

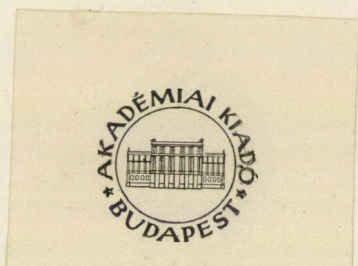
A MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK
KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI
HEVESI GYULA

XX. KÖTET

1-2. SZÁM

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYA
és a
HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET
által 1955. október 20., 21. és 22-én rendezett
II. HÍRADÁSTECHNIKAI KONFERENCIA



MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
BUDAPEST, 1956

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK
KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI
HEVESI GYULA

XX. KÖTET 1-2. 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 különlenyomat 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 : 05-915-111-44), 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 idegen nyelvű 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.

A MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK
KÖZLEMÉNYEI

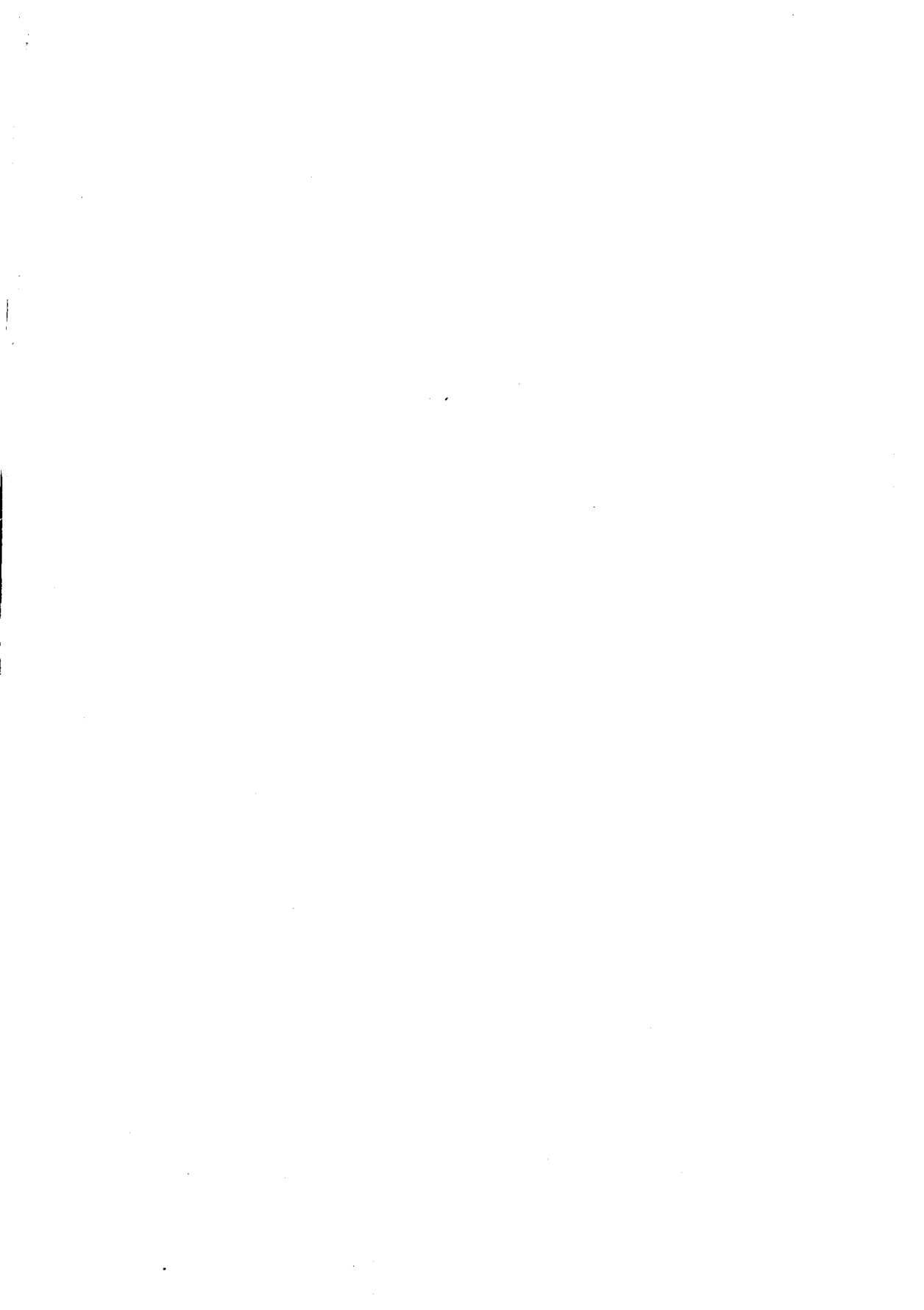
SZERKESZTI
GELEJI SÁNDOR

XX. KÖTET



1957

VI. OSZT. KÖZL.



TARTALOMJEGYZÉK

XX. kötet

<i>Ács Ernő</i> : Kutatási eredmények bevezetése az iparba	165
<i>Almássy György</i> : A termisztor	81
H o z z á s z ó l á s o k :	
<i>Csapó Ferenc</i>	91
<i>Gergely György</i>	91
<i>Fischer Tibor</i>	91
<i>Boglár Gyula</i>	92
<i>Somló József</i>	92
<i>Almássy György</i> válasza	92
<i>Bedőcs Sándor</i> : Igen nagy dielektromos tényezőjű kondenzátor dielektrikumok.....	63
H o z z á s z ó l á s o k :	
<i>Dénes Péter</i>	68
<i>Molnár György</i>	68
<i>Kocsis Albert</i> válasza	68
<i>Borsodi Lóránt</i> : Híradástechnikában alkalmazott műanyag burkoló és ragasztó anyagok	69
H o z z á s z ó l á s o k :	
<i>Jeney Iván</i>	79
<i>Sós Feodóra</i>	79
<i>Futaki Iván</i>	79
<i>Vancsóné Szmezsányi Ibolya</i>	80
<i>Borsodi Lóránt</i> válasza	80
<i>Bráda Ferenc</i> : Fémezett papirkondenzátorok	117
H o z z á s z ó l á s o k :	
<i>Fazekas Endre</i>	124
<i>Katona János</i>	125
<i>Magyari Endre</i>	125
<i>Bráda Ferenc</i> válasza	125
<i>Czeglédy Károly</i> : Újabb eredmények a hazai potenciómétergyártásban	109
H o z z á s z ó l á s o k :	
<i>Molnár János</i>	115
<i>Magyari Endre</i>	115
<i>Czeglédy Károly</i> válasza	115
<i>Dénes Péter</i> : Hazai porvasmaggyártás fejlesztése	5
H o z z á s z ó l á s o k :	
<i>Juvancz Endre</i>	12
<i>Istvánffy Edvin</i>	12
<i>Pozsgai Vilmos</i>	12
<i>Dénes Péter</i> válasza	13

Gobbi István : Kísérletek hazai permalloy anyagokkal	41
H o z z á s z ó l á s o k :	
<i>Juvancz Endre</i>	57
<i>Pap János</i>	57
<i>Gobbi István</i> válasza	58
Hevesi Gyula : Beszámoló a MTA Műszaki Tudományok Osztályának munkájáról a MTA 1956. évi Nagygyűlésén	171
H o z z á s z ó l á s o k :	
<i>Bognár Géza</i>	189
<i>Striker György</i>	189
<i>Magyari Endre</i>	192
<i>Rázsó Imre</i>	193
<i>Vámos György</i>	195
<i>Szilágyi Gyula</i>	197
<i>Verő József</i> elnök	198
Istvánffy Edvin : Permanens mágnesek új anyagai	29
H o z z á s z ó l á s o k :	
<i>Nagy Endre</i>	38
<i>Szilágyi Szilárd</i>	38
<i>Istvánffy Edvin</i> válasza	39
Kántás Károly : A tellurikus módszer jelentősége a földtani nyersanyagkutatásban.....	295
H o z z á s z ó l á s :	
<i>Vadász Elemér</i> elnök	313
Katona János : Eredményeink az elektrolitikus kondenzátorok fejlesztésében	139
H o z z á s z ó l á s o k :	
<i>Kőrösy Ferenc</i>	151
<i>Mitterholczér Béla</i>	151
<i>Glosz Károly</i>	151
<i>Katona János</i> válasza	151
Kocsis Albert : Kis veszteségi tényezőjű kerámia szigetelőanyagok	59
Kolos Richárd : Megnyitó.....	1
A Híradástechnikai Konferencia határozata	3
Ludányi József : Műanyagdielektrikumú kondenzátorok	127
H o z z á s z ó l á s o k :	
<i>Kőrösy Ferenc</i>	136
<i>Istvánffy Edvin</i>	136
<i>Mikes János</i>	136
<i>Czeglédy Károly</i>	137
<i>Borsodi Lóránt</i>	137
Millner Tivadar, Sass Lóránt : Kismennyiségű szennyezők hatása a wolframfém meleg- keménységére.....	333
H o z z á s z ó l á s o k :	
<i>Mester István</i>	343
<i>Tury Pál</i>	345
<i>Millner Tivadar</i> válasza	346

<i>Mittelholczér Béla</i> : Újabb típusú ellenállások a híradástechnikában	101
H o z z á s z ó l á s o k :	
<i>Neuhof Suski László</i>	107
<i>Peres Tibor</i>	107
<i>Mittelholczér Béla</i> válasza	107
<i>Nagy Imre, Pál Lénárd, Pallagi Dezső</i> : A magnetit permeabilitásának frekvencia függése mikrohullámú elektromágneses terekben	15
<i>Rátkay György</i> : Híradástechnikai alkatrészek különleges mérései	153
H o z z á s z ó l á s o k :	
<i>Dallos András</i>	163
<i>Deák Pál</i>	163
<i>Katona János</i>	164
<i>Rátkay György</i> válasza	164
<i>Szádeczky-Kardoss Elemér</i> : I. A magmás kőzetek és ércvek képződési mélységének meg- határozásáról	235
<i>Szádeczky-Kardoss Elemér</i> : II. Ércvek képződés és lepusztulási mélység	253
H o z z á s z ó l á s o k :	
<i>Koch Sándor</i>	289
<i>Pantó Gábor</i>	290
<i>Szádeczky-Kardoss E.</i> válasza	292
<i>Vadász Elemér</i> elnök	293
<i>Szigeti György</i> : Fénycsövek gyártásával és fejlesztésével kapcsolatos problémák	315
<i>Tardos Lászlóné</i> : Nyomatott áramkörök technológiája	93
H o z z á s z ó l á s o k :	
<i>Borsodi Lóránt</i>	99
<i>Gaál Egon</i>	99
<i>Dénes Péter</i>	99
<i>Tardos Lászlóné</i> válasza	100
<i>Vendl Aladár</i> : Az eruptív kőzetek mállásának vizsgálata	201
H o z z á s z ó l á s o k :	
<i>Gedeon Tihamér</i>	226
<i>Vadász Elemér</i> elnök	226
<i>Györki József</i>	227
<i>Jantsky Béla</i>	228
<i>Takáts Tibor</i>	228
<i>Ózori Gyula</i>	229
<i>Mattyasovszky László</i>	231
<i>Vendl Aladár</i> válasza	232
<i>Vadász Elemér</i> elnök	232

TARTALOMJEGYZÉK

<i>Kolos Richárd</i> : Megnyitó	I
A Híradástechnikai Konferencia határozata	3
<i>Dénes Péter</i> : A hazai porvasmag gyártás fejlesztése	5
H o z z á s z ó l á s o k :	
<i>Juvancz Endre</i>	12
<i>Istvánffy Edvin</i>	12
<i>Pozsgai Vilmos</i>	12
<i>Dénes Péter</i> válasza	13
<i>Nagy Imre, Pál Lénárd, Pallagi Dezső</i> : A magnetit permeabilitásának frekvenciafüggése mikrohullámú elektromágneses terekben	15
<i>Istvánffy Edvin</i> : Permanens mágnesek új anyagai	29
H o z z á s z ó l á s o k :	
<i>Nagy Endre</i>	38
<i>Szilágyi Szilárd</i>	38
<i>Istvánffy Edvin</i> válasza	39
<i>Gobbi István</i> : Kísérletek hazai permalloy anyagokkal	41
H o z z á s z ó l á s o k :	
<i>Juvancz Endre</i>	57
<i>Pap János</i>	57
<i>Gobbi István</i> válasza	58
A híradástechnika kerámiái anyagai	59
<i>Kocsis Albert</i> : Kis veszteségi tényezőjű kerámia szigetelőanyagok	59
<i>Bedős Sándor</i> : Igen nagy dielektromos tényezőjű kondenzátor-dielektrikumok	63
H o z z á s z ó l á s o k :	
<i>Dénes Péter</i>	68
<i>Molnár György</i>	68
<i>Kocsis Albert</i> válasza	68
<i>Borsodi Lóránt</i> : Híradástechnikában alkalmazott műanyag burkoló és ragasztó anyagok ..	69
H o z z á s z ó l á s o k :	
<i>Jeney Iván</i>	79
<i>Sós Feodóra</i>	79
<i>Futaki Iván</i>	79
<i>Vancsóné Szmracsányi Ibolya</i>	80
<i>Borsodi Lóránt</i> válasza	80
<i>Almássy György</i> : A termisztor	81
H o z z á s z ó l á s o k :	
<i>Csapó Ferenc</i>	91
<i>Gergely György</i>	91
<i>Fischer Tibor</i>	91
<i>Boglár Gyula</i>	92
<i>Somló József</i>	92
<i>Almássy György</i> válasza	92

Tardos Lászlóné : Nyomatott áramkörök technológiája	93
H o z z á s z ó l á s o k :	
<i>Borsodi Lóránt</i>	99
<i>Gaál Egon</i>	99
<i>Dénes Péter</i>	99
<i>Tardos Lászlóné válasza</i>	100
Mitterholczér Béla : Újabb típusú ellenállások a híradástechnikában	101
H o z z á s z ó l á s o k :	
<i>Neuhof Suski László</i>	107
<i>Peres Tibor</i>	107
<i>Mitterholczér Béla válasza</i>	107
Czeglédy Károly : Újabb eredmények a hazai potenciométer gyártásban	109
H o z z á s z ó l á s o k :	
<i>Molnár János</i>	115
<i>Magyari Endre</i>	115
<i>Czeglédy Károly válasza</i>	115
Bráda Ferenc : Fémezett papírkondenzátorok	117
H o z z á s z ó l á s o k :	
<i>Fazekas Endre</i>	124
<i>Katona János</i>	125
<i>Magyari Endre</i>	125
<i>Bráda Ferenc válasza</i>	125
Ludányi József : Műanyagdielektrikumú kondenzátorok	127
H o z z á s z ó l á s o k :	
<i>Kőrösy Ferenc</i>	136
<i>Istvánffy Edvin</i>	136
<i>Mikes János</i>	136
<i>Czeglédy Károly</i>	137
<i>Borsodi Lóránt</i>	137
Katona János : Eredményeink az elektrolitikus kondenzátorok fejlesztésében	139
H o z z á s z ó l á s o k :	
<i>Kőrösy Ferenc</i>	151
<i>Mitterholczér Béla</i>	151
<i>Glosz Károly</i>	151
<i>Katona János válasza</i>	151
Rátkay György : Híradástechnikai alkatrészek különleges mérései	153
H o z z á s z ó l á s o k :	
<i>Dallos András</i>	163
<i>Deák Pál</i>	163
<i>Katona János</i>	164
<i>Rátkay György válasza</i>	164
Ács Ernő : Kutatási eredmények bevezetése az iparba	165

MEGNYITÓ*

KOLOS RICHÁRD,

a műszaki tudományok kandidátusa, kohó- és gépipari miniszterhelyettes

Örömmel üdvözlöm ennek a konferenciának a megrendezését. A híradástechnika Magyarországon a tradíciós iparok közé tartozik. Felszabadulásunk óta a magyar híradástechnika dolgozói erejük megfeszítésével, komoly eredményeket értek el. Mégis meg kell állapítani, hogy ennek az iparágak a fejlesztésében követtünk el hibákat. Sok mulasztás terhel bennünket különösen abban, hogy a fejlesztés irányában bizonyos mértékig a könnyebb ellenállás útján jártunk. Nagyobb mértékben foglalkoztunk szerkezetek, kapcsolások, elvi megoldások, mint a fontos alapanyagok és alkatrészek fejlesztésével. Ez az aránytalanság a kutatástól kezdve a gyártásig mindenütt megmutatkozott. Ilyen körülmények között további fejlesztésünknek egyik gátjává kezdett válni az alapanyagok elvi kérdéseinek a tisztázatlansága, és ezek fogyatékos gyártása következtében a minőségi és mennyiségi nehézségek egyre erősebben megmutatkoztak. Üdvözlöm az Akadémiának és az Egyesületnek azt az elhatározását, hogy ezt a konferenciát elsősorban ezeknek az alapkérdéseknek a tisztázására hívta össze. Nem mintha csak ezek volnának a megoldandó kérdések, de ha helyesen és jól akarunk eljárni második ötéves tervünk során, akkor helyes, ha a híradástechnika tudósai, kutatói, szerkesztői és többi dolgozói világosan látják maguk előtt, hogy a minőségi és az ezen alapuló mennyiségi problémák kulcskérdése az alapanyag. E kérdéseket a sorra kerülő előadások elég szélesen tárgyalják és a konferencia biztosan egy sor más problémát is tisztázni fog. Remélem, hogy a háromnapos konferencia a következő időszakokra nagy segítséget fog jelenteni mind az ipar vezetése, mind a termelés lebonyolítása tekintetében. Szeretném hangsúlyozni, hogy a vita csak akkor lehet termékeny, ha az elhangzott javaslatok szilárd talajon állnak. Ezen elsősorban azt értem, hogy iparunk fejlesztése keretében nem szabad megfélemlenünk a reális lehetőségekről, és be kell látnunk, hogy eddig nem vizsgáltuk meg eléggé sem a tárgyi, sem a szellemi téren rendelkezésre álló tartalékainkat, hogy adott eszközeinkkel mi az a maximum, amit teljesíteni tudunk. Sokszor megengedtük magunknak azt a könnyebbséget, hogy erőink összefogása helyett hagytuk szétesni a

* A Híradástechnikai Konferencián 1955. október 20-án elhangzott előadás kivonatos szövege.

folyó munkát is, a kutatásban, szerkesztésben és a gyártásban egyes problémák megoldására a legjobb erőket nem mindig vontuk össze. Így egy sereg probléma, amelyek elvi kérdéseit már elég régen tisztáztuk, nem jutott még el a megfelelő megvalósításig. Arra kérem a konferencia résztvevőit, hogy javaslataiknál, a témákkal való foglalkozásnál arra helyezték a legfőbb súlyt, hogyan tudunk előbbre jutni a nyitott kérdések megvalósításában a népgazdaság minimális megterhelése mellett. Sokszor elhangzanak összehasonlítások fejlett ipari államok ráfordításaival. A magyar népgazdaság a számok területén nem tud versenyezni. Nincsenek lehetőségeink arra, hogy akár a Szovjetunió, akár egyes fejlett nyugati híradástechnikai iparok ráfordításaival versenyezzünk, de arra megvan a lehetőségünk — hála dolgozó népünk igyekezetének, szakembereink magas színvonalú tájékozottságának és képességének —, hogy jól kiválasztva a legdöntőbb kérdéseket, helyesen felismerve az egyszerű, gyors megoldások lehetőségeit, sok területen biztosíthassuk a magyar ipar számára az élenjárást, számos gyártmányban kiverekedhessük magunknak azt a hírnevet, amely híradástechnikai iparunk tradíciója folytán a magyar híradástechnikai ipart meg is illeti. Vitáink során tehát szükségesnek látom, hogy a viszonyaink adta körülmények felismerésével szerények legyünk követelményekben és nagyigényesek legyünk azokkal a követelményekkel kapcsolatban, amelyeket magunkkal szemben támasztunk. Még egyszer üdvözlöm a konferenciát és annak a reményemnek adok kifejezést, hogy a konferencia jó eredménnyel fog zárulni és megindítója lesz a további, hasonló formában folytatott tárgyalásoknak.

•

A HÍRADÁSTECHNIKAI KONFERENCIA HATÁROZATA

A Konferencia megállapítja, hogy a híradástechnikai ipar fejlesztése érdekében alapvető fontosságú a különleges híradástechnikai anyagok és alkatrészek kutatása és fejlesztése, valamint ezek eredményeinek bevezetése a hazai gyártásba. E célok előmozdítása érdekében a tanácskozások tárgykörébe felvett anyagok és alkatrészek tekintetében a Konferencia az alábbi legsürgősebb teendőkre hívja fel az illetékes kormányzati szervek figyelmét:

1. Javasoljuk, hogy a KGM Híradástechnikai Igazgatóság tegye lehetővé, hogy a kutatásban már kifejlesztett ferrit-típusok kísérleti üzemi gyártása minél hamarabb megkezdődjék. Ebből a célból a szükséges beruházási keretet 1956-ra biztosítani kell.

2. A magnetofon szalagok fejlesztése a külföldi színvonalra a jelenlegi keretek között nem látszik biztosítottnak. Javasoljuk, hogy a szalaggyártáshoz szükséges vasporok fejlesztését, valamint a szalagok korszerű gyártási technológiájának a kidolgozását a KGM Híradástechnikai Igazgatóság iktassa be a híradástechnikai kutató intézetek 1956. II. félévi tervébe.

3. Javasoljuk, hogy a Tárcaközi Híradástechnikai Tanács létesítsen bizottságot, melynek feladata a híradástechnikai ipar számára szükséges szilikonfajták meghatározása és az ipari szükségletek mennyiségének felmérése, továbbá javaslatok kidolgozása a szükséges fajtáknak megfelelő minőségben való biztosítására.

4. Javasoljuk, hogy a KGM Híradástechnikai Igazgatóság vizsgálja meg, hogy a hazai nyomtatott áramkör-technológia fejlesztése érdekében elsősorban milyen nyomtatott áramkör-típus megvalósítására van szükség. Ennek megállapítása után gondoskodjék a kutató és fejlesztő munka meggyorsításáról és ezek eredményei alapján a kiválasztott típus sorozatgyártását haladéktalanul rendelje el még abban az esetben is, ha a sorozatgyártás eredménye gazdaságilag nem teljes mértékben használható.

5. A Konferencia megállapítja, hogy a termisztorokban rejlő nagy műszaki előnyök gazdasági kihasználását elő kell mozdítani. Ezért javasoljuk, hogy a Tárcaközi Híradástechnikai Tanács létesítsen bizottságot, melynek feladata,

hogy a hazai kutatási és fejlesztési eredmények alapján fentiekre dolgozzon ki részletes javaslatot.

6. A Konferencia megállapítja, hogy az elektrolitikus kondenzátorok terén párhuzamos kutatás és fejlesztési munka folyik, ezért javasolja, hogy a KGM Híradástechnikai Igazgatóság gondoskodjék a felesleges párhuzamoságok kiküszöböléséről, és biztosítsa az e téren elért eredmények egységes és legcélszerűbb felhasználását.

7. A Konferencia megállapítja a hazai mágneses kutatások további és fokozott ütemű fejlesztésének szükségességét és javasolja a mágneses kutató és fejlesztő részlegek megerősítését a II. ötéves tervben.

8. A híradástechnikai iparban elsőrendű szerepe van a különleges lakkoknak és műanyagoknak. Javasoljuk ezért, hogy a KGM Híradástechnikai Igazgatóság létesítsen a Híradástechnikai Anyagok Gyára részlegeként, vagy e vállalathoz hasonló módon, műanyag és szerves kémiai üzemet.

9. Az ellenállás- és kondenzátorgyártás fejlesztése érdekében javasoljuk, hogy a KGM Híradástechnikai Igazgatóság létesítsen a Remix vállalatnál önálló elszámolású technológiai laboratóriumot, mely a termelő üzemből mentesítse a kutatási eredmények bevezetésére irányuló kísérleti gyártástól.

10. A Konferencia örömmel veszi tudomásul, hogy a nagyfrekvenciás kerámiaüzem létesítésére az intézkedések megtörténtek és rendkívül fontosnak tartja az üzem mielőbbi megindítását.

11. A Konferencia felhívja az Országos Tervhivatal figyelmét arra a körülményre, hogy a kutatási és fejlesztési eredmények ipari hasznosítását a jelenlegi tervezési módszerek általában nem mozdítják elő, sőt egyes esetekben hátráltatják. Például, ha egy gyártmány anyagigényességét a műszaki fejlesztés csökkenti, de a munkai igényesség nem változik, vagy esetleg növekszik, akkor a tervezett létszámkerettel a forintértékben kifejezett termelési terv nem teljesíthető, mivel az egy főre eső termelési érték csökken. Javasoljuk ezért, hogy az Országos Tervhivatal a felvetett kérdést behatóan vizsgálja meg és hozzon intézkedéseket a tervezési metodika olyan módosítására, mely a műszaki fejlesztés előmozdítását biztosítja.

12. A Konferencia a kutatási eredmények tényleges és maximális bevezetése érdekében csatlakozik a Tudományos Akadémiának ahhoz a javaslatához, amely a kutatóintézeteknek, mint jogi személyeknek újítási díjazására vonatkozik. (Hevesi Gyula akadémikus cikke a Társadalmi Szemle 1955. IX. számában, 61. oldal.)

A HAZAI PORVASMAG GYÁRTÁS FEJLESZTÉSE*

DÉNES PÉTER,

Kossuth-díjas, a műszaki tudományok doktora

Azokat a mágneses anyagokat, amelyeket híradástechnikai berendezéseinkben használunk, a múltban — kevés kivételtől eltekintve — külföldről szereztük be. Ezek között az anyagok között fontos szerepet töltek be a porvasmag gyártás alapporai.

Porvasmagokra akkor van szükség, amikor a kis veszteségek mellett az időben és túlterhelés esetén is nagy stabilitást kívánunk meg, tehát leginkább a hangfrekvenciás és a vivőfrekvenciás tartományban, pupinmagokhoz, átviteltechnikai szűrőkhöz stb. A súlyos követelmények folytán ezeken az alkalmazási területeken még ma is a porvasmagok felelnek meg legjobban, bár a legújabb típusú külföldi stabilizált ferritek már sok tekintetben egyenértékűeknek mutatkoznak a porvasmagokkal. A MHz-nél nagyobb frekvencián a porvasmagok jelentősége csökken és szerepüket a jövőben túlnyomórészt ferritmagok veszik át. A pupinmagok esetében viszont ez a kérdés még nyitott és éppen a Távközlési Kutató Intézetben kidolgozott új porvasmag gyártási módszerekkel elért nagy permeabilitások és kis veszteségi tényezők arra engednek következtetni, hogy egyes különlegesen kényes alkalmazási kérdések porvasmagokkal még hosszú ideig előnyösebben lesznek megoldhatók.

Bár a világ porvasmag gyártása igen nagy és évente néhány ezer tonnát tesz ki, ez a gyártás és különösen az alapporgyártás, kizárólag néhány nagy ipari államra korlátozódott és ennek következtében hazai pupiniparunk importnehézségek miatt az utóbbi időben csak korlátozott mértékben termelt. Iparunk fenntartása, illetőleg felfejlesztése csak úgy volt lehetséges, hogy a kulcsanyag, a porvasmagok előállítását hazánkban is megvalósítjuk. E feladat nem látszott könnyűnek, és a nehézségekre már abból is következtetni lehetett, hogy ez eddig csak a legnagyobb ipari államokban sikerült.

A műszaki problémák abból adódnak, hogy a porvasmagoknak a nagy permeabilitás mellett kis veszteségi és nagy stabilitási tényezőkkel kell rendelkezniük. A veszteségi tényezők a következők:

* A Híradástechnikai Konferencián 1955. október 20-án elhangzott előadás.

1. A hiszterézis veszteségi tényező, μa ;
2. örvényáram veszteségi tényező, μe ;
3. maradék veszteségi tényező, μc .

E veszteségi tényezőknek a mag jóságára való hatását legegyszerűbben a veszteségek okozta ellenállásnövekedéssel adhatjuk meg. A hiszterézis veszteség okozta ellenállásnövekedés $R_a = \mu a L B f$, az örvényáram veszteség okozta ellenállásnövekedés $R_e = \mu e L f^2$ és a maradék veszteség okozta ellenállásnövekedés $R_c = \mu c L f$, amely képletekben L a tekercs önindukciója Hy-ben, B a mágnesezési ciklusban fellépő legnagyobb mágneses indukció Gaussban és f a frekvencia Hz-ben.

Hangfrekvenciás magoknál a legnagyobb problémát a hiszterézis veszteségi tényező kis értéken tartása jelenti. Ez szükséges, mert ennek értéke szabja meg a fellépő felharmonikusok, illetőleg a nem lineáris torzítás nagyságát. Vívőfrekvenciákon a jósági tényezőt erősen befolyásolja az örvényáram veszteségi tényező, amelyet ilyen magoknál kis értékre kell korlátozni. A hiszterézis veszteségi tényező általában az alapanyag koercitív erejétől, a mágneses por szemcseméretétől és a gyártási technológiától függ. Az örvényáram veszteségi tényező az alapanyag fajlagos ellenállásától, a szemcsék méretétől és a szemcsék elszigeteltségének tökéletességétől függ. A maradék veszteség elsősorban bizonyos metalloid és gáznemű szennyezések nagyfokú távoltartása esetén korlátozható kis értékre.

A magok stabilitását három különböző fajta igénybevétel által okozott permeabilitás változás mértékével mérjük. A magok hőfok stabilitásán egyrészt a permeabilitás 1 C° hőmérsékletváltozásra eső százalékos változását, másrészt egy hőciklus után visszamaradó állandó permeabilitás változást értjük. A magok időbeli stabilitása meghatározott ideig tartó tárolása mellett észlelhető százalékos permeabilitás változás. A magok mágnesezési stabilitása a permeabilitás százalékos változásának mértéke, bizonyos időtartamú erős, egyenáramú mágnesezés után meghatározott idővel mérve. Ez utóbbira a CCIF előírása azt mondja ki, hogy az egyenáramú mágnesezés $0\text{--}46\text{ Oe}$ közötti tetszés szerinti térerő 5 mp -es alkalmazása után 5 perccel , az induktivitás változás 2% -nál nagyobb nem lehet.

Mint minden híradástechnikai berendezésben, a hang- és vívőfrekvenciás porvasmagoknál is kívánatos a méretek csökkentése. A méretcsökkenés kizárólag a permeabilitás növelésével nem érhető el, hanem szükséges a veszteségek megfelelő arányosítása is. Különösen fontos, hogy a permeabilitás növelésével a hiszterézis veszteségi tényező is megfelelő mértékben csökkenjen, miután a vasmag egész hiszterézis vesztesége azonos frekvencián a μa hiszterézis veszteségi tényezőn kívül a μ/V négyzetgyökével is arányos, ahol V a mag köbtartalma. Ha tehát pl. a permeabilitás értékét kétszeresére növeljük, a mag méretét csak úgy tudjuk felére csökkenteni, ha egyidejűleg a μa értéke is felére csökken. Ebben az esetben a tekercs hiszterézis állandója nem változik.

Régebbi előadásokból már ismert, hogy a hazai porvasmag alapanyagainak gyártását elektrolitikus eljárással kezdtük meg. Ezzel az eljárással sikerült a hang- és vivőfrekvenciás carbonilvas alapú porvasmagok mágneses adatait elérni. A tömeggyártásban három típusú porvasmag gyártása kezdődik, amelyeknek átlagos jellemző adatai a következők:

Típus	μ	μ_a	μ_e	μ_c	Hőfoktényező %	Mágnesezési stabilitás %
EF-30	30	$0,6 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$6 \cdot 10^{-3}$	+0,04	0,5
EF-45	45	$0,8 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$6 \cdot 10^{-3}$	+0,04	1
EF-50	50	$0,9 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-6}$	$6 \cdot 10^{-3}$	+0,04	1,5

E magok tömeggyártása a hazai pupinmag gyártást és átviteltechnikai magok gyártását vas alapon megoldja és jelentékeny exportot tesz lehetővé mind kész pupinegységekben, mind vasmagokban. A magok gyártása a Híradástechnikai Anyagok Gyárában történik, vertikálisan, az alapporoktól egészen a kész magokig.

Különös problémát jelentett a mágnesezési stabilitás értékének javítása. E jelenségek alapjaival viszonylag kevés dolgozat foglalkozik, és nincs is még egyértelműen elfogadható, gyakorlatilag is jól alátámasztott elmélete. Erős, közel telítésig felmágnesezett mag ugyanis a mágnesező mező levétele után először kisebb-nagyobb permeabilitásnövekedést mutat, majd permeabilitása az időben előbb gyorsan, utána lassabban esni kezd. Az így leírt görbe jellemző értékei nagyon függenek a mag porának vegyi és fizikai struktúrájától, szennyezéseitől, a vasszemcsék távolságától, a porvasmag készítés technológiájától stb. Irodalmi adatok szerint a permeabilitás változás 5 percnél található értéke lényegesen csökkenthető a metalloid és gázzszennyezések csökkentésével. Ezt magunk is tapasztaltuk. Kedvező hatást mutat a por őrlési idejének növelése, egyrészt a szemcseméretnek csökkentése, másrészt a szemcsealak simítása, koptatása következtében. Igen fontos a szigetelés tökéletessége. A stabilitás az egyenletes szigetelést érzékenyebben jelzi, mint az örvényáram veszteségi tényező. Lehetséges ugyanis, hogy adott mennyiségű szigetelőanyaggal már minden ferromágneses szemcse körül van véve, de a szigetelőréteg vastagsága nem egyenletes. Ennek következtében egyes vasszemcsék közelebb, mások távolabb esnek egymástól az átlagosan számítható köznél. Miután a mag stabilitása javul a szemcseközti távolság nagyságával, optimumot az adott szigetelőanyag összmenyiségnél a változó távolságok variációiból akkor nyerünk, amikor minden szomszédos szemcse közötti távolság egyenlő. Ez a számítás jól egyezik a kísérletekkel. A szigetelés tökéletességének fokozásakor az örvényáram veszteségi tényező esetleg már nem javul tovább, mert minden ferromágneses szemcse villamosan szigetelt egymástól, de a stabilitás értéke még egy minimumra csökkenthető. Lényeges szerepe van a stabilitás szempontjából továbbá a sajtózási nyomásnak, amellyel az 5 perc után mérhető instabilitási érték majdnem lineárisan változik. E módszerekkel sikerült az EL-45 típusú magok mágnesezési stabilitását üzemszerűen is 1%-nál kisebb értékre leszorítani.

A minőség javítása és a méretek csökkentése érdekében az elektrolitikus eljárást vasnikkel alapú porvasmagok előállítására is kiterjesztettük, sőt a Távközlési Kutató Intézetben kísérleteket végeztünk kettőnél több alkotós, új összetételű porvasmagok előállítására. A kísérletek folyamán előállítottunk 70 és 160 permeabilitás közötti porvasmagokat és az új eljárás lehetőséget nyújt a permeabilitás kiterjesztésére 200-ig, sőt esetleg még annál is nagyobb értékekre. Egy 200-as permeabilitású porvasmag az EF—45 mag méretét a fentiek szerint azonban csak akkor csökkenti pl. 1 : 4 arányban, ha a hiszterézis veszteségi tényezője legfeljebb $0,2 \cdot 10^{-3}$.

A 70-es permeabilitású porvasmagok kevés, kb. 60% nikkelt tartalmaznak, mert ilyen összetételben is megfelelő mágneses adatokat szolgáltatnak. A 90-es permeabilitású porvasmagok nikkeltartalma 70%, míg a 110 és nagyobb permeabilitású porvasmagok nikkelhányada kb. 80%. Méréseink szerint a magok hőfoktényezője 0,01%, tehát mintegy a fele a nem stabilizált molibden-permalloy magoknak. A vasalapú és vasnikkel alapú porvasmagon végzett időbeli stabilitásra vonatkozó vizsgálataink általában egy évnél rövidebbek, de ez idő alatt a négyjegyű pontossággal elvégzett mérések eltérést — a mérési hibán belül — nem mutattak ki.

A nikkeltartalmú különböző permeabilitású porvasmagok tömeggyártása a Híradástechnikai Anyagok Gyárában 1956-ban megindul, és egy-két év alatt a tervek szerint lehetőség nyílik arra, hogy részben a külföldi minőségnek megfelelő, részben az azt túlszárnyaló magokból komoly export fejlődjék ki.

Az újfajta ferromágneses por gyártása általában a következő technológiai műveletekből áll : elektrolitikus leválasztás olyan körülmények között, hogy az egynemű vagy ötvözött por 2—10 μ nagyságú szemcseméretekkal bírjon. Könnyű őrlés, nem a szemcsék aprítására, hanem az összetapadó szemcsék elválasztására. Oxidációs művelet az esetleg megmaradó és oxidációval eltávolítható szennyezések kiküszöbölésére, továbbá strukturális befolyásolásra. Hőkezelés redukáló atmoszférában a fizikai szerkezetek kialakítására és a mágneses paraméterek beállítására. Szigetelés a szigetelőanyag intenzív, lassú beszárítás közbeni hozzákeverésével ; végül sajtolás és a kész mag hőkezelése.

Az egyes technológiai lépések részletes leírása ez előadás keretében nem volna helyénvaló. Néhány műszaki megfigyelést azonban röviden megemlíthetünk.

Az elektrolitikus leválasztásnál nem csupán arra kell törekednünk, hogy az elektrolitikus folyamatoknál oly könnyen véghezvihető tisztítás minél pontosabban megtörténjék, hanem arra is, hogy a leváló szemcsék a későbbi hőkezelések együttes hatására kedvező mágneses struktúrájúak legyenek. Ebből a célból kívánatos, hogy a leválás ne legyen a nagy katódáramsűrűségeken előforduló ágas-bogas leválás, hanem a katód-lemezre ujjal is szétmorzsolható, kásás réteg csapódjék le. Ezt az elektrolitikus fürdő fizikai és kémiai állapotával lehet biztosítani, de aránylag csak szűk toleranciák között. A fürdőnek egyen-

letesen tartása tehát fontos technológiai feladat. Igen fontos az őrlés idejének és a golyók méretének és mennyiségének összeállítása, mert az őrlési folyamatok a veszteségi tényezőkre és a stabilitásra befolyással bírnak. A gyártás folyamán őrlést többször kell alkalmazni, mégpedig a különféle hőkezelések után. Messze-menő behatást gyakorol a ferromágneses porok mágneses tulajdonságaira a hőkezelés ideje és foka. Vasporoknál pl. a hőkezelési idő és a hőkezelési hőmérséklet növelésével a permeabilitás és a hiszterézis veszteségi tényező egyaránt nő, de nem egyforma mértékben. Így kidolgozhatunk olyan hőkezelési hőmérsékletet és időtartamot, amelyeknél a permeabilitás nagyobb mértékben emelkedik, mint a hiszterézis veszteségi tényező. Épp a hőkezeléssel tudunk kisebb permeabilitással a Carbonil C-nél kisebb hiszterézis veszteségi tényezőt elérni, egész $0,4 \cdot 10^{-3}$ értékig, míg más hőkezeléssel 50-es permeabilitású porvasmagokat készíthetünk $0,8-0,9 \cdot 10^{-3}$ nagyságú hiszterézis veszteségi tényezővel. Természetesen ez az eljárás nem nyújt lehetőséget arra, hogy a Carbonil E hagymaszerkezetéből adódó rendkívül kis hiszterézis veszteségi tényezőt is el lehessen érni.

A vasnikkel és többalkotós ferromágneses porok elektrolitikus leválasztásánál az összetétel kis tűrésen belüli állandóságát kell megvalósítani. Ezt az elektrolízissel kapcsolatos újszerű módszerekkel nagyobb pontossággal érhetjük el, mint a kohászatban lehetséges. A hőkezelésnél minél magasabb hőmérsékletre kell törekednünk, de mégis ennek határt szab az, hogy a ferromágneses szemcsék méretei kristálynövekedés következtében ne nőjjenek meg a kívánt határon túl. Ennek megakadályozására a szigetelő anyag egy részét már a hőkezelés előtt a porhoz kell keverni.

A permalloy típusú porokból készült magokat sajtolás után viszonylag magas hőmérsékleten kell hőkezelní. Az ilyen magok tehát csak kerámia szigetelőanyaggal készült porokból sajtolhatók. A szigeteléssel szembeni követelmények igen nagyok. 200-as permeabilitást csak úgy érhetünk el, ha a szigetelőanyag térfogata a ferromágneses alappor térfogatának legfeljebb 1%-a. Ez azt jelenti, hogy az átlag 10μ nagyságú szemcséket 1—2 tized μ vastagságú szigetelőréteg vonja be. E szigetelőrétegnek ezenkívül a nagy nyomást és a kb. 600 C° hőkezelést is bírnia kell.

Vékony hártyszerű szigetelőanyaggal, amely gyakorlatilag minden szemcsét villamosan elszigetel egymástól, a porvasmagok elméleti permeabilitás határa 300 körülire tehető. A permeabilitást ilyen esetben gyakorlatilag a szigetelőanyag mennyisége szabja meg. Ha ugyanis a ferromágneses fém kezdeti permeabilitását akár végtelen nagynak vesszük is, a ferromágneses és nem ferromágneses anyagok váltakozásából álló lánc eredő permeabilitása közelítőleg $\mu \approx \frac{3}{p}$, ahol p a szigetelőanyag térfogathányada. Olyan tökéletes szigetelés, amely minden szemcsét körülvesz, az adott anyag- és méretviszonyok között legalább 1 térfogatszázalék, vagyis kb. 0,3 súlyszázalék és ebből becsülhető a porvasmagok határpermeabilitása 300-ra.

Ha azonban a szigetelőanyag permeabilitása 1-nél nagyobb, mondjuk μ_s , és ez a ferromágneses por kezdeti permeabilitásához viszonyítva elhanyagolható, akkor a porvasmag permeabilitása közelítőleg $\mu \approx \frac{3}{p} \mu_s$. Ilyen szigeteléssel, amely pl. ferritekkel valósítható meg, az előbbivel azonos viszonyok mellett már egy $\mu_s = 5$ G/Oe permeabilitású anyag is 1500 határpermeabilitást ad. Kétségtelen, hogy ferromágneses szigetelőanyagokkal nem tudjuk ugyanazt a tökéletes vékony szigetelőhárttyát elérni, mint oldatokból kiválasztott szigetelőrétegekkel; a p értéke tehát nagyobb kell hogy legyen ferritszigetelésnél. Ezzel szemben a $\mu_s \approx 100$ is könnyen elérhető.

A porvasmagok permeabilitása tehát ezen az úton igen jelentékeny mértékben növelhető. Ez az eljárás egyesíti magában a fémes és nem fémes ferromágneses anyagok előnyeit és bármelyik anyag továbbfejlesztése is következik be, a kombináció is előnyösebbé válik. Miután a ferromágneses szigetelőanyag mennyisége sokkal kisebb a fémpor mennyiségénél, e porvasmagban a ferritszerű szigetelőanyagok hátrányai, pl. nagyobb hiszterézis veszteség, rosszabb idő-, vagy hőfok stabilitás, alig érződik, mert hatásuk térfogatuk függvényében lecsökken.

Mágneses anyagokból alkotott keverékek mágneses paramétereinek számításánál, ha az egyik anyagból lényegesen többet veszünk, mint a másiktól, homogén keverékek esetén elégséges közelítés, ha csak az erővonal irányába eső megoszlást vesszük figyelembe, mert a paralel erővonalszálak sűrűségkülönbsége nem okoz lényeges számítási eltérést. Jelöljük az egyik anyag jellemzőit 1, a másikat 2 indexszel és a keverékét 0 indexszel. Az erővonalfluxus sorbkapcsoltsága következtében az eredő permeabilitás

$$\frac{1}{\mu_0} = \frac{S_1}{\mu_1} + \frac{S_2}{\mu_2},$$

ahol S_1 és S_2 az egyes anyagokra eső erővonalhosszat jelenti 1 cm összes úthosszból — vagyis a vonalmenti megoszlást a két anyag között. Az egyes anyagokra a kis átmágnesezés folytán érvényesek a Raleigh-egyenletek:

$$B_i = \mu_i H + n_i H^2 \quad (i = 0, 1, 2),$$

ahol B az indukció, H a térerősség és n egy állandó. Az egyenletekből H -t a másodfokú egyenlet megoldásának két tagig terjedő sorbfejtésével kifejezve, kapjuk:

$$H = \frac{B_i}{\mu_i} - \frac{n_i B_i^2}{\mu_i^3} \quad (i = 0, 1, 2).$$

E három egyenletből végül az indukció megoszlásra lineáris közelítést alkalmazva és figyelembe véve, hogy a hiszterézis veszteségi tényező értéke :

$$\mu a = k \cdot \frac{n}{\mu^2},$$

kapjuk, hogy

$$\mu_0 a_0 = s_1 \mu_1 a_1 + s_2 \mu_2 a_2.$$

Ez az egyenlet például jól megmagyarázza azt a mérésekből ismertényt, hogy porvasmagoknál a μa tényező értéke eléggé független a permeabilitás értékétől, feltéve, hogy minden egyes szemcse el van egymástól szigetelve. Valóban, ha a szigetelőanyag permeabilitása 1, akkor $n_2 = 0$ és $s_1 \mu_1 a_1 = \mu a$ értéket kapunk, vagyis a mag hiszterézis veszteségi tényezője éppen csak a szigetelőanyag mennyiségének növelése arányában csökken egy keveset.

Egy példát kidolgozva, tegyük fel, hogy a fémes ferromágneses anyag permalloy, amelynek kezdeti permeabilitása pl. $\mu_1 = 10\,000$ és a hiszterézis veszteségi tényezője $\mu_1 a_1 = 0,2 \cdot 10^{-3}$; a szigetelés pedig egy Ferroxcube III típusú ferrit, $\mu_2 = 1000$ és $\mu_2 a_2 = 1 \cdot 10^{-3}$. Legyen a szigetelőanyag térfogat-százaléka 25%, akkor közelítőleg $s_2 = 0,2$. Kiszámítva az eredő értékeket, $\mu \cong 3000$ és $\mu a \cong 0,35 \cdot 10^{-3}$. Ilyen porvasmagokból légréssel a jelenlegi molibden permalloy porvasmagok egy negyedét kitevő méretű pupinmagok lennének készíthetők.

Sajnos hazai kutatási kapacitásunk korlátozottsága folytán eme új porvasmagokkal még nem foglalkozhattunk, bár az elgondolás még 1950-ből származik. Kétségtelen, hogy ez a kutatás igen komoly technikai feladatok megoldását kívánja, mert olyan fizikai és termikus kezeléseket kell végrehajtani, amelyeket a fémes és nem fémes ferromágneses anyagok külön-külön megkívánnak anélkül, hogy az egyik alkotó anyaghoz szükséges jellegű és atmoszférájú kezelés a másik alkotó anyagnak ártana.

Megvizsgálva a hazai porvasmag gyártásunk fejlődését és összehasonlítva azt a nemzetközi szinttel, megállapíthatjuk, hogy a kutatások megindulása óta eltelt $4\frac{1}{2}$, illetőleg a tömeggyártás kezdete óta eltelt egy év alatt hazánk ebben az iparágban nagy előrehaladást tett. A nagyfrekvenciás porvasmagoktól eltekintve — amelyeknek műszaki megoldását a jövőben ferritalapon tervezzük — a nemzetközi katalógusokból ismert és mint már említettem, csupán néhány nagyipari államban gyártott hang- és vivőfrekvenciás porvasmagokat azonos minőségben oldottuk meg, részben nagyüzemi tömeggyártásban, részben kutatási méretben. Az elért veszteségi tényezők laboratóriumi mintákon megegyeznek a legjobb külföldi mintadarabok adataival és általában jobbak annál, amit a nagy gyárak katalógusai jellemző értéként megadnak. Kutatási eredményeink azt ígérik, hogy tömeggyártásban is sikerül majd néhány éven belül közel 200-as

permeabilitású porvasmagokat készíteni, ami világviszonylatban is új ipari termék. Végül az új alapanyagok birtokában foglalkozhatunk majd a ferromágneses szigetelőanyagú porvasmagok fejlesztésével is.

HOZZÁSZÓLÁSOK

JUVAN CZ ENDRE

Hozzászólásomban egy műszaki és egy gazdasági kérdéssel kívánok foglalkozni.

Műszaki szempontból a felhasználás tekintetében szeretném kiegészíteni Dénes et. előadását. Az előadásban azt hallottuk, hogy a vasmagos tekercseknél a helyszükséglet, illetőleg az ezel arányos súly a felhasznált vasmag permeabilitásával fordítottan arányos. Ez így is van abban az esetben, ha az áramköri felhasználás szempontjából a hiszterézis veszteség a döntő a különféle veszteségek közül és sikerül a permeabilitás növelésével együtt a hiszterézis veszteséget megfelelő alacsony értéken tartani.

Szeretném felhívni a figyelmet azonban arra, hogy olyan esetekben, amikor a hiszterézis veszteség szerepe nem döntő fontosságú, olyankor a súly, illetőleg térfogatcsökkenés nem a permeabilitás első, hanem 3/2 hatványával fordítottan arányos.

Természetesen szükséges az, hogy a növekvő permeabilitás mellett az örvényáramú és maradék veszteségi tényező ne mutasson növekvő jelet. Ilyen alkalmazási helyeken tehát a permeabilitás növekedése rohamos súly- és méretcsökkenést eredményezhet.

Gazdasági szempontból a Carbonil C port helyettesítő új eljárással készülő por értékét nem egyszerűen az import megtakarítás adja meg, hanem tekintetbe kell venni azt, hogy sok esetben a Carbonil C por importja éppen olyankor nem volt lehetséges, amikor arra éppen a legnagyobb szükség lett volna. A Carbonil C por hiánya miatt nem megvalósítható híradástechnikai létesítmények értéke magának a pornak az értékét sokszorosan túlta felül. E kiszolgáltatott helyzetünkből jutottunk el, az ismertett fejlesztés alapján, első lépcsőként a gazdasági önellátás helyzetébe és fogunk remélhetőleg tovább fejlődni az exportáló helyzetébe. Export szempontból elsősorban természetesen a kész vasmagok jönnek számításba egyrészt azért, mert ez munkaigényesebb és így valutahozama kedvezőbb, másrészt a felhasználási technológia következtében keletkező műszaki viták így elkerülhetők. Ilyen viták a helyi felhasználásnál is voltak a Beloiannisz Híradástechnikai Gyár és a Híradástechnikai Anyagok Gyára között, de ma már a félreértések tisztázódása után világosan látjuk, hogy az ismertett eljárással készített porból préselt vasmagok az előírt műszaki feltételeket teljes mértékben kielégítik.

A további minőségjavítás a por felhasználásával készülő gyártmányaink exportpiacának kiszélesítését fogja eredményezni és itt is megragadom az alkalmat, hogy felhívjam a figyelmet ezen körülmény fontosságára abból a célból, hogy a fejlesztés ütemét meggyorsítsuk.

ISTVÁNFFY EDVIN

Dénes et. előadásából kitűnt, hogy a porvasmagok stabilitásának fokozására komoly kutató munkát fordítottak és értékes eredményeket értek el. Külső behatásból eredő áramlökés megváltoztathatja a pupin vasmagok önindukcióját. Erre vonatkozólag a CCIF 5 perces vizsgálatot ír elő. Új alapanyagokból készült vasmagoknál indokolt a lökés után hosszabb ideig is megfigyelni az önindukció változását. Példa erre a Carbonil C-nél tapasztalt lassú változás, amiért a német posta 72 órás vizsgálatot rendszeresített. Kérnék erre vonatkozólag is tájékoztatást.

Több összetevős permalloy porvasmagokkal kapcsolatban Dénes et. rámutatott arra, hogy $\mu = 200$ esetén $\mu a = 0,2 \cdot 10^{-3}$ hiszterézis állandó szükséges a mag kellő méretcsökkenéséhez. Lehet-e számolni fenti értékek elérésével?

POZSGAI VILMOS

A hazai porvasmag gyártás megvalósításával és továbbfejlesztésével egy új iparág megalapozása és fejlődése indult meg. A tapasztalat azt mutatta, hogy ha a laboratóriumi kutatás folyamán az egyes munkafolyamatokat minden kis részletében ki dolgozzák is, üzemi gyártásnál, a méretek nagyarányú megnövekedése folytán, számos olyan probléma merül fel, ami a

kutató munkánál nem jelentkezett. Ezeket a felmerülő feladatokat két csoportra oszthatjuk. Az egyik: speciális nagyméretű berendezések megszerkesztése és beállítása, mivel a gyártási eljárás az ismert üzemeiktől teljesen eltérő sajátossága és az egyes műveletek technológiai precizitása miatt több olyan speciális felszerelés, gép felállítása volt szükséges, amelyeknek nincsenek meghatározott típusai. A másik probléma a gyártott alkatrész elmélete szempontjából érdekes. A nagy mennyiségek gyártásakor és mérésekor ugyanis olyan jelenségek merülhetnek fel, amelyek csak statisztikusan jelentkeznek, kis számok esetén a kutatók nem észlelik. Az üzemi szakembereknek és a kutatóknak tudásuk legjavát kellett adniuk a problémák megoldásához. Azért kell ezt megemlíteni, mert a fiatal mérnökök nagy része idegenkedik az üzemi munkától. Az üzemi szakember munkáját sablonosnak képzelik, holott az elhangzott előadás is megmutatta a híradástechnikai alkatrészgyártás fejlődésének nagy perspektíváját és egyben mind a kutatók, mind az üzemi szakemberek szakmai fejlődésének tág lehetőségeit.

DÉNES PÉTER válasza:

Köszönöm a hozzászólók értékes kiegészítéseit és megjegyzéseit.

Juvancz et. kiegészítése helyes. Előadásomban súlypontilag pupinmagokról beszéltem, amelyek a legnehezebb kérdést jelentik és ott érvényesek a megadott lineáris viszonyok. Egyéb alkalmazásoknál a helyzet kedvezőbb, amint Juvancz et. azt kiemelte.

Istvánffy et. két kérdést tett fel. A német posta nem fogadta el a CCIF ajánlásait elsősorban azért, mert az általuk gyártott Carbonil C a CCIF követelményeket csak biztonság nélkül teljesíti és a német ipar a saját gyártmányaira alkalmazott előírásokat. A Magyar Posta épp úgy, mint a világ többi nemzete viszont a CCIF ajánlásokat fogadta el és visszautasította azokat a régebbi törekvéseket, amelyeket a Beloianniszi Híradástechnikai Gyár Carbonil C-ből gyártott porvasmagokkal kapcsolatban terjesztett elő és amelyek a német előírások bevezetését célozták.

Méréseink szerint a 0,9 mm vastagságú, korszerű kábelerekhez megadott német előírást az EF-45 típusú magok nagy biztonsággal teljesítik.

A ma már alig gyártott 2 mm vastag érpárákhoz megadott előírások teljesítése — amennyiben ennek szükségessége egyáltalán felmerül — bizonyos fejlesztési munkát megkíván, de a permeabilitásnak egész kis, néhány százaléknyi csökkentésével ez is biztosan teljesíthető.

Istvánffy et. második kérdése arra vonatkozott, hogy $\mu = 200$ esetén $\mu a = 0,2 \cdot 10^{-3}$ hiszterézis veszteségi tényező elérése remélhető-e. Ez az adat előadásomban példaképpen szerepelt; ilyen értéket még laboratóriumban sem értünk el, de a kutatás irányából következően ezt remélni lehet.

Pozsgai et. helyesen mutatott rá, mennyire fontos hely egy új gyártmány bevezetésével foglalkozó gyár fiatal, kezdő mérnökök számára és a tömeggyártás megvalósításakor az érdekelődők részére mennyi új kutatási jellegű probléma is felvetődik.

A MAGNETIT PERMEABILITÁSÁNAK FREKVENCIAFÜGGÉSE MIKROHULLÁMÚ ELEKTROMÁGNESES TEREK BEN*

NAGY IMRE,

PÁL LÉNÁRD,

a fizikai tudományok kandidátusa,

PALLAGI DEZSŐ

Magnetit komplex permeabilitásának frekvenciafüggését vizsgáltuk az 1000—3000 MHz-es tartományban. A méréseket koaxiális tápvonalban elhelyezett, parafinban szuszpendált magnetitporon végeztük. Eredményeink jól megegyeznek az irodalomból ismert adatokkal.

1. Bevezetés

A ferromágneses anyagok nagyfrekvenciás mágneses térben való viselkedésének kutatása mind elméleti, mind gyakorlati szempontból nagy jelentőségű. Új adatokat szolgáltat a ferromágneses anyagok fizikájához és elősegíti a rohamosan fejlődő mikrohullámú technika mágneses anyagigényeinek kielégítését.

Az első ilyen irányú vizsgálatokat Arkadiew [1], [2] végezte. Kimutatta, hogy a nagyfrekvenciás elektromágneses térben fellépő mágnesezési veszteségek miatt a mágnesező tér és az indukció vektorai nincsenek fázisban. A veszteségek fenomenologikus figyelembevételével legegyszerűbben a $\mu = \mu_1 - j\mu_2$ komplex permeabilitás fogalmának bevezetésével lehetséges.

A frekvencia növelésével a permeabilitás csökken és 10^4 MHz körül az anyag teljesen elveszti ferromágneses jellegét [3], [4], [5], [6]. Kisebb frekvenciákon a csökkenés kismértékű, a legtöbb anyagnál kb. $10^3 - 10^4$ MHz körül válik csak jelentékennyé.

Az utóbbi két évtizedben sokan vizsgálták a permeabilitás frekvenciafüggését és keresték ennek magyarázatát. Elméleti téren Landau és Lifschitz [7], Becker [8], Döring [9], Polivanov [10], Akulov és Krincsik [11], Kittel [12], Néel [13] és Pál [14] végeztek jelentős munkát, Potapenko [15], Rado [16], Untermann [17] és Birks [18] mérései pedig sok adatot szolgáltatottak.

Megjegyezzük, hogy az irodalomban sokáig meglehetősen zavar uralkodott a különböző mérések eredményeinek értelmezésében. Kittel [12] szerint a mérési

* Pál Lénárd előadása a Híradástechnikai Konferencián 1955. október 20-án.

eredmények feldolgozására a következő két eljárást használhatjuk. A nagyfrekvenciás kör elméletileg számított $Z_e(\omega, \mu)$ impedanciájának a mért $Z_m(\omega)$ impedanciával való egybevetése alapján meghatározhatjuk a

$$\mu = \mu_1 - j\mu_2 \quad 1,1$$

effektív komplex permeabilitást.

Eljárhatunk azonban úgy is, hogy valós permeabilitás ($\bar{\mu}$) figyelembevételével számítjuk ki a nagyfrekvenciás kör $Z_e(\omega, \bar{\mu})$ impedanciáját. A $Z_e(\omega, \bar{\mu})$ impedancia $R_e(\omega, \bar{\mu})$ valós és $X_e(\omega, \bar{\mu})$ képzetes részeit a mért $Z_m(\omega)$ impedancia $R_m(\omega)$ valós és $X_m(\omega)$ képzetes részével egybevetve az

$$R_e(\omega, \bar{\mu}) = R_m(\omega)$$

és

$$X_e(\omega, \bar{\mu}) = X_m(\omega)$$

1,2

egyenletek alapján két, a μ_1 -től és μ_2 -től különböző μ_R és μ_L permeabilitás értéket határozhatunk meg [μ_R az (1,2) alatti első egyenletnek, míg μ_L a második egyenletnek a megoldása]. A két eljárás közötti lényeges különbség tehát abban van, hogy míg az első eljárásnál a nagyfrekvenciás kör impedanciájának kifejezésében már eleve komplex permeabilitással számoltunk, addig a második eljárásnál valós permeabilitást használtunk.

Az általunk alkalmazott mérési módszer a komplex permeabilitás értékének meghatározását teszi lehetővé.

