletét, melyet általános jelölésekkel már a (2) egyenlettel jellemeztünk.

A normálmetszet síkját legegyszerűbben úgy foghatjuk fel, mint három ponton áthaladó síkot. A három pont, amely egyértelműleg határozza meg ezt a síkot, a vizsgált  $P_1$  pont, az ezen áthaladó normális és a forgástengely  $S$  metszéspontja és a szintén megadott  $P_2$  pont az ellipszoid felületén.

Az ellipszoid-felületi pontjait általában a  $\varphi$  és  $\lambda$  földrajzi összrendezőikkel szokás megadni. A továbbiakban valamennyi képletünkben mi is ezeknek,

valamint az ellipszoidra jellemző egyéb méretmeghatározóknak a függvényében fogjuk a keresett mennyiségeket kifejezni.

Fektessük  $xz$  koordinátásíkjunkat a  $P_1$  ponton keresztül (2. ábra). Ebben a tengely elrendezésben  $P_1$  pont koordinátái:

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= N_1 \cos \varphi_1 \\ y_1 &= 0 \\ z_1 &= \frac{b^2}{a^2} N_1 \sin \varphi_1 \end{aligned} \right\} \quad (43)$$

ahol az index nélküli  $a$  és  $b$  a forgási-ellipszoid fél nagy- és fél kistengelyét és  $N$  az indexének megfelelő ponthoz tartozó harántgörbületi sugarat jelöli. Jelöljük továbbá  $\Delta\lambda$ -val a két felületi pont között fellépő földrajzi hosszúságkülönbséget, amelynek értéke

$$\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1. \quad (44)$$

A másik felületi pont koordinátái ugyanebben a koordináta-rendszerben:

$$\left. \begin{aligned} x_2 &= N_2 \cos \varphi_2 \cos \Delta\lambda \\ y_2 &= N_2 \cos \varphi_2 \sin \Delta\lambda \\ z_2 &= \frac{b^2}{a^2} N_2 \sin \varphi_2. \end{aligned} \right\} \quad (45)$$

Mivel az  $S$  pont a forgástengelyen fekszik, annak  $x$  és  $y$  koordinátája zérus:

$$x_3 = 0; \quad y_3 = 0 \quad (46)$$

$Z$  koordinátája pedig a 2. ábráról leolvashatóan:

$$z_3 = \overline{OS} = \overline{OA} - \overline{AS} = z_1 - N_1 \sin \varphi_1 \quad (47)$$

A (43) kifejezésből  $z_1$  értékét helyettesítsük be egyenletünkbe, végezzük el a kiemélést, és vegyük figyelembe az első numerikus excentricitás

$$\frac{a^2 - b^2}{a^2} = 1 - \frac{b^2}{a^2} = e^2 \quad (48)$$

ismert kifejezést. Ezek alapján írhatjuk, hogy:

$$z_3 = -e^2 N_1 \sin \varphi_1 \quad (49)$$

A három pont koordinátáinak ismeretében a téranalitika felhasználásával felírhatjuk a sík  $A$ ,  $B$ ,  $C$  és  $D$  koeficienseinek értékét (pl. a legegyszerűbben a [10] 53. lapján adott képlet segítségével; felhasználva még a 36. lap (3) képletét is). Az idézett képletekben  $y_1$ ,  $x_3$  és  $y_3$  értéke most zérus, ezeknek a szorzatait tehát elhagyva írhatjuk, hogy:

$$A = 2 J' = y_2 (z_3 - z_1) = - N_1 N_2 \sin \varphi_1 \cos \varphi_2 \sin \Delta \lambda$$

$$B = 2 J'' = - x_1 (z_2 - z_3) + x_2 (z_1 - z_3) = N_1 N_2 \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 \left[ - \frac{e^2 N_1 \sin \varphi_1}{N_2 \cos \varphi_2} - \frac{b^2}{a^2} \operatorname{tg} \varphi_2 + \operatorname{tg} \varphi_1 \cos \Delta \lambda \right]$$

$$C = 2 J''' = x_1 y_2 = N_1 N_2 \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 \sin \Delta \lambda$$

és végül:

$$D = - 6 V_0 = x_1 y_2 z_3 = - e^2 N_1^2 N_2 \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 \sin \varphi_1 \sin \Delta \lambda.$$

Helyettesítsük be ezeket a kifejezéseket a sík (2) alatti egyenletébe, osszunk végig mindkét oldalon  $(N_1 N_2 \cos \varphi_1 \cos \varphi_2)$ -vel, akkor a normálmetszet síkjának egyenlete:

$$\begin{aligned} - \operatorname{tg} \varphi_1 \sin \Delta \lambda x + \left( \operatorname{tg} \varphi_1 \cos \Delta \lambda - \frac{e^2 N_1 \sin \varphi_1}{N_2 \cos \varphi_2} - \frac{b^2}{a^2} \operatorname{tg} \varphi_2 \right) y + \sin \Delta \lambda z = \\ = - e^2 N_1 \sin \varphi_1 \sin \Delta \lambda \end{aligned} \quad (50)$$

lesz. A normálmetszet síkjának (2) kifejezésében előforduló koeficiensekre tehát az alábbi értékeket adhatjuk meg:

$$\left. \begin{aligned} A &= - \operatorname{tg} \varphi_1 \sin \Delta \lambda \\ B &= \operatorname{tg} \varphi_1 \cos \Delta \lambda - \frac{e^2 N_1 \sin \varphi_1}{N_2 \cos \varphi_2} - \frac{b^2}{a^2} \operatorname{tg} \varphi_2 \\ C &= \sin \Delta \lambda \\ D &= - e^2 N_1 \sin \varphi_1 \sin \Delta \lambda. \end{aligned} \right\} \quad (51)$$

A későbbiekben szükség lesz az alábbi kifejezésre:

$$A^2 + C^2 = \sin^2 \Delta \lambda (1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_1) = \frac{\sin^2 \Delta \lambda}{\cos^2 \varphi_1} = \sin^2 \Delta \lambda \sec^2 \varphi_1. \quad (52)$$

Az (51) egyenletcsoportból írhatjuk az alábbiakat, ha még figyelembe vesszük  $z_3$ -nak (49), illetőleg (47) alatti értékét :

$$\frac{D}{C} = -e^2 N_1 \sin \varphi_1 = z_3 = z_1 - N_1 \sin \varphi_1.$$

Képezzük a következő kifejezést :

$$\frac{b^2}{a^2} CD = \frac{b^2}{a^2} C^2 z_1 - \frac{b^2}{a^2} C^2 N_1 \sin \varphi_1.$$

Figyelembe véve ismét  $z_1$  értékét a (43) képletcsoportból, írhatjuk, hogy :

$$\frac{b^2}{a^2} CD = \frac{b^2}{a^2} C^2 z_1 - C^2 z_1 = -C^2 z_1 \left(1 - \frac{b^2}{a^2}\right). \quad (53)$$

Helyettesítsük be a (41) egyenletbe  $y_1$  értékét a (43)-ból ;  $\left(\frac{b^2}{a^2} CD\right)$  kifeje-

zését az (53)-ból, osszunk végig  $B^2$ -tel az egyes koeficiensek számlálójában és nevezőjében, akkor a normálmetszet ellipszisének egyenletére a következő alakot kapjuk :

$$\begin{aligned} & 1 + \frac{A^2 + C^2}{B^2} X^2 + a^2 Y^2 + 2b^2 \frac{Bx_1}{\sqrt{A^2 + B^2}} X + \frac{1 + \frac{A^2 + C^2}{B^2}}{A^2 + \frac{b^2}{a^2} C^2} X + \\ & 1 + \frac{A^2 + C^2}{B^2} X^2 + \frac{2a^2 (A^2 + B^2 + C^2)^2 z_1}{U \left( A^2 + B^2 + \frac{b^2}{a^2} C^2 \right)} Y = 0 \end{aligned} \quad (54)$$

Jelöljük  $a_0$  és  $b_0$ -al a metszési ellipszis fél tengelyméreteit,  $e_0$ -al ennek első numerikus excentricitását  $e_0'$ -tel a második numerikus excentricitását. Legyenek  $h$  és  $k$  a transzformált koordináta-rendszerre vonatkozóan az ellipszis középpontjának összrendezői. A (54) egyenlettel megadott ellipszisünk jellemzőit az  $A_0$ ,  $C_0$ ,  $D_0$  és  $E_0$  koeficiensekből kívánjuk meghatározni. (A koeficiensek jelölését a (42) alatti ellipszis egyenlet felhasználásával könnyen leszámraztat-hatjuk.) A meghatározást a legutóbbiakban közzétett [14] tanulmányunk megfelelő képleteivel fogjuk elvégezni.

Mivel az  $XY$ -os tag szorzója ( $B_0$ ) zérus, az idézett tanulmány (10) alatti egyenlete szerint  $\psi$  értéke szintén zérus, vagyis az ellipszis nagytengelye párhuzamos az  $X$ -tengellyel.

A metszési ellipszisünk nagytengelye a [14] 35. és 36. oldalán mondottak értelmében :

$$a_0^2 = \frac{1}{m} a_1^2; \quad b_0^2 = \frac{1}{m} b_1^2 \quad (55)$$

ahol (14) felhasználásával :

$$a_1^2 = \frac{1}{2} [C_0 + A_0 + \sqrt{(C_0 - A_0)^2}] = C_0 = a^2. \quad (56)$$

A [14] (15) képlete alapján írhatjuk továbbá, hogy

$$b_1^2 = \frac{1}{2} [C_0 + A_0 - \sqrt{(C_0 - A_0)^2}] = A_0 = b^2 \frac{1 + \frac{A^2 + C^2}{B^2}}{1 + \frac{A^2 + \frac{b^2}{a^2} C^2}{B^2}} \quad (57)$$

Vezessük be a következő rövidítő jelöléseket :

$$\frac{\sin \Delta\lambda}{B} = H \quad (58)$$

$$\frac{1}{\cos^2 \varphi_1 V_1^2} = K \quad (59)$$

$$\operatorname{tg}^2 \varphi_1 + \frac{b^2}{a^2} = L \quad (60)$$

$$N_1 e^2 \sin \varphi_1 = T \quad (61)$$

ahol az (59)-ben előforduló  $V_1$  ellipszoidos tényező, értéke :

$$V_1^2 = \frac{c^2}{N_1^2} = \frac{a^4}{b^2 N_1^2}. \quad (62)$$

Az (59)–(61) alatti kifejezések tehát adott méretű ellipszoid esetében csak a  $P_1$  pont földrajzi szélességétől függnnek. Így adott ellipszoidra a  $K$ ,  $L$  és  $T$  értéke a földrajzi szélesség függvényében (pl. annak minden ívpernyi értékére) táblázatba foglalható. Felhívjuk a figyelmet arra, hogy a (58) egyenletben előforduló  $H$  értékét azonban az (51) kifejezéscsoport második képlete szerint mind a  $P_1$ , mind a  $P_2$  pont földrajzi szélessége és a két ponton átfektetett meridiánok hosszúságkülönbsége befolyásolja, tehát adott pontokra ezt az értéket táblázatból nem vehetjük ki, hanem azt (58) és (51) megfelelő képlete alapján esetenként ki kell számítani.

Az (52) és (58) alapján írhatjuk a következőket, ha behelyettesítjük az (51) alatti egyenletekből a koefficiensek értékét

$$\frac{A^2 + C^2}{B^2} = H^2 \sec^2 \varphi_1 \tag{63}$$

az (58) és (60) alapján pedig :

$$\frac{A^2 + \frac{b^2}{a^2} C^2}{B^2} = H^2 L \tag{64}$$

$$\frac{A}{B} = -H \operatorname{tg} \varphi_1. \tag{65}$$

Az (57) alatti egyenletünknek tehát a (63) és (64) rövidítő jelölések bevezetésével a következő alakja lesz :

$$b_1^2 = b^2 \frac{1 + H^2 \sec^2 \varphi_1}{1 + H^2 L}. \tag{66}$$

Az (54) alatti egyenletheől adódik, ha  $D_0$  értékében  $B$ -vel egyszerűsítünk, továbbá figyelembe vesszük a (63)–(65) kifejezéseket, hogy :

$$\begin{aligned} C_0 D_0 &= 2a^2 b^2 \frac{x_1}{\sqrt{1 + \frac{A^2}{B^2}}} \frac{1 + H^2 \sec^2 \varphi_1}{1 + H^2 L} = \\ &= 2a^2 b^2 x_1 \frac{1 + H^2 \sec^2 \varphi_1}{\sqrt{1 + H^2 \operatorname{tg}^2 \varphi_1} (1 + H^2 L)}. \end{aligned} \tag{67}$$

Viszont az (56) és (66) alapján írhatjuk, hogy :

$$2a_1^2 b_1^2 = 2a^2 b^2 \frac{1 + H^2 \sec^2 \varphi_1}{1 + H^2 L}. \tag{68}$$

Az ellipszis középpontjának  $h$  koordinátája a [14] alatt idézett tanulmány (20) egyenlete alapján írható a következőképpen, ha még figyelembe vesszük, hogy  $B_0 = 0$ , és helyettesítjük a (67) és (68) kifejezésből kapott értékeket :

$$h = \frac{B_0 E_0 - 2C_0 D_0}{4a_1^2 b_1^2} = -\frac{C_0 D_0}{2a_1^2 b_1^2} = -\frac{x_1}{\sqrt{1 + H^2 \operatorname{tg}^2 \varphi_1}} \tag{69}$$

Helyettesítsük be (69) alatti egyenletünknek négyzetreemelt alakjába  $x_1$ -nek (43) alatti értékét, és vegyük figyelembe a (62) kifejezést :

$$h^2 = \frac{a^4}{b^2 V_1^2} \cdot \frac{\cos^2 \varphi_1}{1 + H^2 \operatorname{tg}^2 \varphi_1} \quad (70)$$

Az (54) egyenlet felhasználásával, ha figyelembe vesszük a (24) egyenletből  $U$  értékét, továbbá a (63) és (64) kifejezést, felírhatjuk az

$$A_0 E_0 = b^2 \frac{1 + H^2 \sec^2 \varphi_1}{1 + H^2 L} \cdot 2a^2 \frac{(A^2 + B^2 + C^2)(A^2 + B^2 + C^2) z_1}{(\sqrt{A^2 + B^2}) \sqrt{A^2 + B^2 + C^2} \left( A^2 + B^2 + \frac{b^2}{a^2} C^2 \right)}$$

egyenletet. Egyszerűsítsünk ebben  $B^2$ -tel, és helyettesítsük be  $z_1$  értékét a (43) egyenletből. Ha ismét figyelembe vesszük a (62) kifejezést, akkor írhatjuk, hogy :

$$A_0 E_0 = 2a^2 b^2 \frac{1 + H^2 \sec^2 \varphi_1}{1 + H^2 L} \frac{\left( 1 + \frac{A^2 + C^2}{B^2} \right) \left( 1 + \frac{A^2 + C^2}{B^2} \right) \frac{b^2}{a^2} \frac{a^2}{b} \frac{1}{V_1} \sin \varphi_1}{\left( \sqrt{1 + \frac{A^2}{B^2}} \sqrt{1 + \frac{A^2 + C^2}{B^2}} \right) \left( 1 + \frac{A^2 + \frac{b^2}{a^2} C^2}{B^2} \right)}$$

Helyettesítsük be képletünkbe a (63)–(65) alatti rövidítéseket. Így az

$$A_0 E_0 = \frac{2a^2 b^3}{V_1} \frac{1 + H^2 \sec^2 \varphi_1}{1 + H^2 L} \frac{(1 + H^2 \sec^2 \varphi_1)^{3/2}}{\sqrt{1 + H^2 \operatorname{tg}^2 \varphi_1}} \cdot \frac{\sin \varphi_1}{(1 + H^2 L)} \quad (71)$$

alakot veszi fel.

Az ellipszis középpontjának  $k$  koordinátája pedig a [14] alatti tanulmány (21) képletének felhasználásával, ha ismét figyelembe vesszük, hogy esetünkben  $B_0 = 0$ , és behelyettesítjük a (68) és (71) kifejezést :

$$k = \frac{B_0 D_0 - 2A_0 E_0}{4a_1^2 b_1^2} = - \frac{A_0 E_0}{2a_1^2 b_1^2} = - \frac{b \sin \varphi_1 (1 + H^2 \sec^2 \varphi_1)^{3/2}}{V_1 \sqrt{1 + H^2 \operatorname{tg}^2 \varphi_1} (1 + H^2 L)} \quad (72)$$

alakba írható, vagyis a  $k$  koordináta négyzete a

$$k^2 = \frac{b^2}{V_1^2} \sin^2 \varphi_1 \frac{(1 + H^2 \sec^2 \varphi_1)^3}{(1 + H^2 \operatorname{tg}^2 \varphi_1) (1 + H^2 L)^2} \quad (73)$$

alakot kapja.



Az (55) egyenletben előforduló  $\frac{1}{m}$  módosító szorzó értékét pedig megkapjuk, ha a [14] tanulmány (25) alatti egyenletébe behelyettesítjük  $h^2, k^2, a_1^2$  és  $b_1^2$  értékét. Ezt az egyenletet először lényegesen egyszerűbb alakra alakíthatjuk át. Az (54) alapján ugyanis  $B_0 = F_0 = O$ ; vegyük figyelembe még az (56) és (57) kifejezést, így a módosító szorzó képlete

$$\frac{1}{m} = \frac{1}{2a_1^2 b_1^2} [(h^2 + k^2)(a_1^2 + b_1^2) + (k^2 - h^2)(a_1^2 - b_1^2)]$$

lesz.

Ha elvégezzük a kijelölt beszorzásokat, majd az egyszerűsítéseket, akkor a módosító szorzóra az

$$\frac{1}{m} = \frac{h^2}{a_1^2} + \frac{k^2}{b_1^2} \tag{74}$$

kifejezést kapjuk. Helyettesítsük be egyenletünkbe a (70), (73), (56) és (66) kifejezésekből a megfelelő értékeket, végezzük el az egyszerűsítéseket és kiemeléseket, akkor (74) az alábbi:

$$\frac{1}{m} = \frac{1}{V_1^2(1 + H^2 \operatorname{tg}^2 \varphi_1)(1 + H^2 L)} \left[ \frac{a^2}{b^2} \cos^2 \varphi_1 (1 + H^2 L) + \sin^2 \varphi_1 \left( 1 + \frac{H^2}{\cos^2 \varphi_1} \right)^2 \right]$$

A szögletes zárójelen belül végezzük el a kijelölt négyzetreemelést, beszorzásokat, vegyük figyelembe  $L$  értékét a (60) kifejezésből, és vonjuk össze az így kapott tagokat. Ezek után

$$\frac{1}{m} = \frac{\frac{a^2}{b^2} \cos^2 \varphi_1 (1 + H^2 \operatorname{tg}^2 \varphi_1) + \sin^2 \varphi_1 + \frac{H^4 \operatorname{tg}^2 \varphi_1}{\cos^2 \varphi_1} + H^2 (\cos^2 \varphi_1 + 2 \operatorname{tg}^2 \varphi_1)}{V_1^2(1 + H^2 \operatorname{tg}^2 \varphi_1)(1 + H^2 L)}$$

lesz. A számlálóban álló kifejezés értékéhez adjunk hozzá és ugyanakkor vonjunk is le  $(H^2 \sin^2 \varphi_1 \operatorname{tg}^2 \varphi_1 + H^2 \sec \varphi_1)$  kifejezést:

$$\frac{1}{m} =$$

$$= \frac{\frac{a^2}{b^2} \cos^2 \varphi_1 (1 + H^2 \operatorname{tg}^2 \varphi_1) + \sin^2 \varphi_1 (1 + H^2 \operatorname{tg}^2 \varphi_1) + H^2 \sec^2 \varphi_1 (H^2 \operatorname{tg}^2 \varphi_1 + 1) + H^2 w}{V_1^2(1 + H^2 \operatorname{tg}^2 \varphi_1)(1 + H^2 L)} \tag{75}$$

Itt

$$\begin{aligned} w &= \cos^2 \varphi_1 + 2 \operatorname{tg}^2 \varphi_1 - \sin^2 \varphi_1 \operatorname{tg}^2 \varphi_1 - \sec^2 \varphi_1 = \\ &= \cos^2 \varphi_1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_1 (1 - \sin^2 \varphi_1) + \operatorname{tg}^2 \varphi_1 - \frac{1}{\cos^2 \varphi_1} \end{aligned}$$

mely a goniometriából ismert összefüggések alapján átalakítható az alábbi módon :

$$w = \cos^2 \varphi_1 (1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_1) - \frac{1 - \sin^2 \varphi_1}{\cos^2 \varphi_1} = \frac{\cos^2 \varphi_1 - \cos^2 \varphi_1}{\cos^2 \varphi_1} = 0$$

vagyis a (75) egyenlethől a  $w$ -t tartalmazó tag kiesik és így  $(1 + H^2 \operatorname{tg}^2 \varphi_1)$  tényezővel egyszerűsíthetünk :

$$\frac{1}{m} = \frac{1}{V_1^2 (1 + H^2 L)} \left( \frac{a^2}{b^2} \cos^2 \varphi_1 + \sin^2 \varphi_1 + H^2 \sec^2 \varphi_1 \right).$$

Képletünkben  $\sin^2 \varphi_1$  helyett  $(1 - \cos^2 \varphi_1)$  írható, tehát

$$\frac{1}{m} = \frac{1}{V_1 (1 + H^2 L)} \left[ 1 + \cos^2 \varphi_1 \left( \frac{a^2}{b^2} - 1 \right) + H^2 \sec^2 \varphi_1 \right]. \quad (76)$$

A forgási ellipszoidra vonatkozó megfelelő összefüggések alapján a második numerikus excentricitás értéke :

$$e'^2 = \frac{a^2}{b^2} - 1. \quad (77)$$

a  $V_1^2$  ellipszoidikus tényező értéke pedig :

$$V_1^2 = 1 + e'^2 \cos^2 \varphi_1. \quad (78)$$

Ezeket figyelembe véve a (76) egyenletünk a következő alakot veszi fel :

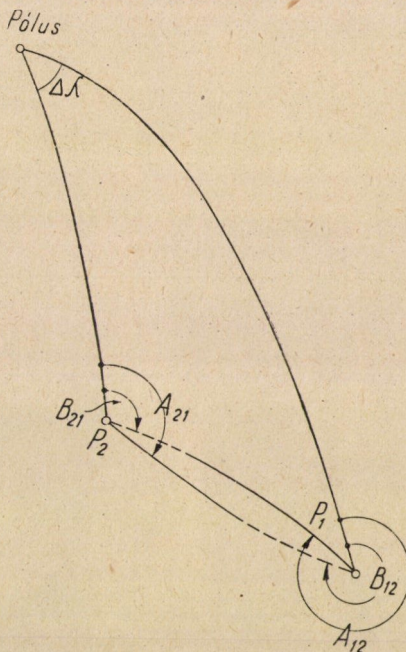
$$\frac{1}{m} = \frac{V_1^2 + \frac{H^2}{\cos^2 \varphi_1}}{V_1^2 (1 + H^2 L)}.$$

Osszunk végig  $V_1^2$ -tel a számlálóban is és a nevezőben is és vegyük figyelembe  $K$  értékét az (59) egyenlethől. A módosító szorzónk értéke így végül is a következő :

$$\boxed{\frac{1}{m} = \frac{1 + H^2 K}{1 + H^2 L}} \quad (79)$$

A metszési ellipszis fél nagytengely hosszát megkapjuk, ha az (55) alatti egyenletbe behelyettesítjük az (56) és (79) egyenletekben előforduló kifejezéseket :

$$a_0^2 = \frac{1}{m} a_1^2 = a^2 \frac{1 + H^2 K}{1 + H^2 L} \quad (80)$$



3. ábra

A fél kistengely hosszára pedig a (66) és (79) felhasználásával írható, hogy :

$$b_0^2 = \frac{1}{m} b_1^2 = b^2 \frac{(1 + H^2 K)(1 + H^2 \sec^2 \varphi_1)}{(1 + H^2 L)^2} \quad (81)$$

A metszési ellipszis első és második excentricitásának kiszámítására kellő behelyettesítés és egyszerűsítés után a következő egyenletek szolgálnak :

$$e_0^2 = \frac{a_0^2 - b_0^2}{a_0^2} = e^2 \frac{1 + H^2 \operatorname{tg}^2 \varphi_1}{1 + H^2 L} \quad (82)$$

$$e_0'^2 = \frac{a_0^2 - b_0^2}{b_0^2} = e'^2 \frac{1 + H^2 \operatorname{tg}^2 \varphi_1}{1 + H^2 \sec^2 \varphi_1} \quad (83)$$

A normálmetszet-ellipszis méretmeghatározó adatainak levezetése után határozzuk meg most a normálmetszet azimutját.

Egy normálmetszet  $A_{12}$  azimutja alatt azt a szöget értjük, amelyet a normálmetszet síkja a  $P_1$  ponton áthaladó meridiánsíkkal bezár.  $B_{21}$  ellenazimut alatt viszont ugyanennek a normálmetszet síknak a  $P_2$  ponton átfektetett meridiánsíkkal bezárt szögét értjük (3. ábra).

Jelöljük a normálmetszet síkjának koefficienseit 1-es indexszel, a meridián síkét pedig 2-sel, akkor a két sík egyenlete:

$$\begin{aligned} A_1 x + B_1 y + C_1 z &= D_1 \\ A_2 x + B_2 y + C_2 z &= D_2. \end{aligned}$$

A két sík között bezárt  $A_{12}$  szög cosinusa a téranalitika idevonatkozó tétele szerint (pl. [10] 63. lap (1) képlete alapján):

$$\cos A_{12} = \frac{A_1 A_2 + B_1 B_2 + C_1 C_2}{\sqrt{A_1^2 + B_1^2 + C_1^2} \sqrt{A_2^2 + B_2^2 + C_2^2}}. \quad (84)$$

A 2. ábrában bemutatott koordinátatengely-elrendezés mellett a  $P_1$ -en áthaladó meridiánsík, vagyis esetünkben az  $xz$  koordinátasík egyenlete:

$$0 \cdot x + 1 \cdot y + 0 \cdot z = 0. \quad (85)$$

Helyettesítsük be a (85) egyenletben foglalt koefficienseket a (84)-be, akkor általános jelölésekkel a normálmetszet azimutjának cosinusa lesz:

$$\cos A_{12} = \frac{B}{-\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}}. \quad (86)$$

Emeljük a (86) kifejezés mindkét oldalát négyzetre, a jobboldal számlálójában és nevezőjében osszunk végig  $B^2$ -tel, és vegyük figyelembe a (63) alatti jelölést. Ennek megfelelően írhatjuk, hogy:

$$\cos^2 A_{12} = \frac{1}{1 + H^2 \sec^2 \varphi_1} \quad (87)$$

illetőleg a goniometriából ismert összefüggésekkel átalakítva értékeinket:

$$\sin^2 A_{12} = 1 - \cos^2 A_{12} = \frac{A^2 + C^2}{A^2 + B^2 + C^2} = \frac{1}{1 + \frac{\cos^2 \varphi_1}{H^2}} \quad (88)$$

$$\operatorname{ctg} A_{12} = \frac{\cos A_{12}}{\sin A_{12}} = \frac{-B}{\sqrt{A^2 + B^2}} = -\frac{\cos \varphi_1}{H}. \quad (89)$$

Az eddig történt levezetések végeredményeit ellenőrizhetjük azzal, hogy meghatározzuk a normálmetszet ellipszisének görbületi sugarát. Ez a meghatározás két egymástól független úton történhetik. Egyrészt úgy, hogy keressük az ellipszoid  $P_1$  felületi pontjánál az  $A_{12}$  azimuttal meghatározott irányban futó görbületi sugarat EULER-tétel felhasználásával. Másrészt a síkbeli ellipszire vonatkozó  $a_0, b_0$  fél tengelyméretek és  $h$  és  $k$  központra vonatkozó koordináták ismeretében szintén meghatározhatjuk az ellipszis görbületi sugarát. Az így kapott két kifejezésnek természetesen egyezniük kell.

Az EULER-tétel tudvalevőleg [15] :

$$\frac{1}{\varrho} = \frac{\cos^2 A_{12}}{M_1} + \frac{\sin^2 A_{12}}{N_1} \tag{90}$$

ahol  $N_1$  a harántgörbületi,  $M_1$  pedig a meridiánirányú görbületi sugar. Utóbbira érvényes az

$$\frac{1}{M_1} = \frac{V_1^3}{c} = \frac{bV_1^3}{a^2} \tag{91}$$

összefüggés. Helyettesítsük be (90) alatti kifejezésünkbe a (62), (87), (88) és (91) értékét :

$$\frac{1}{\varrho} = \frac{\cos^2 \varphi_1}{\cos^2 \varphi_1 + H^2} \cdot \frac{V_1^3 b}{a^2} + \frac{H^2}{H^2 + \cos^2 \varphi_1} \cdot \frac{V_1 b}{a^2} = \frac{V_1 b}{a^2} \cdot \frac{H^2 + V_1^2 \cos^2 \varphi_1}{H^2 + \cos^2 \varphi_1}$$

illetőleg

$$\varrho = \frac{a^2}{V_1 b} \cdot \frac{H^2 + \cos^2 \varphi_1}{H^2 + V_1^2 \cos^2 \varphi_1} \tag{92}$$

Lássuk most a görbületi sugar meghatározását a normálmetszet-ellipszis féltengely-méreteiből és a  $P_1$  pontnak a középpontra vonatkozó  $h$  és  $k$  koordinátáiból [16] :

$$\varrho = a_0^2 b_0^2 \left( \frac{h^2}{a_0^4} + \frac{k^2}{b_0^4} \right)^{\frac{3}{2}} \tag{93}$$

De a (70) és (80) alapján írhatjuk, hogy

$$\frac{h^2}{a_0^4} = \frac{\cos^2 \varphi_1 (1 + H^2 L)^2}{b^2 V_1^2 (1 + H^2 \operatorname{tg}^2 \varphi_1) (1 + H^2 K)^2} \tag{94}$$

és a (73) és (81)-ből :

$$\frac{k^2}{b_0^4} = \frac{\sin^2 \varphi_1 (1 + H^2 \sec^2 \varphi_1) (1 + H^2 L)^2}{V_1^2 b^2 (1 + H^2 \operatorname{tg}^2 \varphi_1) (1 + H^2 K)^2} \tag{95}$$

Végül a (80) és (81) alatti kifejezésekből :

$$a_0^2 b_0^2 = \frac{a^2 b^2 (1 + H^2 K)^2 (1 + H^2 \sec^2 \varphi_1)}{(1 + H^2 L)^3} \tag{96}$$

Tehát a görbületi sugar a megfelelő kiemelések elvégzése után :

$$\varrho = \frac{a^2 b^2 (1 + H^2 K)^2 (1 + H^2 \sec^2 \varphi_1)}{(1 + H^2 L)^3} \cdot \frac{(1 + H^2 L)^3}{[V_1^2 b^2 (1 + H^2 \operatorname{tg}^2 \varphi_1) (1 + H^2 K)^2]^{3/2}} \left\{ \cos^2 \varphi_1 + \sin^2 \varphi_1 (1 + H^2 \sec^2 \varphi_1) \right\}^{3/2}$$

vagy elvégezve a kijelölt műveleteket és figyelembe véve a lehetséges goniometriai átalakításokat :

$$\varrho = \frac{a^2}{bV_1^3} \frac{(1 + H^2 \sec \varphi_1)}{(1 + H^2 \operatorname{tg}^2 \varphi_1)^{3/2} (1 + H^2 K)} \left\{ 1 + H^2 \operatorname{tg}^2 \varphi_1 \right\}^{3/2} = \frac{a^2}{bV_1} \cdot \frac{\cos^2 \varphi_1 + H^2}{V_1^2 + H^2 V_1^2 K} \tag{97}$$

Végül vigyük  $\frac{1}{\cos^2 \varphi_1}$  értékét szorzóként a nevezőbe, és vegyük figyelembe  $K$ -t az (59) egyenletből, akkor a görbületi sugárra a következőt kapjuk :

$$\rho = \frac{a^2}{bV_1} \cdot \frac{\cos^2 \varphi_1 + H^2}{V_1^2 \cos^2 \varphi_1 + H^2}. \quad (97)$$

A görbületi sugár (92) és (97) alatti kifejezéseink egymással való megegyezése az eddigi levezetések helyességét igazolja.

Határozzuk meg a metszési ellipszis középpontjának térbeli koordinátáit  $(x_0, y_0, z_0)$  a 2. ábrán feltüntetett tengelyhelyezés esetében. Mivel az (5) alatti egyenlet a metszési ellipszisnek az  $xy$  koordinátasíkra történt ortogonális vetületeként is felfogható, tehát az ellipszis középpontja is ortogonálisan vetítődik. Vagyis az (5) egyenletből számított középponti  $x_0$  és  $y_0$  koordináták a térbeli megfelelőikkel egyeznek meg. Ugyanez vonatkozik a (6) egyenletből számított  $x_0, z_0$  középponti koordinátákra is.

Az (5) ellipszis-egyenletből a következő koefficienseket írhatjuk :

$$\left. \begin{aligned} A_0 &= A^2 + \frac{b^2}{a^2} C^2 & D_0 &= -2AD \\ B_0 &= 2AB & E_0 &= -2BD \\ C_0 &= B^2 + \frac{b^2}{a^2} C^2 & F_0 &= D^2 - b^2 C^2 \end{aligned} \right\} \quad (98)$$

Képezzük először  $(4 a_1^2 b_1^2)$  értékét az (56) és (57) egyenletek felhasználásával :

$$4a_1^2 b_1^2 = 4 \frac{1}{2} \left[ C_0 + A_0 + \sqrt{B_0^2 + (C_0 - A_0)^2} \right] \frac{1}{2} \left[ C_0 + A_0 - \sqrt{B_0^2 + (C_0 - A_0)^2} \right] = (C_0 + A_0)^2 - B_0^2 - (C_0 - A_0)^2 = 4A_0 C_0 - B_0^2 \quad (99)$$

Az  $x_0$  középponti koordinátát megkapjuk, ha a (69) alatti egyenletbe behelyettesítjük a (99) kifejezést :

$$h = x_0 = \frac{B_0 E_0 - 2C_0 D_0}{4A_0 C_0 - B_0^2} \quad (100)$$

Képezzük a (98) alatti koefficiensek felhasználásával a (99) értékét :

$$4A_0 C_0 - B_0^2 = 4 \frac{b^2}{a^2} C^2 \left( A^2 + B^2 + \frac{b^2}{a^2} C^2 \right) \quad (101)$$

Ha a (101) és (98) egyenleteket (100)-ba behelyettesítjük, elvégezzük a rendezéseket és egyszerűsítéseket, akkor az  $x_0$  középponti koordinátára általánosan az

$$x_0 = \frac{AD}{A^2 + B^2 + \frac{b^2}{a^2}C^2} \quad (102)$$

kifejezést kapjuk.

Mivel az ellipszis középpontjának  $k$  koordinátájára jelenleg  $y_0$  jelzést használunk, ennek értékét a (72) egyenlethől kapjuk, ha annak nevezőjébe behelyettesítjük a (99) kifejezést:

$$k = y_0 = -\frac{B_0 D_0 - 2A_0 E_0}{4A_0 C_0 - B_0^2} = \frac{BD}{A^2 + B^2 + \frac{b^2}{a^2}C^2}. \quad (103)$$

Az ellipszisnek az  $xz$  koordinátasíkra történt vetítéséből származó (6) alatti egyenletéből a megfelelő koeficiensek:

$$\left. \begin{aligned} A_0 &= A^2 + B^2 & D_0 &= -2AD \\ B_0 &= 2AC & E_0 &= -2CD \\ C_0 &= C^2 + \frac{a^2}{b^2}B^2 & F_0 &= D^2 - a^2 B^2 \end{aligned} \right\} \quad (104)$$

Ezekből az értékekből a (99) kifejezés a

$$4A_0 C_0 - B_0^2 = 4 \frac{a^2}{b^2} B^2 \left( A^2 + B^2 + \frac{b^2}{a^2} C^2 \right)$$

alakban írható. A (100) és (103) egyenletek újra megadják a középpont megfelelő koordinátáit:

$$h = x_0 = \frac{AD}{A^2 + B^2 + \frac{b^2}{a^2}C^2} \quad (105)$$

$$k = z_0 = \frac{\frac{b^2}{a^2} CD}{A^2 + B^2 + \frac{b^2}{a^2}C^2}. \quad (106)$$

A középpont  $x_0$ ,  $y_0$  és  $z_0$  koordinátáinak (102), (103) és (106) egyenlete az ellipszoid általános síkmetszetére vonatkozik. Normálmetszet-síkkal történt áthatásnál pedig az előbbi egyenleteket eddigi jelöléseinknek megfelelően cél-

szerűbb alakra hozhatjuk. Osszuk el  $B^2$ -tel az egyenletek jobboldalának nevezőit és számlálóit, vegyük figyelembe az (52) és (58)–(61) kifejezésekből, hogy :

$$\frac{AD}{B^2} = H^2 T \operatorname{tg} \varphi_1 \quad (107)$$

$$\frac{D}{B} = -HT \quad (108)$$

$$\frac{CD}{B^2} = -H^2 T. \quad (109)$$

Továbbá használjuk fel a (64) alatti rövidítő jelölést, akkor a térbeli koordináták a következők lesznek :

$$x_0 = \frac{H^2 T \operatorname{tg} \varphi_1}{1 + H^2 L} \quad (110)$$

$$y_0 = -\frac{HT}{1 + H^2 L} \quad (111)$$

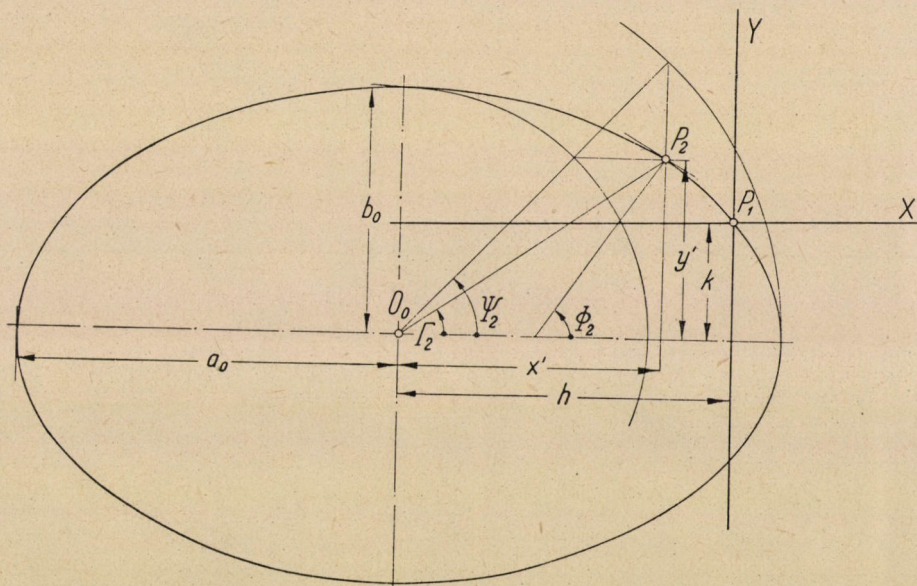
$$z_0 = -\frac{\frac{b^2}{a^2} H^2 T}{1 + H^2 L} \quad (112)$$

Befejezésül határozzunk meg néhány jellemző hajlásszöget a síkba transzformált ellipszisünknél. A jellemző szögértékeknek az egyik szára minden esetben az ellipszis nagytengeleyének iránya, a másik szára a vizsgált pont normálisa, vagy az az irány, amelyet az ellipszis középpontján és a vizsgált ponton áthaladó egyenes alkot, vagy pedig az az egyenes, amely egyrészt ismét az ellipszis középpontján halad keresztül, másrészt pedig azon a ponton, amelyik úgy jön létre, hogy a vizsgált ponton át a nagytengeleyre merőlegesen emelt egyenes metszi az ellipszis külső érintőkörét. (A külső érintőkör az a kör, amelynek középpontja egybeesik az ellipszis középpontjával, és amely áthalad az ellipszis nagytengeleyének két végpontján.)

Az említett szárak által alkotott szögeket a *normális hajlásszögének* ( $\Phi$ ), a *poláris tengelyrendszer változó szögének* ( $I'$ ), illetve az *excentrikus anomáliának* ( $\Psi$ ) nevezzük. (4. ábra.) Ha az áthatási ellipszisünket összehasonlítjuk egy for-



gási ellipszoid meridián-ellipszisével, akkor a földrajzi szélességnek esetünkben a megfelelője a normális hajlásszöge lesz, a geocentrikus szélességnek a poláris tengelyrendszer változó szöge és végül a meridián-ellipszis redukált szélességének az excentrikus anomália felel meg. Ezeket a jellemző szögértékeket legcélszerűbben az ellipszis középpontjára vonatkozó  $x'$  és  $y'$  koordinátákkal határozhatjuk meg. A 4. ábrából leolvashatjuk, hogy :



4. ábra

$$\operatorname{tg} \Gamma = \frac{y'}{x'} \tag{113}$$

A normális hajlásszögének tangensét nyerjük, ha [7] 33. lap alján levő képletbe  $\varphi$  helyett  $\Phi$ -t,  $a$  és  $b$  helyett  $a_0$  és  $b_0$ -at, továbbá jelöléseinek megfelelően  $p$  helyett  $x'$ -et és  $z$  helyett  $y'$ -et helyettesítünk be :

$$\operatorname{tg} \Phi = \frac{a_0^2}{b_0^2} \cdot \frac{y'}{x'} = \frac{a_0^2}{b_0^2} \operatorname{tg} \Gamma. \tag{114}$$

Az excentrikus anomáliát meghatározó egyenletünket pedig az előbb említett tanulmány ugyancsak 33. lapján előforduló (2.2) képletből kapjuk, ha a fentebbi jelöléseket felhasználjuk, és  $\beta$  helyett  $\Psi$ -t helyettesítünk be :

$$\operatorname{tg} \Psi = \frac{a_0}{b_0} \cdot \frac{y'}{x'} = \frac{a_0}{b_0} \operatorname{tg} \Gamma. \tag{115}$$

Képezzük ezeket a szögértékeket mind a  $P_1$ , mind a  $P_2$  pontra vonatkozóan. A  $P_1$  pontnál

$$y'_1 = k, \quad x'_1 = h$$

helyettesítéssel kell élnünk. Vegyük figyelembe a (70) és (73) kifejezéseket, akkor ezek alapján (113) értékére az alábbiakat írhatjuk :

$$\boxed{\operatorname{tg} \Gamma_1 = \operatorname{tg} \varphi_1 \frac{b^2}{a^2} \cdot \frac{(1 + H^2 \sec^2 \varphi_1)^{3/2}}{1 + H^2 L}} \quad (116)$$

A (80) és (81) kifejezésekből :

$$\frac{a_0}{b_0} = \frac{a}{b} \frac{(1 + H^2 L)^{1/2}}{(1 + H^2 \sec^2 \varphi_1)^{1/2}} \quad (117)$$

tehát a normális hajlásszögének tangense :

$$\boxed{\operatorname{tg} \Phi_1 = \operatorname{tg} \varphi_1 \sqrt{1 + H^2 \sec^2 \varphi_1}} \quad (118)$$

illetőleg goniometriai átalakítások után :

$$\cos^2 \Phi_1 = \frac{1}{1 + \operatorname{tg}^2 \Phi_1} = \frac{\cos^2 \varphi_1}{1 + H^2 \operatorname{tg}^2 \varphi_1} \quad (119)$$

és az excentrikus anomália tangense a (115) egyenletbe történt behelyettesítéssel :

$$\boxed{\operatorname{tg} \Psi_1 = \operatorname{tg} \varphi_1 \frac{b}{a} \frac{1 + H^2 \sec^2 \varphi_1}{\sqrt{1 + H^2 L}}} \quad (120)$$

A  $P_2$  pont transzformált  $X_2$  és  $Y_2$  koordinátáit a (28) és (29) egyenletekből határozhatjuk meg. A (28) egyenlet jobboldalán a nevezőt és számlálót osszuk végig  $B$ -vel, vegyük figyelembe (43) és (65) kifejezéseket. A (28) egyenletben index nélküli tagok most  $P_2$  pontra vonatkoznak, tehát :

$$X_2 = \frac{1}{\sqrt{1 + H^2 \operatorname{tg}^2 \varphi_1}} (x_2 - x_1 + H \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot y_2). \quad (121)$$

A (29)-be helyettesítsük be a (2) és (31) egyenletek értékeit. Kiemelések és egyszerűsítések után írhatjuk, hogy :

$$Y_2 = \frac{A^2 + B^2 + C^2}{U} (z_2 - z_1).$$

Vegyük figyelembe  $U$  értékét a (24) egyenlethől, osszuk végig a tört számlálóját és nevezőjét  $B^2$ -tel, és alkalmazzuk a (63) és (65) rövidítő jelöléseket :

$$Y_2 = \sqrt{\frac{1 + H^2 \sec^2 \varphi_1}{1 + H^2 \operatorname{tg}^2 \varphi_1}} (z_2 - z_1). \quad (122)$$

A 4. ábrából leolvashatjuk, hogy a síkbeli ellipszis  $P_2$  pontjának koordinátái a középpontra vonatkoztatva :

$$x'_2 = h + X_2, \quad y'_2 = k + Y_2. \quad (123)$$

A (70) és (121) egyenlet felhasználásával írhatjuk, hogy

$$x'_2 = h + X_2 = \frac{1}{(1 + H^2 \operatorname{tg}^2 \varphi_1)^{1/2}} \left[ \frac{a^2}{bV_1} \cos \varphi_1 + x_2 - x_1 + H \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot y_2 \right].$$

Helyettesítsük be a szögletes zárójelbe tett kifejezésbe  $x_1$ -nek a (43),  $x_2$  és  $y_2$ -nek a (45) egyenletben megadott értékét. Majd térjünk át ezekben a kifejezésekben előforduló harántgörbületi sugárról  $V$  ellipszoidos tényezőre a (62) egyenlet alapján. Kiemelések elvégzése után írhatjuk, hogy :

$$x'_2 = \frac{a^2 \cos \varphi_2}{bV_2 (1 + H^2 \operatorname{tg}^2 \varphi)^{1/2}} (\cos \Delta\lambda + H \operatorname{tg} \varphi_1 \sin \Delta\lambda). \quad (124)$$

A középpontra vonatkozó  $y'_2$  koordinátát pedig megkapjuk, ha a (73) és (122) egyenletet behelyettesítjük (123)-ba :

$$y'_2 = k + Y_2 = \sqrt{\frac{1 + H^2 \sec^2 \varphi_1}{1 + H^2 \operatorname{tg}^2 \varphi_1}} \left[ \frac{b \sin \varphi_1 (1 + H^2 \sec^2 \varphi_1)}{V_1 (1 + H^2 L)} + z_2 - z_1 \right].$$

Vegyük figyelembe  $z_1$  és  $z_2$  koordináták értékét a (43) és a (45) egyenlethől. A harántgörbületi sugárról térjünk rá itt is a  $V$  ellipszoidos tényezőre, így megfelelő összevonások és egyszerűsítések után az

$$y'_2 = b \sqrt{\frac{1 + H^2 \sec^2 \varphi_1}{1 + H^2 \operatorname{tg}^2 \varphi_1}} \left[ \frac{\sin \varphi_1 H^2 (\sec^2 \varphi_1 - L)}{V_1 (1 + H^2 L)} + \frac{\sin \varphi_2}{V_2} \right] \quad (125)$$

egyenletet kapjuk. A (60) és (48) kifejezések alapján írhatjuk, hogy :

$$\sec^2 \varphi_1 - L = 1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_1 - \left( \operatorname{tg}^2 \varphi_1 + \frac{b^2}{a^2} \right) = e^2.$$

Helyettesítsük be ezt az értéket a (125) egyenletbe :

$$y'_2 = b \sqrt{\frac{1 + H^2 \sec^2 \varphi_1}{1 + H^2 \operatorname{tg}^2 \varphi_1}} \cdot \frac{\sin \varphi_2}{V_2 (1 + H^2 L)} \left[ \frac{V_2}{\sin \varphi_2} \cdot \frac{\sin \varphi_1}{V_1} H^2 e^2 + 1 + H^2 L \right]. \quad (126)$$

A szögletes zárójelbe tett kifejezés még egyszerűbb alakba hozható. Mostani vizsgálataink érdekében  $T$ -nek a (61) alatti rövidítésében különböztessük meg azt az esetet 1 indexszel, amikor  $\varphi_1$ -et, 2 indexszel pedig azt az esetet, amikor  $\varphi_2$  értékét helyettesítjük be.  $T_1$  és  $T_2$  értéke adott  $\varphi_1$  és  $\varphi_2$ -nél a már említett táblázatokból kivethető. A (61) kifejezésből ennek megfelelően írhatjuk, hogy :

$$\frac{\sin \varphi_1}{V_1} = \frac{T_1 b}{a^2 e^2}; \quad \frac{\sin \varphi_2}{V_2} = \frac{T_2 b}{a^2 e^2} \quad (127)$$

A (126) alatt jelzett egyenletünk végül tehát a következő alakot veszi fel :

$$y'_2 = \frac{[b \sin \varphi_2 (1 + H^2 \sec^2 \varphi_1)^{1/2}]}{V_2 (1 + H^2 L) (1 + H^2 \operatorname{tg}^2 \varphi_1)^{1/2}} \left[ 1 + H^2 \left( e^2 \frac{T_1}{T_2} + L \right) \right]. \quad (128)$$

A  $P_2$  pontra vonatkozó jellemző szögértékek tehát a következők. Ha a (124) és (128) kifejezést behelyettesítjük a (113)-ba, akkor a poláris tengelyrendszer változó szögértékére a

$$\operatorname{tg} \Gamma_2 = \frac{y'_2}{x'_2} = \frac{b^2}{a^2} \operatorname{tg} \varphi_2 \cdot \frac{(1 + H^2 \sec^2 \varphi_1)^{1/2} \left[ 1 + H^2 \left( e^2 \frac{T_1}{T_2} + L \right) \right]}{(1 + H^2 L) (\cos \Delta \lambda + H \operatorname{tg} \varphi_1 \sin \Delta \lambda)} \quad (129)$$

összefüggést kapjuk. A normális hajlásszöge :

$$\operatorname{tg} \Phi_2 = \frac{a_0^2}{b_0^2} \operatorname{tg} \Gamma_2 = \operatorname{tg} \varphi_2 \frac{1 + H^2 \left( e^2 \frac{T_1}{T_2} + L \right)}{(1 + H^2 \sec^2 \varphi_1)^{1/2} (\cos \Delta \lambda + H \operatorname{tg} \varphi_1 \sin \Delta \lambda)} \quad (130)$$

és végül az excentrikus anomália szögértékének tangense :

$$\operatorname{tg} \Psi_2 = \frac{b}{a} \operatorname{tg} \varphi_2 \frac{1 + H^2 \left( e^2 \frac{T_1}{T_2} + L \right)}{(1 + H^2 L)^{1/2} (\cos \Delta \lambda + H \operatorname{tg} \varphi_1 \sin \Delta \lambda)} \quad (131)$$

A közzétett levezetéssel egységesebb alapokra sikerült helyezni a forgási ellipszoid normálmetszetének vizsgálatát, és ezzel újabb módszer kínálkozik a geodéziai főfeladatok megoldására.

### IRODALOM

1. BISCHOFF, I.: Bestimmung der Ellipsenaxen eines Verticalschnitts. Zeitschrift für Vermessungswesen XIX. évf. (1890) 147—149. old.
2. BAeyer, J. J.: Messen auf der sphäroidischen Erdoberfläche. Berlin 1862. I. fejezet.
3. HELMERT, FR. R.: Die mathematischen und physikalischen Theorien der Höheren Geodäsie. Leipzig 1880. I. rész. IV. fejezet. 138—139. old.
4. GROSSMANN, W.: Reihenentwicklungen zur Theorie der Vertikalschnitte. Zeitschrift für Vermessungswesen. LXIV. évf. (1935) 33—46. old.
5. SCHMEHL, H. K.: Ueber den Normalschnitt des Erdellipsoids. Zeitschrift für Vermessungswesen, LXVI. évf. (1937) 645—647. old.
6. NÄBAUER, M.: Normalschnitt und Gegen normalschnitt auf den Erdellipsoid. Zeitschrift für Vermessungswesen LXXIII. évf. (1944) 2—13. és 26—33. old.
7. BAESCHLIN, C. FR.: Lehrbuch der Geodäsie. Zürich 1948.
8. BOMFORD, G.: Geodesy. Oxford 1952. 84. és 89. old.
9. SCHOENFLIES, A.: Einführung in die analytische Geometrie der Ebene und des Raumes. Berlin 1925.
10. RUDIO, F.: Die Analytische Geometrie des Raumes. VI. kiadás. Berlin 1920.
11. CLEBSCH, A.: Vorlesungen über Geometrie. II. kötet I. rész 157. old. Leipzig 1891.
12. BAESCHLIN, C. FR.: Lehrbuch der Geodäsie. 53. old. felülről a 8. sor.
13. BOMFORD, G.: Geodesy. 84. old. 6. sor.
14. SZÁDECZKY-KARDOS GYULA: Általános elhelyezésű ellipszis jellemzőinek meghatározása. Geodézia és Kartográfia VII. évf. (1955) 32—36. old.
15. HAZAY ISTVÁN: Földi vetületek. Budapest, 1954. 36. old. (20) képlet.
16. HÜTTE: Des Ingenieurs Taschenbuch. 18. kiadás. Berlin 1902. I. kötet. 96. old.

### Összefoglalás

A felsőgeodézia a számításaihoz Földünk alakját legtöbbször forgási ellipszoidokkal helyettesíti. Az ellipszoid felületi görbéi közül az egyik legfontosabb görbe a normálmetszet. Ha Földünket helyettesítő forgási ellipszoid egyik  $P_1$  pontján tökéletesen kiigazított teodolittal szabatosan felállnánk és egy másik  $P_2$  pontra irányoznánk, akkor a műszerünk távcsöve a fekvőtengely körül billentve a normálmetszet síkját írná le.

A tanulmány a normálmetszettel kapcsolatos matematikai mennyiségeket tárgyalja. Ezek egy részét az irodalom eddig csak bizonyos határig felhasználható hatványsorokkal adta meg. A tanulmány ezzel szemben ezekre zárt képleteket állít fel. A téranalitika tételeinek felhasználásával meghatározza az ellipszis alakú normálmetszet egyenletét (a tanulmányban az (54) egyenlet), majd a normálmetszet-ellipszis jellemzőivel foglalkozik, és ezeket a jellemzőket a rájuk vonatkozó általános egyenletek felhasználásával határozza meg. Így képleteket találunk a fél nagytengely (80) és a fél kistengely (81) négyzetének kiszámítására, a két numerikus excentricitás meghatározására [(82) és (83)], a sík azimutjának kifejezésére [(87) és (89)]. Két egymástól független úton levezethető a normálmetszet irányába eső görbületi sugár [(92) és (97)]. A metszési ellipszis középpontjának térbeli koordinátáit a (110)—(112) egyenletek adják. Végül néhány jellemző hajlásszög tangensének az értékét találjuk, a normális hajlásszögét [(118) és (130)], a poláris tengelyrendszer változó szögét [(116) és (129)] és az excentrikus anomália tangensértékét [(120) és (131)].

Mindezek a képletek zárt egyenletek, számítástechnikailag, főleg számológéppel történt folyamatos munkálatoknál igen célszerűen használhatók.



# GÁZOK VILLAMOS SZILÁRDSÁGA

VAJDA GYÖRGY

AZ MTA MÉRÉSTECHNIKAI ÉS MŰSZERÜGYI INTÉZETE

[Beérkezett 1955. június 2-án]

## Jelölések

- $b$  töltéshordozók mozgékonyága  $\left(\frac{\text{cm/mp}}{\text{V/cm}}\right)$
- $b_e$  elektron mozgékonyága  $\left(\frac{\text{cm/mp}}{\text{V/cm}}\right)$
- $d$  elektródaköz (cm)
- $e$  elektron töltése ( $1,609 \cdot 10^{-19}$  Amp)
- $g$  geometriai tényező, a katódra jutó fotonok aránya a térben keletkezőkhöz
- $g_1$  geometriai tényező, a kisülés szempontjából hatásos fotonok aránya a keletkező fotonokhoz
- $k$  Boltzmann-állandó ( $1,38 \cdot 10^{-23}$  Wmp/C°)
- $m$  elektron tömege ( $9,08 \cdot 10^{-28}$  g)
- $n$  töltéshordozó koncentráció (l/cm<sup>3</sup>)
- $n_e$  elektronkoncentráció (l/cm<sup>3</sup>)
- $n_p$  pozitív ionkoncentráció (l/cm<sup>3</sup>)
- $p$  nyomás (Torr)
- $r$  oldalirányú diffúzió sugara (cm)
- $t$  idő (mp)
- $u$  rendezetlen hőmozgás sebessége (cm/mp)
- $u_e$  az elektron hőmozgásának sebessége (cm/mp)
- $v$  térirányú haladási sebesség (cm/mp)
- $v_e$  elektron haladási sebessége (cm/mp)
- $v_p$  pozitív ion haladási sebessége (cm/mp)
- $x$  távolság koordinátája (cm)
- $D$  diffúziós állandó (cm<sup>2</sup>/mp)
- $E$  térerősség (V/cm)
- $E_k$  átütési szilárdság (V/cm)
- $E_l$  a pozitív tértöltés okozta helyi térerősség a lavina fejében (V/cm)
- $G$  áramsűrűség (A/cm<sup>2</sup>)
- $G_t$  telítési áramsűrűség (A/cm<sup>2</sup>)
- $N$  külső ionozás hatására keletkező ionpárok száma (ionpár/cm<sup>3</sup>, mp)
- $Q$  töltés (Amp)
- $T$  hőmérséklet (K°)
- $T_e$  elektrongáz hőmérséklete (K°)
- $U$  feszültség (V)
- $U_k$  átütési feszültség (V)
- $W$  energia (Wmp, eV)
- $W_k$  elektron kinetikus energiája (eV)
- $W_i$  ionozási energia (eV)
- $\alpha$  elektronok ionozási együtthatója (l/cm)
- $\beta$  pozitív ionok térbeli ionozási együtthatója (l/cm)
- $\gamma$  pozitív ionok felületi ionozási együtthatója (elektron/ion)
- $\epsilon$  gerjesztett molekulák aránya az ionokhoz  $\frac{\text{gerjesztés/cm}}{\text{ion/cm}}$
- $\epsilon_0$  vakuum dielektromos állandója ( $8,859 \cdot 10^{-14}$  Amp/Vcm)

$\eta$	fotonok elektronkiléptetési határfoka (elektron/foton)
$\delta$	elektron gerjesztette fotonok száma (foton/cm)
$\lambda$	szabad úthossz (cm)
$\lambda_e$	elektron szabad úthossza (cm)
$\mu$	fényelnyelési együttható (l/cm) ionozási növekedés
$\varrho$	poláris koordináta (cm)
$\omega$	másodlagos folyamatok eredő tényezője

## Bevezetés

A villamos készülékek jelentős részében a szigetelőközeg gáz. Rendes körülmények között, ha ionozó sugárzástól védettek a gázok, igen jó szigetelők, ezért egészen nagy feszültség szigetelésére is alkalmasak (elektrosztatikus generátorok, nagyfeszültségű sűrítők, szabadvezetékek, gyűjtősínek, elektrooptikai berendezések stb.). A villamos igénybevétel növelésével a gázok vezetőképessége nő, majd egy kritikus értéken villamos szilárdságukat elvesztik, bekövetkezik az átütés. Az átütés kérdése mind elméleti, mind gyakorlati vonatkozásban rendkívül fontos és érdekes. A gázokban lejátszódó villamos folyamatokkal az elmúlt néhány évtized során nagyon sokan foglalkoztak, azonban az átütés kérdését véglegesen még nem sikerült tisztázni. Az elméleti munkát elsősorban az nehezítette, hogy atomfizikai ismereteink és a kvantummechanika nyújtotta számítási lehetőségeink még erősen korlátozottak. A jelenségek kísérleti vizsgálatával kapcsolatban olyan technikai nehézségek (felületek reprodukálhatósága, gázok tisztasága, elemi folyamatok szétválasztása, zavaró mellékkörülmények kikapcsolása stb.) mutatkoztak, amelyeknek leküzdése hosszadalmas, széleskörű és kitartó munkát kívánt.

Az utolsó 10–15 év eredményei alapján azonban megállapíthatjuk, hogy a kérdés vizsgálatában a helyes útra léptünk, a jelenségek elrendezésében és az átütés elméletének kialakításában a végkifejlődés felé közeledünk.

### 1. Elektronlavina kialakulása gázokban

A villamos áramot töltéshordozók, elektronok és ionok elmozdulása jelenti a külső tér hatására. Ilyen töltéshordozók mindig vannak a gázban, a Földön mindenütt és mindig működő ionozó tényezők hatására (kozmosz sugárzás, rádióaktív sugárzás, napsugárzás, zivatarok stb.). Ha a gázréteget elektródák között feszültség alá helyezzük, az elektródák között áram fog folyni. Az áramsűrűség függését a térerősségtől legáltalánosabb esetben az 1. ábra jellemzi. A feszültség növelésével az áram kezdetben nő, majd telítődés mutatkozik, amikor valamennyi, a külső ionozó tényezők hatására keletkező töltéshordozó kiválik az elektródákon.

A telítési szakasz légköri viszonyok között igen kis térerősségektől néhány ezer V/cm-es értékekig tart. A telítési áramsűrűség rendkívül kicsi és a gáz

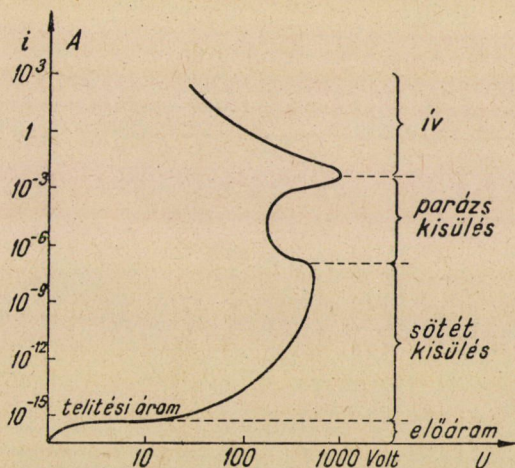


gyakorlatilag szigetelőnek tekinthető. ( $G_t = Ned < 10^{-15} \text{ A/cm}^2$ , mivel  $N \approx \approx 10^{17}/\text{cm}^3$ ,  $m_p$ ;  $d < 10^3 \text{ cm}$ ) [17].

A térerősség további növelésével az áramsűrűség hirtelen nőni kezd, megkezdődnek az átütési jelenségek.

Ma már bizonyítottnak tekinthető, hogy az átütésben alapvető jelentőségük az elektronoknak van. Az ionok térirányú haladási sebessége nagyobb tömegüknek megfelelően az elektron haladási sebességének kb. 1/100 része, így azokhoz képest mozdulatlanoknak tekinthetők [8].

Az elektronok a tér hatására felgyorsulnak, semleges részecskékkel ütköznek, és ha kinetikai energiájuk elég nagy, azokat ionozni tudják ( $W_k \geq W_i$ ),



1. ábra

a semleges részecske pozitív ionra és elektronra esik szét. Az így keletkező elektronok további ionozásra képesek, az elektronok száma lavinaszerűen nő, kialakul az elektronlavina. Egy elektron a tér irányában  $x$  távolságot befutva  $e^{ax}$  új elektront és pozitív iont hoz létre, ahol  $a$  1 cm útszakaszon az ionozó ütközések száma. Az  $a$  tényező függ a gáz sűrűségétől és a térerősségtől, inhomogén térben tehát a hely függvénye.

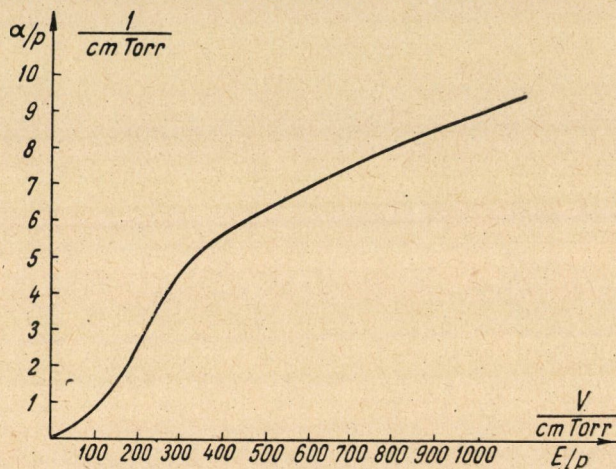
Az  $a$  ionozási együtthatóra igen nagy kísérleti anyag áll rendelkezésre, a kísérletek szerint  $\frac{a}{p}$  egyértelmű függvénye  $\frac{E}{p}$ -nek. Levegőben az  $\frac{a}{p} = f\left(\frac{E}{p}\right)$  függvényt a 2. ábra tünteti fel.

A lavina fenti képlete homogén térre vonatkozik, inhomogén térben  $ax$  helyett  $\int_0^x adx$  értéket kell figyelembe venni.

Az  $e^{\int_0^x adx}$  elektronok hőmozgásuknak megfelelően  $u$  sebességgel rendezetlen mozgást végeznek, a térirányú  $v$  haladási sebesség erre szuperponálódik. A katód-

tól az anód felé haladva az elektronok az erővonalakra merőleges irányban diffundálnak is  $r^2 = 4Dt$  összefüggésnek megfelelően  $\left(D = \frac{\lambda u}{3}\right)$ , így képződik a lavina jellegzetes alakja. Az elektronlavinára vonatkozó elméleti elképzeléseket a kísérletek teljesen igazolták. A ködkamrán kívül ma már villamos és optikai módszerekkel is rendelkezünk az elektronlavina tanulmányozásához [11].

Az elektronlavina önmagában azonban még nem elegendő az átütéshez, olyan másodlagos jelenségeket kell vizsgálni, amelyek képesek a jelenség foly-



2. ábra

tonosságát biztosítani, és így a kialakuló nagy áramerősségek magyarázhatókká válnak.

## 2. Stacionér elméletek

A stacionér elméletek lényegében TOWNSEND elméletére vezethetők vissza. Feltételezik, hogy a lavina kezdő elektron a katódból lép ki és a lavinából kiváltott másodlagos folyamatok lavinák sorozatát indítják el, miközben az áramsűrűség rendkívül nagy értékűvé válik. Az önálló kisülésnek ez a fel-fogásmódja azt fejezi ki, hogy minden töltéshordozó gondoskodik saját utánpótlásáról.

A kutatómunka ezen a területen nagyrészt a különféle másodlagos folyamatok jelentőségének tisztázására irányul. A másodlagos folyamatok közül azok jönnek számításba, melyek hatására elektronok lépnek ki a katódból (különböző részecskék ütközése a katódba), vagy a lavinán kívül újabb elektronok jönnek létre a gázban.

Ilyen másodlagos folyamatok lehetnek :

elektronok kilépése a katódból

- a) pozitív ionok ütközésének hatására,
- b) gerjesztett, metastabilis, vagy nagy kinetikai energiájú semleges részecskék ütközésének hatására,
- c) sugárzásra (fotonok ütközésére),

elektronok leválása semleges részecskékről

- d) a pozitív ionok ionozó ütközései hatására a gázban,
- e) a térbeli fotoionozás hatására,
- f) gerjesztett vagy metastabilis részecskék másodlagos ütközése nyomán.

Némelykor nem lehet figyelmen kívül hagyni más olyan folyamatokat sem, melyek hatására elektronok szabadulnak fel. Ezek közül a legfontosabbak :

- g) téremisszió, elektronok kilépése a katódból nagy térerősség hatására,
- h) hőemisszió, elektronok kilépése a katódból a hő hatására,
- i) hőionozás, ionozás a gázban magas hőmérséklet hatására,
- j) ionozás a gázban vegyi folyamatok hatására.

Feltételezhető, hogy az átütés kezdetekor a hőmérséklet nem magas, így a hőemisszió és hőionozás (*h, i*) figyelmen kívül hagyható. (A villamos ív, ahol ezek a folyamatok alapvetőek, az átütésnek már egy későbbi folyamata.)

A tapasztalatok szerint ugyancsak elhanyagolhatók a *d, f,* és *j* alatt említett folyamatok.

A másodlagos folyamatok hatásfoka a gáz és az elektródák anyagi tulajdonságain kívül a térerősségtől és a nyomástól függ, ez a függés az  $E/p$  hányadostól többnyire egyértelmű.

Elektronok kilépése a katódból pozitív ionok hatására (*a*) főleg kis nyomásoknál ( $E/p$  nagy) igen intenzív. Egyéb részecskék hatására a kilépés nagyobb nyomásoknál is hatásos, azonban megbízható mérési adatok erre alig állnak rendelkezésre. A fotoemisszió (*c*) kis  $E/p$  viszonyoknál, légköri nyomás körül lép előtérbe. A térbeli fotoionozás (*e*) tekintetében megoszlóak a vélemények, egyes esetekben jelentősége nagy. A téremisszió (*g*) olyankor mutatkozik, mikor az elektródákon igen nagy a térerősség, így feszültséglökéseknél, valamint nagy nyomásoknál és vákuumban.

Townsend elméletében csak a pozitív ionok jelentőségét vette figyelembe, elmélete kidolgozásakor a pozitív ionok ütközési ionozását ( $\beta$  ionozó ütközés/cm) véve számításba, a töltéshordozók áramlásának kontinuitásán alapuló differenciál egyenleteket megoldva

$$1 - \frac{\beta}{\alpha} e^{(\alpha-\beta)d} = 0$$

feltételt kapta az önálló kisülés kezdetére.

A mérések szerint  $\beta$  igen kis értéknek bizonyult, ezért később a pozitív ionoknak a katódba való ütközését tekintette Townsend az alapvető tényezőnek. ( $\gamma$  elektron/ütköző ion.) Ennek alapján a kritikus esetben

$$1 - \gamma (e^{ad} - 1) = 0.$$

Mindkét folyamatot figyelembe véve az önálló kisülés, vagyis az átütés kezdetére

$$1 - \left( \gamma + \frac{\beta}{a} \right) (e^{ad} - 1) = 0$$

feltétel állítható fel (1. függelék).

Townsend elmélete elvileg lehetőséget nyújt a geometriai elrendezés ismeretében az átütési feszültség számítására, bár a módszer kétségkívül bonyolult. Ez megfelel SCHUMANN felfogásának is, aki az átütés előfeltételeként

$\int_0^d f(E) dx \geq A$  egyenlőtlenség kielégítését adta meg [13]. Levegőre [13]

$$\int_0^d \frac{1}{E^2} e^{-6300/E^2} \cdot dx \geq 0,186 \cdot 10^{-5}.$$

Az átütés kezdetét meghatározó  $U_k$  kezdeti feszültségre a mért  $a$  és  $\gamma$  értékek alapján számított eredmények kis nyomásnál igen jó egyezést mutatnak a mért kezdeti feszültség-adatokkal. Alátámasztást kapott Paschen törvénye is, amely szerint a kezdeti feszültség a  $pd$  szorzat egyértelmű függvénye.

Townsend elmélete azonban nem nyújtotta az átütés teljes magyarázatát. Különbség mutatkozott mindenek előtt az átütés kifejlődésének számított és mért idejében. Ezt kísérelte meg áthidalni ROGOWSKI [12] a tértöltések jelentőségének figyelembevételével.

Rogowski a tértöltések hatását figyelembe véve továbbfejlesztette Townsend elméletét. Townsend kiindulási egyenleteit kiegészítve Poisson egyenletével felállította a folyamat differenciál egyenletét, feltételezve, hogy a töltéshordozók sebessége a térerősség négyzetgyökével arányos. A differenciál egyenlet

$$\frac{d}{dx} \left( \sqrt{E} \frac{dE}{dx} \right) - \alpha \left( \sqrt{E} \frac{dE}{dx} \right) - \frac{4\pi G a}{b} = 0$$

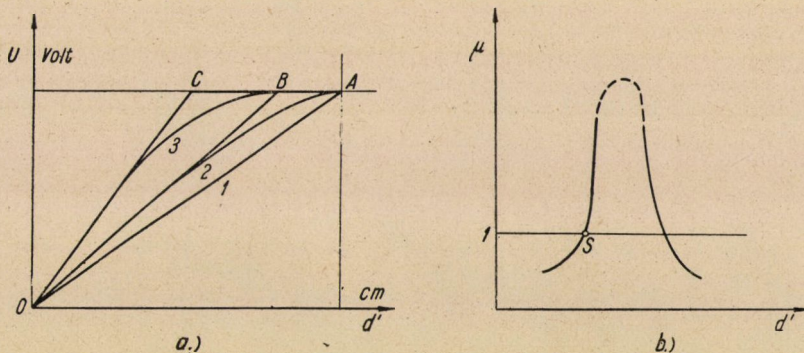
megoldása csak grafikus úton lehetséges. Rogowski a viszonyok kvalitatív elemzése során a tértöltés hatását az elektródaköz csökkenésével veszi figyelembe, ami a térerősség és  $\alpha$  növekedésével jár.

Az átütés mechanizmusát a 3. ábra kapcsán lehet leírni. Az elektródaközben a kezdeti potenciáeloszlást az  $l$  egyenes jellemzi. Az áramsűrűség

növekedésével a pozitív tértöltés megnő, a potenciáeloszlás a 2 görbe szerint változik.

A megváltozott potenciálgörbét az  $OBA$  törtvonallal lehet megközelíteni, ami egyenértékű a  $d$  elektródaköz  $AB$  távolsággal való csökkenésével. A feszültség változatlan lévén, megnő a térerősség és az  $\alpha$  ionozási tényező. Ez az áram-sűrűség és tértöltés növekedését eredményezi, a potenciáeloszlás a 3 görbét követi, az anód mintegy a  $C$  pontig nyomul előre. Ez a folyamat mindaddig tart, amíg az ionozási növekedés

$$\mu = \frac{n_2}{n_1} = \gamma (e^{\alpha d} - 1)$$



3. ábra

stabilis értéket nem vesz fel. ( $s$  pont.)  $\mu$  függését a változó  $d'$  elektródátávolságtól a 3b. ábra szemlélteti.

A tértöltések jelentősége erősen vitatott, inkább kis nyomáson jelentősebb, ahol a Townsend javasolta kép is kielégítő. Nagyobb nyomáson a térerősség növekedésével jelentősége csökken [17], egyesek szerint nem is számottevő [7, 19].

A legújabb kísérletek szerint [7, 11] Townsend elmélete helyesen tükrözi a jelenségek időbeli lefolyását  $pd \approx 1500$  cm Torr-ig, a Paschen-féle összefüggés alapján számítható kezdeti feszültség-értékek néhány cm-es elektródaközöknél pár száz atmoszféráig a kísérleti eredményekkel a mérési pontosságon belül megegyeznek [5].

A többi másodlagos folyamat vizsgálata alapján az egyes kutatók alakilag Townsend képleteihez hasonló eredményekre jutottak [2, 5, 8].

### 3. Instacionér elméletek

A Townsend-elmélettől való eltérések elsősorban onnan erednek, hogy az elmélet egynemű gázt és stacionér kisülést tételez fel. A gyakorlatban —

különösen ha az elektródaköz viszonylag nagy — nem ez a helyzet. Ezt a problémát kívánja áthidalni a csatornakisülés\* elmélete.

Ez az elmélet a térbeli fotoionozásnak tulajdonít alapvető jelentőséget. A lavina elektronjai a gáz semleges részecskéinek (atomok, molekulák) egy részét ütközés révén gerjesztik. A gerjesztett részecskék igen rövid idő után (átlagosan  $10^{-8}$ — $10^{-7}$  mp) normális állapotba kerülnek, miközben az energia-különbséget foton alakjában kisugározzák. A fotonok a térben minden irányban fénysebességgel terjednek, és ha a feltételek megfelelőek, újabb lavinákat válthatnak ki.

A keletkezett új lavinák erősítik az eredeti lavina hatását, együttesen kisülési csatornát (streamer) hoznak létre, mely az elektródaközt áthidalja. A folyamat haladási sebessége  $3-4 \cdot 10^8$  cm/mp, a szikra főcsatornájának kialakulásakor  $10^9$ — $10^{10}$  cm/mp sebességű impulzus halad át.

A csatorna kialakulásának elvét először RAETHER vetette fel, a folyamat elméletét LOEB, MEEK, SZTYEKOLNYIKOV és mások dolgozták ki. Ezen az alapon magyarázni tudjuk a szikra és villám kialakulását, valamint azokat az átütési jelenségeket, ahol a kisülés nem az elektródákról indul ki [8].

Kezdetben két feltételt adtak meg a csatorna kialakulásához. Az egyik szerint a lavina fejében a pozitív ionkoncentrációnak bizonyos értéket meg kell haladnia,

$$n_p \geq 7 \cdot 10^{11} \text{ ion/cm}^3,$$

a másik szerint a lavina fejében a helyi térerősségnek a külső tér nagyságrendjében kell mozognia,

$$E_1 = kE \quad 0,1 < k < 1.$$

A két képlet indokolását a függelék tartalmazza.

Újabban [11] a csatorna kialakulásának előfeltételeként a lavina bizonyos minimális »erősítését«,  $e^{\alpha d} > 10^7$  adják meg.

Ez a feltétel lényegében azonos a minimális ionkoncentrációra vonatkozó feltétellel, noha a minimális ionkoncentrációt elméleti megfontolások alapján írta elő LOEB, míg a kritikus erősítés a kísérletek eredményeit tükrözi.

Az elmélettel szemben nagyon sok ellenvetés merült fel. Sokan kétségbe vonták magának a térbeli fotoionozásnak lehetőségét is. Ezt az ellenvetést az utóbbi években végzett kísérletek részben megdöntötték. Az elméletekkel szemben azonban jogosan vetették fel, hogy a Townsend-féle egy kritériummal szemben itt az átütésnek két feltétele van, ami a kérdést erősen bonyolítja, ugyanakkor az átütés feltételei mesterkéltek, nincsenek kellően megindokolva.

\* A szovjet és angolszász irodalomban streamer, a német irodalomban Kanalentladung kifejezés terjedt el, a megfelelő magyar elnevezés csatornakisülés vagy fényvillamoslavina lehetne.

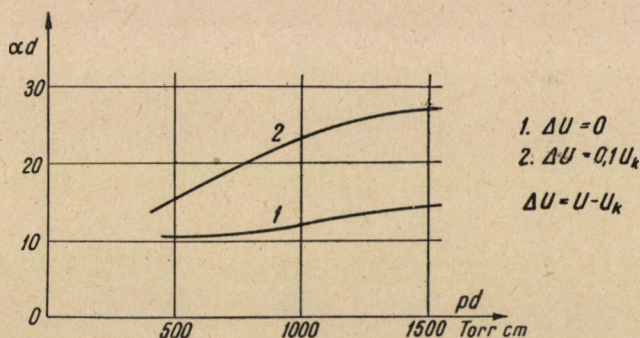
Az elmélet legfőbb hiányossága, hogy nem az elemi folyamatok leírásán alapul. LOEB ennek kiküszöbölésére 1948 óta az elmélet újabb alakjának kialakításán dolgozik [9, 10] (l. függelék). Ez jelentős mértékben visszatérést jelent a Townsend-féle fogalmazáshoz, az átütés feltétele

$$Ae^{ad} = 1$$

teljesen hasonló a 2. pontban előforduló kifejezésekhez. Nagyobb elektróda-távolságoknál légköri és ennél nagyobb nyomások esetén a kísérletek alátámasztják az elmélet eredményeit.

#### 4. Következtetések a szigeteléstechika szempontjából

Townsend elméletével szemben korábban felvetett ellenvetések egy része megdőlt. A fokozott gonddal újabban végzett mérések azt tanúsítják, hogy



4. ábra

legalább  $pd = 1500$  cm Torr értékig Townsend felfogása helytálló, a számítható sztatikus átütési feszültség megegyezik a kísérleti eredményekkel, sőt a mért képződési idők is megegyeznek az elmélettel. Nagyobb  $pd$  értékeknél a lavina erősítése eléri a kritikus  $10^7$  viszonyt és megindul a csatorna kialakulása. Ha a feszültség nagyobb a sztatikusnál, előbb következhetik be a kritikus erősítés és a csatornakisülés. Ezt tükrözik RAETHER mérései (4. ábra) is. Ilyenkor a keletkezési idő is csökken.

Kis nyomásnál az átütés kezdete Townsend-féle jellegű, később a tértöltések hatására kialakul a pozitív oszlop, a kisülés parázskisülésbe vagy ívbe megy át. Légköri nyomás körül 2–3 cm elektróda-közig Townsend, e felett csatornajellegű az átütés első szakasza. Nagy nyomáson valószínűleg a csatornajelleg az alapvető, azonban itt már a téremisszió is előtérbe kerül.

Az eddig tárgyaltak homogén térre és sztatikus egyenfeszültségre vonatkoztak. Inhomogén térben a legnagyobb térerősségnek megfelelő erővonal mentén kell vizsgálni a jelenségeket,  $e^{\alpha d}$  helyett a képletekben az elektródák

közötti legrövidebb erővonal menti integrál  $e^{\int_a^d \alpha dx}$  fog mutatkozni. Ha a tér erősen inhomogén, a gáz szilárdsága csak részlegesen törik le, sugárzás keletkezik. A sugárzással (korona) az irodalom részletesen foglalkozik, a tárgyaltak kiterjesztése nem okoz különös nehézséget [5, 18].

Az  $\int_0^x \alpha dx$  integrált ekkor addig a pontig kell kiterjeszteni, ahol az ionozási együttható  $\alpha = \alpha(E) = \alpha(f(x)) = 0$ , ez határozza meg a koronaburok külső sugarát.

Ipari periódusú váltakozó feszültség esetére az eddigiek minden további nélkül kiterjeszthetők, az átütés lefolyásának ideje nagyságrendekkel kisebb a periódus tartamnál, az átütés kifejlődése alatt a feszültségváltozás nem számottevő (legkedvezőtlenebb esetben is 3%-nál kisebb).

Az átütés félperiódusonként újból kifejlődik, alakja nagyjából megegyezik az egyenfeszültségeknél tapasztaltakkal, amint ezt a hullámrajzolós és forgótükrös vizsgálatok igazolják [2, 5].

Feszültséglökéseknel a jelenségek lefolyása hasonló, azonban figyelembe kell venni, hogy a szikrakésés ideje összemérhető lehet a lökés homlokidejével. Ennek hatása abban nyilvánul, hogy az átütés kifejlődése alatt a feszültség csökken, a lavina nehezebben fejlődik ki, feszültséglökésekkel szemben a szilárdság megnő. Megjegyzendő, hogy a szikrakésés ideje a lökési tényező  $\left(\frac{U_l}{U_{=}}\right)$  növelésével csökken.

Nagy frekvenciák esetében, ha a periódustartam összemérhető kezd lenni a lavina kialakulásának idejével, zavaró jelenségek, lengések mutatkoznak, és egyik elmélet sem alkalmazható. A nagyfrekvenciás átütés elmélete még nincs megfelelően kidolgozva, az eddig közölt publikációk a töltéshordozók mozgásegyenletei alapján az ionozási valószínűség meghatározására irányulnak. Így az itt tapasztalt jelenségek teljes magyarázatát még nem tudjuk adni.

Újabbban felvetődött az a törekvés, hogy a töltéshordozók kinetikai egyenlete alapján általánosságban oldják meg az átütés kérdését. Az ilyen irányú kísérletek eddig nem vezettek eredményre, az egyenlet rendkívül bonyolult [4], sok olyan tényezőt tartalmaz, amelyekre kísérleti adatokkal nem rendelkezünk és számításuk kvantummechanikai alapon nagyon bizonytalan. A kinetikai egyenletet matematikai gépek segítségével eddig csak egy különleges esetre sikerült megoldani.

Az előző pontban tárgyalt egyenletek hasonló alakja alapján felvetődik az a lehetőség, hogy TOWNSEND fogalmazásához alakilag hasonlóan meg lehet



adni az átütés általános érvényű feltételét homogén térben :

$$\omega e^{\alpha d} = 1 \quad (\text{A})$$

Az egyenlet azt fejezi ki, hogy minden töltéshordozó gondoskodik saját utánpótlásáról. Az  $\omega$  tényező az ezt biztosító összes elemi folyamatok eredő hatását foglalja össze,  $\omega$  több tag összege

$$\omega = \sum_1^n \omega_i \quad (\text{B})$$

Ez a felfogásmód egyáltalán nem erőszakolt,  $\alpha$  is tulajdonképp több folyamat eredő hatását fejezi (az elektronlavina szokásos tárgyalásmódja erősen egyszerűsítve van, másodlagos ütközések, lépcsőzetes ionozás stb. is előfordul), és 1 cm úthosszon a lavinában keletkező összes pozitív ion-elektron párt fejezi ki. A mért értékek ugyancsak az eredő tényezőt határozzák meg.

Az eddig vizsgált elemi folyamatokat

$$\omega_1 = \gamma \quad (\text{pozitív ionok felületi ionozása})$$

$$\omega_2 = \frac{\beta}{\alpha} \quad (\text{pozitív ionok térbeli ionozása})$$

$$\omega_3 = \frac{\eta g \vartheta}{\alpha - \mu} \quad (\text{felületi fotoemisszió})$$

veszik figyelembe. Hasonlóképpen

$$\omega_4 = \gamma_m \varepsilon = \frac{\varepsilon}{e} \frac{G_m}{D_m \frac{\partial n_m}{\partial x}}$$

a metastabilis, vagy gerjesztett részecskék hatására kilépő elektronokat veszi figyelembe,  $\varepsilon$  az ilyen részecskék aránya az ionokhoz,  $\gamma_m$  a kilépés hatásfoka,  $D_m$  és  $n_m$  a részecskék diffúziós állandója és koncentrációja.

$$\omega_5 = \frac{V_P}{V_e} \cdot \frac{G_E}{G_P} \quad \text{a téremissziót,}$$

$$\omega_6 = g_1 \frac{\vartheta}{\alpha - \mu} \quad \text{a térbeli fotoemissziót,}$$

$$\omega_7 \quad \text{a külső gerjesztés nyomán létrejött elektronok, valamint negatív ionok bomlása révén létrejött elektronok arányát veszi figyelembe.}$$

Inhomogén térben fenti egyenletekben  $\alpha$  és  $\omega$  középértékeket jelentenek,

$$\alpha = \frac{1}{d} \int_0^d \alpha(x) dx \quad \text{és} \quad \omega = \frac{1}{d} \int_0^d \omega(x) dx,$$

az integrálokat egy erővonal mentén kell kiszámítani.

Megemlítendő, hogy az átütés alapját képező elemi folyamatok statisztikai törvényszerűségeknek hódolnak, a számítható feszültségérték statisztikai középérték. Az átütési feszültség  $e$  körül az érték körül a valószínűségi eloszlásnak megfelelően szóródik. A méréseknél az átütési feszültség értékeiben azonos körülmények között tapasztalt szórás tehát a folyamat fizikai jellegeből fakad.

Az (A) egyenletnek megfelelően minél nagyobb az elektródatávolság, annál kisebb  $\omega$  érték szükséges az átütéshez. Ez első pillanatra valósággal ellentétben állónak látszik. Meggondolandó azonban, hogy  $\omega$  térbeli középérték, és az átütésnek kedvező viszonyokat nagyobb elektródatávolság esetén nagyobb útszakaszon kell biztosítani.  $\omega$  viszonylagos csökkenése ugyanakkor magyarázata annak a tapasztalati ténynek, hogy az elektródatávolság növelésével az átütési feszültség azzal nem nő arányosan, hanem az arányosságtól elmarad.

Fizikailag  $\omega$  fenti változása azt jelenti, hogy nagyobb elektróda között esetén a statisztikai törvényszerűség több részecskére terjed ki, az átlagosnál nagyobb határfokú részecskék száma nő, ezzel nő annak valószínűsége, hogy a másodlagos folyamatok az elektronlavina fenntartásához szükséges elektronok utánpótlását biztosítják. Mindez az átütéshez szükséges átlagos térerősség csökkenésével egyenértékű.

$\omega$  ilyen értelmezés mellett a tér minden pontjában a lavinán kívül keletkezett elektronok arányát fejezi ki a lavina pozitív ionjaihoz.  $\omega$  így a térben változó mennyiség, függ a térerősségtől, a gáz összetételétől és nyomásától, valamint az elektródatávolságtól.\* Egyes tagok az elektróda anyagától, felületi viszonyaitól függenek, evvel magyarázható, hogy ezek egyes átütési folyamatoknál jelentősek; ennek a kérdésnek részletesebb vizsgálata most van folyamatban.

Gyakori ellenvetés, hogy az elméleti alapon számítható értékek nem elégítik ki a gyakorlat követelményeit, mivel az alkalmazott gázok mindig szennyezettek. Valószínű, hogy a szennyezések befolyását túlbecsüljük, nem látjuk azonban lehetetlennek, hogy a valószínűségszámítás segítségével ezek

\* Megjegyzendő, hogy  $\omega$  egyes összetevőivel kapcsolatban az irodalomban gyakran találhatók helytelen fogalmazások. Egyesek azonosítják a pozitív és negatív áramsűrűség arányával, holott ebben a primér elektronok is bennfoglaltatnak. Mások [14] a pozitív áramsűrűség és a másodlagos elektronok áramsűrűségének viszonyával azonosítják,  $\gamma = \frac{G_p}{G_e}$ , és nem veszik figyelembe az idő jelentőségét.  $\omega$  egyes összetevői valóban arányosak ennek a két áramsűrűségnek a hányadosával, azonban az elektronok és pozitív ionok különböző mozgékonyságának megfelelően azzal nem egyenlők. Feltételezve, hogy a pozitív ionok egyszeres töltéssel rendelkeznek,

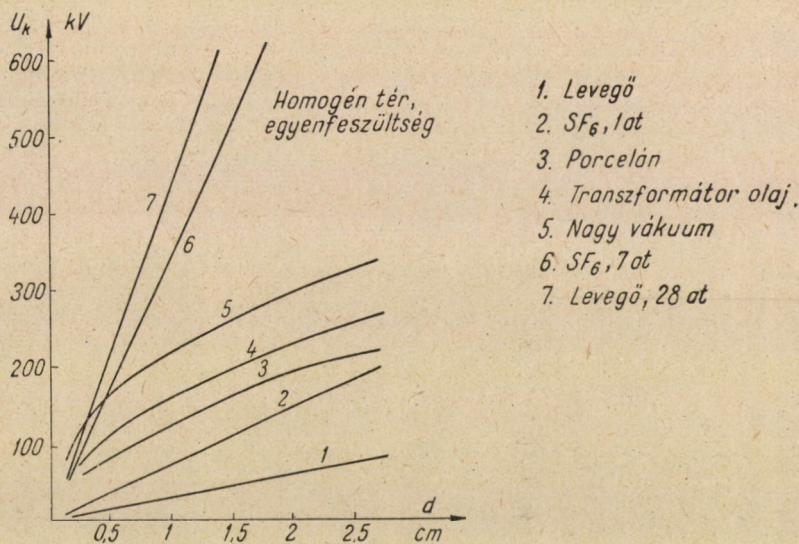
$$\omega_i = \frac{n_e}{n_p} = \frac{v_p}{v_e} \cdot \frac{G_e}{G_p}$$

ami 1—2 nagyságrendes eltérést jelent.

befolyását az elemi folyamatokat jellemző  $\alpha$  és  $\omega$  tényezőkben figyelembe vesszük.

Az  $\alpha$  tényezőre vonatkozó kísérleti adataink már kielégítőnek tekinthetők,  $\omega$  egyes tényezőinek meghatározása jelenleg is széles körű kutatások tárgya, de még nagyon sok pontos mérés elvégzése szükséges, míg ezen a téren is végleges következtetéseket vonhatunk le.

Jelenleg erősen eltérők a vélemények afelől, hogy a további fejlődés során milyen jelentősége lesz a gázoknak a korszerű készülékek szigetelésében. Sokan azon a véleményen vannak, hogy a gázokat, ahol lehet, igyekezni kell szilárd anyagokkal helyettesíteni.



5. ábra

Nem tekintve azon területeket, ahol a gázok nem küszöbölhetők ki (elektron optika, megszakítók stb.) az is kétségtelen, hogy a gázok alkalmazásában még igen nagy lehetőségek rejlenek. Ezt mutatja az 5. ábra. Az ilyen irányú kísérletezés csak a közelmúltban indult meg.

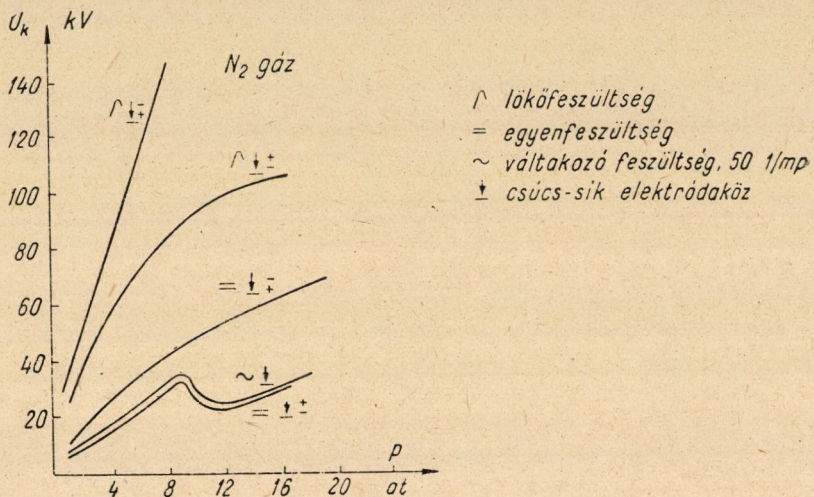
Ha a gáz nyomását növeljük, csökken a szabad úthossz és így  $\alpha$  is, ugyanakkor nő a fényelnyelési együttható, csökken több más tényező, mely  $\omega$  csökkenését vonja maga után. A nyomás növelése az átütési feszültség növekedésével jár.

Az átütési feszültség azonban a nyomás növelésével csak homogén térben nő monoton emelkedő függvény szerint.

Inhomogén térben pozitív csúcs esetében jelentkezik a tértöltések ismeretes hatása [13, 18, 21], az átütési feszültség jóval kisebb, mint negatív csúcs-

nál. Az ionok mozgékonyságának a nyomástól való függősége következtében pozitív csúcs-sík elrendezésnél a gáztól függően 10 és 30 atm között az átütési feszültség hirtelen csökken (levegőben  $\sim 11$  atm [3]). A pozitív elektróda görbületi sugarának növelésével, illetve általában a görbületi sugarak növelésével lehet a helyzeten bizonyos fokig javítani, de a nyomást növelni bizonyos határon túl így sem érdemes.

Az átütési szilárdság egészen kis nyomásnál is nő, azonban az elektronoptikai berendezések kivételével, ahol a légritkítás az elektronsugár kialakítása érdekében szükséges, ez az út gyakorlati szempontokból nem látszik célszerűnek.



6. ábra

A lavina kifejlődése ugyancsak nehezebb elektronegatív gázokban. Ezekben a molekulák az elektronok egy részét befogják, egyes másodlagos folyamatok kifejlődését pedig nehezítik,  $\alpha$  és  $\omega$  ezekben a gázokban ( $\text{CCl}_4$ ,  $\text{CCl}_2\text{F}_2$ ,  $\text{SF}_6$ ,  $\text{C}_3\text{F}_8$  stb.), illetve ilyen komponenseket tartalmazó keverékekben csökken, az átütési feszültség megnő [21].

Egyes gázokban aránylag kis százalékban hozzákevert freon, kénhexafluorid stb. erősen megnöveli az átütési szilárdságot, a nyomás egyidejű növelése a hatást nagymértékben fokozza.

Az elektronegatív gázok hatására jellemző, hogy a kénhexafluorid szilárdsága 7 at-nál megfelel a nitrogén szilárdságának 85 at-nál. Különösen nagy ennek jelentősége az elektrosztatikus generátoroknál. JOLIOT-CURIE egy VAN DE GRAAF-generátorban a levegőt  $\text{CCl}_4$ -al helyettesítve a generátor feszültségét megkétszerezte [21]. Hasonló eredményeket ért el VAN DE GRAAF  $\text{SF}_6$  használatával. A legújabbán végzett vizsgálatok arra engednek következ-

tetni, hogy bizonyos esetekben az elektródák anyagának megfelelő választásával is növelni lehet az átütési feszültséget.

Az atomfizika és a technika rohamos fejlődése mind nagyobb feszültségek alkalmazását követeli meg készülékeinkben.

A készülékek méreteinek és súlyának gyors növekedését, ami a berendezéseket és épületeket nagyon költségessé teszi, csak úgy tudjuk elkerülni, ha fokozottabb mértékben élünk azokkal a lehetőségekkel, melyek a gázok villamos szilárdságát megnövelik. A gázok szigetelőanyagként való felhasználása a fejlődés iránya szerint elsősorban az egészen nagy feszültségű berendezések területére helyeződik át. Úgy látszik, hogy ezen a területen a szilárd vagy folyékony szigetelő anyagok nem is tudják gázokkal szemben a versenyt felvenni.