2. Mérési módszer

Ismeretes [19], hogy egy μ permeabilitású és ε dielektromos állandójú anyaggal kitöltött koaxiális tápvonal hullámellenállása (ellenállás alatt mindig normalizált ellenállást értünk) és a terjedési tényező az anyag permeabilitásával és dielektromos állandójával a következőképpen fejezhető ki:

$$Z = \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}} \quad 2,1$$

és

$$\gamma = j \frac{2\pi}{\lambda_0} \sqrt{\mu\varepsilon}, \quad 2,2$$

ahol λ_0 a szabadtéri hullámhossz.

Látható, hogy Z és γ ismerete — mindkettő komplex mennyiség lévén — elegendő az anyag komplex permeabilitásának és komplex dielektromos állan-

dójának meghatározásához. A feladat tehát eme két mennyiség meghatározása. A mérés elvégzéséhez a vizsgálandó ferromágneses anyaggal d hosszúságban kitöltünk egy üres koaxiális tápvonalat. A tápvonal-elméletből tudjuk, hogy a végén rövidre zárt tápvonal bemenőellenállása a rövidzártól d távolságra

$$Z_r = Z \operatorname{th} \gamma d, \quad 2,3$$

a végén nyitott tápvonal bemenő ellenállása pedig a „szakadás”-tól d távolságra

$$Z_{\bar{u}} = Z \operatorname{cth} \gamma d. \quad 2,4$$

A rövidzárási és üresjáratú bemenő impedanciából Z és γ kifejezhető. A (2,3 és (2,4) szorzatából adódik a következő kifejezés :

$$Z = \sqrt{Z_r Z_{\bar{u}}}. \quad 2,5$$

Ha pedig a kettőt elosztjuk, akkor azt kapjuk, hogy

$$\gamma = \frac{1}{d} \operatorname{arth} \sqrt{\frac{Z_r}{Z_{\bar{u}}}}. \quad 2,6$$

A γ meghatározására komplex argumentumú th -táblázat (20) szükséges. Elkerülhetjük azonban a komplex th -táblázat használatát akkor, ha a $\operatorname{th} \gamma d$ valós és képzetes részét különválasztjuk [21], [22]. Írjuk fel $\operatorname{th} \gamma d$ -t exponenciális alakban :

$$\operatorname{th} \gamma d = \operatorname{th} (ad + j\beta d) = \sqrt{\frac{Z_r}{Z_{\bar{u}}}} = T e^{j\tau}. \quad 2,7$$

A valós és képzetes rész szétválasztásával és trigonometrikus átalakítással azt kapjuk, hogy

$$\operatorname{tg} 2\beta d = \frac{2T \sin \tau}{1 - T^2}, \quad 2,8$$

$$\operatorname{th} 2ad = \frac{2T \cos \tau}{1 + T^2}. \quad 2,9$$

A (2,8) és (2,9) egyenletekből kapott $\gamma = \alpha + j\beta$ -t osszuk el $j \frac{2\pi}{\lambda_0}$ -val. Azt találjuk, hogy

$$j \frac{\gamma}{\frac{2\pi}{\lambda_0}} = \gamma' = \sqrt{\mu \epsilon}. \quad 2,10$$

A (2,1) és (2,10) egyenletek szorzatából kapjuk a permeabilitás, hányadosából pedig a dielektromos állandó értékét. Tehát :

$$\mu = \mu_1 - j\mu_2 = \gamma'Z, \quad 2,11$$

$$\varepsilon = \varepsilon_1 - j\varepsilon_2 = \frac{\gamma'}{Z}. \quad 2,12$$

Ha még γ' -t és Z -t is

$$\gamma' = T_1 e^{j\alpha_1} \quad \text{és} \quad Z = T_2 e^{j\alpha_2} \quad 2,13$$

alakúra hozzuk, akkor a permeabilitás és dielektromos állandó abszolút értékére, valamint a veszteségi szögekre a következő összefüggéseket vezethetjük le :

$$|\mu| = T_1 \cdot T_2, \quad \delta_\mu = \alpha_1 + \alpha_2, \quad 2,14$$

$$|\varepsilon| = \frac{T_1}{T_2}, \quad \delta_\varepsilon = \alpha_1 - \alpha_2, \quad 2,15$$

ahol δ_μ és δ_ε a veszteségi szögek.

Mind a karakterisztikus impedancia, mind a terjedési állandó kiszámításához a próbatesttel kitöltött vonal bemenő impedanciájának meghatározása szükséges. Ezt állóhullámaránymérő segítségével mérhetjük meg. A feszültség állóhullámarányt és az első minimumhelynek a mérendő Z_{be} impedanciától való távolságát ismerve, Z_{be} az alábbi összefüggés alapján számítható [18] :

$$Z_{be} = \frac{\frac{1}{n} - j \operatorname{tg} \beta_0 l}{1 - j \frac{1}{n} \operatorname{tg} \beta_0 l}, \quad 2,16$$

ahol $\beta_0 = \frac{2\pi}{\lambda_0}$, $n = \frac{V_{\max}}{V_{\min}}$ és l a minimumhely távolsága attól a síktól, amelyhez tartozó Z_{be} impedanciát mérni akarjuk. A mérést tehát végeredményben n , l és λ_0 mérésére vezettük vissza.

n mérése

A feszültség állóhullámarány közvetlenül is mérhető, de sokkal előnyösebb — a méréseinknél előforduló esetekben — a minimumhely környéki hullám-alakból számolni [23]. Feltéve, hogy az üres vezető (állóhullámmérő) vesztesége elhanyagolható, a vonalmenti feszültségeloszlást a következő kifejezés írja le

(az egyenirányító kristály négyzetes karakterisztikája miatt mindjárt a feszültség négyzetét véve) :

$$V^2 = V_{\min}^2 (\cos^2 \beta_0 x + n^2 \sin^2 \beta_0 x), \quad 2,17$$

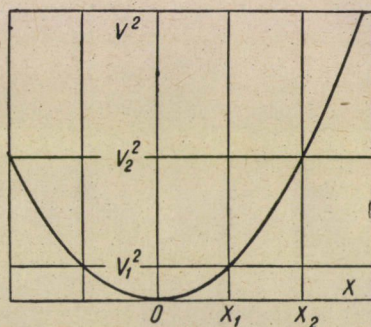
ahol x a minimumhelytől mért távolság. Innen

$$n^2 = 1 + \left[\left(\frac{V}{V_{\min}} \right)^2 - 1 \right] \frac{1}{\sin^2 \beta_0 x}, \quad 2,18$$

vagy $\left(\frac{V}{V_{\min}} \right)^2 = 2$ választással

$$n = \sqrt{1 + \frac{1}{\sin^2 \beta_0 x}}. \quad 2,19$$

Tehát n egyszerűen távolságméréssel határozható meg. $n > 10$ esetén V_{\min} már olyan kicsi, hogy mérése pontatlan. Célszerűbb ilyenkor a minimumhelytől



1. ábra

x_1 és x_2 távolságra levő pontokon mérni a feszültséget (lásd az 1. ábrát).

x_1 helyen

$$V_1^2 = V_{\min}^2 (\cos^2 \beta_0 x_1 + n^2 \sin^2 \beta_0 x_1), \quad 2,20$$

x_2 helyen pedig

$$V_2^2 = V_{\min}^2 (\cos^2 \beta_0 x_2 + n^2 \sin^2 \beta_0 x_2). \quad 2,21$$

Ezekből

$$n^2 = \frac{V_2^2 \cos^2 \beta_0 x_1 - V_1^2 \cos^2 \beta_0 x_2}{V_1^2 \sin^2 \beta_0 x_2 - V_2^2 \sin^2 \beta_0 x_1}. \quad 2,22$$

Ha x_1 és x_2 értékét úgy választjuk, hogy $V_2^2 = 2V_1^2$ legyen, akkor

$$n^2 = 1 - \frac{1}{2 \sin^2 \beta_0 x_1 - \sin^2 \beta_0 x_2} \quad 2,23$$

A mérésnél ügyelnünk kell arra, hogy V_2 ne lépje túl azt a feszültséget, amely felett a kristálykarakterisztika már nem tiszta négyzetes.

l mérése

A minimumhely távolságát közvetett úton mértük. A 2. ábrából látható, hogy

$$b + m \frac{\lambda_0}{2} = c + l + d \quad 2,24$$

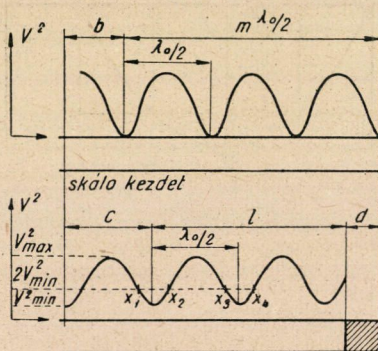
innen

$$\operatorname{tg} \beta_0 l = \operatorname{tg} \beta_0 (b - c - d) \quad 2,25$$

ahol $|b - c|$ nem más, mint a minimumhely-eltolódás.

λ_0 mérése

A hullámhossz pontos mérése nagyon lényeges. Ezért nem közvetlenül a minimumhelyek távolságából határoztuk meg, hanem az irodalomból [23]



2. ábra

jól ismert módon mértük. Ha két szomszédos minimumhely környezetében megkeressük azokat az x_1, x_2, x_3 és x_4 pontokat, amelyekhez azonos nagyságú feszültség tartozik, (2. ábra), akkor

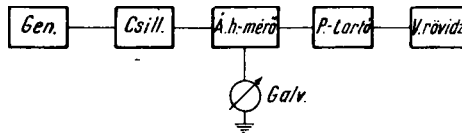
$$\frac{\lambda_0}{2} = \frac{x_3 + x_1}{2} - \frac{x_4 + x_2}{2} \quad 2,26$$

amiből

$$\lambda_0 = (x_3 = x_4) - (x_1 + x_3) \quad 2,27$$

3. Mérőberendezés

A berendezés vázlatos rajza a 3. ábrán látható. A szignálgenerátor HF gyártmányú, 15–30 cm-ig (1–2 kMc) folyamatosan hangolható trióda oszcillátor. Maximálisan kivehető teljesítmény: 1 W.



3. ábra

Az állóhullámmérő „transzformált” típusú hasított koaxiális tápvonal [24], amely a generátorhoz egy 12 dB-es leválasztó porvascsillapítón keresztül hajlékony koaxiális kábelrel csatlakozik. Az állóhullámmérő másik végét változtatható rövidzár zárja le. A vizsgálandó anyaggal a hullámmérő és a rövidzár között levő próbadarabtartó tápvonalrészlet töltöttük ki. Indikátorként $0,3 \mu\text{A}$ végkitérésű, 50 ohm belsőellenállású galvanométert használtunk.

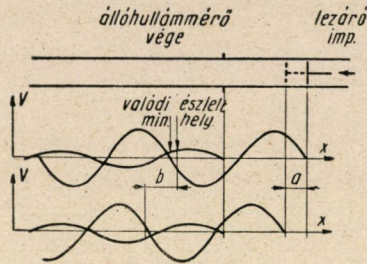
4. Mérés és számolás

A tulajdonképpeni mérés elkezdése előtt az alábbiakat szükséges ellenőrizni:

a) *Az állóhullámaránymérő saját reflexiója.* Általában fontos követelmény, hogy az állóhullámaránymérő saját reflexiója minél kisebb legyen. Ha a szonda behatolási mélysége elég kicsi, akkor az általa okozott reflexió elhanyagolható és csak az állóhullámmérő végéről történő visszaverődés zavarhat. A nagy sajátreflexió nem is annyira az állóhullámaránymérést hamisítja meg, mint inkább a minimumhelyek mérésében okozhat komoly hibát. Ugyanis a valódi minimumhely helyett kétkülönböző fázisban reflektált hullám eredőjéhez tartozó minimumhelyet észleljük (4. ábra). A hiba könnyen észrevehető abból, hogy a lezáró impedancia a elmozdulásához a minimumhelyek általában egy b elmozdulása tartozik.

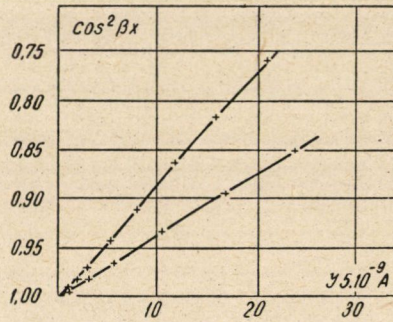
A saját állóhullámarányt az irodalomból ismert [25] módon mértük és $n_s < 1,05$ -re csökkentettük.

b) *Változtatható rövidzár jósága.* A rövidzár minden állásában veszteségmentes, más szóval $n > 10^2$ legyen. Ezt a követelményt az általunk használt állítható rövidzár messzemenően kielégítette.

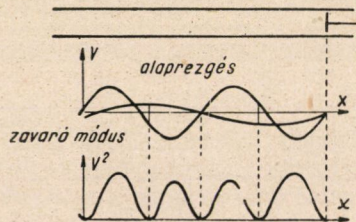


4. ábra

c) *Kristálykarakterisztika.* Az állóhullámarány kiszámításánál feltételeztük, hogy a kristálykarakterisztika négyzetes. Ennek ellenőrzése úgy történt, hogy rövidrezárt hullámmérőn állóhullámképet mértünk. Az 5. ábrán láthatók



5. ábra



6. ábra

az általunk használt kristályok karakterisztikái. A mérésnél lényeges, hogy a kicsatoló szondát jól kihangoljuk és behatolási mélységét lehetőleg minél kisebbre válasszuk. Hosszabb használat után az ellenőrzést újra el kell végezni.

d) *Harmonikus tartalom, zavaró módusok.* Jellemző hiba pl. a fenti szignálgenerátornál, hogy a sáv egyes részein az üreg olyan módusban is erősen rezeg, amelynek frekvenciája, az alapnak körülbelül a fele. Az állóhullámkép vizsgálatából ez a hiba is könnyen észrevehető. A maximumok nem egyenlő nagyok és a minimumhelyek nem egyforma távolságra vannak egymástól (6. ábra). A zavaró módusok az üreg hangolásával és a visszacsatolás változtatásával megfelelő értékre csökkenthetők.

e) λ_0 mérése az előzőekben leírt módon történik.

Ha az a)–e) elővizsgálatokat elvégeztük, akkor hozzáfoghatunk a tulajdonképpeni méréshez. A mérést, amint már említettük; a 3. ábrán látható berendezés segítségével végeztük el. Megmértük először rövidzárban b , majd a próbatestet a rajzon látható módon elhelyezve, c értékét, valamint mindkét esetben az állóhullámarányt. Az üresjárási impedancia mérése az előbbiekhez hasonlóan történt, csak mérés előtt a rövidzárt $\frac{\lambda_0}{4}$ értékkel eltoltuk a próbatest mögött.

A méréseinknél használt próbatestek pontosan meghatározott térfogatarányú parafin és 10μ alatti szemcsenagyságú magnetitpor keverékéből készültek. Olvadt parafinba adagoltuk a magnetitport és addig kevertük, míg a keverék

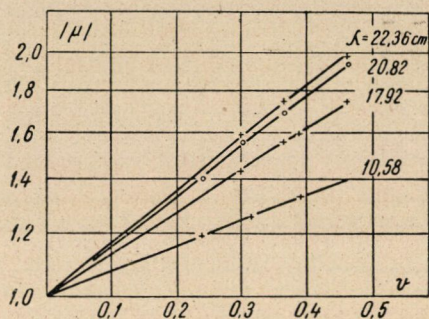
I. táblázat

*A magnetit permeabilitása és dielektromos állandója kiszámításának menete
175,85 mm-es hullámhosszon*

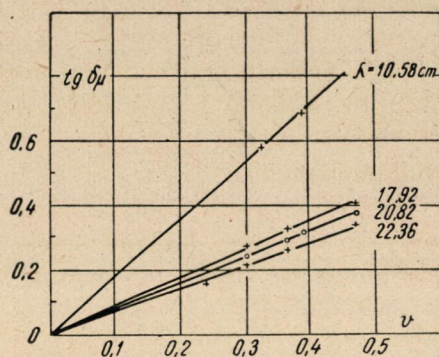
λ_0	175,85	$\frac{1}{n_r}$	0,3845
β_0	0,0357	$\frac{1}{n_{\bar{u}}}$	0,1454
d	7,9	Z_r	0,765 exp (i 46,12)
b	272,75	$Z_{\bar{u}}$	0,2765 exp (–i 56,75)
c_r	281,85	Z_0	0,468 exp (–i 5,32)
$c_{\bar{u}}$	258,25	$th \gamma d = T e^{i\tau}$	1,635 exp (i 51,44)
$tg \beta_0 l_r$	–0,6945	γ'	3,96 exp (–i 16,11)
$tg \beta_0 l_{\bar{u}}$	0,239	$ \mu $	1,855
x_r	12,05	δ_μ	21,43°
$x_{1\bar{u}}$	6,75	$ e $	8,46
$x_{2\bar{u}}$	10,7	δ_e	10,79°

dermedni kezdett. Ekkor a magnetit szemcsék gyakorlatilag már nem ülepedtek. Ilyen módon sikerült biztosítani a keverék homogenitását. Lényeges követelmény, hogy az anyag a kívánt d távolságon belül mindenütt tökéletesen kitöltse a koaxiális hullámvezetőt, ezért a próbatesteket 40–50 C°-on pontosan méretre sajtoltuk.

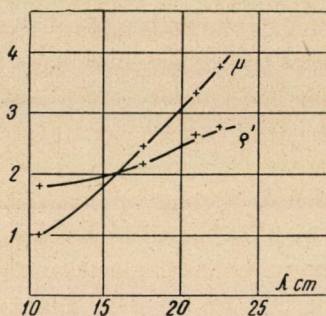
A mérés kiértékelésénél szükségünk volt a parafin ε -jának és $\operatorname{tg} \delta$ -jának az ismeretére is. E két mennyiség egyetlen (akár üresjárás, akár rövidzársi)



7a. ábra



7b. ábra



8. ábra

mérésből meghatározható (lásd pl. a [26] alatti hivatkozást). Méréseink szerint a parafin dielektromos állandója $\varepsilon_p = 2,18$, veszteségi szöge pedig $\operatorname{tg} \delta_s < 10^{-4}$, tehát számításainkban elhanyagolható. A mérési adatok feldolgozásához az I. táblázatban látható sémát dolgoztuk ki.

5. Mérési eredmények

A méréseket különböző térfogati koncentrációjú próbatesteken végeztük 10,58, 17,92, 20,82, 22,36 és 28,5 cm-en. Lichtenecker [27] szerint a térfogati koncentráció, a $|\mu|$ és $|\varepsilon|$, valamint $\operatorname{tg} \delta_\mu$ és $\operatorname{tg} \delta_s$ között a következő összefüggések állnak fenn:

$$\log |\mu| = v \log |\mu_a| \quad 5,1$$

$$\log |\varepsilon| = v \log |\varepsilon_a| + (1 - v) \log \varepsilon_p \quad 5,2$$

$$\operatorname{tg} \delta_\mu = v \operatorname{tg} \delta\mu_a \quad 5,3$$

$$\operatorname{tg} \delta_\varepsilon = v \operatorname{tg} \delta\varepsilon_a, \quad 5,4$$

ahol v a magnetit és a próbatest térfogatának viszonya. Az a index a $v = 1$ -re extrapolált értéket jelent, ε_p pedig a parafin dielektromos állandója. Az eredményeket a 7. ábra tünteti fel.

A 8. ábrán a permeabilitás valós és képzetes részének a hullámhossztól való függése látható. A valós rész (u_1) a 20—10 cm-es szakaszon erősen csökken és 10 cm-nél már alig nagyobb az egységénél. A képzetes rész (μ_2) 24 cm körül maximumot mutat.

Mivel a magnetit aránylag jó vezető, a permeabilitás erőteljes csökkenése viszonylag már nagy hullámhosszak mellett elkezdődik. Az észlelt relaxáció a faleltolódási és forgási folyamatok eredő hatásaként jelentkezik.

Függelék

Az irodalomban úgyszólván semmiféle adatot nem találunk az alkalmazott mérési módszer hibájára. Birks [18] megjegyzi, hogy „No general estimate of error in the determination of μ and ε can be given”. Mások a hibát 10—30%-ra becsülik. A mi méréseinknél a μ -re és ε -ra vonatkozó eredmények hibája nem volt nagyobb $\pm 3\%$ -nál.

A mérési pontosság jelentősen függ az alkalmazott próbatest hosszától. Már a legegyszerűbb esetben, pl. a parafin dielektromos állandójának meghatározásánál, különböző hosszúságú próbatesteket használva jelentős szórást kapunk. Igen könnyű belátni, hogy mi a fellépő pontatlanság oka. Az irodalom [26] azonban nem sok felvilágosítást ad erre vonatkozóan, ezért célszerűnek látszik olyan eljárás ismertetése, amelynek segítségével kiválasztható az a próbatesthossz, amely nem vezet túl nagy mérési hibához.

Veszteségmentes dielektrikumok ε -jának meghatározása a

$$\frac{\operatorname{tg} \Phi}{\Phi} = - \frac{\operatorname{tg} \beta_0 (\delta + d)}{\beta_0 d} = A \quad F,1$$

összefüggés segítségével történhet, ahol

$$\Phi = \beta_0 d \sqrt{\varepsilon}, \quad F,2$$

δ a próbatest behelyezésekor előálló minimumhelyeltolódás, d pedig a próbatest hossza.

A pontatlanság egyik oka abban rejlik, hogy a választott próbatesthossz véletlenül éppen akkora, hogy a $\delta + d$ mennyiségnek a tangens-görbe meredek hosszához tartozó érték felel meg. Ezért a δ és d mérésénél elküvetett legkisebb pontatlanság a $\frac{\operatorname{tg} \Phi}{\Phi}$ mennyiség meghatározásánál már jelentős hibát okozhat. Könnyen belátható, hogy

$$\frac{\Delta A}{A} = \frac{2\beta_0}{\sin 2\beta_0 (\delta + d)} \Delta\delta. \quad F,3$$

A relatív hiba akkor minimális, ha

$$\delta + d = \frac{\lambda_0}{8} (2k + 1), \quad F,4$$

$$(k = 0, 1, 2, \dots).$$

Tehát próbálgatással olyan próbatest hosszúságot kell kiválasztani, amelyre teljesül az (F,4) alatti feltétel.

A pontatlanság egy másik oka lehet az, hogy a próbatest véglapja nem pontosan merőleges a koaxiális hullámvezető tengelyére; ugyancsak hibát okozhatnak a véglap mechanikai egyenlenségei is. Ezek a hibaforrások különösen akkor jelentékenyek, amikor a próbatest feszültségmaximum környezetében végződik, jóllehet, hogy egyéb szempontok éppen ezt teszik kívánatossá. Mindez arra utal, hogy a próbatest hosszának megválasztásánál körültekintő gondossággal kell eljárni.

IRODALOM

1. В. К. Аркадьев, ХРФХО ч. физ. 45. 302. 1913.
2. В. К. Аркадьев, Электромагнитные процессы в металлах I—II. Энергоиздат, Москва, 1936.
3. О. И. Белецкая, ЖЭТФ, 5. 322. 1935.
4. К. А. Волкова, Z. f. Phys. 74. 388. 1932.
5. О. И. Белецкая, В. М. Гойтавников Практические проблемы электромагнетизма, Изд. АН. 1939. 73. стр.
6. Н. Н. Малов Ж. Прикл. Физ. 6. 26. 1929.
7. L. D. LANDAU, E. M. LIFSCHITZ, Sow. Phys. 8. 153. 1935.
8. R. BECKER, Phys. Z. 39. 856. 1938.
9. W. DÖRING, Z. f. Naturforsch. 3a. 373. 1948.
10. К. М. Поливанов, Изв. АН сер. физ. 16. 449. 1952.
11. Н. С. Акулов Г. С. Кринчик, Изв. АН сер. физ. 16. 523. 1952.
12. C. KITTEL, Phys. Rev. 70. 281. 1946.
13. L. NÉEL, Ann. de Phys. 36. 340. 1939.
14. L. PÁL, Közp. Fiz. Kutató Int. Közl. 2. 701. 1954.
15. G. ROTAPENKO, R. SÄNGER, Z. f. Phys. 104. 779. 1937.
16. G. T. RADO, Phys. Rev. 71. 322. 1947; 75. 841. 1949; 80. 273. 1950.
17. G. UNTERMANN, Z. f. angew. Phys. 1. 233. 1950.

18. J. B. BIRKS, Proc. Phys. Soc. 60. 282. 1948 ; 63. 65. 1950.
19. J. C. SLATER, Microwave Transmission, New York, 1942.
20. A. E. KENNELLY, Chart Atlas of Complex Hyperbolic and Circular Function, Cambridge, 1914.
21. *И. Н. Лолли, К. М. Поливанов*, Изв. АН сер. физ. 18. 382. 1954.
22. E. JAHNKE, F. EMDE, Funktionentafeln, Leipzig, 1933.
23. H. M. BARLOW, A. L. CULLEN, Microwave Measurements, London, 1950.
24. W. BRUCE WHOLEY, W. NOEL ELDRED, Proc. I. R. E. 38. 244. 1950.
25. GY. ALMÁSSY, Mikrohullámú mérések (kézirat). Budapest 1954.
26. C. G. MONTGOMERY, Technique of Microwave Measurements, New York, 1947.
27. K. LICHTENECKER, Phys. Z. 19. 374. 1918.

PERMANENS MÁGNESEK ÚJ ANYAGAI*

ISTVÁNNFFY EDVIN

a műszaki tudományok doktora

Részben a háború alatt, de különösen a háború utáni tíz évben a mágneses anyagok terén igen jelentős fejlődés történt. A ferritkutatás az elméleti ismereteket nagy lépéssel vitte előre és megkönnyítette a másirányú kutató munkákat is. A fejlődés sokirányú volt és a jelek szerint a jövőben is számolni lehet további jelentős eredményekkel.

A háború alatt a kifejlesztett Alnico 5 típusú mágnesek a permanens mágnesek között csúcsteljesítményt mutattak. Ennek eléréséhez kb. 25% kobalt és 14% nikkelt van szükség, továbbá mágneses mezőben való hűtéssel komain irányítást kellett alkalmazni. A jellemző mágneses értékek a következők voltak: $H_c = 550$ Oe; $B_r = 12\,500$ G, $(BH)_{\max} = 4,5 \cdot 10^6$ G · Oe, mely érték kb. 15-szöröse a volfrám mágnes energiájának.

A háború befejezése óta jelentős további fejlődés van folyamatban. Az egyik irány, kedvező mágneses tulajdonságok elérése kobalt és nikkelt alkalmazása nélkül, vagy ezen összetevők csökkentésével. A másik irányzat a mágneses tulajdonságok további fokozása, függetlenül az összetevőkben elérhető megtakarítástól.

Először a hazai viszonylatban különösen fontos első irányzat eddigi főbb eredményeit ismertetem.

A kobalt és nikkelt teljes kiküszöbölésével készíthetők Fe—Al—C mágnesek kb. 8% Al és 1,5% C tartalommal.

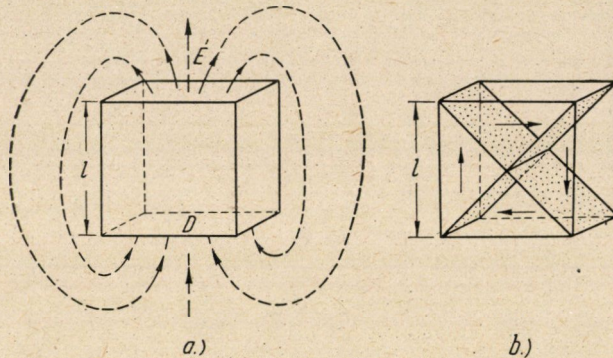
$(BH)_{\max} \approx 0,7 \cdot 10^8$ G · Oe, tehát kétszerese a volfrám mágnesének.

Domain irányítású (mágneses mezőben hűtött) Alnico mágneseknél a kobalt tartalom csökkenthető a mágneses energia viszonylag kisebb csökkenése árán. Ezzel a kérdéssel már hazai viszonylatban is foglalkoztak. A KÖVAC laboratóriumában a kobalttartalmat 21%-ra csökkentették és a nikkeltartalmat kb. 1%-al növelték. Az elért eredmények a következők voltak: $B_r = 12\,400$ G, $H_c = 580 - 600$ Oe, $(BH)_{\max} = 4,3 - 4,4 \cdot 10^8$ G · Oe. Ezzel gyakorlatilag elérték a 25% kobalttartalmú Alnico 5 mágnesek adatait.

* A Híradástechnikai Konferencián 1955. október 20-án elhangzott előadás.

Tiszta vasból is sikerült jó minőségű mágnest készíteni, ez a Néel-mágnes, mely igen finom szemcséjű vaspornak nagy nyomással való összepréselésével készül.

A finom szemcséjű pormágnes mágneses tulajdonságainak magyarázatához röviden kitérek a domain szerkezetre. Az atomközi erők a ferromágneses anyagok atomjainak nagy csoportjait párhuzamosítani képesek. Az ilyen csoportokat domaineknek nevezik, melyek külön-külön telítésig mágnesezettek. Az egymás melletti domainek mágnesezése 90° -kal vagy 180° -kal eltérő irányba mutat. Közöttük átmeneti réteg létesül, melyben a mágnesezési irány fokozatosan fordul



1. ábra. Két lehetséges domain szerkezet kis részecskékben: (a) egyetlen domain igen kis részecskében, (b) négy domain nagyobb részecskében

át az egyik irányból a másikba. Az átmeneti réteget felfedezőjéről Bloch-falnak nevezik, melynek létesüléséhez mágneses energia szükséges. Ha a szemcsék méretei elég kicsinyek, akkor egy szemcsében csak egyetlen domain keletkezik, melynek szabad pólusai vannak. Egyetlen domain esetén Bloch-fal nincs. Egyetlen domain akkor lesz, ha ehhez kisebb mágneses energia szükséges, mint több domain esetén a Bloch-falak energiája, amihez, mint látni fogjuk, egy kritikus értéknél kisebb szemcseméret tartozik.

A szemcseméret további csökkentésekor a koercitív erő újból csökken. A legkedvezőbb szemcseméret azon legnagyobb szemcseméret, ahol egy részecskében csak egy domain keletkezik.

Az 1. ábrán 1 domainos és 4 domainos példát tüntettünk fel. 1 domain esetén a mező kívül záródik. A mező energiája az anyag 1 cm^3 -ére vonatkoztatva

$$W_1 = \frac{1}{2} k I_s^2$$

ahol k a részecske alakjától függő lemágnesezési tényező és I_s a telítési mágneses

intenzitás. Gömb esetén $k = \frac{4\pi}{3}$. Ezt az értéket közelítőleg kocka alakra is használhatjuk, amivel az l oldalhosszúságú kocka mágneses energiája

$$W_1 = \frac{2\pi}{3} k I_s^2 l^3.$$

4 domain esetén a mágneses erővonalak a részecskén belül záródnak. Külső statikus mező nincs, tehát a mágneses energia a domainok közötti Bloch-falak energiája. A Bloch-falak teljes felülete az egység kockában $2\sqrt{2}$. Ha e_w a cm^2 -enkénti falenergia, akkor az l oldalhosszúságú kockában az összes falenergia

$$W_2 = 2\sqrt{2} e_w l^2.$$

e_w arányos a kristályanizotrópia állandó négyzetgyökével.

A kockában olyan domain formáció fog keletkezni, amihez kisebb energia szükséges. A kritikus l_0 méret számításához $W_1 = W_2$ egyenletből számítjuk l_0 értékét. Ezzel :

$$l_0 = 3\sqrt{2} \frac{e_w}{\pi I_s^2}$$

Vasnál $e_w \approx 2 \text{ erg/cm}^2$, $I_s = \frac{B_s}{4\pi} = 1700$. Ezen értékkel $l_0 \approx 10^{-6} \text{ cm} = 100 \text{ \AA}$.

Ez csak durva, tájékoztató számítás volt. Ténylegesen a Bloch-falak vastagsága is ilyen rendű. Pontosabb számítás kb. 160 \AA méretet eredményez.

Steinitz 1948-ban közölt adatai szerint ilyen mágnesek jellemzői a következők : $B_c = 6000 \text{ G}$; $H_c = 470 \text{ Oe}$, $(BH)_{\text{max}} = 1,12 \cdot 10^6 \text{ G} \cdot \text{Oe}$. A finom vaspor gyártása vagy vasformiát hidrogénben való redukciójával, vagy higany-elektrodán történt elektrolízissel történik.

Hazai vonalon mind a Vasipari Kutató Intézetben, mind a Távközlési Kutató Intézetben kidolgoztak eljárást Néel-mágnesek gyártására. A Vasipari Kutató Intézetben vasformiátos eljárást dolgoztak ki. Az elért csúcsértékek :

$$B_r = 4200 \text{ G}; H_c = 480 \text{ Oe}; (BH)_{\text{max}} = 0,68 \cdot 10^6 \text{ G} \cdot \text{Oe}.$$

A TKI-ban vaskloridból higanyelektrodával elektrolitikusan állították elő a finom vasport. Az elért eredmények a következők voltak :

$$B_r = 7000-8000 \text{ G}; H_c = 350-400 \text{ Oe}, (BH)_{\text{max}} = 0,8-1,0 \cdot 10^6 \text{ G} \cdot \text{Oe}.$$

Utóbbi eljárásban új az, hogy az egyes kristályokat néhány molekula vastag ólomréteggel vonták be, miáltal az időbeli stabilitás jobb lett, mint a külföldi mágneseknél.

Tekintve, hogy azóta a bárium ferrit mágnesekkel ezen eredményeket túlszárnyalták és utóbbiak gyártása egyszerűbb és olcsóbb, ezért hazai vonalon a Néel-mágnesek gyártására berendezkedni ma már nem volna időszerű.

Oxidmágneseket már a háború előtt is készítettek, de ezekhez vasoxidon kívül kobaltoxidra is szükség volt és emellett mágneses tulajdonságaik viszonylag gyengék voltak. Új lehetőségeket nyújtott az Eindhovenben folytatott nagyarányú ferritkutatás, amivel kapcsolatban a ferritmágnesség elméleti alapjait is tisztázták. A ferritkutatás egyik lényeges eredménye volt a báriumferrit mágnesek (Ferroxdure) kifejlesztése.

Ferromágneses tulajdonságokat mágneses fémek mutatnak, melyeknél a kristályrácsban elhelyezkedő atomok elektronburkai között erős kölcsönhatás van. Ferritmágneses anyagoknál a mágneses anyag atomjait rendszerint oxigénatomok választják el és közöttük heteropoláris kapcsolat létesül. Ebben a kötésben az oxigénatom két elektront átvesz a vasatomoktól, miáltal elektronburka a neonnak megfelelő lesz. Ezáltal negatív töltésű oxigén és pozitív töltésű vasionok lesznek. Ilyen szerkezetben a vasionoknak nagyobb mágneses nyomatéka van, mint fémes kötésben a vasatomoknak. Azonban a vasionoknak a kristályrácsban elfoglalt helyei nem egyenértékűek és a különböző helyeken levő ionok egymással antiparalel helyzetet vesznek fel. A mágneses tulajdonságok a nem kompenzált antiferromágnességből erednek.

A báriumferrit mágneseket lényegében úgy készítik, hogy a vasoxidot (Fe_2O_3) báriumoxiddal, vagy karbonáttal megfelelő arányban összekeverik és a keveréket zsugorítják. Az így nyert anyagot igen finom porrá őrlik, formába sajtoltják és újból zsugorítják. Ez utóbbi zsugorításnál vigyázni kell arra, hogy a szemcsék méretei túlságosan ne növekedjenek meg.

A báriumferrit mágnesek lényeges alapanyaga a $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ vegyület, mely hexagonális kristályszerkezetű. Egyetlen könnyű mágnesezési iránya van, mely párhuzamos a hexagonális tengellyel. Az egytengelyű tulajdonság nagyon fontos a koercitív erő szempontjából. Az antiferromágneses tulajdonságok miatt csak a vasionok $\frac{1}{3}$ -ának mágneses nyomatéka érvényesül. Tovább csökkenti a mágneses telítést a kristályrácsban levő nagy mennyiségű oxigénion. Ezért a telítés szobahőmérsékleten csupán 4750 G.

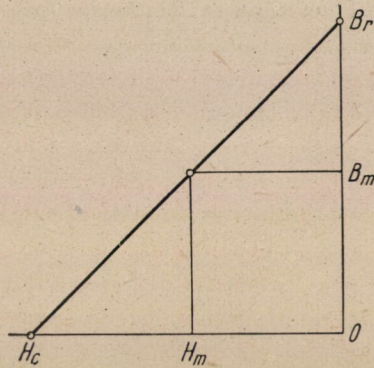
Izotróp anyagnál a kedvező mágnesezési irányok a tér minden irányába mutatnak. Felmágnesezés és a mágnesező erő megszűnte után a domainok iránya az eredeti helyzetébe tér vissza azonos, vagy ellenkező előjellel úgy, hogy vetülete a korábbi mágnesezés irányába mutasson. Könnyen kiszámítható, hogy ezeknek az eredője éppen fele annyi, mintha valamennyi domain a mágneses mező irányába mutatna, vagyis ilyen esetben a remanencia a telítési indukció felével lesz egyenlő

$$B_r = \frac{4\pi I_s}{2} = 2\pi I_s$$

ami fenti esetben 2370 G volna elméletileg. A koercitív erőt okozhatja a kristály-anizotrópia, szemcsealak, vagy magnetosztrikciós feszültség. A Ferroxdurenál a kristályanizotrópia hatása a legnagyobb. Erre vonatkozólag a feltér minden irányába mutató kedvező mágnesezési irányok esetén hexagonális kristályokra :

$${}_1H_c = 0,96 K/I_s$$

ahol ${}_1H_c$ a mágneses intenzitás zérussá tételéhez szükséges mágnesező erő és K a kristályanizotrópia állandó. Minthogy a báriumferritre $K = 3,1 \cdot 10^6$



2. ábra. Ideális permanens mágnes lemágnesező görbéje

erg/cm³, tehát kb. 8-szorosa a vasénak és I_s kicsiny $\left(\frac{1}{4\pi} 4750\right)$, a vasénak kb. $\frac{1}{5}$ -e, igen nagy elméleti értéket — ${}_1H_c \approx 7900$ Oe — kapunk. Ez megközelíti a permanens mágnes egyik ideális típusát, melynél a lemágnesező görbe egyenessel helyettesíthető a 2. ábra szerint. Ilyenkor $H_c = {}_B H_c \approx B_r$ és ${}_1H_c = \infty$. Utóbbi annyit jelent, hogy az egyszer felmágnesezett mágnest lemágnesezni nem lehet.

Ilyen esetben a legnagyobb mágneses energiához tartozik

$$B_m = H_m = \frac{B_r}{2}$$

és a legnagyobb mágneses energia :

$$(BH)_{\max} = \left(\frac{B_r}{2}\right)^2$$

Tényleges mágneseknél $B_r \approx 2100$ G. Ezzel az elméleti legnagyobb mágneses energia :

$$(BH)_{\max} = \left(\frac{2100}{2} \right)^2 = 1,1 \cdot 10^6 \text{ G} \cdot \text{Oe}.$$

Az elméleti számítás használhatóságát bizonyítja, hogy $(BH)_{\max} = 1 \cdot 10^6 \text{ G} \cdot \text{Oe}$ kísérletileg is elérhető volt.

Az elméletileg számított $H_c = 7900 \text{ Oe}$ ténylegesen nem érhető el, de kb. 3000 Oe kísérletileg is elérhető. Ennek az az oka, hogy ha a szemcsék nem elég kicsinyek, akkor a domainfal eltolódások is bekövetkeznek. Ennek megakadályozására igyekeznek a szemcseméretet a kritikus méret alatt tartani, mely báriumferrit esetén 1μ körül van. Ez lényegesen nagyobb, mint a vasnál volt, a nagy kristályanizotrópia állandó és a viszonylag kis mágneses telítés miatt.

Az említett Ferroxdure I mágnessel Philips (Eindhoven) által gyártás-szerűen elért adatok :

$$B_r = 2050 \text{ G}; H_c = 1500 \text{ Oe}; H_c = 2600 \text{ Oe}; (BH)_{\max} = 0,9 \cdot 10^6 \text{ G} \cdot \text{Oe}.$$

Báriumferrit mágnesek kutatásával hazai vonalon a Vasipari Kutató Intézet foglalkozott. 1954 júniusában elért átlageredmények a következők :

$$B_r = 2100 \text{ G}; H_c = 1600 \text{ Oe}; (BH)_{\max} = 0,85 \cdot 10^6 \text{ G} \cdot \text{Oe}.$$

Laboratóriumi csúcseredmény :

$$B_r = 2130 \text{ G}, H_c = 1700 \text{ Oe}, (BH)_{\max} 0,98 \cdot 10^6 \text{ G} \cdot \text{Oe}.$$

E mágnesek viszonylag nagy energiája mellett igen előnyös a nagy H_c érték. Ennek nagy jelentősége van olyan esetekben, amikor a mágnes erős lemágnesező mezőknek van kitéve, pl. fókuszoló mágneseknél, kerékpár-dinamóknál, magnetomechanikus kapcsolóknál. Nagy mágneses indukció fenntartásához kis légrés mellett — mint pl. hangszóró-mágnesekhez — az anyag gyakorlatilag nem alkalmas.

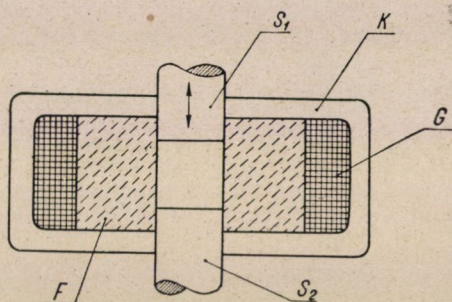
A külföldön újabban kifejlesztett anizotróp Ferroxdure mágnesek az utóbbi célokra is jól használhatók. Mint előbb rámutattam, rendezetlen kedvező mágnesezési irányok esetén a remanencia $B_r = 4\pi I_s/2$. Ha sikerül a kedvező mágnesezési irányokat párhuzamossá tenni, akkor az anyag úgy viselkedik, mint egy egykristály, melynél az elméletileg elérhető remanencia egyenlő a telítéssel: $B_r = 4\pi I_s$. Ilyen esetben az elméletileg elérhető mágneses energia az előbbi négyszerese lesz.

$$(BH)_{\max} = \left(\frac{4200}{2} \right)^2 = 4,4 \cdot 10^6 \text{ G} \cdot \text{Oe}.$$

E számítás érvényességének az a feltétele, hogy H_c nagyobb legyen, mint $B_r/2$. Ennek annál nehezebb eleget tenni, minél nagyobb B_r .

A kristályirányításra kidolgozott gyakorlati módszer szerint a formába sajtolás megfelelően irányított mágneses mezőben történik. A prészszerzőt sematikusan a 3. ábra mutatja.

Az S_1 és S_2 bélyegek mágneses anyagból készülnek és a szerzőt a K lágyvas köpeny veszi körül, melyen belül helyezkedik el a G gerjesztőtekercs. Az F fészek nem mágneses anyagból készül. A szemcsék jobb irányítása céljából a port nedves szuszpenzióban adagolják és sajtolás közben a fölösleges nedvesség a bélyegen át távozik el.



3. ábra. Mágneses mezőben való sajtoláshoz alkalmas szerző vázlatos rajza

A mágneses mező erősségét nem szabad túl nagyra választani, mert ha $H \geq 2K/I_s$, akkor a 90° -kal eltérő irányú domainek hirtelen átfordulnának és ilyenkor a szemcsére jutó forgató nyomaték zérus lesz.

Bár a sajtolás közben fellépő erőhatások lényegesen nagyobbak, mint a mágneses irányító erők, mégis kifejezett textura keletkezik. Érdekes az a tapasztalat, hogy szintereléskor az anizotrópia nemcsak hogy nem romlik, hanem még tovább javul. Ezt azzal magyarázzák, hogy az eltérő irányú kisebb kristályok a hőkezeléskor eltűnnek, míg a helyes irányításúak tovább növekednek. A szinterelési hőmérsékletet és időt úgy választják meg, hogy a szemcsé növekedése minimális legyen. Nagyobb szemcsékben ugyanis több domain lesz, ami a koercitív erő csökkenését okozza.

A Philips-gyár Eindhovenben két különböző anizotróp Ferroxdure típust dolgozott ki. A Ferroxdure II adatai: $B_r = 3700$ G; $H_c = 1200$ Oe; $H_c = 1200$ Oe; $(BH)_{\max} = 2,8 \cdot 10^6$ G · Oe. A Ferroxdure III adatai: $B_r = 3000$ G; $H_c = 2000$ Oe; $H_c = 2100$ Oe; $(BH)_{\max} = 2,1 \cdot 10^6$ G · Oe.

Hangszóró mágnesekhez különösen alkalmas anyag a Ferroxdure II. Laboratóriumi gyártásnál eddig elért legjobb eredmények: $B_r = 4100$ G; $H_c = 1400$ Oe; $(BH)_{\max} = 3,5 \cdot 10^6$ G · Oe.

Hazai vonalon a Vasipari Kutató Intézetben az anizotróp báriumferrit mágnes fejlesztése folyamatban van.

A báriumferrit mágnesek egyetlen hátránya a viszonylag nagy hőfoktényezőjük (kb. $-0,15\%/C^\circ$ a mágneses indukcióra), ami mind az izotróp, mind az anizotróp típusoknál megvan. Hangszóró-mágneseknél ez nem hátrányos, de műszer-mágneseknél pontatlanságot okoz.

A báriumferrit mágneseknél láttuk, hogy igen finom, domain méretű szemcsékből álló nagy kristályanizotrópiájú anyagokkal nagy koercitív erő érhető el. A különböző anyagokkal folytatott kutatásokból kitűnt, hogy mangánbismutnál (MnBi) különösen kedvező eredmények várhatók, és ugyanakkor ez az ötvözet nem tartalmaz kobaltot, nikkelt vagy más nemes anyagot.

A MnBi ferromágnes tulajdonságát Heusler már 1904-ben felfedezte, de az anyag mágneses jellemzőit csak az újabb kutatásokból ismerjük. Igen alapos vizsgálatokat végzett Guillaud, aki megállapította, hogy a kristályanizotrópia állandó $K_1 = 11,6 \cdot 10^6 \text{ erg/cm}^3$ (a báriumferritének négyszerese) továbbá, hogy a mágneses telítése $4\pi I_s = 7600 \text{ G}$ ($I_s = 600$). Weil kiszámította ${}_1H_c = 35\,000 \text{ Oe}$ elméleti maximum értéket, mely minden eddig ismert értéknél lényegesen nagyobb. Guillaud számításai szerint, ha az anyag egy domaines szemcsékből állna és valamennyi a kedvező mágnesezési irányba volna párhuzamosan állítva, akkor elméletileg $(BH)_{\max} = 18 \cdot 10^6 \text{ G} \cdot \text{Oe}$ volna elérhető.

Ilyen előzmények után Amerikában kidolgozták a gyakorlati előállítás egy módszerét. Nehézséget okozott az MnBi-ötvözet tiszta előállítása, mely csak meghatározott hőfokon, különleges körülmények között keletkezik. 1 cm nagyságú hexagonális kristályok is előállíthatók voltak.

Tekintve, hogy az egydomaines szemcsék mérete MnBi esetén aránylag nagy (8100 \AA), a szükséges finom szemcséjű por készítése mechanikai aprítással történik. Az ötvözet mindig tartalmaz nem ötvözött mangánt és bismutot, ezért a port mágneses szeparátorral dúsítják. A préselés kis nyomással, mágneses mezőben történik, hasonlóan a báriumferritnél ismertetett módhoz. Meleg szerszámot használnak és kevés bismutot adnak a porhoz. Ezáltal a por 300 C° -nál folyékony közegben van, ami megkönnyíti a részecskék kedvező irányba való elhelyezkedését.

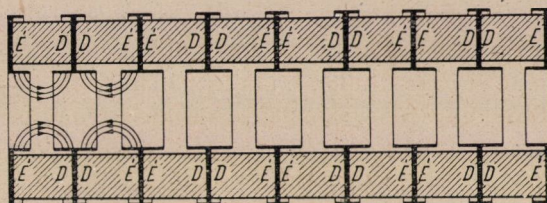
A Bismanol néven kihozott mágnesek jellemző adatai a következők: fajsúly: 8,1; $B_r = 4300 \text{ G}$; $H_c = 3400 \text{ Oe}$; ${}_1H_c = 7000 \text{ Oe}$; $(BH)_{\max} = 4,3 \cdot 10^6 \text{ G} \cdot \text{Oe}$. Ilyen mágnesek kiválóan alkalmasak pl. haladóhullámú csövek fókuszolásához.

Haladóhullámú csöveknél a cső kölcsönhatási terében viszonylag hosszú szakaszon kell tengelyirányú mágneses mezőt előállítani. Az ehhez szükséges mágnes súlya tetemes, ami erősen korlátozza az ilyen csövek alkalmazási lehetőségét. Az újabb kutatások kiderítették, hogy megfelelő fókuszoló hatás úgy is elérhető, ha a mágneses mező a tengely irányában periodikusan változó előjelű. Kimutatták, hogy ilyen esetben a mágnes súlya jelentősen lecsökkenthető.

Egy konkrét esetben a végig egyirányú mezőt előállító mágnes súlya 17,2 kg volt, míg a változó irányú mezőt előállító mágnesé csupán 0,68 kg, tehát előbbinek $\frac{1}{25}$ -öd része. Ezáltal a haladóhullámú csövek alkalmazási lehetőségei jelentősen megnövekedtek.

A tengelyirányban mágnesezett gyűrű alakú mágnesek belül és kívül peremmel ellátott lágy vasgyűrűk közbeiktatásával azonos pólusaikkal szorosan érintkeznek. A belső térben a mágneses mező az azonos potenciálú lágyvas gallérok között alakul ki a 4. ábra szerint.

Az eddigi legnagyobb energiájú mágnesek — mint az Alnico 5 — ily célra nem alkalmasak, mert ha azonos pólusaikkal szorosan szembe állítják őket,



4. ábra. Tengelyirányú periodikus mező előállítására alkalmas mágnes szerkezet

akkor lemágneseződnek. Bismanol-mágneseknél az igen nagy H_c érték miatt lemágnesezés veszélye nem áll fenn és a nagy mágneses energia miatt a fókuszoló mágnessor igen kis méretűre készíthető.

A TKI tervbe vette ilyen típusú mágnesek hazai kifejlesztését.

Ezután röviden ismertetem a hazai gyártás szempontjából kevésbé jelentős irányzattal — a nemes összetevő anyagok megtartása mellett — történt külföldi kutatások fontosabb eredményeit. Mint ismeretes, a legnagyobb mágneses energiát eddig az Alnico 5 mágnessel sikerült elérni, ahol $(BH)_{\max} \approx 4,5$. Az előbbiekből láttuk, hogy a kristályok kedvező mágnesezési irányainak párhuzamosításával jelentősen meg lehet javítani a permanens mágnesek tulajdonságait. Az Alnico 5 mágneseknél a hűtés mágneses mezőben történik, amivel domain irányítás érhető el és éppen ez a körülmény volt a döntő e mágneseknél a nagy mágneses energia eléréséhez. További jelentős javulás érhető el, ha ezen felül kristályirányítást is alkalmaznak. Ilyen mágneseket egy angol mágnesgyár Columax néven hozott ki. Az alkalmazott technológia lényege az, hogy öntés után a hűtés főleg egy meghatározott irányban történjék, miáltal párhuzamos, oszlopos kristályszerkezet érhető el.

Bizonyos mértékű hűtés azonban az öntőforma falai felé egyéb irányokban is történik, és ezért teljesen párhuzamos kristályszerkezet csak az öntvény középső részein érhető el. Az eddig elért legkedvezőbb értékek, a falaknál levő részek eltávolítása után: $B = 13\,450\text{ G}$; $H_c = 840\text{ Oe}$; $(BH)_{\max} = 8,55 \cdot 10^6\text{ G} \cdot \text{Oe}$. Üzemi gyártásnál $(BH)_{\max} \approx 6,25 \cdot 10^6\text{ G} \cdot \text{Oe}$ érhető el.

Ilyen irányú kísérleteket a KÖVAC-ban is végeztek. Eddig $B_r = 12\,700\text{ G}$, $H_c = 700\text{ Oe}$, $(BH)_{\max} = 5,65 \cdot 10^3\text{ G} \cdot \text{Oe}$ értékeket értek el. Ez igen szép laboratóriumi eredmény. A kísérletek egyik célja annak megállapítása, hogy irányított kristályszerkezet esetén lehetséges-e nemes összetevők további csökkentése.

HOZZÁSZÓLÁSOK

NAGY ENDRE

Istvánffy kartárs színvonalas előadásához meg kívánom jegyezni, hogy bár a Néel-mágnesek gyártására véleményem szerint sem volna időszerű berendezkedni, az erre irányuló kísérletek gyakorlati szempontból sem voltak hiábavalók. Kiindulási alapul szolgáltak ugyanis magnetofonszalagoknak megfelelő mágneses vasoxid kutatásához, melynek eredményeképpen hazánkban ma már magnetofonszalag gyártás folyik.

Igen fontos, hogy a báriumferritek gyártásához megvan a hazai nyersanyag bázisunk. A vörös vasoxid és a báriumoxid, ill. báriumkarbonát gyártásához szükséges baryt bőven áll rendelkezésre.

A Vasipari Kutató Intézetben folytatott kísérleteink azt mutatták, hogy technológia szempontjából előnyösebb báriumkarbonátból kiindulni, mert ez vízben csak igen kevésé oldódik és a nedves őrlés és keverés gyorsabb és hatásosabb, mintha az szárazon történne. Lényeges továbbá, hogy a keverék izzítása — miközben a vörös porkeverékből fekete báriumferrit keletkezik — olyan hőmérsékleten és annyi ideig történjék, hogy egyrészt a CO_2 maradéktalanul eltávozzék, másrészt a ferritképződés teljes egészében végbemenjen. Ez utóbbira finomstruktúra vizsgálattal vagy némi gyakorlattal az ibolyás színeződés eltűnéséből lehet következtetni.

A következő finom őrlés — melynek célja a domain nagyságrendű szemcseméret előállítása — célszerűen ismét nedvesen történik. Minthogy a ferrit aránylag rideg, ennek elérése különös problémát nem okoz és golyósmalomban is 48 órás őrléssel kifogástalan eredményt értünk el.

Kellemes meglepetést okozott, hogy a szükséges fajlagos présnyomás mindössze $400\text{--}700\text{ kg/cm}^2$, a Néel-mágnesek sajtolásához szükséges $5000\text{--}8000\text{ kg/cm}^2$ -rel szemben. Ez azt jelenti, hogy aránylag kis teljesítményű présekkel és hosszú szerszámélettartamokkal lehet számolni.

Legújabbban izotróp báriumferritek esetében sorozatban állítottunk elő $(BH)_{\max} = 1,02\text{--}1,04 \cdot 10^6\text{ G} \cdot \text{Oe}$ energiataralmú mágneseket, ami azt jelenti, hogy az elméletileg lehetséges értéket 94%-ra sikerült megközelíteni.

Felhívom a figyelmet arra, hogy míg az Alni és Alnico mágnesek fajsúlya $6,8\text{--}7,1\text{ g/cm}^3$ között van, addig a báriumferrit mágnesé mindössze $4,6\text{--}4,8\text{ g/cm}^3$. Ez azt jelenti, hogy 1 kg izotróp báriumferrit energiataralma megfelel pl. 1 kg Alnico 4 energiataralmának, mely utóbbi 7% Ni és 12% Al mellett még 5% Co-t is tartalmaz. Érdekes tulajdonsága még a báriumferrit mágneseknek, hogy fajlagos ellenállásuk $10^8\text{ ohm}\cdot\text{cm}$ nagyságrendű, tehát előmágnesezési célokra újszerű lehetőségeket nyithat.

Ami az anizotróp kivitelről illeti, itt a sajtolásnál technológiai korlátokkal kell számolni, ami azzal jár, hogy a lehetőségekhez képest egyszerű geometriai formákra (henger, prizma, gyűrű) kell szorítkozni.

SZILÁGYI SZILÁRD

A permanens mágnesek gyártásánál a teljesítmény fokozása mellett egyenlő mértékben folyik a kutatás a nehezen hozzáférhető alapanyagok, különösen a kobalt fém arányának csökkentése érdekében.

Az Alnico 5 csoportnál mágneses térben történő hőkezeléssel kb. 3,5-szeres teljesítményemelkedést lehet elérni. Ezt az emelkedést jelentős mértékben fokozni lehet a kristályirányítás segítségével. Természetesen a kristályok hossz tengely irányába egybe kell hogy essék a később alkalmazásnak megfelelő mágnes tér irányával. Ugyanebben az irányban történik a mágneses térben történő hőkezelés is. Ezt a tapasztalatot felhasználva önként adódik az a feltevés, hogy ha a kobalt arányát csökkentjük, akkor az ezzel járó teljesítmény csökkenés bizonyos mértékig

a kristályirányítás hatásával kikompenzálható. Amellett, ha a mágneses térben történő hőkezeléssel egyidejűleg akár mechanikus, akár pedig más módon előidézett kényszerített rezgéseket viszünk rá a darabokra, akkor a teljesítmény még tovább emelkedik. Mindezeket a körülményeket figyelembevéve, a kobalt aránnyal lemehetünk egészen kb. 17—18%-ig és emellett kb. $4 \cdot 10^6 G \cdot Oe$ érhető el.

ISTVÁNYFY EDVIN válasza :

Nagy Endre kartársnak a hozzászólása értékes adatokkal egészítette ki az előadást, különösen a báriumferrit mágnesek gyártására vonatkozóan.

Egyéb megjegyzéseiben rámutatott néhány olyan előnyös tulajdonságra is, mint a nagy fajlagos ellenállás, kis fajsúly, amire az előadásban nem tértem ki.

Szilágyi kartárs hozzászólásában elsősorban a kobalt csökkentésének a fontosságát domborította ki az Alnico 5 típusú mágneseknél és a mágneses tulajdonságok javítására a kristályirányításon kívül a mechanikai rezgések alkalmazását is megemlítette.

KÍSÉRLETEK HAZAI PERMALLOY ANYAGOKKAL*

GOBBI ISTVÁN

Bevezetés

Két hazai viszonylatban érdekes feladat tette aktuálissá, hogy a lágy-mágneses tulajdonságú Fe—Ni ötvözetek közül elsősorban a Mo-permalloyt részletesebben megvizsgáljuk. Egyrészt a szóbanforgó anyag lágy-mágneses tulajdonságait előidéző izzítás módszereit kívántuk tanulmányozni az eddiginél korszerűbb technológia bevezetése érdekében, másrészt a Vasipari Kutató Intézet irányításával még 1951-ben kidolgozott hazai permalloy anyagok eddig vitatott minőségét kellett eldöntenünk, hogy megállapíthassuk a további gyártás érdemességét.

A következőkben híradástechnikai és metallurgiai szempontból érdekesnek vélt tapasztalatainkat és a kellőképpen megalapozott vizsgálat eredményeit kívánjuk összefoglalni.

Előzetes vizsgálatok eredményei

Hang- és vivőfrekvenciás (10^1 — 10^5 Hz tartományú) áramkörök induktív elemeiben magként alkalmazott permalloy lemezek már gyenge — néhány mOenyi — mezőben elért 10^3 — 10^4 nagyságrendű permeabilitásuknak köszönhetik nagy elterjedtségüket. E permeabilitásértékek nagyságát lényegében két tényező határozza meg: az anyag összetétele és struktúrájának állapota.

Az egyenáramú előmágnesezés hatására kevésbé változó 45% Ni-tartalmú permalloy B feldolgozása nem volt problematikus, ezért csupán mágneses tulajdonságait vizsgáltuk.

Az általunk vizsgált 0,1 — 0,35 mm vastagságú magyar és szovjet Mo-permalloy lemezek kémiai analízise az alábbi táblázatban foglalt eredményeket adta.

* A Híradástechnikai Konferencián 1955. október 20-án elhangzott előadás.

1. táblázat

Különböző Mo-permalloy anyagok százalékos összetétele

	Ni	Mo	Fe	C	S	Egyét
Magyar	78,04	3,56	—	0,06	0,00370	Mn 0,49
Szovjet	78,36	3,844	—	0,06	0,00325	Mn 0,94
VAC	—	—	—	0,05	0,00300	Mn 0,68

Megjegyzés : A Fe értékét nem analizáltuk. VAC a Vacuumschmelze, Hanau vákuumban öntött anyaga.



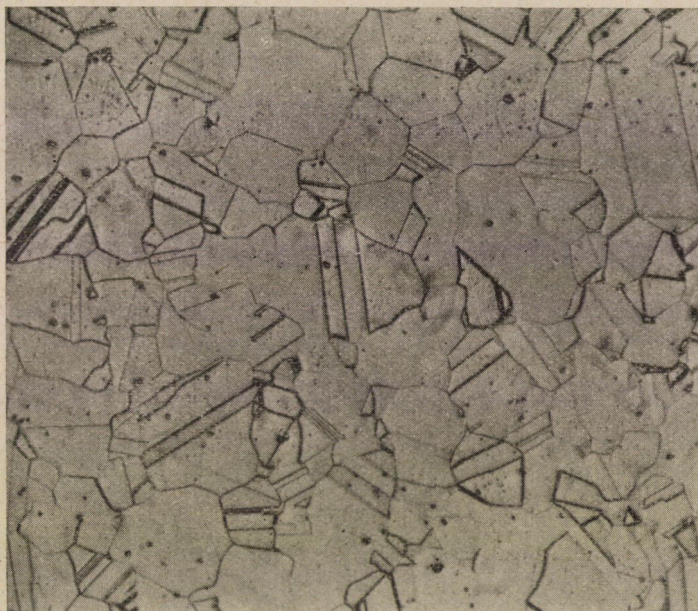
1. ábra

A felsorolt anyagok közül az elvi (78,5% Ni, 4% Mo, 17,5% Fe) összetételhez képest a magyar permalloyban a Mo-tartalom kisebb, de ezt sem a röntgen struktúravizsgálatok, sem lágyítási kísérleteink alapján nem kifogásolhatjuk. A keményedést okozó C és S mennyisége a megengedett határon mozog.

Az összetételt követő szerkezeti vizsgálatok szerint a kovácsolással, hengerezéssel szalaggá, lemezzé alakított öntvény összeűzött krisztallitjai (1. ábra) és az ezáltal deformált atomrácsok jelentős belső feszültséget őriznek, melynek hatására mindegyik mágnesezési ciklus során nagyobb energiát kell

felemésztünk, mintha az anyag lágy, sértetlen szövetszerkezetű lenne. Ennek megfelelően a lágyítatlan Mo-permalloy lemez kezdeti permeabilitása csak az anyag zömét alkotó Ni — 110 nagyságú — kezdeti permeabilitását közelíti meg,¹ koercitív ereje pedig min. 4 Oe^2 .

Ahhoz, hogy a fentebb említett nagy permeabilitás értékeket biztosíthassuk, szükséges, hogy a deformált atomrács szerkezetét lágyító izzítással regeneráljuk, egyben az anyag 1. ábrán bemutatott szövetszerkezetét a 2. ábrán



2. ábra

látható nagyszemcsés szerkezetűvé alakítsuk, a szennyezést pedig — nem utolsósorban az általunk nem mért gázszennyeződést — redukáló atmoszférában csökkentjük.

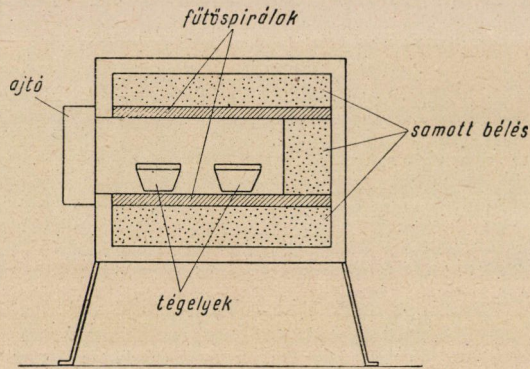
Permalloy anyagok normál- és hidrogénatmoszférás lágyítása

Lágyítási kísérleteinket kétféle atmoszférában — normál légtérben, valamint redukáló, és egyben védőhatású hidrogénben — végeztük, emellett megállapítottuk az anyag előzetes megmunkálásától függő parametereket: a felhűtés idejét, az izzítás hőfokát és a lehűtés módját.

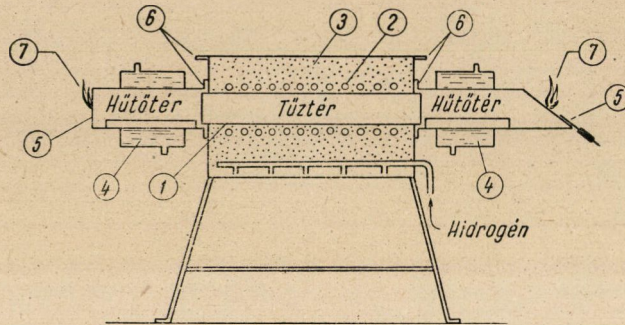
¹ „Kezdeti” permeabilitáson a konvencionális 0 Hz frekvencián és 0 Oe térerősségen mért érték helyett az ettől nem lényegesen különböző, 50 Hz-en és 50 mOe térerősséggel mért permeabilitást értjük.

² A hengerelt szalag hosszirányában kisebb veszteséget (nagyobb permeabilitást) mérhetünk, mint keresztirányban. Ez az anizotropia a hengerlés szemcseirányító hatásából ered.

A normál atmoszférás izzítás a 3. ábrán látható elektromos fűtésű kemencében történik, melyben vastagfalú, kettős fedéllel zárt tégelyben kerül izzításra az előzetesen zsírtalanított, összesülés ellen timfölddel beporzott és tömítés végett lágú vasforgáccsal körülvett anyag.



3. ábra

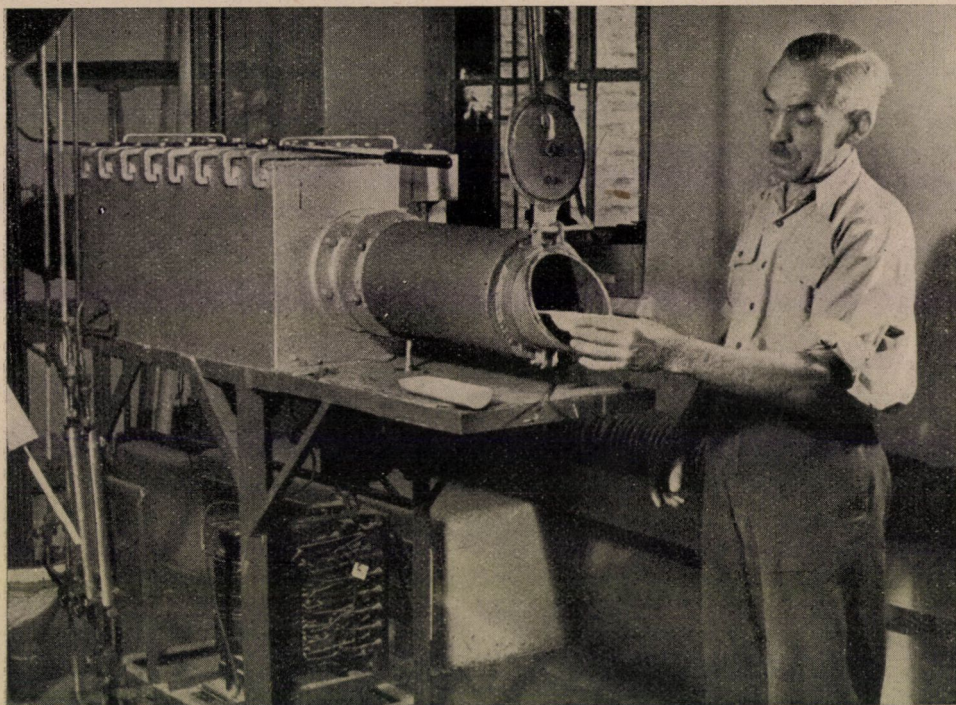


- | | |
|---|----------------------|
| ① Kerámiai anyagból készült tűzálló cső | ④ Vízhűtőköpeny |
| ② Fűtőspirál | ⑤ Ajtó |
| ③ Tűzálló töltőanyag | ⑥ Tömítés |
| | ⑦ Elégő H_2 lángja |

4. ábra

Ha nem marad szennyezés a lágúítandó anyagon s a tégely fedelét is gondosan lezárjuk, az 1000 C° -on végzett kétórás izzítás eredményeképpen $6000\text{--}12\,000$ permeabilitású anyagot kapunk. A permalloy B 900 C° -os izzítás hatására éri el a megfelelő $2000\text{--}2500$ értékét. A módszer hátránya, hogy a Mo-permalloy természetéből fakadó lehetőségeket nem tudjuk eléggé kihasználni, mivel nem tökéletes az oxidációtól való védelem, a szennyezők redukációjára egyáltalában nincs lehetőség s a nagytömegű, tüzes tégely gyors hűtése is nehézkes.

A tégelyben való elzárással szemben nem csupán biztosabb védelmet nyújt a H_2 atmoszféra, de redukáló és öblítő hatása különösen gázszennyezőkkel szemben jelentős. (A szilárd szennyezők közül a $S \rightarrow SH_2$, a $C \rightarrow CH_4$ alakjában távozik.) A 4. és 5. ábrán látható csőrendszerű hidrogénkályha felépítésénél fogva a gyors hűtés lefolytatására is alkalmas.



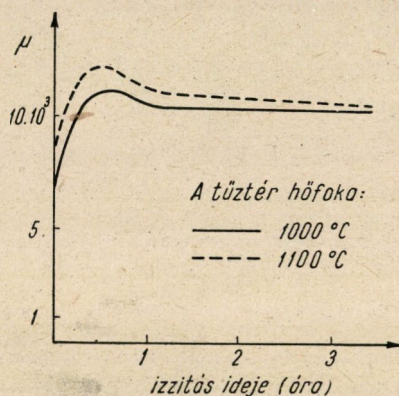
5. ábra

A $4-8 \text{ gr/m}^3$ vízgőz és $0,02-0,04$ térfogat $\%$ oxigéntartalmú 1000 l/óra áramlásebességű nyers hidrogénben végzett kezdeti kísérletek a fentebb megadott hőmérséklet és időtartam mellett már igen jó eredményt, általában $15\ 000$ -nél nagyobb kezdeti permeabilitást idéztek elő. A lágyítási folyamat további finomítása végett megvizsgáltuk a felfűtés sebességének, az izzítás hőfokának és időtartamának, valamint a hűtés sebességének hatását.

Az anyag rekrisztallizációja szempontjából korántsem közömbös, hogy mekkora hőmérsékletű kályhában kezdjük a folyamatot. Általában $200-600 \text{ C}^\circ$ hőmérsékletről kell kiindulni. Ez a tény a felhevülés sebességével áll összefüggésben. A gyorsan felhevülő anyagok kezdeti permeabilitása nem kielégítő. Még H_2 -ben sem kaptunk $10\ 000-12\ 000$ -nél nagyobb permeabilitás értéket, ha az

anyagot szobahőmérsékletről közvetlenül tettük az 1000 C°-os tűztérbe. Megfelelőnek a 300 C°/óra felfűtési sebesség bizonyult.

A 6. ábrán látható diagramot magyar *permalloy C* normál atmoszférás izzítása során vettük fel annak megállapítására, milyen hatással van az anyagra a hőmérséklet és izzítás időtartama. Látható, hogy a hőmérséklet 10%-os emelkedése mintegy 5—10%-os permeabilitásnövekedést idéz elő, az izzítás ideje azonban bizonyos határon túl kevésbé előnyös, bár lényeges változást nem okoz. Tapasztalataink szerint tehát a gyorsan felizzított anyag permea-



6. ábra

bilitása kicsiny, viszont megfelelő sebességű felhevítés után a hosszabb idejű izzítás nem szükséges. (A diagram speciális esetre érvényes, mintegy 0,5 kg mennyiségű anyagra.)

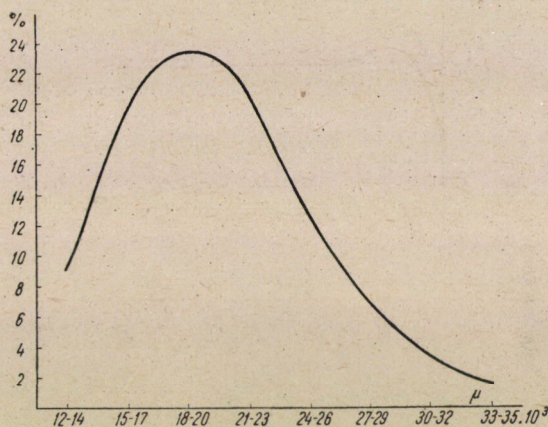
A 8 cm átmérőjű H₂-kályhában 2—3 kg tömegű magyar *permalloy C*-re úgy találtuk, hogy a kályha 2—3 órás felfűtési idejének elteltével 1100 C°-on egy órás hőntartás szükséges, ezután pedig 800 C°-ig a kályhával együtt, majd hűtőtérben kell az anyagot hűteni. (Ez a módszer energiafogyasztás szempontjából is kedvezőbb, mint az eddig alkalmazott 1000 C°, 2 órás izzítás.)

A felfűtés és izzítás előírásának pontos betartása mellett a hűtés sem közböns. Bár mindegy, hogy 600 és 1000 C° között mekkora hőmérsékleten visszük az anyagot a kályha hűtőterébe, fontos, hogy szobahőmérsékletre legalább 1600 C°/óra sebességgel hűljön. Az említett folyamat betartása mellett nyers hidrogénben az alábbi eredményeket kaptuk :

Magyar PC kezdeti permeabilitás középértéke	≥	20 000
Szovjet PC ³ „ „ „	≥	20 000
Magyar PB „ „ „	≥	2 500

³ A szovjet előírás 10³ Hgmm vákuumban 1000 C°-on végzendő izzítást ad meg. Ezáltal 20—25 000 átlagos kezdő permeabilitást érnek el, ami jól egyezik a kísérleteinknél tapasztalt értékkel.

Néhány nem számottevő kísérletet végeztünk $0,1\text{gr}/\text{m}^3$ vízgőz- és $0,007$ térfogat-% oxigén tartalmú tisztított hidrogénben. Az ilyen atmoszférában kezelt anyag értéke gyakran $25\,000$ -nél is nagyobb, sőt a $30\,000$ -t is elérte, bár akadt $20\,000$ alatti is. Minthogy a fentebbi értéket közel 80 kísérletből állapítottuk meg, az imént említett értékeket pedig csak 4 – 5 kísérlet alapján állítjuk, összehasonlításul egyik külföldi szerző⁴ adatait említjük, melyek szerint az átlagos kezdeti permeabilitás nyers hidrogénben kezelés után $18\,000$, tisztított hidrogénben végzett kezelés után pedig $20\,000$. (A szerző nem említette meg a H_2 tisztaságára jellemző adatokat.)



7. ábra

Igen tanulságos az anyag felhevülésének és hűlésének egyenetlenségéből származó eloszlási görbe (7. ábra).⁵ Ebből nemcsak az irodalomban is olvasható középértéket, de a tervező szempontjából biztonságos alsó határértékeket is megállapíthatjuk. A szórás csökkentése csakis a már említett paraméterek pontos betartásától, különösen a hűtés sebességének egyenetlenségétől függ.

A következőkben egy elvileg is indokolandó kérdésre, a Mo-permalloy gyorsításának kérdésére térünk át.

78%-os permalloy anyagok nagy permeabilitásának indokolása

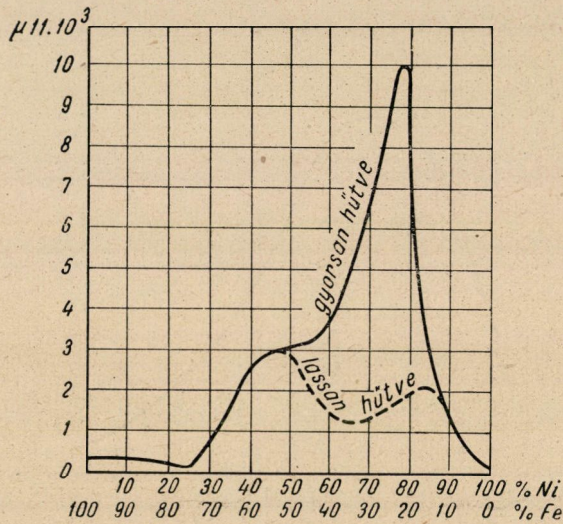
Lágy mágneses tulajdonságú fémek tapasztalat szerint mechanikailag is lágyak. (Lágyítatlan és lágy permalloy Vickers keménységének viszonya : $3 : 1$.)

⁴ Metallurgia, 1955. V.

⁵ A már korábban megfigyelt törvényszerű szóródási jelenséget az előadás egyik hozzászólása után ábrázoltuk.

Az elmélet Kerstentől⁶ származó egzaktabb megfogalmazása szerint a kezdeti permeabilitás az anyagban uralkodó belső feszültségtől (σ_i), a mágneses tér okozta fajlagos hosszváltozástól ($\Delta l/l = \lambda$ a magnetostrikciós nyúlás, illetve összehúzódás), valamint az anyag telítési I_s mágneses intenzitásától a következőképpen függ :

$$\mu_k = 1 + \frac{8\pi}{9} \frac{I_s^2}{\lambda \sigma_b} \quad (1)$$



8. ábra

A lágyítás célja tehát a deformált rácsszerkezetben fellépő feszültség feloldása a rácsszerkezet regenerálása által. Még inkább csökken a belső feszültség a rácspontba, illetve rácsközbe ékelt szennyezők H_2 -ben való redukációjával.⁷

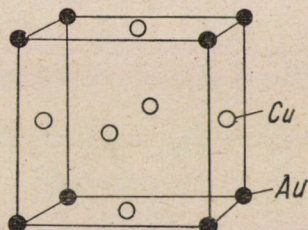
A nagyobb Ni-tartalmú anyagok feszültségmentesítése előfeltétel csupán, a kimagasló mágnesezhetőséget azonban összetettebb jelenség magyarázza. *Elmen*, a permalloy felfedezője, a véletlennek köszönhető módon úgy tapasztalta, hogy a ferromágneses tulajdonságú Ni—Fe ötvözet a lágyító izzítást követő gyors hűtés után jobban mágnesezhető, mint lassú hűtés után. Számos különböző összetételű ötvözet kétféle hűtési módja alapján állapította meg a 8. ábrán látható görbéket.⁸ Különösen szembeűnő a 75—80% Ni-tartalmú ötvözet rezonanciaszerűen kiugró permeabilitása.

⁶ Kersten : Theorie der technischen Magnetisierungskurve, Berlin, 1938.

⁷ Nagy Endre : A híradástechnika szükségleteinek megfelelő különleges sajátságú anyagok, M. T. I. 1955.

⁸ Elmen : B. S. T. J., 1924.

A gyors hűtés hatására kimagasló mágnesezhetőség, az ún. *permalloy effektus*, aligha magyarázható kizárólag az anyag feszültségmentesítésével. A szinte edzés jellegű hűtés inkább előidézi, mintsem feloldja a mechanikai feszültségeket és extrém hatása csak a 78,5% Ni-tartalmú ötvözetnél figyelhető meg.



9. ábra

A permalloy effektust csak egyes ötvözetek, mint az Au_3Cu rácsszerkezetének felismerése után magyarázhatták meg.⁹



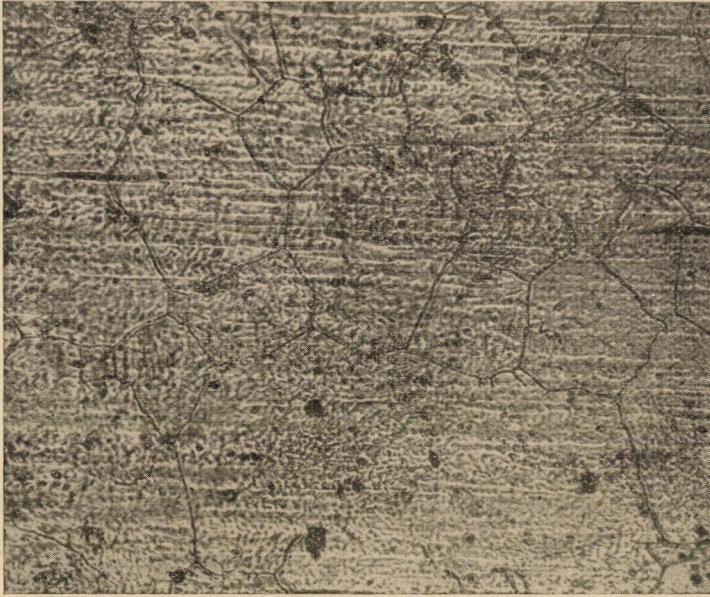
10. ábra

Az Au_3Cu — s minden 3 : 1 arányú szilárd oldat — rácsszerkezete az euklideszi geometria katonás rendjébe illő formát vesz fel, melyben az azonos atomok csak azonosokkal tömörülnek a kockarácsba és az egyik elemből álló rács a másik

⁹ Houdremont: Handbuch der Sonderstahl Kunde, 313. old.

elem rácsába illeszkedik bele (9. ábra). Ezek hatására csökken az anyag elektromos ellenállása, ferromágneses ötvözet esetében pedig a mágnesezhetőség is.

Az említett struktúra — ún. szuperstruktúra — a termikus mozgás következtében megbomlik az izzítás magas hőmérsékletén, és az anyag gyors hűtésével elérhetjük, hogy a ferromágnesség szempontjából kedvező rendezetlenség mintegy megdermedjen a minimum energiájú helyzetbe törekvő atomok rendeződése előtt.

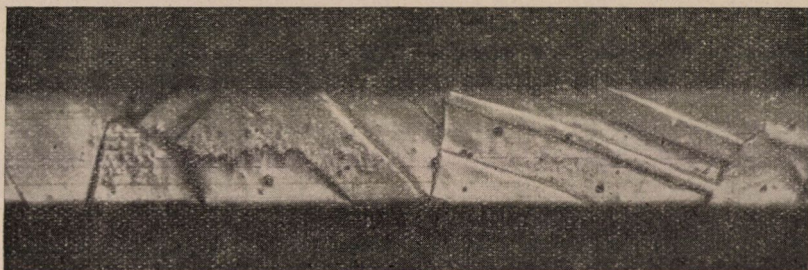


11. ábra

A szuperstruktúra a Fe—Ni ötvözetek meglehetősen „széles sávjában” uralkodik, megszűnésével mégis eléggé szűk intervallumban tapasztaljuk a kiváló mágneses sajátságokat. Ezt arra vezették vissza, hogy a belső feszültséget okozó magnetostrikció 81%-nál, az energiafelemésztéssel járó anizotropia pedig 76%-nál éri el minimumát. E két érték kompromisszumaként 78,5% Ni-tartalmú anyagnál adódott a legnagyobb mértékű mágnesezhetőség. A szuperrács keletkezését megakadályozó néhány % Mo azonban fölöslegessé teszi a 78% Ni-tartalmú Perm. C. izzítását követő gyors lehűlést. Több kísérletünk viszont azt mutatta, hogy a nagyobb (1600 C°/óra) sebességgel hűtött Mo-permalloy több esetben közel kétszer akkora permeabilitású, mint a kályhával együtt 40 C°/óra sebességgel lassan hűtött anyagé (pl. 27 000/14 000).

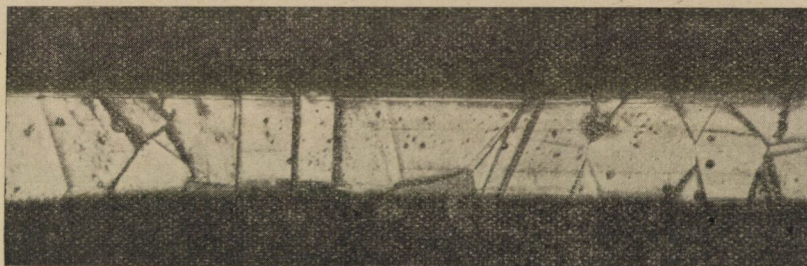
Röntgenvizsgálatok szerint a Mo-Perm.-ban szuperrács nyomokban sem volt felfedezhető. Az ellenállásmérések sem mutattak különbséget a kétféle

módon hűtött anyag fajlagos ellenállása között. A szövetelem felvételek azonban a 10—13. ábrákon látható kirívó különbséget mutatták. A gyorsan hűtött anyag megőrizte a magas hőfokon kialakult durva-kristályos szerkezetét (10. ábra), míg a lassan hűlő anyag szemcséi felbomlottak (11. ábra). (A 12—13. ábra ugyanezen anyagok keresztirányú csiszolata.) A lassan hűtött anyag képe repedezett szikes talajhoz hasonlít. Figyelmesebben azonban azt vesszük észre, hogy a



12. ábra

repedésnek vélt vonalak ott is megszakadnak, ahol folytatódniuk kellene. Feltehető, hogy ezeken a helyeken a vastagabb fekete vonal kiválódások képe.



13. ábra

Meszkin és Peltz, akik ezt a jelenséget Fe—Si ötvözeteken tanulmányozták, a szemcsehatárokon történő kiválásokat feszültséget okozónak tekintik.¹⁰ Részben erre vezethető vissza az anyag kisebb permeabilitása, részben viszont az apróbb szemcsék miatt nagyobb mértékű demagnetizálódás lép fel, és ezáltal csökken az anyag eredeti mágneses vezetése (légrés hatás).

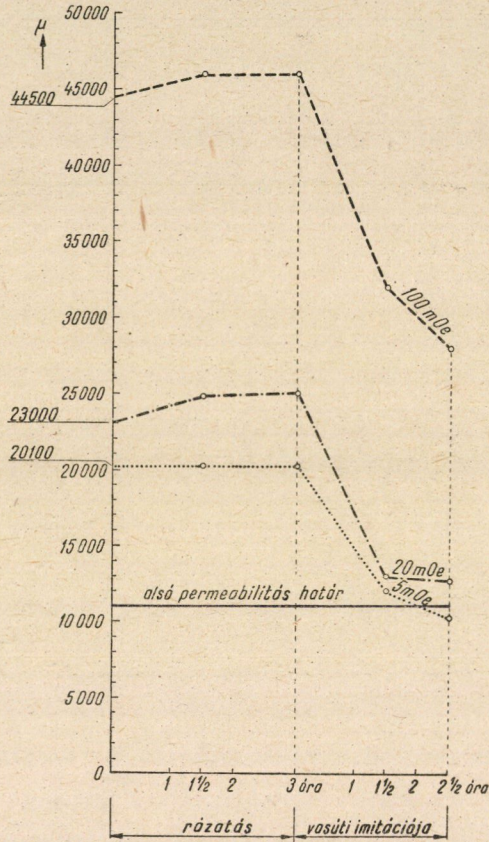
Permalloy B anyagon nem folytattunk rendszeres gyorsítési kísérleteket. Egyetlen esetben észleltük, hogy a gyorsan hűtött anyag az összes addiginál nagyobb — 4000 — permeabilitású. Az eredmény valószínűleg ez esetben is a

¹⁰ Meszkin—Peltz : Trudi Institute Metallov, 11. old.

szemcseméretekkel függ össze, mert 50% Ni-tartalom alatt szuperrács nem alakulhat ki.

A permeabilitás változása mechanikai hatásra

Több ízben tapasztaltuk, hogy külföldről importált, nagy tételben érkező lágy permalloy transzformátor lemezek szállítás alatt több mint 40%-os permeabilitásromlást szenvedtek. (A pl. 24 000 átlagértékkel feladott küldemény megérkezésekor a 14 000 értéket is alig éri el.)

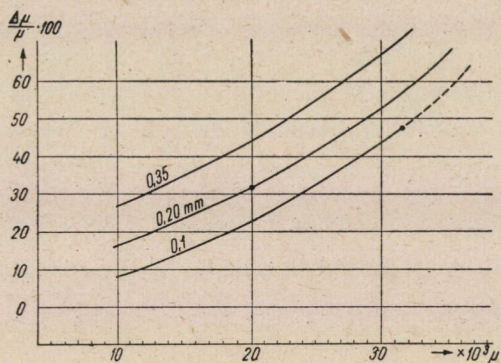


14. ábra

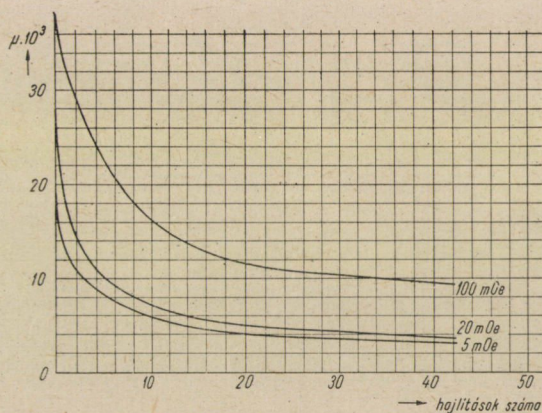
A jelenség vizsgálatára a vasúti szállítás hatását 20-Hz 5 mm amplitudójú rázógéppel kívántuk mesterségesen előidézni. Ennek hatására azonban a permeabilitás értéke változatlan maradt, sőt javult is valamit. Minthogy ezzel a módszerrel nem bizonyosodott be a vasúton való szállítás káros hatása, vasúti kocsik zökkenését imitáló berendezéssel „szállítottuk” a vizsgált anyagot.

Az impulzusszerű lökések már jelentős romlást okoztak, mint azt a 14. ábrán látható diagram szemlélteti.

Kis tételben (2 transzformátormagnyi mennyiségben) alaposan becsomagolt és postára adott anyag 200 km út után sem romlott, sőt a 20 mOe térerősség-nél mért permeabilitás némi javulást mutatott.



15. ábra



16. ábra

A kétféle kísérletből s a hozzájuk tartozó diagramból az következhet, hogy az enyhébb hatásra bizonyára a hűtés során keletkező feszültségek oldódnak fel vagy mechanikus szemcsereződés áll be, míg drasztikusabb behatás belső feszültségeket ébreszt. Ezért zuhan μ a vasúti imitáció alatt a hiperbola vonalát követve [vö. az (1) alatti egyenlettel].

Sajnos a permalloy nagy szemcseszerkezete miatt nem volt lehetséges a belső feszültség mérése röntgensugárral, így kvantitatív összefüggéseket nem állapíthattunk meg. Megjegyzendőnek azt a tényt tartjuk, hogy permalloy anyagok nagy tömegben való szállítása káros. Igaz ugyan, hogy a szállítmány egyet-

len csomagjában sem süllyedt a permeabilitás a szabványos alsó (10 000) érték alá. Ez azonban nem megnyugtató, mert az anyag további romlása szerelés közben szükségszerűen bekövetkezik. Nem különben figyelemre méltó jelenséget okoz ui. a lemezek hajlítgatása a transzformátor szerelése közben. A 15. ábrán a 0,1—0,35 mm vastag M42 kivágású permalloy C lemezek nyelvének egyszeri 30°-os kihajlításával járó romlás értékeit vettük fel az érintetlen anyag permeabilitásától függően (a 15. ábra megszerkesztésénél a legkedvezőtlenebb adatokat vettük figyelembe). A lemezek többszöri hajlítgatására a 16. ábra jellemző, melyen 0,2 mm vastag lemez permeabilitáscsökkenését a hajlítások számának függvényében ábrázoltuk 5, 20 és 100 mOe térerősség mellett. A 15. ábra szerint 0,35 mm lemezből nem célszerű az M42, vagy ennél kisebb méretű magok előállítás. A hőkezelés, térkitöltés, határfrekvencia és mechanikai érzékenység szempontjából a 0,1 mm-es vagy vékonyabb lemezeket használhatjuk gazdaságosan, a vastagabb lemezekből inkább az EI típusú magok készítése célszerű.

Hazai permalloy anyagok mágneses tulajdonságai

A már említett eljárással hidrogénatmoszférában lágyított hazai Mo-permalloy anyagok híradástechnikai szempontból érdekes adatait a 2. táblázatban foglaljuk össze.

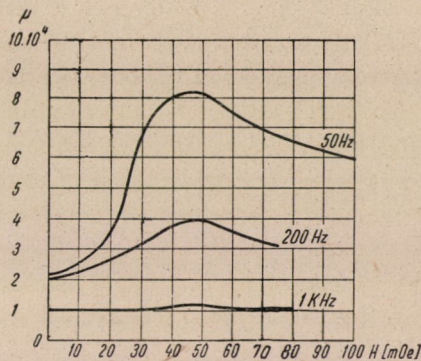
2. táblázat
Mo-permalloy adatai

μ_5 (50 Hz) alsó határ	μ_5 (5 Hz) középtérték	μ_{\max} (50 Hz)	B_{\max} G	H_c Oe	σ $\mu\Omega\text{m}$
10 000	20 000	70 000	8500	$\leq 0,05$	0,55

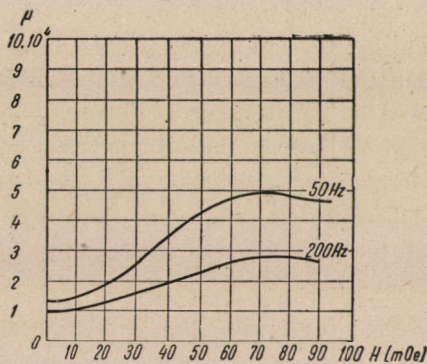
A táblázatban megadott μ_{\max} az irodalomban található értékekhez képest alacsonyabb, mert mind a kezdeti permeabilitást, mind a további permeabilitás értékeit 50 Hz-en állapítottuk meg. A maximális permeabilitás nagyságrendjében pedig már ezen a frekvencián is erősen tapasztalható a mágneses skin effektus. A 17. ábrán látható görbék 0,2 mm vastag, gyorsan hűtött permalloy lemezek térerősség permeabilitás görbéi. A mérés parametereiből látható μ_{\max} erős frekvenciafüggősége. A 18. ábrán a lassan hűtött 0,2 mm-es anyag előbbihez hasonló görbeseregét ábrázoltuk. A két ábra összehasonlításából megállapíthatjuk, hogy olyan esetekben, amikor a permalloy működési frekvenciája igen kicsi (max. 200 Hz), a torzítás elkerülése végett a lassan hűtött anyag alkalmazása célravezetőbb.

A μ_5 érték frekvenciafüggőségét a 19. ábra szemlélteti. A rajzon két görbesereg látható, a 20 000 középtértékből és 10 000 alsó határértékből kiinduló

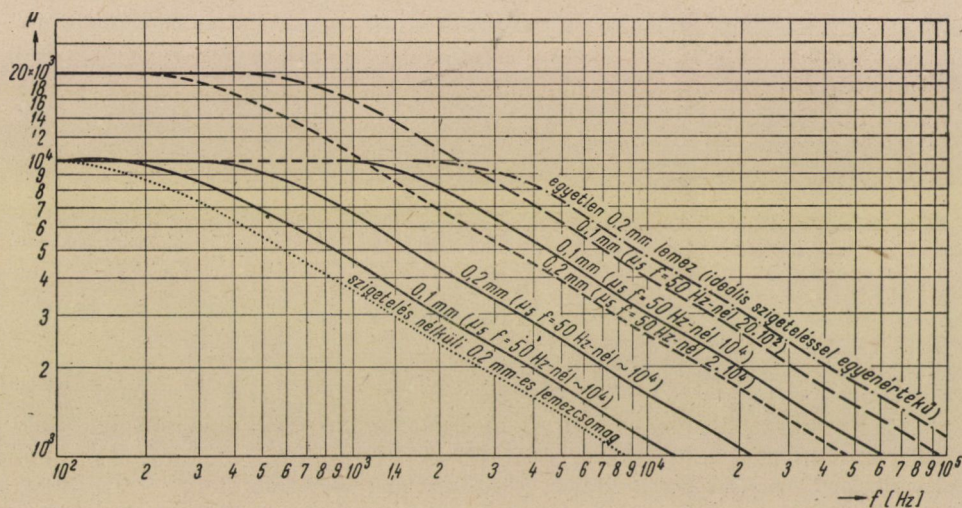
görbék. A feltűnően magas határfrekvenciájú görbe egyetlen 0,2 mm-es lemez frekvenciakarakterisztikája. Ebből megállapíthatjuk, hogy a lemezek közötti szigetelés (esetünkben kondenzátorpapír) sem eléggé hatásos az örvényáram-vesztesség gátlására.



17. ábra



18. ábra



19. ábra

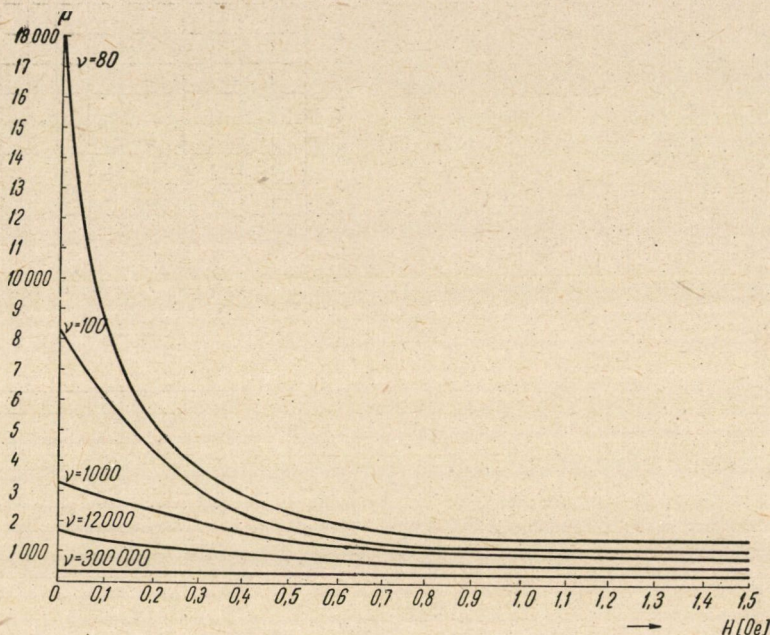
Végezetül a 20. ábrán különböző frekvenciák mellett felvett reverzibilis-permeabilitás görbesereget mutatjuk be.

Összefoglalás

Az elmondottakat összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a hazai permalloy anyagok megfelelő atmoszférában és paraméterek betartásával lágyítva, elérik a külföldi anyagok minőségét. Tömeggyártási tapasztalatokkal még nem rendel-

kezünk. Ezért a permeabilitás értékek szóródása (7. ábra) nem mutat teljesen kedvező képet. Ezen különösen a hűtés szabályozásával kívánunk segíteni.

Többen úgy vélik, hogy az átlagosan nagy kezdeti permeabilitás igen jó, sőt fokozása szükséges. Ez azonban téves elképzelés, mert az ismertetett mechanikai érzékenység miatt a nagy permeabilitás megtartása illuzorikus. Reálisan az alsó határral — 10—12 000-rel — számolhatunk az eddigi (normál atmosz-



20. ábra

férával elért) 6000 értékkel szemben. Ez a 66%-os növekedés azonos magméretek mellett is mintegy 20% rézmetakarításhoz vezethet; más megoldás szerint — amennyiben a torzítási tényező határt nem szab — a magméretek csökkentése permalloy megtakarítást eredményez.

A tömeggyártás bevezetése során két feladat pontosabb kidolgozása látszik még szükségesnek. Egyrészt a rekrisztallizáció kritikus határainak pontos megállapítása, miáltal a feleslegesen hosszabb időtartam lerövidíthető, másrészt a gyorsítás sebességének pontosabb megállapítása, mert ezáltal az említett 10—12 000 alsó határ kedvezően tolódhat felfelé.

HOZZÁSZÓLÁSOK

JUVANCZ ENDRE

A lefolytatott nagyfontosságú hőkezelési kísérletekkel kapcsolatban feltétlenül tisztázandó a mért átlag értékek mellett a szóródás gyakorlati mértéke is. E kettő alapján megállapítható egy olyan gyakorlati alsó határérték, amihez képest a helyesen hőkezelt lemezek — gyakorlatilag igen kis selejttel — feltétlenül nagyobb kezdő permeabilitást mutatnak. E minimális érték közlése azért fontos, mert a tekereskonstruktőröknek a helyes méretezéshez erre feltétlenül szükségük van, másrészt ez a kooperáló érdekelt vállalatok együttműködésének az alapját képezheti a minőségi követelményekben való megállapodás terén.

A Vaskutató Intézet munkatársai a permalloy C hazai előállítására vonatkozó munkálataik során már korábban rámutattak arra, hogy több szempontból kívánatosnak látszik a kipróbált permalloy transzformátorlemezek vákuumhőkezelésének bevezetése, mint az elektromágneses jellemzők, elsősorban a kezdő permeabilitás további javításának eszköze. Ezt a Tudományos Akadémia mágneses szakbizottsága megvitatta és kivitelezésre javasolta. Ennek alapján egy ilyen berendezés tervezése és megrendelése megtörtént és az a közel jövőben a Híradástechnikai Anyagok Gyárában felállításra kerül. Az itt elvégzendő technológiai kísérletektől igen sokat várunk. Alátámasztja ezt az az időközben tudomásunkra jutott tény is, hogy a Szovjetunió által szállított kiváló minőségű permalloy lemezek is végső műveletként vákuumban hőkezelendők az azokhoz mellékelt technológiai utasítás szerint. Az előadásban említett hidrogén hőkezelés kiváló eredményeket hozott ugyan, de még nem érte el azokat a minőségi jellemzőket, amiket a szovjet gyártmányú permalloy a vákuum hőkezelés után felvesz. Ez a további javulás valószínűleg a más gyártmányú permalloy lemeznél is elérhető lesz. Javasolom ezért a hőkezelési kísérletek kiterjesztését és további folytatását most már a vákuumban végzett hőkezelés területére is.

PAP JÁNOS

A hazai gyártás útjában kezdettől fogva sok nehézség állt és áll még ma is. A permalloy és a hasonló kényes anyagokat ideális körülmények között vákuum kemencében öntik. Sajnos, ilyen nagyfrekvenciás vákuum kemence az egész országban nincs. Ezért az olvasztást és ötvözést kénytelenek vagyunk vákuum nélkül végezni. A vákuum hiányát azzal igyekszünk pótolni, hogy a fürdőn közvetlenül öntés előtt tisztított argont fúvatunk át, amely a fürdőből a nem kívánatos gázzsennyezőket — legalább is nagyrészt — kihajtja. A permalloy gyártásnak ezt az első fázisát a Kőbányai Vas- és Acéllöntődében végezzük.

Az anyag melegmegmunkálását sokáig nem tudtuk megoldani. Ennek oka az volt, hogy a permalloy meleghengerlését, vagy kovácsolását 1320—1380 C°-ról kell kezdeni és 1150 C°-nál abba kell hagyni, mert e hőmérséklet alatt az anyag azonnal reped és törik. Sem hengerdínkben, sem kovácsoló üzemeinkben nem tudunk ilyen viszonyokat biztosítani. A kemencék atmoszférája sem volt megfelelő, mivel általában generátorgázzal fűtenek, melynek nagy kéntartalma káros befolyással van a nagy nikkeltartalmú permalloy anyagra. A legutóbbi időben ezért a kovácsolást a Vasipari Kutató Intézetben végezzük, ahol megfelelő atmoszférájú kemence áll rendelkezésre és a kalapács is mindössze néhány méterre van a kemencétől. Így a megfelelő hőfokon levő anyag a kovácsolás megkezdéséig nem tud lehűlni.

Addig is, míg a tervezés alatt álló Híradástechnikai Alapanyagokat Gyártó Vállalat gyártja a permalloyt és a többi kényes alapanyagokat, legalább a hengerlési részleget kellene ellenőrző berendezésekkel ellátni, hogy a hengerlés egyes szakaszai és főleg a kész termék leszállítás előtt ellenőrizhető legyen.

Régebben a permalloy C anyagot kizárólag külföldről szerezték be, amely a régebben használatos hőkezeléssel is elérte a minimum 10 000 átlagos kezdeti permeabilitást. Az általunk gyártott permalloy kezdő permeabilitása az említett nehézségek miatt ennél néhány ezerrel kisebb volt. Köztudomású, hogy a jóminőségű permalloy C-nek megfelelő hőkezeléssel el kell érnie a 20 000 kezdő permeabilitást. Minthogy azonban ilyen értékeket itthon semmilyen külföldi anyaggal nem értek el, nyilvánvaló volt, hogy az eddigi hőkezelés nem kielégítő. Innen indult el Gobbi István nagy jelentőségű munkája, amely a felsorolt adatokat tekintve teljes mértékben sikeresnek mondható. A hidrogén hőkezeléssel kezdettől fogva egyetértettünk, mivel a H₂ erősen csökkenti az anyag O₂, N₂ és S tartalmát. Ezért véleményünk szerint a hidrogén hőkezelésre legalább addig szükség van, míg nem rendelkezünk vákuum olvasztásos kemencével és így a kész darabokból kell azokat a nem kívánatos szennyezőket eltávolítanunk, amelyek az olvasztás alatt nem tudunk teljes mértékben távol tartani.

A Gobbi által kidolgozott hőkezelési eljárással sikerült a hazai gyártású permalloy anyaggal is elérni, vagy legalábbis megközelíteni a külföldről importált anyagok jellemzőit. A gyártási technológia és a vele szorosan összefüggő végső hőkezelés további javításával a hazai gyártás teljes egészében elláthatja híradástechnikai iparunkat és teljesen feleslegessé teheti az importot.

GOBBI ISTVÁN VÁLASZA

A kivetített táblázatban szereplő 20 000 kezdő permeabilitás elég sok mérés középértéke. Valóban kérdéses lehet ezzel kapcsolatban, hogy mekkora a szórás. A szórás elsősorban az anyag hűlésének a természetéből következik. Egyetlen transzformátor lemezcsonagon belül a darabszám függvényében az eloszlás a Gauss-féle görbét követi valószínűleg azért, mert a felületek hamarabb, a belső részek később hűlnek le. Hasonló a szórás teljes hőkezelési tételeken belül is. A DIN szabvány az M42 típusú magokra minimum 11 000 értéket ír elő.

A vákuum hőkezelés akkor jár kielégítő eredménnyel, ha az anyagot 10^{-3} Hgmm atmoszférában izzítjuk. Ennél kisebb mértékű evakuálás nem látszik hatásosnak. 10^{-2} Hgmm vákuumban a *lignagyobb* elérhető kezdőpermeabilitás kb. 20 000.

A HÍRADÁSTECHNIKA KERÁMIAI ANYAGAI*

I. KIS VESZTESÉGI TÉNYEZŐJŰ KERÁMIA SZIGETELŐANYAGOK

KOCSIS ALBERT
aspiráns

A híradástechnikában alkalmazott régebbi kerámia anyagok hosszú ideig kielégítették az irántuk támasztott igényeket. Volt kis veszteségi tényezőjű szigetelőanyag, a kondenzátordielektrikumok pedig az elektromos jellemzők széles skálájával látták el a szükségletet. A híradástechnikai tudomány és ipar nagyarányú fejlődése azonban magával vonja a kerámia anyagok fejlesztésének szükségességét is.

A híradástechnikai kerámia anyagok terén végzett kutató, illetve kísérleti munkák három irányban folynak. Az elméleti vonatkozású kutatást a Műszaki Egyetem Elektrokémiai Tanszéke végzi. Az új anyagok keresésén, valamint a nemzetközi viszonylatban ismert, de nálunk még nem gyártott anyagtypusok megvalósításán a Távközlési Kutató Intézet és Kőbányai Porcelángyár fejlesztési szerve dolgozik. A termék minőségének megjavítását és a termelékenység fokozását célzó kísérletek az Építőanyagipari Kutató Intézetben és a Kőbányai Porcelángyárban folynak.

Beszámolómban a hazailag gyártott anyagtypusokat és kutatási eredményeinket szeretném vázlatosan ismertetni.

A nagyfrekvenciás szigetelő anyagokat a következő képlet alapján minősíthetjük :

$$N = U^2 \omega K \varepsilon \operatorname{tg} \delta.$$

A kizárólag szigetelésre, tehát nem kondenzátordielektrikumként alkalmazott kerámia anyagoknál kis veszteségi és dielektromos tényezőre törekszünk. Adott elektromos igénybevétel és geometriai méretek mellett a szigetelőben fellépő veszteségek az $\varepsilon \operatorname{tg} \delta$ szorzat csökkentésével mérsékelhetők. A kis dielektromos tényezőt olyan nyersanyagok megválasztásával lehet biztosítani, amelyek kis mértékben polarizálható készterméket eredményeznek. A veszteségi tényezőnek alacsony szintje érdekében kerüljük a mozgékony, üveges fázis képzésre hajlamos ionok bevitelét, így elsősorban az alkáliákat.

* A Híradástechnikai Konferencián 1955. október 20-án elhangzott előadások.

A fenti meg gondolások alapján épülnek fel az „Elizolit”, „Calit”, „Frek-
venta” stb. kereskedelmi néven ismert magnéziummetaszilikát bázisú kerámia
anyagok.

Ezek masszájának átlagos összetétele :

- 80—85% talkum,
- 4—10% BaCO_3 ,
- 8—12% plasztikus anyag.

A talkum (magnézium-hidroszilikát) 800 C° feletti hőmérsékleten vízvesz-
teség és SiO_2 kilépése mellett metastabil protoenstatittá alakul. Jóllehet az anyag
végső égetési hőmérsékletén a klinoenstatit az állandó, azonban az adalékanyagok
és a szennyezések által keletkezett aránylag kis mennyiségű üveges fázis a ked-
vezőbb elektromos és mechanikai tulajdonságú protoenstatitot stabilizálja.

Az ilyen anyagok igen egyenletes szövetszerkezetet mutatnak, szemben pl.
a porcelán erősen heterogén és sok üveges fázist tartalmazó struktúrájával.
Ennek köszönhető — a kristályok különben is jó alaptulajdonságai mellett —
a kitűnően magas mechanikai szilárdsági érték.

A talkumos masszák feldolgozása a plasztikusság hiánya miatt sokkal
nehézkesebb, mint a porcelántechnológia. A receptben szereplő 8—12% képlé-
keny anyag kevés ahhoz, hogy a massa jól formálható legyen, fokozása pedig a
káros kordierit képződéséhez vezet. Megfelelő tulajdonságú talkum azonban
lehetőséget nyújt, bár az agyagdús masszákénál kisebbmértvű, de plasztikus
megmunkálásra is.

A gyártmányok formaképzésére korábban a fémforgácsoláshoz hasonló
esztergálást vagy fazonsajtoltást alkalmaztunk.

Az esztergálás céljára előkészített masszatömbök egyenletes elosztásban
aránylag nagy mennyiségű légzárványt tartalmaznak. Ez természetesen a termék
átütési szilárdságát az anyag fajlagos értékéhez viszonyítva nagymértékben
csökkenti. A légzárványok csökkentése és a technológia javítása érdekében
kolloidikai meg gondolások alapján kidolgoztuk a talkumos masszák öntési
eljárását. Noha így sikerült nagy, 28—34 kV/mm, átütési szilárdságú és tetszetős
külső termék előállítását, a módszert az öntőmassza instabil volta miatt nem
lehetett nagyobb méretekre kiterjeszteni.

Kidolgoztunk egy másik eljárást is a légzárványok csökkentésére. Ennek
alkalmazása nem jár technológiai nehézségekkel és eredményképpen az átütési
szilárdság 21—32 kV/mm-re emelkedett.

A sajtolt cikkeknel a felhasználók szempontjából legfontosabb követel-
mény, a méretpontosság, kielégítésére szintén folynak kísérletek.

A talkum nehéz beszerezhetősége és ingadozó minősége miatt vizsgálatokat
folytattunk hazai nyersanyagok felkutatására és alkalmazására.

Az eddigi eredmények kielégítőek, mert a kb. 90%-ig magyar nyersanyag-
ból készült kerámia anyag elektromos jellemzői jóval felülmúlják a külföldi

anyagok hasonló tulajdonságait. Méréseink a Távközlési Kutató Intézet vizsgálatával egybehangzóan átlagban $2 \cdot 10^{-4}$ veszteségi értéket mutattak, $1 \cdot 10^{-4}$ alatti minimummal.

Ha a hazai kerámia szigetelőanyagok minőségét a nemzetközi színvonalhoz hasonlítjuk, megállapíthatjuk, hogy annak eléréséhez a veszteségi tényező jelenlegi $10-12 \cdot 10^{-4}$ értékét $5-6 \cdot 10^{-4}$ -re kell csökkentenünk, az átütési szilárdságot pedig $20-25$ kV/mm-ről $30-35$ kV/mm-re kell emelnünk.

Az eddig ismertett anyagok dielektromos tényezője alacsony, $6-7$ körüli értékű. Kondenzátordielektrikumoknál a geometriai méretek csökkentése érdekében rendszerint a nagy ϵ kívánatos. Ezenfelül jelentőssé válik a dielektromos tényező hőfokállandója — TK_ϵ — is, mivel az esetek nagy részében ez az elektromos rendszer stabilitásának egyik tényezője. A kerámiai kondenzátordielektrikumok alkalmazását éppen az teszi indokolttá, hogy velük igen különböző felhasználási igények elégíthetők ki. Ez azért lehetséges, mert nagyszámú nyersanyagféleség dolgozható fel kerámiai úton és ezeknek specifikus tulajdonságai általában additive jelentkeznek a késztermékben mindaddig, míg a rendszerben új vegyület nem képződik.

A kerámia kondenzátordielektrikumoknak klasszikus és ma is legfontosabb nyersanyaga a titándioxid. Jelentőségét nagy ϵ , kis $\tan \delta$ és erősen negatív TK_ϵ értékének köszönheti. Önmagában egyrészt magas tömörreégési hőmérséklete miatt gyakorlati kerámiai technológiára nem alkalmas, másrészt veszteségi tényezője, valamint ennek hőfok- és frekvenciafüggése főként a kristály túlnövekedése következtében kedvezőtlen.

Egyes adalékanyagok, mint pl. a MgO , La_2O_3 , ZrO_2 , PbO_2 stb. mineralizátorként hatnak, gátolják az erős kristálynövekedést, leszállítják a szinterelési hőmérsékletet és javítják az elektromos tulajdonságokat. A „Megadim”, „Kondensa”, „Kerafar” stb. néven ismert anyagok ezen az alapon készülnek.

A mineralizátorok mennyiségének növelésével a titándioxid elektromos jellemzői nem lineárisan változnak, hanem mindinkább fokozódik az adalékanyag, illetve a keletkezett új vegyület sajátos tulajdonsága. Így készíthetők a különböző TK_ϵ értékű anyagok, mint pl. a hazai „Izodim N” és „Izodim P”, illetve a német „Tempa S” stb.

A kerámia kondenzátordielektrikumok technológiájának fejlesztésével intenzíven foglalkozunk. Jelenleg az elizoliton kívül négy kidolgozott dielektrikum típusunk van.

A megadim dielektromos tényezőjének a hőfokállandója erősen negatív ($TK_\epsilon = -700 \cdot 10^{-6}$), dielektromos tényezője kb. 80. Veszteségi tényezője $5-10 \cdot 10^{-4}$. A megadim eszerint a „Condensa F”-nek felel meg. Üzemi gyártása folyik.

A gyengén negatív, valamint a gyengén pozitív TK_ϵ értékű anyagok még csak laboratóriumi méretekben készülnek. Az „Izodim N” TK_ϵ értéke: kb. $-50 \cdot 10^{-6}$, dielektromos tényezője: $42-45$, veszteségi tényezője: $1,5-$

— $5 \cdot 10^{-4}$. Az „Izodim P” TK_e értéke : kb. $60 \cdot 10^{-6}$, veszteségi tényezője : $2-5 \cdot 10^{-4}$.

A különböző kerámia dielektrikumok kidolgozása mellett a kondenzátorok miniaturizálása terén is sikerült eredményeket elérni. Munkánk folyamán a miniaturizálás alapelvét, az adott körülmények között legjobb térkihasználást, tartottuk szem előtt. A szokásos csőkondenzátoroknál nincs kihasználva a szerelésnél fellépő mechanikai igénybevételek érdekében túlméretezett falvastagság, a belső fegyverzet kihajtása pedig felülveszteséget okoz. Ennél a típusnál 80 dielektromos tényező mellett az 1 mm^3 -re eső kapacitásérték általában $0,3-1 \text{ pF}$.

Dr. Déri Márta és Vámbéri Lőrinc kartársakkal kidolgoztunk olyan eljárást, amellyel $0,1 \text{ mm}$ -nél kisebb falvastagságú csövet is elő lehet állítani. Ez a felület kihasználásával kombinálva, megadim anyaggal $4-5 \text{ pF/mm}^3$ értéket eredményezett.

Tekintettel arra, hogy a csőtípusnál jelentős holt teret okoz a cső ürege, kísérleteket végeztünk lap megoldással. Sikerült kidolgoznunk olyan eljárást, amellyel $0,1-0,2 \text{ mm}$ vastag kerámia lemezt lehet előállítani. Ezeket tömbbe foglalva $20 \times 9 \times 2,5 \text{ mm}$ külső méret mellett 5000 pF kapacitású kondenzátort tudtunk előállítani. Ezen az úton az 1 mm^3 -re eső kapacitásérték $12-14 \text{ pF}$ -ra emelkedett, az előbbiekkal azonos anyag esetén.

Az említett eljárással nagy dielektromos tényezőjű anyagból kidolgozás alatt áll egy $1 \mu\text{F}$ -os típus. Számításunk szerint nem fogja meghaladni a $20 \times 10 \times 6 \text{ mm}$ -t.

Az új gyártmánytípusokkal kapcsolatosan megemlítem, hogy a kísérletek jelenlegi állása szerint az 1956. évre várható a kerámia behangoló kondenzátorok, az adótípusú nagyteljesítményű kondenzátorok és az eddig csak laboratóriumi méretekben előállított dielektrikumok üzemi előállítás.

Szükségesnek tartom még megemlíteni a kondenzátor nyersanyagellátásban fennálló nagy nehézségeket. A szállítványok erősen változó minősége rendkívül megnehezíti az egyenletes gyártást.

A következő 5 éves tervtől a híradástechnikai kerámiagyár nagyarányú bővítését várhatjuk. Ha ez megvalósul, korszerű technológiával a gyártmányok minőségének további javulását, mennyiségének fokozását és a gyártmánytípusok emelkedését remélhetjük.

II. IGEN NAGY DIELEKTROMOS TÉNYEZŐJŰ KONDEZÁTOR-DIELEKTRIKUMOK

BEDŐCS SÁNDOR

aspiráns

Az utóbbi évtized kutatásainak eredményeként váltak ismertté azok a kerámiai úton előállított szervesetlen anyagok, melyek — polikristályos állapotban is — seignette-elektromos, vagy más néven ferroelektromos tulajdonságokkal rendelkeznek.

Ezekre az anyagokra jellemző :

1. a spontán polarizáció fellépése bizonyos hőmérséklet alatt, illetve bizonyos hőmérsékleti intervallumban ;
2. az anomálishan nagy dielektromos tényező, mely erősen függ a hőmérséklettől és a polarizációs tér nagyságától ;
3. végül a hiszterézis megjelenése.

Az eddig rendelkezésre álló kísérleti adatok alapján ma már bizonyos mértékben előre megállapítható a kristályokban a spontán polarizáció létrejöttének lehetősége. A tapasztalat tanúsága szerint ugyanis azok a kristályok seignette-elektrikumok, amelyeknek oxigén oktaédereiben olyan atomokból elektron leadással képződött nagy töltésű és kis ionsugarú kationok helyezkednek el, mely atomok elektronrendszerére az jellemző, hogy az utolsó előtti elektronehéjuk kitöltetlen.