### Függelék

1. TOWNSEND elmélete, a pozitív ionok jelentőségét véve figyelembe, vázlatosan a következő:

A katódtól  $x$  távolságra  $1 \text{ cm}^2$  keresztmetszetű  $dx$  vastag rétegben az elektronok és pozitív ionok számának változását a

$$\frac{\partial}{\partial t} (n_e dx) = - \frac{\partial}{\partial x} (n_e v_e) dx + \alpha n_e v_e dx + \beta n_p v_p dx \quad (\text{a})$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (n_p dx) = \frac{\partial}{\partial x} (n_p v_p) dx + \alpha n_e v_e dx + \beta n_p v_p dx \quad (\text{b})$$

egyenletek adják. Az áramsűrűség az elektronáram és a pozitív ionáram sűrűségének összegéből számítható,

$$G = G_e + G_p = e n_e v_e + e n_p v_p \quad (\text{c})$$

Feltételezve, hogy a tér homogén ( $\alpha = \text{áll.}$  és  $\beta = \text{áll.}$ ), valamint hogy a folyamat stacionér  $\left( \frac{\partial}{\partial t} (n_e dx) = \frac{\partial}{\partial t} (n_p dx) = 0 \right)$  az (a) és (c) egyenleteket összevonva az elektronokra a differenciálegyenlet megoldása

$$n_e v_e = C e^{(\alpha - \beta)x} - \frac{\beta}{\alpha - \beta} \cdot \frac{G}{e} \quad (\text{d})$$

A katódon ( $x = 0$ ) az áram két részből tevődik össze,

$$G_{ek} = G_0 + \gamma G_{pk}$$

a pozitív ionok ütközésére kilépő elektronokat veszi figyelembe a második tag, míg az első a más hatásokra kilépő elektronokat (fotoelektron stb.). Figyelembe véve, hogy

$$G_{ek} + G_{pk} = G \quad (\text{e})$$

$$G_{ek} = G_0 + \gamma (G - G_{ek}) \quad (\text{f})$$

Ezen határfeltétel alapján  $C$  meghatározható, és a (d) egyenlet

$$G_e = \frac{(\alpha - \beta) G_0 + (\alpha\gamma + \beta) G}{(1 + \gamma)(\alpha - \beta)} e^{(\alpha - \beta)x} - \frac{\beta}{\alpha - \beta} G \quad (g)$$

alakban írható.

A másik határfeltételt az szolgáltatja, hogy az anódnál ( $x = d$ ) csak elektronok az áramhordozók,  $G = G_e$ ,  $G_p = 0$ . Ezt behelyettesítve és a (g) egyenletet átrendezve az áramsűrűség

$$G = G_0 \frac{\left(1 - \frac{\beta}{\alpha}\right) e^{(\alpha - \beta)d}}{1 + \gamma - \left(\gamma + \frac{\beta}{\alpha}\right) e^{(\alpha - \beta)d}} \text{ A/cm}^2 \quad (h)$$

Az átütés feltétele, hogy az áramsűrűség nagyon megnőjjön,  $G \rightarrow \infty$  ennek feltétele, hogy

$$(1 + \gamma) - \left(\gamma + \frac{\beta}{\alpha}\right) e^{(\alpha - \beta)d} = 0 \quad (i)$$

A fotoionozás figyelembevételével hasonló feltételt kapunk az átütésre,

$$1 - \frac{\eta g \vartheta}{\alpha - \mu} e^{(\alpha - \mu)d} - 1 = 0 \quad (k)$$

A tanulmányban közölt egyenletek az (i) összefüggésből vezethetők le, tekintve, hogy  $e^{\alpha d} \gg 1$ ,  $\gamma \ll 1$ ,  $\beta \ll \alpha$  és többnyire  $\frac{\beta}{\alpha} \ll \gamma$ . Rendszerint a  $\mu \ll \alpha$  egyenlőtlenség is fennáll, így

$$\gamma, \frac{\beta}{\alpha}, \frac{\eta g \vartheta}{\alpha}$$

hasonló jelentőségű egymásnak megfelelő tényezők.

Más elemi folyamatok figyelembevételével, hasonló megfontolások alapján az (i), illetve (k) feltételekhez hasonló kritérium vezethető le.

2. LOEB és MEEK nyomán a szikra elmélete az alábbiakban foglalható össze:

A lavina fejt gömbbel helyettesítve az oldalirányú diffúzióknak megfelelően sugara

$$r = \sqrt{4Dt} = \sqrt{4D \frac{x}{v}} = \sqrt{4D \frac{x}{b_e E}} \text{ [cm]} \quad (a)$$

A lavina fejében a pozitív ionok koncentrációja

$$n_p = \frac{ae^{\alpha x} dx}{r^2 \pi dx} = \frac{ae^{\alpha x} b_e E}{\pi 4Dx} \text{ [1/cm}^3] \quad (b)$$

és a lavina fejt helyettesítő gömb eredő töltése

$$Q = \frac{4}{3} \pi r^3 n_p e = \frac{4}{3} r a e e^{\alpha x} \text{ [Amp]} \quad (c)$$

az ennek megfelelő helyi télerősség

$$E_1 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{r e b_e E a e^{\alpha x}}{12\pi\epsilon_0 D x} = \frac{e}{6\pi\epsilon_0} \sqrt{\frac{b_e E}{D x}} a e^{\alpha x} \text{ [V/cm]} \quad (d)$$

Ez a télerősség akkor kezd számottevő lenni, ha összevethető, az elektródák közötti  $U$  feszültség okozta  $E$  külső térrel.

Levegőben légköri nyomáson a szokásos nagyságrendek mellett ( $r \sim 0,01$  cm,  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Amp,  $b_e \sim 500 \frac{\text{cm/mp}}{\text{V/cm}}$ ,  $E \sim 3 \cdot 10^4$  V/cm,  $\alpha \sim 5$  l/cm  $\frac{E}{p} = 40 \frac{\text{V/cm}}{\text{Torr}}$  esetén,  $\epsilon_0 = 8,86 \cdot 10^{-14}$  Amp/Vcm,  $D \sim 10^2$  cm<sup>2</sup>/mp,  $x \sim 1 - 10$  cm) ez  $e^{\alpha x} \sim 10^7 - 10^8$  szoros erősítésnél kezd bekövetkezni, ami  $\alpha x \sim 16 - 18$  értéknek felel meg. Ha  $\alpha \sim 5$ , a minimálisan szükséges elektródátávolság  $d \sim 3$  cm. (Ha meggondoljuk, hogy fenti számítás csak nagyságrendi tájékozódás, meglepő a jó egyezés LEWELLYN JONES méréseivel, aki ugyancsak  $d = 3$  cm-t mért.)

SCHWAIGER vizsgálatai szerint levegőben 1 atm.-n homogén térben 2–3 cm-es elektródaköznel az átütés kezdetének jellege megváltozik [15], ami ugyancsak fenti eredményt támasztja alá.

LOEB ennek alapján vont le a szikra kifejlődésének egyik feltételét, mely a minimális ionkoncentrációra vonatkozik

$$n_p \geq 7 \cdot 10^{11} \text{ ion/cm}^3 \quad (e)$$

MEEK a (d) alatti összefüggést a kinetikai gázelmélet és a gázkiszülések fizikája néhány eredményét felhasználva átalakította. Az elektronok diffúziós együtthatójának és mozgékonyságának aránya közelítőleg [5]

$$\frac{D}{b_e} = \frac{kT_e}{e} = \frac{nkTu_e^2}{neu^2} = 7,4 \cdot 10^{-4} \frac{p}{ne} \left( \frac{u_e}{u} \right)^2 \quad (f)$$

ahol  $T_e$  és  $T$  az elektrongáz, illetve a semleges gáz hőmérséklete,  $u_e$  és  $u$  az elektron, azaz a semleges gázmolekulák négyzetes középsebessége,  $n$  a gázmolekulák koncentrációja.

COMPTON közelítő képlete szerint

$$u_e = 1010 \frac{e}{m} \cdot \frac{E}{p} \cdot \frac{\lambda_e}{\sqrt{f}} \text{ [cm/mp]} \quad (g)$$

ahol  $f$  az ütközéseknél az elektronok átlagos energiavesztésének hányadát fejezi ki.  $f$  számításához LANGEVIN képletébe

$$v = 0,815 \frac{e}{m} \cdot \frac{\lambda_e}{u_e} \cdot \frac{E}{p} \text{ [cm/mp]} \quad (h)$$

behelyettesíti RAETHER méréseit az elektron haladási sebességére

$$v = 1,25 \cdot 10^7 \text{ [cm/mp]} \quad \frac{E}{p} = 41 \frac{\text{V/cm}}{\text{Torr}} \text{ esetén} \quad (i)$$

és BROSE és SAAYMAN méréseit az elektron szabad úthosszára

$$\lambda_e = 3,6 \cdot 10^{-5} \text{ [cm]} \quad p = 760 \text{ Torr-nál} \quad (k)$$

minek alapján  $f = 0,025$  értéket kapja. Feltételezve, hogy  $\lambda_e$  és  $f$  változása  $20 < \frac{E}{p} < 45 \frac{\text{V/cm}}{\text{Torr}}$  tartományban nem nagy (amit a kísérletek alátámasztanak), az így számított értékeket, valamint az (f) és (g) kifejezéseket behelyettesítve (d)-be

$$E_1 = 5,27 \cdot 10^{-7} \frac{ae^{\alpha x}}{\left(\frac{x}{p}\right)^{1/2}} \text{ V/cm} \quad (l)$$

eredményre jut.

MEEK szerint a csatorna akkor fejlődik ki, ha az anódnál ( $x = d$ )  $E_1 = E = Ek$  ( $k = 1$ ).

Ennek alapján az (1) egyenlet szerint az átütés feltételét az

$$\frac{\alpha}{p} e^{-\frac{\alpha}{p}(pd)} = \frac{10^7}{5,27} \frac{Ek}{p} \left( \frac{1}{pd} \right)^{\frac{1}{2}} d \quad (m)$$

egyenlet fejezi ki. Az (m) kifejezés hasonlít PASCHEN törvényéhez:

$$\frac{\alpha}{p} = A e^{-B \frac{p}{E_k}}, \quad (n)$$

homogén térben úgy (m), mint (n) alapján az átütési feszültség  $pd$  egyértelmű függvénye. (m) alapján, ha  $U_k = E_k d$

$$U_k = \frac{5,27}{10^7} \sqrt{pd} \cdot a e^{\alpha d}. \quad [\text{Volt}] \quad (o)$$

(n) alapján

$$U_k = \frac{Bpd}{\ln \left( \frac{Apd}{ad} \right)}. \quad [\text{Volt}] \quad (p)$$

Ha az elektródaköz nagy, a szikra szakaszosan fejlődik a tapasztalatok szerint. Ezt az elmélet is tükrözi, ugyanis ebben az esetben a csatorna kifejlődésének feltételei ( $E_1 = E$ ,  $n_p > 7 \cdot 10^{11}$ ) már az anód előtt, a katódtól  $x_1$  távolságra teljesülnek, ebből a pontból kiindulva kialakul a katód irányába a csatorna, a katódból  $\gamma$  folyamatok hatására elektronok lépnek ki, nagy vezetőképességű plazma alakul ki, a katód mintegy előrenyomul. Az új viszonyok között  $x_1 + x_2$  távolságról ismét egy új csatorna indul ki, és ez folytatódik az elektródaköz teljes áthidalásáig.

3. LOEB újabban a kisülés fenntartásának feltételét a Townsend-féle kritériumhoz hasonlóan fogalmazza meg.

$$K \cdot f \cdot N = K \cdot f \cdot \frac{4}{3} r a e^{\alpha x} = 1. \quad (r)$$

A képletben  $f$  az ionozni képes fotonok aránya a lavina fejében egyidejűleg keletkező pozitív ionokhoz (foton/ion),  $K$  annak valószínűsége, hogy a foton olyan elektront szabadít ki, mely a primér lavina feje felé haladó lavinát indít,  $N$  a lavina fejében a pozitív ionok számát jelenti (az előző pont (c) képletét felhasználva  $N = \frac{Q}{e}$ ).

LOEB a  $K$  és  $f$  tényezők számítására is kitér, azonban ezek erősen mesterkéltek. A számítások egyik alapja, hogy a lavina fejétől  $d_0$  távolságra keletkező új lavinának a lavina feje felé

haladva  $e^{\int_{d_0}^r \alpha' dQ}$  pozitív iont hoznak létre,  $\alpha'$  az ionozási együttható az eredő  $E + E_1$  térben.

Az így keletkező új pozitív ionok számának egyenlőnek kell lenni az eredeti pozitív

ionok számával,  $N$ -el,  $\frac{4}{3} r_1 \alpha' (r) e^{\int_{d_0}^r \alpha' dQ} = \frac{4}{3} r a e^{\alpha x}$ ,  $r_1$ -gyel jelölve az új lavina fejének

sugarát. A  $K$  tényezőre számításai alapján

$$K = \frac{\tau}{4\pi} e^{-\mu Q_1}$$

kifejezést állítja fel,  $\tau$  a lavina terjedése szempontjából hatásos testszög,  $\mu$  a fényelnyelési együttható,  $Q_1$  a lavina terjedése szempontjából hatásos sugár, számítása nagyon bonyolult [8, 9].



## IRODALOM

1. ENGEL, A. és STEENBECK, M.: Elektrische Gasentladungen. Berlin, I. 1932. II. 1934.
2. GÄNGER, B.: Der elektrische Durchschlag von Gasen. Springer, Berlin 1953.
3. GOLDMAN, I. M. és VUL, B. M.: Zs. T. F. 1. 497. (1935.)
4. GRANOVSKIJ, V. L.: Elektriceszkij tok v gaze. Gosztyehizdat, M. L. 1952.
5. KAPCOV, N. A.: Elektrocsezskije javlenyija v gazah i vakumje. Gosztyehizdat. M. L. 1950.
6. KNOLL, M., OLLENDORF, F. és ROMPE, R.: Gasentladungstabellen. N. Y. 1944.
7. LEWELLYN JONES, F.: Ionization processes in the electrical breakdown of gases. Brit. J. Appl. Phys. 5. 49. (1954.)
8. LOEB, L. B.: Fundamental processes of electrical discharges in gases. Wiley, N. Y. 1939. Oszovnie processzi elektriceszkih razrjadov v gazah, Moszkva 1950.
9. LOEB, L. B.: Some aspects of breakdown streamer. Phys. Rev. 94. 227. (1954.)
10. MEEK, J. M. és CRAGGS, J. D.: Electrical breakdown of gases. Oxford, 1953.
11. RAETHER, H.: Die Elektronenlavine und ihre Entwicklung in die selbständige Entladung. Zs. f. angew. Phys. 7. 50. (1955.)
12. ROGOWSKI, W.: Gasentladung und Duschschlag. A. f. El. 26. 643 (1932.), 29. 130 (1935.).
13. ROTH, A.: Hochspannungstechnik. Springer, Bécs. 1950.
14. SCHADE, R.: Z. f. Phys. 108. 353. (1938.)
15. SCHWAIGER, A.: Über elektrische Entladungen in Luft. E. T. Z. A. 75. 293. (1954.)
16. SEELIGER, R.: Einführung in die Physik der Gasentladungen. Barth. Leipzig. 1934.
17. SZKANAVI, G. I.: A dielektrikumok fizikája. MTA. 1953.
18. VEREBÉLY L.: Villamos erőátvitel. I. Bp. 1951. II. Bp. 1952.
19. ZELENY, J.: J. Appl. Phys. 13. 103. és 444. (1942.)
20. ZINGERMANN, A. C.: Teorija i mehanizim probaja gaza. U. F. N. 25. 55. (1941.)
21. HIPPEL, A. R. (ed.): Dielectric materials and applications. London, Chapman & Hall 1955

## Összefoglalás

A dolgozat áttekintést ad a gázok átütését leíró elméletek jelenlegi helyzetéről. Felhívja a figyelmet arra, hogy a különböző elméletek hasonló feltételeket állapítanak meg az átütésre és így lehetséges az átütés kezdeti feltételének egységes tárgyalása az  $\omega(1 - ead) = 1$  egyenlet alapján. Vázlatosan kifejti az  $\omega$  tényező fizikai tartalmát és ennek segítségével magyarázni lehet a kezdeti feszültség függését az elektródatávolságtól. Kísérlet tesz, egyes — az irodalomban található — nem teljesen szabatos meghatározások pontosabbá tételére az  $\omega$ -t alkotó egyes tényezőkre vonatkozóan. Az elméleti fejtegetések alapján néhány lehetőségre mutat rá, melyek módot adnak gázok villamos szilárdságának növelésére, az elektrotechnikai és atomfizikai készülékek terén. Rámutat arra, hogy azok a törekvések, melyek a gáz halmazállapotú szigetelés szilárd szigetelőkkel való helyettesítésére irányulnak, nem minden területen helyesek, és bizonyos esetekben nem is célravezetők.



# VIZES BENTONIT DISZPERZIÓK RHEOLÓGIAI VISZONYAINAK JELLEMZÉSE\*

BARNA JÁNOS és MARSCHALKÓ BÉLA

BÁNYÁSZATI KUTATÓ INTÉZET

[Beérkezett 1955. július 12-én]

A bentonit diszperziók, mint az »erősen liofil kettős rendszerek prototípusai«, nemcsak tudományos szempontból, hanem ipari felhasználhatóságuk körülményeinek megismerése miatt is állandó kutatások tárgyát képezik.

Ismeretes, hogy a világ bentonit termelésének, mintegy 50%-a mélyfúrások öblítőiszapjának javítására szolgál. Az ehhez használt vizes bentonit diszperziók rheológiai viselkedésének jellemzésére megfelelő minősítő számok jelenleg még nincsenek egyértelműen megállapítva.

Az idevonatkozó problémákkal foglalkozó nagyszámú — főképp szovjet kutatók — munkái e kérdés megoldásának elvi alapjait már lefektették.

Feladatunkul tűztük ki, hogy ez alapokon elindulva keressük a lehetőségeket a különböző bentonit féleségek rheológiai viselkedésének, — lehetőleg fizikai értelemmel bíró — állandókkal vagy értékszámokkal történő egyértelmű és a vizsgálati körülményektől független jellemzésére és értékelésére.

E célból elsősorban a saját különleges szerkesztésű rotációs viszkoziméterünkben (Marschalkó) azonos koncentrációjú, de különféle származású bentonit, illetve dúsított montmorillonit diszperzióknak a mérőhengeren mérhető »g« nyomatékának a nyírási sebességtől ( $F$ ) való függését vizsgáltuk, a készülékben még megengedett, de igen tág nyírási sebességi határok között (0,0001—800 fordulat/perc), a vizsgálati anyag cseréje nélkül egyetlenegy vizsgálati folyamatban.

Vizsgálataink szerint a  $g - F$  függvénynek minden bentonitgeltnél 3 egymástól különböző, de igen jellegzetes szakasza volt megállapítható. Az első szakaszban — kb. 0,0005—0,1 fordulat/percnek megfelelő nyírósebességeknél, — csupán a diszperziók rugalmas határfeszültségének legnagyobb értéke határozható meg közvetlenül és a készülék méreteitől függetlenül. Ilyen kis fordulatszámoknál azonban ez az érték a készülék két koncentrikus hengerpárja közötti körgyűrűben elhelyezkedő vizsgálati anyagnak csak a belső (mérő) henger felületének közvetlen közelébe eső részén mutatkozik, míg a kereszt-

\* Kivonat szerzőknek az Acta Technica XIV. kötetének 3—4. számában német nyelven megjelenő tanulmányából.

metszet minden más részén a nyomaték kisebb és így az anyag szilárd testként viselkedő vázrendszere az adott körülmények között még fennáll. Az ebbe a szakaszba eső fordulatszámoknál azonos időközökben rendszeresen mért nyomatéki értékek igen jellegzetes szabályszerű hullámszáma figyelhető meg a fordulatszám teljesen megbízható állandósága esetén is, melynek magyarázatát — viszkoziméterünk sajátos szerkezete folytán előidézett — periodikus nyíró sebességbeli ingadozások által kiváltott struktúra változás, a vázrendszer fokozatos leépítése azoknak a tixotrópia okozta regenerálódása és szynérezis következtében beálló csúszásnak eredőjeként szabályos időközökben jelentkező nyomatéki értékingadozásokban látjuk.

A második szakaszban, — rendszerint a 0,5—50 fordulat/percnek megfelelő nyírási sebességi határok között, — a nyírási feszültség már a diszperzió teljes tömegében eléri a rugalmas határfeszültséget és így a szilárd fázisból fokozatosan átmegy folyékony állapotba.

A harmadik fázisban (mintegy 20—800 ford./perc határok között) a bentonit diszperziók teljes mértékben »Bingham-test« módjára viselkednek.

A szilárd fázis kezdeti leépülését, a folyékony fázis megjelenését, ennek fokozatos növekedését közvetlen fényképfelvételekkel is igazoltuk.

A  $g-F$  függvény jellemzésére az irodalomból ismert többféle összefüggést vizsgáltunk meg, melyek közül két ismertnek kombinálásával adódó alábbi egyenletből számított értékeket találtuk a nagyszámú vizsgálataink során mért valódi értékekkel aránylag legjobban megegyezőnek:

$$g = \frac{\left[ (\eta_0 - \eta_\infty) e^{-c_1 \frac{R_E^2 + R_A^2}{R_E^2 - R_A^2} \cdot \Omega} + \eta_\infty \right] \Omega}{K} + \frac{\delta}{K} \ln \frac{R_E}{R_A}.$$

Az egyenletnek fizikai értelemmel is bíró 5 állandója közül az  $\eta_0$ ,  $\eta_\infty$ ,  $\delta_\infty$  kiszámítása a  $g-F$  függvény második és harmadik szakaszának 3.,-lehetőleg kedvezően választott, egyébként tetszés szerinti fordulatszámához tartozó »g« értékéből történhetik, míg a  $C_1$  állandót a  $g-F$  függvényen észlelhető inflexiós pont grafikus behatárolásával kapjuk. Az ötödik érték a készülék állandója.

Az áramlási görbét fenti összefüggés alapján meghatározó 5 állandó értéke a különféle származású bentonitok és dúsított montmorillonitok 6%-os diszperzióinál igen jelentősen, sokszor nagyságrendűleg is különbözik. Általában négy főcsoportot különböztethetünk meg: a) a nyomaték már aránylag igen kis szögsebességtől kezdődően a szögsebesség függvényében igen rohamosan nő és egy felső határértéket ér el, ahonnan további aránylag kis szögsebesség változásnál (0,1—5 fordulat/perc-nél) olyan értékre csökken, amelytől kezdődően a bentonit diszperzió további fordulatszám növelésnél teljesen »Bingham-test« módjára viselkedik. b) A nyomaték értéke a mérési határköz jelentős részében

a fordulatszám növekedésének függvényében állandóan, de aránylag csak kis mértékben változik. A tökéletes Bingham-test módjára való viselkedés azonban csak igen nagy (400–1000 fordulat/perc) fordulatszám mellett éri el, sokszor a mérési lehetőségeket is már meghaladó értékeknél. *c)* Mindkét esetben a nyomaték abszolút értéke aránylag kicsi. Végül *d)* A nyomaték abszolút értéke az előbbihez viszonyítva 1–2 nagyságrenddel nagyobb.

Az egyes bentonitféleségeknél azonban mind a négy fenti változatnak egymást átlapoló fokozatos átmenetei természetesen szintén előfordulnak.

Ha a gyakorlatban ez idő szerint szokásos és általában Stormer-féle viszkoziméterrel 600 fordulat/percénél mért »látszólagos viszkozitás« értékeket összehasonlítjuk az említett öt fizikai értelemmel is bíró és az eredeti tanulmányban részletesen körülírt állandó közölt értékeivel, különösen feltűnővé válik, hogy mennyire alkalmatlanok a Stormer-féle viszkoziméterrel mért értékek a bentonit diszperziók rheológiai viselkedésének egyértelmű jellemzésére.

A peptizálódás mértékének az áramlási görbe alakjára, főleg annak kis nyírási feszültségeknél mért részére döntő befolyása van, és az főleg a  $C_1$  állandó értékében kap kifejezést, úgyhogy az utóbbi esetleg a peptizálódás mértékül is szolgálhatna.

D. SZ. VELIKOVSKIJ-nak a konzisztens kenőcsök áramlási viszonyaira vonatkozó eredményei igen sok tekintetben hasonlók a bentonit diszperziókra vonatkozólag részünkről kapottakkal, úgyhogy fenti összefüggés igen valószínű a konzisztens kenőcsökre és egyéb szerkezeti viszkozitással is bíró ún. »általánosított Bingham-testekre« is alkalmazható lesz.



# A LÉNYERÉS A CUKORIPARBAN A CUKORIPARI KUTATÓINTÉZET IDETARTOZÓ MUNKÁINAK ÖSSZEFOGLALÓ ISMERTETÉSE\*

OPLATKA GYÖRGY

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK DOKTORA

CUKORIPARI KUTATÓINTÉZET, BUDAPEST

[Beérkezett 1955. augusztus 1-én]

## I. Bevezetés

A cukoripari szakirodalom a cukorgyári lényerés kérdéseivel sokat foglalkozik. A legtöbb közlemény azonban csak üzemi eredmények közzétételére, kvalitatív megállapításokra, új eljárások ismertetésére szorítkozik és úgyyszólván alig találhatók olyan jellegű munkák, amelyek a lényeréssel kapcsolatos kérdéseket általános alapokból kiindulva tárgyalják. A közlemények ezen hiányosságára mutatott rá DĚDEK is a német cukortechnikusoknak Bad Emsben megtartott nagygyűlésén [1].

Ilyenformán a cukorgyári lényeréssel kapcsolatban felmerült kérdésekre nem lehetett egyértelmű választ kapni, a módszerek nem voltak objektívek és külön nehézséget jelentett, ha különféle diffúziós berendezéseket akartak összehasonlítani.

Éppen ezért szükségesnek látszott a lényeréssel kapcsolatos kérdéseket egész általánosságban felvetni, az eljárást részletfolyamatokra felbontani, ezeket matematikailag és kísérletiileg tanulmányozni, hogy a lényerési munka objektív alapjait megteremthessük azzal, hogy a részfolyamatokat természeti alaptörvényekre visszavezetjük.

A lényeréssel kapcsolatosan ilyen jellegű munkát először SZILIN szovjet kutató [2] tett közzé. Őt követte SMET [3], SORGATO [4], SLAVICEK [5], valamint több svéd kutató [6].

Amikor néhány évvel ezelőtt Intézetünkben a lényerési kérdésekkel kezdtünk foglalkozni, célunk az volt, hogy a lényerés kérdéseit a fent ismertetett alapvető módon tárgyaljuk. A munkaterületet részekre osztottuk, az egyes problémákat világosan megfogalmaztuk és megpróbáltuk azokat sorban megoldani. Az egyes részletkérdések megoldása után tudtunk a lényerési folyamatra, amely összetett és viszonylag bonyolult művelet, következtetni.

Az alábbiakban összefoglalóan ismertetjük idevágó munkáinkat, elért eredményeinket és a levonható következtetéseket. Az anyag bősége miatt jelen dolgozat csak a fontosabb eredmények ismertetésére szorítkozhatik; általában inkább a felvetett problémákat, azoknak megoldását taglaljuk, különösen kiemelve a gyakorlat számára felhasználható fontos végkövetkeztetéseket. A részletekre vonatkozólag utalunk az irodalmi összeállításban felsorolt publikációinkra.

## 2. A répaszövet tulajdonságai

### 2.1. A hőkezelés befolyása

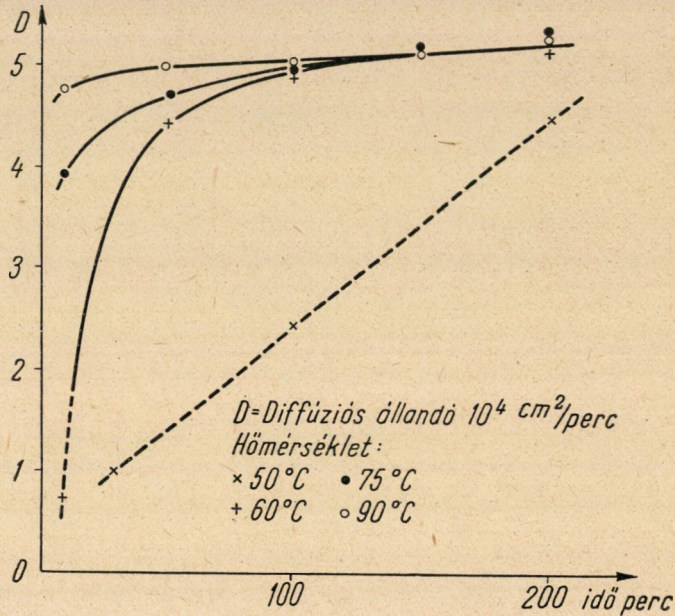
A vizsgálatok célja a lényerés legkedvezőbb hőmérséklettartományának felderítése.

Kísérletileg megállapítottuk, hogy két olyan hőmérséklettartomány van, amelyen belül a répaszövetben irreverzibilis változások történnek. Az első hőmérséklettartomány — meglehetősen függetlenül a répa minőségétől és tulaj-

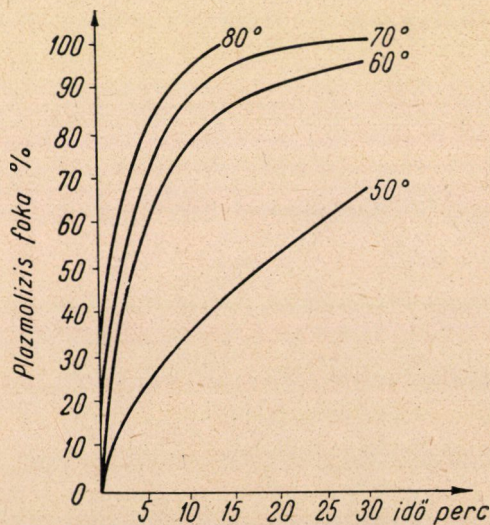
\* Német nyelven megjelent a »Zeitschrift für die Zuckerindustrie« 1954. 11—12. számában.

donságaitól — kb. 50 és 70 C° között van, itt következik be a sejtek elhalása, az ún. plazmolízis; a második tartomány kb. 80 C° felett van: itt kezdődik a sejtfalak, különösképpen a pektinanyagok lebomlása.

Figyelemre méltó, hogy mindkét folyamat nemcsak a hőmérséklettől, hanem az időtől is függ. Ha ugyanis a plazmolízist 50 C°-on akarjuk végrehajtani,



1. ábra

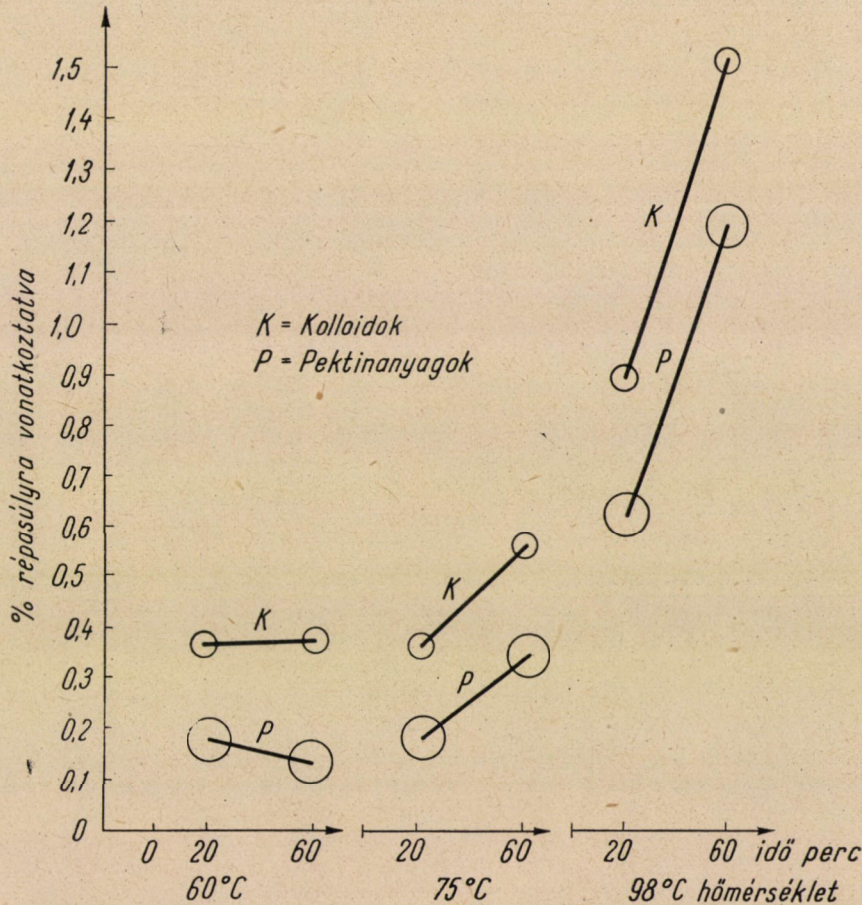


2. ábra



akkor a folyamat órák hosszat eltart, míg  $70\text{ C}^\circ$  hőmérsékleten néhány perc alatt végbemegy.

Az első hőmérséklettartományt egyrészt diffúziós állandó meghatározásokkal [7] (a mérési módszert a 3.2. fejezetben adjuk), másrészt kontrakciós mérésekkel, azaz a répaszövet geometriai méreteiben különböző hőmérsékleteken az idő függvényében bekövetkező változások mérésével állapítottuk meg [8].



3. ábra

A diffúziós állandó mérések eredményét az 1. ábrában szemléltetjük. Az eredmények jól egyeznek SCHNEIDER és HOFFMANN—WALBECK [9] méréseivel, akik a sejtelhalást az idő és hőmérséklet függvényében mikroszkóposan követték (2. ábra).

Ezen megállapítások gyakorlati eredménye az, hogy minden hőmérsékletre megadható, mennyi ideig tart a sejtek elhalása.

A második hőmérséklettartomány kb. 75 C°-on, erősebb mértékben kb. 80 C°-on kezdődik. Más szóval: kb. 80 C° az az alsó hőmérséklethatár, amely-nél a sejtfaalak és ezzel a pektinanyagok elbomlása erősebb mértékben megindul [10]. Ez a folyamat is az idő függvénye, ami a 3. ábrán jól követhető.

A gyakorlat számára ebből az a következtetés vonható le, hogy a létszít-tásnál nehézséget okozó kolloidok (pektinanyagok) csak akkor kerülnek a nyerslébe, ha a szeletet nagyobb (kb. 80 C°) hőmérsékleten huzamosabb időn keresztül (kb. 40—50 percnél tovább) tartjuk. Az üzemben 80 C° körüli hőmér-séklet — ha szükséges — megengedhető, de csak rövid ideig. A megadott adatok csak irányszámok: éles határok nincsenek, már azért sem, mert a répa minő-sége a jelenségeket erősen befolyásolja.

A pektinanyagok kérdésével SCHNEIDER és HOFFMANN—WALBECK [11] is foglalkozott és arra az eredményre jutottak, hogy az ún. előforrázásos lé-nyerési eljárással több pektinanyag kerül a nyerslébe. Ez a megállapítás a mi megfigyeléseink révén könnyen megmagyarázható.

## 2.2. A répa hővezetőképessége

Annak tisztázására, hogy milyen gyorsan melegíthető fel a répaszelet megmértük a répaszövet hővezetőképességét [12]. Bebizonyítottuk, hogy a Newton-féle hővezetési törvényből levezethető Fourier-féle törvény répara jó közelítéssel érvényes. A különféle geometriai alakokra (kocka, prizma, henger stb.) kiszámított hőmérséklet-görbék a mértékkel jó egyezést mutatnak. Így lehetővé vált a répa hőmérsékletvezetőképességének meghatározása. Számos mérés eredményeként kaptuk, hogy a répa hőmérsékletvezetési tényezője  $0,092 \pm 0,008$  cm<sup>2</sup>/mp. Ez az eredmény messzemenően független a répaanyag-tól és a kiválasztott geometriai alaktól.

Mivel egyrészt a répa fajsúlya, másrészt SCHNEIDER, EMMERICH és HOFF-MANN [13] munkáiból a répa fajhője ismert, kiszámítható a hővezetési tényező, melynek számértéke: 0,52 kcal/m. ó. C°. Ez — érdekes módon — jól egyezik a víz hővezetési tényezőjével.

Ezekből a mérésekből még az a figyelemre méltó tény derült ki, hogy a répaanyag külső felülete és a környező folyadék között nincs számottevő hő-ellenállás. Csak vékony szeletnél kell figyelembe venni a reá tapadó folyadék-határreteget (lásd 5.3 fejezet).

Ezen mérésekből az a gyakorlati következtetés vonható le, hogy még vastag, tehát pl. 2×2 mm méretű szeletnél is, a szelet geometriai középpontjában a hőmérséklet 4 mp alatt eléri az eredeti hőmérsékletkülönbség 92%-át. Meg-állapítható tehát — kissé szabadon kifejezve —, hogy a szelethőmérséklet csak néhány másodperccel marad el a lé hőmérsékletétől.

### 2.3. Mechanikai tulajdonságok

Nagy fontosságú a vágógépmunka szempontjából a répa vághatósága. Szerkesztettünk olyan — lényegében ejtőingából álló — készüléket, amelynek segítségével a répa vághatósága gyorsan és jól reprodukálhatóan mérhető [14]. A vághatóság erősen függ a répa anyagától (fajta, származás, tárolás módja stb.), de alig befolyásolja, hogy a mintát a répa mely részéből vettük. Normális répánál 1—1,2 cm kg/cm<sup>2</sup>, alterált vagy fagyos, majd felolvadt répánál 0,6—1,4 cm kg/cm<sup>2</sup> közötti, erősen rostos répánál 1,8 fölötti, bizonyos esetekben egészen 3 cm kg/cm<sup>2</sup> körüli értékeket találunk.

A hidrodinamikai kérdések szempontjából különösen fontos a répaszövet rugalmassági modulusa és az összenyomhatósági (a kompresszibilitási) tényezője. A rugalmassági modulus (egyébként klasszikus mechanikai értelemben) különleges mérőberendezés [15] segítségével mértük. A következő értékeket találtuk: egészen friss répánál 65—140 kg/cm<sup>2</sup>, erősen fonnyadt répánál 18 kg/cm<sup>2</sup> alatt, elhalt (hőkezelt) répaanyagánál 3—6 kg/cm<sup>2</sup>.

A répaszövet rugalmas viselkedését továbbá a *Höppler*-féle plasztométer segítségével is vizsgáltuk [16] és megállapítottuk, hogy a mechanikailag terhelt répaszövet részben rugalmasan, részben maradón deformálódik. A rugalmas alakváltozás tartományában, amely egészséges répánál egészen kb. 2—3 kg/cm<sup>2</sup> terhelésig terjed, a Hooke-törvény elég jó közelítéssel érvényes. A maradó alakváltozás annál nagyobb, minél kisebb a rugalmas alakváltozásból kiszámított rugalmassági modulus.

Meghatároztuk azonkívül a répaszelet összenyomhatósági (kompresszibilitási) tényezőjét; ez utóbbi, amely egyébként pontosan meghatározott szelettulajdonságot jelent, mértéke annak, hogy ismert terhelés hatására mennyire deformálódik egy szeletoszlop. Meghatározásához különleges mérőberendezést készítettünk. A kompresszibilitási tényező a hidrodinamikai folyamatok számításához szükséges, amiről az 5.5. fejezetben számolunk be. A répaszövet rugalmassági modulusa és a kompresszibilitási tényező között valószínűleg meghatározott összefüggés van. Ezt a területet azonban még nem vizsgáltuk.

## 3. A diffúziós folyamat néhány alapvető kérdése

### 3.1. A Fick-törvény és annak érvényessége a répaszövetből történő cukordiffúzióra

Fick törvénye szerint homogén anyagban a diffúzió folytán előidézett anyagvándorlás a következő képlettel írható:

$$\delta q = - Df \frac{dc}{dx} \delta \tau. \quad (1)$$

Ebben  $\delta q$  jelenti azt az anyagmennyiséget, amely  $\delta \tau$  idő alatt az  $f$  felületen

keresztüldiffundál, ha a koncentrációgradiens  $\frac{dc}{dx}$ . Az arányossági tényező,  $D$ , a diffúziós állandó. Először feltételeztük, majd gazdag kísérleti anyag segítségével be is bizonyítottuk, hogy ez a törvény hőkezelt répaanyagból történő cukordiffúzióra érvényes, ha  $D$  értékét — mivel a répaanyag nem homogén — statisztikai értelemben fogjuk fel. Ezen megállapítást ugyan BRÜNICHE—OLSEN [18] vitatja, azonban döntő bizonyítékokat a Fick-törvény érvényessége ellen felhozni nem tudott. Erre vonatkozóan Brünische—Olsennal nyilvános vitát folytattunk [19, 20].

Bizonyítékainkat a Fick-törvény érvényességének bizonyítására az alábbiakban adjuk. Ezeket kissé bővebben ismertetjük, de alapvető fontosságúnak tartjuk ezen törvény érvényességét bebizonyítani, mivel a kilúgzási folyamatra vonatkozó összes megfontolásaink ezen a törvényen alapszanak.

A Fick-törvényből kiindulva kiszámítottuk a cukorkoncentrációt plan-paralel lemezben [21] és hengeralakú répatestben [22] a hely és idő függvényében, arra az esetre, amikor az elölt répaszövetet annyi vízbe helyeztük, hogy annak koncentrációja a diffúziós folyamat alatt észrevehetően nem növekedett. Ebből integráció útján megkaptuk a répatestből előírt idő alatt kidiffundáló cukor mennyiségét. Ha a geometriai méreteket, az átlagos cukortartalmat a kilúgzás előtt és után, továbbá a kilúgzási időt ismerjük, illetőleg ezeket mérjük, úgy  $D$ , a diffúziós állandó, meghatározható. Nagy gonddal számos kísérletet végeztünk, amelyeknél a geometriai alakot, a méreteket és a diffúziós időt széles határok között változtattuk [22] és megállapítottuk, hogy egységes répaanyagnál a diffúziós állandó független a répatest alakjától, a méretektől, a kilúgzási időtől, a kezdeti- és végkoncentrációtól és jól ismételhetően, szűk határok között, csakugyan állandó. Különböző származású répánál az eltérések ugyan nagyobbak, de ennek éppen a répaanyag különbözősége az oka.

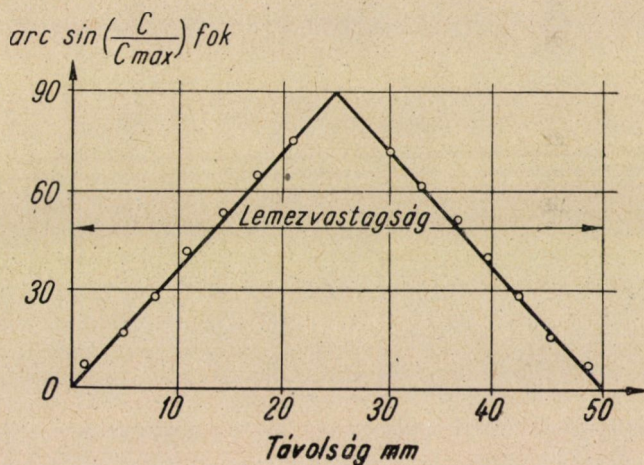
Egy másik munka keretében diffúziós kísérleteket ún. zárt rendszerben végeztünk [23]. Űzemi szeletet összemérhető mennyiségű forró vízzel hoztunk érintkezésbe. Heves keveréssel gondoskodtunk a lé koncentrációjának kiegyenlítéséről; mértük a lé cukorkoncentrációját az idő függvényében. A koncentráció-idő görbét — a Fick-törvényből kiindulva — előre kiszámítottuk. Jó egyezést találtunk a számított és mért értékek között.

A Fick-törvény harmadik bizonyítékát STANEK és PAVLAS [24] 1939-ben elvégzett méréseiből kaptuk. Stanek és Pavlas geometriailag meghatározott korongokat vágtek répából, azokat ismert mennyiségű vízbe helyezték és meghatározták a lékoncentrációt az idő függvényében. Ezeket a méréseket elméletileg kiértékeljük [23] (egyébként ugyanezt elvégezte később SLAVICEK is [25]). A sok számítási eredmény közül itt csak egyet adunk annak szemléltetésére, hogy milyen jól egyeznek STANEK és PAVLAS 1939-ben mért adataival a mi 1951-ben kiszámított adataink:

Hőmérséklet  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ , korongsugár: 25 mm, korongvastagság 5 mm.  
Diffúziós állandó  $4,8 \cdot 10^{-4}\text{ cm}^2/\text{perc}$  (számítva).

Idő perc	Lékoncentráció	
	mérve	számítva
5	14,54	14,50
10	13,24	13,28
15	12,37	12,48
20	11,69	11,80
40	9,98	10,05
60	9,28	9,02

Végül negyedik bizonyítékként a Fick-törvény érvényességére azokat a méréseket ismertetjük, amelyeket H. BRÜNICHÉ—OLSEN — aki egyébként a Fick-törvény érvényességét vitatja — végzett [18]. Brüniche—Olsen elhalt répaszövetből kivágott, 50 mm hosszú hengerből mindkét végén meghatározott ideig diffundáltatott cukrot; a henger tengelyére merőleges irányú diffúziót megakadályozta. A folyamat tehát úgy folyt le, mint a planparalel lemezben.



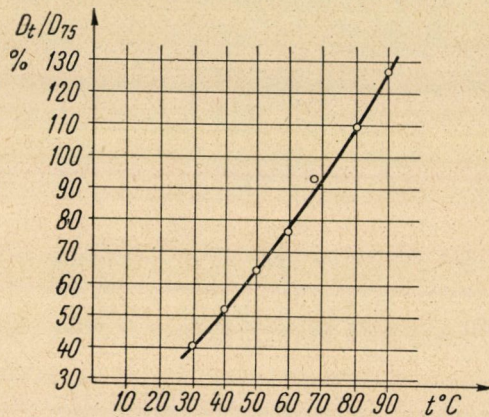
4. ábra

Diffúzió után a hengert tengelyére merőlegesen több szeletre vágta és az egyes részek cukorkoncentrációját meghatározta. Brüniche—Olsen méréseinek eredményeit a 4. ábra szemlélteti, amiből látható, hogy a cukoreloszlás a hengerben a tengely mentén szinuszos eloszlású. Ez azonban éppen az a cukoreloszlás, amely a Fick-törvény alapján várható. Nehezen képzelhető el, hogy a szinuszos eloszlás más törvénnyel megmagyarázható lenne. Brüniche—Olsen semmi ilyen magyarázatot nem közölt.

Végül még megemlítjük, hogy összes többi tapasztalatunk mind összhangban van a Fick-törvénnyel, úgyhogy annak érvényességét bebizonyított-nak tekintjük.\*

### 3.2. A diffúziós állandó

A diffúziós állandó — fenti fejtegetéseknek megfelelően — mértéke annak a sebességnek, amellyel a cukor a répatestből kidiffundál. Ismerete nagyfontosságú az üzemszerű diffúziós folyamat (cukorgyári szaknyelven kilúgzás) irányításánál és a répaanyag megítélésénél.



5. ábra.

Kidolgoztunk egy mérési módszert [26] a répa diffúziós állandójának — a továbbiakban a rövideg kedvéért ezt a kevésbé pontos kifejezést fogjuk használni — mérésére, amelynek segítségével üzemi laboratóriumban rövid idő alatt,  $\pm 3\%$  pontossággal meghatározható. A módszer lényege az, hogy a vizsgálandó répából éles cső segítségével kb. 50 db. 3 mm átmérőjű hengert vágunk ki. Ezek egyik fele a répa cukortartalmának meghatározására szolgál, a másik felét pedig 75 C° hőmérsékletű vízáramban, amelyben a hengerek egymástól elkülönítve lebegnek, diffúziós folyamatnak vetjük alá. Meghatározott idő után a vízáramlást megszüntetjük és a — többnyire 4–5% cukortartalomra — kilúgzott hengerek cukortartalmát megvizsgáljuk. Ezekből az adatokból

\* Jelen közlemény írásában közölték el hozzánk BRÜNICHÉ—OLSENNEK a mező gazdasági iparok nemzetközi kongresszusán (Madrid, 1954) tartott előadásának referátuma (Zuckerindustrie, 4, 1954, 350—351). Ebből megelégedéssel megállapítjuk, hogy Brüniche-Olsen a Fick-törvény érvényességét, legalábbis vastag szeletre (2 mm felett), elismeri és csak vékony szelet esetében vitatja. Sajnos, a részéről alkalmazott kísérleti módszert a cikk nem ismerteti, úgyhogy mérési eredményeit nem tudjuk kritikailag értékelni.

kiszámítható, illetőleg nomogram segítségével meghatározható a diffúziós állandó. Egyik kiegészítő munka a helyes mintavétel kérdésével foglalkozik [27].