Mint már említettem, ezek a kerámiák polikristályos állapotban is seignette-elektromos tulajdonságúak. Ez lehetővé teszi, hogy ezeket a kerámiákat is az ismert kerámia dielektrikumokhoz hasonlóan, azaz magas — 1200—1500 C° közötti — hőmérsékleten történő szilárd fázisban végbemenő reakciók lefolytatásával készítsük.

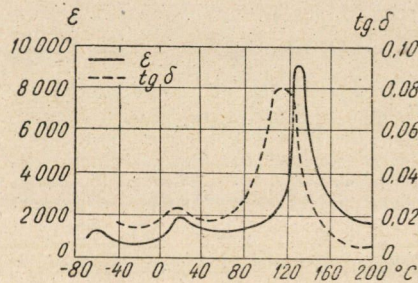
Mivel a kiindulási anyagok minősége, az égetési hőmérséklet, az égetési atmoszféra stb. nagymértékben befolyásolják a kész anyag dielektromos tulajdonságait, ezért azonos tulajdonságokkal rendelkező seignette-elektrikumok gyártása csak igen nagy gondosság és körültekintés mellett lehetséges.

Mielőtt felhasználásukról szólnék, az alábbiakban rövid áttekintést kívánok nyújtani a fontosabb seignette-elektromos anyagok tulajdonságairól.

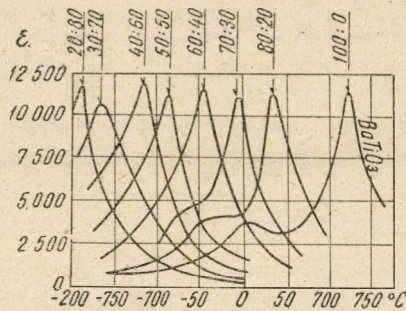
Az 1. ábra a BaTiO₃ dielektromos és veszteségi tényezőjének a hőmérséklettel való változását mutatja. Látható, hogy míg a Curie-pontban ϵ értéke maximumot mutat 9000 körüli értékkel, addig szobahőmérsékleten értéke csak

1500. A $\text{tg } \delta$ görbe hasonló lefutású, csak a maximum kisebb hőmérsékleten következik be. Értéke azonban nagyságrenddel nagyobb, mint az ismert kerámia dielektrikumoké.

A SrTiO_3 Curie-hőmérséklete kisebb, mint $-200\text{ }^\circ\text{C}$. Itt ε értéke olyan nagyságrendű, mint a BaTiO_3 -é, a hőmérséklet emelkedésével csökken és szobahőfokon már csak kb. 240. A $\text{tg } \delta$ értéke szobahőmérsékleten alacsony, kb. $10 \cdot 10^{-4}$, és a hőmérséklet növekedésével nő.



1. ábra



2. ábra

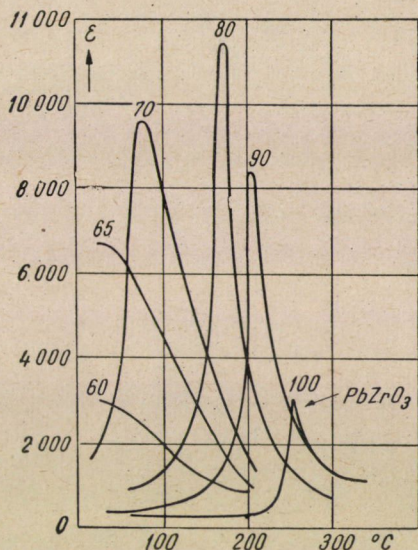
A BaTiO_3 — SrTiO_3 kettős rendszerben a két komponens egymással tetszőleges arányban elegyíthető. A keletkező szilárd oldatokban az SrTiO_3 beépül a BaTiO_3 kristályrácsba s csökkenti annak tetragonálisitását. Emiatt a SrTiO_3 mennyiségének növelésével a Curie-pont számottevő eltolódása következik be az alacsonyabb hőmérsékletek felé (2. ábra). Így megfelelő összetételt választva, a szilárd oldat Curie-pontja szobahőmérsékletre, illetve a munkahőmérsékletre hozható.

A BaTiO_3 — PbTiO_3 rendszerben a PbTiO_3 is valódi szilárd oldatot képez a BaTiO_3 -mal, s növelvén a rács tetragonálisitását a Curie-pont megfelelő összetétellel jóval $+120\text{ }^\circ\text{C}$ fölé emelhető.

A titanátokon kívül még a cirkonát, valamint a stannát alapú seignette-

elektrikumok rendelkeznek olyan tulajdonságokkal, melyek gyakorlati felhasználásukat illetően jelentősek. A BaTiO_3 — BaZrO_3 rendszer különböző összetételű szilárd oldatainak dielektromos tulajdonságai a BaTiO_3 — SrTiO_3 -hoz nagymértékben analóg viselkedésűek. Jelentős az a tény, hogy egyes összetételekkel viszonylag alacsony $\text{tg } \delta$ érhető el.

Hasonló tulajdonságúak a BaZrO_3 — PbZrO_3 kettős, valamint a BaTiO_3 — SrTiO_3 — BaSnO_3 hármas rendszer szilárd oldatai is. Az utóbbinál a Curie-pont



3. ábra

—170 és +120 C° között variálható, az előbbinél pedig +200 C°-ig emelhető (3. ábra). A BaZrO_3 — PbZrO_3 rendszerben megfigyelhető, hogy a BaZrO_3 koncentrációjának növekedésével a dielektromos tényező maximális értéke kezdetben emelkedik, majd csökken.

A különböző típusú seignette-elektromos kerámiák a következő általános tulajdonságokat mutatják:

1. A dielektromos állandó hőmérsékletfüggését gyenge erőterek esetén a Curie-pontban levő maximum jellemzi. A maximum értéke az összetételtől függően különböző nagyságú lehet. Növekvő térerősséggel a hőmérsékletfüggvény maximuma az alacsonyabb hőmérsékletek felé tolódik el és értéke is megváltozik.

2. A dielektromos tényező a térerősséggel kezdetben növekszik, majd csökken. A növekedés különböző összetétel esetén igen különböző lehet, BaTiO_3 -nál pl. viszonylag lassú, egyes esetekben azonban igen meredek.

Az egyidejűleg alkalmazott gyenge váltóáramú és erős egyenáramú térben lévő anyag dielektromos tényezője nagymértékben függ az egyenáramú tér erős-

ségétől. A tér hatására a dielektromos tényező csökken. A csökkenés mértéke a minta hőmérsékletének a Curie-ponttól való eltérésétől függ.

3. A dielektromos tényező frekvenciafüggése 10^3 Hz-ig alig észlelhető; a frekvencia növelésével kissé csökken. Ez a csökkenés 10^8 Hz felett kezd jelentékenyebbé válni. Például egy titanát alapú anyagra vonatkozó irodalmi adatok a következőket mutatják:

10^6 Hz-en a dielektromos tényező	1500,
$9,45 \cdot 10^9$ „ „ „	300,
$2,4 \cdot 10^{10}$ „ „ „	126.

4. A veszteségi tényező a hőmérséklettel általában maximum görbe szerint változik, de a Curie-pont után minden esetben csökken. Megfelelő összetétellel elérhető — az ismert kerámia anyagoktól eltérően — $\text{tg } \delta$ monoton csökkenése a hőmérséklet növekedésével. A hőmérsékletfüggés csökken akkor is, ha a dielektrikumra egyidejűleg egyen- és váltóáramú tér hat. A csökkenés az egyenáramú tér erősségének növekedésével arányos.

5. A frekvencia csökkenésével nő a $\text{tg } \delta$, s különösen kis frekvenciákon nagyon jelentékeny. Alkalmasan megállapított anyagösszetétellel azonban sikerült kis frekvenciákon is alacsony — $40\text{—}50 \cdot 10^{-4}$ értékű — veszteségi tényezővel rendelkező anyagot előállítani.

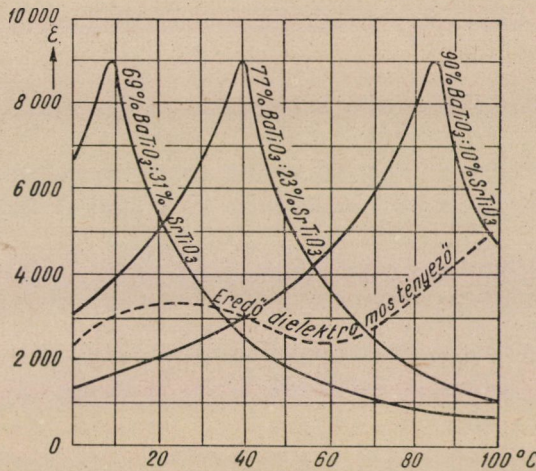
6. A veszteségi tényezőnek a tér erősségével való változására is a maximum görbe jellemző.

7. A seignette-elektromos kerámiák átütési feszültsége lényegesen kisebb, mint a többi elektrotechnikai kerámiáké. Általában tömör anyagok esetén $4\text{—}8$ kV/mm között változik, egyes esetekben azonban 12 kV/mm értékig felemelhető. A frekvencia, valamint a tér inhomogenitásának növelésével az átütési feszültség csökken.

8. Jellemző még ezen anyagokra a dielektromos hiszterézis, valamint az instabilitás. Az előbbi abban nyilvánul meg, hogy a Curie-ponton aluli hőmérsékleten a seignette-elektromos anyagból készült kondenzátor töltésének változásai elmaradnak a váltakozó feszültség változásaitól. Az utóbbi azt jelenti, hogy jellemző adataik bizonyos idő múlva megváltoznak, másrészt többszöri felmelegítés és lehűtés, illetve váltakozó erőtér hatása után nem térnek azonnal vissza eredeti értékükre.

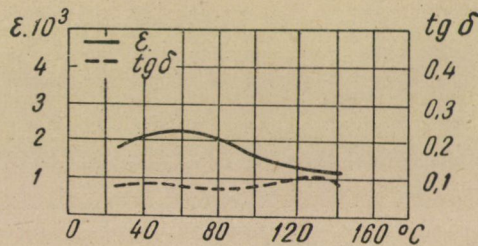
Figyelembe véve ismertetett tulajdonságaikat, elsősorban kondenzátor-dielektrikumokként használhatók. Nyilvánvaló, hogy magas $\text{tg } \delta$ és TK_e értékük miatt az ilyen kondenzátorok alkalmazása korlátozott. Felhasználásuk ott jelentős, ahol legalább egy nagyságrenddel nagyobb kapacitásérték szükséges, mint rezgőkörökben. A papírkondenzátorokénál lényegesen kisebb térfogat és $\text{tg } \delta$, valamint kényelmesebb készítésük a papírkondenzátorok elé helyezi őket. Nagy előnyük még az induktivitásszegénység, ami különösen az ultrarövid-hullámú technikában való felhasználásnál jelentős.

A dielektromos tényező, valamint a $\text{tg } \delta$ hőmérsékletfüggése javítható, ha különböző Curie-pontú szilárd oldatok együttes alkalmazásával készítünk keverékeket (4. ábra).



4. ábra

Hogy alkalmasan megválasztott adalékanyagok az elektromos jellemzők hőmérsékletfüggését milyen jelentősen befolyásolják, arra példa az 5. ábrán látható $\text{BaTiO}_3 + 5\% \text{MgZrO}_3$ keverék görbéje. Összehasonlítva az 1. ábrával szembevetendő a dielektromos tényező, valamint a $\text{tg } \delta$ menetének lényeges különbsége.



5. ábra

Felhasználható a seignette-elektromos anyagból készült kondenzátor feszültség stabilizátorokhoz, automatikus feszültség szabályozókhoz, frekvenciaszorzó berendezésekben, valamint dielektromos erősítő készítésére is.

A seignette-elektrikumoknak még egy értékes tulajdonságára szeretnék rámutatni. Megállapították, hogy a polikristályos kerámia seignette-elektrikumok is piezo-elektromos tulajdonságúak. Ezeknél a piezo-elektromosság előfeltétele, hogy az anyagot előpolarizáljuk, azaz a kerámiát több órán keresztül nagy tér-

erősség hatása alatt tartjuk. Az előpolarizáció befejeztével az effektus az idővel csökken, és kb. 20%-os csökkenés után megállapodik. Az így előpolarizált kerámiák különböző helyeken használhatók fel. Így pick-up, mikrofon, hangszóró, nyomásindikátor készítésénél, továbbá az ultrahang technikában stb. Előnyük az ismert piezo-elektromos anyagok helyettesítésénél szembeűnő, mivel készítésük egyszerű, emellett széles hőmérséklet közben használhatók jó stabilitással, nagy mechanikai szilárdsággal, valamint kiváló nedvesség tűréssel.

Az idő rövideje miatt csak vázlatos áttekintést nyújthattam a híradástechnikai kerámiáknak erről az új és jelentős csoportjáról. Remélem azonban, hogy ez a rövid ismertetés is világosan mutatja, nekünk is arra kell törekednünk, hogy alkalmazhatóságuk minden területén megfelelő minőségű termékkel rendelkezünk.

HOZZÁSZÓLÁSOK

DÉNES PÉTER

Az előadások rámutattak arra az öröndetes tényre, hogy a híradástechnikai kerámiák hazai kutatása és gyártása terén az elmúlt évek elmaradottsága után élénk munka indult meg. Külön ki kell emelni a Kocsis elvtárs által említett és zömében hazai nyersanyagokból készült új nagyfrekvenciás szigetelő anyagot, amelynek veszteségi tényezője minden esetben $5 \cdot 10^{-4}$ -nél kisebb volt és általában $1-2 \cdot 10^{-4}$ értéket adott. Ebből az anyagból — miután a fenti adatok a külföldi termékekénél általában jobbakként — jelentékeny export termelésre számíthatunk.

A fejlődés további lendületét a különálló nagyfrekvenciás kerámia gyár fogja biztosítani, amely megvalósítja a kutatási és laboratóriumi szinten már megfelelő kondenzátor kerámiák és kondenzátorok nagyüzemi gyártását.

MOLNÁR GYÖRGY

A TKI-ben foglalkoztunk kerámia fémzés kidolgozásával. Az eredmények azért figyelemre méltók, mert egyszerű eszközökkel elértük a külföldi specifikációkat. Kidolgoztunk egy eljárást ezüstbizmut fémek felhasználásával. A módszer a szokásos fémzési eljárásokhoz hasonló. Mérési eredményeink szerint a szakító szilárdság értéke lényegesen meghaladja a 100 kg/cm^2 értéket. A fenti eljárás főként nagyfeszültségű szigetelések fémzésére alkalmas, mivel ezeknél lényeges a nagyszilárdságú kerámia-fém kötés.

KOCSIS ALBERT válasza

Dénes kartárs hozzászólásában többek között megemlítette az új nagyfrekvenciás kerámia-üzem tervét. Válasz helyett ismételten hangsúlyozom megvalósításának fontosságát, mert az üzem hővítése, berendezésének és technológiájának korszerűsítése nélkül termékeink nagyarányú fejlődésére nem számíthatunk.

Molnár kartárs röviden beszámolt a kerámiai anyagok forrasztható fémzésére irányuló kísérleteiről. Az elért eredményeket igen jelentősnek lehet minősíteni, mivel a Hescho-gyár hazai előírása is csak 100 kg/cm^2 húzókötsési szilárdsági értéket ír elő. Ezért kérem az Intézetet, hogy a kidolgozott eljárást ismertesse az érdekeltekkel.

Fel kell hívnom azonban a figyelmet arra, hogy tapasztalatunk szerint üzemi gyártásnál a kötő réteg kialakulása nem eléggé stabil. A szigetelőkről — különösen nagyobb fémzett felület esetén — igen gyakran könnyen lefejthető a réteg, holott az eljárás próbatesten végzett vizsgálata $300-400 \text{ kg/cm}^2$ szakítószilárdsági értéket mutatott.

HÍRADÁSTECHNIKÁBAN ALKALMAZOTT MŰANYAG BURKOLÓ ÉS RAGASZTÓ ANYAGOK*

BORSODI LÓRÁNT

Bevezetés

Ebben az előadásban nem kívánjuk tárgyalni azokat a híradástechnikában alkalmazott laktípusokat, melyek kizárólag korrózióvédelmi bevonatok céljaira valók, hanem csak az olyan lakk és műanyag bevonó eljárásokkal és az azokhoz felhasznált anyagokkal fogunk foglalkozni, melyeket részben nedvességvédelem céljára, részben a miniatűrízálás elősegítése érdekében teljes áramkörök kiöntésére használnak.

Nedvességvédő bevonat készítésére a híradástechnikában már régóta alkalmaznak különböző bitumeneket, viaszféleségeket (természetes és mesterséges viaszokat), viaszkombinációkat és az utóbbi években viaszok műanyagokkal készült keverékeit. Ezekre az anyagokra elsősorban híradástechnikai alkatrészek, kondenzátorok és ellenállások burkolásánál volt szükség.

Az alkatrészek nedvességvédelmi eljárásainak fejlődésében igen komoly lépést jelentett az egyszerű mártási, kiöntési vagy dukkózási eljárások helyett a műanyagipari technológiák alkalmazásának lehetősége oly módon, hogy az alkatrészeket közvetlen préselési vagy fröccsöntési eljárással burkolják különböző típusú műanyagokkal.

Kondenzátorok nedvességálló burkolatai

A papírcsöves kondenzátorok nedvességvédelmének fokozására alkalmasak a különböző víztaszító műanyag filmet kialakító eljárások. Kész kondenzátorok lakk oldatba mártása útján kialakított film jelentős mértékben megnöveli nedves térben a kondenzátor élettartamát. Ilyen film kialakítására különböző polivinil származékok (PVC, metakrilátok stb.) alkalmasak. A cél azonban olyan műanyag-burkolatok kialakítása, melyek lehetővé teszik a papírcső elhagyását a minőség javítása mellett. E cél megvalósítása érdekében különböző műanyagcsöbe helyezett kondenzátortípusokat dolgoztak ki abból a tényből

* A Híradástechnikai Konferencián 1955. október 21-én elhangzott előadás.

kiindulva, hogy a műanyagcsövek vízgőzáteresztő képessége nagyságrendekkel kisebb, mint az impregnált papírcsőé.

Előbbi elv alapján dolgozta ki például a Tesla-gyár lágyítatlan PVC- (Vinidur) csöves kondenzátorait bitumen kiöntéssel. Ez a kondenzátortípus nem vált be, mert a lezáró kiöntések maradó deformációt okoztak a PVC-csőben, a lelángolás alkalmazását nem tették lehetővé és így légzárványok, mikro-repedések maradtak, amelyek a kondenzátorok nedvességállóságát csökkentették. A PVC-csöves kondenzátor fejlesztésére lehegesztett vagy leragasztott PVC lezárósapka alkalmazása adna lehetőséget.

Hasonló elveken indult meg polisztirol csövek kondenzátorburkolatként való alkalmazása. A polisztirolcső alkalmazását is a lezárási problémák akadályozták meg, mert az itt alkalmazni kívánt ragasztás a nedvesítési vizsgálatok során nem bizonyult megfelelőnek és a csövek melegítésre deformálódtak.

A polisztirolcső előállításának problémája vezetett el egy új burkoló eljárás-hoz, melyet a TKI és BHG dolgoz ki: styroflex fóliát zsugorítunk a papírkondenzátor tekercsre. A kivezetések védelmére és lezárás biztosítására különleges — általunk kidolgozott — gumitípust alkalmaztunk. A styroflex fóliával védett kondenzátor 10 trópusi ciklus (95% rel. n., 45 C°) után is kb. 40—50 M Ω / μ F szigetelési ellenállást mutat, míg a papírcsöves kondenzátorok 1—2 ciklus vizsgálat után teljesen tönkremennek.

A kondenzátorok nedvességvédelmében a legnagyobb fejlődést az 1950-es évek legelején külföldön megjelent, közvetlen felviteli eljárással készült műanyagburkolatú papírkondenzátortípus jelenti. Ezeknél a kondenzátoroknál nem kell a lezárásról külön gondoskodni. A műanyagburkolatot közvetlen fröccsöntéssel, vagy két lépésben fröccsöntéssel és utólagos zsugorítással állítják elő. Burkolóanyagként részben polietilént, részben polietilén—egyéb műanyag kombinációkat alkalmaznak. E kondenzátorok lényegében trópusállóknak tekinthetők, és 8—10 ciklusvizsgálat után sem romlik szigetelési ellenállásuk a megengedett 500 M Ω / μ F érték alá.

További haladást jelent a legújabb típusú kondenzátorok — a Teflon-kondenzátorok — nedvességvédelménél a poliészter és egyéb öntőgyanta típusok alkalmazása. Az irodalomban leggyakrabban a Mylar-márka nevű öntőgyantával találkozunk.

A műanyagburkolatú kondenzátorok a jelenleg alkalmazott papírcsöves kondenzátor-típussal körülbelül azonos költséggel készülnek, minőségük összehasonlíthatatlanul jobb és külsőleg is tetszetősek.

Egy műanyagburkolatú kondenzátortípus, a bakelitba préselt KSZO típusú csillámkondenzátor hazai nagyüzemi gyártása a Remix Vállalatnál megindult. Ezt részletesebben ismertetjük, mert lehetőséget nyújt az etéren végzett kutatómunka ismertetésére is. A bakelitba préselt csillámkondenzátor előállítása számos olyan műszaki problémát vet fel, melyek elsősorban műanyag technológiai kérdésekkel kapcsolatosak.

E műszaki feladatok két csoportra oszthatók :

- a) Megfelelő minőségű (kis dielektromos veszteségű, nagy szigetelési ellenállású, kis nedvesítési tényezőjű, jól megmunkálható) présportípus kidolgozása.
- b) Megfelelő préselési technológia meghatározása.

Az előkísérletek során általánosan olyan tapasztalatokat szereztünk, hogy a préselés következtében a csillámlemezek eltöredeztek, a csillámlemezekon gyűrődések keletkeztek.

Az alkalmazott présportól kívántuk, tegye lehetővé, hogy a kész kondenzátorok dielektromos vesztesége (bármilyen kis kapacitásértéknél) $10 \cdot 10^{-4}$ alatt legyen és szigetelési ellenállása nedvesítés után is elérje a 2500 MΩ-ot.

Az alkalmazott présport típus a kis nedvességfelvételi tényező, valamint a kis dielektromos veszteség elérése érdekében könnyen nedvesedő vázanyagot, pl. falisztet egyáltalában nem, vagy minimális mennyiségben tartalmazhat. Meg kellett vizsgálni tehát különböző anorganikus töltőanyagok (csillám, kvarcliszt, cinkoxid, talkum stb.) alkalmazásának lehetőségét és tekintettel kellett lenni arra, hogy a különböző töltőanyagok a kész préselt tárgy dielektromos veszteségét a frekvencia függvényében különböző módon befolyásolják. Ez a tény a felhasználás szempontjából igen lényeges. Vizsgálatunk szerint például a cinkoxid töltésű présportok dielektromos vesztesége a frekvencia növekedésével 10 MHz-ig nőtt, majd csökkent, a maximum tehát 10 MHz körüli tartományban van, míg talkum töltés alkalmazása esetén a frekvencia növekedésével tg δ értéke 10 kHz-től csökken, a maximum tehát a hangfrekvenciás tartományban található. Az anorganikus töltőanyagok általában igen nagymértékben rontják a kész préselt tárgyak mechanikai szilárdságát. Mechanikai szilárdságot csak szálás szerkezetű vázanyagok, mint a faliszt, cellulóz, aszbeszt biztosítanak.

A présport összetételének meghatározásánál tekintetbe kell még venni, hogy a présportnak könnyen megmunkálhatónak, kis nyomáson préselhetőnek (nagy folyóképességűnek) kell lennie. A fenti szempontok figyelembevételével két típusú présport dolgoztunk ki közvetlen sajtolási, illetve fröccsöntési technológiákra. A présportok tájékoztató összetételét az 1. táblázat mutatja.

1. táblázat

Anyag	Közvetlen sajtoláshoz %	Fröccsöntéshez %
Fenol-anilingyanta	50—55	65—70
Talkum	20—25	10—15
Cinkoxid	20—25	—
Kvarcliszt.....	—	13—18
Faliszt	8—10	10—12
Sztearin.....	0,1—0,15	0,1—0,15
Hexametiléntetramin	0,2—0,25	0,2—0,25

A présporok tulajdonságait a 2. táblázat mutatja.

2. táblázat

Tulajdonság	Közvetlen sajtoláshoz	Fröccsöntéshez
Dielektromos veszteség (1 MHz)	$150 \cdot 10^{-4}$	$200 \cdot 10^{-4}$
Felületi ellenállás, ohm	$8 \cdot 10^{12}$	$1 \cdot 10^{13}$
Vízfelvétel, %	0,2	0,18
Útőhajlító szilárdság, kg/cm ²	4,2	4,5
Hajlítószilárdság, kg/cm ²	500	550
Nyomószilárdság, kg/cm ²	1400	1500

A technológia kidolgozása során két elvi út lehetőségét vizsgáltuk meg. A közvetlen sajtolási eljárással a méretben kisebb kondenzátorok előállítását kívántuk megvalósítani. A nagyobb méretű kondenzátorokhoz a fejlettebb technológia alkalmazására, fröccsöntési eljárásra végeztünk kísérleteket. E technológia alkalmazását az az elvi megfontolás vetette fel, hogy az így készített anyag elektromos tulajdonságai sokkal jobbak. A kibakelizálás az anyag teljes keresztmetszetében egyszerre és egyenletesen történik, a közvetlen sajtolásnál viszont a présanyag belsejében gyakran kibakelizálatlan vagy csak részben kibakelizált részek maradnak vissza. A kibakelizálatlan részek nedvességfelvétele nagyobb, dielektromos tulajdonságai rosszabbak és tárolás közben deformálódás következhet be.

A technológia kidolgozásánál előírtuk az infravörös előmelegítés használatát és az utólagos hőkezelést.

Szilikon alkalmazása nedvességvédő eljárásoknál

A híradástechnikai alkatrészekkel szemben különösen a műszeripar részéről merülnek fel nagy pontossági előírások. Fél százalékos, vagy annál kisebb tűrési rétegellenállások gyártása optimálisan csak különleges hidrofób lakkok alkalmazásával valósítható meg. Ezek közül legnagyobb jelentőségük a szilikonlakkoknak van. A szilikonok szilícium-, oxigén-, széntartalmú vegyületek, melyek átmenetet képeznek a szerves és szervetlen óriási molekulájú anyagok között. A szilikonokra az alábbi közös tulajdonságok jellemzők:

a) igen széles hőfok-határok között használhatók ($-80, +360 \text{ C}^\circ$);

b) kiváló elektromos és dielektromos sajátságokat mutatnak, fajlagos ellenállásuk nagyobb, mint 10^{14} ohmcm, átütési szilárdságuk nagyobb, mint 100 kV/cm , tg δ -juk $1 \text{ MHz-en } 1 \cdot 10^{-4}$;

- c) erősen hidrofóbok, ellenállnak a víz, az időjárás roncsoló hatásának ;
 d) ellenállnak kémiai korróziót okozó sav és lúg behatásának.

A híradástechnika szempontjából az első három tulajdonság indokolja a szilikonok felhasználását.

Különösen a hidrofóbizálás alkalmazása látszik sürgős szükségyszerűségnek. A hidrofóbizálandó felülethez tapadó 10—20 molekula rétegvastagságú vízzel, vagy a felület szabad hidroxil csoportjával kémiai reakcióba lépő kismolekulású szilikon gyanta, vagy alapvegyület 10—20 molekula rétegvastagságú szilikon védőbevonatot alkot. A szilikkonnal bevont felület és a víz érintkezési szöge megváltozik.

A kialakított szerves szilícium-hártya csak csiszolással, hidrogén-fluoriddal vagy alkoholos káliilúggal távolítható el. A felületről kifelé álló metilcsoportok vizet taszító hatása ugyanaz a jelenség, mint amelyet például a paraffin felület mutat.

A szilikkonnal való kezelés hatásosságát legjobban talán a szteatit esetében lehet kimutatni. A szteatit kezeletlen felületén a víz egyenletes réteget alkot és a felületi ellenállást lényegében megszünteti, olyannyira, hogy a harmatpont alá hűlt készülékben a szteatit ellenállása 1 M Ω alá csökken. Zománcozott felületeken az adott viszonyok között a felületi ellenállás 15—70 M Ω , viasszal bevont rétegek esetén 120—400 M Ω , míg szilikkonnal hidrofóbizált zománcozott felületeken 10⁵ M Ω -t mérnek.

Kiöntött áramkörök

A kiöntött egységnek az a nagy előnye, hogy minden egyes alkatrész mechanikai ütés, rázás, valamint nedvesség ellen védett és az alkatrészek rögzítésére két egyszerű műanyagcsavon kívül semmiféle kengyelre, forrcsúcsra vagy hasonló egyéb alkatrészre nincs szükség. Igen jelentős, hogy az ilyen típus szerelvényekben a forrcsúcssávok kiküszöbölése következtében kb. felére csökken a forrasztások száma. A belső alkatrészek közvetlenül köthetők össze, külső csatlakozásokhoz pedig az alkatrészeknek a műgyantában kiálló kivezetéseit használják fel.

A kiöntéshez alkalmazott műanyagok legfontosabb tulajdonsága, hogy folyékony állapotból minden nyomás és magasabb hőmérséklet alkalmazása nélkül szilárd műanyagokká alakíthatók át. A kiöntésekhez ötféle műanyag-típust alkalmaznak.

1. *Poliészterek.* A kiöntő gyanták sorában a legnagyobb műszaki választékot az úgynevezett poliészter gyanták adják. Ezeknél a keményedés során csak polimerizációs folyamat játszódik le, amely eltávolítandó melléktermék keletkezésével nem jár.

Az alkalmazott két komponenstől, az előkondenzátum nyersanyagaitól, azok egymáshoz való arányától, a kondenzáció fokától, a monomer minőségé-

től és a két komponens keverési arányától függően sokszáz poliészter típust dolgoztak ki, amelyek egymástól mechanikai szilárdság, elektromos értékek, zsugorodás mértéke stb. különböznek. A kikeményedési folyamat megindításához katalizátort és gyorsítót alkalmaznak. Ezek minőségének és mennyiségének változtatásával tetszés szerint beállítható a keményedéshez szükséges idő, illetőleg hőmérséklet, mely pl. szobahőmérsékleten 15 perc és 24 óra között változtatható.

A kikeményedés sebessége hatással van a kész műgyanta keménységére, színére és a kiöntési technológia lefolytatására. Gyors polimerizáció esetén a reakció során keletkező hőmennyiség a gyanta hőfokát 150 C°-ra is felemelheti és ez olymértvű zsugorodást, buborékképződést, repedezettséget okozhat, amelyek a kiöntött áramkör alkalmazását lehetetlenné teszik. A katalizátor és a gyorsító mennyiségének beállításával általában arra kell törekedni, hogy a melegedés 30—40 C°-nál nagyobb mértékű ne legyen és a keményedés időtartama az üzemben megvalósítható technológiai lehetőségeknek megfeleljen.

A poliészter öntőgyanták egyik legsúlyosabb hátránya, hogy kikeményedésük csak levegő kizárásával játszódik le optimális mértékben. A levegővel érintkező felület ragacos, kocsonyás marad. A poliészter öntőgyantával készült áramkörök 150 C° üzemhőmérsékletig használhatók, a műanyag azonban rövid ideig tartó nagyobb hőmérsékleti behatásoknak is ellenáll, ami különösen a csatlakozások beforrasztásánál lényeges.

A 3. táblázat 3 nyugatnémet (BASF) gyártmányú öntőgyanta fizikai és

3. táblázat

Poliészter típusú öntőgyanták fizikai és mechanikai tulajdonságai

Tulajdonság	Palatal P ₃	Palatal P ₄	Palatal P ₅
Fajlagos ellenállás, Ωcm	10 ¹⁴	2 · 10 ¹⁴	1,6 · 10 ¹⁴
Dielektromos veszteség (1 MHz)	180—240 · 10 ⁻⁴	280—300 · 10 ⁻⁴	200—260 · 10 ⁻⁴
Lineáris hőtágulási együttható, mm/mm C°	13—15 · 10 ⁻⁵	13—15 · 10 ⁻⁵	13—15 · 10 ⁻⁵
Vízfelvétel, súly-%, 10 nap, 20 C°	1,2—1,4	1,2—1,3	1,4—1,5
Alaktartósság (Martens), C°	45	54	45
Bomlási hőfok, C°	210	260	220
Tapadóképeség Al-hoz, kg/cm ²	1,6—1,8	1,2—1,4	1,3—1,5
Útőhajlító szilárdság, kgcm/cm ²	9	9	8—9
Hajlító szilárdság, kg/cm ²	700	700	700
Nyomó szilárdság, kg/cm ²	1500	1500	1500
Szakító szilárdság, kg/cm ²	400	400	400
Rugalmassági modulus, kg/cm ²	3 · 10 ³	3,5 · 10 ³	3,2 · 10 ³
Fajsúly	1,22	1,21	1,23

technológiai adatait adja, a bemutatott értékek azonban a felhasználási céltól függően tág határok között beállíthatók.

2. *Araldit típusú, etoxilin gyanták.* Az araldit típusú öntőgyanták abban különböznek a poliészter gyantáktól, hogy kikeményedésükhöz általában hőkezelés alkalmazása szükséges. Az etoxilin gyanták alkalmazásának körülményei elvileg megegyeznek a poliészter gyanták alkalmazásával, a hőkezelési hőmérséklet azonban 100—120 C° között van. Ezért a kiöntendő szerelvényben kerülni kell minden viaszt, zsiradékot vagy festéket. Az etoxilin gyanták alkalmazásának másik nehézsége a formából való kivétel. Az araldit típusú műanyagok igen jól tapadnak — ez egyúttal ennek a műanyagtípusnak a legértékesebb tulajdonsága is —, de nemcsak a kiöntendő alkatrészhez, hanem magához a formához is, melyben a kiöntés történik. Eddig csak a teflonból készült formák alkalmazása volt minden szempontból kielégítőnek mondható.

Ha megoldható az etoxilin gyanták kikeményedése szobahőmérsékleten és egyszerű kivétel a formából, akkor lényeges előnyöket mutatnak a poliészter gyantákkal szemben, mert nedvességfelvételük kisebb és felületi felső rétegük nem marad tapadó.

A 4. táblázat a Ciba A. G. gyártmányú Araldit öntőgyanták tulajdonságait mutatja.

4. táblázat

Araldit típusú öntőgyanták fizikai és mechanikai tulajdonságai

Tulajdonság	Öntőgyanta B	Öntőgyanta F	Öntőgyanta B + 200% kvarciszit
Felületi ellenállás, Ωcm	10^{14}	10^{13}	10^{14}
Dielektromos veszteség, (1 MHz)	$220 \cdot 10^{-4}$	$280 \cdot 10^{-4}$	$140-200 \cdot 10^{-4}$
Dielektromos állandó (1 MHz)	3,00	3,5	3,2—3,6
Lineáris hőtágulási együttható, mm/mm C°	$60 \cdot 10^{-6}$	$60 \cdot 10^{-6}$	$30-35 \cdot 10^{-6}$
Vízfelvétel, súly-%			
10 nap, 20 C°	0,25—0,35	0,3—0,45	0,15—0,2
1 óra, 100 C°	0,3—0,45	0,15—0,20	0,2—0,3
Alaktartósság (Martens), C°	105—115	115—125	120—125
Bomlási hőfok, C°	340—350	330—340	340—345
Tapadóképesség Al-hoz, kg/mm ²	2—2,5	1,5—2,0	1,8—2,0
Ütőhajlító szilárdság, kgcm/cm ²	13—20	9—15	6—7
Hajlító szilárdság, kg/cm ²	900—1200	900—1300	700—1000
Szakító szilárdság, kg/cm ²	600—800	500—800	750—850
Nyomó szilárdság, kg/cm ²	1100—1300	1300—1500	2000—2200
Rugalmassági modulus, kg/cm ²	$30 \cdot 10^3$	$140 \cdot 10^3$	$120 \cdot 10^3$
Fajsúly	1,2—1,3	1,2—1,3	1,7—1,8

3. *Izocianát, poliuretán típusú gyanták.* A poliuretán típusú műanyagok csoportjába igen értékes tulajdonságú lakk alapanyagok és ragasztók tartoznak. Számos típus alkalmas kiöntés céljaira. Ennek a műanyagtípusnak nagy előnye, hogy -40 és $+100$ C° között hajlékony marad, míg a többi műgyanta típusok negatív hőmérsékleten igen törékenyek. Ennek a műanyagféleségnek a rugalmassága lehetővé teszi olyan alkatrészek és szerkezetek kiöntését is, melyeknek hőtágulása erősen különbözik a műgyantáétól. Az izocianátok további értékes tulajdonsága a rugalmas csillapítási tényező, mely nagy gyorsító erők fellépte esetén is hatásos védelmet nyújt törékeny alkatrészek, például csövek részére.

5. táblázat

Izocianát típusú öntőgyanták fizikai és mechanikai tulajdonságai

Tulajdonság	Lágyító nélkül	Lágyítóval	200% töltőanyaggal
Felületi ellenállás, Ωcm	10^{13}	10^{12}	10^{14}
Dielektromos veszteség (1 MHz)	$300 \cdot 10^{-4}$	$450 \cdot 10^{-4}$	$350-400 \cdot 10^{-4}$
Dielektromos állandó (1 MHz)	3,3	3,7	3,2-3,8
Lineáris hőtágulási együttható, mm/mm C°	$160 \cdot 10^{-6}$	$200 \cdot 10^{-6}$	$80 \cdot 10^{-6}$
Vízfelvétel, súly-%			
10 nap, 20 C°	0,90-0,95	2,8-2,9	0,90-0,95
10 nap, 80 C°	1,80-2,00	2,75-3,10	1,80-2,00
Alaktartósság (Martens) C°	60-70	40-45	75-80
Bomlási hőfok, C°	280-310	230-240	280-300
Tapadóképesség Al-hoz, kg/mm ²	3,4-3,6	2,8-2,9	2,0-2,2
Ütőhajlító szilárdság, kg/cm ²	40-60	35-40	35-40
Hajlító szilárdság, kg/cm ²	900-1000	550-600	800-1200
Rugalmassági modulus, kg/cm ²	$8 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^3$	$14 \cdot 10^3$
Fajsúly	1,20-1,25	1,20-1,25	1,85-1,90

4. *Kiöntő gumianyagok.* Mind a természetes, mind a mesterséges gumiféleségeket különböző termokémiai módszerekkel depolimerizálni lehet, vagyis molekulanagyságuk csökkenthető. Ilyen módon nagy viszkozitású folyadékokat állítanak elő, melyek kiöntésre alkalmasak. 120 C°-on végzett kb. 4 órás hőkezelés után jellegzetes, gumyszerű szilárd anyaggá alakulnak át, melyek -40 és $+100$ C° között kitűnő elektromos és mechanikai tulajdonságokkal rendelkeznek. Különösen miniatűr méretű dugasz- és hüvelyszávok hátsó részeinek lezárására használják.

5. *Nagyfrekvenciás kiöntőanyag.* Az előző négy típusú kiöntőanyag nagyfrekvenciás berendezésekben nem, vagy csak igen korlátozott mértékben használható, mert dielektromos veszteségük $200 \cdot 10^{-4}$ nagyságrendű. A legutóbbi

években sikerült olyan típusú kiöntőgyantát előállítani, mely lényegében styrol monomerből áll. A késztermék hőfokállóságának növelésére kis mennyiségben divinil-benzolt adagolnak, mely bizonyos mértékű térhálósodást idéz elő, növelve ezzel a műanyag keménységét és alkalmazásának maximális hőfokhatárát.

Az eddig ismertetett öntőgyanták egyik hátránya, hogy hőtágulási együtthatójuk kb. négy-ötszöröse az alkatrészekben, vagy szerelvényekben általánosan alkalmazott fémek hőtágulási együtthatójának. Ez különösen a negatív hőfoktartományban észlelhető, amikor a műanyag az összehúzódás következtében elválik a fémtől és megreped. Súlyos még a kiöntőanyagok zsugorodása, amely különösen a poliészter esetén oly nagymérvű lehet, hogy az alkatrészek deformálódását idézheti elő. Mind a hőfoktágulási együttható, mind a zsugorodás értékében jelentős javulás érhető el szervesetlen töltőanyagok, csillám, pala, kréta, üvegporszerű adagolásával. Igen fontos a töltőanyag és a műgyanta optimális arányának meghatározása, mert kevés töltőanyag alkalmazása esetén nem érjük el a kívánt hatást, a keverék nem lesz homogén, a túlságosan sok töltőanyag pedig a mechanikai szilárdságot jelentős mértékben csökkenti. A poliészter gyanták legjobb töltőanyaga a csillám. Csillám alkalmazásával a hőtágulási együttható a fémek hőtágulási együtthatójának 3—4-szeresére, a zsugorodás 2—3%-ra csökkenthető, a mechanikai szilárdság jelentősebb mérvű romlása nélkül. Etoxilin gyantáknál a legkedvezőbb elektromos és mechanikai adatokat kalciumkarbonát töltőanyag keverésével lehet elérni. A töltőanyagok alkalmazását indokolja az is, hogy olcsóbb árúak miatt nem elhanyagolható mértékben csökkentik az aránylag drága öntőgyanták költségeit.

A kiöntésnél mindig vigyázni kell arra, hogy az alkatrészek között ne maradjon levegő. A levegő eltávolításának elősegítése végett a különféle anyagból készült formákat mindkét irányban oldalt meghillentik, majd rövid ideig vákuumba helyezik, hogy a légbuborékok mindenhol teljesen eltávozzanak. A kiöntésnél mindenkor figyelembe kell venni a zsugorodás mértékét és megfelelő felöntéssel kell pótolni az anyag mennyiségét.

Ragasztóanyagok

A híradástechnikában alkalmazható ragasztóanyagokról részletes cikkek jelentek meg a Magyar Híradástechnikában.

Jelen alkalommal csak a hazai előállítású műanyag ragasztókkal kívánok röviden foglalkozni, mert azokat a híradástechnikai üzemek aránylag könnyűszerrel beszerezhetik.

A hidegenkötő ragasztóanyagok közül a Műanyagipari Kutató Intézet és a Távközlési Kutató Intézet dolgozott ki egy-egy típust. A Műanyagipari Kutató Intézet poliészter típusú ragasztója (Polikon H jelzéssel rendelhető) a ragasztási szilárdságot tekintve egyenértékű az Araldit 101 típusú ragasztóval, sőt bizonyos

esetben még jobb tulajdonságú. A Polikon H alkalmazási technológiája meg-egyezik a ragasztószereknél általában előírt technológiával, vagyis a ragasztóréteget oldószeres zsírtalanítás, majd feldurvítás után kell vékonyan felvinni 50—100 μ rétegvastagságban. A kikeményedés szobahőmérsékleten 24 óra alatt következik be, míg melegítéssel (30—35 C°) a kötési idő 6—8 órára csökkenthető. A Polikon H kikeményedését a levegő oxigénje gátolja. Ezért a kötésből kifolyt ragasztóféleség nem keményszik meg és így a ragasztás befejezte után könnyen eltávolítható. A ragasztónak ez a sajátága indokolja, hogy csak pórusmentes szerkezeti anyagok ragasztására alkalmas.

A ragasztással alumínium esetén 100 kg/cm², vas esetén 150 kg/cm², sárgaréz esetén 120 kg/cm² szakítási szilárdság érhető el.

A TKI által kidolgozott hidegragasztóféleség elsősorban bakelit tárgyak ragasztására való műanyagkombináció. Igen jó eredménnyel alkalmazza a Remix gyár potenciométerek patkóinak a testhez ragasztására. A kikeményedés szobahőmérsékleten 6—8 óra alatt következik be. A ragasztás megvalósításához nyomás nem szükséges, azonban nyomás alkalmazása esetén a nyomás emelésével a ragasztás szilárdsága növekszik.

A melegen kötő ragasztóanyagok közül két típust dolgoztunk ki a TKI-ban. Az egyik ragasztó hasonlít az úgynevezett Redux nyervekhez, vagyis bakelit-gyanta és polivinil-származék kombinációjával készül. A ragasztóval elérhető kötési szilárdság alumínium esetén 300—350 kg/cm². A ragasztás 120—160 C°-on megy végbe, 50 kg/cm² fajlagos nyomással. A ragasztás időtartama az alkalmazott hőmérséklettől függ, 160 C°-on 15 perc, 120 C°-on 90 perc.

A másik fém és szigetelő anyagok ragasztására kidolgozott kötőanyag műgumi alapú. Az elérhető szakítási szilárdság alumínium esetén 120—140 kg/cm². Ennek a ragasztónak üzemi gyártása a Ruggyantaárugyárnál már megkezdődött és BRX néven rendelhető.

Tekintettel arra, hogy a ragasztási technológia alkalmazásával a műszaki fejlődés mellett nagymérvű önköltségsökkentés is elérhető és megfelelő ragasztók is állnak rendelkezésre, tehát bevezetése a híradástechnikai üzemekben indokolt.

HOZZÁSZÓLÁSOK

JENEI IVÁN

Trópusálló híradástechnikai berendezéseknél igen fontos a műanyagburkolatok és a ragasztóanyagok helyes megválasztása. Vizsgálataink szerint a fenolformaldehid, az anilin-formaldehid és a karbamid bázisú gyanták, továbbá a galalit nem alkalmas trópusra. E szempontból az epoxi gyanták, a methyl-metakrilát, egyes PVC-fajták és a polyetilén bizonyultak kiválóknak. Irodalmi adatok is arról számolnak be, hogy a trópusi klíma igen csekély változást okoz az epoxi bázisú ragasztóanyagokban.

A ragasztók közül az említett BRX ragasztó elektrotechnikai célra kidolgozott változata klimatikus vizsgálataink alapján féltrópusi kivitelű berendezésünkben felhasználásra kerül.

SÓS FEODÓRA

A híradástechnikában különböző szilikonféléseket használnak. A felhasznált nyersanyagoktól függően beszélhetünk metil, etil, metilfenil stb. szilikonokról. Aszerint, hogy a polikondenzáció folyamatát hogyan vezetjük, lánc alakú, elágazott vagy térhálós molekulákat kapunk, amelyeknek külső megjelenési formái a szilikonolajok, szilikongyanták és szilikongumik. A szilikonok egyik legfontosabb felhasználása a hidrofobizálás. Erre a célra a különböző anyagokhoz más-más szilikontermékeket használunk. Olyan felületeket, amelyek vagy szabad hidroxidgyököket, vagy molekulárisan abszorbeált vízréteget tartalmaznak, szilikonmonomerekkel lehet hidrofobizálni. Ebben az esetben a hidrolízis magán a felületen játszódik le és a keletkezett szilikonmolekula és a felület között kémiai kötés jön létre. Alkáli földfémek oxidjait, vagy sóit tartalmazó kerámiákat már bizonyos fokig polikondenzált szilikonokkal lehet hidrofobizálni, amelyek a pórusokba is behatolnak. Nagyfrekvenciás kerámiakondenzátorokat legelőnyösebb gyanták felvitelével hidrofobizálni. Az általunk végzett kísérletek szerint a kezelt kondenzátorok tg δ -a 24 órai vízben való áztatás után mérhető változást nem mutatott.

Igen nagy jelejtűségűek a szilikonnal készült rétegelt lemezek, csövek. Szilikonokkal előállított rétegelt üvegszövetet 300 °C üzemhőmérsékleten is alkalmazható és villamos tulajdonságai igen kiválóak. A villamosipar szempontjából igen fontosak a szilikongumik, különösen kábelszigetelőkként való felhasználásuk, mivel sokszorosan nagyobb hő- és villamos igénybevételt bírnak ki, mint a mesterséges és természetes gumik.

Igen fontos, hogy a felhasználó ipar a szilikontermékek közül mindig a célnak legmegfelelőbbet válassza ki. A hazai szilikongyártás fejlődését nagymértékben elősegítené, ha a híradástechnikai ipar pontosan megadná az igényeit, hogy hazánk a szilikonok felhasználása terén is az iparilag fejlett államokkal egy vonalba kerüljön. A hazai kísérletek túljutottak már a laboratóriumi munkán és rövidesen nagyobb mennyiségű hazai gyártmányú szilikon fog a felhasználó ipar rendelkezésére állni. Szükséges azonban, hogy a szilikonok minőségi választékát a felhasználó ipar igényeinek megfelelően ugyancsak növeljük.

FUTAKI IVÁN

A KSZO típusú bakelitbe préselt csillámkondenzátor számtalan helyen igen jól használható. Vizsgálataink szerint azonban tartós trópusi, nagy nedvességgel bíró klímán a burkolat nedvességet vesz fel. Ennek következtében a kilépő szórt erővonalak miatt kisebb kapacitás-emelkedés és a veszteségtényező leromlása tapasztalható. Történtek-e kísérletek olyan irányban, hogy ugyanezen belső konstrukció mellett sokkal jobb nedvességvédő és kisebb nedvesség-áteresztési tényezővel rendelkező burkolattal lássák el a kondenzátort?

A BHG egyidő óta részletes vizsgálatokat folytat annak érdekében, hogy a fémdobozokban légmentesen lezárt egységeket olcsó technológiával készült megbízható átvezetőkkel lássa el. Az üveg és kerámia átvezetők kiváló tulajdonságaik mellett általában nem bírják el a nagy hőmérsékletingadozásokat és a nagy mechanikai igénybevételt. A felhasználáskor az átvezetőket fémfedélbe kell beferrasztani, melyek hűtőgátlása gyakran nem egyezik a beferrasztott üveg, vagy kerámia átvezető hűtőgátlásával. A BHG rugalmas, különleges gumiból vagy egyéb műanyagból készült tárcsákból és dugókból álló szegecselhető, vagy permetezhető átvezetőt dolgozott ki. A klimatikus lezárási és öregedési vizsgálatok jó eredményeket adtak. A gumiiipar ma már olyan stabilizátorokkal rendelkezik, hogy a gumikon komoly öregedés 20 év alatt sem jelentkezik. Az ilyen gumiatvezetőkkel készült kivezetők — szemben az üvegátvezetőkkel — jól bírják a szerelés közben elkerülhetetlen deformációt. A különböző szintetikus és természetes gumik fejlesztését ez a felhasználás is indokolja.

VANCSÓNÉ SZMRECSÁNYI IBOLYA

Néhány szóval szeretnék beszámolni azokról a kísérleti eredményekről, melyeket a Műanyagipari Kutató Intézetben értünk el az elhangzott előadásban szereplő néhány anyag előállításával kapcsolatban. Öntőgyanták vonalán két irányban folynak kísérletek. A különböző poliészter öntőgyanták előállításának a laboratóriumi kísérletei részben befejeződtek. Az ipari előállítás minden valószínűség szerint a következő évben megindul.

Az epoxi gyantákkal folytatott kísérletek eredményei közül szükséges megemlíteni, hogy a melegen keményedő, az Araldit Gieszhartz B-nek megfelelő öntőgyanta, valamint az epoxi alapú melegen keményedő ragasztó előállítására vonatkozó laboratóriumi és félüzem kísérletek befejezést nyertek. Az előállított gyanták tulajdonságai minden szempontból megfelelnek a hasonló külföldi típusok tulajdonságainak. A hazai ipari gyártás az igényeknek megfelelően szintén megindulhat.

A szilikon gyártással kapcsolatban szükséges megemlíteni, hogy az intézetünk kísérleti üzemi telepén működő szilikon kísérleti üzem, mely folyamatos üzemi gyártásra is alkalmas, a kisebb méretű folyamatos gyártás megindítása céljából ipari vállalatnak adtuk át.

BORSODI LÓRÁNT válasza

A hozzászólóknak kiegészítései szintén azt bizonyították, hogy a híradástechnika fejlődésének egyik elengedhetetlen feltétele az alkatrészek minőségjavítása. Az alkatrészek és berendezések miniatürizálásában, tropikalizálásában a műanyagoknak, burkolóanyagoknak igen nagy szerepük van. Az e téren elért konkrét eredmények lehetőségeket nyújtanak arra, hogy a laboratóriumokban kifejlesztett eljárásokat a közeljövőben üzemileg is hasznosítani tudjuk.

Futaki Iván azt a kérdést vetette fel, hogy a csillámkondenzátorok nedvesség elleni védelmére, azaz a KSZO típusnak megfelelő kondenzátorok minőségjavítására folynak-e kísérletek. Kondenzátorburkolásra bakelit anyagon kívül más műanyag alkalmazását is vizsgáljuk. A polietilénnek ilyen célra való felhasználása például, ha nem is kimondottan csillámkondenzátor, de papírkondenzátorok részére ismert. Előkísérleteket végzünk különböző műanyagok és műanyagkombinációk felhasználásával. A papírkondenzátoroknál elért eredményeket és tapasztalatokat igen könnyen és gyorsan lehet majd a csillámkondenzátoroknál is alkalmazni.

A TERMISZTOR*

ALMÁSSY GYÖRGY

1. Bevezetés

A híradástechnikában és mérés technikában egyre nagyobb jelentőségű félvezető a termisztor. A termisztor szó a hőre érzékeny vezető angol nevének (Thermally sensitive resistor) rövidítése. A termisztor a német irodalomban NTK ellenállásnak is szokták nevezni (Negativ Temperatur Koefficient). Ellenállásának negatív hőmérsékleti tényezője szobahőmérsékleten kb. tízszer akkora, mint a fémeké. A beszámolóban elsősorban a termisztor hazai fejlesztésének és felhasználásának eredményeit ismertetjük.

A termisztorok jelentőségét hazánkban hamar felismerték. Dr. Csapó Ferenc a Távközlési Kutató Intézetben már 1950-ben hozzáfogott a leglényegesebb termisztor-típusok kifejlesztéséhez. 1951—52 folyamán elkészültek a gyöngytermisztorok, a közvetett fűtésű termisztor és a tárcsatermisztorok első példányai. A termisztor-típusok fejlesztésével egyidejűleg megkezdődött a termisztorral működő készülékek kidolgozása. A gyöngytermisztorral teljesítményt és hőmérsékletet mértünk, a közvetett fűtésű termisztor a BHG szintszabályozás céljából átviteltechnikai berendezésekbe építette be, a tárcsatermisztor hőfok mérésére és hőszabályozásra használtuk. A Távközlési Kutató Intézetben elkészített termisztor mintapéldányok a világgiazi szintnek megfeleltek, sőt némileg kedvezőbb tulajdonságúak is voltak. A magyarországi szükségletet 1953-ig a Távközlési Kutató Intézet fedezte, mivel a kifejlesztett típusok gyártását az ipar csak bizonyos késéssel tudta megkezdeni. A termisztorgyártás bevezetésének nehézségeire Ács Ernő mutatott rá a Műszaki Élet 1. számában. Az Egyesült Izzólámpa és Villamossági Rt-ben Révész dolgozta ki a termisztorok nagyobb darabszámú gyártását és több új típust is kihozott. Az Egyesült Gyógyszergyárban Somló több mint 1000 kisméretű tárcsatermisztor állított elő. Jelenleg számos termisztor-típus áll a fogyasztók rendelkezésére és újabb típusok kidolgozása folyamatban van. Az iparban is felismerték már a termisztorok jelentőségét és több helyen kidolgoztak, illetve eredményesen alkalmaznak különféle termisztorral működő készüléket. A termisztorok alkalmazásával kapcsolatos lehetőségeket azonban még távolról sem aknázták ki sem az ipar, sem a tudományos kutatás.

* A Híradástechnikai Konferencián 1955. október 21-én elhangzott előadás.

A termisztorok fizikai tulajdonságai a következők : fajlagos ellenállásuk 10^{-2} ohm és 10^8 ohm között változik, ellenállásuk hőmérsékleti tényezője a fémekéhez viszonyítva nagy és negatív előjelű, elektronvezetésűek és nem egyenirányítanak.

A félvezetők anyagi tulajdonságaival nem foglalkozunk, mivel erre vonatkozólag igen bőséges irodalmi anyag áll rendelkezésre. Csupán a leglényegesebb fizikai tulajdonságait fogjuk igen röviden ismertetni.

2. A termisztorok fizikai tulajdonságai

A termisztor ellenállása igen jelentősen függ hőmérsékletétől. Elméletileg kiszámítható és mérésekkel igazolható, hogy a termisztor ellenállása az abszolút hőmérséklet reciprokával exponenciálisan változik :

$$R = R_0 e^{\frac{B}{T_1}}, \quad (1)$$

ahol R a termisztor T_1 abszolút hőmérsékleten mért ellenállása ohmban,

R_0 a termisztor anyagára és fizikai méreteire jellemző állandó ohmban,

B a termisztor anyagára jellemző állandó K° -ban,

T_1 a termisztor abszolút hőmérséklete K° -ban.

A termisztor ellenállását a hőmérséklet függvényében meghatározó összefüggésből ellenállásának a hőfoktényezője kiszámítható. Az ellenállás hőfoktényezőjének definíciója :

$$\alpha = \frac{1}{R} \frac{\partial R}{\partial T_1}. \quad (2)$$

A kijelölt műveleteket elvégezve α értéke :

$$\alpha = - \frac{B}{T_1^2}. \quad (3)$$

A termisztor ellenállásának hőfoktényezője tehát lényegesen függ a hőmérséklettől. A termisztor ezért különösen alkalmas fagypon alatti hőmérsékletek mérésére.

A termisztor hőmérséklete nagyobb a környezeti hőmérsékletnél, ha a termisztor elektromosan fűtjük. Ha a termisztor hőmérséklete olyan alacsony, hogy a sugárzás elhanyagolható, a termisztor hőfoknövekedése a fűtőteljesítménnyel lineárisan változik :

$$\Delta T = CP, \quad T_1 = T + \Delta T,$$

ahol ΔT a termisztor hőmérsékletének a P fűtőtéljesítmény hatására bekövetkező növekedése C° -ban,

C a termisztor és a környezet közti kapcsolatra jellemző állandó C°/W -ban,

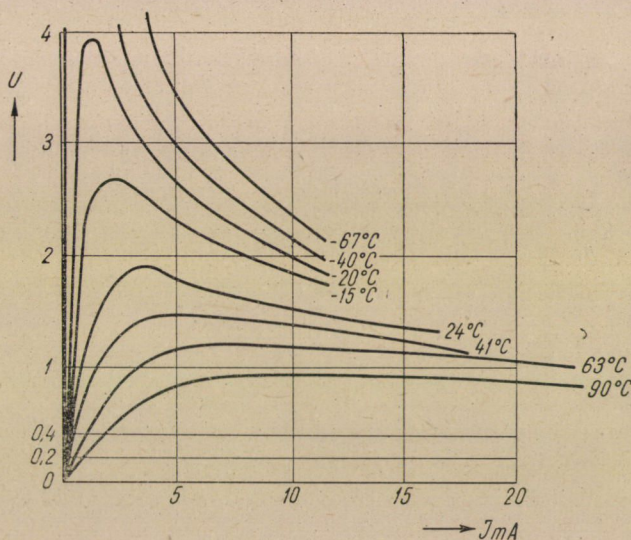
P a termisztor fűtőtéljesítmény W -ban,

T a környezet Celsius fokban mért hőmérséklete.

Elektromos fűtés esetén tehát a termisztor karakterisztikáját a következő egyenlet határozza meg:

$$R = R_0 e^{\frac{B}{T+CP}} \quad (5)$$

Ebből az összefüggésből nyilvánvaló, hogy ha a termisztoron áram folyik keresztül, az áram nagyságától függően a termisztor ellenállása meg fog változni. A termisztorra tehát nem érvényes az Ohm-törvény, a termisztor *nem lineáris*



1. ábra. Termisztor karakterisztika

áramköri elem. A termisztor elektromos karakterisztikája, azaz a kapcsolófeszültség és az átfolyó áram közti összefüggés a termisztor ellenállását meghatározó függvényből kiszámítható és diagramon ábrázolható.