Ezzel a módszerrel néhány év óta számos mérést végeztünk, s azt találtuk, hogy a répa diffúziós állandója viszonylag nem nagy határok között változik. 75 C°-on többnyire  $4-5 \cdot 10^{-4}$  cm<sup>2</sup>/perc körüli értékeket találtunk, szélső esetben  $3-7 \cdot 10^{-4}$  cm<sup>2</sup>/percet.

A diffúziós állandónak a hőmérséklettől való függése elég érzékeny és pontosan követi az Einstein-törvényt. Az 5. ábrában kihúzott görbe mutatja az elméleti értékeket, a bejelölt pontok a mérési értékeket [28]. Korán, pl. augusztusban vagy szeptember elején szedett répa a diffúziós állandója valamivel kisebb, majd fokozatosan nő. A cukorgyártási üzem időszakában és tárolás közben alig lehet észrevehető különbséget megállapítani. Alterált vagy fagyos és újból felengedett répa a diffúziós állandója nagyobb. Nem hőkezelt répánál (nem plazmolizált répaszövetnél) a diffúziós állandó egy nagyságrenddel kisebb. Vegyszerek hatását a módszerrel jól lehet követni.

Ha összehasonlítjuk a répatest belsejében és a vízben diffundáló cukor diffúziós állandóit azonos hőmérsékleten, akkor azt találjuk, hogy a cukor a répatest belsejében csak mintegy 30—40%-kal vándorol lassabban, mint a vízben. Ebből következik, hogy a cukor a répatest belsejében viszonylag kevés ellenállásba ütközik. A folyamatot — jóllehet kissé vázlatosan — úgy magyarázhatnók, mintha a sejtszövetben a hőkezelés vagy egyéb hatásra a felület egy része áteresztővé válnék. Az áteresztő felület viszonya a teljes felülethez megadja a diffúziós állandónak vízre vonatkoztatott értékét. Ez a felfogás — jóllehet csak kvalitatív — megegyezik TULLIN [29] megfigyeléseivel, és TEATINI [30] elképzeléseivel.

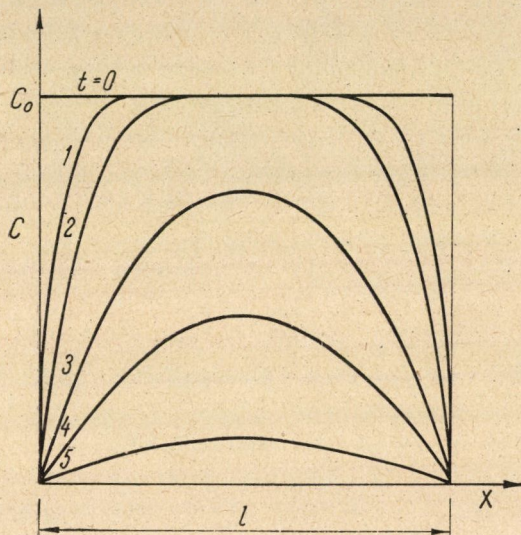
Az üzem számára a diffúziós állandónak és a meghatározási módszernek — az előbb említett felhasználási lehetőségeken kívül — azért van jelentősége, mert elősegíti a diffúziós munka objektív megítélését. Eldönhető például, hogy rossz kilúgzás a répaanyag vagy pedig meg nem felelő munkavezetés következménye-e.

### 3.3. A cukor diffúziója a répaszeletből

Az üzemi répaszeletet: a szabályos háztetőalakút és a szabálytalan (tégla-lapalakú keresztmetszetű) szeletet első megközelítésben planparalel lemezként foghatjuk fel. Nagyon érdekes követni, hogyan megy végbe időben ilyen lemez cukortalánítása. A folyamat matematikailag jól követhető és az eredmény Fourier-sorral kifejezhető [21].

Egy példát kvalitatíve a 6. ábra szemléltet. Tétélezzük fel, hogy a  $t = 0$  időben elhalt répaszövetből kivágott,  $l$  vastagságú és  $C_0$  kezdeti koncentrációjú lemezt a lemez térfogatá-

Kezdetben gyakorlatilag a koncentráció csak a két felület közelében fekvő rétegben csökken, a közepen a kezdeti koncentráció változatlan. Ezt az állapotot mutatja az 1. görbe. Bizonyos idő múlva a folyamat tovább haladt előre: az oldalrétegek koncentrációja tovább csökkent, s a közepen már csak viszonylag keskeny csíkban van meg a kezdeti koncentráció (az ábrán 2. görbe). Később megindul a koncentráció csökkenése a közepen is, bár ott még mindig viszonylag nagy (3. görbe). Lassanként az eloszlásgörbe szinusz-alakú lesz (4. görbe), amely mindig laposabb (5. görbe). (A szinusz-formájú koncentrációeloszlásról a 3.1 fejezetben már volt szó.) hoz képest igen nagy térfogatú tiszta vízbe helyezünk. Közvetlenül a vízbehelyezés után megindul a cukor diffúziója, mind magában a lemez belsejében, mind pedig a lemezből a folyadékba.



6. ábra

Ezen kvalitatív megfontolás mellett a számítások révén megállapítható az a nagy gyakorlati jelentőségű tény, hogy a kilúgzás foka a dimenzió nélküli  $\frac{DT}{l^2}$  kifejezéstől függ. Ebben  $D$  jelenti a diffúziós állandót,  $T$  a lúgzási időt és  $l$  a planparalel lemez, azaz a szelet vastagságát. Ha a szeletvastagság nő, akkor a lúgzási időt négyzetesen kell emelni, hogy ugyanazt a kilúgzást elérhessük. Rosszabb diffúziós állandót ugyancsak — jóllehet csak lineárisan — megnövelt diffúziós idővel lehet ellensúlyozni.

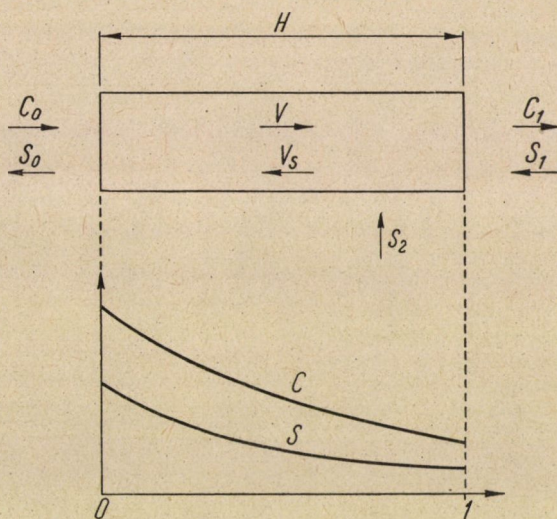
Önkényesen kiválasztott példán bemutattuk, hogy különböző alakú, de azonos vastagságú szelet esetében mennyi idő szükséges azonos kilúgzás eléréséhez. E célból a négyzetes, téglalakú (oldalarány: 1 : 3) és a háztetőalakú keresztmetszetű szeletformákat hasonlítottuk össze. A számítás azt eredményezte, hogy az idők kb. 6 : 2 : 1 arányban viszonylanak egymáshoz [21].



## 4. Az ideális ellenáramú diffúziós rendszer

## 4.1. Alapvető összefüggések

Nyilván felesleges lenne azt bizonyítani, hogy az ellenáramú diffúziós rendszer a leggazdaságosabb. Ideális ellenáramú rendszert vázlatosan a 7. ábra szemléltet. Jellemzői: a kilúgzórendszerbe az egyik oldalon egyenletes  $V$  sebességgel áramlik be a szelet ( $C_0$ ), a másik oldalon pedig ettől különböző, de időben ugyancsak állandó  $V_s$  sebességgel a lé, illetve a víz ( $S_1$ ). A kilúgzóedényből a baloldalon távozik a nyerslé ( $S_0$ ) és a jobboldalon a kilúgzott szelet ( $C_1$ ). ( $C$  és  $S$  cukorkoncentrációt jelentenek.)



7. ábra

A diffúziós folyamat matematikailag jól követhető. Az üzemi adatok között összefüggéseket állítottunk fel [17]. A számítás eredménye azt adja, hogy mind a szelet, mind a lé cukorkoncentrációja a kilúgzóedény hosszában exponenciálisan fut, mint ahogy az a 7. ábrából látható.

A gyakorlat számára különösen fontos az az összefüggés, amely a cukor veszteséget adja meg:

$$\frac{C_1}{C_0} = \gamma_0 \frac{P - \varepsilon}{Pe^\Psi - \varepsilon}, \quad (2)$$

ahol

$$\Psi = 12 \frac{D}{l^2} T \frac{P - \varepsilon}{P},$$

ahol

$C_1$  = cukorveszteség ; cukorsúly/répasúly

$C_0$  = a répa cukortartalma (digeztió) ; cukorsúly/répasúly

$\gamma_0$  = a répa fajsúlya, vízre vonatkoztatva. Értéke többnyire 1,06—1,08 (dimenzió nélküli szám)

$P$  = lélehúzás ; lésúly/répasúly

$\varepsilon$  = a répában levő lé térfogatára jellemző viszonyszám ; értéke többnyire 0,94.]

A dimenzió nélküli  $\psi$  rövidítésben előforduló jelek jelentése a következő :

$D$  = diffúziós állandó

$l$  = a planparalel lemeznek feltételezett szelet »vastagsága«

$T$  = az aktív kilúgzási idő ; feltételezzük, hogy a szelet teljes plazmolizise a rendszerbe való belépése előtt megtörtént.

Ez a képlet, ha alakilag nem is, de lényegében nagyon hasonló az ún. *Szilin*-féle képlethez. Ettől csupán abban különbözik, hogy képletünkben minden érték fizikailag jól definiált, azonkívül számításainknál figyelembe vettük a szelet cukortalanításának mechanizmusát, miként azt a 3.3. fejezetben ismertettük. 1,4 fölötti  $P$ -értékeknél a képlet pontatlanná válik.

#### 4.2. A cukorveszteségre vonatkozó képlet taglalása

A (2) képlet szorosan összeköti a cukorveszteséget az üzemi jellemzőkkel ; ezek a répa eredeti cukortartalma, a lélehúzás, a diffúziós állandó, a szeletvastagság és a lúgzási idő. Ha meghatározott  $C_1$  cukorveszteséget nem akarunk túllépni és a répaanyagot, melyet a  $C_0$ ,  $D$ ,  $\gamma_0$  és  $\varepsilon$  értékek jellemeznek, adottnak tekintjük, akkor csak az  $l$ ,  $T$  és  $P$  értékekkel operálhatunk. Ezt a három értéket úgy kell választani, hogy a képletet kielégítsék. Ha pl. a lúgzási idő a napi répafeldolgozás miatt kötött [lásd még később (7) képlet] és bizonyos  $P$  lélehúzást hógazdálkodási okokból nem akarunk túllépni, akkor megfelelő vastagságú szeletet kell előállítani. Vagy ha a vágógépállomás olyan szűk keresztmetszet, hogy a szeletvastagságot adottnak kell tekinteni (lásd pl. 5.3. fejezet), úgy  $P$  és  $T$  értékét kell megfelelően választani. Nem változtathatjuk tehát önkényesen a három értéket, mivel ezek éppen a (2) képlet szerint összefüggésben vannak egymással.

Ha ezek után az egyes értékeket vizsgáljuk, úgy a következő következtetéseket vonhatjuk le : a cukorveszteség arányos a digesztióval, azaz ha a digesztió nő, a többi körülmény viszont változatlan, akkor a cukorveszteség azonos mértékben növekszik.

A lélehúzástól a cukorveszteség nagyon bonyolult módon függ, mivel  $P$  a (2) képletnek nemcsak a számlálójában és nevezőjében, hanem a  $\psi$  kitevő-

ben is előfordul. Kimutatható, hogy ha  $P$  nő, akkor a cukorvesztesség csökken. Ez az eredmény kvalitatíve már ismeretes volt, az összefüggést azonban itt kvantitatíve is megadjuk, s azt egy nomogram alapján a következő fejezetben még részletesebben taglalni fogjuk.

Figyelemre méltó a  $\eta$  kitevőben a  $\frac{DT}{l^2}$  kifejezés, amelyről már a 3.3 fejezetben szó volt. A szeletvastagság négyzetes befolyása itt is látszik. A kilúgzási veszteség nem változik, bárhogy választjuk meg  $T$  vagy  $l$  értékét, ha gondoskodunk arról, hogy a  $\frac{DT}{l^2}$  érték változatlan maradjon. Célszerűnek látszott a  $\frac{12D}{l^2}$  kifejezést — amely csak a szelettulajdonságtól függ és amelyet »diffúziós tényező«-nek neveztünk — külön jellel ( $\lambda$ ) jelölni.

Szembetűnő, hogy a képletben a töltés nem fordul elő, tehát a cukorvesztesség a töltéstől nem függ. A töltés csak a feldolgozást befolyásolja (lásd 6.1. fejezet).

A szeletoszlop hossza ugyancsak nem fordul elő a képletben; a cukorvesztesség csak a lúgzási időtől függ. Ez fontos megállapítás, mivel a szakirodalomban gyakran található az a kijelentés, hogy a veszteség a szeletoszlop hosszától is függ. A hőmérséklet a képletben látszólag ugyancsak nem fordul elő. Ez azonban  $D$  értékében van elrejtve, mivel a diffúziós állandó függ a hőmérséklettől, miként azt a 3.2. fejezetben már kimutattuk.

A (2) képlet bizonyítékát adja annak, hogy ún. káros tér nincs, miként azt POKORNY és VONDRAK [31] másként bebizonyította.

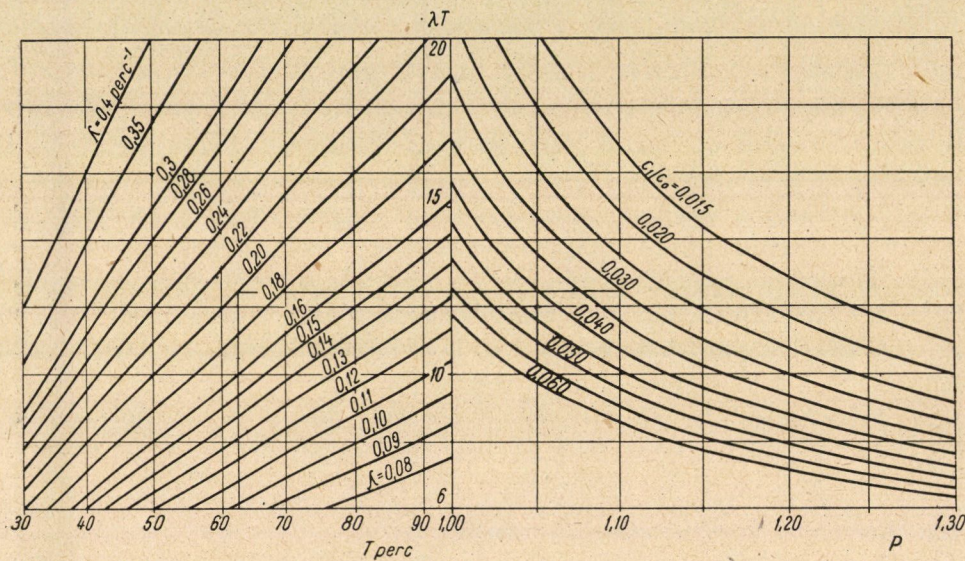
#### 4.3. Nomogram a cukorvesztesség meghatározására

Mivel a (2) képletet sűrűn használjuk és értékelése sok időt vesz igénybe, célszerűnek látszott a gyakorlat számára nomogram alakjában ábrázolni [17]. Az ábrázoláshoz dimenzió nélküli paramétereket, mint  $C_1/C_0$ ,  $\lambda T$  és  $P$  értékeket használtunk fel. A 8. ábrában bemutatott nomogram jobb oldalán levő görbesereg fenti három érték közötti összefüggést szemlélteti. Az abszcisszára a lélelvezést, az ordinátára a  $\lambda T$  értékeket vittük fel, míg az egyes görbék különböző  $C_1/C_0$  értékekhez tartoznak. A nomogram baloldala, az egyenessereggel, csupán kiegészítés, amely a  $\lambda T$  szorzatot a  $\lambda$  és  $T$  tényezőkre bontja. Az abszcisszára a  $T$  értékeket percekben vittük fel. Az egyes egyenesek különböző  $\lambda$ -értékekhez tartoznak, amelynek dimenziója  $\text{perc}^{-1}$ .

A nomogram így 4 változó közötti összefüggést ábrázol. Ha azok közül 3 adott vagy megmérhető, úgy a negyedik meghatározható. A  $C_1/C_0$ ,  $T$  és  $P$  értékek szokásos üzemi mérésekkel közvetlenül meghatározhatók.  $T$  meghatározásánál azonban nem szabad megfeledkezni arról, hogy a rendszerbe belépő répat hőkezeléssel előltnek tételeztük fel.  $\lambda$  értékét ideális szeletre  $D$  és  $l$  értéké-

ből kiszámíthatjuk. Közvetlen meghatározására szolgáló mérési módszer kialakítása folyamatban van, de az erre vonatkozó munkák még nem tekinthetők befejezettnek.

A nomogramból leolvasható az egyes üzemi jellemzők befolyása. Ez különösen a lélehúzásnál érdekes, amely a (2) képletben nagyon bonyolult módon jelentkezik. Látható, hogy kis lélehúzásnál, tehát 1,0 és 1,1 között, a lélehúzás változtatása — azonos  $\lambda T$  értékek mellett — a cukorvesztést erősen befolyásolja; ezzel szemben nagy lélehúzásnál (tehát kb. 1,2 felett) a lélehúzást erősen kell változtatni ahhoz, hogy észrevehető befolyást gyakoroljon a cukorvesztésre. Hasonló módon a többi tényező hatása is megállapítható.



8. ábra

## 5. Üzemi diffúziós rendszerek általános kérdései

### 5.1. A rendszerek áttekintése és felosztása

Az ideális rendszerről gyakorlatira való áttéréskor néhány fogalmat pontosan definiálnunk kell, annál is inkább, mivel az irodalomban teljesen eltérő szóhasználat honosodott meg.

Gyakran helytelenül különböztetik meg a folytonosan és nem folytonosan működő diffúziós rendszereket. Nem folytonosnak tekintik pl. a Robert-rendszert, folytonosnak pl. az RT-dobot.\* A valóságban azonban a kilúgzási folyamat éppen a Robert-diffúziónál majdnem pontosan a folytonos ellenáram elv betartásával megy végbe, míg az RT-dobnál az ellenáram folyton megszakad. Ezzel szemben a lé kinyerése a Robert-diffúziónál nem folytonos, az RT-dob-

\* Raffinerie Tirllemontoise.

nál majdnem folytonos és a toronydiffúziónál teljesen folytonos. Éppen ezért a rendszerek osztályozásánál célszerűbbnek látszik a folytonosság fogalmának mellőzése. Hasonlóképpen vélekedett SMET [32] és DĚDEK [1] is.

A különféle rendszereket két csoportra osztjuk: mechanizált és nem mechanizált rendszerekre. Mechanizált rendszernek az olyan rendszert nevezük, amelynél kiszolgálás csak a szabályozáshoz szükséges. A nem mechanizált rendszereknél jelentős kézimunka szükséges. Nem mechanizált rendszernek tulajdonképpen csak a Robert-diffúzió tekintendő, az összes többi mechanizáltnak vehető. Az ellenáram elvét a Robert-rendszer jó megközelítéssel teljesen megvalósítja, a mechanizált rendszereknél ez nincs mindig így.

Lényeges megkülönböztető jellemzője lehet a különféle rendszereknek a szelet kezelési módja. Egyedül a Robert-diffúziónál nem mozog a szelet a kilúgzási folyamat alatt. Ennek előnyét nem lehet eléggé hangsúlyozni. Az összes többi (egyidejűleg mechanizált) rendszerrel a szeletet többé-kevésbé kíméletlenül mozgatják. Talán csak az Olier- és a Silver-féle lánctdiffúzióval kezelik kíméletesen a szeletet.

A mechanizált rendszerek két, egymástól jól elkülöníthető csoportba sorolhatók: aszerint, hogy az ellenáram elvét szigorúan megvalósítják (mint pl. a toronydiffúzió) vagy nem (mint pl. az RT-dob). Ezzel a jellemzővel azonos a »cellákra nem osztott« és a »cellákra osztott« rendszerekre való felosztás. Az előbbieket ellenáramú rendszerek, az utóbbiak pedig ezen elvtől eltérnek.

## 5.2. Az elmélet alkalmazása

Az ideális diffúziós rendszerre kidolgozott elmélet a gyakorlati ellenáramú rendszerek számítására is alkalmas, feltételezve, hogy a képletekben előforduló egyes értékeket helyesen alkalmazzuk az üzemi fogalmakra. Nem alkalmas azonban szigorúan véve — miként a Szilin-féle képlet sem — a cellákra osztott rendszerekre. Ezekre más törvényszerűségek érvényesek, amelyekkel ugyancsak foglalkoztunk és amelyekre később még (lásd 7.1. fejezet) visszatérünk. A cukorvesztésekre vonatkozó összefüggést [(2) képlet] összehasonlítás céljából tisztán formálisan a cellákra osztott rendszerekre is alkalmazhatjuk; a kapott értékek azonban különböző munkafeltételeknél egymástól eltérőek lesznek.

A (2) képlet érvényességének további feltétele, hogy cukormentes lúgzó-folyadékkal (nyomóvízzel) dolgozzunk. Cukortartalmú víz (vagy présvíz visszavétel) esetén a törvényszerűségek kissé eltérő alakban érvényesek [33].

Az üzemi jellemzőkről a következőket kell mondanunk: a lélehúzás,  $P$  és a friss szelet cukortartalma,  $C_0$ , szokásos üzemi jellemzők, mindkettő üzemszerű átlagérték.  $\gamma_0$  és  $\varepsilon$  értéke állandónak vehető.  $C_1$  az összes diffúziós cukorvesztést jelenti, de az ún. ismeretlen veszteségeket nem veszi figyelembe a képlet. A lúgzási idő,  $T$ , a gyakorlati rendszereknél nem azonos a szeletnek a diffúziós edényben eltöltött idejével. E két fogalom csak akkor fedi egymást,

ha ún. előforrázott szelettel dolgozunk. Ha azonban a szelet elölése a diffúziós rendszerben történik, úgy az időt csak a teljes plazmolízis bekövetkeztétől számíthatjuk. A diffúziós állandó,  $D$ , a megadott módszer szerint határozható meg [26]. Tapasztalataink szerint ez a kampány folyamán rövidebb időn belül (kb. 1—2 hét) csak nagyon kevésbé változik. A képletbe az átlagos diffúziós hőmérsékletnek megfelelő értéket kell behelyettesíteni. A legnehezebb kérdés kétségkívül  $l$ , a szeletvastagság helyes interpretálása. Az ideális diffúzió számításánál a szeletet mint planparalel lemezt fogtuk fel. Ismeretes, hogy a gyakorlatban ez a feltevés nem állja meg helyét, minthogy a szelet háztetőalakú, vagy legalábbis annak kellene lennie; általában összekeverednek a háztetőalakú és téglalap keresztmetszetű (oldalarány többnyire 1:3) szeletek. Kimutatható, hogy az elmélet ebben az esetben is jó közelítéssel alkalmazható. Ha a szeletvastagság elég egyenletes, akkor úgy segíthetünk magunkon, hogy a Szilin-féle szelethosszmeghatározási mód segítségével (erről bővebben az 5.3. fejezetben lesz szó) a szeletvastagságot a következő képlet alapján kiszámítjuk:

$$l^2 = \frac{l \cdot 100}{3\gamma_0 h} \quad (3)$$

A szeletvastagság,  $l$ , értékét megkapjuk mm-ben, ha  $\gamma_0$ , a répa fajsúlyát kg/literben és a szelethosszúságot,  $h$  m/100 g-ban behelyettesítjük. Ha a  $\lambda$  érték meghatározására szolgáló módszer — amelyre a 4.3. fejezetben utaltunk — a gyakorlat számára megéri, úgy ez a körülményesebb és pontatlanabb eljárás elhagyható.

Ha a szelet vastagsága — mint a gyakorlatban oly sokszor — nem egyenletes, úgy csak egy eszmei (elképzelt) értékkel számolhatunk. A már jelzett módszerrel éppen ezt kívánjuk elérni. Az egyszerűbb aritmetikai átlagolás itt nem engedhető meg, mivel  $l$  a képletben négyzetesen fordul elő. Ebből egyébként a gyakorlat számára az a fontos következtetés vonható le, hogy a nem egyenletes vastagságú szelet nagyon hátrányos. Ez a megállapítás kvalitatíve jól érzékelhető, ha meggondoljuk, hogy a vékony szelet már régen kilúgzódott, amikor a vastagabb szelet még sok cukrot tartalmaz és a nagyobb mennyiségű víztöbblet éppen ahhoz szükséges, hogy ez utóbbiakat is megfelelően cukortalánítsuk.

Az üzemi diffúziós rendszer azonban az ideálistól sok olyan vonatkozásban is eltér, amelyek matematikailag csak nehezen fejezhető ki. Ingadozások lehetnek a digesztiónál, a szeletvastagságnál és alaknál; különböző a töltés, a szelet-tömegben (néha mesterségesen előidézett) csatornák keletkeznek, a szeletek részben fedik egymást, elkeveredés van a lében, néhány rendszernél a szeletben is. Ezek a körülmények mind úgy hatnak, hogy a kilúgzás romlik, legtöbbjük túlnyomórészt a diffúziós berendezéstől függ. Célszerűnek látszik ezeket a befolyásokat egy tényezővel ( $\eta$ ) jellemezni, amelyet mi a diffúziós munka

minősége jellemzőjének (röviden minőségi jellemzőnek) nevezünk. Bevezetve  $\eta$  értéket a (2) képletbe :

$$\psi = \eta \cdot \frac{12D}{l^2} T \frac{P - \varepsilon}{P}. \quad (4)$$

Így  $\eta$  közvetve azt adja meg, hogy mennyivel kell a kilúgzási időt meghosszabbítani, hogy ugyanahhoz az eredményhez jussunk, mint az ideális diffúziónál az eredeti lúgzási idővel. Ez az eljárás önkényes, az  $\eta$  tényezőt például a  $P$  lélehúzáshoz is kapcsolhattuk volna és ez esetben az ideálistól való eltérések miatt szükséges magasabb lélehúzást jellemezné.

A cellákra osztott rendszereknél is megoldható az összehasonlítás, a fentemlített korlátozásokkal. Ebben az esetben az ellenáramtól való eltérések hátrányos következményei is az  $\eta$  faktorban foglaltatnak. Megemlítendő, hogy az irodalom a Szilin-féle képletben előforduló  $A$  értéket hasonlóképpen alkalmazza különféle rendszerek összehasonlítására [2].

Gyakran előfordul, hogy az irodalomban, egy-egy rendszer előnyeinek jellemzésére fontos adatként azt adják meg, hogy milyen kis értékre csökkenthetők a cukorvesztések (pl. 0,16% répára számítva), többnyire azonban anélkül, hogy a többi üzemi adatot is közölnék. Ezek a számok teljesen értéktelenek, mégpedig két okból. Először is hiányos adatokkal nem lehet a kilúgzási folyamatot jellemezni, hanem mindig ismerni kell a (2) képletben előforduló üzemi jellemzőket. Semmitmondó pl. megállapítani, milyen kis cukorvesztések érhetők el egy rendszerrel, ha nem adjuk meg egyidejűleg a lélehúzást, a diffúziós időt stb. Ugyanis bármely rendszerrel el lehet érni tetszés szerinti kis veszteségeket — hogy az előbbi példánál maradjunk — csak az a kérdés, hogy minek az árán (pl. nagyobb lélehúzással). Másodszor a veszteség méretezés eredménye és nem egy rendszer jellemzője, hiszen az üzemi jellemzők a cukorvesztéssel a (2) képletnek megfelelően szigorú összefüggésben vannak. Az a természeti törvény, amely ebben a képletben visszatükröződik, semmiféle konstrukcióval, semmiféle műfogással, semmilyen »rendszerrel« nem kerülhető meg.

### 5.3. A szelet, annak vágása és értékelése

Nem lehet eléggé hangsúlyozni, hogy a szeletvágást nem lehet a lényeréstől különválasztva tárgyalni. Nyomatékosan ki kell emelni, hogy a szeletvágás a lényerésnek egy része, mégpedig igen lényeges része. Jó szelet — ha nem is egyetlen — előfeltétele az eredményes lényerésnek; rossz szelet hatása csak nagyon költséges módon ellensúlyozható. Ez könnyen belátható, ha meggondoljuk, hogy a kilúgzásra vonatkozó képletben a szeletvastagság,  $l$ , négyzetesen fordul elő.

A szeletkészítés elméletét részletesen ismertettük [34]. Itt csak a fontosabb eredmények ismertetésére szorítkozunk. A szelet alakja és vastagsága a késméreteken kívül nagyon érzékenyen függ a kés beállításától, azaz attól, hogy a kések alsó csúcsa mennyivel kerül a vágótárcsa síkja alá. Itt tizedmilliméterek is számítanak. Éppen így különös fontosságú, hogy az egymást követő késszekevények a tárcsában pontosan fél osztással eltolva feküdjenek, különben a kívánttól eltérő alakú szeletet vágnak. Itt is tizedmilliméternyi pontosság szükséges. Kiszámítottuk, hogy a vágógép teljesítménye miként függ a szelet minőségétől (szelethosszúság), milyen késbeállítás szükséges meghatározott vastagságú szelet előállításához. Kimutattuk, hogy a vágógépek teljesítménye érzékenyen csökken, ha a szelethosszúságot növeljük, más szóval, ha vékonyabb szeletet akarunk vágni. Ez nagyon lényeges, mivel sok gyárnál nem tudnak elég vékony szeletet vágni, mert a vágógépek teljesítménye ilyenkor nem elegendő.

A szeletvastagság meghatározása ez idő szerint nálunk a Szilin-féle módszerrel [35] történik, amelynek mértéke 100 g szelet méterben kifejezett hossza. Jóllehet ez a módszer használható, azonban számos hátránya van, így elsősorban az, hogy a szelet egyenlőtlenességét nem veszi figyelembe. A svéd meghatározási mód ugyancsak önkényes és nem kielégítő [36], mivel a szeletnek mind a hidrodinamikai folyamat, mind az extrakció szempontjából megfelelőnek kell lennie.

A tudományos vizsgálatoknál a szelet értékeléséhez jóllehet hosszadalmas, de viszonylag pontos módszert alkalmaztunk [17]. Ennek lényege, hogy egy köteg szeletet, párhuzamosan egymás mellé rakva, folyékony paraffinba helyezünk. A paraffin megdermedése után keresztirányú vágási felületen a szeletkeresztmetszetek jól megfigyelhetők és megmérhetők. Ajánlatos a szeletvégeket megfeszíteni és fényképezéssel felnagyítani. Ezen kép segítségével a szelet átlagos vastagsága a  $\lambda$ -értékhez meghatározható. Legtöbbszörre megdöbbentő, hogy milyen kevés elméleti alaknak megfelelő szeletet találunk, illetőleg milyen erősen deformáltak.

Remélhetőleg a már többször említett gyorsmódszer ezt a kérdést is kielégítően meg fogja oldani.

Vizsgálataink kiterjedtek a vágásnál megsérült sejtek kérdésére is [37]. Mérésekkel megállapítottuk, hogy a roncsolt sejtek a diffúziós folyamat szempontjából ugyanúgy viselkednek, mint a hőkezeléssel előtek. Ebből következik, hogy a roncsolt sejteket nem úgy kell elképzelni, mintha a kés egyes, a vágósíkba került sejteket kettévágott volna és a kilúgzásnál tartalmukat — a cukor- és a nem-cukoranyagokat egyaránt — a mellettük eláramló folyadék egyszerűen »kimosztá« volna. Valójában az történik, hogy a sejteket a behatoló kés éle — amely a sejtméretekhez viszonyítva nagyon durva — mintegy félretolja és a sejtek sérüléseit tulajdonképpen az okozza, hogy azok erősebben vagy gyengébben összenyomódnak, minek folytán a sejtfal beszakad. A mérések azt eredményez-



ték, hogy az üzemi répavágókésektől megsérült sejtréteg vastagsága nagyságrendileg 0,1 mm.

Ezen felismerés következtében erősen csökken a roncsolt sejtek jelentősége és lényegében megdől a vékony szelet ellen felhozott azon ellenvetés, hogy a léminőség a roncsolt sejtek megnövekedett száma miatt romlik. A roncsolt sejteknél tehát nem történik »kimosás«, hanem éppen olyan diffúzió megy végbe, mint a hőkezeléssel előlt sejteknél. A különbség csak az, hogy a roncsolt sejteknél olyan anyagok is kidiffundálhatnak, amelyek a hőkezelésnél koagulálnának.

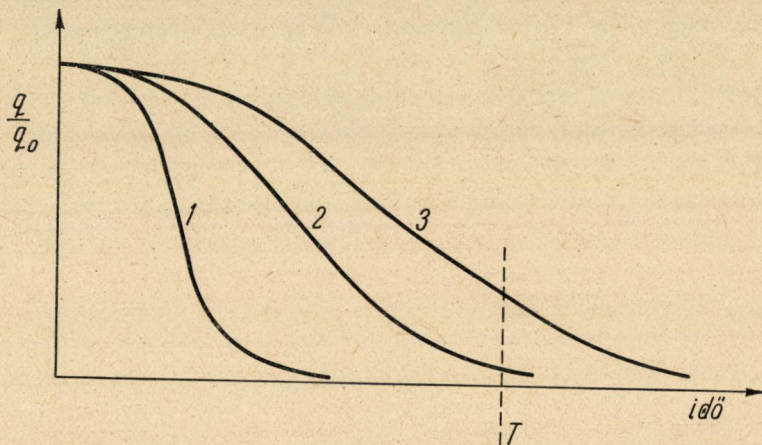
Megvizsgáltuk a répatest (szeletfelület) mellett eláramló lé sebességének a lúgzási sebességre, vagy pontosabban a diffúziós állandóra gyakorolt befolyását [38]. A kísérletek azt mutatták, hogy ilyen befolyás a cukorgyári gyakorlat szempontjából számba jövő sebességtartományban (tehát 0,5–2,5 cm/mp) gyakorlatilag nincs. Ezek a vizsgálatok azt is bizonyították, hogy ebben a sebességtartományban a szelet felületéhez úgyszólván mozdulatlan folyadékréteg (határréteg) tapad, amelyben a cukorvándorlás kizárólag diffúzió útján történik. Ezen réteg vastagsága nagyságrendileg 0,05 mm. Ennek következtében a kilúgzásra vonatkozó számításoknál a geometriailag meghatározott szeletvastagságot mindkét oldalon 0,05 mm-rel, tehát összesen 0,1 mm-rel meg kell növelni.

#### 5.4. Nemcukoranyagok

Az ideális diffúzió tárgyalásánál feltételeztük, hogy a szeletből csak cukor diffundál a lébe. A gyakorlati szeletnél azonban — miként ismeretes — a cukor mellett különböző egyéb anyagok is a lébe kerülnek, amelyeket »nemocukoranyagok« gyűjtőnéven ismerünk. Vizsgálataink — jóllehet még nincsenek befejezve — erre a területre is kiterjedtek, mivel a nemcukoranyagok a lé minőségét erősen befolyásolják. Meghatároztuk néhány nemcukoranyag diffúziós állandóját a répaszövetben, azonkívül szorosán összefüggnek ezzel a kérdéssel a 2.1. fejezetben már ismertetett megfigyeléseink a sejtek lebomlásával (pektinanyagok) kapcsolatban.

Ezen vizsgálatok alapján a gyakorlat részére a következő megállapításokat lehet leszögezni: a nemcukoranyagok két, egymástól jól különválasztható csoportba sorolhatók: az elsőbe tartoznak azok, amelyek a szeletben már a diffúziós folyamat előtt megtalálhatók, a másodikba pedig azok, amelyek a kilúgozási folyamat alatt keletkeznek. Az első csoportba tartozó anyagok a cukorral együtt kisebb vagy nagyobb mértékben, a diffúziós állandójuk nagyságától függően diffundálnak a lébe. Kismolekulájú anyagok, mint pl. Na- vagy K-sók, gyorsabban diffundálnak a szaharóznál, nagymolekulájúak, mint pl. raffinóz, lassabban. Ezt szemlélteti a 9. ábra. Az ordinátára vittük fel az egyes anyagoknak a répaszeletben visszamaradt, az eredeti mennyiségük-

höz viszonyított hányadát ( $q/q_0$ ), az abszcisszára az időt. A három kvalitatív görbe különféle diffúziós állandókhoz tartozik: az 1 nagy diffúziós állandóra (pl. Na-só), a 2 közepesre (pl. szaharóz), a 3 kicsire (pl. raffinóz) utal. Látható, hogy a nagy diffúziós állandójú anyagok már rég átvándoroltak a lébe, mielőtt a szaharóz diffúziója befejeződött volna. Nagymolekulájú anyagok ezzel szemben csak részben jutnak a nyerslébe. Amennyiben a diffúziót a 9. ábrán  $T$ -vel jelölt időpontban megszakítjuk, úgy az 1 görbéhez tartozó anyagok teljes egészükben átmentek a lébe, a szaharóz majdnem teljesen, míg a raffinóznak csak egy része diffundált át. Gyakorlatilag tehát az első csoportba tartozó nemcukor-



9. ábra

anyagok átvándorlását a hőmérséklet, a szeletvastagság stb. szabályozásával egyáltalában nem, a kilúgzás időtartamával pedig csak alig észrevehetően lehet befolyásolni. Valójában a folyamatok ellenáramú rendszernél másképpen zajlanak le, lényegében azonban az itt bemutatott szemléltetőbb ábrázolástól nem különböznek.

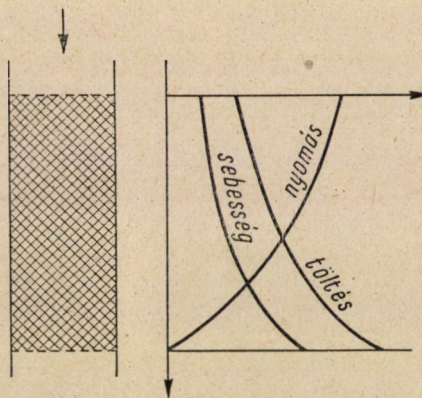
Egészen más a helyzet a második csoportba tartozó anyagoknál, amelyek lényegileg a diffúziós folyamat alatt képződnek. Elsősorban kolloidanyagokról van szó, különösen a pektinanyagokról, amelyek a hőmérséklettől és időtől függő mértékben a folyamat közben keletkeznek, mint ahogy azt a 2.1. fejezetben már ismertettük. Ha tehát a kilúgzás egy óránál tovább tart és azonkívül a hőmérséklet is elég nagy, pl.  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  fölött van, vagy a répa alterált, vagy fagyott, úgy jelentős mennyiségű oldott pektinanyag jut a lébe és így az ismert nehézségek okozójává válik. Ilyen esetben eredményesen be lehet avatkozni oly értelemben, hogy óvakodni kell a hosszú lúgzási időtől, különösen nagyobb hőmérsékleten és még inkább akkor, ha a répa nem kifogástalan.

Téves azonban azt feltételezni, hogy nagymérvű kilúgzás feltétlenül rosszabb léminőséggel jár együtt.

## 5.5. Hidrodinamikai kérdések

Minden gyakorlati diffúziós rendszernél a lúgzóanyagot a szeletoszlopon át kell nyomni. Ezzel felmerül a szeletoszlop hidrodinamikai ellenállásának kérdése. Erről a munkaterületről is sokat írtak, számos adatot összegyűjtöttek és igen sok problémán vitatkoztak (pl. azon, hogy az áramlás a szeletoszlopon keresztül lamináris-e vagy turbulens) [40, 41].

Mi ezzel a kérdéssel is behatóan és általánosságban foglalkoztunk [42]. Megállapítottuk, hogy deformálódó anyaggal (pl. répaszelettel) töltött oszlopra egészen különleges törvényszerűségek érvényesek. A folyamatokat — amelyeket



10. ábra

itt csak kvalitatív ismertetünk — matematikailag leírtuk, végképleteket vezetünk le, amelyek érvényességét kísérletileg igazoltuk és ezzel lefektettük a diffúziós rendszer hidrodinamikai méretezésének alapveit.

Ha szeletoszlopon keresztül pl. felülről lefelé áramlik a folyadék, úgy a lésebességtől függő súrlódási erők keletkeznek, amelyek az egyes szeletdarabkákat az áramlás irányába, tehát felülről lefelé igyekeznek elmozdítani. Ezeket az erőket az alsóbb szeletrétegek felfogják, lefelé továbbítják, míg végül is az egész erőhatást az alsó szítának kell felfognia. Így tehát a szeletoszlopban nyomásesés keletkezik. Az erők következtében a szeletoszlop deformálódik, mégpedig nagyobb mértékben ott, ahol a nagyobb erők hatnak, tehát inkább az oszlop alsó részén. A deformáció következtében azonban a szeletek közötti csatornák szűkebbek lesznek, ami miatt a súrlódási erők ismét nagyobbakká válnak. Végül is dinamikai egyensúly jön létre. A szeletoszlopban azonban a sebesség-, nyomás- és töltésviszonyok megváltoznak, miként az a 10. ábrából is látható. A változások különösen az alsó rétegben nagyok, a töltés erősen megnő, ezzel együtt a sebesség is és ezzel a nyomásesés is ezen a részen igen meredek. A szeletoszloppal kapcsolatos hidrodinamikai jelenségek számszerűleg megadhatók.

Ehhez mindössze két, a szelet tulajdonságaira jellemző állandót kell — kidolgozott módszer alapján — meghatározni. Ez a két jellemző érték a kompresszibilitási tényező (lásd még 2.3. fejezet) és a súrlódási tényező. A kompresszibilitási tényező megadja — kissé szabadon kifejezve —, hogy milyen erősen deformálódik a szeletoszlop a reá ható nyomóerő következtében. A súrlódási tényező annak az erőnek a mértéke, amelyet a szelet mellett eláramló folyadék a szeletre gyakorol.

Ezen felismerésekből számos fontos gyakorlati következtetés vonható le, amelyek közül néhányat itt röviden megemlítünk.

Minden szeletoszlopnál van bizonyos határsebesség, amelyet a nyomáskülönbség tetszés szerinti növelésével sem lehet — stacionárius esetben — átlélni. Ezzel pontosan megmagyarázható az a jelenség, hogy néha egy diffúziós telep egyáltalában nem »hajt« és miért nem lehet ezen még a nyomás növelésével sem segíteni.

Az elméletből következik továbbá, hogy a szeletoszlop célszerű részekre bontásával nagyobb sebesség érhető el vagy az össznyomás csökkenthető. Egyidejűleg az előbb említett ún. határsebesség értéke is nő. Célszerű részekre bontást az áramlási irányra haránt elhelyezett olyan szerkezeti elemekkel érünk el, amelyek a szeletoszlop belsejében az erők átszármaztatását megakadályozzák és azokat az oldalfalakra viszik át.

A Robert-diffúziónál alkalmazott sziták és szerkezeti elemek kérdésére a 6.2. fejezetben még visszatérünk.

### 5.6. *A visszakeveredés*

BERGÉ feltételezte, hogy a Robert-féle diffúziónál a lé »visszakeveredik« és ezzel a kilúgzás romlik [43]. Ezért egy újfajta diffúziós rendszert szerkesztett. »Visszakeveredés« alatt azt értette, hogy a lé az edényekben nemcsak a fő áramlási irányban folyik, hanem részben haránt, sőt, ellenkező irányban is.

A kérdéssel általánosan foglalkoztunk, elméletileg és kísérletileg vizsgáltuk a töltött oszlopokon átáramló oldatok koncentrációeloszlásának torzulását [44]. Azt találtuk, hogy a folyamatok matematikailag jól kifejezhetők oly képlettel, amely szerint a visszakeveredő anyagmennyiség a keresztmetszettel, az oldat koncentrációgradiensével, valamint a szilárd és cseppfolyós részek egymáshoz viszonyított eltolódásával arányos. Az arányossági tényező, amelyet elkeveredési tényezőnek nevezünk, egy töltetre jól definiálható; meghatározásához módszert dolgoztunk ki. Ezt az általános elméletet alkalmaztuk az ellenáramú extrakcióra és meghatároztuk az elkeveredési tényezőt üzemi répaszeletnél [45]. A vizsgálatok eredménye az volt, hogy minden olyan rendszerben, amelyben a szelet nem mozog, egyébként szokásos üzemi körülmények mellett a léelkeveredés hatása a cukorvesztésekre gyakorlatilag elhanyagolható. Ez a megállapítás azonban csak arra az elkeveredésre érvényes, amely

a lében, a folyadék és a szelet közötti relatív elmozdulás következtében jön létre és nem vonatkozik egyéb hidrodinamikai befolyásokra, mint például az elkeveredésre a folyadék be- és kiáramlásánál az edények üres részében, illetőleg a csővezetékben stb.

Visszakeveredés azonban nemcsak a lében, hanem a szeletben is mutatkozhatik, ha ezt mozgatjuk, mint például a toronydiffúziónál [46], vagy az új Brüniche—Olsen-féle diffúziónál. Ha ez az elkeveredés számottevő, akkor jelentős többletvesztést okozhat, amelyet az üzemi körülmények megváltoztatásával (pl. a diffúziós idő meghosszabbításával, vagy a lélehúzás növelésével) lehet ellensúlyozni.

A visszakeveredésről Brüniche—Olsen is közzétett egy munkát [48]; megállapításai azonban vitába szálltunk [49].\*

### 5.7. A vízvisszavétel; cukortartalmú nyomóvíz

Számos helyen a diffúziós rendszerbe kilúgzó folyadékként nem tiszta vizet vezetnek be, hanem cukortartalmú vizet. Ezt az eljárást akkor alkalmazzuk, ha takarékoskodni kell a friss vízzel, vagy meg akarjuk akadályozni a diffúziós szennyvíz keletkezését, vagy ha cukortartalmú víz bevezetésével a cukor egy részét vissza akarjuk kapni, más szóval, ha a veszteséget ezzel csökkenteni akarjuk.

Foglalkoztunk a cukorvesztés kérdésével ilyen rendszereknél is [33] és megállapítottuk, hogy ezzel a munkamóddal a nyomóvízben levő cukornak csak elhanyagolhatóan csekély töredékét (csak néhány százalékát) lehet visszanyerni. Alig kisebbek tehát a veszteségek, mintha friss vizet használnánk és a szennyvizet az üzemből kiengednők. Nem érdemes tehát ezzel a munkamóddal dolgozni, mivel a vízvisszavétel, mint ismeretes, igen sok nehézséget okoz és azonkívül számos kiegészítőberendezést kíván, ha csak a friss víz-, vagy szennyvíz problémák nem kényszerítenek a vízvisszavételre.

Ugyanebben a munkában azt a kérdést is tárgyaltuk, hogy miként állapíthatók meg a tényleges cukorvesztések olyan diffúziós telepeken, amelyeket cukortartalmú nyomóvízzel táplálnak.

\* Nemrég nyilvánosságra hozott munkájában [47] Brüniche—Olsen ismét megjegyzéseket fűz a mi eredményeinkhez. Különböző okokból itt nem kívánunk vele újból vitatkozni, nem utolsósorban azért, mivel legutóbbi válaszában [20] semmit sem tudott felhozni érveink [19, 49] gyengítésére. Egyet azonban ki kell emelnünk munkájából. Brüniche—Olsen megállapítja, hogy egy Robert-féle diffúziós rendszerrel (Assens-ben), amelynél tehát a szelet nyugszik, mintegy 20-szor nagyobb elkeveredési tényezőt mértek, mint az ő folytonos diffúziós berendezésénél, amelynél pedig a szeletet két csavar továbbítja. Ennek következtében szerinte a Robert-diffúziónál 3—4 szeresére (!) növekednek a veszteségek, mivel szemben az elkeveredés a csavardiffúziónál mindössze 10%-os cukorvesztésemelkedést idéz elő. Úgy véljük, nem járunk hibás uton, ha minden számítás nélkül leszögezzük, hogy ez nem lehetséges és hogy Brüniche—Olsen ehhez az eredményhez csak hibás következtetés alapján juthatott.

Különleges figyelmet érdemel az az eset, amikor friss víz mellett cukortartalmú présvizet (vagy különböző cukortartalmú diffúziós szennyvizet és présvizet) vezetünk a telepbe. Ekkor előnyösebb a különböző vizeket nem összekeverve, hanem külön-külön a rendszerbe bevezetni, mint ahogy az a BMA\* toronydiffúziónál is történik [50]. A vízbevezetés ezen módját a 7. ábrában  $S_1$  és  $S_2$  szemlélteti. Egyik munkánk az  $S_2$  jelű víz bevezetési helyének kiszámításával és azzal a kérdéssel foglalkozik, hogy az üzemi jellemzők (mint lélelűzés, cukorveszteségek) ezzel miként változnak. Nem lehet egyszerűen úgy eljárni, hogy a szeletoszlop hosszában exponenciálisan haladó koncentrációgörbe azon helyét megkeressük, amely a bevezetendő víz koncentrációjának megfelel. A koncentrációeloszlást ugyanis a vízbevezetés megzavarja; hiszen csak arra kell utalni, hogy az átáramló lémenyiség a bevezetési helytől jobbra kisebb, mint balra. A kapott képletek segítségével a számítások a gazdasági követelmények szem előtt tartásával elvégezhetők.