A diagram kezdetén az áram fűtőhatása elhanyagolható, a karakterisztika követi az Ohm-törvényt. Nagyobb áramerősségeknél a karakterisztika eső jellegű, amint ez az 1. ábrán látható. A termisztor segítségével tehát negatív ellenállást is elő lehet állítani. Helytelen méretezés esetén az eső karakterisztika súlyos instabilitást okozhat.

A karakterisztika felvétel során figyelembe kell venni, hogy új munkapont beállítása után a termisztor csak bizonyos idő múlva éri el új stationer állapotát. A különböző termisztor-típusok időállandója más és más.

A váltakozóáramú körbe kapcsolt termisztor ellenállásának változása hőtehetetlenségénél fogva nincs fázisban a rajta átfolyó áramerősséggel. A termisztor egyrészt mint komplex váltakozóáramú impedancia működik, másrészt mint nem lineáris ellenállás felharmonikusokat termel.

3. Termisztor-típusok

A különféle felhasználási céloknak megfelelően a magyar ipar számos termisztor-típust állít elő. A nagyfrekvenciás teljesítménymérésre alkalmas gyöngytermisztoroknak előírt mikrohullámú impedanciával kell rendelkeznie. Ezt a követelményt igen nehéz kielégíteni, és az irodalomban ismertetett gyártási technológiák alkalmazása esetén a késztermék mechanikai ellenőrzésével nem lehet kimutatni a mikrohullámú impedanciaváltozás okát. Ezért Csapó új gyártástechnológiát alkalmazott és a termisztorotestet sajtolás útján állította elő. Ennél az eljárásnál a termisztorozemcséhez csatlakozó kivezető huzalok távolsága és helyzete egyértelműen meghatározott. Ily módon a termisztor mikrohullámú impedanciája beállítható és a gyártási szórás is kielégítő.

A gyártási technológia határozza meg elsősorban a termisztorok elektromos adatainak a stabilitását. Igen sok mérést végeztünk erre vonatkozólag, számos külföldi és hazai típust összehasonlítottunk. A magyar termisztorok stabilitása ugyanolyan, illetve esetenként jobb, mint a külföldi típusoké. A széria-termisztorok hosszú idejű stabilitása jobb, mint 1%, ipari célra tehát kifogástalanul felhasználhatók. Laboratóriumi különlegesen nagystabilitású termisztorokat gondosabb technológiával kell előállítani és válogatni. Vizsgálataink szerint az egyes esetekben észlelhető instabilitásoknak rendszerint a kivezetések bizonytalan érintkezése az oka. A termisztorok anyaga kémiaiilag stabilnak bizonyult, és kellő öregítés után elektromos tulajdonságainak a változása elhanyagolható.

Termisztorok alkalmazása

Jelenleg igen sok területen számos termisztor-típust használnak. A különböző alkalmazások mind a termisztor ellenállásának a hőfokfüggésén alapulnak, de a termisztor hőmérsékletét minden esetben más és más tényező határozza meg. A különféle felhasználási módszerek három csoportba sorolhatók :

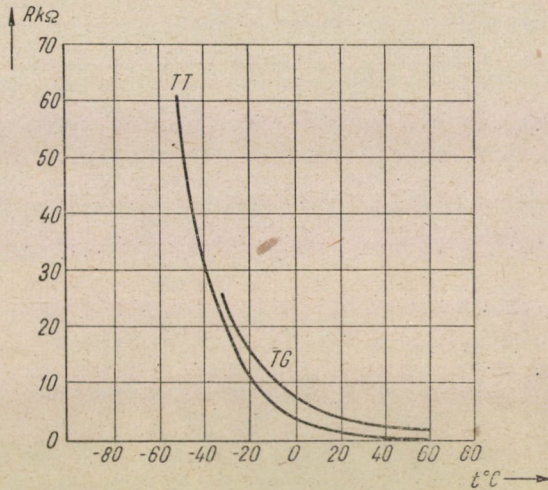
a) a termisztor ellenállását kizárólag a környezeti hőmérséklet határozza meg,

b) a termisztor-ellenállás a fűtőteljesítménytől függ,

c) a termisztor ellenállása állandó fűtőteljesítmény esetén a hűtés változása miatt módosul.

3.1 A termisztor ellenállása kizárólag a környezeti hőmérséklettől függ

Ez az állapot akkor áll elő, amikor a termisztor fűtő áram hőhatása elhanyagolható. A termisztor ellenállásának változása a hőmérséklet függvényében



2. ábra. Termisztor ellenállása a hőmérséklet függvényében

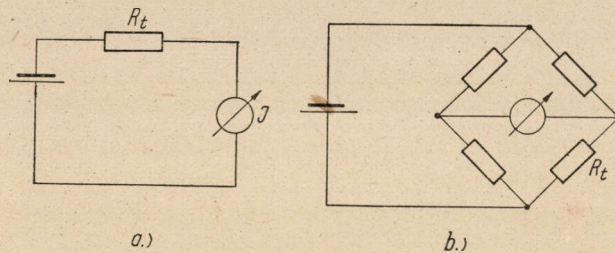
nyében a 2. ábrán látható. A munkapont ebben az esetben a termisztor karakterisztikájának a lineáris szakaszára esik. Hőmérsékletmérő és szabályzó készülékek dolgoznak ebben az üzemmódban.

3.1.1 Hőmérsékletmérés

A termisztoros hőmérsékletmérő készülékek alapkapcsolásai a 3. ábrán láthatók.

Legszokásosabb a 3a ábra szerinti megoldás. A soros ellenállásként kapcsolt R_T ellenállású termisztor szabályozza az áramkörben folyó áramot, amelyet a hőfokban kalibrált I ampermérő mutat. Ezzel a módszerrel a műszer átkapcsolása nélkül kb. 100 C° hőmérsékletváltozás mérhető a szobahőmérséklet körül. A 3b ábrán bemutatott hídmerési módszer kisebb hőmérsékletváltozások pontosabb mérésére alkalmas. A termisztor tehát ugyanúgy használható hőfok mérésére, mint a fémekből készült ellenálláshőmérő. A termisztoroknak azonban az az előnye, hogy ellenállása tetszés szerinti nagy lehet, a mérővezetékek

ellenállása tehát távmérés esetén is elhanyagolható, továbbá ellenállásának hőfoktényezője kb. tízszer akkora, mint a fémeké, ezért indikátorként kevésbé kényes, ipari célokra alkalmasabb, durvább műszerek használhatók. A termisztor igen kis méretekben állítható elő, kiválóan alkalmas tehát hőmérséklet mérésére ott is, ahol rendkívül kis hely áll rendelkezésre, mint pl. a rádió-szondában, a vénában a vér hőmérsékletének meghatározására stb. A hőmérsékletet mérő termisztor vagy közvetlenül érintkezik azzal a közeggel, amelynek a hőmérsékletét méri, vagy sugárzó hőt vesz fel. A termisztor tehát sugárzási hőmérséklet-mérőként is használható. A Távközlési Kutató Intézet II. Laboratóriumában Dr. Gergellyel olyan fénymérési módszert dolgoztunk ki, amely a felületegységre jutó fényt teljesítményt relatív helyett abszolút egységekben (W/m^2 -ben) méri.



3. ábra. Termisztoros hőmérsékletmérő készülékek alapkapcsolása

A termisztor sugárzó teljesítménymérésre főleg az infravörös méréstechnikában használható jól. A tömeggyártásban mozgó testek hőmérséklete mérhető a termisztorral, mint sugárzási hőmérővel. A termisztorral indikálható legkisebb hőmérsékletkülönbség irodalmi adatok szerint $0,0005\text{ C}^\circ$. Az egyszerű hőmérsékletmérő készülékek mérési pontossága kb. $0,5\text{ C}^\circ$. A szokásos termisztor-típusokkal mérhető maximális hőmérséklet $250\text{--}300\text{ C}^\circ$. Készülnek magasabb hőmérséklet mérésére alkalmas típusok is, de a hőmérséklet növekedésével a termisztorok előnyös tulajdonságai romlanak.

A magyar iparban számos helyen dolgoztak ki, illetve alkalmaztak termisztorral működő hőmérsékletmérő készülékeket.

A Beloianisz Híradástechnikai Gyar hűtővíz és a külső levegő hőmérsékletének mérésére használt tárcsatermisztorokat a rádió nagyadókban. A Vegyipari Gépkísérleti és Kutató Intézet Földiák János vezetésével a vegyiparban, főleg az olajiparban vezette be a termisztoros hőmérők használatát. A MEMI a termisztor ipari alkalmazásával foglalkozik. Kidolgozták a papírgyártásban alkalmazott forgóhengerek hőmérsékletének mérését.

3.1.2 Hőfokszabályozás

A hőfokmérésére szolgáló termisztoros áramkörök hőfokszabályozásra is felhasználhatók. A szabályozási pontosság hídkapcsolás segítségével fokozható. Az Egyesült Izzólámpa és Villamossági Rt-ben Révész folyamatosan szabályzó, relé nélküli hőfokszabályzó készüléket dolgozott ki.

3.1.3 Hőkompenzálás

A termisztor pozitív hőfoktényezőjű alkatrészek — pl. tekercsek, huzal-ellenállások — ellenállásváltozásának hőkompenzálására is felhasználható. A gyakorlatban eddig a hőfokkompenzálást hőfokfüggetlen ellenállás sorbakötésével oldották meg. Jelentős fokú kompenzálást azonban ilyen módon csak akkor lehet elérni, ha a soros ellenállás viszonylag nagy a kompenzálandó ellenálláshoz képest.

Mivel a termisztor ellenállásváltozásának hőfoktényezője szobahőmérsékleten kb. tízszer akkora, mint a fémeké, a kompenzáló termisztor ellenállása jelentősen *kisebb* lehet, mint a tekercsé. Ha az üzemi hőmérséklet változása nagy — mint pl. jelen esetben —, figyelembe kell venni, hogy a termisztor hőfoktényezője a hőmérséklet függvénye. Olyan műkapcsolást kell alkalmazni, amelynek az ellenállása a hőmérséklet lineáris függvénye. Ha a termisztorral egy hőfokfüggetlen ellenállást kötünk párhuzamosan, az eredő ellenállás a hőmérséklet függvényében széles határok között lineárisan változik, amint a 4. ábrán látható. A termisztor és a párhuzamos ellenállás értékét úgy kell megválasztani, hogy az inflexiós ponthoz tartozó T_i hőmérséklet az üzemi hőmérséklettartomány közepére essék.

A termisztor, mint hőfokkompenzáló ellenállás, felhasználható mérőműszerek, transzformátorok, oszcillátorok, nagyfrekvenciás mérőhidak stb. kompenzálására.

3.2 A termisztor ellenállása a fűtőteljesítménytől függ

3.2.1 A termisztor mint késleltető és csillapító ellenállás

Az áramkör bekapcsolásakor fellépő áramlökést a kör adatai határozzák meg. Néhány tized másodperces időállandójú körökkel fogunk foglalkozni. Ohmos fémhuzalból készült fogyasztók, izzólámpák, rádiócsövek fűtésének bekapcsolásakor a fellépő áramlökéseknek az az oka, hogy ellenállásuk hidegen $1/5$, $1/7$ -e az üzemi állapotban mérhető ellenállásuknak. Megfelelő termisztor sorbakapcsolásával a bekapcsoláskor észlelhető áramlökés megszüntethető.

Az üzemi állapotban átfolyó áram a termisztorot annyira felmelegíti, hogy a termisztoron fellépő feszültség elhanyagolható. Különösen nagy jelentősége van a termisztor ilyen jellegű alkalmazásának univerzális rádiókészülékekben a csőfűtésekkel sorbakapcsolt skálalámpa védelme szempontjából. Az Orion Rádiógyár részére rúdtermisztorok készültek erre a célra. A termisztor felhasználható — kézi indító ellenállás helyett — motorok, vetítő izzók, színházak világításának bekapcsolásakor fellépő áramlökések önműködő csökkentésére. Közvetlen fűtésű egyenirányító csövet alkalmazó rádiókészülékek első elektrolitkondenzátora termisztorral védhető a túlfeszültség ellen addig, amíg a csövek felmelegednek és a terhelés következtében csökken a kondenzátorra jutó feszültség.

3.2.2 *A termisztor mint késleltető*

A termisztor relé késleltetésére lehet használni, ha annak tekercsével sorbakötjük.

3.2.3 *A termisztor mint egyenfeszültség stabilizátor*

Ha a termisztorral megfelelő nagyságú ellenállást kötünk sorba (5. ábra), a termisztor kapocsfeszültsége gyakorlatilag független a rajta átfolyó áramerősségtől. A termisztor tehát úgy viselkedik, mint a feszültségstabilizáló ködfénylámpa. A termisztor főleg kis feszültségek stabilizálására előnyös, mivel kis feszültségű ködfénylámpák nem állnak rendelkezésre. Az Egyesült Izzólámpa és Villamossági Rt.-ben kidolgozott termisztoros feszültségstabilizátorok egyikének az adatai :

bemenő feszültség $U_{be} = 44 \text{ V} \pm 6,5 \text{ V}$,
 kimenő feszültség $U_{ki} = 2,8 \text{ V} \pm 0,025 \text{ V}$,
 feszültségstabilizálási tényező $S_f = 0,0585$.

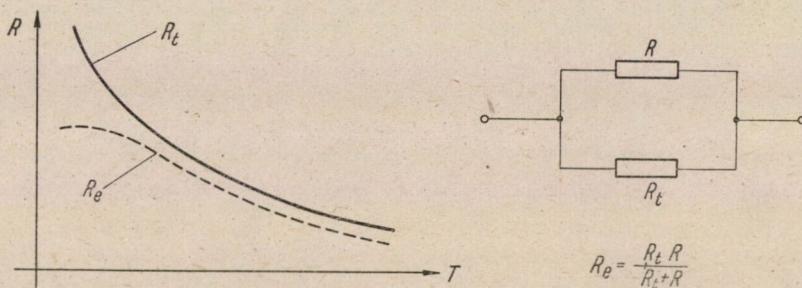
3.2.4 *Amplitudó stabilizálása*

Az oszcillátorok amplitudóját a csőkarakterisztika görbülségétől függetlenül stabilizálni kell, ha a megfelelő frekvenciastabilitásra és torzításmentes hullámalakra van szükség. A termisztor erre a célra sokkal alkalmasabb, mint a diódás előfeszültség szabályozó vagy a visszacsatoló körbe beiktatott volfrám izzólámpa, mivel sokkal kisebb a teljesítményfelvétele és egyszerűbb áramkörök alkalmazhatók. A termisztor igen kis frekvenciás oszcillátor stabilizálására nem alkalmas. (A termisztor időállandójától függően kb. 60 Hz-nél kisebb frekvenciákon erős torzítás lép fel.)

A termisztort az átviteltechnikában kimenőszint szabályozásra használják. Ilyen célra készült a BHG részére gyártott közvetett fűtésű termisztor-típus.

3.2.5 Teljesítménymérés

A termisztor rendkívül kis méreteinél fogva kiválóan alkalmas igen rövid hullámú kis teljesítmények mérésére. A mérendő teljesítménnyel fűtik a termisztort, amelynek ellenállásváltozása a teljesítménnyel arányos. Az ellenállás-



4. ábra. Párhuzamosan kapcsolt ellenállás lineárizáló hatása

változás mérési módszerétől függően igen sokféle teljesítménymérő kapcsolás van forgalomban. A Távközlési Kutató Intézetben kidolgozott és az EMG-ben gyártott teljesítménymérő az önműködően kiegyenlített híd elvének az alkalmazásával működik. Lényegében hangfrekvenciás generátor, amelynek amplitúdó-meghatározó visszacsatoló láncában van beépítve a teljesítménymérő termisztor. A legérzékenyebb méréshatár $30 \mu\text{W}$ és $30 \mu\text{W}$ -tól 5mW -ig hat különféle méréshatárral rendelkezik. Önhitelesítése lehetséges.

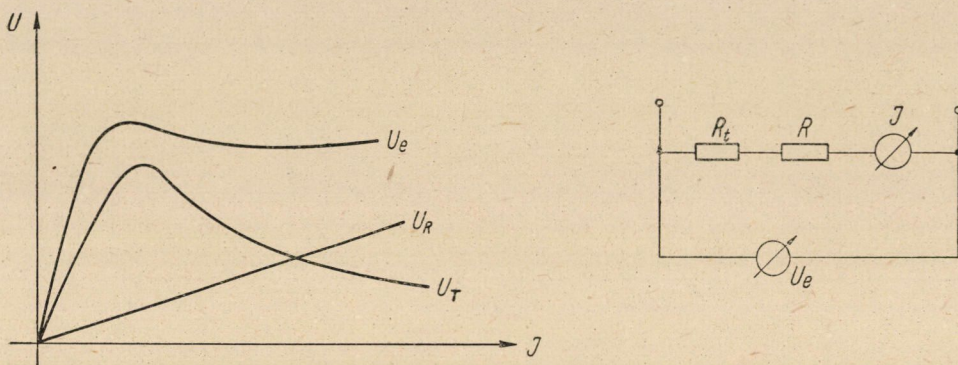
A termisztor a legrövidebb hullámokon is alkalmas teljesítmény mérésére. Nemcsak a cm-es, illetve mm-es hullámhosszúságú elektromágneses hullámok teljesítményét lehet vele mérni, hanem a fénytelsítmény abszolút mérésére is alkalmas. Ilyen készülékeket dolgoztunk ki a Távközlési Kutató Intézet II. Laboratóriumában Dr. Gergely Györggyel.

3.3 A termisztor ellenállását állandó fűtőtelsítmény mellett a környezet hűtése határozza meg

3.3.1 Termisztoros vákuummérő

A készülék elvi kapcsolása két Wheatstone-hídba kapcsolt termisztorból áll. Az egyiket a mérendő vákuumban helyezzük el. A másik termisztor előírt állandó vákuumba van beforrasztva és a környezet hőmérsékletingadozásának

hatását küszöböli ki. A termisztorokat elektromosan nagy hőmérsékletre fűtjük. Minél jobb a vákuum, a mérőtermisztor annál kevésbé hűl, annál kisebb tehát az ellenállása. A TKI II-ben Gerő János által kidolgozott termisztoros vákuummérő 1 Hg mm-től 10^{-2} Hg mm-ig terjedő nyomású vákuum mérésére alkalmas. A termisztor előnye, hogy nem érzékeny a levegőre, és így ha valami oknál fogva megszűnik a vákuum, nem megy tönkre. Irodalmi adatok szerint mérés-határa 10^{-5} Hg mm-től 10 Hg mm-ig kiterjeszhető.



5. ábra. A termisztor feszültségstabilizáló hatása

3.3.2 Termisztoros áramlási sebességmérő

A bemutatott termisztoros áramlási sebességmérő kapcsolása ugyanaz, mint a vákuummérőé. A különbség csupán az, hogy ez egyik termisztor az áramló levegő hűti le. A készülék a másodpercenként néhány cm^3 átáramlást már jelzi. A termisztor kis méreteinél fogva alkalmas áramlások turbulencia vizsgálatára is.

3.3.3 Termisztoros folyadékszint mérő

Több termisztor sorbakötve bemerítenek a mérendő folyadékba. A folyadék a vele érintkező termisztorokat lehűti. A folyadékszint állásától függően több-kevesebb termisztor hűl le. A termisztor-lánc eredő ellenállása tehát a folyadékszint magasságával arányos. A megoldás előnye, hogy nincs szükség komplikált mechanikus szerkezetre. Az Egyesült Izzólámpa és Villamossági Rt-ben Révész alkalmazott ilyen elven működő folyadékszint magasságmérőt.

Az előadás nem merítette ki a termisztorok összes alkalmazási lehetőségét. Csupán néhány jellegzetes alkalmazási példát igyekeztem főleg az ipar köréből bemutatni. Igen sok célra lehet például alkalmazni a termisztorokat az orvostudomány, biológia stb. területén is. Az előadással fel akartam hívni a fogyasztók

figyelmét a termisztorokra. Lépünk fel bátran új igényekkel, a magyar ipar képes megfelelő minőségű termisztorok előállítására. Komoly termisztor-gyártás azonban csak akkor fog megindulni, ha lényeges szükséglet jelentkezik.

HOZZÁSZÓLÁSOK

CSAPÓ FERENC

A termisztor-kutatás reprodukív jellegű volt. Igen nagy kezdeti nehézségekkel kellett megküzdeni. Nem állt rendelkezésre sem megfelelő minta, sem technológiai, illetve felhasználási tapasztalat. Ennek ellenére külföldi előírásnak megfelelő minőségű típusokat sikerült előállítani. A külföldi specifikációk semmiféle adatot nem tartalmaznak a mikrohullámú teljesítmény mérésére használt gyöngytermisztorok impedanciájára vonatkozólag. Új szabadalmazott tömeggyártási technológiát dolgoztunk ki, amellyel gyártott termisztorok elektromos adatainak szórása csekély, mikrohullámú impedanciája pedig a követelményeknek megfelelő. A magyar indirekt fűtésű termisztor érzékenysége lényegesen nagyobb, mint a hasonló külföldi típusoké. Mindezekből az adatokból nyilvánvaló, hogy a hazai reprodukív kutatás a külföldi eredményeket viszonylag igen rövid idő alatt elérte és önálló eredmények elérésére képes. A fejlődést rendszerint két tényező akadályozza. Egyrészt kezdeti eredmények elérése után a kutatást leállítják, másrészt a gyártás megindítása rendkívül vontatottan történik. A reprodukív kutatás után önálló kutatásra kellene áttérni, hogy az eddig szerzett tapasztalatokat fel lehessen használni. Az új típusokkal jelentős import megtakarítást, illetve export lehetőségeket lehet elérni. Az új termisztor-típusok a termisztorok árát több nagyságrenddel meghaladó értékű készülékek előállításához szükségesek (mikrohullámú szignálgenerátorok stb.), és az ily módon közvetve elért gazdasági előny jelentősen meghaladja a termisztorok értékét. Maguknak a termisztoroknak is magas a világgiazi árak az elektroncsövekéhez viszonyítva. A termisztor ipari gyártása azért nem folyik, mivel nincs kellő számú rendelés. Megfelelő minőségű és számú mintapéldányok nélkül viszont nem fejleszthetők termisztorral működő készülékek, így circulus viciosus áll elő. Javasolom egy bizottság felállítását a felhasználók és gyártók köréből, amely kutassa ki a termisztor legfontosabb felhasználási lehetőségeit, dolgozza ki a termisztorokkal működő készülékeket és tegyen javaslatot az ipar felé termisztor típusok kidolgozására és gyártására.

GERGELY GYÖRGY

Számos hazai laboratórium problémája sugárzó fényenergiák intenzitásának meghatározása abszolút watt egységben. A fényelemek erre nem alkalmasak egyrészt a szinképük karakterisztikája miatt, másrészt pedig abszolút hitelesítésük nagyon nehéz. A kérdés elvben megoldható termisztorokkal. A TKI II-ben végeztünk ilyen vizsgálatokat, melyekről más helyen fogunk beszámolni.

Optikai jellegű méréseknél gyakorlatilag csak a tárcsás termisztorok jöhetnek számításba jól meghatározott terület mellett. Tárcsás termisztorral sikerült meglehetősen egyszerű eszközökkel olyan fotométert építeni, melynek az ultraholya, látható és infravörös tartományban milliwatt nagyságrendű az érzékenysége és az időállandója kb. 10 perc. Ez hitelesítési célokra teljesen megfelel.

FISCHER TIBOR

A Tudományos Akadémia Mérés és Műszerügyi Intézetében lefolytatott termisztor stabilitási vizsgálatok során több angol Standard gyártmányú F 2311/300 típusú hőfokmérő termisztor és az Egyesült Izzó által gyártott hasonló kiképzésű termisztor vizsgáltunk meg. 200 óras 300 C°-on történt kiegészítés után azt találtuk, hogy a két különböző gyártmányú termisztor stabilitása között lényeges különbség nincs. Megjegyzendő, hogy az Egyesült Izzó gyártmányú termisztorral a gyár utasítása szerint a stabilitás eléréséhez 150 óras 300 C°-on végzett öregítés szükséges. A stabilitásvizsgálatokat azért végeztük 300 C°-on, mivel a forgalomban levő termisztoroknál ez a megengedett legmagasabb üzemi hőfok.

BOGLÁR GYULA

Nagyon sok területen alkalmazható a termisztor, de sokan megijednek felhasználásuktól, mert nem értenek hozzájuk és helytelen módon alkalmazzák azokat. Igen jó eredményeket sikerült elérni a TKI és az Egyesült Izzó által gyártott termisztorokkal oszcillátorok amplitúdó-stabilizálása terén. A termisztorok áramkörökének méretezése igen nehéz elméleti probléma, mivel a termisztor nem lineáris áramköri elem. A Simonyi-tanszék végzett erre vonatkozólag vizsgálatokat.

SOMLÓ JÓZSEF

A termisztorok felhasználási lehetőségeit tekintve a híradástechnika mellett mint komoly fogyasztót vehetjük számba a vegyipart. Szükséges, hogy ezen iparág igényeinek megfelelően a kereskedelemben kész termisztoros mérőműszerek legyenek kaphatók.

A vegyipari felhasználás érdekében a vegyipari Gépkísérleti és Kutató Intézetben elvégzett kísérleteink alapján az Egyesült Gyógyszer és Tápszer Gyárban legyártottunk egy tárcsa-termisztor szériát, melynek segítségével több vegyipari üzemből termisztoros hőmérőket szereltünk fel. Ezek a hőmérők kb. $\pm 0,5$ C° pontossággal mérnek, és a közel féléves tapasztalatok azt mutatják, hogy a vegyipar céljainak megfelelnek.

A vegyipari üzemekben a hőfokmérésen kívül a termisztorok vákuum- és áramlásmérők, hővezetőképességen alapuló folyamatos gázelemzők, légnedvességmérők stb. készítésére is felhasználhatók. A termisztoros mérési módszerek iránt a vegyiparban nagy érdeklődés mutatkoznék, ha megfelelő műszaki propagandával alátámasztva megbízható termisztoros mérőműszereket hoznánk forgalomba.

ALMÁSSY GYÖRGY válasza :

Dr. Csapó mutatott rá legjobban a termisztorok legégetőbb kérdésére, hogy bár műszakilag igen sok eredményt sikerült elérni a termisztorok kifejlesztése és alkalmazása területén, de a gyártás megbízhatóan és kielégítően mai napig sem megoldott. Az egyik legfontosabb kérdés a kellő stabilitás biztosítása. Számos mérés folyt le a termisztorok stabilitására vonatkozólag, a Műszeripari Kutató Intézet például igen részletes vizsgálatokat végzett ezen a területen. Tapasztalataink szerint a magyar kutatás és gyártás képes lenne a külföldi eredmények elérésére, sőt bizonyos területeken új önálló megoldások kidolgozására.

NYOMTATOTT ÁRAMKÖRÖK TECHNOLOGIÁJA*

TARDOS LÁSZLÓNÉ

aspiráns

Ma, amikor a híradástechnikai ipar világszerte a miniatűrízálás felé törekszik, különösen fontos a nyomtatott áramkörök gyártásának és bevezetésének kérdése. Mint az az elnevezésükből is látszik, a nyomtatott áramkörök olyan kapcsolási egységek, melyeknek huzalozása és alkatrészei nyomtatási technológiával — tehát feltétlenül két dimenzióban — készülnek. A nyomtatott áramkörök fontos versenytársai az úgynevezett kiöntött áramkörök, melyek egy teljesen más jellegű technológia termékei. Ezekben az alkatrészeket és a huzalozást térbeli alakzatban készítik. A felhasznált miniatűr alkatrészek egymáshoz igen közel, a lehető legtömörebb elrendezkedésben helyezkednek el, a köztük levő egész teret kisveszteségű műanyag tölti ki, amely megvédi az egyes alkatrészeket külső mechanikai behatások okozta zárlatok veszélyétől. Mindkét technológia célja a nagyfokú miniatűrízálás, azonban amíg a nyomtatási eljárás sajátos technológiájával részben vagy egészben maga alakítja ki az egyes alkatrészeket, az utóbbi teljes mértékben az egyénileg gyártott miniatűr alkatrészek gyártásának fejlődésétől függ.

A nyomtatott áramköri egységek legfőbb előnye a méretcsökkenésen kívül előállításuk és használatuk olcsósága. Az előállítási önköltséget csökkenti a gyártás könnyű automatizálása, az ellenőrzés egyszerűsítése és a hibalehetőségek csökkentése. Az alkalmazásnál óriási előnyt jelent az egységek könnyű és gyors cserélhetősége.

Meg kell említeni hátrányukat is, ami abban rejlik, hogy egyetlen alkatrész meghibásodása esetén az egész kapcsolási egység használhatatlanná válik, azonban a teljes nyomtatott egység kicserélése még mindig olcsóbb, mint pl. az egyedi alkatrészcsereket általában megelőző részletes hibakeresés, amely rendszerint nagy műszaki képzettséget és gyakorlatot igényel.

Nyomtatási technológiára olyan áramkörök gyártása alkalmas, amelyek elemei jól összefoghatók, egyetlen könnyen beépíthető és könnyen cserélhető egységbe, mint pl. erősítők, csillapítótagok, ellenállás-kapacitás, szűrőláncok stb. Nagyobb készülékek egyetlen alaplemezeire való kinyomtatása szintén lehetséges,

* A Híradástechnikai Konferencián 1955. október 21-én elhangzott előadás.

de a mai technikai fejlettség mellett még nem célszerű, egyrészt a már említett hátrány miatt, hogy egyetlen alkatrész hibája esetén az egész készülék selejtté válik, másrészt alkalmatlan a két dimenziós formája is. Mindkét ok miatt általában inkább egyes alkatrészcsoportokat nyomtatnak együtt és ezeket a lemezeket a tér harmadik irányában kapcsolják össze. Így nem is igényel nagyobb térfogatot, mintha az egész készüléket egyetlen egységben nyomtatnák.

A nyomtatott áramkörök szigetelő tartólapja elvileg lehet minden lemezben készíthető szigetelőanyag, így kerámia, üveg, papír, vagy a legkülönbélebb műanyag, ha az alaplemezzel szemben támasztott követelményeknek megfelel.

Ezek a követelmények a következők :

mechanikai szilárdság, az egész kapcsolási komplexum szilárdsága érdekében,

kis dielektromos tényező, hogy a közelfekvő huzalok közti, nem kívánatos kapacitás alacsony értékű legyen,

kis veszteségi tényező, az egész egység jósági tényezőjének szempontjából, *könnyű megmunkálhatóság*, mely olcsóvá teszi az esetleg komplikált alakzat elkészítését, továbbá

az alaplemeznek olyan fizikai tulajdonságokkal kell rendelkeznie, hogy az alkatrészek, elsősorban a huzalozás felviteli technológiáját károsodás nélkül állja.

Mindezeket a követelményeket figyelembe véve, ma még, főleg hazánkban, a kerámiaalapon kidolgozott megoldás a legmegbízhatóbb.

Általánosan magnéziumszilikát típusú lemezeket alkalmaznak. Erre a célra megfelelő mechanikai szilárdsága, alacsony dielektromos tényezője, jó tg δ -ja és technológia szempontjából az a kiváló sajátága predestinálja, hogy 900 C°-on előégetve jól megmunkálható. A végső égetésnél még egy keveset zsugorodik, de ez számítással jól követhető.

A nyomtatási technológia alapvetően legfontosabb művelete a huzalozás megbízható kialakítása, hiszen a miniatürizálást leginkább a közelfekvő, nagy merevségű, pontosan képzett huzalozás biztosíthatja. A huzalozástól meg kell kívánnunk, hogy *jó vezetőképességű* legyen, *ne legyen hajlamos korrózióra*, külső csatlakozásokhoz és belső kapcsolási elemekhez kis átmeneti ellenállással jól és könnyen *forrasztható* legyen, *jól tapadjon az alaplemmezhez*, még mechanikai vagy hőlékések hatása ellenére is, továbbá, hogy felviteli technológiája pontosan *reprodukálható*, olcsó és lehetőleg egyszerűen gyártható legyen.

A gyakorlatban fémezésre ezüstöt szokás használni, amely a nemesfémek közül a legolcsóbb és a legjobb vezetőképességű. Bár atmoszferikus hatásra az ezüst viszonylag könnyen korrodeál, oxiddá vagy szulfiddá válik, ez jelen alkalmazása esetén nem jelent kellemetlenséget, tekintve, hogy az ezüstoxid és az ezüstszulfid is jó villamos vezető.

A huzalozási rajz felvitelére többféle módszert dolgoztak ki. Használatban van a kivágott mintán, stencilen át való fémszórás, pl. shoopozó pisztolyokból, amelyek a folyamatosan megolvasztott fémet sűrített levegő segítségével az

alaplemezre szórják. Lehet a felviendő fémrészecskéket ugyancsak megfelelő stencilen keresztül igen nagy villamos térerő segítségével (100 kV/cm) röpiteni az alaplemezre. A fémszórás egyik tökéletesített módja a vákuum elgőzölögtetés és a katódporlasztás is. Egyszerűbb és tömeggyártásra alkalmasabb volta miatt inkább az előbbi terjedt el. Másjellegű eljárás a fémporral való behintés, amelynél a huzalozást gyanta vagy shellack oldattal az alapra előre kirajzolják és így a lemezre szórt finom ezüstpor csupán az előnyomtatott helyeken marad meg.

Ugyanezen módszer modernebb változata abban áll, hogy a tartólap felületét fény hatására vezetővé váló anyaggal (antracén, kén stb.) vonják be. Az így kezelt lemezt elektrosztatikus térbe helyezve, annak felülete egyenletesen feltöltődik. Ha ezután a huzalozás diapozitív képén keresztül megvilágítják, a megvilágított részekről, — mivel ezek villamosan vezetővé válnak, — a töltés eltűnik, csupán a huzalozás helyén marad meg. Így a huzalozás elektrosztatikus töltések alakjában kirajzolódik és a reá szórt fémpor ezeken a helyeken megmarad.

A legrégebbi fémfelviteli eljárás kétségkívül a vegyi lecsapás, a fémtükör készítés, melyre különösen ezüstről igen sok kidolgozott recept van. A tükörkészítés elve minden esetben valamely ezüstsó oldatából az ezüstnek alkalmas redukáló szerrel való kicsapása. Ez a módszer komoly technológiai követelményt rejt magában az alkalmazható stencil számára, melynek ebben az esetben híg oldatok aláfolyását kell megakadályoznia.

Mindeme módszerek közös hibája az, hogy az alaplemez és a rávitt fémréteg nem ad biztos és tartós kapcsolatot, megfelelő kötést csak egyéb ragasztóanyag közbeiktatásával sikerül elérni. Ez okból készítik a huzalozást lakkoldatban szuszpendált ezüstporból, festékszóró pisztollyal stencilen keresztül szórva fel. Így mindenféle alaplemezre jó kötés biztosítható, az eljárás alapvető hibája mégis az, hogy a festékben bennmaradó kötőanyag a huzal ellenállását erősen megnöveli. Még a jelenleg ismert legkiválóbb tapadóképességű és legerősebben tölthető műanyagok, — amilyen pl. az etoxilin gyanta, — olyan koncentráció mellett, mely a minimálisan megfelelő kötést biztosítja, több nagyságrenddel növeli a tiszta ezüst fajlagos ellenállását.

A legjobb eredményt adja a szerves zománccal való kötés, amely kb. 5% mennyiségben az ezüstporhoz keverve, igen jó mechanikai kötést biztosít, miközben a vezetőképességet csupán kb. 50%-kal rontja. Egyetlen hátránya, hogy csak olyan alaplemezen használható, amely az alkalmazott zománc olvadáspontját (5—600 C°) károsodás nélkül állja, tehát gyakorlatilag kizárólag kerámialemezen alkalmazható.

Míg az alaplemezzel és a huzalozással, majd a későbbiekben a burkolással szemben eléggé általános érvényű követelményeket lehet megadni, az ellenállások, kondenzátorok és az indukciós tekercsek esetében mindig a célnak megfelelő speciális kívánások szerint kell a lehetőségeket megítélni.

Az ellenállások anyaga célszerűen aszerint változik, hogy milyen szigorú követelményeket támasztunk, különösképpen a zörejfeszültség, az ellenállás hőmérsékleti együtthatója, továbbá idő- és nedvességállósága szempontjából. A szénhidrogénekből termikus úton lebontott keményszénréteg-ellenállás — mely a rétegegenállások közül gyakorlatilag a legjobb — nyomtatott áramkörökre, a technológiai nehézségek, főként az előállításuknál megkívánt magas hőmérséklet miatt, nem alkalmazhatók. Ezért, ha valamilyen speciális ok miatt pl. az zörejfeszültséget alacsony értéken kell tartani, akkor fémréteg ellenállást alkalmaznak, amelyet vagy vákuumelgőzöltetéssel, vagy valamely felkent nemesfém (palládiumrezinát) termikus redukciójával oldanak meg. Általában műanyagban szuszpendált vezetőrézecskek felkenésével készítik a nyomtatott áramkörök ellenállásait, alacsony ohmértékű ellenállásokhoz ezüst-, réz-, vagy grafitport szokás használni, magasabb ellenállás esetén láng- vagy gázkorom jön számításba. Az ellenállás terhelhetőségét az ellenállás felületének nagysága, az alaplemez, az alkalmazott kötőanyag és burkolóanyag hőelvezetőképessége szabja meg. (Max. elérhető kb. 1—1,5 W/m², általában 0,05 W/m²-ig használják, szokás megkívánni 0,10 W/m² terhelhetőséget.) Az ellenállás hőmérsékleti együtthatója az összetétellel tág határok között változtatható (pl. grafité negatív, a lángkoromé pozitív). Idő- és nedvességállóságuk főleg az alkalmazott műanyagok ilyen tulajdonságaitól függ, ezek általában nem kielégítőek, ezért megfelelő védőburkolatra van szükség.

Nyomtatott áramkörökbe általában különálló miniatűr kerámia tárcsa-kondenzátorokat szokás felforrasztani, az alaplemezen megfelelően kiképzett helyekre. Így a kapacitásérték könnyen válogatható, illetőleg beállítható, azonban ezzel némileg eltérünk a nyomtatási technológiától és a fegyverzetnek az alaplemezzel ellentett oldatát térbeli huzallal kell csatlakoztatni. (Ezzel a technológiával elérhető értékek: $C = 10\text{—}10\,000$ pF, $\text{tg } \delta = 5\text{—}50 \cdot 10^{-4}$.) Más — valóban nyomtatási — eljárás kizárólag kerámia-alapon végezhető el. Legkézenfekvőbbnek látszanak a kerámia alaplap paralel felületeit fémezni, magát a tartó kerámiát használva dielektrikumul. Így azonban az előzőekben említett okok miatt csak kis kapacitás érhető el.

Igen szép kondenzátornyomtatási technológia alacsony olvadáspontú, nagy dielektromos tényezőjű zománcok réteges megömlasztése, közben mindig fémfestéssel készült fegyverzeteket alkalmazva. A gyártás úgy történik, hogy a zománcport megnedvesítve, felkenik a tartólap megfelelő helyére, majd kiszáritják. Erre kenik rá az ezüstöző festéket, melyből minden rétegnél külön hőkezeléssel távolítják el a szerves anyagokat. A kétféle réteget felváltva addig viszik fel, míg a kondenzátor a kívánt vastagságot eléri, akkor együtt égetik ki olyan hőmérsékleten, amelyen a zománc megolvad, az ezüstpor pedig össze-szinterelődik. Természetesen minden réteg felvitele után a felület kissé egyenetlenebbé válik, ezért a kapacitás bizonyos meghatározott értéken túl nem növelhető. (Max. elérhető kapacitás $C = 50\,000$ pF.)

Indukciós tekercsek felviteli technológiája elvileg és gyakorlatilag is meg-egyezik a huzalozás felviteli technológiájával. Különleges követelmény itt, mennél nagyobb önindukció elérése, kicsiny mágneses veszteségek, kicsiny szórt kapacitás, ugyancsak kísértékű dielektromos veszteség mellett.

Az önindukció növelése igen vékony és egymáshoz közelfekvő spirális menetek felfestésével oldható meg. Igen nagy önindukció érhető el, a kondenzátor gyártástechnológiájához hasonlóan, több emeleten egymás felett elhelyezett spirálisok segítségével. A spirálisokat kis veszteségtényezőjű zománc, esetleg műanyagrétegekkel választják el egymástól. Még nagyobb induktivitást kapunk egyben az önindukciós tekercset mágnesesen is árnyékolva, ha a menetek közé ferromágneses anyagot, célszerűen porvasmag készítésére alkalmazott port kenünk fel. (Gyakorlatilag elérhető 30—40 mH.)

Az ismertett áramköri elemek általában nem ellentállók nedvességgel és mechanikai behatásokkal szemben sem. Ezért fontos olyan védőburkolat alkalmazása, amely jó nagyfrekvenciás tulajdonságai mellett hőálló, kopásálló és nedvesség át nem eresztő. Erre a célra elsősorban különféle szilikontípusú lakkokat használnak.

A nyomtatott áramkörök készítésével kapcsolatos néhány technológiai problémát hazai kutatásunk is megoldott a TKI laboratóriumában. Az előzőekben vázolt okok miatt, mint legcélszerűbbet, mi is a kerámialapot választottuk, a huzalozást ezüsthévíz felkenésével, az ellenállást lakkal kevert ezüst, grafit és korom szórásával oldottuk meg.

A kerámialap a Kőbányai Porcelángyár által gyártott „Elizolit” nevű Mg-hidroszilikát volt, melynek dielektromos tényezője, veszteségszöge és megmunkálhatósága a célnak egyaránt megfelel. ($\epsilon = 6$, $\operatorname{tg} \delta = 8\text{—}10 \cdot 10^{-4}$, 900 C° előégetés után 1350 C°-os kiégetésnél még kb. 6%-ot zsugorodik.)

A huzalozáshoz olyan ezüstöző pasztát dolgoztunk ki, mely a kerámiához való kötés elősegítésére BiBo₃-ot, a felkenés egyenletessége és megfelelő vastagíthatósága érdekében lenolajkencét tartalmazott. Szikkatívu a szokásos ólomrezinát helyett, — amely kiégetés után, mint PbO marad vissza és a huzal ellenállását rontja — ezüstrezinátot használtunk. Ez ugyanis kiégetés után fém ezüstté válik, így a réteget tovább tömöríti. Komoly problémát jelent általában a vékony és kis terjedelmű ezüst csík közvetlen forrasztása, ugyanis a folyékony ón, vagy az általában forrasztásra használt ón—ólmó ötvözet az ezüstöt magába oldja. Ennek a hibának a kiküszöbölésére olyan (kadmium—ón—ólmó összetételű) eutektikumot készítettünk, mely aránylag alacsony hőmérsékleten (120—150 C°) jól kenhető és az ezüsthöz nagy szilárdsággal tapad, de azt nem oldja. Az ezüst felkenésének technikáját fényképészeti úton készített stencil segítségével oldottuk meg. Selyem szítát ammóniumkromát tartalmú érzékenyítő oldattal megfelelően fényérzékennyé tett zselatinnal vontunk be, majd a huzalozás diapozitív képén keresztül ultrabolya fényvel megvilágítottunk. A megvilágított helyeken a zselatin vízdoldhatatlanná válik, csupán a huzal rajza helyén

mosható ki. Ennek az eljárásnak komoly előnye a rajz pontos elkészíthetősége, továbbá az, hogy a zselatinréteg vastagságának megfelelő beállításával szabályozni tudjuk a felfestendő ezüstöző massa magasságát. A szítán keletkező kép pontossága természetesen a szita lyukbőségétől függ, másrésztől azonban határt szab a lyukbőség csökkentésének az a körülmény, hogy az ezüstöző paszta megfelelő átnyomásához és a szita levétele utáni elsimulásához bizonyos meghatározott méretű hézag szükséges.

Az ellenállásokat bakelitlakkban szuszpendált, megfelelően kialakított formájú és szemcsenagyságú ezüst, grafit, lángkorom és gázkorom segítségével festékszórópisztolyból vittük fel. Így 0,1 kOhm—25 MOhm értékű ellenállásokat készítettünk, melyeknek mind a zajfeszültsége ($2-5 \mu V/E$), mind a feszültségfüggőség (feszültségfüggőségi tényező = 0,00010), mind pedig a hőmérsékleti tényező (0,09% C°) elérte, sőt túlhaladta a publikált külföldi eredményeket.

Készítettünk néhány háromcsöves erősítő modellt, melyek összes huzalozását és ellenállásait nyomtatási technológiával állítottuk elő, a szubminiatűr kivitelű csöveket, kondenzátorokat és telepeket az alaplemezen megfelelően kiképzett helyekre forrasztottuk fel. A modellt, amely 11 db különféle ellenállást, 2 db kondenzátort és az összes huzalozást tartalmazta, összesen: kb. 3 cm³ térfogatot igényelt.

Az elmondottakból látható, hogy a nyomtatott áramköri egységek alkalmazása miniatürizálást és önköltségsökkentést eredményez, tehát mindenképp kívánatos. A gyártás bevezetése nem jelentene híradástechnikai iparunk számára merőben újat, csupán a miniatűr kerámia kondenzátorok, a rétegellenállások, vagy réteg potenciometerek gyártási technológiáját kellene precízebbé téve, a meghatározott speciális követelményekhez alakítani. Ezenkívül nagy súlyt kellene fektetni a megfelelő műanyagok kutatására is, részben az eddig is használt és általunk is alkalmazott műanyagok minőségi javítására törekedve, részben megfelelő műanyag alaplap kialakítására, mely a kerámia jó tulajdonságaival rendelkezik, de a kerámiánál olcsóbb, könnyebb és mechanikailag is szilárdabb. A fejlődés iránya jelenleg külföldön is nem a minél nagyobb készülékek nyomtatása, hanem kisebb egységek jobbminőségű kidolgozása felé mutat.

HOZZÁSZÓLÁSOK

BORSODI LÓRÁNT

Nagy mechanikai szilárdságot kívánó berendezésekben kerámia alapú nyomtatott áramkörök alkalmazása igen súlyos, szinte megoldhatatlan problémákat vet fel. Ilyen esetekben különösen nagy előnyt jelent műanyag alaplemezek alkalmazása.

Lényegében a műanyagok majdnem teljes szériája alkalmazható nyomtatott áramkörök alaplemezeként. A típus meghatározásánál az alábbi szempontokra kell figyelemmel lenni:

a) széles hőfokhatárok közötti, nagy mechanikai szilárdság;

b) hőfok állóság (forrasztás hatása);

c) oldószerekkel, vegyszerekkel, elsősorban a nyomtatásnál alkalmazott anyagokkal szembeni ellenállóképesség;

d) egyes esetekben átlátszóság.

A fenti szempontok szerint elsősorban a rétegelt anyagok jönnek számításba (rétegelt papír-, textil- és üvegtextil lemez), ahol kötőanyagként fenol-, poliesztergyantákat vagy szilikonokat alkalmaznak. Az átlátszóság szempontját figyelembe véve polimetil-metakrilátot (plexiglas-t), cellulózacetátot (lucite-t), ill. etilcellulózt alkalmaznak.

A műanyaglemezek használatánál külön előnyként jelentkeznek az a tény, hogy a lemezek készítésekor az alkatrészek, huzalozások helye a lemezekbe bepréselhető.

GAÁL EGON

Hozzászólásomban arra szeretnék rámutatni, hogy az áramkörök nyomtatási technológiáját a legújabb tapasztalatok alapján mikrohullámú áramkörök készítésére is lehet használni. Ezt hívják szalagvenalnak. Két fő fajtája ismeretes: az egyiknél sík fémlemezre szigetelő réteget helyeznek, amelynek a tetejére vékony szalagból készítik el a megfelelő áramkört. Ez a nyitott típus. A zárt típusnál az így elkészített áramkört még egy szigetelő réteggel és fémlemezrel beborítják.

Az elvégzett hazai mérésekből és a széleskörű irodalmi adatokból leszűrhető tapasztalatok alapján, a szalagvonal ajánlható 100—10 000 MHz frekvenciasávon belüli kisteljesítményű áramköri feladatok megoldására. Alkalmazásával jelentős súly, anyag és gyártás költségsökentés érhető el. Nehézséget okoz az, hogy az átviteli csillapítást fokozott mértékben az alkalmazott szigetelőanyag veszteségei határozzák meg. Emiatt csak kis veszteségszögű anyagokat lehet felhasználni.

A hazai kísérleteknél polisztirolt használtunk. Az ezenkívül még számításba jöhető anyagok ugyancsak hőre lágyuló műanyagok. Ezekre olyan fémréteget felvinni, amelyik megfelelően tapad, egyenletesen vastag, összefüggő és jó vezetőképességű, tudomásom szerint nem egyszerű feladat. Szeretném megkérdezni az elvtársnőt, hogy a kérdés megoldására milyen lehetőségeket lát?

DÉNES PÉTER

A nyomtatott áramkörök a második világháború nagy híradástechnikai fejlődésének egyik fejezete. A cél elsősorban a miniatürizálás volt, de cél volt olcsóbb, megbízhatóbb, egyöntetűbb áramköri egységek kidolgozása is. A külföldi nyomtatott áramkörök az elmúlt 10 év alatt igen nagy fejlődésen mentek keresztül és napról napra új és új technológia jelenik meg.

Az irodalomból, de másrészt a saját tapasztalatainkból is tudtuk, hogy minőségileg legjobb nyomtatott áramköröket kerámiaalapon lehet készíteni, de még ezek sem felelnek meg azoknak a maximális minőségi követelményeknek, amelyek önálló, minőségi alkatrészekből felépített egységekkel elérhetők. Tehát, ha nyomtatott áramkört alkalmazunk, akkor majdnem mindig minőségi engedményt kell tenni az optimumhoz képest a gazdasági, vagy miniatürizálási, vagy egyéb előny érdekében. Épp ezért, ha iparunk a nyomtatott áramkörök gyártását programmba veszi, először igen komoly konstrukciós feladatokkal kell számolnia, mert ennél a kivitelnél a konstrukciónak kell főként alkalmazkodnia az alkatrészgyártáshoz és nem fordítva.

Olyan határozatot javaslok tehát — a konferencia szellemét figyelembe véve —, amely felhatalmazza valamelyik gyárunkat egy olyan számú próbaszéria legyártására, amely a jövőre statisztikusan is elegendő tapasztalatot nyújt.

TARDOS LÁSZLÓNÉ válasza:

Dénes Péter et. hozzászólásában kifejtette, hogy nyomtatott áramkörök alkalmazásánál általában kisebb-nagyobb mértékben le kell mondanunk az egyedi alkatrészeknél elérhető optimális minőségi adatok eléréséről a gazdasági vagy a miniaturizálási előnyök érdekében. Ezt a gondolatot tovább folytathatjuk nyomtatott áramkörök előállításánál a gyártástechnológiára és az alapanyagok megválasztására. Meg kell gondolnunk, hogy a kérdéses kapcsolási egység használatánál mi a legfontosabb követelmény, ennek érdekében legtöbbször engedményeket kell tennünk valamilyen más szempontból. Ha pl. a huzalozás jó vezetőképessége, forraszt-hatósága és nagy pontossága elengedhetetlen, akkor ma még feltétlenül a kerámialap a legjobb. Ha az alaplap szilárdsága fontosabb, úgy műanyagalaplap alkalmazása a célszerű.

Gaál Egon et. kérdésére megemlítem, hogy a TKI-ban jelenleg foglalkozunk olyan eljárás kidolgozásával, amellyel hőre lágyuló műanyagban különféle technológiával megfelelő fémréteget kívánunk előállítani.

Amennyiben a konferencia Dénes et. határozati javaslatát elfogadja és az üzemi szériagyártás elkezdődik, tapasztalatainkat a legmesszebbmenően rendelkezésre fogjuk bocsátani.

ÚJABB TÍPUSÚ ELLENÁLLÁSOK A HÍRADÁSTECHNIKÁBAN*

MITTERHOLCZER BÉLA

A híradástechnikai ellenállások jelenleg gyártott 4 fő típusának összehasonlító műszaki adatait az alábbi táblázat tartalmazza. Az egyes ellenállásfajtákat ennek alapján fogjuk tárgyalni.

1. táblázat

Ellenállások	Méret mm-ben	TK $\times 10^{-4}/1^\circ$ C-ra	Nedvesség 96 óra 95% rel. páratart. %	200% terhelés 100 óra %	6 hónapi raktározás	
					%	Zörej
Tömörelenállás	9,5 · 4	6—10	± 2	± 4	$\pm 1,5$	7 $\mu\text{V/V}$
Szén—lakk ellenállás	27 · 5,5	30	± 5	± 5	± 3	5 $\mu\text{V/V}$
Kristály—szénréteg ellenállás	27 · 5,5	2—6	± 2	± 2	$\pm 1,5$	2 $\mu\text{V/V}$
Fémréteg-ellenállás	10,3 · 3,2	2	—	terhelés után eredeti értékre visszatér	nem öre- zöregdik	Johnson zöreje
Bor-karbon-ellenállás	18,2 · 6	1—1,4	1,5	$\pm 1\%$ alatt	1 évi $\pm 0,75$	2 $\mu\text{V/V}$

I. Tömörelenállás

Mind a lakk, mind a kerámia alapú tömörelenállások eléggé elterjedtek. A kis méret, az olcsóság, a nagy terhelhetőség, a jól beállítható TK és a könnyű szerelés miatt igen alkalmasak híradástechnikai készülékekben való felhasználásra. Minőségük általában a rádióellenállásokra megállapított követelményeknek felelnek meg. A jelenleg gyártott tömörelenállások minősége világviszonylatban ezen a nívón mozog. Zörejük, frekvencia- és feszültségfüggőségük nem felel meg azoknak a követelményeknek, melyeket nagyfrekvenciájú körökben alkalmazott ellenállásokkal szemben támasztunk. A fentebb említett jó tulaj-

* A Híradástechnikai Konferencián 1955. október 21-én elhangzott előadás.

donságok következtében kívánatos volt ezek hazai kidolgozása és a Híradás-technikai Ipari Kutató Intézet az elmúlt két év folyamán a tömörellenállásoknak egy lakk alapanyagú — 0,25 W-os — típusát a hozzátartozó gyártástechnológiával együtt kidolgozta. Ezen ellenállások a zörejszint kivételével, mindenben megfelelnek a rádióellenállások magyar szabványában lefektetett minőségi követelményeknek és a külföldi tömörellenállások minőségét is megközelítik. A tömeggyártás előkészülete jelenleg folyik és szélesebb körben való bevezetésének egyik akadályja, hogy a tömeggyártási technológia nincsen még kidolgozva. Az eddig kidolgozott technológia kisebb darabszámok gyártására alkalmas és a további kísérleti gyártás folyamán alakítandó ki a hazai és esetleges export-szükséglet számára alkalmas gyártási eljárás. A gyártás gazdaságossága csak ezután lesz megállapítható. Kérdéses, hogy a jelenleg évi igényként jelentkező, a hazai szükségletek kb. 1/6-át kitevő 2,5 millió darab, mely igen sok változatot ölel fel, gazdaságosan gyártható lesz-e. A kísérletek és a kísérleti gyártás tovább folyik és a munkálatok a feszültség- és frekvenciafüggőség, valamint a zörejnívó megjavítására irányulnak.

II. Kolloid szénellenállások

A szén—lakk alapú, úgynevezett lakkrétegegenállások a szokásos értékhatárokon belül teljesen háttérbe szorultak a többi ellenállástípus mellett. A nagy ellenállásértékeknél a 10^7 ohm-tól 10^{13} ohm-ig terjedő nagyságrendekben azonban a fémréteg és bór—karbon ellenállások mellett még ma is használatosak.

Kerámia vagy egyéb megfelelő hordozó testre finom eloszlású kolloid szén- vagy kolloid grafitot visznek fel valamely ismert technológiai eljárással (szórással, mártással stb.) és utána hőkezelik azokat. Az így nyert ellenállás tulajdonságai közül a hőmérsékleti tényezőt elsősorban a felhasznált anyagok mechanikai tulajdonságai (részecskék szemcsenagysága, hőtágulása stb.) határozzák meg. A nedvességfelvételt és az ellenállások időbeli stabilitását pedig a felhasznált kötőanyagok polimerizáció, illetőleg polikondenzáció utáni tulajdonságai befolyásolják. Kötőanyagként legjobban gömbformában polimerizálódó anyagok használhatók, mint pl. a szilikon lakkok. Éppúgy, mint a tömörellenállásoknál, ezeknél is a TK, a komponensek megválasztásával úgy érték, mint előjel szerint beállítható. Különleges követelmények esetén a nedvességre aránylag érzékeny ellenállást evakuált, vagy neutrális gáztöltésű üvegcsővekbe forrasztják be. Üvegcsőbe forrasztás nélkül sorozatban 300—400 MOhm nagyságrendig gyártunk ilyen ellenállásokat, de laboratóriumban fenti alapon gigaohm nagyságrendben is előállíthatók. A műanyagipar fejlődése módot nyújt olyan lakkréteg ellenállások kidolgozására, melyek méretben és minőségben a rádióellenállásokra előírt követelményeket kielégítik. A lakkréteg-ellenállások könnyű technológiája és modern gyártási lehetőségei ui. versenyképessé teszik

ezeket a többi ellenállásfajtákkal. Ebben a csoportban említendőek az ún. „Filament” típusú lakk, vagy újabban fémellenállás réteggel ellátott ellenállások, melyeknek megfelelő hazai típus kidolgozása nincs előirányozva, bár külföldön ezek igen nagy darabszámban kerülnek felhasználásra.

III. Kristály-szénrétegegenállások

A legnagyobb elterjedtségnek a huszas évek folyamán kifejlesztett kristály-szénrétegegenállások örvendenek, melyek gyártását a II. világháború befejezése után majdnem minden országban bevezették. Ezek az ellenállások, mint ismeretes, kristályos szénrétegből állnak, mely a grafit egy különleges modifikációja. A kristályos szénréteget termikus hasadás útján folyékony vagy gáznemű szénhidrogénekből csapatják le kerámia hordozótestre kb. 1000 C° körüli hőmérsékleten. A lecsapatás vagy vákuumban, vagy védőgázban történik. A réteg hexagonális grafitrácsokból épül fel, melynek elrendeződése határozza meg az ellenállás tulajdonságait. A létrejött kristályok nagymértékben anizotrópok, hőmérsékleti tényezőjük a kristálytengely irányától függően $+ 20 \cdot 10^{-4}$ C°-tól $- 400 \cdot 10^{-4}$ C°-ig változik. Amennyiben a kristályok rendezetlenül helyezkednek el a hordozó felületen, úgy az ellenállás rossz hőmérsékleti tényezővel fog rendelkezni. A kristályréteg rendezett kialakítását a hőmérséklet, a szénhidrogén koncentráció, ill. az áramlás sebessége és a hordozó kerámiatest felületi tulajdonságai befolyásolják. A kerámiatestben fellelhető szennyeződések szintén károsan hatnak a kristályréteg kialakulására, mert részben a hordozótestből, részben a hasadó szénhidrogénből eredő idegen elemek helyezkednek el a kristályok között. Precíziós ellenállások előállításánál tehát arra kell törekednünk, hogy a létrejött réteg elektromos tulajdonságai az egykristály, ill. annak fősíkjaiban mutatott fémszerű tulajdonságait minél inkább megközelítsük. A kristályok rendezettsége mellett azok nagysága az a második tényező, mely a réteg minőségét kedvező, vagy kedvezőtlen mértékben befolyásolja. Minél nagyobbak a kristályok, annál jobb az elérhető hőmérsékleti tényező, mert nagykristályok kialakulása esetén azok rendezetten helyezkednek el és idegen anyagok kevésbé épülnek be a réteg szerkezetébe. A kutatások, melyeket a hazai laboratórium kísérletek is alátámasztottak, megállapították, hogy az áramlás sebessége, ill. a szénhidrogén koncentrációja fordítottan arányos a létrejövő kristályok nagyságával. A kristályrétegek egymáson való elhelyezkedése is befolyásolja az ellenállások tulajdonságait. Minél vastagabb a nagykristályokból felépített réteg, annál jobb elektromos tulajdonságokat mutat. A külső rétegek, melyeknek felületén a krakkolási folyamat lezártaival nem alakultak ki teljes kristályok és a legtöbb szennyeződést tartalmazzák, az elektromos folyamatokban a többi réteghez képest viszonylag kis szerepet játszanak. Ezeket célszerű eltávolítani, ami egyes eljárásoknál a krakkolási folyamat alatt, a kemence állandó forgatá-

sával is elérhető. Precíziós ellenállások tehát csak úgy állíthatók elő, ha a rétegvastagság a megengedhető minimumnál nem vékonyabb. A használatos rétegvastagságok 10^{-2} -tól $5 \cdot 10^{-6}$ mm-ig terjednek, amely utóbbi, mint legvékonyabb, kb. 15 atomrétegnek felel meg. Amennyiben a rétegvastagság ez alá csökken, a struktúra rendezetlensége miatt az ellenállás elektromos adatai igen kedvezőtlenül alakulnak. A minimális rétegvastagságból kiszámítható, hogy a precíziós kristályszenréteg ellenállások legmagasabb értéke 0,5 W-os ellenállásoknál kb. 10 MOhm körül mozoghat, 0,5 mm menetemelkedés mellett. Előállíthatók magasabb értékek is, de jó tulajdonságaik lényegesen csökkennek.