## 6. A Robert-rendszer

Ma még a világ legtöbb répacukorgyára a Robert-féle diffúziós rendszerrel dolgozik. Ennek magyarázata elsősorban az, hogy kilúgzás szempontjából a Robert-rendszer egyike a legjobbaknak, vagy talán a legjobb. Van ugyan néhány hátránya, amelyekről később, az új rendszerekkel való összehasonlításkor még szó lesz, de mind ez ideig az új rendszereknek nem sikerült döntően a Robert-rendszer fölé jutniok. Ezért részletesebben kívánunk foglalkozni a Robert-féle diffúzióval.

### 6.1. Az elmélet alkalmazása; az üzemi jellemzők meghatározása

A Robert-féle diffúziós telep az ellenáram elvét igen jó megközelítéssel megvalósítja [17]. Ezért tehát a 4. fejezetben az ideális diffúziós rendszerre felállított elmélet, továbbá a (2) képlet és a 8. ábrában bemutatott nomogram jól alkalmazhatók. Az értékeléshez szükséges üzemi jellemzők gyakorlati megállapításáról az 5.2. fejezetben már volt szó. Itt még csak a lúgzási idővel és a cukorveszteségek meghatározásával kell foglalkoznunk, amelyek a Robert-rendszerénél külön megfontolást kívánnak.

Az egyes edények szakaszos hozzákapcsolása, továbbá az aláeresztésnél a léáram irányának megfordítása nem okoz nehézséget, mivel ekkor a szelet még nincs előlve. A vízdalon azonban figyelemmel kell lenni a szakaszos munkamódra.

A diffúziós folyamat a telep azon helyén kezdődik, ahol a plazmolízis éppen bekövetkezik és — kissé szabadon kifejezve — az utolsó edénynél végző-

\* Braunschweigische Maschinenbauanstalt.

dik ; ezért a kilúgzási idő rövidebb, mint az érintkezési idő. Első megközelítésben a lúgzási időre a következő képletet írhatjuk fel :

$$\frac{T}{T^*} = \frac{g_a}{g} = \frac{g-d}{g}, \quad (5)$$

ahol

$T$  a lúgzási idő

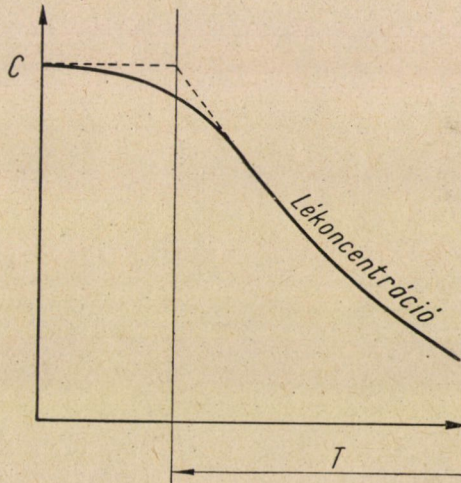
$T^*$  a telep kerülőideje

$g_a$  az aktívan dolgozó edények száma

$g$  az összes edény száma

$d$  a nem dolgozó edények száma.

Az utóbbiak közé tartoznak az ürítés és töltés miatt kikapcsolt edények (kb. 2–3), valamint azon (jóllehet bekapcsolt) edények, amelyekben a plazmolízis



11. ábra

még nem történt meg (kb. 1–2). Így tehát hozzávetőlegesen  $d = 4-5$ . A 16 edényből álló telepre például közelítőleg érvényes :

$$g_a/g = 11/16.$$

Ha pontosabban kívánunk eljárni, úgy a lúgzási időt a következőképpen lehet meghatározni: az éppen frissen aláeresztett edényhez tartozó összekötőcső becsatlakozásánál sorozatosan vett mintákból megállapítható az az időpont, amelynél a lékoncentráció csökkeni kezd (lásd 11. ábra); mérjük azt az időtartamot, amely ettől az időponttól az edény lekapcsolásáig eltelik. Ebből levonunk még  $7/8 t$  időt, ahol  $t$  az edényváltás idejét jelenti [17].

A cukorvesztések a Robert-diffúziónál a szeletben és a diffúziós szennyvízben levő veszteségből tevődnek össze. A  $C_1$  érték a (2) képletben mindkét veszteséget magában foglalja. Nem térünk el lényegesen a valóságtól, ha a szeletet és szennyvizet répára számítva külön-külön 100%-ra becsüljük. A diffúzióval kapcsolatos laboratóriumi ellenőrzési módszerekkel, amelyeket ugyancsak kidolgoztunk, itt nem kívánunk foglalkozni [52, 53, 54].

A veszteségek meghatározására cukortartalmú nyomóvíz esetében — miként arra az 5.7 fejezetben utaltunk — különleges számítási módot dolgoztunk ki [33].

Az irodalomban a mechanizált rendszerek és a Robert-rendszer szembeállításakor gyakran megállapítják, hogy az előbbieknél a cukorvesztések kisebbek, mert ott nem keletkezik diffúziós szennyvíz. Az összehasonlításnak ez a módja teljesen téves, s ezzel határozottan szembe kell helyezkedni. A Robert-diffúziónál keletkező szennyvízzel eltávozó cukormennyiség nem »többletvesztés« a szeletben levő veszteség mellett, hanem annak csak egyik része. Erről egy gondolatkísérlet segítségével könnyen meggyőződhetünk. Ha ugyanis az utolsó edényből a levét nem vízzel, hanem levegővel nyomjuk ki, úgy hogy ürítés előtt az edényben csak szelet marad, akkor az a cukormennyiség, amely különben a nyomóvízbe diffundált volna át, a szeletben marad. Ami a kilúgzott szeletben levő veszteséget illeti, ennek a szennyvízkérdéshez semmi köze nincs, és azt csak a már említett törvények, illetőleg a (2) képlet határozza meg [17].

A számításhoz szükség van a  $\lambda$ -értékre. Néhány tájékoztató adatot itt megadunk. Nagyon jó minőségű, vékony szeletnél  $\lambda = 0,3 \text{ perc}^{-1}$ , közepes minőségű szeletnél  $\lambda$  értéke  $0,22-0,26 \text{ perc}^{-1}$ , míg  $0,2 \text{ perc}^{-1}$  alatti értékeknél a szelet durva és rossz minőségű. Ha kiindulunk a  $h$  szelethosszúságból, akkor első durva megközelítésre érvényes a következő összefüggés:

$$\lambda \simeq 0,01 \cdot h \quad (6)$$

ahol  $h$ -t méterben kell behelyettesíteni. Ha pontosabb értékeket akarunk elérni, akkor az 5.3. fejezetben foglaltak szerint kell eljárni, ahol  $D$ -nél az aktív edényekben uralkodó átlagos diffúziós hőmérsékletet és  $l$ -nél a szeletre tapadó folyadék réteg vastagságát is figyelembe kell venni.

*Szám példa.* Tételezzük fel, hogy a szelethosszúság  $h = 20 \text{ m}$ . A (3) képlet szerint

$$l^2 = \frac{100}{3\gamma_0 h} = \frac{100}{3 \cdot 1,08 \cdot 20} = 1,56 \text{ mm}^2$$

vagy  $l = 1,25 \text{ mm} = 0,125 \text{ cm}$ . A határréteg miatt ezt az értéket  $0,135$ -re kell növelni. A diffúziós állandó  $4 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{perc}$   $75 \text{ C}^\circ$  hőmérsékleten. A közepes hőmérséklet  $65 \text{ C}^\circ$ ; az 5. ábra szerint következik, hogy  $D = 0,86 \cdot 4 \cdot 10^{-4} = 3,44 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{perc}$ . Tehát

$$\lambda = \frac{12D}{l^2} = \frac{12 \cdot 3,44 \cdot 10^{-4}}{0,135^2} = 0,227 \simeq 0,23 \text{ perc}^{-1},$$

amely érték valamivel nagyobb, mint amennyit a (6) képlet ad.



A Robert-diffúzió napi teljesítményének kiszámítására szolgál a következő képlet [17]:

$$R = \frac{V \cdot \Phi \cdot g}{T^*} = \frac{V \cdot \Phi \cdot g_a}{T}, \quad (7)$$

amelyben

$R$  jelenti a naponta feldolgozott répamennyiséget,

$V$  egy edény űrtartalmát,

$\Phi$  a töltést, súly/űrtartalom.

A töltés ezzel bekerült a feldolgozásra vonatkozó képletbe, nem fordul elő azonban a (2) képletben.

Ezen megfontolásokkal a Robert-diffúzió irányítását objektív alapokra helyezhetjük. Ha az egyes üzemi jellemzőket a fent ismertetett módon meghatározzuk, úgy a 8. ábrában bemutatott nomogram a Robert-diffúzióra is alkalmazható. Figyelembe kell azonban venni, hogy üzemben levő diffúziós telepnél üzemi adatokból megállapított  $\lambda$ -érték magában foglalja a minőségi jellemzőt is.  $\lambda$  helyébe tehát  $\eta \lambda'$  helyettesítendő, ahol  $\lambda'$  a diffúziós telepben kilúgzás alatt levő szelet diffúziós tényezője. Így tehát a nomogram segítségével meghatározott  $\lambda$ -érték tartalmazza egyrészt  $\eta$ -t, a Robert-diffúzió minőségi jellemzőjét, másrészt  $\lambda'$ -t, a szelet tényleges diffúziós tényezőjét. Ha meghatározható  $\lambda'$  külön, úgy  $\eta$  is megállapítható.

A nomogram használatával könnyen felderíthetünk esetleges hibákat: olyanokat, amelyek főleg egyenlőtlen töltés, egyenlőtlen, törmelékes szelet, véletlenül vagy szándékosan előidézett hidrodinamikai rövidzárlat stb. következtében keletkeznek.

## 6.2. Léáramlás

A Robert-diffúzió kielégítő működésének egyik elengedhetetlen követelménye a jó lékeringés. A gyakorlatban azonban gyakran panaszkodnak rossz »hajtás« miatt, ami ellen lazítószervezetek elemek alkalmazásával próbálnak küzdeni.

A hidrodinamikai kérdésekkel kapcsolatos alapvető megállapításainkat az 5.5. fejezetben ismertettük [42]. Ezek a Robert-diffúzióra is érvényesek.

Kielégítő lésebesség a Robert-diffúziónál csak akkor érhető el, ha a szeletoszlopot az egyes edényekben az 5.5. fejezetben foglaltaknak megfelelően többszörösen részekre bontjuk. Kiszámítható az egyes szeletoszlop-részek magassága, úgy, hogy adott szeletminőségnél és víznyomásnál a kívánt lésebesség elérhető legyen. A részekre bontáshoz alkalmasnak bizonyultak vízszintes, egymással párhuzamosan elhelyezett láncok. Folyamatban vannak mérések annak megállapítására, hogy a tökéletes elválasztáshoz hány lánc szükséges és azokat egymástól milyen távolságra kell elhelyezni, hogy tökéletes elválasztást kapjunk.

Az ipari lúgzóedényekben használatos szitákra és különféle lazítószerkezetekre vonatkozólag a következőket mondhatjuk: téves az a felfogás, hogy a sziták különösen nagy ellenállást okoznak. A téves megállapításra nyilván azért jutottak, mert egy részekre fel nem osztott edényben a legnagyobb ellenállás közvetlenül a szita felett elhelyezkedő szeletrétegben keletkezik. Ha az edényt láncokkal részekre bontjuk, ilyen többletellenállás nem fejlődik ki. Éppen ezért szükségtelen a szita szabad keresztmetszetét bizonyos ésszerű határon felül növelni. Másrészt kifejezetten káros a szitaellenállást oldalszitákkal vagy hullámos szitákkal csökkenteni. Megállapítható, hogy ezek, valamint minden olyan lazítószerkezet, amely hidraulikus mellékzárát okozhat (mint pl. az oldalsziták, Lehne-táskák, különféle gyertyák stb.) jöllehet a lé áramlását megkönnyítik és a »hajtást« elősegítik, egyidejűleg lehetőséget adnak a lúgzófolyadéknak, hogy a szeletoszlopot részben megkerülje. Ezzel a kilúgzás romlik, amit nagyobb léhúzással vagy más módon kell ellensúlyozni. Megjegyezzük még, hogy egyenlőtlen töltés ugyanolyan káros hatású lehet, mint egy rossz konstrukciójú lazítószerkezet.

Üzemi tapasztalatok bizonyították, hogy különleges lazítószerkezet nélkül, csupán vízszintes láncok használatával nagyon gyors léáramlás érhető el. Egyik hazai üzemben a kampány átlagában 82 hl-es edényúrtartalomnál 48 perces kerülődőt lehetett elérni, ami napi 480-as edényszámnak felel meg (a maximum 500 felett volt). A lúgzási idő — miként azt feljebb definiáltuk — 33 perc volt [55]. Egy másik üzemben ugyancsak láncok megfelelő elhelyezésével a diffúziós telep menetét gyorsítani lehetett [56]. Mindkét esetben a lé minősége igen jó volt.

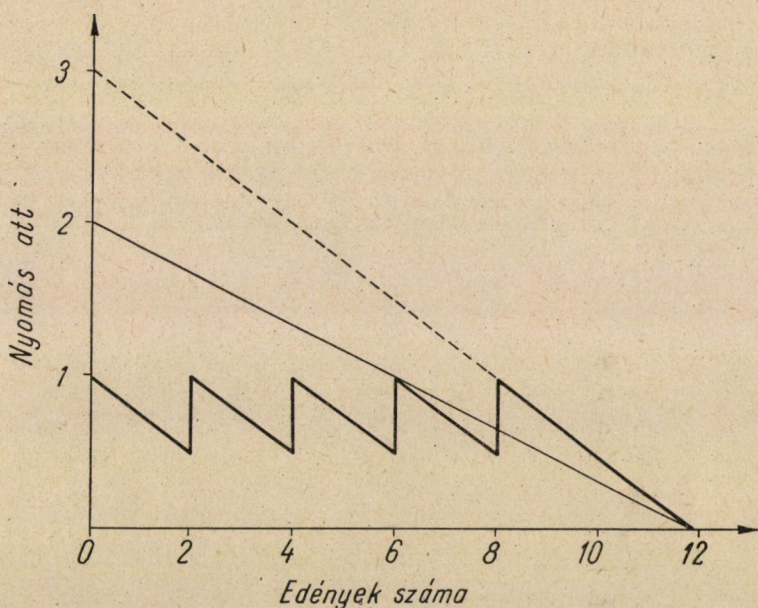
Kilúgzás szempontjából az oldalürítésű diffúzor előnyösebb, mint az alsó ürítésű. Az alsó ürítésnek ugyan más vonatkozású előnye van, a nélkülözhetetlen oldalszita miatt azonban a kilúgzásnál hátrányos. Egyébként az edény alsó részének konikus kiképzése azért is hátrányos, mert az éppen ott okoz megnövekedett hidrodinamikai ellenállást, ahol a szelet az 5.5. fejezetben leírt folyamatok következtében már úgysis összepréselődik. Megfelelően elhelyezett láncokkal ezen a hátrányon nagyrészt segíteni lehet.

Másirányú méréseink megmutatták, hogy a Robert-féle diffúziós telepnél az összekötővezetékek és armatúrák hidrodinamikai ellenállása váratlanul nagy, és a legtöbb esetben az összellenállás felét meghaladja [42].

### 6.3. Nyomásfokozó szivattyúk és a szennyvízkérdés

A Robert-diffúzió működésére nagyon előnyös, ha megvan a lehetősége annak, hogy az áramló folyadék nyomását az egyes edények között növeljük. E célból megfelelő szivattyúkat szereltünk be az egyes edények között levő felszállóvezetékekbe [57, 58]. (Egy másik üzemben minden második edény közé építettünk be egy-egy szivattyút.) A szivattyúkat úgy méreteztük, hogy

rendes üzemnél a szivattyúk létesítette nyomás a nyomásesés  $1/2-3/4$ -ének felel meg. Elvileg az egész nyomásvesztéséget a szivattyúkkal le lehetne győzni ; ebben az esetben külső víznyomásra nincs szükség. A szivattyúk lapátkerekesek, nagy szabad keresztmetszettel úgy, hogy gyakorlatilag mérhető többletellenállást a szivattyúk nem okoznak, sem akkor, ha állnak, sem, ha aláeresztéskor a léáramlás irányát megfordítják. Üzemi tapasztalatok szerint a lében habképződés nem volt megállapítható.



12. ábra

A nyomásfokozó szivattyúk beépítésével különféle előnyök érhetők el. Így elsősorban függetleníthetjük magunkat a diffúziós víz nyomásától, és az edények erősebb mechanikai igénybevétele nélkül viszonylag nagy össznyomást alkalmazhatunk, aminek különösen régebbi és éppen ezért szilárdságilag meggyengült edényeknél van jelentősége. Ez a 12. ábrából is felismerhető. Az ott látható fűrészfogszerű nyomás-görbe átemelőszivattyúk alkalmazásakor keletkezik ; az össznyomásnak a szaggatott vonal felel meg, míg a kihúzott vonal a szokásos munkamódra utal. További előny, hogy vékony szelettel lehet dolgozni, amely ugyan a vastag szelethez viszonyítva többlet hidrodinamikai ellenállást okoz, de a kilúgzás szempontjából előnyösebb. Fonyadt vagy alterált répánál a többletellenállás ugyancsak legyőzhető a nyomásfokozó szivattyúk segítségével. A lé sebessége egy telepben néhány szivattyú be- vagy kikapcsolásával tág határok között kívánság szerint változtatható.

Egészen különleges előnyük a nyomásfokozó szivattyúknak, hogy használatukkal a Robert-diffúzióál teljesen megoldható a szennyvízkérdés [56]. A szivattyúkkal ugyanis úgy lehet dolgozni, hogy diffúziós szennyvíz egyáltalában ne keletkezzék. Ez úgy érhető el, ha a nyomóvizet az utolsó edénynél csak mintegy fél edényváltás ideig (tehát kb. a lélelűzás alatt) kapcsoljuk be, a másik fél időre azonban lezárjuk, az edény tetejét (esetleg a levegőzőszelepet) kinyitjuk, az edényből a folyadékot a szivattyúval leszívjuk, s azt a következő edénybe nyomjuk, majd a nyomóvizet a következő edényre kapcsoljuk, és így megy a munka tovább. Az utolsó edényben a művelet befejezése után csupán egy folyadék nélküli szelettömeg marad. Ezzel a munkamóddal elérhető, hogy a frissvízszükséglet mintegy a felére csökken és szennyvíz nem keletkezik. A Robert-diffúzió így vízgazdálkodási szempontból a torony- és dobdiffúziókkal egyenrangúvá válik.

## 7. Mechanizált kilúgzórendszerek

### 7.1. A kilúgzás

Az ellenáram elvén működő, (vagy a nem cellákra osztott) mechanizált rendszerekre az 5.2 fejezetben ismertetett fejtegetések érvényesek. Az ellenáramtól eltérő (ill. a cellákra osztott) rendszerek azonban más törvényszerűségek szerint működnek.

Számításokat végeztünk a »cellákra osztott« diffúziós rendszerek munkamódjára és lúgzási viszonyaira vonatkozólag, s az eredményeket összehasonlítottuk a tiszta ellenárammal [59]. Hasonló, de kevésbé részletes számításokat SMETNél [3] és SLAVICEKNél [60] is találunk. Képleteket állítottunk fel, amelyekkel az egyes cellákban levő szelet illetőleg lé koncentrációja, valamint a cukorveszteségek és a nyerslékoncentráció meghatározható. Az utóbbi kettő lényegében ugyanazokkal az üzemi jellemzőkkel fejezhető ki, mint amelyeket az ellenáramnál használtunk; a képletek azonban sokkal bonyolultabbak.

A számítások azt mutatják, hogy kilúgzás szempontjából a cellákra osztott rendszerek a tiszta ellenárammal szemben hátrányosabban dolgoznak. A cellák számának növelésével a különbség azonban csökkenthető. Főleg az egy- és kétbekezdésű RT-dobot számoltuk át, és — ellentétben az irodalmi adatokkal [61] — arra az eredményre jutottunk, hogy az egy bekezdésű dobnál jobb a kilúgzás. Az általános számításokat számpéldákkal egészítettük ki.

Az irodalomból megállapítható, hogy majdnem mindegyik mechanizált rendszer vastag szelettel dolgozik. Pontosabb adatok sajnos többnyire hiányoznak, így csak hozzávetőlegesen lehet becsülni, illetőleg a megadott üzemadatokból visszakövetkeztetni, hogy többnyire nagyságrendileg 8–12 m/100 g hosszúságú szeletet használnak. Ennek oka, hogy mindezekben a rendszerekben — eltérően a Robert-rendszertől — a szeletet többnyire igen kíméletlen módon

mozgatják, és nehogy a vízdalon törmelékot kapjanak, a bevezetett szeletnek vastagnak kell lennie. Ez azonban igen hátrányos, mert a jó kilúgzás eléréséhez vagy a lélehúzást kell növelni, vagy a diffúziós időt kell jelentősen meghosszabbítani. Mondottuk már, hogy a szeletvastagság igen érzékenyen hat, hiszen a (2) képletben négyzetesen fordul elő.

A mechanizált rendszereknél a szeletmozgatás még azzal a hátránnyal is jár, hogy nemcsak a lében, hanem a szeletben is jelentős visszakeveredés keletkezik. Az irodalomban ismertették azokat a kísérleteket [46], amelyeket egy toronydiffúziónál hajtottak végre, úgy, hogy az oszlop alsó részébe meghatározott mennyiségű festett szeletet vezettek be, fenn pedig figyelték a rendszerből való távozásukat. A kísérletek azt mutatták, hogy az első festett szeletrészek kb. 35 perc múlva jelentek meg, a legnagyobb részük 50—55 perc után, de még 75 perc múlva is megfigyelhetők voltak festett részek. Ez erős szeletvisszakeveredésre mutat, amelynek — az elkerülhetetlen lévisszakeveredés mellett — az a káros következménye, hogy a koncentrációgörbék laposabbak lesznek, és ezzel a veszteségek nőnek. Hasonló várható az új dán diffúziónál is [47]. Igen tanulságos lenne ennél is hasonló kísérleteket végezni festett szelettel.

### *7.2. Különféle rendszerek kritikai szembeállítás. Összehasonlítás a Robert-féle diffúzióval*

Valamely diffúziós rendszer megítélésénél a teljesítmény és a kilúgzás a legfontosabb tényező. A teljesítményhez tartozik a kilúgzási idő fogalma, amely közvetlenül a léminőséghez és az ismeretlen veszteségekhez kapcsolódik; a kilúgzás kiterjed a cukorveszteségekre és az azzal összefüggő tényezőkre (lélehúzás, szeletminőség, visszakeveredés stb.). Ezekon kívül figyelembe kell még venni a munkaerőszükségletet, a vízszükségletet (szennyvízkérdést), a helyszükségletet. Végül fontos a kivitel módja, az üzembiztonság és a napi teljesítményre vonatkoztatott ár.

Megismételjük azon megjegyzéseinket, hogy a teljesítmény és kilúgzás csak méretezés kérdése és az erre vonatkozó adatok nem jellemzői valamely rendszernek. Egy rendszer, illetőleg annak kilúgzóképesége csak az ideális rendszerrel való összehasonlítás révén, azaz a minőségi jellemzővel ( $\eta$ ) értékelhető.

Nem áll módunkban itt valamennyi rendszert fenti szempontok szerint megbírálni, elméleti megfontolásaink alapján azonban különböző rendszerek összehasonlításához megadhatunk néhány általános elvet. Így pl. egy ellenáramú rendszer jobb, mint olyan, amely ezt az elvet áttöri; azok a rendszerek, amelyek csak vastag szelettel tudnak dolgozni, kevésbé előnyösek, mint azok, amelyeknél vékony szelet is felhasználható; előnyben részesítendőek azok a rendszerek, amelyeknél nincs szeletvisszakeveredés; kevésbé előnyösek az olyan rendszerek, amelyek hosszú diffúziós időt igényelnek.

Ezeket az alapelveket a Robert-diffúzió mellett leginkább a BMA torony-diffúzió [50] és az Olier-rendszer [62] látszik megvalósítani.

A BMA toronydiffúzióval megtalálhatjuk a jó diffúziós munka legtöbb követelményét, habár néhány tény, mint pl. az erős visszakeveredés a szeletnél vagy a hosszú kilúgzási idő stb. kifogásolható. Ezen megállapításunknál nem befolyásol bennünket az a körülmény, hogy a veszteségeket répara számítva 0,16—0,24-ben adják meg, mert ez, miként már fentebb megállapítottuk, csupán méretezés kérdése. Az üzemi eredmények azonban nagyjából kielégítőek, bár a hosszú kilúgzási idő miatt az ismeretlen veszteségeket és a léminőséget — amelyről semmi tájékoztatást nem adtak — közelebbről meg kellene vizsgálni.

Az Olier-rendszer is jónak látszik elméletileg. Majdnem teljesen megvalósítja az ellenáram elvét, a szeletet — jóllehet itt is mozgatják — a többi rendszerhez viszonyítva elég kíméletesen kezelik; mindenesetre félni kell erős szelet-visszakeveredéstől azokon a helyeken, ahol hirtelen irányváltások vannak. Hátrányosnak látszik, hogy itt is elég vastag szelettel kell dolgozni, a töltés elég kicsi, aminek következtében a szeletoszlop minden szítánál megszakad, és hogy a diffúziós idő elég hosszú, 60—70 perc.

Amikor mintegy két évtizeddel ezelőtt új diffúziós rendszerek építésével kezdtek foglalkozni, a Robert-féle diffúzióknak — amelyet addig a répacukorgyáraknál úgyszólván egyedül alkalmaztak — körülbelül a következő hátrányokat tulajdonították: nem kielégítő a kilúgzás; a diffúziós szennyvíz és a visszakeveredés miatt többletcukorveszteségek keletkeznek; a munkamódja nem folyamatos, hanem szakaszos; a lékeringés nem mindig kielégítő, hidrodinamikai nehézségek mutatkoznak; a vízgazdálkodás előnytelen, sok friss víz szükséges és sok szennyvíz keletkezik. Végül az egész berendezés nehézkes, kiszolgálásához sok munkaerőt, részben nehéz fizikai munkát igényel.

Nézzük meg röviden, hogy ezek a Robert-diffúzióknak tulajdonított hátrányok mennyiben jogosak, és miként lehet azokon segíteni.

A kilúgzás kielégítő, mivel tiszta ellenáramú rendszerről van szó. A Robert-diffúzióval is tetszés szerinti mértékig lehet a cukorveszteséget csökkenteni, csak helyesen kell méretezni. A diffúziós szennyvíz keletkezése következtében állítólagos megnövekedő cukorveszteségekkel a 6.1. fejezetben már behatóan foglalkoztunk, és kimutattuk, hogy ez a felfogás téves. A nem folytonos munkamód a kilúgzás szempontjából úgyszólván lényegtelen. Az 5.6. fejezetben már kimutattuk, hogy a lévisszakeveredés nem lényeges. A lékeringtetés nehézségein láncok megfelelő beszerelésével, illetőleg a 6.3. fejezetben tárgyalt átemelőszivattyúk alkalmazásával lehet segíteni. A vízgazdálkodással kapcsolatban ugyan csak a 6.3. fejezetre hivatkozunk, amelyben bebizonyítottuk, hogy az átemelőszivattyúkkal mind a frissvíz-, mind pedig a szennyvízkérdés kedvezően megoldható.

Nem kétséges azonban, hogy a Robert-diffúzió nehézkes, sok munkaerőt igényel, amin csak megfelelő gépesítéssel lehet bizonyos mértékig segíteni.

Mindent egybevetve tehát a Robert-rendszert, mint nagyon jól dolgozó rendszert kell elbírálnunk, amely az ellenáram elvét — ellentétben a legtöbb mechanizált rendszerrel — jól megvalósítja, amelynél — ugyancsak ellentétben a legtöbb mechanizált rendszerrel — vékony szelettel lehet dolgozni, amit nem kell mozgatni. A folyamat a levegőtől elzártan megy végbe, nem keletkeznek korróziók, helyes munkánál nem okoz nehézséget a mikroorganizmusok tevékenysége és a habzás, mint nem egy esetben a mechanizált rendszereknél.

Éppen azért, mert a Robert-diffúziós rendszernek ilyen sok jó tulajdonsága van, tudta vezető jelentőségét évtizedeken át megtartani, és még ma is csak nehezen fogja más rendszer kiszorítani. Valamilyen mechanizált rendszer bevezetésének elsősorban ott van létjogosultsága, ahol fokozott mértékben kell a munkaerővel takarékoskodni.

### 7.3. Milyen legyen a jövő diffúziós rendszere?

Felvetődik a kérdés, hogy milyen alapelveket kell megvalósítani olyan új rendszer megszerkesztésénél, amely az elméleti, ideális rendszert a legjobban megközelíti.

Erre a kérdésre eddigi vizsgálataink alapján a következőkben válaszolhatunk :

Az ellenáram elvét szigorúan meg kell tartani, a szeletet egy oszlopban, egyenletes töltéssel (csatornaképződések elkerülésével) úgy kell a folyadékárammal ellentétes irányban mozgatni, hogy a léáramban az egyes szeletszalak egymáshoz képest ne tolódjanak el, más szóval, hogy a szeletben visszakeveredés ne keletkezzék. A szeletoszlopot hordóberendezésekkel úgy fel kell lazítani és a folyadéknyomást úgy kell méretezni, hogy a léáram a kilúgzásnak megfelelő sebességű legyen. A szelet lehetőleg finomra vágott és egyenletes legyen, amivel megvan a lehetősége annak, hogy kis lélehúzással, kis cukorvesztéssel és rövid diffúziós idővel dolgozhassunk. A berendezés teljesen önműködő legyen, hőgazdálkodási szempontból kedvező, az ellenáram elve érvényesüljön a szeletfelmelegítésnél az egyik végén, illetőleg a vízfelmelegítésnél a másik végén. Ne kelljen működéséhez több friss víz, mint amennyi a lélehúzáshoz szükséges ; ne keletkezzék szennyvíz. A présvíz megfelelő helyen a rendszerbe visszavezetendő. A kilúgzási folyamat levegőtől elzárva folyjék le. A berendezés legyen üzembiztos és olcsón előállítható.

### IRODALOM

1. DÉDEK, J. : Forschung in der Rübenzuckerindustrie, Zucker, 5, 1952. 360—367.
2. SZILIN, P. M. : Phénomènes physico-chimiques dans l'extraction des jus sucrés. Comptes rendus, V<sup>e</sup> Congrès International Technique et Chimique des Industries Agricoles, 1, 1937, 534—563.
3. SMET, A. : La nouvelle diffusion continue de la Raffinerie Tirlemontoise, La Sucrierie Belge, 67, 1948. 177—191 ; La nouvelle diffusion continue R. T., La Sucrierie Belge, 68, 1948, 122—134.

4. SORGATO, I. : Il processo di diffusione e l'estrazione in batteria. *Ricerche della Sezione Sperimentale Zuccheri* 4, 1939/49, 78—94.
5. SLAVICEK, E. : Különféle cikkek a *Listy Cukrovarnické* c. folyóirat 65—67. (1948—1950) évfolyamaiban.
6. pl. WIKLUND, O.—ANDERSSON, G. : Studien in the Diffusion Process, *Socket Handlingar* 7, 1951. 91—119 ; Wintzell, T.—Akermark, B. : Aspects of diffusion, *Socket Handlingar* 6, 1950. 7—47 ; Wilberg, N. : Schwedische Ansichten über die Batteriarbeit bei Rücknahme der Abwässer, *Zucker*, 7, 1954. 97—105, 120—125, 170—173, 192—197.
7. TEGZE, M.—TEGZE, M.-NÉ : Hőkezelés befolyása a kilúgozhatóságra, *Cukoripar*, 6, 1953. 209—212.
8. TEGZE, M.-NÉ : A répa diffúziós állandójának meghatározását befolyásoló tényezők *Cukoripar*, 5, 1952. 20—23.
9. SCHNEIDER, F.—HOFFMANN—WALBECK, H. P. : Über die Plasmolyse in Rübenzellen, *Zucker-Beihefte* No. 5, 1952. 70—77.
10. VUKOV, K. : A nyerslé kolloidjai, *Cukoripari Kutatóintézet Közleményei*, 1, 1954. 83—88.
11. SCHNEIDER, F.—HOFFMANN—WALBECK, H. P. : Über die Rübenpektine in Säften der Zuckerfabrikation. *Zucker-Beihefte* No. 4, 1951. 48—53.
12. OPLATKA, GY.—SZÓKE, S.-NÉ : Hővezetőképesség mérése a répán, *Cukoripari Kutatóintézet Évkönyve*, 1950. 107—118.
13. SCHNEIDER, F.—EMMERICH, A.—HOFFMANN, R. : Über die spezifische Wärme von Zuckerrübenschnitzeln, *Zucker-Beihefte*, No 6, 1952. 90—100.
14. TEGZE, M.-NÉ—SIPOS, A.—VUKOV, K. : Módszer a répa vágási ellenállásának mérésére (*Cukoripari Kutatóintézet Közleményei*, 1, 1954. 79—82).
15. VUKOV, K.—TEGZE, M.-NÉ : A meszesítés hatása a répaszeletre, *Cukoripar*, 6, 1953. 213—215.
16. VUKOV, K. : A répaszövet rugalmassága (kiadatlan közlemény).
17. OPLATKA, GY.—TEGZE, M. : A cukorgyári diffúziós folyamat elmélete, III. *Cukoripari Kutatóintézet Évkönyve*, 1951—52. 33—78, továbbá *Acta Chimica Hung.*, Tom. II., Fasc. 4, 1952, 383—426.
18. BRUNICHE—OLSEN, H. : Evaluation of non-cell-divided continuous diffusers, *Sugar*, 47, 1952. No 2. 38—41.
19. OPLATKA, GY. : Evaluation of non-cell-divided continuous diffusers (Notes on Mr. Bruniche-Olsen's Article) *Sugar* 47, 1952. No 10. 43—45.
20. BRUNICHE—OLSEN, H. : Reply to Oplatka's Comments. *Sugar* 48, 1952. No. 1. 46.
21. OPLATKA, GY. : Cukorgyári diffúziós folyamat elmélete, I., *M. Kémikusok Lapja*, 4, 1949. 573—576, 645—660.
22. TEGZE, M.—TEGZE, M.-NÉ : A cukorgyári diffúziós folyamat elmélete, V., *Cukoripari Kutatóintézet Évkönyve*, 1951—52, 105—122, továbbá *Acta Technica Hung.*, Tom. X. Fasc. 3—4, 1955. 485—503.
23. OPLATKA, GY.—VUKOV, K. : Zárt diffúziós rendszer elméleti és kísérleti vizsgálata, *Cukoripari Kutatóintézet Évkönyve*, 1950. 66—83, továbbá *Acta Chimica Hung.*, Tom. I. 1951. 215—229.
24. STANĚK, VL.—PAVLAS, P. : Studien über die physikalischen Eigenschaften der Zuckerrübenwurzel. *Zeitschrift f. d. Zuckerindustrie der ČSR*. 63, 1939. 203—216.
25. SLAVICEK, E. : A répaszövet cukor-áteresztő képessége. *Listy Cukrovarnické* 66, 1949—50, 197—198.
26. TEGZE, M.—TEGZE, M.-NÉ : Gyorsmódszer diffúziós állandó meghatározására cukorrépában, *Cukoripar* 6, 1953. 39—45.
27. TEGZE, M.-NÉ : Mintavételi mód a gyárba bekerülő répaanyag diffúziós állandójának megállapítására, *Cukoripari Kutatóintézet Közleményei*, 1, 1954, 33—35.
28. TEGZE, M.—TEGZE, M.-NÉ : A hőmérséklet befolyása a kilúgozásra, *Cukoripar*, 6, 1953, 284—288.
29. TULLIN, V. : The Morphology of the Sugar Beet, *Socket Handlingar*, 7, 1951, 75—89.
30. TEATINI, D. : Proprieta delle membrane cellulari in relazione coi sistemi di estrazione. *L'Industria Saccarifera Italiana*, 46, 1953, No 9—10, 1—23.
31. POKORNÝ, E.—VONDRÁK, J. : Die Bedeutung des sog. schädlichen Raumes in der Diffusion, *Zeitschrift f. d. Zuckerindustrie der ČSR*. 58, 1933/34, 241—245, 249—253, 257—262, 265—268.
32. SMET, A. : Considérations théoriques concernant la diffusion. *La Sucrerie Belge*, 71, 1952, 481—487.
33. TEGZE, M. : A diffúziós elmélet egyik újabb alkalmazása. A nyomóvíz cukortartalmának hatása a cukorgyári kilúgozási folyamatra, *Cukoripari Kutatóintézet Közleményei*, 1, 1954. 22—25.



34. OPLATKA, GY.: A cukorgyári répavágás elmélete, *Cukoripar*, 2, 1949, 5. 13—17, továbbá németül *Zeitschrift f. d. Zuckerindustrie*, 4, 1954. 144—147.
- GRYLLUS, V.-NÉ: Üzemi mérések vágógépen, *Cukoripar*, 4, 1951. 251—254.
35. SZILIN, P. M.: A lényerés kérdései, *Szaharnaja Promislenoszt*, 24, 1950, No 11. 17—23.
36. BJERKHÖG, K.: Szeletminőség és szeletvágás, *Socket Handlingar*, 4, 1948, 97—121.
37. TEGZE, M.: A répavágásnál roncsolt sejtek szerepe a kilúgzásnál, *Cukoripari Kutatóintézet Közleményei*, 1, 1954, 25—32.
38. TEGZE, M.-NÉ—TEGZE, M.: A cukorgyári diffúziós folyamat elmélete, VI. *Cukoripari Kutatóintézet Évkönyve*, 1951—52, 123—132, továbbá *Acta Technica Hung.*, Tom. XI, Fasc. 3—4, 1955. 405—414.
39. OPLATKA, GY.: Az ellenáram extrakciós folyamat elmélete és ipari alkalmazása, *M. Tud. Akadémia Kémiai Oszt. Közleményei*, 3, 1953, 419—439.
40. POPOV, I. I.: Összegyűjtött munkák, *Trudü CINSZ-a* 1934. 1. köt. 62.
41. BROAGER, P.: Chain Fixtures in Diffusers, *Socket Handlingar*, 7, 1951. 47—51.
42. OPLATKA, GY.—TEGZE, M.: Deformálódó anyaggal töltött oszlopok hidrodinamikai ellenállása, *Cukoripari Kutatóintézet Közleményei*, 1, 1954, 125—140, továbbá *Acta Technica Hung.* Tom. XII, Fasc. 1—2, 1955. 85—119.
43. VRANCKEN, S.: La diffusion continue, *Bruxelles*, 1934.
44. OPLATKA, GY.—GRYLLUS, V.-NÉ: Heterogén rendszereken átáramló oldatok koncentrációmegoszlásának deformációja, *Cukoripari Kutatóintézet Évkönyve*, 1951—52, 5—32, továbbá *M. Tud. Akadémia Kémiai Oszt. Közleményei*, 2, 1952, 165—188 és *Acta Chimica Hung.*, Tom. II. Fasc. 2—3, 1952. 103—130.
45. OPLATKA, GY.—TEGZE, M.: A cukorgyári diffúziós folyamat elmélete, IV. *Cukoripari Kutatóintézet Évkönyve*, 1951—52, 79—104, továbbá *Acta Chimica Hung.*, Tom. II., Fasc. 4., 1952. 427—449.
46. SCHNEIDER, F.—REINEFELD, E.: Bericht über die Saftgewinnung in Diffusionstürmen (BMA), *Zucker-Beihefte*, 2, 1953. 44—45.
47. BRUNICHE—OLSEN, H.: Evaluation of non-cell-divided continuous diffusers, III., *Sugar*, 49, 1954, No 6. 40—44.
48. BRUNICHE—OLSEN, H.: Evaluation of non-cell-divided continuous diffusers, II., *Sugar*, 47, 1952, No 11. 37—41.
49. OPLATKA, GY.: Evaluation of non-cell-divided continuous diffusers, II. (Comments on H. Bruniche-Olsen's Second Article) *Sugar*, 48, 1953. No 1. 44—46.
50. SCHLOSSER, H.: Verfahrenstechnische Betriebsergebnisse aus der Kampagne 1953., *Zucker*, 7, 1954. 143—146.
51. OPLATKA, GY.—TEGZE, M.: A diffúziós elmélet egyik alkalmazása, *Mezőgazdaság és Ipar*, 4, 1950. 5—6. szám.
52. VUKOV, K.: Gyorsmódszer kilúgzott szelet cukortartalmának meghatározására, *Cukoripar*, 5, 1952. 90—94.
53. VUKOV, K.: Kilúgzott szelet mintavétele, *Cukoripar*, 5, 1952. 207—213.
54. VUKOV, K.: Gyorsmódszer édesszelet cukortartalmának meghatározására, *Cukoripar*, 5, 1952. 235—240.
55. OPLATKA, GY.: Über die Möglichkeiten und Vorteile der schnellen Diffusionsarbeit. *Centralblatt f. d. Zuckerindustrie*, 47, 1939. 334—337.
56. MARBAIX, M.: A diffúziós munka gyorsításával elért gyakorlati eredmények, *Cukoripar*, 7, 1954. 123—126.
57. OPLATKA, GY.: Nyomásfokozó szivattyúk beépítése cukorgyári diffúziós telepekbe, *Cukoripari Kutatóintézet Évkönyve*, 1950. 92—98.
58. OPLATKA, GY.: Nyomásfokozó szivattyúk alkalmazása a Robert-diffúziónál, II. *Cukoripari Kutatóintézet Közleményei*, 2, 1955. 16—18.
59. OPLATKA, GY.: A cukorgyári diffúziós folyamat elmélete, II. *Cukoripari Kutatóintézet Évkönyve*, 1950. 31—65, továbbá *Acta Chimica Hung.*, 1, 1951. 254—276.
60. SLAVICEK, F.: Essai d'une théorie mathématique de la nouvelle méthode de diffusion R. T., *La Sucrerie Belge*, 68, 1948, 1—15.
61. SMET, A.: La nouvelle diffusion continue de la Raffinerie Tirlemontoise, *La Sucrerie Belge*, 67, 1948, 181.
62. GRIMAUD, G.: La diffusion continue A. Olier en sucrerie de betteraves, *Industries Agricoles et Alimentaires*, 70, 1953, 477—482, 751—757.



# GEORGIUS AGRICOLA

1494—1555

## HALÁLÁNAK 400 ÉVES FORDULÓJA ALKALMÁBÓL

FALLER JENŐ

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA

NEHÉZIPARI MŰSZAKI EGYETEM, SOPRON

A tudományos világ ez évben — halálának 400 éves fordulója alkalmából — világszerte elismeréssel emlékezik meg GEORGIUS AGRICOLÁRÓL, a nagy humanistáról, természettudósról, az ásványtan »atyjáról«, a bányászat és kohászat



1. ábra Georgius Agricola. 1494—1555

úttörőjéről, kinek halála után négy hónappal megjelent »De re metallica«-ja több mint 200 éven át volt a bánya és kohótechnika »bibliája«, s ma 400 év múltán is élő szakkönyve.

Agricola a bányászat XV. századvégi, illetve XVI. századeleji nagy renaissanceának szülötte, amikor Európa-szerte új bányák keletkeznek, s az arany-, ezüst-, réz-, ólom-, cink- és vastermelés nyugattól, a Harzhegységtől kezdve,

Tirolon, az Alpokon és hazánkon át, a Cseh-Szász-Érchegység addig nem ismert méreteket ölt. Hogy csak a nevezetesebb bányákat említsük Goslar, Freiberg, Mansfeld, Schwatz, Falkenstein, Besztercebánya, Úrvölgy és Joachimsthal akkor élük virágkorukat. Tulajdonosaik, a korakapitalista bányavállalkozók, az augsburgi Fuggerek és Welserek és hazánk fiai: a Thurzók bánya- és kohóterményeikkel behálózák az egész kontinenst; kizsákmányolva embert és bányát, mérhetetlen vagyonra tesznek szert, melyet újabb bánya- és kohóvállalkozásokba fektetnek.

A néhány év alatt megszületett nagyvállalatok felfokozott kívánalmainak azonban nem elégségesek többé az addig apáról fiúra szálló ősi, még nagyrészt a paleolitikumból magukkal vonszolt munkamódok, berendezések és szerszámok. A bányák fokozatos elmélyülésével mind nagyobb műszaki felkészültségre és tudásra van szükség.

A sok névtelen úttörő munkájáról, kik az akkori idők bányaműszaki nehézségeinek leküzdésén fáradoztak, mit sem tudnánk, ha nem örökíti meg azt a közülük messze kimagasló Agricola 1556-ban megjelent munkájában, a »De re metallicá«-ban. Ezzel a művel oly korszakalkotó tudományos segédeszközt adott a gyakorló bányász és kohász kezébe, amely nemcsak átsegítette a korabeli műszaki nehézségeken, de több évszázadon át volt irányítója s nélkülözhetetlen tanácsadója munkájának.

Személyében, bár orvos volt — mondott műve alapján — nemcsak a XVI., de a későbbi századok egyik legnagyobb bánya- és kohómérnökét kell tisztelnünk, kinek életéről és alkotásairól halálának négy évszázados fordulója alkalmából a következőket kell feljegyeznünk:

\*

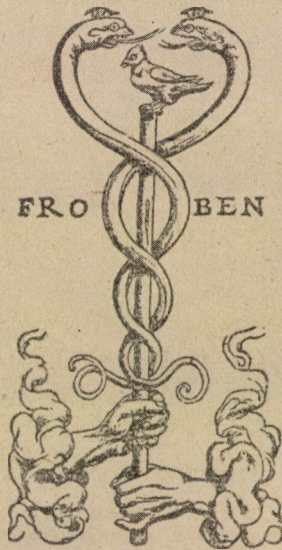
AGRICOLA, eredeti nevén GEORG BAUER a szászországi Glauchauban született 1494. március 24-én. Alsó iskoláit szülővárosában végezte, majd az akkor igen tekintélyes zwickauai latin iskolában tanult, melynek befejeztével 20 éves korában, a lipcsei egyetemen teológiát, bölcseletet, latint és görögöt hallgat. Tanárai közt találjuk Petrus Mosellanust (1493—1524) a nagynevű humanistát, ki felismerve képességeit, rövidesen barátságába fogadja. Tanulmányai befejeztével, fiatalon, alig 24 éves korában, mint görög tanárt meghívják Zwickauba, az ottani »tudós« iskolába, ami igen megtisztelő lehetett, tekintve, hogy ez volt az első németországi intézet, ahol görög nyelvet tanítottak, s azt a diákok mellett orvosok, papok és tanárok is hallgatták. Olthatatlan tudásszomja azonban nem hagyja pihenni, s barátja, az akkor már nagy tudós hírében álló Mosellanus hívására 1522-ben újból Lipcsébe megy, és mint Mosellanus aszisztense az akkori nagy idők szellemi életének központjában él s ismerkedik meg Lutherrel, Erasmus Rotterdamussal, Reuchlinnel és Huttannel. Mosellanus halála után, 1524-ben Lipcséből Olaszországba távozik, s a páduai és bolognai egyetemeket

# GEORGII AGRICOLAE DE RE METALLICA LIBRI XII QVI

bus Officia, Instrumenta, Machinae, ac omnia denique ad Metallis  
cam spectantia, non modo luculentissime describuntur, sed & per  
effigies, suis locis insertas, adiunctis Latinis, Germanicisque appella-  
tionibus ita ob oculos ponuntur, ut clarius tradi non possint.

E I V S D E M

DE ANIMANTIBVS SVBERRANEIS Liber, ab Autore re-  
cognitus: cum Indicibus diuersis, quicquid in opere tractatum est,  
pulchre demonstrantibus.



FRO BEN

BASILEAE M D LVI

Cum Priuilegio Imperatoris in annos v.  
& Galliarum Regis ad Sexennium.

2. ábra Az 1556-ban megjelent »De re metallica. Libri XII.« címlapja

látogatja, hol azonban eddigi tanulmányaival szemben már kizárólag természet-tudományokkal foglalkozik, s orvosnak készül. Agricola két évet töltött Olaszországban, megjárta Velencét, Nápolyt és Rómát, s a renaissance friss eszméivel átítatva tért vissza hazájába, de csak rövid időre, mert egy évvel később, 1527-ben a csehországi Joachimsthalba ment és telepedett le, mint városi orvos és patikáros.

Régi vágya volt Agricolának, hogy a bányászattal és ásványvilággal megismerkedjék. Erre most a fiatal (mindössze 11 éves), gazdag bányavárosban, hivatalos elfoglaltsága mellett bő lehetőség nyílt annál is inkább, mert kitűnő tanítómesterre akadt Lorenz Bermann »kohóírnok« személyében, kinek nevét Agricola 1530-ban megjelent »Bermanus sive de re metallica« című munkájában mindenkorra megörökítette.

Agricola, Móric szász választófejedelem hívására tért vissza 1531-ben hazájába és Chemnitzben, (a mai Karl Marx-Stadtban) telepedett le. Az élénk ipari város nemcsak mint orvost vette igénybe Agricolát, de mint nagytudású és műveltségű férfit is, ki nagy szolgálatokat tett a városnak, melynek három ízben is (1550-ben, 51-ben és 53-ban) polgármestere volt.

Chemnitzben egyébként minden szabadidejét bányászati és ásványtani ismereteinek bővítésére fordította, s belekezdett legnagyobb művének, a »De re metallica«-nak írásába, melyet 18 évi fáradságos munkával 1553 márciusában fejezett be.

Életrajzával kapcsolatban szólnunk kell arról is, hogy — mint tudjuk — munkásságának idejében a XVI. század első évtizedeiben csapnak legmagasabbra, parasztháborúktól kísérve a reformáció hullámai. Az egyre növekvő feudális elnyomás letöréséért küzd a végsőkig kizsárolt német jobbság. Ezek az események Chemnitz életében is gyökeres változásokat idéznek elő tekintve, hogy a város teljesen behódolt az új tanoknak.

Agricola felismerte ugyan a hitújítás szükségét, nem látta meg azonban sem abban, sem a parasztküzdelmekben a német nép forradalmi megmozdulását az elnyomókkal szemben. A véres testvérharc mögött nem látott mást, mint a birodalmi hercegek hatalmi törekvését, és mint igaz hazafi féltette a német nép egységét.

Szépen csendül ki mindez az 1529-ben Bécsig előnyomult török veszedelemmel kapcsolatban írt soraiából (»Oration . . .« Nürnberg 1531. és »Widmungsbrief an Kurfürst August.« 1555. márc. 18.), amikor aggódó és ma is időszzerű szavakkal figyelmezteti nemzetét a széthúzás és közelgő háború átkos veszélyére, s békét hirdet, mely — mint írja — a »becsületesség, az erény és jólét forrása«.

[1.]

E sorok félreérthetetlenül igazolják Agricolát, ki — akár a többi humanista, Erasmus stb. — megmaradt régi hitében, minek következtében elvesztette népszerűségét és barátait, úgy, hogy amikor 62 éves korában, 1555. nov. 21-én befejezte tevékeny, munkás életét, a fanatizált város nem engedte, hogy hatá-



3. ábra Selmeci lójárgányos vízemelőgép. A) függőleges tengely, B) fogaskerék, C) fogak, D) szintes tengely, E) hajtótárcsa, F) láncdob, G) szállítólán, H) labdák

rában elföldeljük. Így holta után hat nappal a Chemnitztól mintegy 60 km távolságban nyugatra, az Elster partján fekvő Zeitzbe vitték és temették el az ottani dóm templomban.

Bármily rövidre fogtuk is Agricola életrajzát, nem mulaszthatjuk el, hogy magyar vonatkozása miatt ne szóljunk arról, hogy Agricolának csaknem napjainkig egyetlen — ha nem is korabeli — de igazolt képét ismerjük, melyet Johannes Sambucus közölt 1574-ben Antwerpenben kiadott, »Icones veterum aliquot ac recentium Medicorum Philosophorum, quae eiegialis suis editae« című munkája 28. lapján (1. ábra). Johannes Sambucus ugyanis nem más, mint hazánk kiváló nagy fia, a XVI. században élt tudós, Zsámboki János (1531—1584), s így az egész világ magyar embernek köszönheti, hogy ismerjük Agricola képmását [2].

\*

Hazai bányászatunk és kohászatunk — halálának 400 éves fordulója alkalmából — a többi nemzethez hasonlóan elismeréssel kell, hogy megemlékezzék a német nép büszkeségéről, Agricoláról.

E megemlékezés nem merülhet ki azonban életművének és jelentőségének egyszerű méltatásában, mert azt elvégezte már nemzete. A Német Demokratikus Köztársaság minisztertanácsa ugyanis már 1955 januárjában elhatározta a nagy humanista és természettudós halálának 400 éves fordulóját méltó módon megünnepelni, s biztosította annak pénzbeli fedezetét. Ennek megfelelően a német nehézipar az egész évet Agricola emlékének szentelte, s az »Agricola-év« keretében az évégett életrehívott Központi Agricola Bizottsággal élén sorozatos ünnepségeket rendezett mindama városokban, melyek valami vonatkozásban voltak Agricolá-val [3].

A mi megemlékezésünk ezen túlmenően köszönet és hála kell, hogy legyen, amiért munkáiban — és éppen a »De re metallica«-ban, több helyen elismeréssel szól egykori bányáinkról és kohóinkról. A továbbiakban megnevezett Selmec (Banska-Štiavnica), Körmöc (Kremnica), Besztercebánya (Banska-Bistrica), Urvölgy (Špania-Dolina) csehszlovák bányahelyekről, melyek Agricola idejében Magyarországhoz tartoztak, s azokat ennek megfelelően mindig magyar »ungarische« bányáknak mond.

Sorai nemcsak azért fontosak, mert bánya- és kohótechnikánk egykori jelentőségének bizonyítékai, de mert könyvének lapjai s kitűnő rajzai számos műszaki alkotásunkat mentették meg a feledéstől. De megbecsülhetetlen értékűek azért is, mert középkori bányászatunk és kohászatunk tárgyi emlékei nagyrészt elpusztultak, s így levéltári dokumentumainkon kívül kizárólag Agricola műszaki rajzaival igazolhatjuk annak fejlettségét.

Rajzai és leírásai ugyanis oly bizonyítékok, amelyek minden más följegyzés nélkül is kétségtelenül igazolják, hogy bányászatunk és kohászatunk Agricola idejében — mint a történelem folyamán több ízben — európai nevezetesség





4. ábra A besztercebányai (Urvölgyi) rézérc előkészítése. A) Targoncás, aki a zúzott ércet föladta, B) első surrantó, C) rosta, D) a rosta karjai, E) fogantyúk, F) kötél, G) függesztőkar, H) oszlop, I) második surrantó, K) második rosta, L) harmadik surrantó, M) harmadik rosta, N) első munkapad O) első kéziszita, P) első hordó, Q) második munkapad, R) második kéziszita, S) másdik hordó, T) harmadik munkapad, V) harmadik kéziszita, X) harmadik hordó Y) csapok

volt, hisz különben ő maga sem tartotta volna szükségesnek munkáiban, első-sorban a »De re metallica«-ban több ízben szólni és megemlékezni azokról.

De büszkék lehetünk azokért a megállapításaiért is, melyek részben ásványkincseink gazdagságára, részben műszaki berendezéseink korszerűségére utalnak, és melyekkel ugyancsak kiemelte bányászatunk és kohászatunk jelentőségét.

Agricola, mint azt életrajzírói följegyezték, de ami »De veteribus et novis metallis« című munkájából egyébként is kiviláglik, az egész világ szakembereivel levelezett, s így hazánk ásványkincseiről, bányászatunkról és kohászatunkról is pontos értesülései voltak, melyeket rendszeresen és gondosan értékelve használt fel munkáiban. Örök veszteség számunkra, hogy mindmáig nem tudtuk megállapítani, hogy kivel vagy kikkel levelezett hazai szakembereink közül, és kik tájékoztatták a selmeci, körmöci, besztercebányai stb. bányákról, azok keletkezésének idejéről, érctelepeik kiterjedéséről és vastagságáról, előkészítő, feldolgozó műveinkről, zúzóinkról, vízemelő szivattyúinkról, kohóinkról stb. Meglepő ugyanis ránkvonatkozó adatainak sokasága, mindenekelőtt azonban azoknak megbízhatósága és pontossága.

A bányák koráról szólva pl. »De re metallica«-jában a selmeci és körmöci arany-ezüst bányákat, a lakosok legrégebbi privilégiumai alapján 800 évesnek, tehát a legöregebbnek mondja, melyek eszerint az időszámítás kezdete után 750-ben vették kezdetüket. Nem kétséges, hogy ezen adat helyessége vitatható, de jellemző Agricola tekintélyére, hogy közlése alapján Selmec és Körmöc historikusai a bányák keletkezését még a legújabb időkben is fenti évekre vezetik vissza.

Hasonlóképpen büszkén olvashatjuk, hogy az ismertek közül Körmöc aranytelérei voltak a legvastagabbak, mégpedig helyenként 15–18, sőt 20 banyaöl vastagságúak [5].

Bányagépészeti berendezéseink közül kitűnő rajzban (3. ábra) és részletes leírásban örökítette meg selmeci lójárgányos szivattyúinkat, melyek közül — mint írja — az egyik aknában három darab volt egymás felett, s azok 670 láb mélységből emelték a vizet, átemeléssel. A három szivattyút, — mint olvassuk — összesen 96 ló hajtotta, amelyek egy csavarvonalú lejtaknán jutottak le a legalsó géphez [6].

Rendkívül szemléltető rajzban mutatja be a besztercebányai, urvölgyi rézérc előkészítési folyamatát (4. ábra), annak műszaki berendezéseivel, szerzőszámaival, dolgozóival együtt. A gazdag rézércet eszerint három lengő rostán osztályozták, majd ülepítő hordókban kéziszérekén dúsították [7]. A Thurzó János-féle urvölgyi bányaművek egykor világgazdasági jelentőségű rézércének előkészítését ábrázoló, egyetlen korabeli rajz, bányaműszaki fejlődéstörténetünk legbecsesebb dokumentuma.

Ugyaníly becses — a minden valószínűség szerint körmöci — 20 nyilas, vizikerekes zúzóról készített rajza (5. ábra) és leírása [8], valamint a »lengyel«-

nek is mondott »magyar« üzökemence (6. ábra) bemutatása [9]. De gazdag magyar vonatkozású adatokat találunk Agricola többi munkáiban is, és bőven olvashatunk bennük a budai hideg, meleg és kénes forrásokról, a besztercebányai ezüsttartalmú rézércről és rézvitrólól, a kőrmöci, hodrusi, bélabányai,



5. ábra. Vízikerekes (minden valószínűség szerint kőrmöci) 20 nyilas zúzó. A) zúzónyilak, B) köpü, C) lyuggatott pléhlemez, D) harántvályú, E) deszkalapok a mélyedésekkel, F) kiöntők, G) teknők, amibe az érc hull, H) síkszerek, I) csolnak alakú kézi szerek, K) a síkszér alatti zsomp

libetbányai és gölnici aranyelőfordulásokról stb [10]. Becsesek azok a feljegyzései is, amelyek az akkori nyomorúságos munkaviszonyokról szólnak, és leírják, hogy bányáinkban rendkívül nagy a porképződés s az azzal kapcsolatos halálozás, úgy hogy bányatelepeinken van asszony, ki hét férjét temette már el a por okozta betegségben [11]. Mindeme közlései bányáink és ásványkincse-

ink tökéletes ismeretét igazolják, és azokból többek közt arra is következtethetünk, hogy gazdag ásványgyűjteményében a magyar ásványok és kőzetek mintadarabjai megvoltak.

Hosszú a sora Agricola ránkvonatkozó írásainak, amelyek egyrészt az ő tökéletes bányaműszaki és természettudományi felkészültségét, másrészt bányáink korszerű, haladó technikáját hirdetik. Feljegyzései és rajzai emellett szerves kiegészítői XV—XVI. századi bányászatunk és kohászatunk történetének. Sorai meggyőznek arról is, hogy tisztában volt bányászatunk és kohászatunk gazdaságpolitikai és személyi vonatkozásaival. Így ismerte akkori legnagyobb bányásunk bethlenfalvi Thurzó János (1437—1508) munkásságát s alkotásainak jelentőségét [12], ki atyja nyomdokaiba lépve fémkereskedelemmel foglalkozott és goslári bányavállalkozásai után 1492—94-ben megvásárolta a csődbejutott besztercebányai és urvölgyi rézbányákat, amelyeket — kihasználva a hanyatló feudalizmus teremtette munkaviszonyokat — több más bányánkkal nagyobb vállalatba egyesítve, korszakalkotó bányászati és monopolisztikus kohászati újításaival rövidesen fölvirágoztatott. Országos vállalkozásai s a dúsgazdag augsburgi Fugger Jakabbal 1495-ben történt szövetkezése hirtelen új és hatalmas perspektívákat nyitnak meg gazdag ásványkincseink számára, melyek sajnos külföldre vándorolnak, de azoknak termelése kifejleszti s növeli szakismereteinket.

Így tudjuk, hogy pl. magának Thurzó János vagyonának alapját is sok ezer munkásának kiuzsorázásán kívül az a nagy jelentőségű kohászati találmánya vetette meg, hogy sikerült neki a Besztercebánya-vidéki, mázsánként 10—12 lat ezüstöt tartalmazó »feketeréz«-ből az ezüstöt kivonni, s azt a királytól kapott privilégiuma alapján, törvényellenesen nem kellett beszo­lgáltatnia. Thurzó e találmányával egész új alapokra fektette a gazdag hazai rézérc­ek föld­dolgozását, s új lendületet adott rézbányászatunknak, mely ezzel érte el tetőfokát, s jutott vezetőszerpéhez egész Európában.

Bányászatunk XV. századvégi fellendülése természetesen nem elszigetelt, s az — mint mondjuk — Európa-szerte kilép szűk kereteiből. Új gépek, bányászati és kohászati munkamódok keletkeztek ekkor, és szakmánk hirtelen gazdag tudományként jelenik meg Agricola 1556-ban kiadott könyvében, a »De re metallicá«-ban, melyet a világ tudósai érthető örömmel üdvözöltek. Ezt megelőzően ugyanis a bányászat tisztán csak munkafogásokon és tapasztalaton épült, apáról fiúra szálló mesterség volt. Nem szólva arról a XVI. század első éveiből származó néhány irodalmi próbálkozásról, amilyenek ULRICH RÜLEIN von CALW 1500-ban megjelent 48 oldalas »Bergbüchlein«-je, valamint HANS-RUDHART 1523-ban és SEBASTIAN MÜNSTER 1544-ben napvilágot látott kisebb bányászati vonatkozású munkái [13] a bányászat, kohászat s azok segédtudományai Agricola könyvében jelennek meg először rendszerbe foglalt tudományként. Soha ugyanis azt megelőzően nem látott napvilágot a tudomány és gyakorlat ily szoros egységbe forrva egyetlen szakmunkában, és fejezte ki szövegben

s rajzban ily egyszerűen és tökéletesen mondanivalóját. Jelentőségét mi sem igazolja jobban, mint az, hogy a könyvet, mely a tudomány akkori nemzetközi nyelvén, latinul jelent meg, kiadója, a baseli FROBEN szükségesnek tartotta azonnal németül is megjelentetni. A fordítást BECH FÜLÖP bázeli professzor, orvos és bölcseő végezte kitűnő felkészültséggel, s így az már a munka megjele-



6. ábra Magyar üzökemence. A) kemence, B) csurgó, C) tűzrostély D) nyílás, melyen át lehúzták az ólomlétet, E) kemence, földél nélkül, F) vastag fahasábok, G) fűjtató

nését követő évben, 1557-ben a szakma legszélesebb rétegei számára is rendelkezésre állt [14].

Agricola »De re metallica«-ja, a bányászati tudás és szakismeret igen alapos terméke, hisz a bányászat és kohászat egyes munkafolyamataira vonatkozó megállapításai ma is jórészt helytállóak. Vizsgálatainak pontossága és minden túlzástól mentes objektivitása, haladó világszemlélete s a mód, ahogy a bányászatot és bányamunkát az emberi egyetemesség jólétének és boldogulásának

fontos eszközeként bemutatja, oly friss és tökéletes, hogy egészen érthető, ha az, mint bányászati és kohászati kompendium, még a múlt század elején is szívesen forgatott könyv volt hazánkban, és bányászatunk és kohászatunk csaknem a XVIII. század végéig az abban lefektetett szabályok szerint dolgozott. Mert ahogy a külföldi szakember megismerte és felhasználhatta munkájából a mi bányászati berendezéseinket és kohászati eljárás módjainkat, éppúgy hasznosíthattuk belőle mi s velünk a többi nemzetek bányászai más országok korszerű bánya- és kohóműszaki vívmányait úgy, hogy Agricola »De re metallica«-ja a bánya- és kohótechnika egyetemességét szolgálta, s irányította több mint két évszázadon át.

Ismertetésünk nem lenne teljes, ha nem szólnánk Agricola további nagy érdeméről, hogy De natura fossilium című művében lefektette a mai értelemben vett ásványföldtani és teleptani tudományok alapjait.

Bányászati és kohászati studiumai, Joachimsthaltól kezdve érthető módon az ásványok beható megismerésére serkentették, s így közölte hosszú évek munkája alapján idevonatkozó alapvető megállapításait. Ezek mindenekelőtt az alapfogalmakat, így elsősorban az »ásványok fogalmát« tisztázták, majd azok fizikai tulajdonságai alapján már rendszerbe foglalták mind a hasznosítható, mind az egyéb ásványokat és kőzeteket. Agricola volt az első, ki az ásványok keletkezésével előfordulásával, településével, alakjával foglalkozott úgy, hogy munkái alapján joggal mondjuk az ásványtan »atyjának«, ahogy honfitársa, Abrahám Gottlob WERNER (1750—1817), a nagynevű mineralógus nevezte. Érdeme ezzel kapcsolatban az is, hogy munkáival az ásványvilágra terelte a tudomány figyelmét, s elindította az ásványgyűjtést, ami addig teljesen ismeretlen volt.

A »De re metallica«-ból s a »De natura fossilium«-ból kialakult bányakohóműszaki és ásványtani ismereteink Agricola óta egzakt tudományok s a bánya- és kohómérnökképzés legfontosabb tantárgyai lettek, de mivel sem csorbították Agricola érdemeit, sőt életművének igazi értékelése éppen napjaink tudománytisztelőjében bontakozik ki teljes nagyságában.

\*

Tanulmányunkban Agricoláról csak mint bányászról, kohászról és mineralógusról szoltunk, pedig mint nyelvész, orvos, természettudós, történész és politikus is kiváló volt, s nagy emberi tulajdonságainak ismertetése is külön fejezeteket kíván.

Mint humanista a tudomány, azon át a haladás, az emberi méltóság, kölcsönös megbecsülés, szeretet és béke hirdetője volt akkor, amikor nyugaton, hazájában féktelen testvérharcok dúltak, keleten pedig a török hódítás borzalmaiban vérzett az emberiség egy része.

A középkori szkolasztikus világszemlélet béklyójától fölszabadultan, igaz tudós és ember volt mindig, kinek örökségét most, halála után 400 évvel is büszkén hirdetjük, mert alkotásaiban hatalmas lépéssel vitte előbbre a műszaki tudást és gondolkodást, és könnyítette meg ezzel az emberiség fejlődését.

## JEGYZETEK

1. L. bővebben Erwin HERLITZIUS: Georg Agricola (1494—1555) ein grosser deutscher Naturforscher und Humanist. Bergakademie. 7 (1955) Jahrg. Nr. 2. p. 74.

2. L. bővebben Hans PRESCHER: Georg Agricola im Bild seiner Zeit. Bergakademie. 7 (1955) Jahrg. Nr. 3. p. 140—142. — Agricola életére vonatkozólag vö. a következő újabban megjelent munkákat. Professor Dr. Conrad MATSCHOSS: Grosse Ingenieure. München. 1954. p. 49—57. Helmut WILSDORF: Zum Georg Agricola — Gedenkjahr (1555—1955). Bergakademie. 7 (1955) Jahrg. Nr. 1. p. 1—3 és Erwin HERLITZIUS előbb idézett munkáját.

3. L. bővebben: Agricola-Ehrung 1955. Bergakademie. 7 (1955) Jahrg. Nr. 6. p. 269—270.

4. L. De re metallica. Erstes Buch. p. 3. Hivatkozásaim Agricola De re metallica-jának az Agricola-Gesellschaft 1928. évi kiadására vonatkoznak.

5. L. uo. Drittes Buch. p. 36.

6. L. uo. Sechstes Buch. p. 164.

7. A besztercebányai rézérc jelentőségét mi sem igazolja jobban, mint hogy Agricola De re metallica-jában csaknem két oldalon (p. 250—251) ismerteti annak előkészítését.

8. L. De re metallica. Achtes Buch p. 279.

9. L. uo. Neuntes Buch. p. 343. További magyar bányászati és kohászati vonatkozású följegyzéseket és leírásokat találunk még az idézett munka 249., 437., 464—465. és 499. oldalain.

10. L. az 1546-ban megjelent De natura eorum quae effluunt ex terra. Lib. I. p. 102, és 108, Lib. II. p. 123 és Lib. III. p. 128, 149 és 161 — De natura fossilium. Libri decem. Lib. III. p. 221—222. Lib. VIII. p. 337. és Lib. X. 360 és 365. De veteribus et novis metallis. Libri duo. Lib. I. p. 396, Lib. II. 407.

11. L. bővebben BERMANUS, si ve de re metallica. p. 460.

12. L. De re metallica. Erstes Buch. p. 21.

13. L. bővebben Wilhelm PIEPER: Ulrich Rülein von Calw und sein Bergbüchlein. Freiburger Forschungshefte D. 7. Kultur und Technik. 1955. és Helmut Wilsdorf: Präludien zu Agricola I. Das Johannisthaler Bergbüchlein des Hans Rudhart. 1523. és II. Die Cosmography des Sebastian Münster. 1544. Freiburger Forschungshefte. D. 5. Kultur und Technik. 1955.

14. A csaknem minden európai nyelvre lefordított *De re metallica* magyar fordítását dr. Mihálovits János kezdte meg 1929-ben »A bányászatról« címen, s abból az első öt könyvet (fejezetet) sorozatosan meg is jelentette a Bány. és Koh. Lapok LXII. (1929)—LXVI. (1933) évfolyamainak mellékleteként. Latin eredetiből fordított értékes munkáját 1939-ben bekövetkezett, korai halála törte derékba, s így a mű további hét könyvének fordítása befejezésre vár. Már azért is, mert Agricola annyi szeretettel írt bányáinkról, kötelességünk lenne a hiányzó részt lefordítani, s 1956-ban — a mű 400 éves megjelenésének évében — méltó alakban kiadni.





# AZ ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI INTÉZET TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEI

PALOTÁS LÁSZLÓ

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK DOKTORA

A népgazdaság ama célkitűzése, hogy elmaradt kézmű jellegű építőiparunk valóságos iparrá fejlődjék, azt kívánja, hogy ennek a fejlődésnek tudományos alapjait előkészítsük, az építéstudományt intenzíven fejlesszük, mind a tervezés és kivitelezés, mind az anyagellátás és műszaki oktatás területén. Különösen sok probléma vár megoldásra ezen az igen bő és fontos területen. Hazánkban az építéstudománynak — meg kell valljuk — egységes gazdája egyelőre nincs. Az egyes részletkérdések megoldását egyes egyetemi tanszék, a tanszék érdekkörébe eső területen, komoly felkészültséggel, lelkesen és eredményesen igyekeznek előbbre vinni. Ugyancsak bekapcsolódnak a haladás előmozdításába egyes érdekelt minisztériumok, közületek, tervező-, sőt építővállalatok, üzemek a saját szűk feladatkörükben. Természetesen az ő munkájuk nem elsősorban tudományos jellegű, nem általánosan perspektív és előremutató, hanem a saját ún. ipari ad hoc problémáik megoldására irányul.

Az építéstudománynak sok korszerű s igen gyakran távlati súllyal rendelkező kérdésnek szakszerű és tudományos vizsgálatával foglalkozik évek óta az Építéstudományi Intézet és újabb időben az Építőanyagipari Központi Kutató Intézet, mindkettő, mint iparági kutató intézet. Építéstudományunk területén ma még mindig hiányzik a Magyar Tudományos Akadémia irányításával működő Akadémiai Építéstudományi Intézet, amely mint az egész kérdés egységes gazdája, kézbe fogni, összefogóan irányítani s helyesen koordinálni tudná a jelenben különböző iparági kutató intézetekben folyó munkát és módjában lenne az építéstudomány helyes távlatát figyelembe véve, azt eredményesen előbbre is vinni.

Mindezeket a fentemlített körülményeket tekintetbe véve nagy örömmel láttuk az Építéstudományi Intézet kiváló szakgárdájának évek óta kifejtett komoly erőfeszítéseit, amellyel hűzgapótlóan igyekezett a fenti hiányosságokat megszüntetni. Ennek az eredményes munkának újabb kiváló dokumentumai az 1954-ben megindított »Tudományos Közlemények« c. sorozat, amelyből az Építésügyi Minisztérium műszaki főosztálya pártfogásával, az Építésügyi Kiadó kiadásában már eddig 8 szám jelent meg.

Teljes általánosságban megállapíthatjuk, hogy a megjelent füzetekben tárgyalt problémák korszerűek, szakszerűek és tudományos értékűek. Az alábbiakban röviden ismertetem és értékelem a korlátozott számban megjelent első 4 füzetben tárgyalt témákat, azok célkitűzéseit és a gyakorlat számára levont fontos következtetéseit. Természetesen nem céloim »vita-cikket« írni, csupán ismertetés jellegűen értékelni kívánom a vizsgált tudományos kérdéseket. Az értékeléssel kapcsolatban azonban rámutatok a további tudományos munka szükségességére és főbb irányaira.

1. MENYHÁRD ISTVÁN, a műszaki tudományok doktora: *Épületek teherhordó szerkezeinek méretezésére vonatkozó új magyar előírások fontosabb rendelkezéseinek magyarázata.*

A tanulmány az új magyar szabványsorozatban foglalt korszerű méretezési mód, az ún. *határállapot jellemzőin* alapuló méretezési mód ama legfontosabb elveinek elméleti magyarázatát és indokolását foglalja össze, amelyek az új szabályzati előírások alapjául szolgáltak. Első fejezetekben a teherhordószerkezetekkel szemben támasztott általános statikai és a helyesen értelmezett biztonsági követelmények kérdéseivel foglalkozik, majd a megengedett feszültségeken alapuló régi méretezési mód kritikáját adja. A további fejezetek az új szabályzati rendelkezések alapelveit, a terhek és hatások alapértékeit, a mértékadó és határigénybevétel fogalmát, meghatározási módjának általános elveit és indokolását tárgyalják.

A tanulmány értékesen és általánosan átfogóan fogalmazza meg a teherhordószerkezetekkel szemben támasztott követelményeket:

»Teherhordó szerkezeiteinktől azt kívánjuk, hogy azok a rájuk működő terheket és bennük igénybevételeket okozó hatásokat az építmény megkívánt élettartama alatt káros elváltozás nélkül

*hordják és amellet költségek szempontjából gazdaságosak legyenek,» azaz részletesebben: »a szerkezet legyen eléggé teherbíró, vagyis töréssel szemben megfelelően ellenálló, a szerkezet legyen eléggé állékony, vagyis eldőléssel, elcsúszással, felborulással szemben tartós legyen, a szerkezetben ne következzenek be olyan alakváltozások (behajlások, repedések), amelyek rendelkezésszerű használatát lehetetlenné teszik.«*

A *biztonság* fogalmát a tanulmány a következőképp adja: »Teherhordó szerkezetek tervezésével kapcsolatban biztonságról csupán mint a terv alapján, az abban előírt minőségi kívánalmak (szabványok stb.) szerinti szokványos anyagokból és szokványos technológiával a jövőben elkészítendő szerkezet állékonyságának várható valószínűségéről beszélhetünk.«

A következő fejezet leszögezi az új szabályzati rendelkezések alapelveit, amelyek szerint a megépült tartószerkezetre jutó tényleges terhek és hatások, valamint a számításba vett elméleti terhek és hatások között valószínűségi relációk állnak fenn.

Majd megadva a terhek és hatások alapértékeit szabatosan definiálja az eddigiekben meg nem határozott mértékadó és határigénybevétel fogalmát. A mértékadó igénybevétel kifejezése

$$Y_m = \sum k_i Y_i$$

tulajdonképpen megszabott valószínűséggel várható legnagyobb igénybevételt jelent a tartó megkívánt élettartamán belül, ahol  $k_i$  *biztonsági tényező*,  $Y_i$  egyes terhekből és hatásokból a sztatika szokásos módszereivel kiszámított igénybevételek. A mértékadó igénybevételt a tartó méreteitől és anyagának minőségétől stb. függő, ún. *határigénybevétellel*, vagyis a tartó gyakorlati teherbírásával, hasonlítjuk össze. A határigénybevétel kiszámításánál általában nem a tartó anyagának szabványban előírt szilárdsági jellemzőiből, hanem annak csökkentett értékéből indulunk ki. Ez a csökkentett érték — a *határfeszültség* — elvileg szintén megszabott valószínűségű alsó határa a tartó szilárdsági tulajdonságainak.

A határigénybevétel kiszámítására vonatkozó összefüggések az új szabályzati előírásaink szerint az építőanyag mechanikai tulajdonságaitól függően különbözők. Így pl. vasbetonszerkezeteknél, ha a repedésmentesség nem különleges követelmény, az ún. *törési elmélet* alapján áll. Ez azt jelenti, hogy a határigénybevétel kiszámítására olyan képletek, illetve számértékek (határfeszültségek) használatát írjuk elő, amelyek a törőerő kiszámítására alkalmasak. E képletek és feszültségértékek érvénye a tartó tönkremenetelét közvetlenül megelőző határállapotra vonatkozik. Hajlítás tárgyalásánál a tartó nyomott övében egyenletes feszültségmegoszlást tételez fel, a határfeszültség számításakor egy helyettesítő *ideális hajlító hasábszilárdságot* vesz alapul. Központos nyomásnál az eddigi addíció elvét alkalmazza, a beton nyomási hasábszilárdságának és az acélbetét folyási határának megfelelően választott határfeszültségek alapulvételével. A kihajlás veszélyét központosan nyomott rúdnál is a kezdeti külpontosság figyelembevételével számítja s a rúd gyakorlati törőfeszültségét ekként definiálja, hogy alatta azt az átlagfeszültséget érti, amelynél adott kezdeti excentricitás mellett a növekvő erő hatására a szélső szálban éppen a rúd tönkremenetelére jellemző feszültség (pl. nyomott acél oszlopoknál a folyási határ) jelentkezik. A levezetett képleteiben tekintetbe veszi a beton minőségén kívül a beton rugalmassági modulusának a feszültségtől s a teljes alakváltozástól függő voltát. Külpontos nyomás számításakor a kihajlási veszély folytán megnövekedett hajlítónyomaték hatását egy — az átlagos feszültségtől és a kritikus feszültségtől függő — növelő tényezővel veszi figyelembe.

Amint a szerző is megjegyzi, az új szabályzat egyes részei — különösen a kihajlás veszélyének figyelembevétele — még nem tekinthetők lezártak s e tekintetben még sok kísérletre, elméleti megfontolásra lesz szükség.

2. GYENGŐ TIBOR, a műszaki tudományok doktora: *Az új vasbetonszabályzat készítésével kapcsolatos kísérletek.*

Az új magyar vasbetonszabályzattal kapcsolatos elméleti megfontolásokat hazai kísérletekkel alátámasztani igen fontos törekvés. A szerző eme munkája és eddig közzétett munkái is igen jelentősek nemcsak azért, mert utat mutatnak az ilyen irányú kutatások helyes feldolgozására, hanem azért is, mert alapul szolgáltak az új vasbetonszabályzat kérdéseinek építő megvitatására.

A kísérletek hajlított tartókkal végzett kísérletekre és csavarási kísérletekre tagozódtak. A hajlított tartókkal végzett kísérletek tisztázni kívánták:

a) Hogyan alakul a tartók törőnyomatéka, az anyag szilárdságának figyelembevételével, a vasbetonszabályzat előírásai szerint számított *elméleti törőnyomatékhoz* és a szabályzatban megadott határfeszültségekkel és előírásokkal meghatározott határnyomatékhoz képest? Milyen módon befolyásolja a törőnyomatékok alakulását a tartók vasalásának erőssége?

b) A húzott vasbetéteknek mi a T-keresztmetszetben alkalmazható legnagyobb megnyírási mérték?

c) A zérus tengely határhelyzete, határvasalás.

d) A hajlított sík keresztmetszet törésig sík marad-e?

e) A tartók repedezettsége.

A feltett kérdésekre a választ 175 darab szabadon felfekvő kéttámaszú, különböző feszítési távolságú, négyszög és T-keresztmetszetű különböző vasalású tartó vizsgálatával és eredményeinek értékelésével kívánta szerző megadni. A repedéseket megfigyelték, mérték a tartóközép lehajlását, egyes tartóknál a középső szakaszon a nyomott betonszalák és a húzott vasszal magasságában a beton alakváltozásokat, a törőerőt, a húzott vasszal alakváltozását.

A szerző leszögezi, hogy a közölt kísérletek nem elégségesek általános érvényű következtetések levonására. Éppen ez a tény tette a szerző munkáját igen nehézé, mert a vitákon sok tisztázatlan kérdés vetődhetett fel. Nagy értéke ennek a munkának, hogy nem merül el apró részletekbe, hanem azt nyújtja, amit a bevezetőben ígér, képet ad a vasbetonszerkezetek méretezési szabványában foglalt egyes előírások megbízhatóságáról. Szerzőnek e kísérleti eredményekből levonva következtetésének fontosabb pontjai az alábbiak:

a) Hajlított tartók törőnyomatéka derékszögű négyszögkeresztmetszetek esetében gyenge vasalás mellett nagyobb a tartó elméleti törőnyomatékánál. A tényleges törőnyomaték annál nagyobb az elméleti törőnyomatéknál, minél gyengébb a vasalás. A tényleges és elméleti törőnyomaték  $\mu\beta = 30-45$  erősségű vasalásnál körülbelül egyenlő nagy. Ennél erősebb vasalásnál a tényleges törőnyomaték alakulása bizonytalanra válik, de az általában kisebb lesz az elméleti törőnyomatéknál.

T-keresztmetszetű tartóknál — melyeknél az  $x$ -tengely a törési állapotban a lemezbe esik — a tényleges törőnyomaték alakulása, ha a  $\mu$ -t csak a borda szélességével azonos szélességű és a tartó teljes magasságával egyenlő magasságú derékszögű négyszögkeresztmetszet figyelembevételével számítjuk, azonos lesz a derékszögű négyszögkeresztmetszetű tartókéval.

A törőnyomatékok alakulásának törvényszerűsége alapján nemcsak gazdasági, de biztonsági okokból is helyes, ha a derékszögű négyszögkeresztmetszetet és a szabvány szerint méretezett T-keresztmetszetet nem használjuk ki  $\xi_0$  értékéig, ha egyébként nem szükséges.

b) Helyes a méretezési szabványnak az az előírása, hogy T-keresztmetszetű tartók vasalásának legnagyobb mértékét erősen korlátozza, de a derékszögű négyszögkeresztmetszetekkel azonos biztonság érdekében a nem nagyszámú kísérleti eredmény alapján is helyesebb lenne a szabályzat előírását a következőkre módosítani:

Lemezes gerendában nem szabad több húzott vasbetétet figyelembe venni, mint amennyi a borda szélességével egyenlő szélességű és a tartó magasságával egyenlő magasságú derékszögű négyszögkeresztmetszetben teljes kihasználásakor szükséges.

c) Az erőtanilag derékszögű négyszögkeresztmetszetnek minősülő T-keresztmetszet nyomatékbírása alatta marad az azonos méretű, vasalású és anyagminőségű tényleges derékszögű négyszögkeresztmetszet nyomatékbírásának.

Hajlított tartók nyomatékbírása a vasalás erősségével lineárisan növekszik egészen a határvasalásig, amikor a beton és a vasbetét egyszerre jut a törési állapotba.

Erőtanilag derékszögű négyszögkeresztmetszetűnek minősülő T-keresztmetszetű tartók nyomatékbírásának növekedése a vasalás erősségének növekedésével kisebb méretű, mint a ténylegesen derékszögű négyszögkeresztmetszetű tartóké.

Derékszögű négyszögkeresztmetszetű hajlított tartók határvasalása körülbelül  $\mu\beta = 50$  értéknél adódik. A kísérletnek ez az eredménye igazolja a méretezési szabványnak  $\xi_0$ -ra megadott értékeit.

d) A tiszta hajlításra igénybevett, eredetileg sík keresztmetszet nyomott öve a kísérlet eredményei szerint egészen törésig sík marad.

e) Hajlított vasbetontartók húzott öve akkor reped meg, amikor a betonban a húzófeszültség eléri a beton hajlításból megállapított húzószilárdságát.

Vasbetontartók repedezettsége határt szab a vasbetétek kihasználtságának. Ha a repedezettség határhelyzetének az átlagosan 0,15—0,2 mm széles repedéseket tekintjük, 5500—6000 kg/cm<sup>2</sup> a folyási határnak az a felső értéke, amelynél nagyobb szilárdságú sima felületű betonacélok esetében közönséges vasbetonszerkezetben már nem használhatók ki. Ilyen nagy szilárdságú betonacélok is teljes kihasználás mellett csakis legalább B 400-as betonban alkalmazhatók megcsúszás veszélye nélkül.

A végzett kísérletek — amint látjuk — megkíséreltek néhány fontos kérdésre feleletet adni. Véleményünk szerint kiegszerű lenne a vasbetonszerkezetek méretezésének alapproblémáit további kísérletekkel is kiegészíteni. Kétségtelenül helyes törekvés a határvasalást a keresztmetszet alakjától függetleníteni, ennek megoldása azonban nem egyszerű kérdés. Erre a T-keresztmetszet vizsgálatát is figyelmeztetett. Éppen ezért a gazdaságosság érdekében megbízható módon rendezni kellene a vasalási erősség értelmezését, és tisztázni, hogy a határvasalás arányát a különböző keresztmetszetek esetén milyen betonfelületre vonatkoztassuk.

A közölt kísérletek a vasbetonszerkezetek repedezettségére és arra, hogy a hajlított keresztmetszet valóban sík marad-e, még egyelőre nem kielégítők. A szerző a feleletet csak a nyomott öbven végzett mérések alapján adja meg.

Az a véleményünk, hogy a kísérleteket ki kellene terjeszteni a beton rugalmassági modulusának és keresztirányú alakváltozásának, a képlékeny nyúlásnak stb. mérésére is.

A dolgozat második fejezete »Csavarási kísérletek«-kel foglalkozik. A kevés számú kísérlet célja volt tájékoztató feleletet adni az új szabvánnyal kapcsolatban arra, hogy a határfeszültségek nem kicsinyek-e, a szabványban ajánlott számítási mód szerint a határfeszültségekkel számított határ-csavarónyomaték hogyan viszonylik a csavarási kísérletek adta törőnyomatékhoz, s a csavarásra megvasalt betonhasábok teherbírása mennyivel nagyobb a vasalás nélküli hasábok teherbírásánál.

A kísérletek értékelése a szabványban foglalt egyes előírások valószínűen feltehető megbízhatóságáról adott képet. Igen értékes és úttörő munka ez. A kísérleteket feltétlenül szélesebb körben folytatni kell.

3. SZMODITS KÁZMÉR, a műszaki tudományok kandidátusa és RÓZSA MIHÁLY: *Az Építéstudományi Intézet feszültségoptikai kísérletei.*

A kísérletek célja volt a feszültségoptikai eljárások értékelési módszereinek továbbfejlesztése. A kipróbált anyagok közül a fenolformaldehid nem vált be, mert a kezdeti feszültségeket semmiképpen nem lehetett kiűzni, hő hatására elszíneződött. Celluloidot használtak, melynek kettőtörési tulajdonságai kedvezőtlenebbek, de a kezdeti feszültségek szempontjából nagyon jól viselkedik.

Az értékelő-eljárások továbbfejlesztésével kapcsolatos ötletek egytől-egyig szellemesek, eredetiek és megvalósíthatók azok is, melyeknek csak az elvét említik meg. Amint ismert, a feszültségoptikai mérés szalag (vagy egyéb) kompenzátor alkalmazásával megadja a főfeszültségek különbségét és hajlását. Mivel ez a feszültségállapot ismeretéhez nem elegendő, szükséges még más mennyiség, pl. kézenfekvően a  $\sigma_1 + \sigma_2$  kimutatására más módszert keresni. A következő módszereket dolgozták ki:

a) *Potenciálfelület előállítása a  $\Delta(\sigma_1 + \sigma_2) = 0$ -nak megfelelően.* A kerületi pontokban a főfeszültségek összege ismert. A belső pontokban adott kerületi értékek mellett a LAPLACE-egyenletnek megfelelően differenciaegyenletrendszer — legalábbis — numerikusan megoldható.

A potenciálfelület előállítható szappanhártyával és elektromos úton (pl. elektrolitikus tankban). Előállítható azonban a minimálfelület nem folytonosan is. Ha pl. zsinórhálót feszítünk ki, az jó közelítéssel megfelel a követelményeknek, a kerületi értékek megadhatók, s a közbülső ordináták mérhetők. Az eredmény amit  $\sigma_1 + \sigma_2$ -ra kaptunk, iterációval még finomítható.

b) *Deformációs állapot rögzítése egy pontban.* A modell egyes pontjainak feszültségállapotát úgy is meg lehet vizsgálni, hogy a pont környezetét egy benyomott éles gyűrűvel megszorítjuk, amivel az adott pontban a feszültség-alakváltozási állapotot rögzítettük. Maga a modell végtelen kiterjedésű síknak tekinthető, melynek egy pontjába szingularitást kényszerítettünk. Ez viszont megoldott feladat, úgyhogy a rögzített pont környezetében meghatározva két helyen  $\sigma_1 + \sigma_2$ -t, a rögzített pont keresett feszültségeit ki lehet számítani.

c) *Feszültség megállapítása izoklinek felhasználása nélkül.*

Mínt hogy a vastag nyalámban, elmosódottan jelentkező izoklinekkel nagyon nehéz párhuzamosan beállítani a kompenzátort, módszert dolgoztak ki ezen eljárás mellőzésének lehetővé tételére. Ezért nem a becsült irányban való beállással és kompenzációval végzik a mérést, hanem egyszeri próba után a kompenzátor forgatása mellett nézik, hogy nincs-e sötétebb képet adó állás, s viszont változtatják a szalagkompenzátor feszültségét. A kompenzátor-elfordulás végső helyzete meghatározza a főfeszültségek irányát.

d) *Módszer a nyírófeszültségek és különbségeik közvetlen meghatározására.*

A nyírófeszültségek a kompenzátor ügyes használatával vizsgálhatók. (A kompenzátort a tengely-szögfelezőbe állítják, s a legnagyobb elsőtedést adó kompenzátor-feszültség arányos lesz  $\tau_{xy}$  értékével.)

e) *Átvilágítás divergens fényvel, kéttengelyű feszültségállapotban levő kompenzátor használatával.*

Ha lencserendszer segítségével a divergens fényvel dolgozó ismert módszert a kompenzátorra is kiterjesztjük, a kompenzátor kéttengelyű feszültségállapotba hozható, s egyszerre kompenzálni lehet a kéttengelyű feszültségállapotban levő modellpont mindkét főfeszültségét. A teljes elsőtedés ez esetben azt jelenti, hogy a modell mindkét főfeszültsége megegyezik a kompenzátor főfeszültségeivel, pontosabban kimutatható, hogy a teljes elsőtedés akkor mutatkozik, ha a modell és kompenzátor főfeszültségei abszolút értékben megegyeznek, előjelük viszont különböző.

A végzett kísérletek célja — mint említettük — az adott eljárások csiszolása volt. Vizsgáltak koncentrált erőkkel terhelt köralakú tárcsát, koncentrált erőkkel terhelt négyszöget (utófeszített tartó) és különböző tartószerkezeteket. Igen újszerű és értékes gondolat az, hogy ha a modell pl. tiszta hajlításból eredő feszültségállapot alatt van, célszerű húzott szalag-kompensátor helyett hajlított kompenzátort alkalmazni, s ennek segítségével közvetlenül a feszültségi diagram adódik. Ugyanis a modellben az egyik főfeszültség ez esetben zérus. Sikerral végeztek minőségi vizsgálatot (főfeszültségi trajektória-hálózat szerkesztése).

Az összefoglalásban néhány konkrét példa során való alkalmazással mutatják be.

Az ismertetett értékelő eljárások továbbfejlesztése — e gyakorlat bonyolult feszültség-állapotának vizsgálatával kapcsolatban — értékes lehetőségeket tárt fel s eredményekre biztat.

4. FEIMER LÁSZLÓ, a műszaki tudományok kandidátusa: *Fémek merőleges és ferde szakadása.*

A közlemény szerves folytatása a szerző 1952-ben a M. Tud. Akadémia Műsz. Tud. Oszt. Közleményeiben közzétett: »A ferdeszakadás kérdése könnyűfém ötvözeteknél« c. munkájának. Ebben az értekezésében DR. GÁLLIK-kal hasonlóan a DUGUET-féle törési elméletet alkalmazza, párhuzamba állítva az eddigi, vasnál kapott eredményekkel.

Ebben az igen gondos összeállítású, összefogó képet adó közleményben szerző a merőleges szakadás kérdését vizsgálta. Acélra nézve az irodalomban rendelkezésre álló bőséges kísérleti anyagot megvizsgálta, kísérletekkel kiegészítette, könnyű fémekre nézve saját kísérleteit használta fel a következtetései levonására. A tanulmányt szerző halála után TANTÓ PÁL fejezte be. A szerző kísérletei acélra és vizsgált 3-féle alumíniumra (félnemes anticorrosional, nemes anticorrosional, hydronal). RUDELOFF és GÁLLIK eredményeinek megállapításai is meggyőzően igazolják az alábbiakban röviden összefoglalt értékes megállapításait és a szegecs- vagy csavarlyukakkal gyengített húzott rúd hasznos keresztmetszetének felvételére vonatkozó javaslatait.

a) *Acélszerkezeteknél*

A hasznos keresztmetszet a merőleges tengelyben:

$$F_m = (s - nD) v$$

ahol  $nD$  a merőleges tengelyben levő szegecslukak számának és átmérőjének szorzata.

A hasznos keresztmetszet a ferde (törtvonalú) tengelyben

$$F_f = F_{a+b} + F_c \psi_c$$

ahol  $F_{a+b}$  a szélső szegecslukak és lemezszélek közötti hasznos területet,  $F_c$  a ferde tengelyben levő lyukak közötti hasznos területet jelenti,  $\psi_c$  csökkentő tényező, melynek értéke  $\beta \leq 40^\circ$  esetében:  $\cos \beta$ ,  $\beta > 40^\circ$  esetében:  $0,80$ ,  $\beta$  a ferde lyuk sor tengelyével és az erő hatásvonalára merőleges tengellyel bezárt szög.

b) *Könnnyűfém szerkezeteknél*

A mértékadó keresztmetszet a merőleges tengelyben

$$F_m = (s - ND) v \psi_m$$

ahol a fenti jelöléseken kívül  $\psi_m$  a merőleges szakadáshoz tartozó csökkentő tényező:

$$\psi_m = 1 - 0,075 \left( \frac{z_2}{z_1} - 1 \right)$$

$z_2$  és  $z_1$  a szakadási laphoz tartozó szegecslukak távolsága a lemez széleitől, ahol  $z_2$  mindig a nagyobbik,  $z_1$  a kisebbik távolságot jelenti.

A mértékadó keresztmetszet a ferde (tört) tengelyben

$$F_f = F_{a+b} \psi_{a+b} + F_c \psi_c$$

ahol

$$\psi_{a+b} = \psi_m = 1 - 0,075 \left( \frac{z_2}{z_1} - 1 \right)$$

és  $\beta \leq 50^\circ$  esetében  $\psi_c = \cos \beta$ ,  $\beta > 50^\circ$  esetében  $\psi_c = 0,65$ .

A könnyűfémre vonatkozó eddigi eredményeket ez a tanulmány jelentős részében egészíti ki. A könnyűfémekre készült előírásokban ezek a vizsgálati eredmények jó alappal szolgálhatnak. Különösen megfontolandó a szerző már eddig és nem egyedüli — kísérletekre alapozott — véleménye, hogy a ferde felület nem teljesértékű.

Ha még figyelembe vesszük a könnyűfémek fokozottabb »rovásérzékenységét«, ez a kérdés gondos megfontolás tárgyát kell hogy képezze.