A réteg a külső befolyásoktól, különösen a magas ellenállás értékűeknél, jól védendő. Különleges követelmények esetén ezeknél is alkalmaznak üvegcsőbe való beforrasztást, ill. újabban műanyag burkolást. Általában hidrofób tulajdonságú védőlakkok alkalmazásával védik az ellenállásokat. A védőlakknak megfelelő rugalmassággal is rendelkeznie kell, hogy hőmérsékletváltozások következtében ne repedezzen meg. Jó eredménnyel alkalmazhatók az Alkyd-gyanták és különböző szilikonok.

Kristály-szenrétegegenállásokat gondos előkészítő és fejlesztő munka után már több mint 2 éve tömegben gyártunk. Minőségük eléri a külföldi gyártmányú kristály-szenrétegegenállások minőségét. A mérőműszer célokat szolgáló 1%-os ellenállások gyártási technológiáját mind a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet, mind a Remix kidolgozta. A kutatás tovább folyik. Célja a kristály-szenréteg kialakulása körülményeinek teljes tisztázása. Az 1%-os és 2%-os ellenállás gyártása már folyik, a 0,25%-os ellenállások kidolgozása folyamatban van. Az ellenállások gondos raktározása és kiválogatása esetén 1 MOhm nagyságrendig tudunk 1%-os, megbízható ellenállásokat előállítani.

A kristály-szenrétegegenállások jó tulajdonságainak továbbfejlesztése céljából új eljárásokat dolgoztak ki, melyeknek lényege, hogy a kristályos szenrétegbe, ill. magába a szénkristályokba, idegen, nem fémes elemeket, elsősorban bórít építenek be. Ezek az ún. összetevős rétegegenállások tulajdonságai nagyságrenddel jobbak a közönséges szenréteg ellenállásoknál. Elsősorban az ellenállás értékhatár úgy lefelé, mint felfelé nagyságrenddel bővíthető. A hőmérsékleti állandó megfelelő eljárással úgy állítható be, hogy az az általában használt huzalellenállások hőmérsékleti állandójánál is jobb. El lehet érni $5 \cdot 10^{-5}$ körül mozgó TK-t is. A felületi terhelhetőség is több, mint kétszerese a kristály szenréteg ellenállásokénál, ami a méretek lényeges csökkenését eredményezi. A bór beépítésével nem keverékréteg jön létre, hanem a bór a grafitkristályok perifériáján, ill. magában a grafitrácsban helyezkedik el. Az erre vonatkozó kristallográfiai vizsgálatok még nincsenek lezárva. Az eddig mutatkozó kedvező eredmények szükségessé teszik a kutató munkának ezen a téren való lényeges megerősítését, mely nemcsak a bór, hanem egyéb elemek felhasználását is hivatva van megvizsgálni.

A gyártási eljárás hasonló a fentebb vázolt kristály-szénrétegellenállások gyártási eljárásához, azzal a különbséggel, hogy az illékony szénhidrogének mellett hasonló tulajdonságokkal rendelkező bórvegyületeket, pl. bór-trikloridot párologtatunk el. Az 1100—1200 C° körüli krakkolási hőmérséklet mellett a bór beépül a szénkristályokba. A krakkolási hőmérséklet csökkentése céljából katalizátorokat is alkalmaznak. Bór alkalmazása mellett a krakkolási idők is megváltoznak, mert a réteg kialakulása kb. 1 nagyságrenddel meggyorsul, ami különösen a kis ellenállásértékek előállításánál igen előnyös. Míg kristály-szénréteg esetén egy 6—10 Ohm-os alapérték gőzöléséhez 10—15 óra szükséges, addig bórcarbon esetén a krakkolási idő kb. $1\frac{1}{2}$ órára csökken. A létrejött ellenállásréteg időbeni stabilitása egyezik a huzalellenállások időbeli stabilitásával, sőt néha kedvezőbb is annál. Az ellenállás spektrum kibővítése bór segítségével mind lefelé, mind felfelé megvalósítható. 3—5% bór hozzáadása esetén a réteg fajlagos ellenállása lecsökken a szénréteg fajlagos ellenállásának ötödére és így a nehezen előállítható 2—10 Ohm-os alapértékek aránylag könnyen gyárthatók. 16—40% bór adagolása esetén a fajlagos ellenállás egy nagyságrenddel felugrik. A hőmérsékleti tényező is függ a keverék kristályok bórtartalmától és a gyártás körülményeitől. Beállítható $\pm 2 \cdot 10^{-5}$ C° nagyságú TK, tehát majdnem nulla hőmérsékleti tényezőjű ellenállás is. Nagy ellenállásértékeknek (0,5 MOhm . . . 10 MOhm) a TK-ja $1 \cdot 10^{-4}$ C° körül mozog. Nedvességállóságuk jobb és terhelhetőségük kétszerese a tiszta kristályszénréteg ellenállásokénál. Nagyobb terhelhetőségük azzal magyarázható, hogy míg a kristályos szénréteg már 400 C°-nál elbomlik és a kerámia hordozóról leválik, a bórcarbon réteg 900 C°-nál sem távolítható el. Nagyobb felületi terhelhetőség kisebb méreteket és jobb nagyfrekvenciás tulajdonságokat eredményez, ami UKW, televízió és tranzisztorkészülékek szempontjából fontos. A bórcarbon ellenállások külső felületi védelme rendszerint lakkréteg, de trópusi és mechanikai hatásoknak kitett helyeken műanyagbőrkolattal is ellátják.

A bórcarbon ellenállások kutató és fejlesztő munkái, valamint gyártási kísérletei folyamatban vannak és II. ötéves tervünk első felében számíthatunk hazai gyártású bórcarbon ellenállásoknak a piacon való megjelenésére.

IV. Fémrétegellenállások

A fémrétegellenállások tömeges előállítása az utóbbi években indult meg, bár a kísérletek hosszú időre nyúlnak vissza. A kutatás oda irányul, hogy a fémrétegellenállások magas hőmérsékleti tényezőjét csökkentsék. E célból különböző nemes és ritka fémek segítségével, mint ezüst, arany, platina, paládium stb. végeztek kísérleteket. A felhasznált eljárás vagy a fémgőzölés, vagy katódporlasztás, vagy mechanikai, ill. pirokémiai módszer. A porlasztó eljárásoknál hasonló jelenségek mutatkoznak, mint a kristály-szénrétegellenállásoknál.

A létrejövő mikrokristályok elrendezése, azok rétegvastagsága határozza meg az ellenállás tulajdonságait, a hőmérsékleti tényezőjét és a stabilitását. Minden felhasznált ötvözetnél megállapítható egy minimális rétegvastagság, mely mellett a felvitt ellenállásréteg tulajdonságai az ötvözet kedvező fémes tulajdonságaival egyeznek. Ez a vastagság fémenként kb. 5—15 millimikron között változik. Ha a rétegvastagság a kritikus rétegvastagság alá csökken, úgy a hőmérsékleti tényező a fémes tulajdonságokkal szemben negatív lesz és az ellenállás értékstabilitása is lecsökken. Ez a jelenség a mikrokristályok rendezetlen elhelyezkedésére, ill. amorf anyag jelenlétére enged következtetni. Az ellenállások stabilitása egyébként igen nagy és normális atmoszférában csupán néhány ‰-et tesz ki egy év alatt. A tömeggyártási technológia két úton halad. Az egyik a fémpor kötőanyaggal való keverékének mechanikai felvitele a hordozótestre és az ezután következő hőkezelés, melynek következtében a réteg összesül. A másik alkalmazott eljárás az anyagnak — elsősorban paládium ezüstnek — felvitele fémgőzölés útján. Ezzel az eljárással előreláthatólag jobb minőségű ellenállások állíthatók elő, mint pirokémiai, ill. mechanikai eljárásokkal. Lehetséges olyan eljárás is, mely illanó fémvegyületeiből lecsapatás útján állítja elő a fémrétegeket. Ezen eljárások kidolgozása nálunk még kezdeti stádiumban van, és fémrétegellenállások gyártásával hazánkban csak 2—3 év múlva számolhatunk.

A fémrétegel ellenállások nagy stabilitásuk következtében elsősorban a mérőműszer ipar számára kívánatosak, de ha sikerül a tömeggyártást megoldani, úgy nagy terhelhetőségük következtében, mely pár száz C°-ig is terjedhet, felhasználásukra a híradástechnikában is széleskörű lehetőség nyílik.

Az újabb típusú ellenállások, különösen a bórcarbon és a fémlenállások, magasabb terhelhetőségük következtében már magukban rejtik és egyidejűleg meg is oldják a miniaturizálás kérdését, ami más ellenállásfajtáknál csak különböző konstruktív megoldásokkal és különböző kivitelezéssel oldható meg. Ezért fontos ezen két ellenállástípus kutatása és mielőbbi gyártásbavétele. Mind a kristályszénréteg ellenállás, mind a bórcarbon és fémrétegel ellenállás megfelelő lakkbevonattal vagy műanyag körülpréseléssel, esetleg porcelán- vagy üvegcsőbe való beforrasztással teljesen trópusállóvá tehető.

HOZZÁSZÓLÁSOK

NEUHOF SUSKI LÁSZLÓ

A gyártó vállalat, mint az részben az előadásból is kitűnt, az ellenállásgyártás kérdéseivel kapcsolatban több elvi megállapítást vár a kutatástól, a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézettől.

Eddig a következő megállapításokat tettük. Ismerjük

1. a krakkolóberendezés felépítéséből származó befolyásokat az ellenállások elektromos tulajdonságaira, különös tekintettel a szórásra és a krisztallitok rendezésére ;
2. az ellenállás, a TK, a réteg rendezettsége és a krisztallit anyagok közötti kapcsolatot ;
3. a krakkolósebesség befolyását a stabilizációra és ami ezekkel összefügg ;
4. a porcelán felületének szerepét a réteg kialakításában ;
5. az elkrakkolt anyagmennyiség és az ellenállás, valamint a TK között kvantitatív összefüggést.

6. Megállapítottuk, hogy az ellenállásérték az elkrakkolt szénhidrogén térfogatának függvényében hiperbolikusan csökken.

7. Ismerjük a TK és az ellenállás értéke közötti összefüggést, mely azt mutatja, hogy azonos krakkolási sebesség mellett az összefüggés lineáris.

További munkálatok szükségesek az elvi kérdések tisztázására, hogy a bórkarbon és egyéb keverék kristályellenállások előállításához szükséges adatok birtokába jussunk.

PERES TIBOR

Az előadásból kitűnt, hogy a bórkarbon ellenállások olyan jó tulajdonságokkal rendelkeznek, melyek a huzalellenállások tulajdonságait erősen megközelítik, ill. részben elérik. Ebből adódik, hogy a bórkarbon ellenállások egyenáramú, ill. alacsonyfrekvenciás körökben huzal-ellenállások helyett alkalmazhatók. Kérdés, hogy ezen ellenállásfajta a 20—100 MHz-ig terjedő tartományban használható-e etalonként.

MITTERHOLCZER BÉLA válasza:

Suski et. hozzászólása az előadást kiegészítette. Peres et. kérdésére válaszolva megjegyzem, hogy a bórkarbon ellenállások frekvenciafüggősége nagyjából egyezik az egyéb kemény-szénréteg ellenállások frekvenciafüggőségével.

ÚJABB EREDMÉNYEK A HAZAI POTENCIOMÉTER GYÁRTÁSBAN*

CZEGLÉDY KÁROLY

A kis áramerősségek szabályozására használatos folytonosan változtatható potenciométerek lényeges részei az ellenálláspálya, az ezen mozgó leszedő érintkező és az ezt tartó és mozgató szerelvény. Az ellenálláspálya anyaga rétegellenállás, vagy tömörellenállás. Mindkét anyag félvezető részecskékből, rendszerint grafit- vagy koromszemcsékből áll, melyeket kötőanyag, rendszerint hőre szilárduló műgyanta tart össze. Az Európában gyártott potenciométerek mind rétegellenállás pályával készülnek és csupán az amerikai vállalatok gyártanak tömör potenciométereket. Jelen pillanatban nem lehet az egyik vagy a másik módszer javára dönteni. Mindkét típusnak vannak előnyei és hátrányai, és mindkét eljárás fejlődőben van. Mindenesetre meg lehet azonban állapítani, hogy a potenciométer típusoknak kb. 85—90%-a rétegalapú pályával készül.

A rétegellenállás pálya úgy készül, hogy a félvezető anyagból és a kötőanyagból készített festéket valamilyen módon szigetelő lapra viszik fel. A szigetelő lap egy különálló patkó-alakú fenolfiber lemez, melyet azután a potenciométer tartólapjára szerelünk, vagy a félvezető réteget magára a tartólapra visszük fel.

Az ellenállásréteg tulajdonságai azoktól az alapanyagoktól függenek, amelyeket előállításukhoz felhasználtak. Az áramvezetést rendkívüli finomságú vezetőporok végzik, mint amilyen a grafit, amely a festékekben majdnem kolloidális állapotban van. A grafit részecskéket folyadék közegben, vízben, alkoholban stb. szuszpendáljuk.

Egy másik anyag, amit az ellenálláspályák gyártásánál széles körben alkalmaznak, a korom. Ezen anyagnak számos válfaja van forgalomban, nagyon eltérő jellemzőkkel. Tekintve, hogy igen sok gyár foglalkozik az előállításával, a kiinduló nyersanyag és a gyártástechnológia különböző lehet. Ezért felhasználás előtt gondos elővizsgálatok szükségesek annak eldöntésére, hogy melyik gyár milyen készítménye kerüljön a gyártásban felhasználásra. Felhasználás szempontjából eddig a kormot szemcsenagyság szerint osztályozták. Jellemző, hogy különböző koromfajták szemcsenagysága 60 Å-ig terjed. A nagyobb

* A Híradástechnikai Konferencián 1955. október 21-én elhangzott előadás.

szemcséjű kormot főleg a gumigyárak használják. Potenciométerhez a legkisebb szemcséjű korom szükséges. Újabb kutatások folyamán megállapítottuk, hogy a szemcsenagyság mellett a koromra a felületek kiképzése is jellemző, mivel a villamos tulajdonságok igen nagymértékben függenek a felületen elnyelt gázok mennyiségétől. Megállapítást nyert, hogy az ellenállásréteg ellenállásváltozási tényezője annál jobban tolódik a negatív irányba, minél nagyobb az elnyelt gázmennyiség. Fentiekből következik, hogy a potenciométergyártáshoz olyan kormot lehet csak használni, amelynek szemcsenagysága 60—160 Å körül van, és a szemcsék felülete a lehető legsimább.

A fejlődés folyamán megállapítást nyert, hogy tisztán félvezetőanyagokból igen nehéz az ellenállás értékek pontos előállítása, ezért az érték beszabályozására töltőanyagokat is kell használni. Ezek a töltőanyagok ásványi eredetűek, illetve fénoxidok lehetnek.

Az ellenállásréteg másik fő alkotóeleme a kötőanyag. Ez az anyag a klaszszikus potenciométernél tiszta fenol. Feldolgozás szempontjából a B fázisban levő bakelitlakk néven ismeretes, folyékony állapotban levő készítmény felel meg. Az ellenállásfesték összedolgozásakor a gyantának C fázisba történő gyors átmenete és a stabil állapot fokozása céljából a lakkhoz katalizátort tesznek. A fenti anyagok jó összekeverésének biztosítása céljából az ellenállásréteg felviteli technológiájától függően oldószereket, higítókat adagolunk festékhez.

A fenolt, mint kötőanyagot, klasszikus példaként említettük. A műanyagok kutatása terén elért sikerek folytán ma már ritkán használnak tiszta fenolt, hanem azt legtöbbször valamilyen más anyaggal kombinálva dolgozzák fel. Ezek az adalékok a fenol mechanikai tulajdonságait hivatottak javítani, amilyenek a jó tapadás, kellő keménység, kopásállóság, nedvesség ellenállóképesség stb. Az a páratlan lehetőség, amely az új műanyagok alkalmazásában rejlik, oda vezet, hogy a jövőben a potenciométer gyártásban a fenol elveszti jelentőségét.

Az elektronikus, főleg a rádió ipar mind kisebb és kisebb terjedelmű alkatrészek iránti követelményekkel lép fel. Ennek megfelelően olyan irányzat felé kell törekedni, amely a potenciométerek specifikus teljesítményét növeli. Specifikus teljesítményen a köbtartalom egységére jutó teljesítményt kell érteni. A fejlődésre kiváló példa a Remix Vállalat által gyártott műszerpotenciométer, amely a korábbi 0,5 W-os potenciométer nagyságában 2 W terhelést bír. A terhelhetőség növelése azáltal érhető el, hogy az ellenálláspályát hordó fenolfiber patkót fémtárcsára rögzítjük, mely a terhelés következtében keletkező meleget a készülék fémvázán keresztül elvezeti.

Szükségessé vált olyan potenciométer kifejlesztése is, amely a környező hőmérséklet igen tág határai között is működőképes. E szélső határok a Szovjetunióban $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ és $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$. A francia CCTU szabvány $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ és $+90\text{ }^{\circ}\text{C}$ szélső hőmérséklet határokat jelöl meg. Az Egyesült Államokban $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ és $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ a szabványos szélső értékek.

A potenciométereknek bizonyos durva próbát is ki kell bírniok, ilyen a

rázás, ejtés, ütögetés, a tengely erőszakos átforgatása. Ezeknek a követelményeknek teljesítése komoly feladat elé állítja a konstruktőröket. Nem utolsó sorban, részben mint mechanikai követelményt kell megemlíteni a légmentes zárást. Az alkatrész gyárak intenzív munkát fejtettek ki annak érdekében, hogy légmentesen lezárt potenciométer álljon az ipar rendelkezésére. A Remix Vállalat választékában a zárt potenciométer típus is megtalálható. A 0,1 W terhelhetőségű zárt potenciométer 50 k Ω és 2 M Ω közötti ellenállásra készült $\pm 20\%$ tűréssel.

Ha összehasonlítást végzünk a zárt kivitelű és normál Remix potenciométer között, azt találjuk, hogy a zárt potenciométer nedvesedési tényezője jobb, mint a normál típusé, annak ellenére, hogy a normál típus ellenállásváltozása nedvesség hatására csupán 10–12% az előírásokban megengedett 20%-kal szemben.

Az első potenciométer típusok lineáris jelleggörbével készültek. További követelmények folytán kívánatos volt a jelleggörbét logaritmikus formában is elkészíteni. Ezeknek a pályáknak a gyártása nem könnyű feladat, tekintettel a mindinkább kisebbedő területű pályára.

A lineáris potenciométerek jelleggörbéje aránylag elég jól tartható. Az alkalmazott technológia következtében a jelleggörbe iránytangensében a kezdeti ponttól a végpontig csak egész csekély elhajlás mutatkozik. A logaritmikus pályákat azonban — bármely technológiával készülnek — mindig két vagy több egymás után következő ellenállásrétegből alakítjuk ki. A két különböző ellenállásréteg találkozásánál a jelleggörbe iránytangense más szöget vesz fel és egy-egy azonos irányon belül az elhajlások lineáris jellegűek. Ezeknek az elhajlásoknak csökkentésére és az elméleti logaritmikus jelleggörbe megközelítésére a Remix-potenciométerek öt különböző értékű réteg egymás mellé helyezésével készülnek.

Az elhajlások a potenciométer üzemszerű működésében zavart nem okoznak, kivéve, ha két egység fut egy tengelyen. A felhasználók azon követelése, hogy a jelleggörbe iránya elhajlást ne szenvedjen, annyira korlátozható, hogy a két együttfutó potenciométer jelleggörbéi az elméleti értéktől azonos irányba térjenek el, illetve a görbék párhuzamosak legyenek.

Ezen kérdés végleges tisztázása érdekében több száz külföldi gyártású potenciométert vizsgáltunk meg. Az idevonatkozó irodalmat is áttanulmányozva, arra a következtetésre jutottunk, hogy ez a kérdés gyártó és felhasználó között ugyanolyan állapotban van külföldön is, mint hazánkban.

Helyes az a törekvés, hogy a potenciométer szabványtervezetébe csak három jelleggörbét vettek fel. Köztudomású, hogy a német DIN szabvány 6 jelleggörbét tüntet fel, a JAN R 94 E. Á. régebbi szabvány 8, a GOSZT 5574—50 szabvány 3 jelleggörbét különböztet meg. A 8 jelleggörbe tarthatatlanságát felismerve, az E. Á. módosította vonatkozó szabványát, úgyhogy az most csak egy lineáris és egy logaritmikus jelleggörbét tartalmaz.

A külföldi szabványokban találunk előírást a potenciométer állózörcjére, a mozgatáskor keletkező kontaktzörejt azonban a szovjet, az amerikai vagy a francia szabvány sem említi meg. A német DIN szabvány utal az ezzel kapcsolatos követelményre, számszerű értékeket azonban még nem tartalmaz. Az állózörejt közönséges, többfokozatú lineáris erősítővel vizsgálják, melynek erősítése 50 és 110 dB között két decibelenként szabályozható. A kimenő feszültséget kis csillapítású csővoltmérővel lehet indikálni. A berendezés a bemenő kapcsolókra jutó $1 \mu\text{V}$ feszültséget is indikálja. Az erősítőre jutó maximális feszültség nem haladja meg az 1 V-ot.

A potenciométer tengelyének forgatásakor fellépő kontaktzörejt nagy mértékben befolyásolja az alkatrész felhasználhatóságát. A forgatáskor keletkező zörejt csökkentése a potenciométer gyáraknak állandó, legnagyobb problémájuk. Ez hazai vonatkozásban éppúgy fennáll, mint a külföldi gyáraknál. A kutatóintézetek és vállalatok közötti kooperációt mintaként lehetne állítani ebben a kérdésben. A tudósok, kutatók és konstruktőrök összefogása tette lehetővé, hogy ma már olyan potenciométereket hozunk forgalomba, amelyek felveszik a versenyt a külföldi hasonló típusokkal. Hosszú kísérletek sorozata után a modifikált fenolgyanta alapú kötőanyagban szuszpendált félvezetőanyagok és fénoxidok keveréke hozta meg a kívánt eredményt. A pálya felületének egyenletessé tétele a régi festékszórásos eljárással nem volt megoldható. Számtalan kipróbált módszer közül legjobban a vezető festéknek öntéssel való felvitele vált be. Lineáris jelleggörbe esetén az ellenálláspálya teljes hosszában elég jó zörejszintet lehetett elérni. A pálya két végén azonban, ahol a leszedő csúszó-érintkező rálép a kontakt rétegre, igen erős, beütésszerű zörejt volt észlelhető. Ennek kiküszöbölésére külön korrekciós rétegeket kellett alkalmazni, melyek a kis és nagy értékű ellenállásrétegek a pálya mentén fellépő hirtelen változását kiküszöbölik.

Logaritmikus jelleggörbe esetén a közbenső réteg változásánál fellépő zörejt kiküszöbölése is igen nehezen megoldható kérdés volt, és csak az előbb említett többréteges megoldás hozta meg a kellő eredményt. A különböző fajlagos ellenállású rétegek egymás mellé helyezése a jelleggörbét is közelebb viszi az elméletihez, de emellett a zörejszintre is nagy kihatása van.

Említettük, hogy a külföldi szabványok és irodalom, a potenciométer mozgózörcjére nagyon kevés adatot tartalmaznak. Minthogy a mozgózörejt nagyságát még nem definiálták, egységes zörejtvizsgáló módszerek sem alakultak még ki. Vagy talán fordítva is mondhatnánk, ha egységes vizsgálati módszer lenne, a zörejt nagysága is hamarabb lenne szabványosítható. A kutatóintézetek mindenütt nagy figyelmet szentelnek ennek a kérdésnek, de eddig csak javasolt módszerekről van tudomásunk. A zörejnívó egységes meghatározása érdekében hazánkban folytatott vizsgálatok eredményeképpen jelenleg két javaslat van a Szabványügyi Hivatalban elbírálás alatt.

A zörejtvizsgáló módszerek kidolgozásánál első kérdés a szögsebesség,

amellyel a potenciométert forgatják. Megállapított tény, hogy a forgatási sebesség növelésével közel lineárisan nő a zöreje is. A magyar szabvány szerint a vizsgálatokat 18 ford/perc sebességgel kell végezni. A francia Radio Elektromos Társaság percenként 10 ide-oda forgatást ajánl, ami körülbelül azonos érték.

Második kérdés, mekkora feszültséggel végezzük a vizsgálatot. Köztudomású, hogy a rádiókészülék dióda- vagy rácskörében, ahova a potenciométert kapcsolni szoktuk, legfeljebb 10 V lép fel. Ennek alapján minden felmerülhető igényt kielégítünk, ha a vizsgálatnál 20 V feszültséget alkalmazunk. Ha a potenciométer tengelyét forgatjuk és a leszedő érintkezőt a pálya egyik végével ellenálláson keresztül rövidre zárjuk, akkor a jelleggörbének megfelelő és az érintkezés jóságától függő változó feszültséget kapunk. Ezt a váltakozó feszültséget több fokozatú hangfrekvenciás erősítőben felerősítjük.

Az erősítő erősítése célszerűen 60—80 dB lehet, karakterisztikája olyan legyen, hogy a fül hallási görbáját, azaz a Fletcher-görbét utánozza. Megállapodás szerint a DIN szabvány szerinti görbét fogadtuk el. Az indikálás az erősítő kimenetére kapcsolt csővoltmérővel, vagy fémegegyenirányítós voltmérővel történik. Ez a berendezés csak a zöreje integrált értékét mutatja. Készült olyan berendezés is, amelynek katódsugárcsőves indikátora a zörejecsíkokat is szemlélteti. Az ellenálláspálya végén, ahol a leszedő rálép a kontakt rétegre, észrevehető egy nagyobb zöreijeütés. Ezt a zörejecsícsot nagyon nehéz elkerülni és csak hosszú kísérletek eredményeként lehetett olyan korrekciókat alkalmazni, aminek folytán ma már alig észrevehetőek a pálya végén jelentkező csúcsok.

Felhasználhatóság szempontjából nem lehet egy meghatározott zörejehatárértéket szabni. Kisebb erősítési tényezőjű készülékben nagyobb zorejszintű, nagyobb erősítésű készülékben kisebb zorejű potenciométer használható fel. Triódás és végpentódás erősítőben egy 12 mV zorejű potenciométer mozgózoreje szobában, normális körülmények között, nem vehető észre. Nagyobb erősítésű készülékben a 8 mV zoreje lehet a maximális határ. A normál gyártású Remix potenciométerek zorejnívója 6 mV körül mozog, igen gyakori a 2—3 mV és nagyon ritka a 8—12 mV zorejű darab. Ezek a számadatok az említett 20 V-ra és a megfelelő karakterisztikájú erősítővel mért zorejekre vonatkoznak. Az előbb idézett francia Radio Elektromos Társaság szerint 40 voltal vizsgálva elfogadható a potenciométer, ha zoreje nem haladja meg a 70 mV értéket.

A zorejjel és annak mérés módszerével kapcsolatos kutatásaink során igen fontos megállapítást tettünk. Megállapítottuk, hogy a mozgás közben észlelt zoreje az ellenállás pálya és leszedő érintkező között fellépő ellenállásváltozásra vezethető vissza. Az érintkezési ellenállást úgy mérhetjük meg célszerűen, hogy a leszedő érintkezőt az ellenálláspálya valamely pontjára csavarva megmérjük a teljes R_T ellenállást, majd lemérjük az egyik kivezetés és közép-kivezetés közötti R_1 ellenállást, továbbá a másik szélső kivezetés és közép-kivezetés közötti R_2 ellenállást. Azt fogjuk tapasztalni, hogy $R_1 + R_2$ nem egyenlő R_T -vel.

A különbséget az R_{dt} átmeneti ellenállás okozza, az összefüggés tehát a következő:

$$R_T = R_1 + R_2 - 2R_{dt}$$

Az átmeneti ellenállás önmagában nem jellemző. Mérési módszert kellett kidolgozni az átmeneti ellenállás *változásának* meghatározására. Több kísérlet után a következő módszert választottuk: egy nagyfeszültségű telepből ellenálláson keresztül állandó áramerősséget hajtottunk az egyik végkivezetőn és középkivezetőn keresztül. A középkivezető és másik vég közé nagy ellenállású csővoltagemérőt kapcsolunk. A későbbi mérések folyamán a mutató műszert ellenállásra kalibráltuk. A potenciométer tengelyét forgatva, a műszer pontosan mutatta a mindenkori átmeneti ellenállást, illetve az ellenállás változását.

Vizsgálataink során azt tapasztaltuk, hogy egyes külföldi potenciométerek átmeneti ellenállása igen nagy, de nem változó, más gyártmányoké kicsi, de változó. A Remix gyártmányokat összehasonlítva a külföldi típusokkal, átmeneti ellenállásuk közepes értékűnek, ellenállásváltozásuk pedig jónak mondható. Az így leért potenciométereket készülékbe beépítettük és megállapítottuk annak zörejét. Kiderült, hogy kitűnőnek mondható minden olyan potenciométer, amelynek ellenállásváltozása nem nagyobb, mint a teljes ellenállás 3%-a.

A Remix Vállalat laboratóriumában kidolgozott módszer véleményünk szerint nagy lépéssel közelebb vitt a zörejkérdések megoldásához. Most már tudjuk, hogy a mozgó zörej az átmeneti ellenállás nagyarányú változása okozza.

Fejlesztési programunkban a jövő években különleges potenciométerek szerepelnek, ilyenek: különfutó, kettős potenciométer 10/6-mm-es tengellyel, leágazásos potenciométer, kisméretű potenciométer kb. 22 mm átmérővel, új kapcsolókonstrukcióval, végül a trópusálló potenciométer. Ezek a típusok kiegészítik az első öt éves terv folyamán kifejlesztett kiváló minőségű Remix alkatrész-sorozatot.

HOZZÁSZÓLÁSOK

MOLNÁR JÁNOS

A híradástechnika egyik legkényesebb alkatrésze a potenciométer. Az elmúlt két évtized alatt egyes kérdések tudományos alapon tisztázódtak, azonban még nem jutottunk el odáig, hogy a potenciométerek minden követelményét valamilyen formában rögzítsük. Más követelményeket kell támasztani a normál rádióvevőkészülékek, a televíziós készülékek, vagy egyéb mérőműszerek potenciométereivel szemben. Főleg zörejtényező tekintetében mutatkozik igen nagy különbség. A zörejtényező vizsgálatának tekintetében nincs egységesen kialakult álláspont, mert amíg a szovjet szabványok szerint egyenfeszültséggel, másutt hangfrekvenciás feszültséggel, egyes helyeken mindkettővel vizsgálják. A zörejt befolyásoló érintkezési zavarok az előadó által ismertetett kapcsolással kimutathatók. Igen sok vizsgálatot végeztünk régebbi típusú Remix potenciométereken és tapasztaltuk, hogy a 10 000-szeres fásasztási járatától eltérő eredményt kapunk, ha a vizsgálatot üzemszerű szünetek tartásával végezzük. Sőt eltérő eredményeket kaptunk szénleszedővel és fémleszedővel szerelt potenciométerek esetén is.

MAGYARI ENDRE

Régebben igen sokat foglalkoztam potenciométerek zörejének vizsgálatával. A régi adatok alapján a gyár figyelmébe ajánlom, hogy a zörejvizsgálatoknál a pillanatnyi értékeket mindig integrálni kell. Rádióvevőkészülékekénél felhasználandó potenciométert csak pszofo-metrikus szűrővel ellátott berendezéssel lehet tökéletesen vizsgálni. A zörejkérdésekkel kapcsolatban vizsgálatokat folytattunk egyes külföldi potenciométereken a rugónyomás és a zörej nagysága közötti összefüggést keresve. Közismert, hogy kis rugónyomás esetén az érintkezés bizonytalanná válik és a zaj erősödik. Nagy nyomásnál az érintkezők felsértették az ellenálláspályát és az okozta a zajt. Szerelésnél tehát egy optimális rugónyomást kell beállítani. E rugónyomás függ az alkalmazott foszforbronz összetételétől és keménységétől.

CZEGLÉDY KÁROLY válasza:

Magyari és Molnár kartársak úttörő munkát végeztek a potenciométerek vizsgálata terén és igen sok támpontot nyújtottak a múltban is a potenciométerek zörejkainak a felfedésében. Sajnos azonban ezen a téren még mindig nem alakulhatott ki egységes álláspont és ma is a különböző felhasználó cégek igénye szerint, különböző módszerekkel vizsgáljuk potenciométereinket. Ezt a kérdést véglegesen a megalkotandó új magyar szabvány fogja megoldani.

FÉMEZETT PAPÍRKONDENZÁTOROK*

BRÁDA FERENC

Fémezett papírkondenzátorokat a híradástechnika és erősáramú technika széles körben alkalmazza. Előadásomban a metallizálásból kiindulva, a fémezett-papírkondenzátorok hazai gyártásáról kívánok átfogó képet nyújtani.

A szokványos fólia kondenzátorok élettartamát a kondenzátorban létrejövő átütés szabja meg. Ennek időpontját előre megállapítani nem lehet, csak bizonyos valószínűséggel lehet arra gyorsított vizsgálat útján következtetni.

A fémezett papírkondenzátorban bekövetkező átütés vagy átütések után — mint később látni fogjuk — a kondenzátorok éppen olyan üzembiztosan használhatók maradnak, mint azelőtt voltak. A fémezett papírkondenzátorok tehát regenerálódnak, vagyis a zárlat megszűnik, éspedig úgy, hogy a kondenzátorok eredeti tulajdonságai nem romlanak le. Foglalkozzunk most részletesebben a regenerálódás folyamatával.

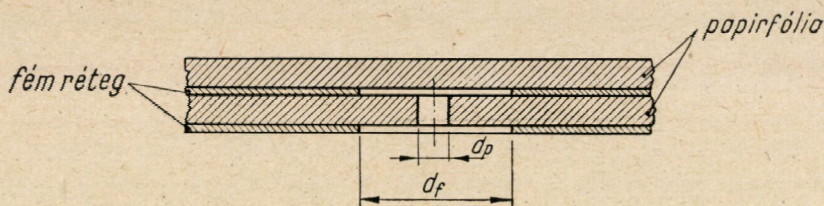
Az elektromos szikra következtében a dielektrikumon egy lyuk keletkezik, amelynek nagysága az átütési energiától függ. A jó regenerálódás feltétele, hogy csak egy dielektrikum rétegen keletkezzen lyuk és az a lehetőség szerint kis átmérőjű legyen. A lyuk környezetéből a fémfegyverzet eltávolodjon anélkül, hogy ott a dielektrikum megsérülne. Az 1. ábrán egy ilyen átütési helynek a vázlatát láthatjuk, ahol d_p jelenti a papír, d_f a fémrétegen keletkezett lyuk átmérőjét. Ahhoz, hogy a d_p átmérő kicsi legyen, szükséges, hogy a regenerálódás kis átütési energiával jöjjön létre.

Az átütés helyén a fémrétegnek egy d_p -nél nagyobb átmérőjű környezetben való megolvadásához és elgőzöléséhez elegendően magas hőfoknak kell keletkeznie. Azonban ez a hőfok nem lehet káros a dielektrikumra. Ebből következik, hogy olyan fémeket kell választani, amelynek alacsony a forráspontja, vagyis alacsony hőfok mellett nagy a telített gőznyomása.

Ha az alacsony forráspontú fémek közül ki akarjuk választani a céljainknak egyébként megfelelőt, vagyis a jó elektromos tulajdonságokkal rendelkező fémeket, akkor a választás a cinkre (horgany) vagy a kadmiumra esik.

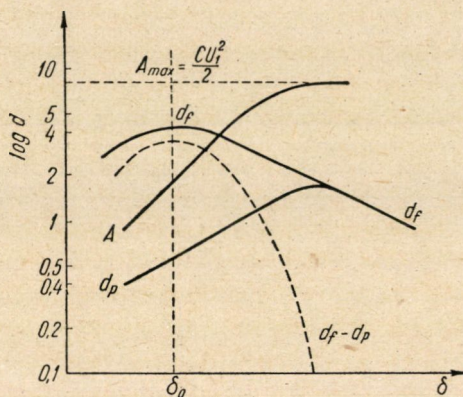
* A Híradástechnikai Konferencián 1955. október 21-én elhangzott előadás.

A regenerálódási képesség szempontjából azonban nem elegendő csupán a fém anyagának a megválasztása, hanem igen lényeges a megfelelő vastagságú réteg alkalmazása is. Ha azonos kapacitású kondenzátorokat készítünk, azonos



1. ábra

vastagságú dielektrikummal, de különböző vastagságú fegyverzettel, és ezeket regeneráljuk pl. U feszültség mellett, tehát azonos $\frac{CU^2}{2}$ energiával, akkor azt tapasztaljuk, hogy a regenerálódás jósága a rétegvastag függvénye. Az erre



2. ábra

vonatkozó vizsgálatok kutatási eredményét a 2. ábra foglalja össze, ahol a papíron és a fémfegyverzen keletkezett lyukátmérő logaritmus van ábrázolva a rétegvastagság függvényeként. Az 1. ábrából következik, hogy a $(d_f - d_p)$ görbe a két fémréteg között létrejött szigetelő szakaszra jellemző. Mint a görbélől látható, van egy, a δ_0 rétegvastagsághoz tartozó maximális szigetelő szakasz, ami annyit jelent, hogy a δ_0 rétegvastagság mellett kapunk optimális regenerálódást. Az ábrából még az is kitűnik, hogy ebben az esetben a regenerálódáshoz a kondenzátor maximális energiájának csak tört része tartozik, tehát a kondenzátor saját energiája biztonsággal regenerálja.

Vékonyabb réteg esetén a fémfegyverzet ellenállása megnövekszik, az áttütési idő alatt nem jut a teljes regenerálódáshoz szükséges energia a zárlatos

helyhez, vagyis a fémréteg nem fog megfelelő nagy felületről leégni, a kisebb ($d_f - d_p$) szigetelő rész következtében regenerálódás után rosszabb lesz a kondenzátor. Vastagabb réteg esetén az átütési energiával a dielektrikum mechanikai igénybevétele is növekszik. Az energia egy része mechanikai munkává alakul, a megmaradó rész pedig nem elegendő a terület egységre eső nagyobb fémtömeg megfelelő kiterjedésű kiégetéséhez. A rétegvastagság további növelésével állandóan csökken a szigetelő rész nagysága a δ_1 rétegvastagságnál, a ($d_f - d_p$) szigetelő része 0 lesz, vagyis átütéskor a zárlat már nem szűnik meg. A δ_1 -nél nagyobb rétegvastagságú fegyverzetek alkalmazása esetén a kondenzátor a szokványos fólia kondenzátorok tulajdonságait veszi fel.

A δ_0 -hoz tartozó rétegvastagság 10^{-5} mm nagyságrendű, ami legegyszerűbb módon vákuumban való elgőzöléssel állítható elő. Az így előállított fémfegyverzet tulajdonságai, pl.: fajlagos ellenállása, mechanikai szilárdsága nagymértékben függenek a réteg struktúrájától. A réteg különböző kondenzációs feltételeknek megfelelően keletkezhet az ezüsthévíztől a szórt kékfényűig széles változatban. Tudjuk, hogy a réteg minőségére elszíneződése jellemző. Az irodalomból ismeretes diffrakciós felvételek kiértékeléséből következik (diffrakciós vonalak alig jelentkeznek), hogy a szórt kékfényű struktúrát a szabálytalan kristály elrendeződés adja. Ez utal a réteg kevésbé tiszta felépítésére, pl.: különféle gázzárványokra, amorf alakban elhelyezkedő horganyrészekre stb. A megfelelő réteg kialakulása a legkedvezőbb evakuálási fok betartásával és az ún. kondenzációs magok (magasabb forrponú anyagok, ón, ezüst) létesítésével üzembiztosan elérhető.

A zárlatos helyek megszüntetése, kiégetése, vagyis a regenerálás szükségessé teszi, hogy a dielektrikum nemcsak elektromos, hanem mechanikai szilárdság szempontjából is kielégítse az előírt követelményeket. Míg a szokványos fólia kondenzátoroknál ugyanis egy-egy átütés több szomszédos rétegre is kiterjed — természetesen a dielektrikum szétroncsolódásával — addig a fémezett-papirkondenzátornál az átütés, mint már említettem, csak egy rétegen jön létre. Az átütés pillanatában a szomszédos dielektrikumoknak lökészerű hő- és mechanikai igénybevételt kell felfogniok. (A kisütő szikra mellett, az átütési helyen a megolvadt impregnáló anyag gőznyomása lökészerűen megnövekszik.) Ilyen igénybevételnek a jó kondenzátorpapír megfelel.

A dielektrikum alkalmazása szempontjából az eddig elterjedt kondenzátor típusok egy, ill. többretegű kivitelben készülnek. Ez a kondenzátoron betűvel van feltüntetve: „E” vagy „T”. A kondenzátort akkor nevezik egyrétegűnek, ha a dielektrikumát egyetlen papírréteg alkotja. Következésképpen a többretegű kondenzátorok dielektrikumai kettő vagy több rétegből állanak. Ezt a megkülönböztetést, mint később látni fogjuk, azért szükséges jelezni, mert tulajdonságaik nem teljesen azonosak.

A szabadszemmél simának tetsző kondenzátorpapír pontosabb vizsgálat elvégzése után közel sem tekinthető simának. Eltekintve attól, hogy a papírban

már eleve előfordulhatnak lyukak, az összefüggő részeken is lehet tapasztalni szennyeződéseket és elektromikroszkóppal végzett vizsgálatokkal ki lehet mutatni, hogy a kondenzátorpapír félvastagságát kitevő mélyedések is előfordulnak. Az ilyen hiányosságok különösen az egyrétegű fémezett papírkondenzátoroknál igen komoly következményekkel járhatnak. Az esetleges hibás helyeken azon felül, hogy azok csökkentenék a kondenzátorok átütési szilárdságát, a fémelgőzöléskor képződő fémréteg nem égne ki tökéletesen s a mélyedésekben és vályatokban maradó fémszennyeződés az átvezetést segítené elő, vagyis csökkentené a szigetelő részt. Az itt említett hibák kiküszöbölésére a fémelgőzölés előtt a dielektrikumként használt papírra lakkréteget viszünk fel. Ez a réteg a papír és a fémréteg közé kerül, s így a jó elektromos tulajdonságok mellett bizonyos korrózióvédő hatása is van. A papír ugyanis a leggondosabb kezelés és tárolás mellett is 4—5% vizet tartalmaz. Ezt a víztartalmat előzetes szárítással csökkenteni kell ugyan, azonban a fémgőz lecsapódásakor a még visszamaradó nedvesség is erősen veszélyeztetné a jó tulajdonságú réteg kialakulását. Közismert dolog, hogy a korrózióra a fémek általában meleg, de főleg gőz állapotban a legérzékenyebbek. A lakkréteg ezt a káros jelenséget is meg kell, hogy akadályozza, vagyis nem lehet nedvesség-áteresztő. A lakk tulajdonságai közé kell tartozzék még, hogy parafin-szénhidrogén anyagokkal (impregnáló anyagok) való érintkezéskor legalább 120 C°-ig nem szabad felbomlania és az átütéskor keletkező elektromos szikrára való tekintettel nehezen éghetőnek kell lennie. Ezen tulajdonságoknak leginkább az acetilcellulóze lakk felel meg.

A kondenzátorok impregnáló anyagának megválasztásánál is különös gonddal kell eljárni. A normál kondenzátorgyártásban használatos halogenizált impregnáló anyagok, mint pl. a klórozott naftalin, itt nem használható, ugyanis elektromos átütéskor könnyen klór lehasadás jöhet létre, amiből sósav keletkezhet. Azt pedig említeni sem kell, hogy a legesekélyebb savasság is igen káros hatással van a fegyverzetként alkalmazott nagyon vékony fémrétegre.

A kondenzátor dielektrikumát az impregnált papír alkotja. Átütéskor a keletkező hő következtében a dielektrikumban gáz fejlődik. Itt tehát a jelenség gyors lefolyása és a magas hőfok következtében, nagy nyomás keletkezik. A keletkező bomlási termékek gőz nyomásának emelkedése befolyásolja az átütés idejét. Az átütésnél keletkező gázok áramlása pedig nem utolsó sorban befolyásolja a regenerálódás jóságát. A nagy áramlási sebesség ugyanis az átütési hely környezetében megakadályozza a fémgőzök kondenzálódását, tehát a tiszta szigetelő rész növelésével javítja a szigetelési ellenállást.

Mint már említettem, a fémezett-papírkondenzátorokban használt fémfegyverzetet vákuumban történő gőzölési eljárással állítjuk elő. A megfelelő módon előkészített (szárított, lakkozott, méretrevágott) papírra a 3. ábrának megfelelően visszük fel a fémréteget, úgyhogy az a papír lakkozott oldalára kerüljön. A fémréteget tulajdonképpen két részben állítjuk elő. Egy magas

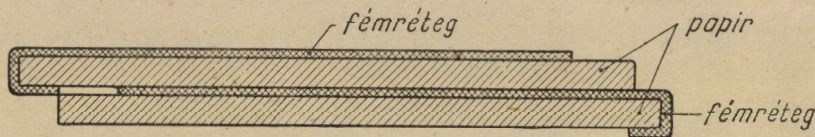
forráspontú anyagból előbb kondenzációs magokat létesítünk és erre visszük fel a nagyságrendben 10^{-5} mm vastag fémréteget. A két művelet elvégzése gőzölés közben közvetlen egymás után történik. A gőzölési eljárás aránylag gyors lefolyású, a papír néhány méter/sec sebességgel fut el a gőzölő vályú fölött.

Mint már láttuk, a rétegvastagság nagymértékben befolyásolja az átütés jóságát. Azért szükséges, hogy gőzölés közben a rétegvastagságot mérni és a keletkező réteg vastagságát szabályozni lehessen. A mérést közvetett úton végezzük vezetőképesség méréssel (mV, mA). A fémezett papírt mérőhengereken



3. ábra

vezetjük át. Két mérőhengerről konstans áramerősséget vezetünk a rétegen keresztül, és egy meghatározott távolságon mérjük a feszültségesést. A fajlagos vezetőképesség ismeretében a leolvasott feszültségesés a rétegvastagságnak megfelelően változik. A gőzölés közben ellenőrzött réteg akkor esik a megengedett



4. ábra

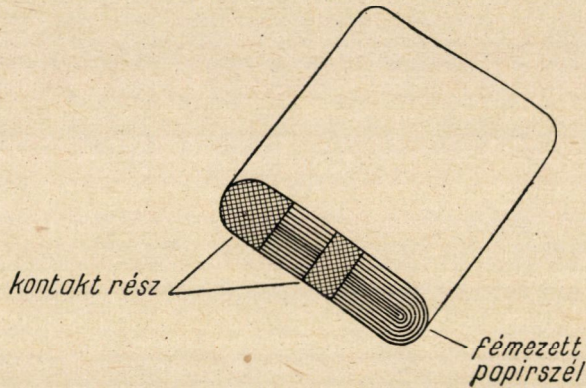
vastagságtartományba, ha a feszültségesés a megadott két szélső feszültségérték között van. A rétegvastagságot a papír haladási sebességének gőzölés közben történő változtatásával tudjuk szabályozni. Ez a módszer automatikus szabályzásra is alkalmas. Ugyancsak gőzölés közben ellenőrizzük a réteg egyenletességét, amikor is a fémezett papírt egy kémlelő nyílás előtt történő elhaladása közben belülről átvilágítjuk. Ezekkel a fogásokkal a követelményeknek megfelelő réteg pontosan beállítható.

Mint a 3. ábrán látható, a gyártásnál az ún. szélgőzöléses eljárást választottuk. Ez annyit jelent, hogy a papír egyik szélét és még egy keskeny csíkot a papír másik oldalán is fémréteggel vonunk be. Ezzel lehetővé válik, hogy a tekercseléskor a papirokat megfelelő egymásra helyezése után a homlokoldalon tiszta, fémes érintkezést kapjunk, és hogy egy-egy oldalon az egyik fegyverzet legyen kivezethető.

A fémfegyverzet kivezetése nem történhet a normál fólia kondenzátoroknak megfelelően fólia kivezetéssel, mivel a nagy áramsűrűségek miatt a kivezető

fólia körül a vékony fémréteg leég, tehát az elektromos érintkezés megszakad. A fegyverzetek kivezetéseként itt a fémszórású eljárást alkalmazzuk. A homlokfelületekre megfelelően elhelyezett ón—ólom ötvözetből álló kontaktrészt viszünk fel. Ehhez a kontaktrészhez pedig a kivezető huzal már közvetlenül hozzáferrasztható.

A fémezett-papírkondenzátorok jó minőségének biztosításához az impregnált kondenzátor tekercseket formálásnak vetjük alá. A formálás a fémezett-papírkondenzátor gyártásban nagyon lényeges művelet, mert a kondenzátorok végleges elektromos tulajdonságai e művelet során alakulnak ki. A formálás



5. ábra

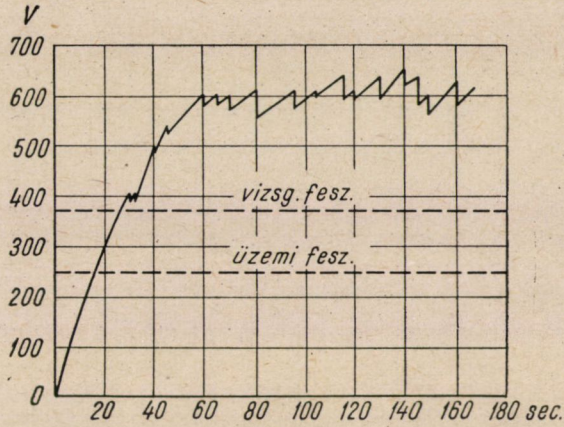
két részből áll. Az előformálásnál a névleges feszültséghez igazodó értékkel, de nagy áramerősséggel (kondenzátor kisütéssel) szüntetjük meg a zárlatos helyeket. Az utóformálásnál pedig a vizsgálati feszültséghez igazodunk, de az előformálásnál alkalmazott áramerősségnél kisebb értékkel égetjük ki a még átvezető helyeket.

A regenerálódásnál különbözőképpen viselkednek az egy- és többrétegű kondenzátorok. Az egyrétegűeknél ugyanis regenerálódás előtt nagyon sok a zárlatos hely. Ezért előre gondoskodni kell a regenerálódáshoz szükséges megfelelő nagyságú áramlökésről, mert az előformáláshoz a kondenzátorok saját energiája nem elegendő és nem regenerálódás, hanem káros melegeedés következne be. Többrétegű kondenzátoroknál már sokkal kevesebb az átvezetési hely, de formálásra itt is szükség van.

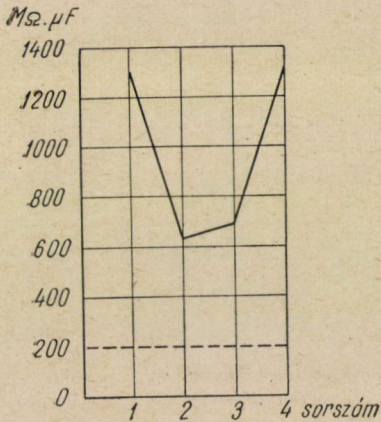
A kész kondenzátorok regenerálódására, tehát a fémezett papírkondenzátorok üzembiztos használhatóságára a következő mérést végeztük.

2 μF kapacitású, 250/375 V feszültségű kondenzátort előtétellenálláson keresztül feszültségre kapcsoltunk és az idő függvényében vizsgáltuk a konden-

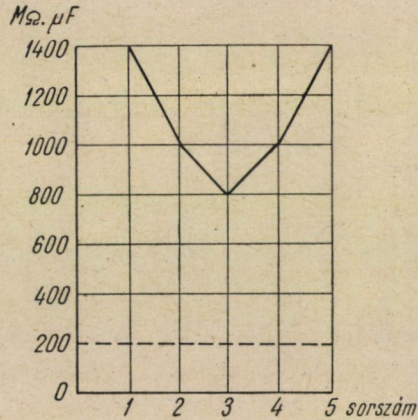
zátorban létrejövő átütéseket, vagyis sztatikus voltmérővel néztük a feszültségváltozásokat. A mérési eredményt a 6. ábra mutatja. Az első átütéskor a kondenzátor feszültsége V_1 értékről V_2 -re csökkent, a kiegészítéshez szükséges $\frac{C(V_1^2 - V_2^2)}{2}$ energiának megfelelően. A kondenzátor átütési szilárdsága az egyes



6. ábra



7. ábra



8. ábra

átütések után általában növekszik, addig amíg el nem éri a dielektrikum átütési szilárdságát.

Látható, hogy a kondenzátor további tulajdonságait nem befolyásolja a vizsgálati feszültség közelében, vagy akár a vizsgálati feszültségen történő átütés. A mérések befejezése után a kondenzátorokon kapacitásérték változás nem volt kimutatható, tehát az a mérési pontosság nagyságrendjében mozog.

A 7. és 8. ábra mutatja a megvizsgált 4 db $0,5 \mu\text{F}$, 250/375 V feszültségű és az 5 db $2 \mu\text{F}$, 250/375 V feszültségű kondenzátorok szigetelési ellenállását. Az ábrákból látható, hogy a kondenzátorok regenerálódása a vizsgálati feszültségnél nagyobb értékek mellett is megfelelőek. A kondenzátorok szigetelési ellenállása jóval az előírt érték fölött van.

A fémezett papírkondenzátorok jellemző tulajdonsága a regenerálódó képesség mellett a kis térfogat. Amíg a fólia kondenzátoroknál dielektrikumként egy réteg papír nem használható fel, addig itt igen. Mivel az esetleges átütési veszély miatt a kondenzátorokat nem kell túlméretezni, fémezett papírkondenzátoroknál vékonyabb dielektrikummal lehet dolgozni, ami kapacitás érték növekedést, tehát térfogatcsökkenést eredményez. Másrészt a fólia kondenzátoroknál alkalmazott fémfegyverzet helyett itt két nagyságrenddel vékonyabb, gőzölt fémréteget alkalmaztunk, ami a papírfólia vastagságához viszonyítva elhanyagolható. A térfogatcsökkenés ebből kifolyólag azonosnak vehető a fólia kondenzátoroknál felhasznált fémfólia térfogatával.

A további fejlődés lehetősége a jelenleg gyártott típusokon túlmenően a felmerülő igényeknek megfelelően természetesen nagy. További térfogatcsökkenés újabb, nagyobb dielektromos állandójú impregnálóanyag alkalmazása esetén várható.

A fémezett papírkondenzátorok felhasználási területeivel itt részletesen nem foglalkozom, mivel azok egyrészt ismeretesek, másrészt a kondenzátorok tulajdonságaiból következtethetők. Megjegyzem, hogy mivel a kondenzátorok kivezetését a homlokoldalon az összes menet rövidrezárásával készítjük, azok indukció-szegények, s az alacsony és a középfrekvenciás tartományban a rétegvastagság nem növeli a veszteségi tényezőt.

A fémezett papírkondenzátorok típusainak szélesebb körű hazai kifejlesztésére is sor fog kerülni. Az igényeknek megfelelően ki lehet dolgozni a különböző felhasználási területeknek megfelelő kapacitású és feszültségű fémezett-papír kondenzátor típusokat.

HOZZÁSZÓLÁSOK

FAZEKAS ENDRE

A fém papír kondenzátorok jó önjavító kislése (regenerálódó képessége) kritériumainak tárgyalásához kapcsolódva szeretnék rámutatni arra, hogy a jelenlegi MP kondenzátorok regenerálódó képességüket csak bizonyos feszültséghatárok között tartják meg. Az alsó határt az szabja meg, hogy a kondenzátorban tárolt energia egy bizonyos feszültség alatt már nem elegendő arra, hogy a kedvező tulajdonságú fényívet létrehozza. Ez az alsó feszültség pl. egy átlagos, $0,5 \text{ MF}$ -os kondenzátornál a mérések szerint 25 és 50 V közé esett. A felső feszültséghatárt, mely mellett még kielégítő önjavító kislést kapunk, az szabja meg, hogy túl nagy tárolt energia esetén önjavító kisléskor a hibahelyre ráfolyó energia nagy mechanikus igénybevételét a dielektrikum nem bírja ki, a zárlat sok rétegre kiterjed. Ennek megakadályozására több megoldás ismeretes, melynél a fegyverzetet olyan felületű részekre osztják, hogy egy részben tárolt energia zárlat esetén még nem veszi túlzottan igénybe a dielektrikumot. Az egyes felületelemek

viszonylag nagy ellenállású csíkokkal vannak összekötve, melyek vagy nem teszik lehetővé a kondenzátorban tárolt teljes energiának a hibahelyre való folyását, vagy maguk elégtelen leválasztják a hibahelyet.

Az egyre növekvő műszaki követelmények a fémpapír kondenzátorokkal szemben is fokozott követelményeket támasztanak. Kívánatos a szokásos felső üzemi hőmérséklet emelése, ha lehet 125 C°-ig. Ez bizonyos kompromisszumokkal el is végezhető, amennyiben a hozzá szükséges különleges impregnáló anyag rendelkezésre áll. A tranzisztor áramkörök elterjedése szükségessé teszi alacsony üzemi feszültségre alkalmas és kis (egységnyi kapacitásra eső) térfogatú kondenzátorok kifejlesztését. Egy megoldás a Bell. Lab.-féle, a lakkrétegekondenzátor, amelynek térfogata kb. 0,2 cm³ μ F, egyhetede az eddigieknek, de gyártási technológiájuk körülményes.

KATONA JÁNOS

A papír és fémpapír kondenzátorok élettartamának kérdéséhez kívánok hozzászólni. E kondenzátorok élettartamát elsősorban az alkalmazott impregnáló anyagok, legtöbbször szénhidrogének bomlása befolyásolja. E szénhidrogéneket a dielektrikum dielektromos állapotjának növelése, a kondenzátorok méreteinek csökkentése céljából polárossá alakítják. A leggyakrabban használt módszer a szénhidrogének klórozása. Az így nyert poláris impregnáló anyagok azonban nem stabilisak, különösen magasabb hőmérsékleten (40—50 C°) és egyenfeszültség alatt lassú elektrokémiai bomlás következik be.