Az eddigi kísérletek az elmélettel egybevágó eredményeket adtak, azonban nyugodtan, végleges véleményt a könnyűfémek alkalmazásában csak a fáradás kérdéseinek tisztázása után fogunk tudni adni. Ezért okvetlenül célszerűnek és szükségesnek tartjuk a kísérletek folytatását egész könnyűfém-kapcsolatokra, de különösen a fáradás kérdéseire vonatkozólag.

# A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK TEVÉKENYSÉGÉBŐL

1955. július—december

## Az Osztályvezetőség munkája

Az Osztályvezetőség megvitatta a Műszaki Tudományok Osztálya feladatait a műszaki fejlesztés terén és azokat három fő pontba foglalta össze :

1. fejlesztés a már meglévő és továbbiakban létesítendő akadémiai műszaki kutatóintézetek, laboratóriumok útján ;
2. a Műszaki Tudományok Osztályához tartozó és ennek bizottsági rendszerében megszervezett műszaki-tudományos erők segítségével ;
3. a megszervezendő műszaki dokumentációs tájékoztató és konzultációs szolgálat útján.

Az Osztályvezetőség segítséget kívánt nyújtani a távlati népgazdasági fejlesztési tervek kidolgozásában is az Országos Tervhivatalnak olyan formában, hogy egy-egy akadémikust küldött be az egyes témák kidolgozása céljából létrehozott bizottságokba.

Felülvizsgálta az osztályvezetőségi intézőbizottságok (geo-csoport, építési és műszaki intézőbizottságok) eddigi munkáját és megállapítva, hogy ez a szervezési mód az osztályvezetőség munkájának lanygulásához vezetett, úgy határozott, hogy az osztályvezetőségi intézőbizottságokat megszünteti és ezek helyett sűrűbben tart osztály- vagy osztályvezetőségi üléseket.

Javaslatot fogadott el a Szovjetunió és a baráti államok tudományos akadémiai műszaki osztályai vezetőivel megtartandó konferencia rendezésére a következő célkitűzésekkel : kölcsönös tájékoztatás a műszaki tudományok osztályai munkájáról, a kutatás tervezéséről, a műszaki tudományok különböző területein folyó kutatásokról ; a lényegesebb témákat illetően a tudományos munkamegosztás és koordináció lehetőségeinek felderítése és erre vonatkozó javaslatok előkészítése ; tudományos konferenciák és kongresszusok összehívásának és programjának egyeztetése stb.

Felülbírálta az Osztály 1956. évi tudományos kutatási tervjavaslatát, az 1956. évi könyvkiadási tervet, a kiküldetési programot stb.

Az osztálytitkár megbeszélés-sorozatot folytatott a különböző szakterületek fő- és szakbizottsági elnökeivel, egyes esetekben az illetékes miniszterek

részvételével, a bizottságok 1956. évi feladatait illetően. A megbeszélések a minisztériumokkal szorosabb kapcsolatok létrejöttére vezettek.

## A BIZOTTSÁGOK MŰKÖDÉSE

### Földtan

*A Földtani Főbizottság* az Országos Földtani Főigazgatósággal egyetértésben koordinálta a földtani kutatásokat, meghatározta a kutatások fontossági sorrendjét és jóváhagyta a kutatásokra vonatkozóan kidolgozott előterjesztés-tervezetet.

Meghallgatta a Szegedi Tudományegyetem Földtani Tanszékének beszámolóját az 1955. évben folytatott kutatómunkáról. A beszámoló kiterjedt az Alföld negyedkori képződményeinek megismerésére irányuló kutatásokra is. A Főbizottság elismeréssel vette tudomásul, hogy a Tanszék munkájával messzemenően igazolta az 1952. évben megtartott Alföldi Kongresszuson tett elvi megállapításokat és előrevitte az Alföld megismerését.

A Főbizottság fontosnak tartja az alföldi geológiai kutatásoknak a hidrológiai kutatásokkal történő egyeztetését.

\*

A Földtani és a Műszaki Tudománytörténeti Főbizottságok PETÉNYI J. SALAMON halálának 100 éves fordulója alkalmából tartott emlékülésen KRETZÓI Miklós, a föld- és ásványtani tudományok doktora, TASNÁDI-KUBACSKA András kandidátus, továbbá VÉRTES László és JÁNOSSY Dénes tartottak előadásokat PETÉNYI munkásságának jelentőségéről.

\*

*A Geokémiai Albizottság* az Ércbányászati Igazgatóság felkérésére a helyszínen vizsgálta felül a Nagyörzsönyben folyó érc kutatásokat és az erre vonatkozó összefoglaló jelentések megvitatása után észrevételeit eljuttatta az Ércbányászati Igazgatóságnak. Meghallgatta a Szegedi Tudományegyetem Ásványkőzettani Intézete beszámolóját is.

### Geodézia

*A Geodéziai és Geofizikai Koordináló Bizottság* a gravitációs másodrendű hálózat feldolgozásának kérdésével foglalkozott. A bizottság magáévá tette azt



a javaslatot, hogy a geopotenciális értékek meghatározásának ellenőrzése céljából kísérleti mérések hajtandók végre.

\*

*A Geodéziai Főbizottság* beszámolót hallgatott meg a Geodéziai Kutató Laboratóriumn a csillagászati teodolitok libelláinak érzékenységi változását vizsgáló kutatásokról.

Foglalkozott a felsőrendű háromszögek oldalhosszának közvetlen mérése problémáival is. Készül a nagy távolságok közvetlen hossz mérésére szolgáló műszer prototípusa. Az új műszer alkalmazásának lehetőségeit TÁRCZY-HORNOCH Antal akadémikus publikációban ismerteti.

\*

### Geofizika

*A Geofizikai Főbizottság* a Bányászati Főbizottsággal tartott együttes ülésein szénkutatófúrások lyukszelvényezése kérdéseit vitatta meg.

Beszámolót hallgatott meg a radioaktív karottázs-vizsgálatok terén elért eredményekről. A radioaktív szelvény — a bemutatott példák szerint — bányászatok kóborárammal erősen zavart területein is jól pótolja a potenciálszelvényt és egyúttal egy újabb paraméter meghatározása révén megkönnyíti a harántolt rétegsorok megállapítását. E módszert eredményesen alkalmazták a bélésescovezett vízkutató fúrások víztároló rétegeinek meghatározásában is.

Foglalkozott az elektromos karottázs-vizsgálatok kérdésével, amely annál is inkább nagyjelentőségű, miután a karottázs-vizsgálatok alkalmazása a kőszentelepeknél a fúrások csökkentése révén gazdasági megtakarítást is eredményez.

\*

### Bányászat

*A Bányászati Főbizottság* beszámolót hallgatott meg »Mély és melegbányák bányaklimájának objektív mérésére vonatkozó vizsgálatok« c. kutatási témáról, amelynek a komlói mélybányászattal kapcsolatos problémák adtak alkalomszerűséget. A végzett vizsgálatok és a vonatkozó külföldi irodalom figyelembevételével kidolgozott javaslatok a komlói bányászat bányaklimájának megjavítására irányultak.

\*

*Az Érc- és Ásványbányászati Albizottság* »A hidrociklon elmélete« címen beszámolót hallgatott meg, mely a hidrociklonban végbemenő áramlási viszonyokat elemezte és olyan megállapításokra jutott, amelyek mind belföldi, mind külföldi viszonylatban általános érdeklődésre tarthatnak számot.

\*

*A Bányagépészeti Albizottság* a hazai anyagokból készíthető szénnyalú megalkotásával kapcsolatos feladatokat vizsgálta.

Meghallgatta a bányászatban alkalmazott sodronykötelek minőségi követelményei, a helyes alkalmazási feltételek rögzítése, a minőség és felhasználás körülményeinek megjavítása céljából folytatott kutatásokról szóló beszámolót.

*A Mélyfúrási és Olajbizottság* meghallgatta »Anyagszuszpenziók viszkozitásának és vízleadásának a fúrási üzemviszonyok mellett történő vizsgálata«, további »Földgázok mikrokromatográfiai módszerrel történő vizsgálata« tárgyú beszámolókat, amelyek a zalai olajmezőkön végzett kutatási eredményekre vonatkoztak és mind elméleti, mind gyakorlati szempontból fontos megállapításokat tartalmaztak.

### Hidrológia

*A Hidrológiai és Vízgazdálkodási Főbizottság* a radioaktív izotópok ipari területen történő alkalmazásával kapcsolatban javasolta szűkebb munkabizottság életre hívását, amely foglalkoznék a radioaktív izotópok vízszennyezése, a szennyeződés mértékének csökkentése, a megmaradó salakok káros hatása elleni védekezés stb. kérdéseivel.

Foglalkozott a felszínközeli talajvíztérkép kiadásának kérdésével és a még hiányzó területrészt felvételének befejezése feltételeivel.

\*

A Hidrológiai Főbizottság az Országos Vízügyi Főigazgatósággal és a Magyar Hidrológiai Társasággal együtt háromnapos *Vízrajzi Kongresszust* rendezett a Duna-medence vízügyi problémáinak megvitatására. A Kongresszuson, amely egyben a hazai vízrajzi szolgálat 70 éves fordulóját is ünnepelte, 13 külföldi szakember vett részt. Az elhangzott előadások közül különösen jelentősek voltak a hordalékmozgásról és mederalakulásról, az árvízhozamok számításáról, árvíz előrejelzésről, a radioaktív izotópok hidrológiai alkalmazásáról és a hidrometria kérdéseiről szóló ismertetések. A Kongresszus több javaslatot dolgozott ki a Duna csehszlovák—magyar szakaszán a meder görgetett hordalékkal való feltöltődésének megakadályozására, elosztására és csökken-

tésére, továbbá nemzetközi jellegű rendszeres tudományos együttműködés megvalósítására a Duna-medence államainak vízrajzi intézetei között.

\*

### Energetika

*A Villamos Bizottság* a szigetelések méretezésével kapcsolatban a határ-felületeken mutatkozó kisülések kérdésével foglalkozott. A villamosgépek és készülékek gazdaságos méretezésének mind hazai, mind külföldi vonatkozásban egyik legégetőbb kérdése a szigetelés megfelelő kiválasztása. A Bizottság megjelölte, hogy milyen irányban kell a további vizsgálatokat folytatni és egyben felkérte a két illetékes kutatóintézetet, hogy nyújtsanak segítséget az egyelőre még elvi jelentőségű kísérletek elvégzéséhez.

A Bizottság a megszakítók szükségvizsgálata tárgyában javaslatot tett a megszakítók külföldön és hazai hálózati próbaállomásokon történő vizsgálatára, továbbá részletes irányelveket dolgozott ki a gyártásközbeni ellenőrzésre.

\*

Az energetikai szakterület bizottsági elnökei és az érdekelt minisztériumok képviselői között folytatott tárgyalás eredményeképpen a Vegyipari- és Energiaügyi Minisztérium konkrét személyi és dologi segítséget ajánlott fel az energiagazdálkodás távlati keretvéneke kidolgozására. A VEM emellett kérte több energiagazdasági szempontból fontos gyakorlati kérdés elvi megvizsgálását is. Ezzel kapcsolatban szorosabb együttműködés jön létre az Akadémia és a minisztérium között.

\*

### Kohászat

*A Vaskohászati Főbizottság* a Lenin Kohászati Művekben tartott ülésen, a helyszínen meghallgatta hazai acélgyártásunk jövőbeni módszereinek kifejlesztésével kapcsolatos eddigi tapasztalatokat. A Főbizottság a további munkálatokhoz tanácsot és útmutatást adott.

Meghallgatta a Miskolci Vaskohászati Tanszék beszámolóját a nagyolvasztó salak magnéziumoxid tartalmának hatásáról az acélgyártási-nyersvas és ferromangán gyártásakor tapasztalt mangánkihozatalra, valamint több más téma-beszámolót is.

Foglalkozott a Miskolci Metallográfiai Tanszéken folyó kutatásokkal, különösen az acélok edzhetőségével kapcsolatban végzett munkával.

\*

*A Kohógépészeti Albizottság* a villamos hengersonvonó-gépek specifikációs rendszerével, a gyártás gazdaságosságának vizsgálatára vonatkozó üzemi mérésekkel, a mérések módszereivel, munkamenetével és jelentőségével foglalkozott.

Elemezte a villamos-hengerson hajtásokkal kapcsolatos problémákat. Létrehozott témabizottságának tagjai megoldották egy egyenáramú gép elkészítésével a rototroll hazai előállítását, ami új nagy lehetőségeket nyit meg az erősítőgépek hazai alkalmazása terén.

\*

*Az Acélfélgégyártmány Albizottság* beszámolót hallgatott meg az alakos vasak korszerű üregezésével foglalkozó irodalom feldolgozásáról, továbbá a folytatólagos félabroncs-sorok üregezési problémáiról. Foglalkozott továbbá a széles szalagban hengerelt lemezek tulajdonságaival és a jelenlegi berendezéssel gyártható szalagok vizsgálatával.

\*

*A Képlékeny Alakítás Főbizottság* ülésén GELEJI Sándor akadémikus beszámolt a Képlékeny Alakítási Tanszék 1955. évi munkájáról. A Tanszék munkájának eredményei részint publikációkban, részint az 1955. évi Nagygyűlésen, és a Könnyűfém Kongresszuson kerültek ismertetésre. A Főbizottság a Tanszék külföldön is ismert munkásságának ez évi eredményeit nagy elismeréssel vette tudomásul.

\*

*A Fémfélgégyártmány Albizottság* a rézalapú hulladékok feldolgozásával kapcsolatos, az ipar részére rövid idő alatt megvalósítható javaslatokkal foglalkozott. Tárgyalta továbbá egyes híradástechnikai anyagok (forrasztóhuzalok, porkohászati lágyvasmágnesek, mangánin, izabellin és novokonstantán) gyártástechnológiai kérdéseit.

\*

*A Különleges Fémek Albizottságában* GILLEMOT László lev. tag beszámolt azokról az eredményes kutatásokról, amelyek a hazai nyersanyagbázison nyugvó fémtitányártás megteremtését előkészítették. Ismertette a reaktorok szerkezeti megoldására irányuló kísérleteket, a titánszivacs elválasztását a melléktermékektől, a porkohászati úton történő feldolgozást, a titán hőkezelését és a titán hulladékok és melléktermékek hasznosítására irányuló kísérleteket. Nagy nehézséget jelent még az olvasztókemence hiánya, amelyet

importnehézségek miatt előreláthatóan hazai eszközökkel kell majd elkészíteni. Hangsúlyozta, hogy miután a Fémipari Kutató Intézetben működő kísérleti üzem kipróbálása is megtörtént, a témára vonatkozó laboratóriumi kísérleteket befejezetteknek tekinti. Az Albizottság a beszámolót elismerően tudomásul vette.

Megvizsgálta továbbá a hazai ásványok germánium- és indium-tartalmának kutatásával kapcsolatos helyzetet és az ezen különleges anyagokkal való további vizsgálatokat, beiktatta 1956. évi munkatervébe.

\*

*A Bauxit Albizottság* a timföldgyári műszerezés és az automatizálás helyes irányelveinek kialakításával foglalkozott. Javasolta a vanádiumsó leválasztásának vizsgálatát a nedvesőrléssel kapcsolatban.

Az Albizottság a vaskohászokkal együttesen foglalkozott a vörösiszap vaskohászati felhasználásának kérdésével.

Egy bemutatott tanulmány az elvégzett kísérletek alapján a vörösiszap ülepedés meggyorsításának körülményeit ismertette. A Bizottság felhívta az Alumínium Iparigazgatóság figyelmét a javaslat ipari kipróbálásának szükségességére.

Beszámolót hallgatott meg az Elektrokémiai Tanszék vanádiumkutató csoportjának munkájáról. A beszámoló kiterjedt a vanádium-nyersanyag kataszterére, az olajhamu vanádiumtartalmának megállapítására, vegytiszta vanádiumsók előállítására és még néhány terven felüli témával folytatott kísérletre.

\*

*A Színesfémkohászati Albizottság* az ólomhulladékok feldolgozásának vizsgálatával foglalkozott. A Bizottság szükségesnek tartja a Fémipari Kutató Intézetben az ólomércék korszerű feldolgozása céljából megfelelő módszer kidolgozását. Szükséges továbbá az ólom-kutatásokba a Miskolci Fémkohászati Tanszék bevonása is.

Felülbírált a Miskolci Fémkohászati Tanszék zárójelentéseit *a)* az úrkúti karbonátos mangánércből elektrolízishez vihető tisztaságú manganoszulfátos oldat előállítása és *b)* elektrolízishez vihető tisztaságú manganoszulfátos oldat előállítása az úrkúti hidrociklonból származó meddőből tárgyú témákról. Az Albizottság a jelentések eredményeit igen értékesnek minősítette és a jelentéseket elfogadta. A kutatási eredmények alapján a Kohó- és Gépipari Minisztérium Vaskohászati Igazgatósága anyagilag támogatja a fémmangán előállítására irányuló további kutatásokat és intézkedéseket tesz kísérleti üzem felállítására is.

A Tanszék az 1955. év folyamán foglalkozott az elektrolit mangán előállítása, a bauxitok néhány fizikai tulajdonsága (redukálhatóság, feltárhatóság és ülepedőképeség) vizsgálatával is.

*Az Elektrometallurgiai Albizottság* a Fémipari Kutató Intézet elektrometallurgiai Osztálya munkáját vizsgálta meg. Tárgyalta az alumíniumkohók salakjának üzemszerű feldolgozását, a kriolitsó olvadékfürdők kristályoptikai vizsgálatát és a kohóalumínium bóros kezelésénél kapott eddigi tapasztalatokat.

\*

A Fémkohászati Főbizottság és a Képlékeny Alakítási Főbizottság *Könnyű-fémipari Kongresszust* rendezett, amely a timföld és alumíniumkohászat, a titán- és magnéziumkohászat, az alumínium félgyártmányok és készgyártmányok technológiája kérdéseivel foglalkozott. A Kongresszuson 12 magyar előadáson kívül kilenc külföldi előadás is elhangzott. A Kongresszushoz csatlakozóan a Fémipari Kutató Intézet alumíniumkiállítást rendezett, amely a 20 éves magyar alumíniumipar történetét nemcsak adatok és diagramok, de gyártmányok kiállításával is bemutatta. Az akadémiai előadások kiegészítését szolgálták továbbá azok a magyar alumíniumipar egyes eredményeit ismertető előadások, amelyeket a MTESZ-ben, illetve a Bányászati és Kohászati Egyesületben tartottak meg.

### Gépészet

*A Gépészeti Főbizottság* »Az indukciós melegítés alkalmazásának jelenlegi helyzetéről gépiparunkban« c. témáról hallgatott meg beszámolót. A beszámoló rámutatott arra is, hogy a hazánkban nyilvántartott nagy frekvenciás edzőberendezések kapacitását alig 27%-ban használjuk ki, holott annak szélesebb elterjesztése évente sokmillió megtagarítást jelentene. Az indukciós edzés, és melegítés úgyszólván egész gépgyártásunkat (autó- és traktoripar, mezőgazdasági gépgyártás, kézi szerszámgyártás, villamos- és tömegcikkipar) egyaránt érinti. A tanulmány összefoglalásul hét pontba foglalt javaslatot tartalmazott az indukciós melegítés kiterjesztését elősegítő intézkedésekre.

A Főbizottság megvitatta az Áramlástechnikai Szakbizottság jelentését a hidraulikus hajtás kutatási és gyártási helyzetéről. Felkérte az Áramlástan, Belsőégésű Gépek és Közlekedési Albizottságokat, hogy e tárgyban megtartandó vitaülések kapcsán tegyenek konkrét javaslatokat a további teendőkre.

Foglalkozott a Vegyigépészeti Szakbizottság jelentésével a vegyigépészet helyzetéről. A jelentés a fő hibákat a felhasználásra kerülő anyagok meg nem felelő minőségében és az alkalmazott gyártási módszerek elmaradottságában látja. Különösen sok nehézséget okoz a hegesztési módszerek elmaradottsága. Vita után a Főbizottság a jelentést a javaslatok átdolgozása céljából visszadta a szakbizottságnak.

Megvitatta a turbófeltöltők hazai gyártására irányuló kísérletek helyzetét és az akadémiai *Kombájn Célbizottság* 1955. évi munkájáról szóló beszámolót.

A Főbizottság a Célbizottság magas színvonalú tudományos munkáját elismerőleg vette tudomásul.

Foglalkozott a Repülőgépek Hajtóművek Tanszék beszámolójával is. A Tanszék jelentős eredményeket ért el a gázturbina égőtér vizsgálataiban során, amivel lehetőséget teremtett a gázturbina kutatás félüzemi kísérleteinek megkezdéséhez.

\*

Az *Áramlástan* Albizottság megvizsgálta a Budapesti Műszaki Egyetem Vízgépek Tanszéke jelentését a MÁVAG Prototípus Szerkesztő Irodában szerkesztett H 75 és F 65 egylépcsős szivattyú-prototípus laboratóriumi vizsgálatáról. A jelentés kiemeli azt a tényt, hogy a szivattyú-szerkesztők világviszonylatban is kiváló munkát végeztek, de ugyanakkor a gyár a prototípus gyártásánál nem járt el a kellő gondossággal, ami komoly nehézségekre vezetett. Az Albizottság felhívta a Kohó- és Gépipari Minisztérium, valamint a Tervhivatal figyelmét a szivattyúk kellő hatásfokát biztosító gyártástechnológiai feltételek biztosítására.

Foglalkozott az Áramlástan Tanszék munkájával is és megállapította, hogy a Tanszék csekély létszáma és anyagi lehetőségei ellenére is eredményesen működik.

Az Albizottság a külkereskedelem és az ipar képviselőinek részvételével kibővített ülésen vitatta meg a vízgépészet problémáit. Vitabevezető előadás-ként MOSONYI Emil lev. tag a vízgépgyártás fejlesztését a következőkben határozta meg: az elméleti és kísérleti kutatómunka erőteljesebb megindítása; a vízgépszerkesztés fejlesztése, korszerű típusok gyorsabbütemű kidolgozása; a vízgépgyártás minőségi feltételeinek biztosítása. Számadatokkal indokolta belföldi viszonylatban a fejlesztés szükségességét, valamint a külföldi megrendelők jelentős igényeit. Sajnálkozással mutatott rá, hogy az 1953-ban megtartott Vízgépészeti Ankét határozatai — amelyek alkalmosságuk miatt most a legnagyobb határozottsággal felmerült — annakidején nem találtak kedvező fogadtatásra illetékes szerveinknél. Hangoztatta azt az általános véleményt, hogy a vízenergia hasznosítása az atomenergia távlati lehetőségei ellenére is még évtizedekig világszerte elsőrendű fontosságú marad. Az Albizottság emlékiratot készített a vízgépgyártás fejlesztésének szükségességéről, melyet eljuttatott illetékes szerveinkhez. Az emlékirat elkészítésében közreműködött a Kohó- és Gépipari Minisztérium Műszaki Főosztálya is.

A Földművelésügyi Minisztérium megkeresésére foglalkozott a korszerű öntözberendezések gépi problémáival és a szükséges motor megszerkesztésére a Budapesti Műszaki Egyetem Gázgépek és Autóautó Tanszéke segítségének igénybevételét javasolta.

\*

*A Gépgyártástechnológiai Albizottság* meghallgatta a Gépipari Technológiai Intézet beszámolóját a főforgácsoló erő és a forgácsolási teljesítmény egyszerűsített meghatározására kidolgozott eljárásról, amelynek felhasználásával  $\pm 15\%$ -os eltéréssel gyakorlatilag igen jól alkalmazható adatok kaphatók.

Megvizsgálta a Miskolci Mechanikai—Technológia II. Tanszéken a forgácsolás elméletével kapcsolatos kutatási eredményekről szóló beszámolót.

\*

*A Belsőégésű Gépek Albizottsága* beszámolót hallgatott meg a Közlekedés- és Postaügyi Minisztériumnak a gépjárművek műszaki fejlesztésére vonatkozó terveiről, amelyek megvalósításához a Minisztérium az Akadémia és az ipar segítségét kérte. A Bizottság ankétot hív össze a megoldandó kutatási, szerkesztési és gyártási feladatok meghatározására.

Az Autóközlekedési Tudományos Kutató Intézetben meghallgatta PROHÁSZKA László igazgató beszámolóját a »Diesel-motor égéstér vizsgálata« c. témában elért eddigi eredményekről. A kísérletek a GANZ—JENDRASSIK-féle motorok égésterének a Csepel—Diesel-motorokban történő alkalmazására irányulnak. A fő cél a fajlagos üzemanyagfogyasztás csökkentése.

\*

*A Szerszámgép Albizottság* a Szerszámgépfejlesztő Intézet 1955. évi munkájának bűlátásával foglalkozott. Megállapította, hogy az Intézet jelenlegi körülményei között nem felel meg a rendkívül fontos gyártási ág igényeinek, bár kétségtelen, hogy az utóbbi időben bizonyos javulás mutatkozott munkájában. A Bizottság részletes javaslatokat dolgozott ki az Intézet munkájának megjavítására.

\*

*Az Aviatikai Albizottság* ellenőrizte a Repülőgépek Tanszéke 1955. évi tudományos tevékenységét, amely kiterjedt az aeroelasztikus jelenségek vizsgálatára, vitorlázó repülőgépek teljesítmény mérésére, stabilitás-vizsgálatokra stb. A Bizottság megállapította, hogy a végzett munka sok eredetiséget és nagyfokú önállóságot mutat és javasolta az eredmények hazai és külföldi publikálását.

Meghallgatta az áramlástanai gépek szárnyrácsainak elméleti és kísérleti vizsgálatait ismertető beszámolót. Miután a problémák megoldása alapfeltételét jelenti a hazai gázturbinagyártás kifejlesztésének, a Bizottság szükségesnek tartja a téma fokozottabb anyagi támogatását.

\*



*A Gépészeti Főbizottság* Miskolcon tartott felolvasó ülésén BORBÉLY Samu lev. tag »Hőkezelésnél fellépő hőkicserélődés matematikai és kísérleti meghatározásáról« c. előadásában a Matematikai és Mechanikai Technológia I. Tanszékeken folyó elméleti és kísérleti kutatások eredményeiről számolt be.

Ugyanezen az ülésen ZORKÓCZY Béla kandidátus is ismertette az I. Mechanikai Technológiai Tanszéken az élfelrakó hegesztés terén folyó kutatómunka legújabb eredményeit.

\*

BALOGH Arthur »Torziós lengések önlengésszámának kiszámítása új eljárás alapján a grafikus módszer felhasználásával« című előadásában felolvasóülésein ismertette eredményeit.

\*

### Híradástechnika

*A Híradástechnikai Főbizottság* egy kisebb csoportja a Közlekedés- és Postaügyi Minisztérium felkérésére látogatást tett a Posta Kísérleti Intézetben. Megállapította, hogy a híradástechnika területén hiányzik a tudományos kutatás megfelelő koordinálása. Az Intézet tematikáját a Bizottság külön ülésen fogja megvitatni. Az Intézet elsősorban a koordinálási kérdések megoldását várja az Akadémiától.

\*

A Vezetékes Híradástechnikai Tanszék akadémiai témaként megtervezi és kivitelezi egy jelfogókkal működő számológép elkészítését, amely aránylag egyszerű eszközökkel nagy teljesítőképességet fog elérni.

\*

*A Vákuumtechnikai Albizottság* a Különleges Fémek Albizottságának megkeresésére meghatározta azokat, a vákuumtechnikai ipar szempontjából szükséges ötvözeteket, amelyek kidolgozására elsősorban van szükség. Ezek: katód célokra szolgáló wolfram-tartalmú színesfém nikkelt ötvözetek; »GFHC« vákuumban olvasztott kis gáztartalmú réz; vákuumsövek szerkezeti anyagaként használható titánfém kidolgozása. Az ötvözetek specifikációit a Bizottság egyes felkért tagjai dolgozzák ki.

Az Albizottság meghatározta azokat a szempontokat is, amelyek figyelembevételével a kutatóintézetek zárójelentéseinek értékelése történik.

\*

### Méréstechnika és Műszerügy

*A Méréstechnikai és Műszerügyi Főbizottság* felülvizsgálta a Műszeripari Kutató Intézet, az MTA Méréstechnikai és Műszerügyi Intézete 1956. évi munkatervét, valamint a második öt éves tervidőszakra eső tudományos terveket.

Jelentést készít a hazai műszerkutatás helyzetéről és javaslatot dolgoz ki a magyar műszeripar korszerű színvonalon tartása és fejlesztése céljából.

\*

*A Mechanikai Technológiai Mérések Albizottsága* látogatást tett az Anyagvizsgáló Készülékek Gyárában, ahol megtekintette a gyár új műszertípusait és számos észrevételt tett a gyár fejlesztési programjával kapcsolatban, amelyeket a gyár figyelembe vett.

Megvizsgálta a Gépgyártástechnológiai Tanszéken készülő 10 tonnás hidraulikus szakító gép prototípusát és a gép tervezői számára meghatározta azokat a tényezőket, amelyekkel az anyagvizsgálat szempontjából hasznos gépet korszerűbbé és a gyakorlat számára megbízhatóbbá tudják tenni.

\*

*Az Erősáramú Mérések Albizottsága* A Gödöllői Árammérő Gyárban tett látogatást, ahol megvitatta a Ganz-árammérő hitelesítésével kapcsolatos kérdéseket.

Ellenőrizte a Műszeripari Kutató Intézet újpesti laboratóriumában a műszerek mechanikai állékonyság és klíma-vizsgálataira vonatkozó kutatásokat és javasolta a kutatásoknak különleges klimatikus és mechanikai viszonyok vizsgálatára történő kiterjesztését.

Meghallgatta a »Villamos szilárdság mérések« c. témával kapcsolatos beszámolót és javasolta a szilárd szigetelőanyagok minőségi mutatóira vonatkozó vizsgálati statisztikai mérések alkalmazását.

\*

*A Fiziko-Kémiai Mérések Albizottsága* az Elektronikus Mérőműszerek Gyárában készült  $p_H$ -műszer kérdésével foglalkozott és felhívta a Kohó- és

Gépipari Minisztérium figyelmét arra, hogy a műszer vibrátor-megoldását a további eredményes gyártáshoz meg kell javítani.

Foglalkozott a műszeres elektrokémiai mérések helyzetével, továbbá a hazai műszerfejlesztés feladatainak megállapításával.

\*

*Az Optikai Mérések Albizottsága* a második ötéves terv szempontjainak figyelembevételével meghatározta az alkalmazott optikai kutatás irányait. A távlati kutatások felölelik a geodéziai műszerek, mikroszkópia, komplex laboratóriumi műszerek, új optikai rendszerek lehetőségei, elektronoptika stb. területeit.

\*

*A Hőtechnikai Mérések Albizottsága* a szintmérés hőtechnikai szempontból fontos kérdéseivel foglalkozott, tárgyalta a kaloriméter-bombában keletkező maximális hőmérsékletre és nyomásra vonatkozó kutatások eredményeit és javaslatot dolgozott ki a kaloriméter-bombában történő vizsgálatok szabványának kiegészítésére.

Foglalkozott az önműködő titriméter kérdéseivel, továbbá a Műszeripari Kutató Intézetben kidolgozandó, hővezetési CO<sub>2</sub>-gázelemző készülék üzemi próbáinak eredményeivel. A Bizottság mindkét készülék konstrukciójára vonatkozó módosító javaslatokat tett.

\*

1955. nov. 28-tól dec. 1-ig Budapesten ülésezett az *Anyagvizsgálók Nemzetközi Bizottsága*. Az ülésen résztvevett országok — Szovjetunió, Csehszlovákia, Lengyelország, Románia, Bulgária és Magyarország — megállapodtak az anyagvizsgálati kérdések területén rendszeres és közvetlen tudományos együttműködésben, évkönyv kiadásában, információ és dokumentáció cserében, továbbá évenként anyagvizsgáló nemzetközi kongresszusok megtartásában. A Bizottság működése kiterjed a roncsolásos és a roncsolásmentes anyagvizsgálat, továbbá az anyagszerkezeti vizsgálatok területére.

### Automatizálás

*Az Automatizálási Főbizottság* foglalkozott a nem villamos mennyiségek villamos úton történő mérésének és átvitelének kérdésével.

Meghallgatta a KOVÁCS K. Pál lev. tag vezetése alatt működő Automatika Kutató Laboratórium munkájáról szóló beszámolót, amely tájékoztatást

adott a laboratóriumban folyó automatika modellkészítési és feszültségszabályozási munka állásáról, az ipar részére megoldott automatizálási feladatokról, valamint a végzett munka eredményei tartalmazó tudományos publikációkról.

\*

*A Villamos Automatizálási Albizottság* meghallgatta az *Automatika Kutató Laboratórium* beszámolóját a Szentendrei Papírgyár számára készített együttfutás szabályozási modellről, amelynek megoldásában a Laboratórium több, eddig a külföldi irodalomban sem ismertetett módszert alkalmazott.

\*

*A Hőtechnikai Automatizálási Albizottság* az automatika elméleti állandók megállapításával kapcsolatban a kazán szabályozások kérdésével foglalkozott.

\*

*A Mechanikai Automatizálási Albizottság* beszámolót hallgatott meg a csepeli papírgyár gőztároló szabályozó berendezésének üzembehelyezéséről, és javaslatot dolgozott ki a használaton kívüli automatikák üzembehelyezését elősegítő intézkedésekre.

\*

*A Telemechanikai Automatizálási Albizottság* a pneumatikus távmérés elemei c. témával foglalkozott. Az erről szóló beszámoló az erőkompenzációs mérés használhatósága és üzembiztonsága területére is kiterjedt.

### Közlekedés

*A Közlekedéstudományi Főbizottság* az egységes hazai közlekedéspolitikai kifejtésének kérdésével foglalkozott. A vasúti vontatás fejlesztésére vonatkozó tanulmányban, a jelenlegi helyzet ismertetése mellett, javaslat-tervezetet dolgozott ki a fejlesztés főbb irányaira vonatkozóan.

\*

*A Vasúti Közlekedési Albizottság* megvitatta a mozdonykazanok rostélyszerkezetének a hazai szerek figyelembevételével történő célszerű kialakításával foglalkozó tanulmányt.

Meghallgatta a »Vasbeton aljzatokkal szemben támasztott követelmények önműködő, elektromos, térközbiztosítású vonalakon« c. beszámolót, valamint a csapágykiképzéssel foglalkozó »A vasúti járműcsapágyak kialakításának irányelvei a hidrodinamikai elmélet alapján« c. tanulmányt.

Megvizsgálta a »Talpfák felületi tartósítása műgyanta bevonattal« c. témában a vasúti talpfák tartósítása terén elért újabb eredményeket és beszámolót dolgozott ki a közlekedési eszközök koordinációja kérdéséről.

\*

*A Városi és Közúti Közlekedési Albizottság* megvitatta a városi csúcsforgalmi nehézségek csökkentése kérdésének tanulmányozásával megbízott munkabizottság zárójelentését, és az ennek alapján készült javaslatokat megküldötte az érdekelt főhatóságoknak.

### Építéstudomány

*Az Építéstudományi Főbizottság* megvitatta a mezőgazdasági építéssel időszerű kérdéseit és meghatározta az ezzel kapcsolatban végrehajtandó feladatokat.

Referátumot hallgatott meg »Helyi építőanyagok felhasználása és gazdasági jelentősége a hazai építészetben« c. témáról, amelynek a lakó és ipari épületek gazdaságosabb tervezésénél és kivitelezésénél van jelentősége.

\*

*A Mérnöki Létesítmények Bizottsága* előterjesztést dolgozott ki a csővezetékek technológiájának fejlesztése és méretezése feladataival kapcsolatban. Az előterjesztést, amely a hazai gyakorlat megjavítására is tartalmaz javaslatokat, illetékes szerveknek megküldöttük.

\*

*A Talajmechanikai és Alapozási Albizottság* a hazai tudományos kutatás jövőbeni feladatainak meghatározásával foglalkozott.

\*

*Az Épületgépészeti Albizottság* a lakóház-építés gazdaságos tervezésével és építésével kapcsolatban a forróvíz távfűtés megvalósítása kérdéseit vitatta meg.

\*

Az Építéstudományi Főbizottság október hónapban *Építési Kongresszust* rendezett, amely két tagozatban — talajmechanikai és tartószerkezeti — tartotta előadásait. A hazai összesen 14 előadáson kívül több előadást tartottak a Kongresszusra érkezett külföldi szakemberek is. Mindkét tagozaton az előadások színvonala igen magas volt. A Kongresszuson jól szerepeltek a tudományág fiatalabb művelői is.

\*

Az Építési Kongresszus alkalmából hazánkban tartózkodott V. Z. VLASZOV, a Szovjetunió Tudományos Akadémiájának lev. tagja »A peremfüggvények módszerének alkalmazása a rugalmasságtan feladataiban és a vastag héjak elmélete« címen felolvasóülést tartott.

### Építőanyagtudomány

Az *Építőanyagtudományi Főbizottság* »Az építőipar hazai nyersanyag-bázisának kiszélesítésére irányuló kutatások« címen beszámolót hallgatott meg az új kaolinit-előfordulásokról, majd megvitatta a durvakeramiai szárítás elméleti és gyakorlati fejlődése kérdéseit.

\*

A *Kötőanyag Albizottság* az »Őrlési műveletek energiaszükségletének csökkentése« címen beszámolót hallgatott meg, amely új számítási módszert ismertetett a rezgő- és golyósmalmok üzemeltetésénél szükséges energiamennyiség csökkentésére.

\*

A *Tűzállóanyagipari Albizottság* előtt VERESS Zoltán számolt be a »Tűzállóanyagok korróziója üvegipari kemencékben« c. témáról, melynek keretében a gyakorlatban könnyen hasznosítható kutatási eredmények sorozatát ismertette.

\*

A *Bentonit Albizottság* a *Vegyésásványbányászati Albizottsággal* tartott együttes ülésén a bentonit vizsgálata és felhasználása területén fennálló hiányosságokkal, valamint a szükséges műszaki intézkedések meghatározásával foglalkozott.

Az Albizottság kibővített ülésen vitatta meg a bányászás, szárítás, őrlés stb. problémái mellett a montmorillonit-tartalom meghatározás helyes módszerének kérdéseit.

\*

Az Üvegtudományi Albizottság látogatást tett az Építőanyagipari Központi Kutató Intézet üveg-részlegében, ahol beszámolót hallgatott meg a szulfát-vízüveg gyártási módszere, az aknakemencék hővisszanyerése, a televíziós képtányérok üvegeinek előállítása stb. témákban elért kísérleti eredményekről.

\*

Az Építőanyagtudományi Főbizottság a Műszaki és Természettudományos Egyesületek Szövetségével közös rendezésben tartotta meg az *Építőipari Kutatók III. Konferenciáját*, amely az új technikával és a tudományos kutatás jelentőségével az építőanyagiparban továbbá kötőanyag, kerámia és üveg kérdésekkel foglalkozott.

\*

### Építésztörténettudomány

Az *Építésztörténeti és Elméleti Főbizottság* megvitatta az 1955. évben megjelent építésztörténeti és elméleti szakkönyv- és folyóiratkiadás kérdését.

### Településtudomány

A *Településtudományi Főbizottság* az egész országra kiterjedő település- és városrendezés alapját képező regionális tervezés kérdéseivel foglalkozott és erre vonatkozó részletes tervezetét illetékes szerveknek megküldötte.

### Könnnyűipar

A *Könnnyűipari Főbizottság* ellenőrző látogatást tett a Budapesti Műszaki Egyetem Szerves Kémiai Technológiai Tanszékén, ahol meghallgatta a »Salétromossav hatása gyapjúra« c. témában elért eredményekről szóló beszámolót.

Meglátogatta a soproni Erdőmérnöki Főiskola Fatechnológiai Tanszékét, valamint az Erdőhasználati Tanszékét és megvitatta a 10 éves fakutatási terv keretében folyó kísérletekről szóló beszámolókat.

Az Alkalmazott Növénytani és Szövetfejlődéstani Tanszéken tett látogatás során az ott folyó nyárfa- és szalma-vizsgálatokkal kapcsolatos kutatómunkáról a Főbizottság megállapította, hogy az nem elégíti ki a hozzá fűzött várakozásokat.

\*

*A Műbőr Albizottság* »A kötőanyagok elméleti és gyakorlati alkalmazása a rostműbőr iparban« címen beszámolót hallgatott meg a kötőanyagok felhasználásával kapcsolatos legújabb eredményekről.

Foglalkozott az »Aktív fehér töltőanyagok a gumiiparban« c. témával kapcsolatban a hazai előállítás kérdésével.

»Mikrocelluláris gumitalp« — Ankétot rendezett, melynek feladata volt a hazai mikrocelluláris gumi előállítása körülményeinek tisztázása.

\*

*A Bőripari Albizottság* beszámolót hallgatott meg »Szintetikus zsírozóanyagok a bőriparban« c. témáról.

A Mezőgazdasági Tudományok Osztályával együttesen »Cserszömörce Ankétot« rendezett a cserszömörce hazai felhasználásának elősegítésére, a telepítés helyes megszervezésére stb. Az Ankéton meghatározták a kísérleti munka továbbfolytatásának alapelveit.

\*

*A Papíripari Albizottság* a második ötéves tudományos kutatási terv témáinak részlegesebb kidolgozásával foglalkozott. A terv a gabonaszalmák egyes komponenseinek vizsgálatát, a szalmafeltárások elméletének és gyártási eljárásának kidolgozását, a szalmacellulóz és facellulóz fehérítése stb. kérdéseinek vizsgálatát tűzi ki feladatul.

Vitaülésen foglalkozott a szalmacellulóz és regenerált-cellulóz reakcióképessége terén folytatott kutatómunka újabb eredményeivel.

\*

*A Textilipari Albizottság* új gyártási módszerek alkalmazásához szükséges géptípusok kialakítása kérdésével foglalkozott. Szükségesnek tartja az ellenőrző és szabályozó berendezéseknek, a minőségjavítás és többtermelés célkitűzéseinek megfelelő tökéletesítését, automata gépek és gépcsoportok tervezését és ezek belföldi gyártása sürgős megindítását.

\*



A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK RENDEZÉSÉBEN  
1955. JÚLIUS 1-től DECEMBER 31-ig MEGTARTOTT KONGRESSZUSOK,  
ANKÉTOK, KONFERENCIÁK ÉS FELOLVASÓ ÜLÉSEK

KONGRESSZUSOK, KONFERENCIÁK, ANKÉTOK

1955. szept. 12, 13, 14-én :  
Vízrajzi kongresszus a Duna-medence vízügyi problémáinak megvitatására.
1955. szept. 28, 29, 30-án :  
Könnyűfémipari Kongresszus a timföld és alumíniumkohászat, titán, magnéziumkohászat stb. kérdései tárgyköréből.
1955. okt. 12, 13, 14-én :  
Építési Kongresszus a tartószerkezeti és talajmechanikai legújabb eredmények bemutatására.
1955. nov. 28, 29, 30 és dec. 1-én :  
Anyagvizsgálók Nemzetközi Bizottságának ülése.
1955. dec. 8, 9-én :  
Építőanyagipari Kutatók III. Konferenciája.
1955. nov. 26-án :  
Cserszömörce-ankét.
1955. dec. 17-én :  
Mikrocelluláris gumitalp-ankét.

FELOLVASÓ- ÉS VITAÜLÉSEK

1955. okt. 20-án :  
V. Z. VLASZOV, a Szovjetunió Tudományos Akadémiájának levelező tagja: A peremfüggvények módszerének alkalmazása a rugalmasságtan feladataiban és a vastag héjak elmélete.
1955. nov. 24-én :  
BALOGH ARTHUR: Torziós lengések önlengésszámának kiszámítása új eljárás alapján, a grafikus módszer felhasználásával.
1955. dec. 16-án :  
BORBÉLY SAMU lev. tag: Hőkezelésnél fellépő hőkicserélődés matematikai és kísérleti meghatározásáról.
- ZORKÓCZY BÉLA kandidátus: Beszámoló a Rákosi Mátyás Nehézipari Műszaki Egyetem I. sz. Mechanikai Technológiai Tanszékén folyó hőkezelési kutatások legújabb eredményeiről.
1955. dec. 23-án :  
KRETZÓI MIKLÓS, a föld- és ásványtani tudományok doktora,  
TASNÁDI-KUBACSKA ANDRÁS, a föld- és ásványtani tudományok kandidátusa,  
VÉRTES LÁSZLÓ és  
JÁNOSI DÉNES: Petényi J. Salamon halálának 100. évfordulója alkalmából emlékülés.

## KÜLFÖLDI VENDÉGEINK

AFTANAS JERZY lengyel mérnök 1 hónapig tanulmányozta a II. Vízépítési Tanszéken és a Vízgazdálkodási Tudományos Kutatóintézetben a hidraulikai modellkísérletek kérdéseit.

STAFAN NADASAN, a Román Tudományos Akadémia levelező tagja három hétig tanulmányozta hazánkban anyagvizsgálattal foglalkozó intézményeinket és üzemünket.

AEPETREI CONSTANTIN mérnök, a bukaresti villamosipari kutatóintézet h. igazgatója két hetet töltött hazánkban a különböző villamos- és hőerőművek, valamint a tervezőirodák és a minisztérium energiaügyi osztályai munkájának tanulmányozásával.

ROMUALD VELJONDEK, a Lengyel Tudományos Akadémia Geofizikai Intézetének h. vezetője a magyar geofizikai kutatás szervezetét, a gravitációs munkálatokat, a geofizikai tanszékek, laboratóriumok stb. munkáját tanulmányozta és részt vett a radioaktív lyuk-szelvényezéssel foglalkozó akadémiai főbizottság ülésén is.

*Az 1955. II. felében megtartott Vízrajzi, Könnyűfémipari és Építési Kongresszusok, valamint az Anyagvizsgálók Nemzetközi Bizottsága ülése alkalmából az Akadémia vendégeiként hazánkban tartózkodott külföldi szakemberek:*

## Szovjetunió :

- M. F. MENKELJ, a műszaki tudományok doktora, a Szovjetunió Tud. Akadémiája Vízrajzi Kutató Intézetének munkatársa,  
 V. A. PETROV, a műszaki tudományok doktora, a Szovjetunió Tud. Akadémiája Kohászati Intézetének vezetője,  
 A. J. BJELJAJEV, a műszaki tudományok doktora, a Moszkvai Színesfémipari Kutató Intézet vezetője,  
 J. SZ. UMANSZKIJ egyetemi tanár, a Moszkvai Egyetem Fémtechnológiai Tanszékének professzora,  
 M. P. SZAZSIN akadémikus (Szovjetunió Tudományos Akadémiája),  
 ZS. A. CSUPRAKOV főmérnök,  
 V. Z. VLASZOV, a Szovjetunió Tudományos Akadémiájának lev. tagja,  
 N. I. CITOVIČS, a Szovjetunió Tudományos Akadémiájának lev. tagja,  
 N. W. BJELOV akadémikus (Szovjetunió Tudományos Akadémiája).

## Bulgária :

- B. A. MARCSINKOV egyetemi tanár, a Szófia Építészeti Műszaki Egyetem professzora,  
 EMIL DJAKOV, a Bolgár Tudományos Akadémia levelező tagja.

## Csehszlovákia :

- OTTO DUB, a Szlovák Tudományos Akadémia lev. tagja,  
 KAREL KOLAR, a Csehszlovák Tudományos Akadémia Vízgazdálkodási Laboratóriumának tudományos munkatársa,  
 MIROSLAV CERMAK, a Brünni Hidrológiai Intézet tudományos munkatársa,  
 DAGMAR KAFKOVA, a Csehszlovák Tudományos Akadémia Vízgazdálkodási Laboratóriumának tudományos munkatársa,  
 RUDOLF HENNICH, a Csehszlovák Fémipari Kutató Intézet igazgatója,  
 CAREL MASL, a Kohóipari Minisztérium Műszaki Osztályának vezetője,  
 LADISLAW JANICEK egyetemi tanár, a Prágai Műszaki Egyetem professzora,  
 JOSEF WÜNSCH egyetemi tanár, a Bratislavai Műszaki Egyetem professzora,  
 ZDENEK BAZANT egyetemi tanár, a Prágai Műszaki Egyetem professzora,  
 ALOIS MISLIVETZ egyetemi tanár, a Prágai Műszaki Egyetem professzora,  
 PAVEL SCHIER mérnök, a Csehszlovák Tudományos Akadémia Anyagvizsgáló Intézetének vezetője.

## Franciaország :

ROBERT GADEAU, a Franciaországi Alumíniumipari Központ igazgatója.

## Jugoszlávia :

RADOVAN PETROVIC, a Jugoszláv Hidrometeorológiai Szövetségi Szolgálat igazgatója,

MILAN PAJEVIC, a belgrádi Fémipari Kutató Intézet igazgatója,

JOSZIP CHRIBAR professzor, a Jugoszláviai Tudományos Akadémia munkatársa,

ANTE LAHODNY, a Zágrábi Könnyűfémipari Kutató Intézet mérnöke.