A bomlási folyamat mechanizmusa ma még többé-kevésbé vitatott. Egerton és Maclean szerint az egyenfeszültség alatti igénybevétel esetén a szigetelő anyagon keresztül a kóbor áramok ionokat továbbítanak, melyek vagy az anyag kismértékű bomlásából, vagy pedig a nyom szennyeződésekből származnak; az elektródákon leváló ionok igen aktívak és megtámadhatják a szigetelőanyagot és az elektródát. A katódon nascens hidrogén lép ki. A levált hidrogén ionok elég aktívak ahhoz, hogy klórt leválasztva sósavat képeznek, ami azután megtámadhatja az alumínium elektródát, alumínium kloridot képez és a kondenzátor viszonylag rövid tönkremenetelét okozza.

A Híradástechnikai Ipari Kutató Intézetben tervbe vettük a kondenzátorok élettartama javításának kutatását, az impregnáló anyagok vizsgálatát. E munkálatok kiindulási alapja lesz az impregnáló anyagok stabilizálása. Stabilizátornak az impregnáló anyagba való adagolása révén a katódosan keletkező hidrogén egyesül a stabilizátor anyaggal, anélkül, hogy eközben ártalmas másodlagos termék keletkezne. Ilyen stabilizátorok: a kinonok (C₆H₄O₂), egyes aromás nitrovegyületek, malein-anhidridek, benzilek és aromás azovegyületek.

MAGYARI ENDRE

Felteszi a kérdést, hogy csak egy oldalon fémezett. ún. meanderes szalaggal történtek-e kísérletek?

BRÁDA FERENC válasza:

A Katona és Fazekas elvtársak hozzászólása tulajdonképpen az előadásomat bővítette ki, amennyiben egyes részletkérdéseket is tárgyaltak.

Magyari Endre elvtársnak válaszolva bejelentem, hogy a fejlesztés további szakaszában ilyen típusokkal is fogunk foglalkozni. Erre vonatkozólag különböző elképzeléseink vannak. Ezek közül egyet Fazekas elvtárs hozzászólásában már meg is említett. Az eljárás előttünk ismeretes, de erre vonatkozóan kísérleteket még nem végeztünk.

MŰANYAGDIELEKTRIKUMÚ KONDENZÁTOROK*

LUDÁNYI JÓZSEF

A híradástechnika fejlődése egyre több követelményt támaszt a kondenzátorokkal szemben is. A kondenzátorgyártás fejlődése az utóbbi években meggyorsult, hogy eleget tudjon tenni a készülék- és berendezéstervezők fokozódó igényeinek. Mivel ezek az igények főképpen a méretek csökkentésére, hosszabb élettartamra, tropikus kivitelre s lehetőleg az önköltség csökkentésére irányultak, kielégítésük nem könnyű, különösen azért, mert a legtöbb fajta kondenzátor dielektrikumát még ma is csak behozatal útján tudjuk biztosítani, A különböző időben beérkező szállítmányok többnyire más és más minőségűek és ez a körülmény az új, korszerűbb típusok kidolgozását is és a már meglévő típusok egyenletes minőségben történő gyártását is megnehezíti. Több olyan újabb dielektrikum anyag van, melyet külföldön már széles körben használnak kondenzátorok gyártásához, azonban beszerzésük jelenleg még nagyon nehéz és költséges, ezért ilyen típusok kidolgozását eddig még nem lehetett tervbe venni.

Az újabb műanyagoknak, mint például a „Teflon” (tetrafluorethilen), „Mylar” (poliészter film) alkalmazása nagy jelentőségű lenne, mert az irodalmi adatok szerint mindkét műanyag kiváló elektromos tulajdonságokkal rendelkezik. A Teflon veszteségtényezője kicsi ($2 \cdot 10^{-4}$) és alig függ a frekvenciától, nedvességfelvétele nincs, és elektromos tulajdonságai a hőfok függvényében is kevésbé változnak. Átütési szilárdsága 25 C° -on $400\text{--}800\text{ V}/\mu$, dielektromos állandója 2,1. Lágypontja 250 C° felett van s így 150 , esetleg 200 C° -ig is jól használható. A Teflon alkalmazása különösen azoknál a kondenzátor típusoknál lenne nagy jelentőségű, melyek magas üzemi hőmérsékleten működnek, vagy nagy teljesítmények leadására készültek s emiatt fontos, hogy a veszteségtényező kicsi legyen. Ilyen kondenzátor típusok pl. a rádióadó berendezésekben alkalmazott nagyteljesítményű és nagyfeszültségű rezgőköri kondenzátorok, nagyteljesítményű impulzus kondenzátorok és a nagy periódusú indukciós kemencék fázisjavító kondenzátorai.

Jelenleg a nagyteljesítményű kondenzátorok többségénél dielektrikumként csillámot alkalmaznak. Az tény, hogy a legjobb minőségű kondenzátort csillám-

* A Híradástechnikai Konferencián 1955. október 22-én elhangzott előadás.

lemezből lehet készíteni, de csak akkor, ha a csillámlemez kiváló minőségű. Sajnos, a lemez hasításánál, sajtolásánál sok a hulladék, melyet a kondenzátorgyártáshoz már nem lehet felhasználni. Jó eredménynek mondható, ha a nyers blokkcsillám 20—25%-át beépítik kondenzátorba. Emiatt a csillámkondenzátor drága s ezért csak olyan helyen lenne szabad alkalmazni, ahol más dielektrikumú kondenzátor műszaki okokból nem felel meg.

A másik említett műanyag, a „Mylar” a rendelkezésre álló irodalmi adatok szerint szintén kiváló elektromos tulajdonságokkal rendelkezik. Átütési szilárdsága $390 \text{ V}/\mu$, dielektromos állandója $2,8 \sim 3,50$, veszteségtényezője kicsi, szigetelési ellenállása igen nagy, $+150 \text{ C}^\circ$ -ig hőálló, mechanikai szilárdsága nagy. Hátránya, hogy dielektromos állandója a hőmérséklettel növekedik, a frekvenciával viszont csökken. Irodalmi adatok szerint legkisebb mért értéke -70 C° -on 1MC-on 2,80, legnagyobb értéke 125 C° -on 60 perióduson 3,50. Ezért a „Mylar” alkalmazása csak olyan helyeken jöhet szóba, ahol a kapacitás ilyen mérvű változása megengedhető, mint például szűrőkondenzátoroknál.

Tekintve, hogy a „Mylar” nagy átütési szilárdsága és homogén volta lehetővé teszi egy réteg alkalmazását is, igen kis méretű kondenzátorokat lehet vele készíteni, melyek magas hőmérsékleten is üzembiztosan működnek. Például 1 réteg 6,25 mikron vastag Mylar C poliészter filmmel készült kondenzátor állandó üzemben használható 250 V -ig 90 C° -on, 100 V -ig 130 C° -on és 75 V -ig 150 C° -on.

A Mylar előnyeit növeli, hogy a fegyverzetet fémelgőzölögtetéssel is rá lehet vinni, s így a méreteket tovább lehet csökkenteni.

A miniatűrízálás érdekében dolgozták ki a Bell Laboratóriumban a miniatűr lakkfilm kondenzátorokat, melyek 50 V alatti névleges feszültségre készülnek, s méreteik jóval kisebbek, mint az egy réteggel készült fémezett-papírkondenzátoroké. Ilyen filmeket készítettek cellulozacetátból és polisztirolból. Ezen újabb anyagok mellett továbbra is fontos szerepet játszik a polisztirol fólia (stiroflex, stirofoil). A stiroflex fóliát hazánkban már több, mint egy évtizede használjuk kondenzátorok készítéséhez és jó tulajdonságai következtében egyre szélesebb körben nyer alkalmazást. Az utóbbi években történt fejlesztési munka eredményeképpen sikerült a stiroflex kondenzátorok több tulajdonságát megjavítani és új típusok kidolgozásával a felhasználók részére nagyobb választékot és több alkalmazási lehetőséget biztosítani. A jól tervezett és gondosan gyártott stiroflex kondenzátor igen sok helyen pótolni tudja a csillámkondenzátort, bár vannak helyek, ahol a csillám alkalmazása továbbra is indokolt lehet (igen kényes rezgő és szűrőkörök) kondenzátor etalonok, magas üzemi hőmérsékleten működő és nagyteljesítményű kondenzátorok). A stiroflex fóliának a következő kedvező tulajdonságai vannak :

A veszteségtényező alacsony ($1 \cdot 10^{-4}$) és igen széles sávban független a frekvenciától.

Nagy a szigetelési ellenállás ($>10^{17}$ ohmcm).

A dielektromos állandó 2,3.

A kapacitás hőfoktényezője viszonylag kicsi és negatív ($-150 \cdot 10^{-6}/\text{C}^\circ$), ami lehetővé teszi a tekercsek pozitív hőfoktényezőjének kompenzálását.

Átütési szilárdság 100 kV/mm.

Hidrofób tulajdonságú, vízfelvétele kisebb, mint 0,03%.

Jól tekercselhető.

Figyelembe kell venni azonban azt a tény, hogy a kondenzátor tulajdonságai általában rosszabbak, mint a dielektrikumként alkalmazott anyag tulajdonságai. Így van ez a csillámnál is és a stiroflexnél is. A stiroflex kondenzátor veszteségtényezője például függ a frekvenciától, a fegyverzetként használt vékony ($5-7 \mu$) alumíniumfólia ellenállása miatt. Ezért nagy frekvencián (100 kHz) a kondenzátor veszteségtényezője sokszorosa lehet a stiroflex fólia veszteségtényezőjének. Szerencsére ezen könnyen lehet segíteni, mert a fólia-ellenállás a fülpárok számának négyzetével fordítottan arányos és így megfelelő számú fülpárral a kondenzátor veszteségtényezője nagy frekvencián is az előírt érték alatt tartható.

A jó minőségű stiroflex kondenzátor jellemzői:

Veszteségtényezője $20 \pm 5 \text{ C}^\circ$ -on mérve:

Frekvencia	Névleges kapacitás			
	1 nF	1—10 nF	10—100 nF	100 nF—1 μ F
1 kHz	3	3	3	3
10 kHz	3	3	3	10
100 kHz	3	5	10—30*	—
1 MHz	10	20	50—200*	—

* Kiviteltől függően.

Fenti adatok a DIN 41380 szabvány előírásai, a gyártásban általában ennél jobb értékeket szoktunk mérni.

Szigetelési ellenállás:

1 mikrofaradra vonatkoztatva 5000—10 000 Mohm, 0,1 μ F-nál kisebb kapacitásoknál 50 000—500 000 Mohm.

A kapacitás hőfoktényezője:

$-150 \cdot 10^{-6}/\text{C}^\circ$ (a kiviteltől függően ez az érték kissé változhat).

A kapacitás időbeli változása:

Az első évben $0,2 \sim 0,3\%$.

A leginkább gyártott kapacitás értékek :

10—500 nF-ig terjednek, de gyártanak egész kis (5 pF) és nagy (1—2 μ F) értékeket is.

Kapacitástűrés :

Általában $\pm 5\%$, $\pm 2\%$, $\pm 1\%$ tűréssel készülnek, de különleges kivitelben $\pm 0,5$, sőt $\pm 0,25\%$ -ra is beállíthatók.

Üzemi hőmérséklet :

A szabadon álló, burkolatlan kivitelnél -10 -tól $+60$ C°-ig, a légmentesen zárt kivitelnél -40 -tól $+60$ C°-ig terjed.

Névleges feszültség :

Általában 250 V, de egész nagy feszültségre is készítenek stiroflex kondenzátort.

Rázásállóság :

A stiroflex kondenzátorok az általában előforduló rázási igénybevételnek megfelelően készülnek.

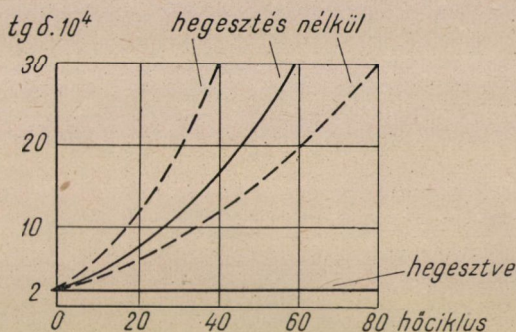
Nedvességállóság :

Mivel a stiroflex fólia hidrofób tulajdonságú, ezért a burkolás nélküli kondenzátorok is jól használhatók olyan környezetben, ahol a relatív légnedvesség átlaga 60%. A nagy légnedvesség (95—100%) a kapacitás igen kismértékű ($2-5\%$) megnövekedését okozza, s ha a nedvességtartalom a normálisra csökken, a kapacitás is visszanyeri eredeti értékét.

A stiroflex kondenzátor csak akkor éri el a felsorolt jó tulajdonságokat, ha a gyártása különleges gonddal történik és a felhasznált stiroflex fólia elsőrendű minőségű, azaz egyenletes vastagságú, nem tartalmaz vezető pontokat, szennyezéseket és lyukakat. Sajnos a különböző időpontban beérkező szállítmányok minőségében sokszor elég nagy eltérések vannak, s emiatt a gyártási selejtszázalék is igen változó. A selejt legnagyobb részét a vizsgálati feszültségen történő átütés okozza, mely a munkafolyamat végén, a vizsgálatoknál következik be. Így a nem megfelelő minőségű fólia behozatala miatt nemcsak jelentős mennyiségű anyag, hanem sok munka is kárba vész. Ezért is nagy jelentőségű lenne a stiroflex fólia hazai előállítás, mert remélhetőleg jobban lehetne biztosítani az egyenletes, jó minőséget s a beszerzési nehézségek nem akadályoznák a gyártást. A fegyverzetként használt alumínium fólia minősége is fontos. Felületén szennyezés nem lehet, vastagsága nem haladhatja meg az 5—6 mikront.

A stiroflex kondenzátorok tekercselése hasonlóképpen történik, mint a papírkondenzátoroké. Vigyázni kell az egyenletes feszítésre és gyűrődésmentes-
ségre. Fontos, hogy a tekercsek homloklapjai síkok legyenek, mert csak így lehet a későbbi hőkezeléssel a kívánt eredményt elérni.

Régebben az alumíniumfólia-fegyverzethez kivezetőként alkalmazott ónozott vörösréz lemezt csak ráhelyezték a fegyverzetre, s a hőkezelésnél bekövetkező zsugorodás okozta nyomás volt hivatott a kontaktust biztosítani. A tapasztalat azonban megmutatta, hogy ez az eljárás nem megfelelő, mert az így gyártott kondenzátorok veszteségtényezője idővel sok esetben változott, különösen olyan áramkörökben, ahol a feszültség 1 volt alatt maradt. A változás



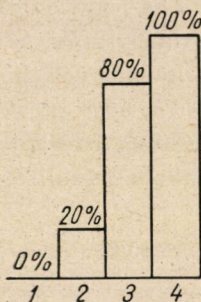
1. ábra. A veszteségtényező változása több hőciklus után

oka az volt, hogy az alumíniumfólia felülete oxidálódott, s a hőmozgások következtében a fegyverzet és a kivezető lemez egymáshoz képest elmozdult. Így a kezdeti jó kontaktus elromlott, sok esetben teljesen meg is szűnt. Nagyobb, pár száz voltos feszültséglökéssel meg lehet javítani a kondenzátort, de csak bizonytalan időre. Sikert több kondenzátort ujjal való mángorlással is elrontani, ami bizonyítja, hogy a kontaktus nagyon könnyen elromolhat. Ezen a bizonytalanságon csak úgy lehet segíteni, ha a kivezető lemezt hozzá hegesztjük az alumíniumfólia-fegyverzethez. Ez a művelet a két fólia különböző anyaga és különböző vastagsága ellenére jó eredménnyel végezhető el, ha időszabályozással bíró ponthegesztő berendezést alkalmaznak. Például 20 mikronos ónozott vörösréz és 7 mikronos alumíniumfólia ponthegesztése 0,3 kg húzóerőt kibír szakadás nélkül.

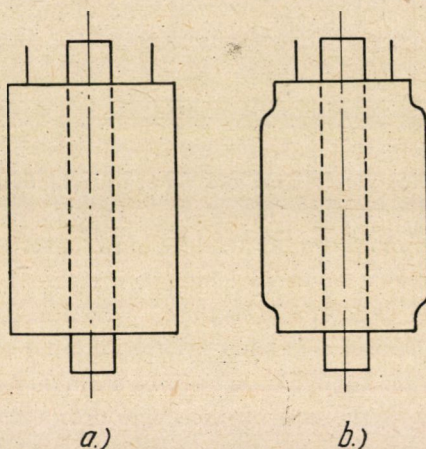
A BHG-ban a fejlesztési munka eredményeképpen már hosszabb idő óta csak hegesztett kivezetővel ellátott kondenzátorokat gyártanak, melyek a vizsgálatok eredményei szerint a jó kontaktust sok hőciklus és rázás után is megtartják.

Az 1. ábrán látható a veszteségtényező romlása hőciklusok után nem ponthegesztett kivitelnél és a ponthegesztett kivitelnél a veszteségtényező változatlanlansága.

A 2. ábra mutatja a nem hegesztett kivitelű kondenzátor selejtnövekedését hőciklusok és rázás után. Selejtnek tekintendő az a kondenzátor, melynek veszteségtényező növekedése a vizsgálatok alatt nagyobb, mint $10 \cdot 10^{-4}$, 300 kHz-en mérve.



2. ábra. A nem ponthegeesztett kivitelű kondenzátor selejtnövekedése: 1. szállításkor, 2. öt ciklus után, 3. tíz hőciklus és 8 perc, 35 Hz, 10 g rázás után, 4. húsz hőciklus és 8 perc, 35 Hz, 10 g rázás után. A kondenzátor selejt, ha $\Delta \text{tg}\delta > 10 \times 10^{-4}$

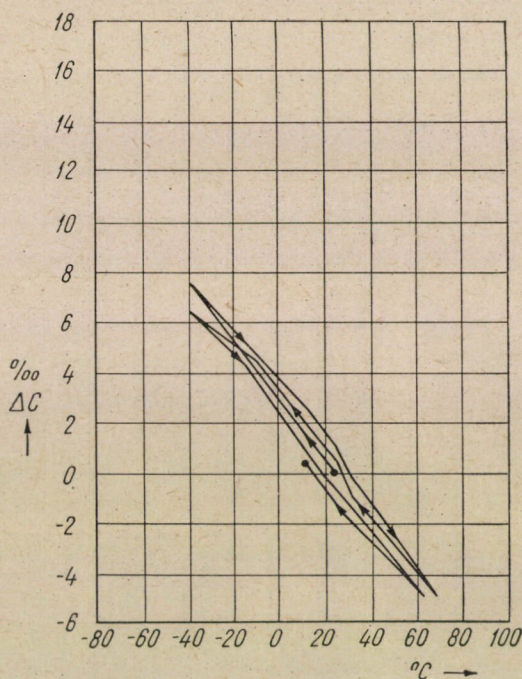


3. ábra. Stiroflex kondenzátor tekercs hőkezelés előtt (a) és után (b)

A ponthegeesztést tekercselés közben kézi ponthegeesztő fogóval végzik. Ez a művelet a tekercselést kissé meglasztja, de ez a hátrány eltöri az előny mellett. A tekercselés befejezése után a tekercset 80°C feletti hőmérsékleten hőkezelni kell, mert csak így nyeri el kiváló elektromos tulajdonságait. A stiroflex a hőkezelés következtében zsugorodik, a tekercs két vége a 3. ábrán látható módon összehúzódik és ezáltal a tekercs végei lezárulnak. Mivel a stiroflex nem nedvszívó anyag, vízfelvétele kisebb, mint 0,03%, ez a lezárás megvédi a tekercset a nedvesség behatolásától és elegendő védelmet nyújt a száraz helyiségben való alkalmazásnál. Tropikus kivitelnél légmentesen lezárt csőben vagy dobozban kell elhelyezni a tekercset.

Ha a tekercs hőkezelése nem volt megfelelő, akkor a kapacitás üzem közben, a hőmérséklet hatására megengedhetetlen mértékben változik. Ezáltal az egész rezgőkört, vagy szűrőkört elhangolja. A 4. ábrán látható egy jól hőkezelt, az 5. ábrán egy nem hőkezelt kondenzátortekercs kapacitásváltozása a hőmérséklet függvényében.

A hőkezelés elvégzésére a BHG-ben kifejlesztettünk egy új rendszerű lég-cirkulációval ellátott hőkezelő szekrényt, melyben a beállított hőmérsékletet

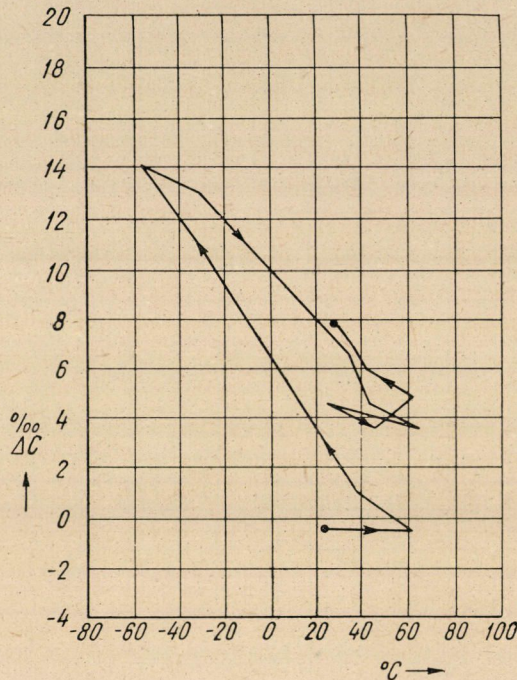


4. ábra. Jól hőkezelt kondenzátor kapacitásváltozása a hőfok függvényében

± 1 C° pontossággal lehet tartani, és az intenzív légcirkuláció következtében minden kondenzátortekercs azonos hőfokon van. A hőkezelő szekrény elektromos fűtésű, a levegő áram útjában elhelyezett két fűtőtesttel. Az egyik fűtőtestet úgy állítottuk be, hogy a szekrény hővesztésének nagyobb részét pótolja s így a másik fűtőtestnek, mely kisebb teljesítményű, csak a hiányzó részt kell adnia. Ezzel a megoldással a beállított hőfokot sokkal pontosabban lehet tartani, mint azokkal, melyeknél a teljes fűtőteljesítmény lekapcsolódik a hőfok elérésekor. A fűtőtestek ki- és bekapcsolását bimetaltermosztát vezérli, melyet a BHG-ben dolgoztunk ki. A termosztát $\pm 0,5$ C° pontossággal kapcsol. Mivel a hőkezelő szekrénynek van egy bizonyos hőtehetetlensége, ezért hőkezelésnél csak ± 1 C° pontossággal lehet a beállított hőfokot tartani. A hőfok regisztrálása céljából két színíró pontográfot alkalmaztunk. A hőkezelendő csomagos kondenzátorokat

a szekrényben levő két dob tengelyirányú pálcáira kell felfűzni. A dob forgatását ventilátormotor végzi, lassító csavarhajtás és szíjátvételek segítségével. A dobok könnyen kivehetők és visszarakhatók. A kisméretű kondenzátorokat tartókon, vagy tálcákon elhelyezve lehet hőkezelní.

A hőkezelés elvégzése után a kondenzátor tekercsek szerelése következik, majd a vizsgálatok. Minden egyes darabon mérik a kapacitást, s elvégzik a próbafeszültség vizsgálatot. A szigetelési ellenállást és veszteségtényezőt csak



5. ábra. Nem hőkezelt kondenzátor kapacitásváltozása a hőfok függvényében

a gyártott mennyiség 5—10%-án szokták megmérni, mert a tapasztalat szerint gondos gyártásnál igen ritkán fordul elő nem megfelelő darab. A kapacitásstabilitás ellenőrzését többnyire csak új stiroflex szállítmány vizsgálatakor végzik el, a sorozatgyártásnál a hőkezelés ellenőrzése pótolja ezt a hosszadalmas vizsgálatot.

A Remix-gyár két különböző típust gyárt. Az egyik típus 200, 400 és 600 V névleges feszültségre, 10-től 500 pF-ig terjedő kapacitással készül. A kapacitás tűrés $\pm 2,5\%$, $\pm 5\%$, $\pm 10\%$, $\pm 20\%$, de nem kisebb, mint 1 pF. Megengedett üzemi hőmérséklet -10 -tól $+60$ C°. Szigetelési ellenállás 500 000 Mohm, veszteségtényező 1 MHz-en max. $6 \cdot 10^{-4}$. Megengedett legnagyobb viszonylagos környezeti légnedvesség 80%.

A másik típus 13 000 V névleges feszültségre készül, 500 pF névleges kapacitással, $\pm 20\%$ tűréssel. Egyéb adatai azonosak az előbb ismertetett típusal.

A BHG jelenleg leginkább saját szükségletére az alábbi típusokat gyártja.

1. *Légmentesen lezárt kivitelű, fémházas stiroflex kondenzátor.*

Névleges kapacitás : 10 nF-tól 500 nF-ig, kapacitástűrés : $\pm 0,5\%$.

Névleges feszültség : 250 V.

Veszteségtényező : 1 kHz-en $\leq 3 \cdot 10^{-4}$.

Szigetelési ellenállás és kapacitás szorzata : 5000 ohmfarad.

Üzemi hőmérséklet határ : $-40 - +60$ C°.

2. *Papírcsővel burkolt, bitumennel lezárt kivitel.*

Névleges kapacitás : 1 nF-tól 100 nF-ig, kapacitástűrés : $\pm 0,5\%$.

Névleges feszültség : 250 V.

Veszteségtényező : 1 kHz-en $\leq 3 \cdot 10^{-4}$.

Szigetelési ellenállás : $\geq 50\,000$ Mohm.

Üzemi hőmérséklet határ : $-10 - +60$ C°.

A BHG-ban jelenleg az alábbi új típusok kifejlesztése van folyamatban.

1. *Bakelit csőmagra tekercselt burkolás nélküli stiroflex kondenzátor.*

Névleges kapacitás : 1 nF-tól 300 nF-ig, kapacitástűrés : $\pm 5, \pm 2, \pm 1, \pm 0,25\%$.

Névleges feszültség : 250 V.

Üzemi hőmérséklet határ : $-10 - +60$ C°.

Egyéb adatok azonosak a jelenleg gyártottakéval. A pontos kapacitásértéket a csőmagba dugott kis pótkondenzátorral állítjuk be.

2. *Huzalkivezetéses burkolás nélküli kisméretű stiroflex kondenzátor.*

Névleges kapacitás : 10 pF-tól 10 nF-ig, kapacitástűrés : $\pm 5\%$, de nem kisebb, mint 1 pF. (Kisebb tűrés csak válogatással.)

Névleges feszültség : 250 V, 500 V. Üzemi hőmérséklet határ : $-10 - +60$ C°.

Veszteségtényező és szigetelési ellenállás azonos a jelenleg gyártottakéval.

A stiroflex kondenzátorok megfelelő minőségben történő gyártásának biztosítása érdekében szakmai szabványtervezet készült el, mely tartalmazza az összes fontos követelményt. Száma : KGMSZ 6.303.

HOZZÁSZÓLÁSOK

KÖRÖSY FERENC

Kétféle út kínálkozik a dielektromos állandó növelésére: az egyik az, hogy a molekulákba nagy dipol nyomatókú csoportokat viszünk, a másik az, hogy a molekulában levő atomok polarizálhatóságát megnöveljük. Az első út dipolusok orientálódása a tér hatására. Ez gázoknál mint tudjuk, veszteség nélkül megy végbe. Kondenzált állapotban azonban a forgás nem megy sűrűlódás nélkül. Ezért a veszteségtényező éppen ott növekszik meg jelentősen, ahol az orientálódás nagy. Mikor a sűrűlódás már olyan nagy, hogy meg sem tudnak mozdulni, akkor az egész jelenség befagyott, s nagyon kevés haszna marad a poláris anyagok további bevitelének. Mindemellett olyan helyeken, ahol a veszteségi tényező nem zavarna, ezen az úton is lehetne haladni és arra gondoltam, hogy a nagy poláris nyomatókú nitril vagy izonitril csoportokkal lehetne kísérletezni.

A másik és talán finomabb célra véglegesebbnek tekinthető megoldás a nagy polarizálhatóságú atomok bevitelére volna. Ebben az esetben ugyanis az atomoknak az elektronburka enged a külső tér irányának, így a frekvenciafüggés is sokkal kedvezőbb szokott lenni. A nehézség itt az, hogy a polarizálhatóság első közelítésben az atom-, illetve iontérfogattal arányos. Itt a fantázia nagyon kicsi tekintetben, hogy mit lehet bevinni szerves vegyületbe hidrogén, oxigén, szén, nitrogén és klóron kívül. Egy-két elemet lehet megpróbálni: ként, brómot, jódot és ezen az úton nem tartom egészen kizártnak, hogy valamilyen fejlődést lehet majd elérni.

ISTVÁNYFI EDVIN

Stiroflex kondenzátorokat gyakran használnak viszonylag nagyobb frekvenciákhoz szűrőkörökben. Normális viszonyok között a rezgőkör veszteségét a tekercs határozza meg és emellett a kondenzátor vesztesége elhanyagolható. Ha azonban a kontaktus ellenállás megnő, akkor nagyobb frekvenciákon a soros ellenállás jelentős veszteségszögnövekedést okozhat és a rezgőkör Q-ja leromlik. Vívóhullámú berendezésekben egyes szűrőkörök ezáltal annyira leromolhatnak, hogy a csatorna szintje jelentősen lecsökken és a berendezés nem lesz használható.

Az ellenőrzést megnehezíti az a körülmény, hogy a gyanús kondenzátort különleges óvintézkedés nélkül vizsgálva, semmi hibát nem találnak. Ugyanis a kivezető fül és a fólia közötti oxidréteg rendkívül vékony, amit az üzemszerűen fellépő néhány millivolt nem üt át, de a vizsgálatnál használt 5—10 V már átüt. Megbízható ellenőrzésre a veszteségszög mérése a legmegfelelőbb. A mérést kívánatos viszonylag nagy, pl. 100 kHz frekvenciával, maximum 0,1 V feszültséggel végezni, hogy a kontaktusellenállás által okozott veszteségszögnövekedés minél nagyobb legyen.

Ilyen mérésekkel már évekkal ezelőtt kimutattuk a kontaktusellenállás megnövekedését. A jelenség kifejezetten mutatkozott vörösréz és alumínium füleknél. Viszonylag kedvező eredmények voltak elérhetőek 0,05 mm vastag ónozott vörösréz fülekkel, de nagyobb hőmérsékleti ingadozások esetén ez a módszer sem adott elegendő biztonságot. Éppen ezért igen nagy jelentőségűnek tartom a kivezető füleknek újabban bevezetett ponthegészítését.

MIKES JÁNOS

A híradástechnikai ipar műanyagfelhasználásait az import anyag felhasználás jórészt a tapogatózás stádiumában tartja: kérdéses, megjön-e időre a rendelt anyag és a minőség megfelelő lesz-e. Az iparág sokszor különleges minőségi követelményeket támaszt, amiket az 1000 tonna nagyságrendű műanyagipar csak nehézségekkel vehet figyelembe. Ezért ésszerű volna egy kis volumenű műanyaggyár felállítását különleges igényekre (poliészterek, szilikonok, epoxi-gyanták, fémragasztók stb.). Az iparág ilyesmivel és műanyagkutatási igényeivel is a VEM-hez forduljon, hogy e kérdések ne baráti kapcsolatokra támaszkodjanak.

CZEGLÉDY KÁROLY

Az 5%-nál nagyobb tűrésű kondenzátorok tömegszerű gyártása az előadó által vázolt módon nem ütközik nehézségbe. Nagy nehézségek adódnak azonban az 5%-nál szűkebb tűrésű kondenzátorok tömeggyártásánál, amennyiben azt két fegyverzettel kívánjuk elkészíteni pót-fegyverzetek nélkül. A szűktűrésű stiroflex kondenzátorok gyártásának két nehézsége van. Az egyik a stiroflex fólia vastagsági szórásában, a másik a zsugorítás egyenetlenségében keresendő. Az első akadályt leküzdeni nem tudtuk és így nagyrészt válogatásra vagyunk utalva. Ezen a vonalon a műanyagipar felfejlődése fogja meghozni a döntő sikert. Kívánatos lenne olyan stiroflex fólia előállítása, amelynek vastagsági tűrése egy tekercsen belül 2%-nál kisebb. Kísérleteket végeztünk folyamatos mozgású alagút-kemencében történő zsugorítással és azt tapasztaltuk, hogy ezzel a módszerrel kiküszöbölhetők a hőkezelésből eredő bizonytalanságok. Kísérleteink során a stiroflex fólia vastagságától függően 2,5%-on belüli szórással készítettünk kondenzátorokat. Véleményem szerint tömeggyártás szempontjából hőkezelésre a konstans hőmérsékletet biztosító, folyamatos mozgású alagút-kemence a legmegfelelőbb.

BORSODI LÓRÁNT

A stiroflex fóliák alkalmazásának egyik legsúlyosabb akadályát az alacsony üzemhőfokhatár (60—75 °C) képezte. A legutolsó évek eredményeként kifejlesztettek olyan stiroflex típusokat, ún. kopolimereket, melyeket 95—105 °C-ig lehet használni. Ezeknek az új típusoknak a dielektromos vesztesége nem lépi túl a $4-5 \cdot 10^{-4}$ értéket, úgyhogy minőségromlás nélkül alkalmazhatók.

Az irodalmi adatok általában hibahely nélkülinek tekintik a stiroflex fóliát. Olyan értelmű hibahelyekről beszélni, mint amilyenek a papírnál megállapíthatók, valóban nem igen lehet, azonban a gyenge helyek (lég-, ill. gázzárványok) az igen vékony fólia előállításának — a jelenlegi technológia mellett — velejárái. Ez a tény volt az oka annak, hogy kezdetben csak 20 μ feletti, ma csak 10 μ feletti vastagságban gyártanak fóliát és ez a 10 μ -os fólia egy rétegben alkalmazva nem nyújtja az elméletileg számított átütési szilárdságot. A stiroflex fólia gyenge helyei indokolják a kondenzátoroknál megfigyelt ún. öregedési jelenséget. A kondenzátoroknál hosszabb ideig tartó egyenfeszültség hatására csökken az átütési feszültség értéke. Ez az öregedés, mely elsősorban a fólia minőségétől függ, átlagminőség esetén lényegesen kisebb mérvű, mint az olaj impregnálású papirkondenzátoroké, minden esetre azonban megvan és ezt a kondenzátorok méretezésénél és alkalmazásánál figyelembe kell venni.

EREDMÉNYEINK AZ ELEKTROLITIKUS KONDENZÁTOROK FEJLESZTÉSÉBEN*

KATONA JÁNOS

Az elektrolitikus kondenzátorok a vezetékes és vezeték nélküli híradástechnikai berendezések fontos építőelemei. A híradástechnika fejlődése viszonylag kisméretű és alacsony költségű, nagy kapacitású kondenzátorok kifejlesztését kívánta meg. Az utóbbi években pedig a tranzisztor áramkörök megjelenése még további méretcsökkentést követelt a kondenzátoroktól.

Ezt a feladatot nagy dielektromos állandójú anyagok alkalmazásával, a dielektrikum vastagságának csökkentésével, vagy pedig mindkét módszer együttes alkalmazásával lehet megoldani. A vékony rétegek alkalmazásánál természetesen a nagy villamos szilárdság a felhasználás előfeltétele.

E feladatok megoldásában ki lehetett használni azt a ténytet, hogy savakból és ezeknek a sóiból álló elektrolit-fürdőben anódként alkalmazott fémek, mint az alumínium, tantál, cirkon stb. felületén vékony oxidhártya képződik. Ez a hártya megfelelő körülmények között jó dielektrikum : dielektromos állandója, villamos szilárdsága olyan lehet, hogy az elektrolitikus kondenzátor a papírkondenzátor fajlagos térfogati kapacitásánál ($\mu\text{F}/\text{cm}^3$) tízszeres, sőt bizonyos esetekben több mint százszoros értéket is felvehet.

Az így kialakított elektrolitikus kondenzátor vázlatos felépítését az 1/a ábra mutatja. Az 1 anódfémen (legtöbbször alumíniumon) kialakított 2 oxidhártya a dielektrikum, 3 elektrolit közvetít 4 katódához. Az 1/b ábra mutatja a kondenzátor leegyszerűsített elvi elektromos sémáját első közelítésben.

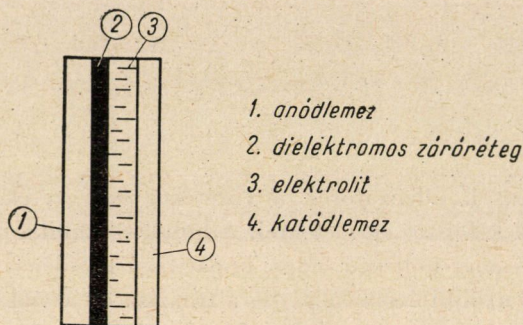
A C veszteségmentes kapacitással párhuzamosan kapcsolt R_a az átvezetési, R_d az átpolározás dielektromos veszteségeivel egyenértékű ellenállás, R_e pedig az elektrolit ellenállása.

Villamos jellemzők szempontjából az így kialakított kondenzátor nem egyenértékű az egyéb kondenzátortípusokkal. Az oxidréteg szigetelési ellenállása mikrofaradonként a jóminőségű elektrolitikus kondenzátoroknál is csak 10—20 Mohm, mikrofaradonkénti veszteségi szögének tangense pedig főképpen az elektrolit viszonylag nagy ellenállása miatt csak 0,03—0,2. A kapacitás érték-

* A Híradástechnikai Konferencián 1955. október 21-én elhangzott előadás.

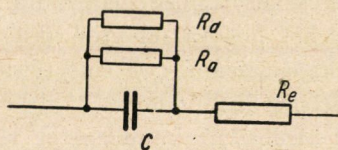
állandósága is rosszabb, mint pl. egy jóminőségű papírdielektrikumú kondenzátoré.

A szigetelési ellenállás alacsony értékének okát a réteg félvezető tulajdonságaiban kell keresnünk. Az elektrolitikus kondenzátorok oxidrétegének félvezető tulajdonságaival, mechanizmusának feltárásával az utóbbi években sokan foglalkoztak. Van Geel holland fizikus vizsgálatainak eredményeképpen azt



1a. ábra. Az elektrolitikus kondenzátor elvi felépítése

állapította meg, hogy a réteg feltehetően 3 részből tevődik össze. Az oxidrétegnek az alumínium anódra eső fele egy n típusú félvezető, míg az elektrolitoldalon p típusú félvezető tehető fel. Az n típusú félvezetést az okozza, hogy az Al oldalon az oxidrétegben valószínűleg oxigénion hiány van, míg az elektrolit oldalon



1b. ábra. Az elektrolitikus kondenzátor egyenértékű villamos sémája

Al -ion szegénység tételezhető fel. A két réteg között egy 3-ik olyan réteg helyezkedik el, ahol megvan a sztöchiometrikus egyensúly és a közbenső réteg szigetelési ellenállása igen nagy (10^{12} ohm \cdot cm).

A kapacitásérték viszonylag kisebb stabilitásának oka az, hogy az elektrolitek általában nem teljesen közömbösek a fémanóddal és az oxidréteggel szemben; még optimális esetben is kismértékű oldódás következik be, különösképpen magasabb üzemi hőmérsékleten. Ebből a szempontból az alumíniumanóda hátrányban van a tantálanóddal szemben, amely utóbbi az elektrolitek nagy számával szemben, majdnem teljes közömbösséget mutat, kapacitásértéke ezért stabilabb.

Ezek előrebocsátásával nézzük meg, milyen követelményeket támaszthatunk az elektrolitikus kondenzátorokkal szemben és milyen eredményeket értünk el a kutatás és a fejlesztés területén. Főképpen ez utóbbi munkáról szeretnék beszámolni, ami a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet Alkatrész Laboratóriumában folyt le a legutóbbi másfél év alatt.

Az elektrolitikus kondenzátorokkal és előállításukkal szemben támasztott követelményeket jelenleg a következőkben lehetne összefoglalni:

1. A villamos jellemzők stabilitásának fokozása, a használati idő, a hőmérséklet, a feszültség és a frekvencia függvényében.

2. A megengedett hőmérséklet határok bővítése -40° (esetenként -60°) C-tól $+60^\circ$ C-ig.

3. A méretek csökkentése, miniatűr és szubminiatűr típusok kutatása, fejlesztése.

4. A gyártási költségek csökkentése, a szűk gyártási keresztmetszetek bővítése.

5. A külföldi nyersanyagok pótlása hazai anyagokkal.

E követelmények részbeni, vagy teljes megoldásaként a következő, kutatási szempontból már befejezett vagy döntő fázisukban lezárt témákat fogom ismertetni és pedig:

1. Új formálási technológia kidolgozása, mely a formálási idő csökkentése mellett a kondenzátor stabilitását és élettartamát javítja.

2. Az elektródák szennyezéseinek és kristálystruktúrájának vizsgálata és a hazai előállítású anód és katód fólia gyártástechnológiájának kidolgozása.

3. A mélyhőmérsékleten (legalább -40° C $^\circ$) működő kondenzátorok kutatása.

4. Miniatűr, illetőleg szubminiatűr alacsonyfeszültségű kondenzátorok kutatása és fejlesztése, mely kondenzátorok köbtartalma a ma gyártottakénak legfeljebb $\frac{1}{10}$ része.

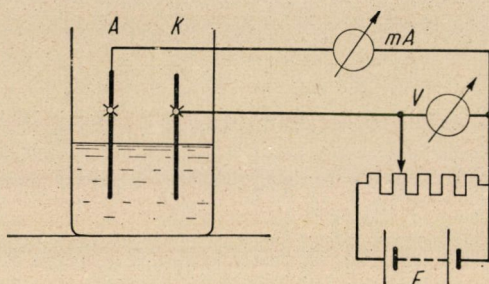
Új formálási technológia

Az elektrolitikus kondenzátorok előállításának alapvető fázisa a dielektromos záróréteg kialakítása. Vegyünk egy nagy tisztaságú alumíniumlemezt és tegyük egy olyan elektrolitfürdőbe, mint pl. bórsav, glikol és ammónia keveréke, amely az alumíniumot és alumíniumoxidot alig oldja, katódául alkalmazzunk ugyancsak alumíniumlemezt. Kapcsoljunk az elektródákra olyan feszültséget, hogy az anódon az áramsűrűség $\sigma = \frac{J}{F}$ állandó legyen. Az anódon az elektrolitból kiváló oxigénionok az anódfémmel oxidot (Al_2O_3) alkotnak és lerakódnak az anóda felületén.

A lerakódott oxidréteg vastagsága egyenesen arányos a formálási feszültséggel (E_f) és fordítva arányos az elektrolit kondenzátor kapacitásával :

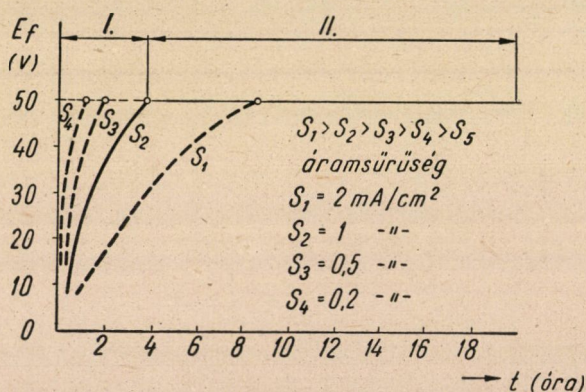
$$C\mu F/cm^2 = k \frac{1}{E_f} \dots \quad (1)$$

ahol k állandó, értéke sima alumíniumlemez esetén 6.28.



2. ábra. Az elektrolitikus kondenzátor formálása

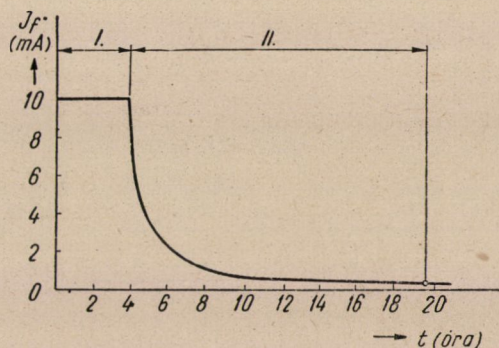
Az elektrolit fürdőre kapcsolt feszültség és áram időbeli változását 3a és b ábra mutatja. Látjuk, hogy a formálási folyamatnak két szakasza van. A rétegképződés első szakaszában állandó áramsűrűség mellett fokozatosan nő a fürdőre jutó feszültség. A növekedés sebessége az alkalmazott áramsűrűség függ-



3a. ábra. A formálási feszültség változása az idő függvényében

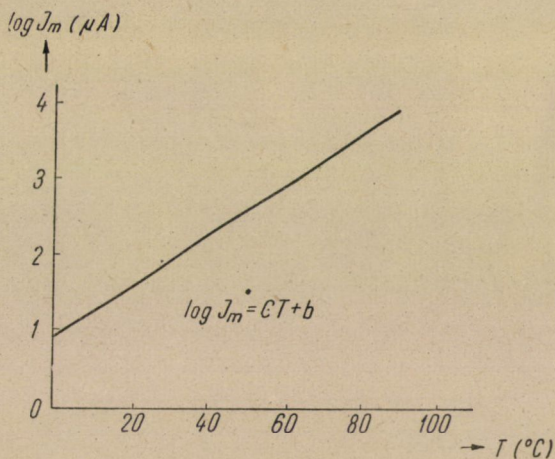
vénye. Ha a kívánt formálási feszültséget elérve, azt állandó értékben tartjuk, a formálási áram fokozatos csökkenése figyelhető meg. A formálási áram csökkenése az idő függvényében még az exponenciális csökkenésnél is lassúbb. Mint látható, a görbe első szakasza rendkívül ellaposodik és emiatt a kívántos végső maradékáram beállása igen soká tart. Az így formált alacsony feszültségű kon-

denzátoroknál ez az idő 12—24 óra között van, nagyfeszültségű kondenzátoroknál pedig több nap. A jelenlegi gyártásnak éppen a formálás a legsűkebb keresztmetszete.



3b. ábra. A formálási áram változása az idő függvényében

A formálási idő csökkentése céljából a maradékáram vizsgálatából indultunk ki. A maradékáram, mely a γ kristályok szerint képződött Al_2O_3 félvezető átvezetési árama, túlnyomó részében elektronáram. A réteg egyes defektpontjain azonban az elektrolit ionjai is át tudnak hatolni. Az áthaladó ionok száma a



4. ábra. Az átvezetési áram hőmérséklet függése

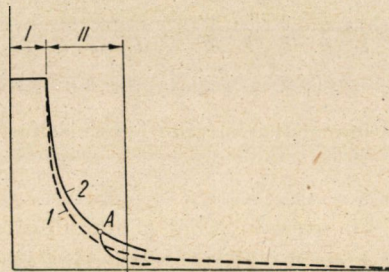
ráadott feszültség hatása alatt a rétegeképződéssel egyidejűleg egyre csökken. Ha a fürdő hőmérsékletét emeljük, megindul egy rétegoldódási folyamat és ezzel egyidejűleg a defektpontok száma emelkedik, amit már nem tud kompenzálni az egyidejű rétegeképződés folyamata, és emiatt a maradékáram meredeken

emelkedik. A maradékáram hőmérséklet függése megközelítően logaritmikus.

$$\log J_m = CT + b \dots \quad (2)$$

ahol C és b a fürdő adataitól függő állandók.

Ebből az összefüggésből az következik, hogy a szobahőmérsékletnél magasabb hőmérsékleten kiformált oxidréteg maradékárama, szobahőmérsékletre hűtve meredeken csökken. Tekintve, hogy maga a formálás gyorsabban halad melegen és az átvezetés nem a réteg vékony volta, hanem vezetőképessége miatt nagy, célszerűnek látszik a formálási művelet egy részét nem szoba, hanem olyan



1. 20°C -nál formálva

2. 100°C -nál -"- A pontig

A ponttól fokozatosan hűtve 20°C -ig

5. ábra. A formálási áram változása az idő függvényében az új gyorsformálási módszernél

magas hőmérsékleten végezni, amit a kondenzátor, beleértve az elektrolitot is, egyáltalában csak elbír.

Olyan kísérleteket végeztünk, ahol oxidálatlan fóliával készített kondenzátortekercset a különböző elektrolitoktól függő hőmérsékleten melegen impregnáltunk és e hőmérsékleten kezdtük meg a formálást 2 mA/cm^2 áramsűrűség mellett. Azt találtuk, hogy a formálási karakterisztika felfutó ága valamivel ugyan ellapult, azonban a lefutó ágat lényegesen meg lehetett rövidíteni, ha az 5. ábra szerint a formálást fenti hőmérsékleten A pontig, a kívánt maradékáram 8—10-szereséig folytattuk; A ponttól kiindulva a tekercset a melegfürdőből kiemelve, azt feszültség alatt fokozatosan szobahőmérsékletre hűtöttük. Ezalatt érvényesült az átvezetési áram hőmérséklettel meredeken eső tulajdonsága. A maradékáram hirtelen esett vissza és a formálás összideje a régi módszer $\frac{1}{7}$ -ére csökkent, pl. az alacsonyfeszültségű kondenzátoroknál ez $3\frac{1}{2}$ órát vett igénybe az eddigi 12—24 órával szemben.

Vizsgálataink során az is kiderült, hogy az így készített kondenzátorok vilamos állandói, stabilitása és élettartama is lényegesen megjavultak. Ez érthető is, hiszen egy, az üzemi hőmérsékletnél jóval magasabb hőmérsékleten keletkező

réteg ellenállóbb, mint a szobahőmérsékleten, tehát az üzeminél alacsonyabb hőmérsékleten keletkezett réteg. Javult a kondenzátor stabilitása a fektetésnél, raktározásnál bekövetkező maradékáramromlás szempontjából is; javult a korrózióval szembeni ellenállása és az élettartama. Az 1. sz. táblázat összehasonlító adatokat mutat be az eddigi hideg formálással és a fenti módon készült 50 μF -os, 30/35 V-os kondenzátorok között. Az adatok egyidőben készült 20–20 db kondenzátor mérésének átlagát tartalmazzák. A formálási feszültség: 45 V. Formálási idő I. esetben 23 óra, II. esetben 3,4 óra.

I. táblázat

Adatok	I. Formálás 20 C°-on (régí eljárás)				II. 100 C°-on formálva 40 mA formáló árammal és utána lehtëve			
	Formálás után 20 C°-on	Formálás után 60 C°-on	2000 órás fektetés után 20 C°-on	Hőciklus vizsg. után	Formálás után 20 C°-on	Formálás után 60 C°-on	2000 órás fektetés után 20 C°-on	Hőcikl. vizsg. után
Átvezetési áram μA	38,5	132	152	206	6	17	22	24
Kapacitás változás $\frac{\Delta C}{C} 100\%$	—	+ 4,6	+ 3,6	+ 7,8	—	+ 1,6	+ 1,9	+ 2,3
Veszteségi szögváltozás $\frac{\Delta \text{tg} \delta}{\text{tg} \delta} 100\%$	—	- 23,9	- 10,4	+ 26	—	11,6	- 4	+ 5

A 6/a ábra a laboratóriumi kísérleti összeállítást mutatja, a 6/b ábra pedig a tömeggyártásban való alkalmazásra mutat be egy javaslatot.

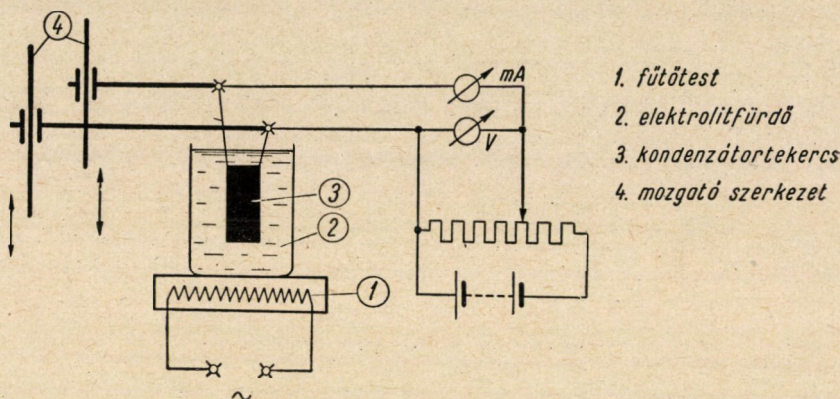
Az elektródák szennyezéseinek és kristálystruktúrájának vizsgálata és a hazai előállítású alumíniumfólia gyártástechnológiájának kidolgozása

Az elektrolitikus kondenzátorok katóda, de különösképpen anóda lemezével szemben igen sok követelményt kell kielégíteni. Az elektródák tisztasága és kristályszerkezetének alakulása úgy a gyártástechnológiára, mint az elkészült kondenzátor villamosadataira, élettartamára nagy kihatással van. Mindezideig a gyártás külföldi, importfóliára volt utalva és az egyes import szállítmányok minőségi különbségei sokszor nagy zavarokat okoztak a gyártásban. A hazai gyártású alumíniumfólia gyártástechnológiájának kidolgozása egy széleskörű kooperáció révén sikerült, melyben Intézetünkön kívül a Fémipari Kutató Intézet, a Kőbányai Alumíniumhengeremű és a Remix gyár vett részt.

A munka első része a hazai kohóalumíniumban található szennyezések vizsgálata volt. Egyes szennyező anyagok jelenléte már a formálási sebességet is

befolyásolja, lelassítja, másrészt a kész kondenzátor maradékáramát jelentősen növeli.

Egy pár irodalmi adat rendelkezésünkre állott ugyan az egyes szennyezések hatásáról, mégis szükségesnek láttuk a hazai kohóalumínium egyes szennyezései hatásának vizsgálatát. Kívánságunkra a Fémipari Kutató Intézet készített 99,99% tisztaságú alumíniumba szelektíven ötvözött Fe, Cu, Si, Mn, Zn, Ti, Va, Mg szennyezéseket több fokozatban.



6a. ábra. Az új gyorsformálási módszer laboratóriumi kísérleti összeállítása

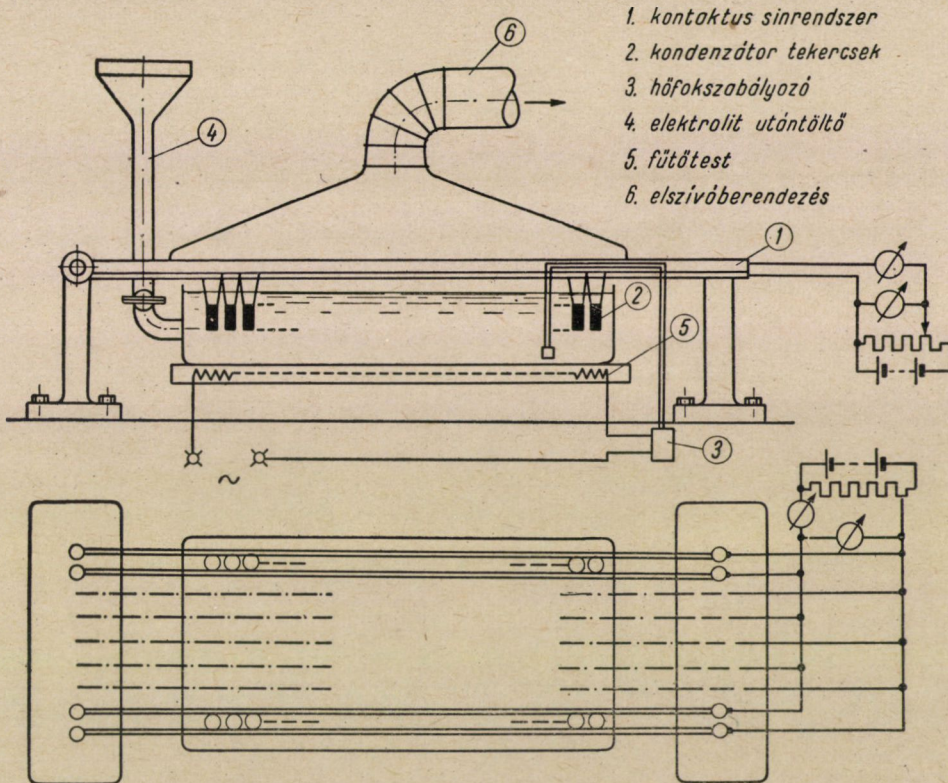
E mintadarabokból sikerült megállapítani, hogy a szennyezések közül melyik káros és milyen szennyezési százalék tűrhető meg, valamint melyek az úgynevezett hasznos szennyezések, amelyek elősegítik a kívánatos kristálystruktúra kialakulását. Megállapítást nyert, hogy a vas és réz szennyezés 0,01—0,02%-nál, a szilícium 0,03%-nál (ezek a fő szennyezések a hazai kohóalumíniumban) magasabb értékeinél már a végleges kondenzátor maradékárama túl magas, tehát legalább 99,90—99,95% közötti tisztaság szükséges a jó minőség biztosításához.

Az így elkészített 99,90—99,95% tisztaságú lemezek azonban még távolról sem biztosítják a végleges megoldást. Előfordultak olyan esetek, amikor vegyelemzéssel nem lehetett kimutatni különbséget két azonos tisztaságú lemez között, mégis az egyiknél a formálás lassabb volt és a maradékáram magasabb, mint a másiknál. A kristályszerkezet vizsgálata kimutatta, hogy a kristályszerkezet és a kristályok orientációja más és más volt.

A kristályszerkezetnek ezenkívül még egyéb szerepe is megmutatkozott. Kísérleteink során megállapítottuk, hogy a marással végzett felületnövekedésre a legdöntőbb befolyása a kristályszerkezetnek van és hogy a kristályok optimális mérete 0,1—1 μ . Ekkor adódik marás után a legnagyobb (8—10-szeres) felületnövekedés. A feladat ezek után az volt, hogy 99,90—99,95% tisztaságú lemezek-

nél ezt a struktúrát elérjük. A kívánt szemcseméretet a fém hőkezelésével kombinált plasztikus deformációval igyekeztünk elérni. A folyamat lényege a következő:

Ha a fóliát hengereléssel és húzással deformáljuk, a fémben feszültség lép fel, kialakul egy deformációs textúra. A rácsban elcsúszások, defektpontok keletkeznek, így módon egyes atomok magasabb energia állapotba jutva rekrisz-



6b. ábra. Az új gyorsformálási módszernek tömeggyártásban való alkalmazására vonatkozó javaslat

tallizációs magokat alkotnak, a fém instabil és csak magasabb hőmérsékleten tér vissza fokozatosan az egyensúlyi állapotába. A szemcseméret végső beállítása a rekrisztallizációs hőkezeléssel történik. A keletkező új szemcsék nagysága függ az előző deformációtól, amit a hengerlés során kapott és függ a hőmérséklet-emelkedés sebességétől, amit a hőkezelés folyamán közöltünk.

E két tényező növelésével együttesen sikerül a szemcseméretet csökkenteni. Ennek gyakorlati megvalósítása úgy történt, hogy az első fázisban a meleg-hengerlésnél 35–40%-os fogyási tényezőt alkalmaztunk és a hideg hengerlés után megkeményedett fóliát hirtelen, az előkezelésektől függően magasabb

hőmérsékletre melegítve lassan hűtöttük le. Az így kialakult kristályok már $0,1-1 \mu$ közötti méretűek voltak és a fólia megfelelő felületnövekedési tényezőt mutatott, átvezetési árama is kielégítő volt.

Ezen első kísérletek és többszöri reprodukció eredményeként a gyártás megindítása folyamatban van.

Mélyhőmérsékleten működő elektrolitikus kondenzátorok

Az eddigi hazai gyártású elektrolitikus kondenzátorok mély hőmérsékleteken $-20^\circ - -40^\circ \text{C}$ között nem működtek. Feladatunk volt e kérdés megoldása.