## Lengyelország :

KAZIMIER DEBSKI, a Lengyel Tudományos Akadémia Vízgazdálkodási Bizottságának elnöke, egyetemi tanár,

ALEXANDER KRUPKOWSKY akadémikus, egyetemi tanár (Lengyel Tudományos Akadémia),

KAREL AKERMAN, a Krakowi Könnyűfémipari Intézet igazgatója,

POGÁNY BÉLA egyetemi tanár, a Krakowi Műszaki Egyetem professzora,

W. JASZTRZEBSZKY, a Lengyel Tudományos Akadémia Építéstudományi Intézetének tud munkatársa,

IGNACI MALECKI lev. tag (Lengyel Tudományos Akadémia).

## Német Demokratikus Köztársaság :

KURT VOGL, az NDK Hidrológiai és Meteorológiai Intézetének h. vezetője,

OTTO EMICKE akadémikus, az NDK Fémipari Kutató Intézetének munkatársa, egyetemi tanár,

P. OSTERMANN, a bitterfeldi Elektrokémiai Kombinát igazgatója,

ERDMANN-JESNITZER egyetemi tanár, a Freibergi Metallográfiai Intézet vezetője.

## Románia :

CRISTEA MATESCU, a Román Tudományos Akadémia lev. tagja, egyetemi tanár,

DIMITRI DIMITRESCU, a Román Tudományos Akadémia lev. tagja, egyetemi tanár,

STEPHAN LUPAN, a Román Ipari Kémiai Kutatóintézet műszaki igazgatója,

STEPHAN NADASAN, a Román Tudományos Akadémia lev. tagja, egyetemi tanár.

## Ausztria :

WERNER KRESSER, az Osztrák Központi Vízrajzi Hivatal vezetője.

## KÜLFÖLDI TANULMÁNYUTAK

CSONKA PÁL, a műszaki tud. doktora és GÁBOR LÁSZLÓ kandidátus részt vettek a Lengyel Tudományos Akadémia Építési Konferenciáján, ahol két előadást is tartottak.

A Konferenciát követően megtekintették a lengyel műegyetem építési tanszékeit és az állandó jellegű lengyel építéstechnikai kiállítást, valamint egy nagyszabású építéstudományi kísérleti telep munkálatait.

KORÁNYI IMRE egyetemi tanár Prágában acélszerkezeti konferencián vett részt, ahol előadást is tartott.

ZORKÓCZY BÉLA, a műszaki tud. kandidátusa Csehszlovákiában hegesztési konferencián vett részt, ahol előadást is tartott. Ez alkalomból megtekintette a világ egyik legnagyobb, Csehszlovákiában befejezés előtt álló Hegesztéstechnikai Intézetét és egyéb hegesztéssel kapcsolatos intézményeket.

JAKUCS LÁSZLÓNÉ és BALKAY BÁLINT egy hónapot töltöttek Bulgáriában, ahol harmadkori köszénmedencéket, paleozóós rétegeket, kutatóintézetek, tanszékek munkáját tanulmányozták.

GELEJI SÁNDOR és VERŐ JÓZSEF akadémikusok négy hétig tanulmányozták a Szovjetunióban a kohászati vonatkozású akadémiai intézeteket és egyetemi tanszékeket. A szovjet

kutatóintézetek szellemi felkészültségéről, precíz berendezéséről, műszaki ellátottságáról, valamint az egyetemi oktatás igen magas színvonaláról szerzett legjobb benyomásokkal tértek haza.

TÁRCZY-HORNOCH ANTAL akadémikus a Német Demokratikus Köztársaságban részt vett Agricola halálának 400 éves fordulója, valamint Buchholtz prof. 75. születésnapja alkalmából rendezett nagyszabású ünnepségeken és előadásokat tartott a drezdai egyetem hallgatóinak.

VENDL MIKLÓS akadémikus a Bányászati Főiskola meghívására egy hetet töltött Leobenben, ahol részt vett a geológus kongresszuson, melyen előadást is tartott.

KOVÁCS K. PÁL lev. tag a román–magyar kultúregyezmény keretében két hétig tanulmányozta Romániában a villamosenergia tanszékek, egyetemi és akadémiai intézmények munkáját és szervezetét.

BÁRÁNY NÁNDOR lev. tag két hetet töltött Csehszlovákiában az optikai és finommechanikai egyetemi intézmények, tanszékek munkájának tanulmányozásával. Foglalkozott világítástechnikai és akusztikai kérdésekkel is.

GUBA FERENC és STARK GYULA Csehszlovákiában tanulmányozták az elektronikoroszkópos metodikai kérdéseket.

### TUDOMÁNYOS MINŐSÍTÉS

A Tudományos Minősítő Bizottság 1955. 2. felében disszertációk elfogadásával a következők részére adta meg a doktori, illetve kandidátusi fokozatokat:

#### *A műszaki tudományok doktorai:*

EISLER JÁNOS: (Szilárd szigetelőanyagok alkalmazásának problémái)

FARAGÓ GYULA: (Igen mély hőmérséklet előállítására szolgáló új hűtési eljárás abszorpciós hűtőgéppel)

TÓTH LÁSZLÓ: Eddigi munkássága alapján

#### *A műszaki tudományok kandidátusai:*

BERCELI TIBOR: (Kisvesztésű hullámvezetők)

EGRÍ IMRE: (Durvafelületű acéllemezek tömegvizsgálata ultrahanggal)

FALLER JENŐ: (A magyar bányagépesítés úttörői a XVIII. században)

FEKETE LÁSZLÓ: (Az elegyszámítás új módszerei a fémkohászatban)

GÁBOR ANDOR: (Híradástechnikai készülékek zajának csökkentése)

HALÁSZ ANDRÁS: (Hazai érc- és ipari ásványok hidrociklonos előkészítésére vonatkozó kísérletek)

HÁROSI TEOFIL: (Alagutak méretezése és alagutakban mért feszültségek kiértékelése)

KIRÁLY BÉLA: (Kis támaszközű vasúti vashidak üttöterhelése)

MARTOS FERENC: (A telepsík dőlésszögének befolyása a külszín elmozdulására)

NÉMETH JENŐ: (A Szovjetunióban megvédett disszertációja alapján)

PAPP ANDRÁS: (A Szovjetunióban megvédett disszertációja alapján)

RICHTER RICHÁRD: (Rugalmasságtani vizsgálatok a kőzetmechanikában)

IFJ. SÁLYI ISTVÁN: (Mechanizmusok kinematikai vizsgálata)

SZABÓ ELEK: (A Szovjetunióban megvédett disszertációja alapján)

SZABÓ LÁSZLÓ: (A Szovjetunióban megvédett disszertációja alapján)

SZESZTAY KÁROLY: (A folyók vízjárásának előrejelzése)

TUSCHÁK RÓBERT: (Fejezetek tömörforgórészű villamosgépek elméletéből)

VINCZE VILMOS: (Önálló háromszöghálózatok optimális méretei)

#### 1955. MÁSODIK FELEVBEN

#### A KÖVETKEZŐ DOLGOZATOK RÉSZESÜLTEK AKADÉMIAI ÖSZTÖNDÍJBAN

##### Televíziós pályázat keretében:

KOCSIS JÓZSEF: Keverő- és oldalsávszűrők .....	4000 Ft
ALCSER JENŐ: »Módszerek kidolgozása az öntözések gazdaságosságának számítására, haza adottságokra felépítve« .....	2000 «
ASZTALOS PÉTER: »Induktor generátorok tervezésének és elméletének néhány kérdéséről« .....	1500 «
BENE ERNŐ—GÉCZY ISTVÁNNÉ: »Titrálási eljárás színezékek mennyiségi meghatározására« .....	2000 «
BENEDEK LÁSZLÓ: »Talajvíz szigetelések« .....	1500 «
BOGNÁR JENŐ: »Hajóellenállás sekélyvízben« .....	2000 «
BODA FERENC: »Gőzturbinák metallográfiai vizsgálatának tanulságai« .....	1500 «
BOGÁRDI ENDRE: »Halimbai bauxitfeltárási vizsgálat« .....	2000 «
BONTA JÁNOS: »A nemzeti forma problémája az építészetben« .....	1500 «
BORBIRÓ VIRGIL: »Összehasonlító háztanulmány« .....	2000 «
BOROMISSZA TIBOR—GÁSPÁR LÁSZLÓ: »Útburkolat méretezése« .....	2500 «
CSALLÁNY SÁNDOR: »A Pilis-hegység forrásai és vízrajza« .....	1000 «
CSORDÁS LÁSZLÓ: »Vonalszerű fényforrások számítási módszerei« .....	1000 «
DERNŐI LAJOS: »A lakóházépítés enciklopédiája I/3 Asszírnia« .....	1000 «
DOBOZY OTTÓ: »Laza gyapjú mosása« .....	1000 «
DONÁSZY ERNŐ: »A Pécsvíz és Feketevíz elszennyeződése« .....	2500 «
CSEH SÁNDOR: »Statikus összefüggések vevőcsövek elektromos és alkatrészadatainak szórása között« .....	1500 «
FEKETE GYÖRGY: »A magyar hajózás története« .....	1000 «
FOGARASI BÉLA: »Elektrolízishez vihető tisztaságú manganoszulfátos oldat előállítása az úrkúti hidrociklonozásból kikerülő meddőből« .....	1000 «
FÜRST GÁBOR: »Nagyfeszültségű távvezetékek fázisforgatásának elhagyása által okozott aszimmetria különös tekintettel légvezetékes távbeszélő áramkörök zavarására« .....	2000 «
GÁNC S LAJOS: »Előmelegítők gazdaságos méretezése« .....	1000 «
GREGA BÉLA: »Fonáskor kialakuló ballongörbe egyenlete és feszítő erőviszonyok meghatározása« .....	2000 «
GROSSZ ÁDÁM: »A komlói Béta-akna közetvizsgálatai« .....	1000 «
GURMAI MIHÁLY: »Falborító opák, üveglapok gyártása« .....	1000 «
HALÁSZ OTTÓ: »Szabadon felfekvő kétirányban azonos fekvésű vasbeton lemezek határegyensúlyával kapcsolatos vizsgálatok« .....	3000 «

HANKÓ GÉZA : »Fotogrammetriai módszer kritikai vizsgálata Magyarország 1 : 5000 és 1 : 10 000 méretarányú topográfiai térképezése szempontjából«	2500 Ft
HARTMANN HERBERT—KŐ TAMÁS : »Acélöntvények centrifugálöntése homokban. Hőlépcsős centrifugálöntés«	2000 «
HEGYI GYULA ÉS MUNKATÁRSAI : »A fotogrammetria felhasználási lehetőségeinek vizsgálata sík területek nagyméretarányú térképezésénél«	3000 «
HANTOS REZSŐ—HEERINGER JÓZSEF : »Az alakítási ellenállás meghatározása acél- és réz meleghenglerlésénél«	1500 «
HANTOS REZSŐ—KÖVES FERENC : »Egy Mannesmann-rendszerű lyukasztó csőhengerműnél (Schrägwalzwerk) különböző profilú hengerekkel végzett kísérletek« »A mínuszűrészi mezőben történő Mannesmann-rendszerű csőgyártás műszaki feltételeik«	3000 «
HODÁCS JÓZSEF : »Védőfilm készítés alumínizált TV képernyőkön«	3000 «
HOMOLA VIKTOR : »Az erőművek üzembiztosan igénybevehető teljesítőképességének meghatározására vonatkozó számítási módszerek összehasonlítása«	2000 «
HEGEDÜS ZOLTÁN : »BZ 5 bronz hengerlési selejttjének metallográfiai tanulságai«	1000 «
IMRÉNYI IMRE : »Pest-Budai vármegyeház építésének története«	2500 «
JUHÁSZ ÁDÁM : »Nagy kovasavtartalmú bauxitok komplex feldolgozása«	2000 «
KADICH OTTOKÁR : »Magyarország barlangjai«	3000 «
KESZTHELYI ZOLTÁN : »Fák jelzései felszínközeli termálvíz nyomoknál«	1000 «
KLIBURSKY BÉLA : »Gyors termikus elemzés. Ipari sorozatvizsgálatokra alkalmas DTA készülék«	3000 «
KISS DEZSŐ : »Háromfázisú aszinkron motorok mágneses zajának és felharmonikus nyomatékainak vizsgálata«	3000 «
KOZMUTZA PÁL : »Folyamatos kikészítés bevezetése«	1000 «
KUBINSZKY MIHÁLY : »A budapesti személypályaudvarok kialakulásának építészeti vonatkozásai a XIX. században« »Vasúti áruraktárak tervezése«	2000 «
KUBOVICS IMRE : »A Velencei-hegység talajtakarójának nyomelem vizsgálata«	1500 «
KUN ZOLTÁN : »Könnyűfémdugattyúk célszerű hőkezelése«	2000 «
KUNA LÁSZLÓ—KUNA LÁSZLÓNÉ : »Cellulózgyártás szennylégjainak kémiai vizsgálata«	1000 «
LÁCZAI SZABÓ TIBOR : »Erőművi kazánok füstszívó ventillátorainak gazdaságos megválasztása«	2000 «
LEHOTZKY KÁLMÁN : »Magyarország közúthálózatának történeti fejlődése«	1000 «
MERÉNYI GÁBOR : »Csökkentett lécebesség hatása a pamut kártolására«	1500 «
MOESNÉ-RÁSKY KLÁRA : »Újabb fossilis clorophyta termékek Magyarország területéről«	2000 «
MUHITS KATALIN : »A Soroksári Dunaág szennyezettségének grafikus ábrázolása biológiai vizsgálatok alapján«	1000 «
MOHAY KÁLMÁN : »Az 5 mm átmérőjű rovátkolt és hullámos nagyszilárdságú huzalok erőtadási hosszának meghatározása«	1500 «
NAGY EMESE—FEUER ISTVÁNNÉ : »Építészettörténeti értelmező szakszótár«	1500 «

NEMSITS ANTAL: »Síkba nem fejthető görbe felületek« .....	1500 Ft
NYITRAI ELEK: »A téglaiipar története Magyarországon« .....	2000 «
OLGYAY JÓZSEF: »Derékszögű négyszögkeresztmetszetű tartó kifordulási differenciál- egyenletének grafikus megoldása« .....	1200 «
PÁL E. ISTVÁN: »Bányaszállító berendezések energiaellátása és energianormái« .	1000 «
PÁL BALÁZS—SIMONFFY GYULA: »Adalékok a sajomenti népi építkezés kérdéseihez«	1500 «
RÁSKAI FERENC: »Vasúti személykocsik önhordóvázának kialakítása« .....	1000 «
RÁTH GYÖRGY: »Népi építészet Pest megyében« .....	1500 «
RADNÓTI LÁSZLÓ: »Igetex diszp. bőrrostokkal való adhéziójának növelése kondenzációs gyantával« .....	1500 «
RÓNAI ENDRE: »Szintetikus szálak a pamutfonásban« .....	1500 «
SÁRDY ANDOR: »A műszer környezetében előálló hőmérsékletkülönbség hatása a Horrebow—Talcott-módszer mérési eredményére« .....	2500 «
SÁGI GYÖRGY: »Elektroncsövek katód-fűtőtest közötti átütés szilárdságának vizs- gálatáról és javításáról« .....	3000 «
SCHOEN ARNOLD: »Újabb adatok Székesfehérvár építészetének történetéhez« ...	2000 «
SIKLÓSI RÓBERT: »A lapképzés és őrlés egyes tényezőinek befolyása az előállítandó fehérített szalmacellulózspapír jellemzőire« .....	1000 «
STROBL GYÖRGY: »Áramlási hálózati kisminták« .....	1500 «
SZABÓ IVÁN: »Iskolaépítészrők« .....	1000 «
SZIDAROVSZKY JÁNOS: »Osztott szelvényű nyomott rudak méretezése« .....	2000 «
TAKÁCH MIKLÓS: »Vasúti vontatási épületek korszerű elrendezése és fenntartása«	2000 «
TALLIÁN TIBOR: »A gördülő testek méreteingadozásának befolyása a gördülő csap- ágyak élettartamára« .....	2000 «
TÓTH BÉLA: »Amfoter cserzőanyagok«.....	1500 «
VAMOS FERENC: »Az építészettörténet korszak beosztása« .....	1000 «
VARGA LÁSZLÓ: »Szádfalak méretezése« .....	2500 «
VARSÁNYI GYULA—ZAKARIÁS ZOLTÁN: »Szállítószalaggumi textilhevederének szilárd- sági vizsgálatai és az ebből folyó következtetések« .....	1000 «
VERESS BÉLA: »Módszerek az öntözések gazdaságosságának számítására« .....	1000 «
VERESS SÁNDOR: »Hazai különleges betonacélok lassú alakváltozása«.....	1000 «
WIEDNER LÁSZLÓ—KOLOS FERENC: »Krómcserzés tökéletesítése tekintettel a bel- földi maszkírozó anyagokra« .....	1500 «
ZÁDOR IMRÉNÉ: »Hazai bitumenek felhasználása a villamos forgógépgyártásban«	1000 «

**A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁN  
1955. MÁSODIK FELÉBEN MEGJELENT KIADVÁNYOK**

K ö n y v e k

BOGÁRDI JÁNOS: A hordalékmozgás elmélete. 547 old. 227 ábra, ára 70,— Ft.  
SZÉCHY KÁROLY szerk.: Gedenkbuch für Prof. Dr. J. Jáky. 200 old. ára 40,— Ft.

- GELEJI SÁNDOR: Die Berechnung der Kräfte und des Arbeitsbedarfs bei der Formgebung im bildsamen Zustande der Metalle. Zweite Aufl. 415 old., 400 ábra, ára 70,— Ft.
- W. HUME—ROTHERY: Elektronok, atomok, fémek és ötvözetek. 432 old., 165 ábra, ára 40,— Ft.
- GELEJI SÁNDOR szerk.: Vaskohászati Enciklopédia VI. Claus A., Cotel E., Horváth Z., Kiss E., Simon B., Visnyovszky L.: Nyersvasgyártás. 764 old., 441 ábra, ára 120,— Ft.
- VERŐ JÓZSEF: Általános metallográfia I. 2. kiadás. 412 old., 440 ábra, ára 60,— Ft.

## Folyóiratok

## Acta Technica XII. kötet 3—4. sz. füzet:

- ROSA J.: Tirátronsöves és rácsvezérlésű egyenirányítóról táplált e. á. motorhajtás jellemzőinek meghatározása (angolul).
- HARMATHY T.: A permetes folyadék-extrakciós kolonnák áteresztésének elmélete (angolul).
- SCHWERTNER A.: Tartók kihajlása a rugalmas pontok módszerével tárgyalva (németül).
- CSONKA P.: Egyenestengelyű rudak kihajlása a rugalmas pontok módszerével tárgyalva (németül).
- HORNUNG A.: Általános áttekintés a forgácsoló erők és teljesítményfelvétel meghatározására (angolul).
- TARJÁN G.: A fajsúly szerinti dúsítás általános alapelvei (angolul).
- BLAISE P.: Sokrekeszű vékonyfalú hasábok csavarási feladatának számszerű megoldásáról (franciául).
- BARTA J.: Sokrekeszű vékonyfalú hasábok csavarási merevségének becslése (franciául).
- CSONKA P.: Sokrekeszű rácsos hasábok csavarása (franciául).
- BELLA E.: Különleges, alakítható  $\alpha + \beta$ -sárgarezek fontosabb mechanikai tulajdonságainak vizsgálata a hőkezelés függvényében (németül).
- FONÓ A.: Lökéjtasos repülőgépről (angolul).

## Acta Technica XIII. kötet 1—2. sz. füzet:

- BARDÓCZ A.: Elektronikus vezérlésű kifeszültséggű szikra-, szaggatott ív- és egyenáramú ívkeltő berendezések (angolul).
- PAPP E.—MAGYAROSI I.—HÉJJA A.: Újabb adatok a Bayer-feltárás vörösiszapjainak ülepedési kérdéséhez (angolul).
- KALITZIN G. SZ.: Kondenzációval kísért sűrűsödési áramlások differenciálegyenletei (németül).
- KORÁNYI I.: A hajlított és nyírt lemez rugalmas és képlékeny horpadása közötti határ-görbék (németül).
- BLEIER S.: A cementkő kötött vízmennyiségének gyakorlati meghatározása (németül).
- POPOVIC S.: A betonadalék szemszerkezetének számszerű jellemzéséről (németül).
- HEGEDÜS Z.: Sajtolt színes és könnyűfém félgyártmányok hibáinak vizsgálata és azok metallográfiai tanulságai (oroszul).
- CSONKA P.: Süveghéj derékszögű négyszögalaprajz felett (angolul).
- TÖRÖK T.—SZIKORA G.: Acél szénttartalmának roncsolásmentes meghatározása színkép-elemzéssel (németül).
- NAGY P.: Új eljárás a kriolit fürdők »molarány«-ának meghatározására (németül).
- HRISTOV WL. K.: Hajlási invariánsok a geodéziában és azok összefüggései (németül).
- LECHNER E.: Tanulmány a tőréségység tapasztalati képletéről (franciául).

## Acta Technica XIII. kötet 3—4. sz. füzet:

- HEVESI GY.: Beszámoló a Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának tevékenységéről (németül).
- LOVASS-NAGY V.: Két végén szabadon felfüggesztett gerenda oldalirányú kihajlással szembeni stabilitásának matematikai vizsgálata (angolul).
- THAMM I.: Gyorsan forgó és melegen felhúzással illesztett hengeres gépelemek szilárdsági számítása (németül).
- SZMODITS K.: Ellipszis alaprajzú oldalnyomásmentes héjszerkezet (franciául).



- BALÁZS F.—KILÁR GY.: Nemesíthető ezüsttartalmú rézötvezetek (angolul).
- SASVÁRI K.: Hátsóreflexiós röntgenkamra fémdrótok rugalmas belső feszültségének méréséhez (angolul).
- SZÁNTÓ I.: Precíziós rácsparaméter-meghatározás problémái — titán vizsgálata kapcsán (angolul).
- KONKOLY T.: Adatok röntgen- és gamma-sugarakkal való durvaszerkezeti vizsgálatok felvételkedzési eljárásához (németül).
- SCHIEBOLD E.: Természetes és szintetikus azbesztfajták röntgenografikus finomszerkezet vizsgálatáról (németül).
- MALECKI I.: A bányászatban és a geológiában alkalmazható ultrahang kutatási módszer tudományos alapjai (németül).
- KOCHANOVSKÁ A.: Grafit és kobalt finomszerkezetének változásai (németül).
- MOSONYI E.: Vásárhelyi Pál emléke (angolul).
- BÁRÁNY N.: A pentatükör mint optikai mikrométer (németül).
- KOVÁCS K. PÁL:  $\alpha$  és  $\beta$ -összetevők alkalmazása aszinkron motorok aszimmetrikus üzemének vizsgálatára (angolul).

**Az MTA Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei:**

- HEVESI GY.: A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának munkamódszere (oroszul).
- XVI. kötet 2—4. sz. (Méréstechnikai Kongresszus. Roncsolásmentes anyagvizsgálat a vas- és fémiparban).
- XVII. kötet 1—2. sz. (Az MTA 1955. évi Nagygyűlésén a Műszaki Tudományok Osztályának rendezésében elhangzott előadások).
- XVII. kötet 3—4. sz. (15 cikk és a Műszaki és Agrártudományi osztályok rendezésében tartott Rostnövény Ankét előadásai).



# KÖNYVSZEMLE

Vadász Elemér :

## A FÖLDTAN FEJLŐDÉSÉNEK VÁZLATA

Akadémiai Kiadó, Budapest, 1953. 119 l., 19 kép, ára 30,— Ft

A földtani tudományokban elmélyülő geológus szemével olvastam végig ezt a művet, és éppen ezért elsősorban annak pedagógiai értékeiről, földtani szemléletünk és tudományunk fejlődésében betöltendő jelentőségéről szeretnék szólni.

A szerző végigvezeti az olvasót a földtani szemlélet fejlődésének egész folyamatán, az ókori népektől napjainkig. Az első, ami megkapja érdeklődésünket az, hogy egy materialista szemlélettel indult tudomány a történelem folyamán hogyan sorvad el a fejlődést gátló szellemi áramlatok hatása alatt, majd pedig az utolsó másfél évszázad alatt hogyan fejlődik egyik legfontosabb gyakorlati jelentőségű és ugyanakkor a haladó gondolkodást, a materialista világnézetet és annak vizsgálati módszerét, a dialektikus materializmust elsősorban igazoló tudományá.

Mint a legfiatalabb tudomány, fejlődése szinte a szemünk előtt játszódott le, és tudománytörténetileg rendkívüli jelentőségű, hogy a fejlődés szakaszait a maga időrendjében és törvényszerűségében, az ellentétek harcában mutatja be a szerző.

Különösen a mi szocialista nevelésünk szempontjából fontos az, hogy felnövő fiatalágunk a tudományfejlődésnek a szerző részéről mindenkor hangsúlyozott törvényszerűségeit megismerje, és azokban az ideológiai képzése során szerzett ismereteihez a természettudományos, hiteles alátámasztást a valóban nélkülözhetetlen alépítményt megkapja.

További értékét a műnek abban látom, hogy példaképpül állítja eléink és fiatalságunk elé a tudomány úttörőinek munkásságát, a maguk idejében nagyszerű felfedezéseket, amelyek, hogyha a fejlődés örök törvényei folytán el is avulnak, mégis beírták nevüket a tudománytörténelem el nem múló lapjaira.

Szocialista társadalomszemléletünk kétségtelenül a történelemre támaszkodik elsősorban. Nekünk geológusoknak azonban jólesik a művön keresztül tudomásul venni, hogy a földtan fejlődése mindenkor a leghaladóbb eszmékkel volt kapcsolatban, legjelesebbjeink mindenkor a haladó természettudományos gondolkodásnak voltak zászlóvivői. Jóleső gondolat érezni és tudni, hogy a földtan a szocialista államban a népgazdasági érdekek és ugyanakkor a tudományos fejlődés homlokterébe került, és ilyen minőségében a múlt ezer gátló akadályától mentesen korlátlan fejlődés előtt áll.

Amit nem kaptam meg, de szerettem volna megtudni, az, hogy hazai vonatkozásban a magyar földtani szemlélet fejlődésére milyen kihatással volt az egyetemes szemlélet fejlődése, illetve amennyiben hatástalan maradt vagy negatív irányú volt ez a hatás, annak milyen okai és következményei voltak.

Konkréten : nálunk a haladó gondolkodás fejlődésében mennyire és milyen mértékben játszott szerepet a földtan tudománya és kik voltak művelői. Ha ez, amint látszik, tudatosan maradt ki a műből, feltétlenül várja megírását a magyar geológus-társadalom.

Jantsky Béla

N. I. Nyikityin :

A FA KÉMIAJA

(Fordítás oroszból)

Akadémiai Kiadó, Budapest 1955, 600 l. 86 ábra, ára 100.— Ft

A magyar tudományos irodalom a közelmúltban nagy jelentőségű és hézagpótló munkával gazdagodott. Ez a munka, amely az értékes hagyományokkal rendelkező orosz fakémiai tudomány legkiválóbb kutatói sokéves munkásságának eredményeit foglalja össze, azért különösen fontos számunkra, mert magyar nyelven ilyen tárgyú és összefoglaló jellegű mű még nem jelent meg. A könyv szerkesztője, Nyikityin, a Szovjetunió Tudományos Akadémiájának levelező tagja, aki a cellulóz- és ligninkémiával foglalkozó fejezeteket írta; a fahidrolízist tárgyaló fejezetet Sarkov, Sztálin-díjas, a műszaki tudományok doktora, a szulfitcellulóz-feltárásról szóló részt Eliasberg, Sztálin-díjas, a műszaki tudományok kandidátusa, a többi fejezetet Zajceva, Ponomarjov és más kiváló tudósok írták. A szerzők a szovjet fakémiai tudomány eredményei mellett a kiváló külföldi tudósok legújabb munkáira is támaszkodnak.

A könyv átfogó volta és a vonatkozó irodalom részletes ismertetése folytán monográfia jellegű; előnyösen egészíti ki az egyetemi tananyagot, s alapvető, régen hiányolt forrásmunkát jelent a tudományos kutatás számos területén, és emellett az iparban dolgozó mérnököknek és vegyészeknek nélkülözhetetlen segítséget nyújt.

A művet nagy terjedelme következtében nehéz röviden ismertetni, helyesebb talán, ha néhány fejezetének bemutatása útján kapunk bepillantást a könyvbe.

Igen érdekesek például a cellulóz szerkezetével foglalkozó fejezetek, amelyekben részletesen kitér elsősorban Kargin munkái nyomán a cellulóz amorf és kristályos szerkezetével kapcsolatban lezajlott vitára, az amorf és kristályos állapot stabilitásának kérdésére. Foglalkozik általánosságban a nagy polimerek láncai által megszabott alakokkal, és igen részletesen tárgyalja a cellulóz szerkezetében mutatkozó hidrogénkötéseket és infravörös abszorpciójuk mérését. A cellulóz kolloidkémiai tulajdonságai kapcsán elsősorban Jurjev és Pozin munkássága nyomán tárgyalja különböző cellulózfeleségek elektrokinetikai potenciálját és az abból számítható fajlagos felület értékeit. Kitér a cellulózszármazékok előállítására, valamint a cellulóz és cellulózszármazékok különböző körülmények között keletkező duzzadására.

A »Lignin« című igen bő fejezet, amelyet Nyikityin írt, nem csupán általános képet nyújt a ligninkémia jelenlegi állásáról, hanem tárgyalja azokat az alapvető kérdéseket, amelyek a ligninkutatás terén a legvitásabbak. Így a lignin szerkezetén kívül foglalkozik a lignin és a szénhidrátok közötti kapcsolattal, a natív és a kinyert lignin közötti eltérésekkel, végül a lignin képződésével a növényben.

A könyvnek még számos érdekes fejezete van, amelyben szerzők a növényi sejtfal anatómiai szerkezetét, a hemicellulózoikat és poliuronidokat, a fa kémiai analízisét, a különböző fák összetételét, a fa természetes, valamint termikus bomlását, a tülevelűek terpenjeit és gyantasavait, végül a fa hidrolízisét tárgyalják.

A mű nagy gondnal előkészített magyar kiadását Cyenes Péter fordította, Vámos György szerkesztette és Lengyel Pál lektorálta. A mű fordítása, mivel a feldolgozott anyag igen széles tudományterületet ölel fel, sok nehézséggel járt.

A 600 oldal terjedelmű magyar fordítás az Akadémiai Kiadó kiadásában jelent meg, számos értékes táblázattal, gondosan elkészített ábrával és fényképpel. A mű megjelentetéséért dicséret illeti az Akadémiai Kiadót ugyanúgy, mint a szép nyomdai munkáért az Akadémiai Nyomdat. Nagy érdeme az Akadémiai Kiadónak és az Akadémia Műszaki Tudományok Osztálya Könyvüipari Főbizottságának, hogy gondoskodott olyan mű magyar nyelvű kiadásáról, amely széleskörű bepillantást nyújt a magyar irodalomban eddig még fel nem dolgozott fontos tárgy körbe.

Remélhetőleg a könyv jelentősen elő fogja segíteni hazánkban ezen a területen a tudományos és ipari munka további fejlődését.

Csűrös Zoltán

William Hume-Rothery:

ELEKTRONOK, ATOMOK, FÉMEK ÉS ÖTVÖZETEK

Akadémiai Kiadó, Budapest, 1955. 432 l., 165 ábra, ára 40.— Ft.

A XIX. század végén a fémek megismerését célzó kutatásoknak két különálló és egymástól jóformán teljesen elszigetelt ága volt. Egyrészt a fémeket előállító és feldolgozó szakemberek és kutatók a tapasztalati ismeretek rendszerezésével megteremtették a metallográfiát, másrészt főleg a fizikusok fizikai törvények alapján a matematika módszerével kerestek magyarázatot a fémek tulajdonságaira. Az utolsó félszázad rohamos fejlődése mind a tapasztalati, mind az elméleti metallográfiában hatalmas eredményeket hozott. A két kutatási irány ennek ellenére nem sokat közeledett egymáshoz. A közeledést főleg az gátolta, hogy egyrészt az elméleti cikkek és könyvek gyakorlati szempontból nem sokat nyújtottak, másrészt megértésük a legtöbb esetben jóval több matematikai tudást kívánt, mint amennyit a műszaki egyetemek anyaga felőlelt. Az elmélet ma már néhány olyan probléma megoldásával büszkélkedhetik, melyek ismerete a gyakorlati szakember, de főleg az ipari kutató munkáját megkönnyíthetné. Szükségessé vált tehát az elméleti eredményeknek az eddigiektől merőben eltérő, sokkal egyszerűbb, csak a megértéshez feltétlenül szükséges matematikát felhasználó ismertetése. Ennek a nehéz feladatnak a teljesítésére vállalkozott a szerző a könyv megírásával.

Kissé szokatlan talán, hogy a szerző a könyv tárgyalásmódjával egy fiatal természettudós és egy idős kohász kérdező és magyarázó párbeszédét választotta. Ebben a keretben ismerteti a szerző a fémek elméletének eddig elért eredményeit, kihasználva a párbeszédet az egyes részek célszerű ismétlésére, amit a szokásos tárgyalásmód mellett nem lehetne meg ilyen egyszerűen.

A könyv négy részre oszlik. Az atomok természete c. első rész a modern fizika ide tartozó elemeivel foglalkozik. A tárgyalás alaposságát bizonyítja, hogy az első rész 16 rövid fejezete közül az első 13-ban olyan alapvető dolgok részletes elemzését találjuk, mint a H-atom Bohr-féle elmélete, az elektron- és fénycsillámok, a Heisenberg-reláció és a kvantummechanika elemei, valamint a H-atom különböző állapotai. Az ilyen alapos előkészítés után lehetővé válik, hogy a litiumtól az urániumig valamennyi elem elektronszerkezetét további három rövid fejezetben áttekintsük.

A fémek természete c. második rész a fémek kristályos szerkezetének tárgyalásával kezdődik. Itt ismerkedünk meg az ideális és a reális kristályok közötti különbséggel. A következő fejezetekben képet kapunk arról, hogy a kristályokban hogyan viselkednek a vegyérték-elektronok, és hogy ezeknek energiaviszonyairól hogyan ad számot a lágy-röntgenspektroszkópia, és az milyen kapcsolatban van az ötvözet fázisok stabilitását jellemző  $N(E)$  görbéivel, amelyek megmutatják, hogy az egyes energiaszintekhez hány elektron állapot tartozik. E fejezeteket a szerző még a szabad elektronelmélet alapján tárgyalja, és ennek továbbfejlesztésével vezet el az elektronok periodikus potenciál térben leírt mozgásához és az ezzel kapcsolatban Brillouin-zónákhoz. Ezek alapján foglalkozhatunk a Brillouin-zónák, a periodikus potenciál térhez rendelt  $N(E)$  görbék és a fittolt sávok kapcsolatának segítségével a vezetők, félvezetők és a szigetelők közötti különbségeket elektron elméletével. Ebben a részben tárgyalja még a könyv a szilárd testek négy kötéstípusát és az egy és két vegyértékű fémek elektron és kristályszerkezetét. Az átmeneti elemek ismertetése során ismerkedünk meg ezen elemek néhányának igen feltűnő sajátosságával a ferromágnességgel, majd röviden a képlékeny alakítás kérdéséről tájékoztat a szerző.

Az ötvözetek természete c. harmadik rész elsőként a folyékony fázisok kölcsönös oldódásával és a szélső szilárd oldatok keletkezésével foglalkozik. Itt ismerjük meg a különböző szilárd oldatok képződését megszabó mérettényező, elektrokémiai tényező és az elektronkoncentráció fogalmát. Ez már közvetve hasznosítható, mert új ötvözetek kutatásakor ezek ismeretében előre kijelölhetők azok a koncentrációk, melyeknél változás várható. A szerző ebben a részben szintén két fejezetet az általa felfedezett elektron vegyületeknek, melyeknek jellegzetes rács-szerkezetében a vegyérték elektronok és az atomok számának a hányadosa kötött. Végül megmutatja a szuperrácsszerkezetek és az interszticiós vegyületfázisok kialakulását.

Az utolsó, az atommag szerkezet c. legközelebbi fejezetben a magfizika legfontosabb elemeit ismerjük meg. A radioaktivitás, a természetes és mesterséges atom bomlás stb. mellett itt tárgyalja a szerző az atommag szerkezetét és elemi részeit, majd az atommaghasadással az utolsó részt, és a fejlődés irányát megszabó zárószóval fejezi be a könyvet.

A szerző a kitűzött nehéz feladatot sikeresen oldotta meg. A könyvhöz tudományt szerzünk a fémelmélet mostani állapotáról, és ennek ismeretében különösebb nehézség nélkül követhetjük az elmélet fejlődését az irodalom alapján. Ezen felül kialakít bennünk olyan szemléletet, hogy a fémek tulajdonságváltozásai mögött a kollektív elektronsereg megváltozását is lássuk. Ennek ma még nincs közvetlen hasznosítható gyakorlati értéke, de a már eddig is eredményes

kutatónak olyan eszközt ad a kezébe, ami közvetve elősegítheti annak munkáját, amint ezt egy új ötvözet sor példáján már láttuk.

Az eredményes munka egyik magyarázata az, hogy a szerző a metallurgia tényeit a kémikus szemével is nézi. Ez a kémiai szemlélet nemcsak abban nyilvánul meg, hogy a párbeszéd során sokszor utal a kémiai tulajdonságok fejlődésére, hanem abban is, hogy a fémek tulajdonságainak és kristályszerkezetének okait sokszor a nem-fémek területéről vett példákkal hozza kapcsolatba. Ez igen fontos tulajdonsága a könyvnek, mert így világosan látszik, hogy a fémek a szilárd testeknek nem egy élesen elhatárolt csoportját képezik, hanem azokhoz számtalan erősebb-lazább szállal kapcsolódnak.

Meg kell még említeni a fontosabb fejezetek után található irodalomjegyzéket. Ez nem egyszerű felsorolás, hanem a témával bővebben foglalkozni kívánók választásának a megkönnyítésére tartalmazza a szerző megjegyzéseit arról, hogy a szóban forgó mű milyen fokon tárgyalja az anyagot.

Köszönet illeti az Akadémiai Kiadót először azért, mert a mű magyarnyelvű kiadását két évvel az angol és három évvel az orosz nyelvű kiadás megjelenése után lehetővé tette. Másodszor és főleg azért, hogy a magyarnyelvű kiadással kapcsolatos munkák elvégzésére olyan szakembereket biztosított, akiknek munkája ezt a könyvet messze kiemeli a többi hasonló tárgyú idegen nyelvről fordított könyv közül. Az olvasó érdeklődését lekötő, világos és egyszerű mondatok a két fordító Millner Tivadar Kossuth-díjas akadémiai levelező tag és Neugebauer Jenő szakismeretét és odaadó lelkes munkáját dicséri. A lektorálás Nagy Elemér egyetemi tanár, a fizikai tudományok kandidátusa, a szerkesztés pedig Schleicher Aladár egyetemi tanár, a műszaki tudományok doktora, kiváló gonddal végzett munkája. A magyarnyelvű kiadáshoz Jánosy Lajos akadémikus írt, materialista filozófia alapján bíráló bevezetőt.

*Prohászka János*

\*

*A. Weissfloch :*

#### SCHALJUNGSTHEORIE UND MESSTECHNIK DES DEZIMETER- UND ZENTIMETERWELLENGEBIETES

[A deciméter- és centiméter-hullámtartomány kapcsolási elmélete és mérési technikája] (Lehrbücher und Monographien aus dem Gebiete der Exakten Wissenschaften ; physikalische Reihe, Bd. 1.)

Birkhäuser Verlag, Basel und Stuttgart. 1954. pp. 305.

Az utolsó tíz évben igen sok tankönyv és monográfia jelent meg mikrohullámú berendezésekben végbemenő fizikai jelenségekről és technikai alkalmazásukról. Aránylag azonban kevés olyat ismerünk, amelynek következetes tárgyalási módja egyaránt kielégíti a fizikus és a mérnök igényeit. A nehézséget nyilvánvalóan az okozza, hogy a mikrohullámú tartományban az elektromágneses hullámok hullámhossza a kísérleti berendezések lineáris méreteivel összemérhető, s ezért a jelenségek leírásánál a Maxwell-egyenletekből kell kiindulni. Azok a szerzők azonban, akik ezt az elméletileg kifogástalan utat követik, csak ritkán viszik a tárgyalás fonálát odáig, hogy eredményeik a kísérletező, sőt a műszerszerkesztő mérnök számára is hasznos legyen.

Az előttünk fekvő mű — mint a címéből is látható — a gyakorlati szempontokat helyezi előtérbe. A szerző álláspontja szerint a gyakorlatban a mikrohullámú hálózatok ismeretére sok olyan mérnöknek van szüksége, akiknek nehezére esik a Maxwell-féle elektrodinamika alkalmazását nyomon követni, ezért a Maxwell-egyenletek használata nélkül fejt ki mondanivalóját. A különféle berendezések elemeit négypólusoknak tekinti, és ezek sajátosságait nem a bennük végbemenő jelenségek leírásával, hanem a rajtuk végzett mérésekkel meghatározható mennyiségek közti összefüggések segítségével jellemzi; a jelenségeknek az erőterek segítségével való leírásában csak könnyen áttekinthető kvalitatív képet ad. E program megvalósításában a mű messze eltér a szokásostól; egész általánosságban az benne az újszerű, hogy a célkitűzésében és alkalmazhatóságában egyaránt gyakorlatias tárgyalási módot milyen messzemenő általánosságban és milyen szigorúan következetes egzaktsággal viszi végig.

Az I. fejezet a négypólusok általános impedancia-transzformációs problémáival foglalkozik a bilineáris alakzatok algebrájának segítségével, illetve a konformis leképezések geometriai sajátosságaival nyújtott grafikus lehetőségek kihasználásával. A matematikai apparátus alapjait

megadja e fejezet 1—2. §-a, a felhasználásra kerülő további matematikai tételeket pedig a négy-pólusok sajátosságainak tárgyalása során vezeti le,\* úgyhogy a matematikai összefüggések kifejtésével együtt lépésről lépésre megismeri az olvasó a kapott eredmények fizikai értelmét, sőt a technikai alkalmazások lehetőségét is (l. pl. »Kontrolle der Messgenauigkeiten«, p. 41.). E fejezet egyik legérdekesebb paragrafusa az, amely talán a legszembeszökőbben mutatja a használt módszer eleganciáját, és a négy-pólusok helyettesítő T- és TT-köreinek meghatározásával foglalkozik (§. 16). Érdekesekek a 18. §-beli példák is.

A II. fejezet homogén tápvonalakat tárgyal, mint speciális négy-pólusokat, az előzőkben lefektetett matematikai alapon. A hullámvezetők és közönséges tápvonalak tárgyalása teljesen egységes. Meg kell azonban jegyezni, hogy a feszültségek és áramok bevezetése a hullámvezetők esetében nem a legmeggyőzőbb. E sorok írója távolról sem ellensége az impedancia-fogalom hullámvezetőkre való kiterjesztésének, de véleménye szerint jobb ezt a közvetlenül mérhető mennyiségekre (reflexióképesség, állóhullámkép) alapítani. E fejezet kiemelkedően érdekes része a veszteségmentes négy-pólusokra vonatkozó »Transformatorsatz« és ennek igen gyümölcsöző kihasználása egyébként bonyolult feladatok áttekintésére és megoldására.

A III. fejezet négy-pólusok összekapcsolásából származtatható alkatelemek, ezek között hat- és nyolcpólusok tárgyalásával foglalkozik, az előző fejezetek eredményének felhasználásával. A »Transformatorsatz« következetes alkalmazása a tárgyalás egységes voltát erősíti, bár néha a megfontolások kissé hosszadalmasabbak a kellenél. Így is örömmel kell fogadni ezeket a szakaszokat (§. §. 36. — 42. §. §.), mert a  $2n$  ( $n > 2$ ) pólusoknak az alacsony frekvenciás tartományban aránylag kicsi jelentősége lévén, itt találunk talán először részletesen és következetesen kifejtve olyan megfontolásokat, amelyekhez hasonlók vázlatosan is alig találhatók meg más kézikönyvben.

Az üregrezonátorokról szóló paragrafust ezzel szemben túlságosan szűkszavúnak találjuk.

A könyvet az illesztésről szóló IV. fejezet tetőzi be, megfelelően annak, hogy az előzőkben tárgyalt problémák ismerete az optimális energiaátvitel célját szolgálja. A tárgyalás itt már kifejezetten a gyakorlati feladatok megoldására irányul.

Az előttünk fekvő könyv elejétől végéig újszerűen hat az olvasóra. Hangsúlyozni kell, hogy egyáltalán nem kezdők számára való, a szerző egyáltalán nem is ezzel az igénnyel írta. Olyanok számára azonban, akik igen járatosak a nagyfrekvenciás problémák területén, kutató munkával foglalkozók és felsőfokon tanító pedagógusok számára egyaránt melegen ajánlható, igen tanulságos.

*Faragó Péter*

A kiadásért felel az Akadémiai Kiadó igazgatója

Műszaki felelős: Farkas Sándor

A kézirat beérkezett: 1955. XII. 6. — Terjedelem: 34 (A/5) ív, 203 ábra

---

38323/56 — Akadémiai Nyomda, V., Gerlóczy utca 2. — Felelős vezető: Puskás Ferenc









T A R T A L O M J E G Y Z É K

<i>Boldizsár Tibor</i> : Kiegyensúlyozott nagynyomású hidraulikus szivattyúk és motorok hatásfokáról (Kivonat) .....	1
<i>Kereszty Péter</i> : Vasúti kocsik forgóváz-feltámaszkodásából származó terelőerők (Kivonat)	5
<i>Freud Géza</i> : Körkeresztmetszetű vezetőben mutatkozó áramkiszorításról (Kivonat) ....	7
<i>Csonka Pál</i> : A kétmenetű héjak egyik különleges fajtájáról .....	9
<i>Domony András és Vassel K. Róbert</i> : Egyes ötvözők hatása az öntött alumínium szövetére	17
<i>Csonka Pál</i> : Eljárás derékszögű négyszög-alaprajzú süveghéjak számítására .....	31
<i>Hegedüs Zoltán</i> : Szennyeződések besajtolásából származó hibák vizsgálata sajtolt színesfém és könnyűfém termékeken .....	45
<i>Hornung Andor</i> : Általános módszer a forgácsolóerő és teljesítmény meghatározására a fajlagos forgácsolási ellenállás alapján (Kivonat).....	71
<i>Horváth Zoltán</i> : Elektrolízishez vihető manganoszulfátos oldat előállítása az úrkúti mosási meddőből .....	73
<i>Héjja András</i> : Kalciumaluminát salakok lúgzása .....	105
<i>Dischka Győző</i> : Textilanyagok szakítóvizsgálatának fejlődési irányai .....	121
<i>Millner Tivadár és Welesz Rudolf</i> : A mangántartalom hatása az ún. dumet-vasnikkel ötvözetek hűtágulási és mágneses tulajdonságaira .....	131
<i>Horváth Zoltán és Burnóczky Lajos</i> : Beszámoló az úrkúti karbonátos mangánércel végzett lúgzási, lúgtisztítási és mangánleválasztási kísérletekről .....	147
<i>Balogh Arthur</i> : A torziós lengések önlengésszámának kiszámítása új eljárás alapján ...	171
<i>Gruber József</i> : Hiányos örvénysor sebességi mezejének közelítő meghatározása .....	187
<i>Blahó Miklós és Szentmártony Tibor</i> : A beszívásnál keletkező örvénylés befolyása axiális ventilátor hatásfokára .....	193
<i>Csonka Pál</i> : Sokrekeszű rácsos hasábok csavarása .....	201
<i>Horváth Zoltán és Fogarasi Béla</i> : Tiszta manganoszulfátos oldat előállítása a hidrociklonozásból származó úrkúti meddőből .....	213
<i>Huszár István</i> : Hajlításra terhelt rudak szimmetrikus megerősítése .....	227
<i>Mosonyi Emil</i> : Vásárhelyi Pál emléke .....	239
<i>Szádeczky-Kardoss Gyula</i> : Forgási ellipszoid normálmetszetének egységes vizsgálata ....	247
<i>Vajda György</i> : Gázok villamos szilárdsága .....	277
<i>Barna János és Marschalkó Béla</i> : Vizes bentonit diszperziók rheológiai viszonyainak jellemzése .....	297
<i>Oplátka György</i> : A lényérés a cukoriparban .....	301
<i>Faller Jenő</i> : Georgius Agricola 1494—1555. Halálának 400 éves fordulója alkalmából ..	337
<i>Palotás László</i> : Az Építéstudományi Intézet tudományos közleményei .....	351
A Műszaki Tudományok Osztályának tevékenységéből .....	357
Könyvszemle .....	385