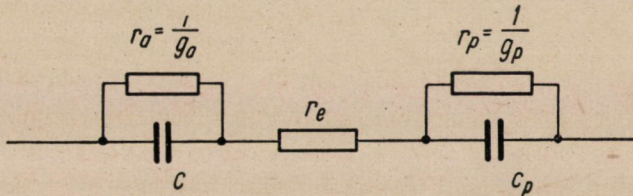
Abból indultunk ki, hogy az elektrolitikus kondenzátorok mély hőmérsékleten a szó szoros értelmében befagynak, elektrolitjuk először egyre viszkózusabbá válik, végül esetleg megszilárdul, ellenállásuk nagyságrendekkel megnő. Olyan oldószert kerestünk az elektrolit számára, mely a kívánt hőmérsékleteken még folyékony marad és oldja az elektrolit ionos alkotórészeit, továbbá $+70 \text{C}^\circ$ -on még nem rendelkezik számottevő gőznyomással és így magas hőmérsékleten sem párolog ki a kondenzátorból. E kívánalmak némileg ellentmondóak. Az alacsony olvadáspont és csekély viszkozitás a molekulák közötti kis kohéziós erőt kíván, míg a kis gőznyomás éppen a nagyobb kohéziójú folyadékoknál várható. Emellett azok az oldószerek oldanak fel sokat jólvezető oldattá, melyeknek dielektromos állandója viszonylag nagy, tehát dipólus molekulákból állanak. A dipólus molekulák között viszont éppen a dipólus vonzás miatt aránylag nagy a kohéziós erő. Világos tehát, hogy kompromisszumos megoldást kellett keresni és ezért olyan oldószerek után néztünk, melyekről feltehető volt, hogy a fenti kívánalmakat kielégítően teljesítik. Ilyen oldószereket sikerült találni és a belőlük készített kondenzátorok -40C° -ig jól használhatóknak bizonyultak, kapacitás csökkenésük kisebb volt, mint 30%.

Alkalmas oldószer a glikol-monometiléter (metilcelloszol), továbbá a butil- és amilalkoholok és ez utóbbiak acetátjai, részint tisztán, részint egymással megfelelő arányban összekeverve. Utóbbiakhoz azonban glikolt vagy glicerint célszerű keverni, hogy oldja a sókat. Legcélszerűbbnek a jó oldóképességű metilcelloszol mutatkozott és az első jól használható megoldást ezzel dolgoztuk ki, glikol-bórsavas ammóniát használva elektrolitként. Érdekes módon az oldatok vezetőképessége eleinte nő a hígítással, mert a csökkenő viszkozitás túlkompensálja a csökkenő elektrolit tartalmat.

Alacsonyfeszültségű elektrolitikus kondenzátorokban jól bevált és úgy mélyhőmérsékletű, mint miniatűr kivitelhez igen alkalmas az ammóniumformiát mint vezető só. Oldószereül ilyenkor butil- vagy amilalkoholt használunk, oldódást elősegítő közvetítő oldószereül pedig glikolt.

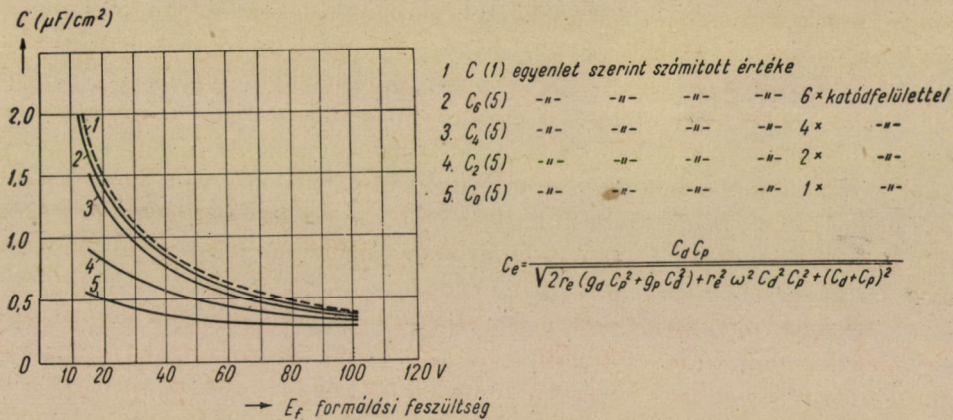
Miniatúr, illetőleg szubminiatúr alacsonyfeszültségű kondenzátorok

Ezzel a témával külföldön az utóbbi pár évben igen intenzíven foglalkoztak, különösen a tranzisztoráramkörök megjelenése óta. Az általunk ismert külföldi megoldások lényege: a tantalanóda alkalmazása. A tantal oxidjának (Ta_2O_3) dielektromos állandója kb. 1,6-szorosa az Al_2O_3 -énak, ami ilyen arányban máris méretcsökkentést biztosít, ezenkívül pedig porózus felület készítésével jelentős további felületnövekedés érhető el. Így lehetővé vált különösen ala-



7. ábra

csonyfeszültségeknél 1 : 5, 1 : 7 köbtartalom arányban való méretcsökkentés. Ezt az utat nem lett volna célszerű nekünk is követni, mivel tantal fémmel nem rendelkezünk, import költsége pedig igen nagy. Célunk az volt, hogy lehetőleg hazai alapanyagokból állítsuk elő a miniatúr elektrolitikus kondenzátort.

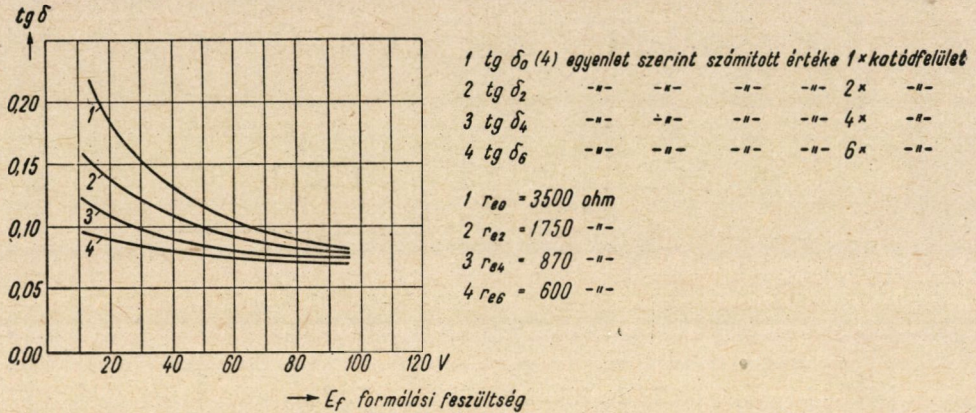


8. ábra

Kidolgoztuk az összes szabványos üzemi feszültségekre és kapacitás méretekre a miniatúr kondenzátorok típusát az alacsonyfeszültségű tartományban. A 2. sz. táblázat tartalmazza e kondenzátorok méreteit összehasonlítva az eddig gyártott szabványos méretű kondenzátorokéval.

E táblázatból látható, hogy a kitűzött célt, a legalább $1/10$ köbtartalomra való csökkentést elértük.

E módszerrel kidolgozott kondenzátorokból laboratóriumi méretekben már a kísérleti gyártás is lefolyt. A kondenzátorok úgy az MNOSZ 1558, mint a GOSZ VN 624. sz. szabvány szerint több helyen kerültek vizsgálatra.



$$tg \delta = r_e \omega \frac{C_p \cdot C_d}{C_p + C_d} + \frac{C_p^2 g_d + C_d^2 g_p}{\omega C_d C_p (C_p + C_d)} \quad (4)$$

9. ábra

A vizsgálati előírásoknak megfeleltek és gyártásuk üzemi bevezetés alatt áll.

E kondenzátorok elvi és szerkezeti működését egy rövidesen megjelenő publikációban fogom részletesen ismertetni.

2. táblázat

A kondenzátor üzemi és csúcsfeszültsége volt	Kapacitás μF	Az MNOSZ 1558 szabv. méretei			A miniatűr kond. méretei			Térfogati arányok
		Átmérő mm	Hossz mm	Köbtartalom mm ³	Átmérő mm	Hossz mm	Köbtartalom mm ³	
6/8	25	17	48	10,830	3,5	19	183	1 : 59
	50	17	48	10,830	5	19	370	1 : 29
	100	17	48	10,830	7	19	730	1 : 14,8
12/15	25	17	48	10,830	5	19	370	1 : 29
	50	17	48	10,830	7	19	730	1 : 14,8
	100	20	48	15,200	10	19	1480	1 : 10,3
30/35	25	17	48	10,830	7	19	730	1 : 14,8
	50	20	48	15,200	10	19	1480	1 : 10,3

HOZZÁSZÓLÁSOK

KÓRÖSY FERENC

Ki szeretném emelni, miként azt az előadó is mondotta, hogy a meleg formálás nem azért előnyös, mert lehűlés közben romlik az oxid vezetőképessége, hiszen, ha hidegen formálnánk, végig ez a hideg vezetőképesség jelentkezne, hanem azért, mert a melegben egyenletesebb, hibáktól mentesebb oxidréteg alakul ki *gyorsabban* és rendezettebben, mint ha hidegen képződne ki. Nyilvánvaló, hogy az elektrolit oxigénje csak az oxid egyik határáig jut el, míg az alumínium a másik határán foglal helyet. Formálás közben az alumíniumionoknak át kell vándorolniuk az oxigénhez, hogy a réteg vastagodjék. E folyamat sebességéről van szó.

Meg kell még emlékeznünk az anódok, különösen az anódák kivezetésének korróziójáról. Minden elektrolitikus kondenzátornak ez a legkényesebb része, előbb vagy utóbb itt szokott a korrózió szakadást okozni. Hogy miért éppen itt legerősebb a korrózió, azt nem tudjuk biztosan. Némelyek szerint azért, mert itt nincs szemben a katódlemez és az utóbbin beálló lúgosodás nem tudja diffúzió útján hatástalanítani az anódkivezetőn az elektrolit megsavanyodását. Talán a levegőnek is szerepe van, de az is lehet, hogy a felületi rétegben más az elektrolit töménysége. Ez a jelenség különösen a vékony kivezetésű, nagy vezetőképességű elektrolittal impregnált miniatűr elektrolitikus kondenzátorok esetében ad okot aggodalomra, de úgy látszik, hogy megfékezhető. Többek között azzal is kísérletezünk, hogy magnéziumdarabkát szegecselünk a kivezető végére és így elektrokémiailag védjük azt a korróziótól. Ugyancsak használunk különböző összetételű bevonó anyagokat a kivezetők védelmére.

MITTERHOLCZER BÉLA

Az elektrolit-kondenzátor gyártás alkatrészgyártásunknak egyik sarkalatos pontját képezi. Ebből a cikkből legtöbb az import, az összes híradástechnikai alkatrész importnak kb. a felét teszi ki. A Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet bekapcsolása az elektrolit kondenzátor-kutatásba, mint arról Katona elvtárs beszámolt, valóban pozitív eredménnyel járt.

A meleg formálási eljárást a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet eredményei alapján vállalatunk műszaki személyzete reprodukálta és ugyanolyan eredményt mutat ki, mint a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet által közölt adatok. Az eljárás üzemi bevezetése folyamatban van.

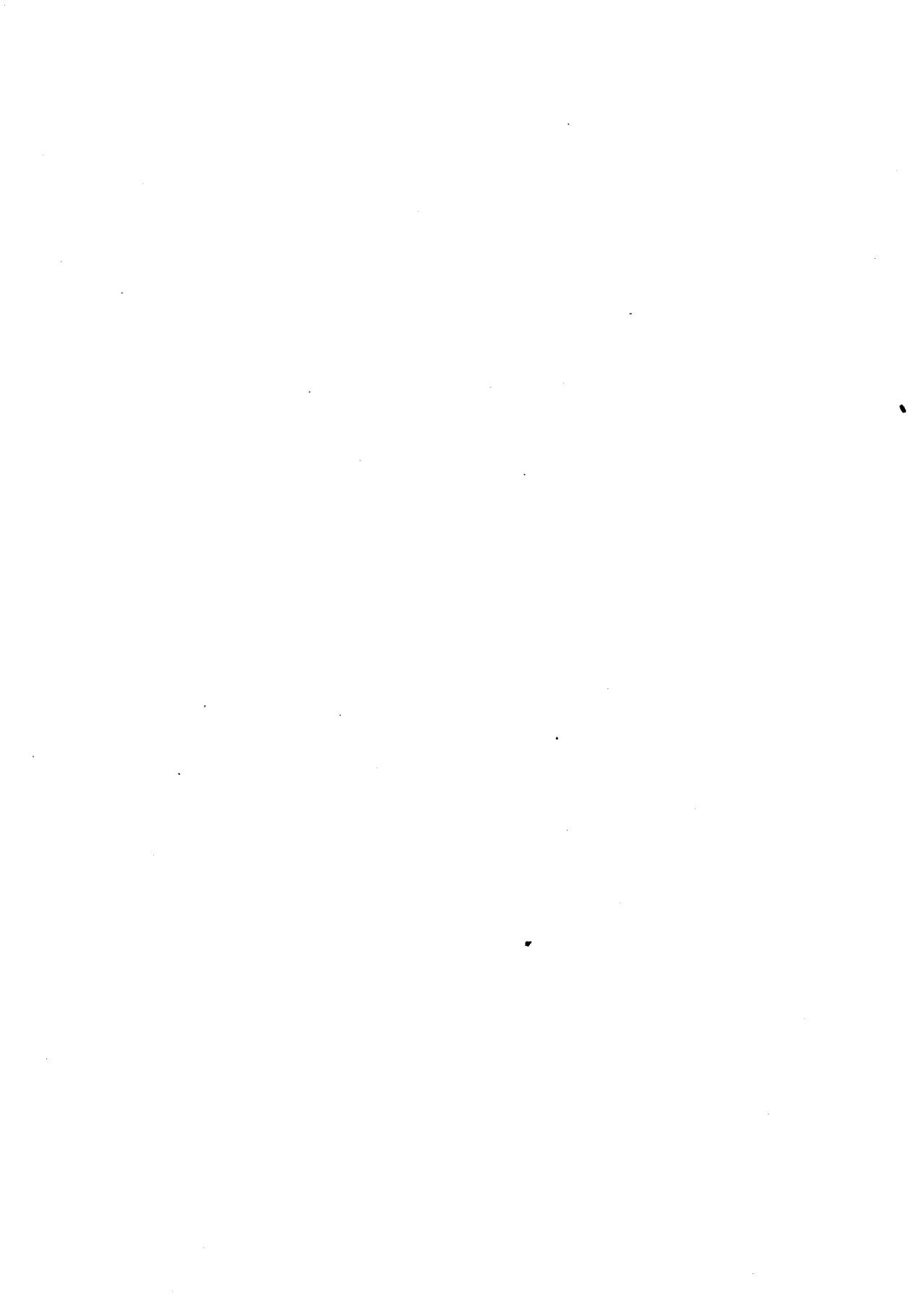
A miniatűr kondenzátorokból egy kísérleti sorozatot indítottunk el és amennyiben ennek eredménye kedvező, úgy a miniatűr alacsony feszültségű kondenzátorok gyártásával a közel jövőben megindulunk. A Híradástechnikai Ipari Kutató Intézetnek ezen eredménye igen jelentős és ezekkel a méretekkal a miniatűrítés terén az európai nívót elértük.

GLOSZ KÁROLY

Kisipari szövetkezetünkben mi is foglalkozunk alacsonyfeszültségű elektrolitikus kondenzátorok gyártásával és fejlesztésével. A kicsiny, 1%-os visszaru százalékos bizonyítja, hogy gyártmányaink minősége megfelelő. Foglalkoztunk fagyálló kondenzátorok kifejlesztésével is és a katódkondenzátorok méretcsökkentésével. Kidolgoztunk egy előformálási (oxidálási) módszert, mely az eddig ismert álló és mozgó előformálásnak az egyesítése és előnye, hogy jól használja ki az áramforrás teljesítőképességét. A hazai gyártású 99,99% tisztaságú alumíniumfóliát mi is felhasználtuk és próbáink kedvező eredményeket mutattak.

KATONA JÁNOS válasza :

Az elhangzott felszólalásokból azt lehetett látni, hogy hazánkban igen jelentékeny munka folyik az elektrolitikus kondenzátorok kutatása és fejlesztése területén, de ugyanakkor azt is meg kell állapítani, hogy e munkák többé-kevésbé egymástól elszigetelten folynak. Ez mutatkozik a mélyhőmérsékletű elektrolitok és az anódfólia kutatásában. Ezért helyes lenne, hogy ha a konferencia állást foglalna abban, hogy nem lenne-e célszerű a rendelkezésünkre álló kutatóerők munkájának koordinálása és tapasztalataik kölcsönös kicserélése.



HÍRADÁSTECHNIKAI ALKATRÉSZEK KÜLÖNLEGES MÉRÉSEI*

RÁTKAY GYÖRGY

A híradástechnika rohamos fejlődése egyre újabb és egyre szigorúbb követelményeket támaszt a felhasznált anyagok és alkatrészek állandóságával szemben. Az egyes anyagok és alkatrészek villamos tulajdonságainak mértékszámát, illetőleg ezek megváltozásának mértékszámát mérésekkel kell ellenőrizni. A villamos alapmennyiségek mérése nem okoz gondot, mert ezek mérésére jól bevált mérőeszközök állnak rendelkezésre. Nehézségek olyankor jelentkeznek, amikor az alapmennyiségeknek, a megszokottnál szigorúbb követelményeknek megfelelő, igen kicsi megváltozását kell lemérni, ami már kívül esik a rendelkezésre álló mérőeszközök mérési tartományán.

A sok eset közül hármat ragadunk ki és megvizsgáljuk, hogyan lehet a szigorított követelményeknek megfelelő mérési feladatot megoldani.

Mint ismeretes, a híradástechnikában általában használatos réteg- és tömőellenállások szénszemcsék halmazából épülnek fel. Így a vezetésben az egyes szemcsék között levő érintkezési ellenállások is részt vesznek, ez utóbbiakra azonban Ohm törvénye nem érvényes. Ennek következtében az ilyen ellenállások vezetőképessége a rákapcsolt feszültség hatására megváltozik. A változásra jellemző feszültségi tényezőt a

$$k_f = \frac{1}{R} \frac{dR}{dU} 10^2 \% / V \quad 1.$$

formulával definiáljuk, ahol k_f az ellenállás megváltozása egységnyi feszültség hatására, százalékban kifejezve és a gyakorlatban

$$k_f = \frac{R_2 - R_1}{R_1} \frac{1}{U_2 - U_1} 10^2 \% / V \quad 2.$$

formula szerint, két különböző feszültségen, két méréssel határozhatjuk meg.

* A Híradástechnikai Konferencián 1955. október 22-én elhangzott előadás.

A tapasztalatok szerint ugyanis a megengedett feszültségtartományban a feszültségi tényező — gyakorlatilag — állandónak tekinthető.

A feszültségi tényező meghatározása első pillanatban nem látszik különösebben nehéz feladatnak, a mérés végrehajtása során azonban mégis nehézségek adódnak. Az MNOSZ 1562—52. sz. szabvány a feszültségi tényező értékének felső határát szórakoztató rádióvevőkészülékekben használatos ellenállások esetében 0,005%/V, műszerellenállások esetében pedig 0,001%/V értékben szabja meg és mérésére az áramfeszültségmérés módszerét ajánlja. Azonnal látható, hogy ha a feszültségmérés nem kielégítő pontosságát meg is kerülnék stabilizált áramforrás felhasználásával, az árammérésnél mindenképp megakadunk. Tegyük fel, hogy szálfelfüggesztésű, tükrös galvanométert használunk árammérésre, aminek csúshibája nem lehet és mércéje legalább 100 mm hosszú, 100 osztású. Ebben az esetben, jószemű és gyakorlott észlelőt tételezve fel, a leolvasás hibája $\pm 0,1$ osztásra leszorítható ugyan, de még így is csak három számjegyet tudunk megállapítani. A mérés tehát rendkívül szűk területre, $1 \cdot 10^5$ ohmnál nagyobb, legalább 1 watt névleges terhelhetőségű ellenállások feszültségi tényezőjének meghatározására korlátozódik. Ugyanakkor a mérés hibája csak igen kedvező esetben szorítható le $\pm 10\%$ -ra. Nem boldogulunk a szokványos Wheatstone-hidakkal sem, mert ezek ajánlott tápfeszültsége 2 volt és legfeljebb 5 számjegy olvasható le róluk, holott — ha $\Delta U = U_2 - U_1 = 1 \text{ V}$ — műszerellenállások esetében legfeljebb a hatodik számjegyben várható változás, ennél fogva ΔR hibáját legfeljebb interpolálással szoríthatjuk le $\pm 100\%$ alá. Kézenfekvő dolog lenne ΔR -et ΔU jelentős megemelésével növelni, ha a Wheatstone-híd bírná az ennek megfelelően nagyobb tápfeszültséget. Jelentős eredményt azonban csak akkor érhetünk el, ha ΔU -t legalább egy nagyságrenddel megnöveljük. Úgy választjuk meg tehát a híd tápfeszültségét, hogy abból az első mérésnél

$$U_1 = \sqrt{2 \cdot 10^{-2} \cdot N \cdot R} \quad 3.$$

ahol N az ellenállás névleges terhelhetősége, a második mérésnél pedig

$$U_2 = \sqrt{2 \cdot N \cdot R} \quad 4.$$

feszültség essen a mért ellenállásra, azaz az első mérésnél a névleges terhelhetőség 0,02-részével, a második mérés alatt pedig a névleges érték kétszeresével terheljük az ellenállást. Sajnos a feszültségi tényezőt így sem sikerül meghatározni, mert a második mérés alatt a megengedett legnagyobb üzemi teljesítmény kétszeresével terhelt ellenállás erősen melegszik és emiatt ellenállása rohamosan változik. Remény sincs tehát arra, hogy a hidat ki tudjuk egyenlíteni.

Mégis kínálkozik a mérés elvégzésére két eljárás is. Az egyik lehetőség, hogy a hidat impulzusokkal tápláljuk. Ebben az esetben, ha az impulzusok szélességét és ismétlődési frekvenciáját helyesen választjuk meg, megfelelően nagy feszült-

séggel terhelhetjük a vizsgált ellenállást és az időegység alatt hővé alakuló teljesítményt mégis az első mérésével azonos szinten tarthatjuk. Ehhez a méréshez azonban váltóáramú Wheatstone-hídra van szükség, ami már ritkábban áll rendelkezésre. Ezt a mérési eljárást részletesen ismertette Katona János a Magyar Híradástechnikában. Ezzel tehát nem foglalkozunk.

A másik eljáráshoz az a gyakorlati tapasztalat nyújt lehetőséget, hogy a terhelés következtében beálló ellenállásváltozás 0,5 másodpercen belül nem jelentkezik zavaró mértékben. Ha tehát sikerül a második mérést, vagy helyesebben a második mérésnek azt a mozzanatát, melynek tartama alatt a vizsgált ellenálláson a névleges terhelés kétszerese alakul hővé, legfeljebb 0,5 mp alatt lebonyolítani, akkor a mérés egyenáramú hídban is elvégezhető. Ehhez olyan galvanométerre van szükség, amelynek teljes lengésideje $T \leq 0,5$ mp, mert a második mérésnél a fénymutató mozgásának 0,5 mp-nél rövidebb idő alatt be kell fejeződnie. Ez el is érhető, ha a galvanométer lengésideje valóban kevesebb 0,5 mp-nél és ügyelünk arra, hogy a galvanométert minden esetben az ún. kritikus ellenállás csillapítsa, mert ebben az esetben éri el lengés nélkül, tehát a leggyorsabban, kb. egy lengésidő alatt a végső helyzetet.

A mérés a következőképp történik :

1. R_x -et a hídba tesszük ; a hídra U_1 -nek megfelelő tápfeszültséget kapcsolunk és a hidat kiegyenlítjük.

2. R_x helyébe precíziós huzalellenállásdekádot kapcsolunk és a változatlanul hagyott hidat a helyettesítő dekáddal egyenlítjük ki. Ezzel meghatároztuk R_1 értékét.

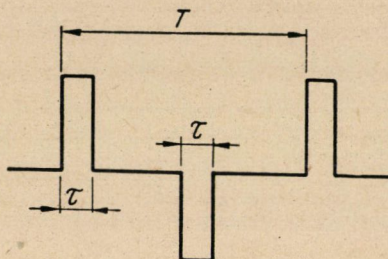
3. R_x -et visszateszük a még mindig változatlanul hagyott hídba és U_2 -nek megfelelő tápfeszültséget kapcsolunk rá. Ekkor R_x ellenállása, ΔR értékkel, R_1 -ről R_2 -re csökken, a hídegyensúly felborul és a galvanométer áramot jelez. A híd kiegyenlítésére természetesen nincs idő, meg sem kíséreljük, csupán a galvanométer α kitérését olvassuk le és jegyezzük fel.

4. R_x helyébe ismét a huzalellenállásdekádot kapcsoljuk és ennek változtatásával a galvanométeren α kitérészt állítunk be. Ezzel meghatároztuk R_2 értékét.

Mivel R_1 és R_2 értékeket a helyettesítő dekádon olvastuk le, a $\Delta R = R_2 - R_1$ ellenállásváltozást a dekád pontosságával — általában 0,02% — határoztuk meg. Ha tehát kellő körültekintéssel végeztük a mérést, a feszültségi tényező hibája minden esetben elhanyagolható lesz.

Mint érdekes lehetőséget említem meg, hogy olyan esetekben, amikor a híd ellenállása — a galvanométer felől nézve — lényegesen nagyobb a galvanométer kritikus ellenállásánál, kihasználhatjuk a galvanométer mechanikai rezonanciáját. Ehhez a méréshez kis kritikus ellenállású és kis csillapítású műszer alkalmas. A mérés tartama alatt a normális, egyenáramú Wheatstone-hidat váltakozó polaritású impulzus sorozattal tápláljuk, melynek ismétlődési frekvenciája a

galvanométer lengésidejének reciproka, $f_i = \frac{1}{T}$ és az impulzusok szélessége $\tau = T \cdot 10^{-2}$. A mérést minden tekintetben a szokott módon, a híd teljes kiegyenlítésével végezzük, s legfeljebb az lesz szokatlan, hogy a kiegyenlített hídban a galvanométer állandóan a 0-pont körül leng. Gondosan végzett méréssel a feszültségi tényező hibája ebben az esetben is 1% alá szorítható.



1. ábra. Váltakozó polaritású impulzussorozat egyenáramú Weathstone-híd táplálására

Másik érdekes mérési feladat a dielektromos állandó hőegyütthatójának meghatározása. A dielektromos állandó hőegyütthatóját

$$k_t = \frac{1}{C} \frac{dC}{dt} / C^\circ \quad 5.$$

formulával definiáljuk és mert jóminőségű anyagok esetében a számításba vehető hőfokhatárok között általában állandónak tekinthető,

$$k_t = \frac{C_2 - C_1}{C_1} \frac{1}{t_2 - t_1} / C^\circ \quad 6.$$

formula szerint, két különböző hőmérsékleten, két méréssel határozzuk meg. Nehézségek kis együtthatójú, kis kapacitású kondenzátorok vizsgálatánál jelentkeznek.

Tegyük fel, hogy egy 25 pF-os, Tempa S kerámiakondenzátor hőegyütthatóját kell meghatározni. A Tempa S hőegyütthatója $k_t = + (30 \pm 20) \cdot 10^{-6} / C^\circ$ és $\Delta t = 60 C^\circ$. Ebben az esetben a kapacitás várható megváltozása, amit mérni kell:

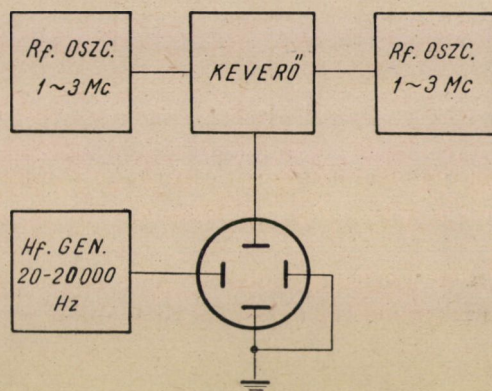
$$0,015 < C < 0,075 \text{ pF}$$

Ilyen kis kapacitásváltozást a legjobb mérőhídban sem tudunk kimutatni. Nem boldogulunk nagyfrekvenciás rezonanciamódszerrel sem, mert mérőforgókondenzátoraink leolvashatóságának alsó határa nem kevesebb 0,02 pF-nál és még ez a

leolvasási pontosság sem használható ki a rezonanciaindikátor érzéketlensége miatt. Jó megoldás ellenben a 0-lebegtetési módszer, mellyel a mérés hibája, még a legkedvezőtlenebb esetben is $\pm 10\%$ alá szorítható, ha a hibaforrásokat sikerül behatárolni és kézben tartani.

Ilyen mérőberendezés sokféle változatban építhető, de lényegében mindig két rádiófrekvencia oszcillátorból, keverő és erősítő fokozatból, hangfrekvencia generátorból és — indikátorként — egy katódsugárcsőből áll.

A mérés elvileg igen egyszerű. Az egyik rádiófrekvenciás oszcillátor hangolókondenzátorához párhuzamosan kapcsoljuk a vizsgálandó anyagból kiala-



2. ábra. Mérőberendezés dielektromos állandó hőegyütthatójának méréséhez

kított C_x kondenzátort és befedjük egy árnyékoló dobozzal. A két oszcillátor különbségi frekvenciáját a katódsugárcső egyik, a hangfrekvencia generátor rezgéseit pedig a katódsugárcső másik lemezpárjára vezetjük. A katódsugárcső ernyőjén Lissajous ábra keletkezik. Amint C_x hőmérséklete stabilizálódott, 0-lebegést állítunk be. Az árnyékoló dobozt kicseréljük egy teljesen hasonló geometriai és elektromos méretű termosztáttal és C_x -et felmelegítjük. Az oszcilloszkóp ernyőjén jól megfigyelhető C_x kapacitásváltozásának megfelelő frekvenciaváltozás. Stabilizálódás után ismét 0-lebegést állítunk be a hangfrekvencia generátorral. A t_1 és t_2 hőmérsékleten a 0-lebegés beállítása alkalmával a hangfrekvencia generátorról leolvasott f_1 és f_2 frekvenciák különbségéből $f_2 - f_1 = \Delta f$ -ből ΔC kapacitásváltozás egyszerűen számítható.

$$\Delta C = C_0 \frac{2\Delta f}{f_0} \quad 7.$$

ahol C_0 a mérőkör összes kapacitása, C_x -nek t_1 hőmérsékleten mért értékét is beleszámítva,

f_0 a mérőkör — C_0 -hoz tartozó — frekvenciája,

$$\Delta f = f_2 - f_1$$

Ez azonban csak az elv. A gyakorlatban több hibaforrás jelentkezik, melyek miatt a mérés a legtöbb esetben teljesen meghiúsulhat. A hibaforrások a következők:

1. rádiófrekvenciás oszcillátorok frekvenciastabilitása,
2. hangfrekvencia generátor frekvenciastabilitása,
3. C_x bekötővezetékei között fellépő járulékos kapacitás stabilitása,
4. C_x és az árnyékolás között fellépő járulékos kapacitás stabilitása.

Vegyük sorra az egyes hibalehetőségeket. A 2. ábrán vázolt berendezés a legegyszerűbb felépítésűek közé tartozik. Bonyolultabb mérési összeállítások — a frekvenciaállóság érdekében — az egyik rádiófrekvenciás oszcillátornak kristályoszcillátort választanak. A mérőoszcillátor azonban ilyen esetben sem lehet kristályvezérlésű, mert C_x kapacitását minden esetben ki kell egyenlíteni. Az ilyen megoldások esetében tehát minden körülmények között jelentkezni fog a kétféle rendszer stabilitáskülönbségének megfelelő különbségi frekvenciaváltozás. Helyesebbnek látszik tehát két, minden tekintetben azonos LC oszcillátort építeni, ezeket külön-külön igen gondosan árnyékolni, de közös termosztátba helyezni. Ha még a rezgőköröket kerámiatestre égetett ezüst tekercsekből és egyetlen fémtömbből mart forgókondenzátorokból állítjuk össze, akkor — gondos méretezést tételezve fel — elérhető az $1 \sim 3 \cdot 10^{-5}$ abszolút és ami számunkra ennél sokkal fontosabb, $1 \cdot 10^{-6}$ relatív frekvenciaállóság. Bár a hálózati feszültség ingadozásai és a külső hőmérséklet változásai ebben az esetben is érezeteni fogják hatásukat, de ez a hatás mindkét oszcillátornál — éppen, mert minden tekintetben egyformák — igen közel azonos változást fog okozni, azaz a frekvenciakülönbséget nem befolyásolja. A mérés során beálló frekvenciaváltozás tehát, még a példaképp felvett igen kedvezőtlen esetben is, C_x változásának lesz a függvénye.

Kristályoszcillátor alkalmazása esetén még egy, bár kisebb jelentőségű hátránnyal kell számolni. A 7. összefüggésből látható, hogy azonos nagyságú ΔC kapacitásváltozáshoz bizonyos határig annál nagyobb Δf frekvenciaváltozás tartozik, tehát annál pontosabban határozható meg ΔC , minél kisebb C_0 . Márpedig kristályoszcillátor alkalmazása esetén a mérőkör kapacitását akkor is maximális értéken kell tartani, amikor C_x kis kapacitása miatt célszerű lenne a mérőkör kapacitását csökkenteni.

A hangfrekvenciagenerátor állandóságát aránylag könnyen biztosíthatjuk, ha erre a helyre olyan RC generátort használunk fel, melynek minden olyan kapcsolási elemét, ami a beállított frekvenciára befolyást gyakorolhat, termosztátba helyeztük. Ha azután a termosztátokat $\pm 0,1$ C°-on belül állandó hőmérsékleten tartjuk, akkor a tápfeszültségek és a környezet hőmérsékletváltozásai Δf mérésében a legkedvezőtlenebb esetben sem fognak $\pm 1\%$ -nál nagyobb hibát okozni.

Súlyos hibát okozhat C_x két bekötővezetéke között, valamint C_x és a termosztát között kialakuló szórt kapacitás, illetőleg ezek mérés közben beálló változásai. Ennek a hibának csökkentése érdekében a rádiófrekvenciás oszcillátorokat úgy kell elrendezni, hogy C_x a lehető legrövidebb és főleg szilárd vezeték-párral csatlakozzék a mérőkörhöz és a mérés alatt semmiképp se mozdulhasson el. Ugyanakkor gondoskodni kell arról, hogy ez a vezetékpár ne vezethessen számottevő hő egyik irányban sem C_x termosztátja és a mérőkör forgókondenzátora között, mert ez meghiúsítaná minden — a mérőkör hőstabilizálására irányuló — fáradozásunkat.

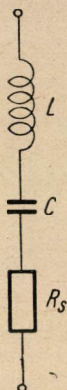
A termosztát és C_x között kialakuló szórt kapacitás csak akkor tartható a mérés alatt változatlan értéken, ha hideg és meleg termosztátjaink tökéletesen azonos geometriai és villamos méretűek és tizedmilliméternyi pontossággal illeszthetők egymás helyére, vagy ami még ennél is jobb, egyetlen termosztátot használunk, amit tetszés szerinti hőfokra állíthatunk be a szükséges határok között és a mérés alatt nem vesszük le C_x -ről. Ez az utóbbi eljárás azzal az előnnyel jár még, hogy C_x sem mozdulhat el a mérés tartama alatt s így valóban minden szórt kapacitást állandó értéken tarthatunk.

Ha sikerül ezeket a megfontolásokat maradéktalanul átültetni a gyakorlatba, a mérés hibáját általában $\pm 2\%$, de a legkedvezőtlenebb esetben is $\pm 5\%$ alá szoríthatjuk.

A harmadik érdekes mérési feladat kiskapacitású stiroflex kondenzátorok vizsgálata alkalmával merült fel. Olyan kondenzátorokat kellett vizsgálni, amelyekben a kivezető huzalokat egyszerűen ráfektették az alumíniumfóliára és a stiroflex zsugorítása során keletkező nyomás szorította össze a kivezetőket a fegyverzetekkel. Az alumínium felületén mindig jelenlevő oxidréteg azonban nem minden ilyen esetben sérül meg kielégítő mértékben, azaz nem keletkezik az alumíniumfólia és a kivezető között minden esetben kielégítő érintkezés, illetőleg a kezdetben kifogástalannak mutakozó érintkezés idővel elromlik. Ilyen esetekben a fegyverzet és a kivezetők között az átmeneti ellenállás lényegesen megnő és ezzel arányosan romlik a kondenzátor veszteségi tényezője is. Pedig ezeknek a kondenzátoroknak az alkalmazási területén sohasem közömbös a veszteségi tényező nagysága és különös súllyal esik latba, ha egy ilyen kondenzátort rezgőkörbe kívánunk beépíteni. A rezgőkörökben fellépő általában kicsiny, igen gyakran μV nagyságrendű feszültség nem tudja átütni az oxidréteget, ennélfogva a rezgőkör jóságai tényezője a számított értéknél lényegesen rosszabb lesz, holott Schering-hídban ismételtelen kifogástalannak mérjük a kondenzátort.

A kontakt kivezetésű styroflex kondenzátor ilyen viselkedésének két oka van. Az egyiket, ti. a rezgőkörökben fellépő igen kis feszültséget, már említettem. Ugyanakkor azonban a mérőhidat hat nagyságrenddel nagyobb feszültséggel tápláljuk, ami már elroncsolja az oxidréteget és jó átmeneti vezetést biztosít magának, igen gyakran csupán a mérés tartamára. A másik ok is a szokásos mérési módszerből ered. Schering-hidban előszeretettel mérünk 1000 Hz hangfrekvenciás

váltófeszültséggel, mert ezen a frekvencián a fül és a telefonhallgató együtt igen érzékeny és főleg szelektív nulladetektor. Nem megvetendő előny az sem, hogy ezen a frekvencián még alig okoz gondot a berendezés árnyékolása. Pedig éppen az 1000 Hz mérőfrekvenciával van baj. Jó stiroflex kondenzátor veszteségi



3. ábra

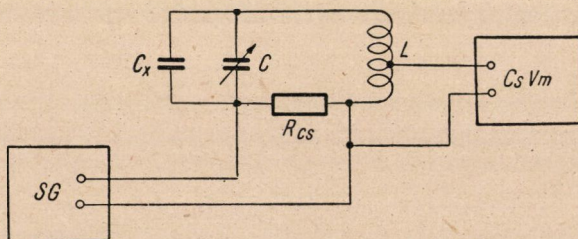
tényezője $\operatorname{tg} \delta = 1 \cdot 10^{-4}$ érték körül mozog és alig függ a frekvenciától. Ha a kondenzátor veszteségeit egy soros ellenállással realizáljuk, akkor

$$\operatorname{tg} \delta = \omega C R_s \quad 8.$$

honnan

$$R_s = \frac{\operatorname{tg} \delta}{\omega \cdot C} \quad 9.$$

ahol R_s soros ellenállás a kondenzátor összes veszteségeit magában foglalja és jelképezi.

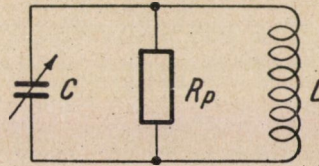


4. ábra

Legyen pl. $C = 1 \cdot 10^{-10}$ farad és a mérőfrekvencia $1 \cdot 10^3$ Hz, akkor $R_s = 300$ ohm. Ha viszont a mérőfrekvenciát $f = 1 \cdot 10^6$ Hz értékre választjuk,

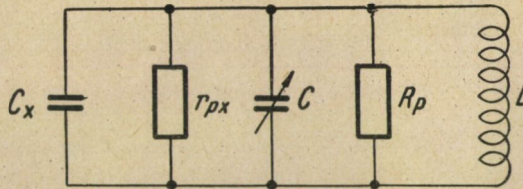
akkor $R_s = 0,3$ ohm. Látható, hogy a példaképp felvett esetben 1 ohm átmeneti ellenállás $1 \cdot 10^6$ Hz-en négyszeresére növeli a veszteségi tényezőt, míg $1 \cdot 10^3$ Hz-en ki sem mutatható a hatása. Nagyobb kapacitású kondenzátorok esetében lényegesen jobb a helyzet, mert R_s fordítva arányos a kapacitással.

Az elmondottak miatt $C \leq 1 \cdot 10^{-9}$ F kapacitású kondenzátorok kivezetéseinek érintkezési bizonytalanságát rezgőkörben célszerű vizsgálni a 4. ábrán vázolt módon.



5. ábra

Ez tulajdonképpen a közismert Q-mérők alapkapcsolása, mégis a száltében használt Q-mérők a vizsgálat elvégzésére nem alkalmasak. Célszerű azonban a mérőkört egy Q-mérő megfelelő részeinek felhasználásával kialakítani, mert így minden nehézség nélkül meghatározhatjuk a szelektív csővoltmérő bemeneti ellenállásával terhelt mérőkör Q-ját s ebből kiszámíthatjuk azt az R_p ellenállást, ami a mérőkör összes veszteségeit magában foglalja s amire később szükségünk lesz.



6. ábra

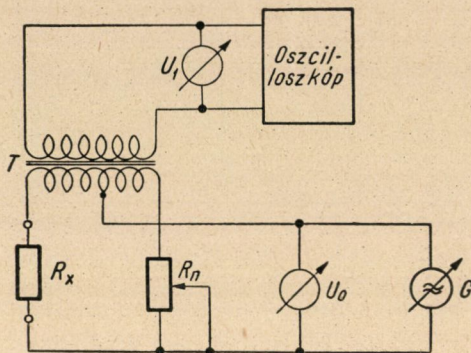
A mérőkör jósági tényezője: $Q \geq 250$ legyen. $Q = 300$ még elérhető kerámiatestre égetett ezüst tekercs és fémtömbből mart, kevés és jó szigetelőanyag felhasználásával épített légszigetelésű forgókondenzátor felhasználásával. A mérés természetesen csak akkor lesz kielégítően pontos, ha a csővoltmérő bemeneti ellenállása sem rontja a kör jósági tényezőjét $Q = 200$ alá. Éppen ezért a csővoltmérőt a tekercs megfelelő leágazására kapcsoljuk. A mérés az alábbiak szerint történik:

1. Meghatározzuk R_p értékét a Q-mérő segítségével.
2. Az LC mérőkört függetlenítjük a Q-mérőtől és szignálgenerátorból, az R_{cs} csatolóellenállás segítségével akkora feszültséget adunk rá, hogy — pontos összehangolás után — a szelektív csővoltmérőn teljes kiütést (U) kapjunk.

3. A vizsgálandó C_x kapacitást párhuzamosan kapcsoljuk C -vel.

Ezzel bevittünk a mérőkörbe egy r_{px} ellenállást is, ami további csillapítást okoz.

4. A mérőkör forgókondenzátorával ismét rezonanciára hangolunk, de most — a körbe bevitt r_{px} veszteségi ellenállás miatt — csak egy $U' < U$ kiütést fogunk a csővoltmérőn észlelni.



7. ábra

A mérések eredményeinek ismeretében felírhatjuk az alábbi összefüggéseket :

$$Q = k \cdot U = \frac{R_p}{\omega \cdot L} \quad 10.$$

és

$$Q' = k \cdot U' = \frac{R_p \cdot r_{px}}{R_p + r_{px}} \cdot \frac{1}{\omega \cdot L} \quad 11.$$

A 10. összefüggést 11-gyel osztva nyerjük

$$\frac{U}{U'} = \frac{R_p}{r_{px}} + 1 \quad 12.$$

honnan

$$r_{px} = \frac{R_p}{\frac{U}{U'} - 1} \quad 13.$$

és a vizsgált C_x kapacitás μV nagyságrendű feszültségen mért veszteségi tényezője

$$\text{tg } \delta = \frac{1}{\omega \cdot C_x \cdot r_{px}} \quad 14.$$

A helyes eredmények biztosítása érdekében azonban még további megfontolásokra van szükség. C_x sarkain nem választhatjuk tetszés szerint kicsire a feszültséget. Ennek határt szab egyfelől a szelektív csővoltmérő érzékenysége, másfelől a csővoltmérő saját zaja. Az érzékenységgel ritka esetben lesz baj; keményebb dió a csővoltmérő saját zaja, ami 1 MHz-en többrácsos keverőcsővel kezdődő csővoltmérőknél, a legkedvezőbb esetben sem csökkenthető $10 \mu\text{V}$ alá. Pedig, ha a 10. és 11. összefüggések érvényességét fenn akarjuk tartani, legalább 10 : 1 jel-zajviszonyt kell beállítani, azaz C_x sarkain semmiképp sem csökkenthetjük a feszültséget $100 \mu\text{V}$ alá. Ha tehát erre mégis szükség lenne, vagy nem elégszünk meg r_{px} mérésénél 10%-nál nagyobb hibával, akkor meg kell emelni a mérőfrekvenciát egy nagyságrenddel és olyan szelektív csővoltmérőt kell választani, amelyikben a keverőfokozatot kis zajú, hangolt rádiófrekvenciaerősítő előzi meg.

Mint előljáróban említettem, előadásomban az alapmennyiségek igen kicsi megváltozásának — a szigorú követelményeknek megfelelő — mérés technikai problémáira kívántam a három kiválasztott példában rámutatni.

HOZZÁSZÓLÁSOK

DALLOS ANDRÁS

Rátkay György előadásában, egyebek között, ellenállások finomsajátságainak méréséről volt szó. Ezzel kapcsolatban a rétegellenállásokon észlelt egyenirányítási effektusra kívánom a figyelmet felhívni.

Kísérleteink során szükségessé vált meghatározni bizonyos rétegellenállások impedanciájának valós részét az ultrarövid hullámtartományban. A méréseket rezgőkörökön, a rezonancia elvének felhasználásával végeztük. Az ellenállásokat a rezgőkörre kapcsoltuk, majd — mérés után — „polaritásukat” megcseréltük. A két mérés 5—10% — reprodukálható — eltérést mutatott a valós ellenállásokra nézve anélkül, hogy a rezonancia állapota megváltozott volna.

A jelenség magyarázható volt azzal, hogy egyfelől a rezgőkörön mutatkozó váltófeszültség aszimmetrikus volt, másfelől az ellenállások egyenirányító hatást mutattak. Az egyenirányító hatást egyenáramú vizsgálattal észlelni nem sikerült.

DEÁK PÁL

Az előadó által ismertetett mérési összeállításokhoz hasonló méréseknél szerzett tapasztalatokról kívánok néhány szóval beszámolni, hogy az előadottak gyakorlati használhatóságát alátámasszam.

1. Rétegellenállások feszültségfüggőségének vizsgálatát mintegy 5 éve végezzük a Villamosipari Vizsgáló Állomáson, állítható szélességű egyenáramú impulzusokkal. Az impulzusadó mechanikus. Az indikációt nagyérzékenységű galvanométerrel, mint fluxméterrel végezzük. Az impulzus szélesség változtatásának, az impulzus alatti melegedés megítélése szempontjából fontos szerep jut. Az ellenállásmérés pontossága $10^{-4} \sim 10^{-5}$ nagyságrendű. A feszültségi tényező $10^2 \sim 10^6$ Ohm értékek között jól mérhető.

2. Kondenzátorok kapacitásának hőfüggőségét 1950 óta, nálunk is az ismertetetthez hasonló módon felépített összeállítással vizsgáljuk. A hőokoza frekvenciaváltozást mutató frekvenciamérő műszerrel mérjük. A hőmérséklet gyors beállítása egy, a hajszerítőkhöz hasonló készülékkel, a fűtés szabályozásával, vagy kikapcsolásával, tág határok között lehetséges anélkül, hogy a mérővezetékekhez képest valamilyen geometriai változás előállhatna. Ez a hőfok-együttható helyes mérésének legfontosabb feltétele.

Az összeállításban 3 MHz-es oszcillátorokkal 5 Hz rövid idejű stabilitást értünk el. A frekvenciakülönbséget $1 \sim 2\%$ pontossággal lehetett leolvasni.

3. Műanyagzigetelésű kondenzátorok veszteségi tényezőjének megbízható mérése, az ismertetett okok miatt, a szokásos körjóságmérő berendezésekkel nem lehetséges.

A mérő összeállításban egy kisvesztésű, sok leágazású tekercsel képeztünk rezgőkört. Ennek a körnek egy, megfelelően alacsony impedanciájú pontjára egy nagy érzékenyséű rádió vevőkészülék bemenő rácskörét kapcsoltuk és a kondenzátor veszteségi tényezőjét egyszerű helyettesítési módszerrel, állandó csatolás mellett, a vevőkészülék kimenetére kapcsolt indikáló műszer kitéréséből határoztuk meg.

A mérendő kondenzátort a tekercs szélső pontjaihoz kapcsoltuk. A mérőkört rezonanciára hangoltuk és az indikátorműszer kitérését leolvastuk. A mérendő kondenzátor kikapcsolása után a mérőkört ismét rezonanciára hangoltuk és az indikátorműszer előbb leolvasott kitérését megfelelő nagyságú csillapító ellenállás bekapcsolásával ismét beállítottuk. A veszteségi tényező a csillapító ellenállás, a kör kapacitások és a frekvencia ismeretében számítható.

A kondenzátorokra adott $50 \mu\text{V}$ feszültség esetében $1 \sim 2 \cdot 10^{-4}$ veszteségi tényező mérése 20% pontossággal volt ismételhető. A mérést csak árnyékoló fülkében lehetett végrehajtani.

A felsorolt mérések közös jellemvonása, hogy nem egycélú készülékkel, hanem egy általános híradástechnikai laboratórium felszereléséből esetenként felépített mérő összeállítással voltak megoldhatók.

KATONA JÁNOS

A réteg és tömörellellások feszültségfüggésének híradástechnikai jelentőségét kívánom kiemelni. Korszerű rétegellellások feszültségi tényezője rádióminőség esetén legfeljebb 0,005%, műszerminőség esetén pedig legfeljebb 0,001%V lehet.

Az Ohm törvénytől való eltérés váltakozóáramú jelek esetén jeltorzításban nyilvánul meg. Ennek a jelenségnek a kihasználásával, a legutóbbi időben, Lous és Rosenthal kidolgoztak egy olyan mérési elvet, ami már tömegmérésre is alkalmas.

E módszert kívánom röviden ismertetni.

G = hangfrekvencia generátor, vagy hálózat

R_x = vizsgálandó ellenállás

R_n = ismert huzallellállás

U_0 és U_1 = csővoltmérő

T = differenciáltranszformátor

$$k_f = a \frac{U_1}{P} = a \frac{U_1}{\left(\frac{U_0^2}{R}\right)} \%/\text{volt}$$

a = a készülék állandója.

A feszültségfüggő ellenállást differenciálhídiban összehasonlítjuk egy, az Ohm-törvényt elég jól követő változtatható huzallellállással. A híd alacsonyfrekvenciájú váltakozóárammal tápláljuk az ellenállás nominális feszültségének megfelelő értékkel. A híd R_x feszültségfüggő karakterisztikája miatt nem sikerül kiegyenlíteni, mert az harmonikusokat is fog termelni. A magasabb (4, 5 stb.) harmonikusok elhanyagolásával kimutatható, hogy a differenciálhíd szekunderkörében elhelyezett U_1 csővoltmérő feszültségének és a hídba táplált P energiának aránya egyenesen arányos a feszültségi tényezővel. A mérés pontossága ezzel a módszerrel 0,0001%/V feszültségi tényező kimutatására alkalmas. Azonos típusú ellenállások vizsgálata esetén U_1 csővoltmérő közvetlenül a feszültségtényező értékeire kalibrálható és üzemi tömegmérésekre is alkalmas.

A feszültségi tényezőnek az üzemi gyártásban való kontrollmérését fontosnak látjuk, mert a feszültségi tényező ingadozása a gyártás egyenletességének jellegzetes mutatója. Vizsgálataink azt mutatták, hogy egy gyártási sorozaton belül a feszültségi tényező ingadozása, szórása az ellenállások későbbi viselkedésére is sok szempontból jellemző. Az Ohm-törvénytől való eltérés okait a réteg- és tömörellellások szemcsés szerkezetében kell keresnünk. Az egyes szemcsék kontaktusainak átmeneti ellenállása nem követi Ohm törvényét és a feszültségi tényező emelkedése jellegzetesen mutatja a kontaktus jelenségek ingadozását. A gyártás minőségének javítása céljából ezért helyes e tényező gyakori figyelése és szűk határokon belül tartása.

RÁTKAY GYÖRGY válasza:

Deák Pál és Katona János kartársak értékes hozzászólásaikkal előadásomat kiegészítették. Ezért köszönetemet fejezem ki. Az ő hozzászólásaikhoz nincs mit hozzátennem. A Dallos kartárs által felvetett egyenirányítási jelenséghez hozzászólni nem tudok, mert az említett jelenséggel én még nem találkoztam, valószínűleg ugyanazon okok miatt, mint amiket a kontaktívvezetésű stiroflex-kondenzátorok mérésével kapcsolatban említettem.

KUTATÁSI EREDMÉNYEK BEVEZETÉSE AZ IPARBA*

ÁCS ERNŐ

kétszeres Kossuth-díjas, a műszaki tudományok doktora

A hároméves és az első ötéves terv főfeladatainak teljesítése során iparunk nagy fejlődésen ment keresztül. Hazánk agrár-ipari országból ipari agrár országgá vált. Dolgozó népünk ezt a forradalmi átalakulást olyan gyorsasággal vitte véghez, amilyenre sem népünk, sem a kapitalista országok történetében példa nincs. Ipari fejlődésünk menete azt mutatja, hogy műszaki értelmiségünk Pártunk politikáját, célkitűzéseit megértette és magáévá tette, a marxizmus—leninizmus elméletét nemcsak tanulmányozta, hanem a gyakorlatban jól is alkalmazta. Éppen ezért, vezetésük alatt kiváló munkásaink munkája nyomán a híradástechnikai ipar is jelentős fejlődésnek indult.

Ha a híradástechnika modern fejlődési irányát a mikrohullámú technika, a televízió, a félvezetők, a speciális mágnesek és szigetelő anyagok terén elért eredmények alapján vizsgáljuk, akkor örömmel lehet megállapítani, hogy e területen mind a kutatásban, mind a gyakorlati megvalósításban erőteljes lépéseket tettünk előre. Kutatási eredményeink, valamint gyártmányaink jelentős területen megközelítik a világszintet, egyik-másik gyártmányunk pl. a porvasmagok vagy egyes Remix-gyártmányaink pedig a világszintet el is érik.

Magától értetődő, hogy az elért eredményekkel még nem lehetünk megelégedve. A híradástechnikában a változás a leggyorsabb, a forrongás a legnagyobb, különösen az alkalmazott anyagok és alkatrészek tekintetében. Szemünk előtt bontakozott ki a szigetelő anyagok közül a PVC, a polistirol, a polietilén és a teflon versenye. Bizonyos villamos sajátságokban az előbb felsorolt sorrend egyúttal a minőségi sorrendet és a verseny győzteseinek a sorrendjeit is jelenti. Előre meg lehet mondani, hogy a sor nem zárul be a teflonnal. Megemlíthetem a szilikonvegyületek régi mértékhez viszonyított nagyszerű villamos, mechanikai, hőellenálló és hidrofób tulajdonságait. Vagy beszélhetünk a kemény mágneses anyagok hihetetlen gyorsaságú fejlődéséről. Szólni kell azokról az újabb kísérleti eredményekről, melyek alapján kb. 1% és nem is drága ötvözőanyag felhasználásával tiszta vasból is lehet jóminőségű permanens mágneset készíteni, vagy egyéb nem nemes anyagokból, mint pl. a báriumferrit mágnes.

* A Híradástechnikai Konferencián 1955. október 22-én elhangzott előadás kivonatos szövege.

A nagy dielektromos állandójú, kisveszteségű kerámikus anyagok területén szintén igen gyors a fejlődés. A híradástechnika területén, amerre csak nézünk, mindenütt ezek a céltudatosan kifejlesztett anyagok, s az ezekből készített, rendszerint miniatűr-alkatrészek jellemzik a korszerű konstrukciókat. Ez a híradástechnika fejlődésének fő jellemzője.

A híradástechnika fejlesztését hazánkban is az alapanyagok és alkatrészek minőségének fejlesztésével kellett megindítanunk, s ha ebben az iparágban élre akarunk kerülni, akkor a szakadatlan kutatásnak és a leggyorsabb ipari megvalósításnak állandó gyakorlattá kell válnia. E téren nincs és nem lehet pihenés, mert ez lemaradást jelent.

Rövid idő alatt nagy utat tettünk meg és helyenként, például a Remix-gyártmányok területén, néhány évtizedes lemaradást hoztunk be. Becsületére válik a gyár dolgozóinak és vezetőinek, hogy szinte egyik napról a másikra ezeket a világszinhez mérten is jó eredményeket elérték, de becsületére válik a Távközlési Kutató Intézet és a Híradástechnikai Kutató Intézet dolgozóinak is az a nagy igyekezet, amellyel a kutatás nehézségein kívül az ipari megvalósulás útján álló akadályokat is legyőzték. Az újért való harcban a legkomolyabb támogatást nyújtották a szovjet szakemberek, valamint a minden részletre kiterjedő jó szovjet dokumentációk. A szovjet tanácsadó elvtársak aktív segítségével most nem számolhatnánk be egy sor, híradástechnikai fejlődésünk alapját biztosító jó eredményről.

A Remix-gyárban folyó eredményes harc jelentősége nemcsak az, hogy híradástechnikai gyártmányaink minőségi kérdéseit egy jelentős területen eldöntötte, hanem talán főképpen az, hogy példát mutatott arra, hogy az új megszületéséért kutatóinknak és gyárainknak egyaránt harcolniuk kell, és hogy ez a harc az érdekelték pozitív magatartása esetén eredményre vezet.

Ezzel tulajdonképpen el is értem az előadásom tárgyához, a kutatási eredményeknek az iparba való átültetése problematikájához.

Mindenekelőtt leszögezhetjük : a kutatók akarják és képesek is olyan feladatok megoldására, melyek a híradástechnikai ipar számára a legmodernebb anyagokat és alkatrészeket biztosítják. A gyárak dolgozói és műszaki vezetői akarják és képesek is a kutatók megoldásait a gyakorlatba átültetni. A tapasztalat azonban azt mutatja, hogy a kölcsönös jóakarát és jószándék ellenére az ipari megvalósítás nem megy simán és ebben a harcban a műszaki produkció nem egyszer eltörpül ahhoz a munkához képest, melyet a tunyaság, a bürokrácia, az egyéni hiúság ellen, valamint az anyagi eszközök, kisebb beruházások érdekében meg kell vívniuk. Feltehető a kérdés, mi ennek az oka. Egyszerű a válasz. Amelyik gyárban pozitívan foglalnak állást az új megvalósítása érdekében vívott harchoz, vállalva a termelési mutatók egyike-másikának átmeneti leromlását és a tömérdék gondot, azok megértették, hogy iparunk és így népünk érdekében tesznek erőfeszítéseket. Akik az ellenkezőjét teszik ennek, akik nem törődnek azzal, hogy gyártmányaik mennyire avultak már el, mennyire nem felelnek

meg a fokozott hazai és exportigényeknek, akik csak a forinttermelést és a biztos prémiumot nézik, azok nem tesznek jó szolgálatot híradástechnikai iparunk fejlődésének és nem képviselik jól népünk érdekét. Lássuk a példákat.

Az Elektronikus Mérőműszerek Gyára kellő időben megértette, hogy gyártmányai csak akkor felelnek meg a belföldi fogyasztás és a külkereskedelem igényeinek, ha ezek minősége szinte napról napra összehasonlítható a fejlett ipari államok hasonló gyártmányaival. Ezért a Műszeripari Kutató Intézet újpesti laboratóriuma szinte egyetlen olyan kutatást sem produkált, amit a gyár a legrövidebb időn belül ne igyekezett volna átvenni. Az Elektronikus Mérőműszerek Gyarának műszaki vezetői sürgették az eredményeket és szinte a kutatók kezéből vették ki az új típusokat. Ilyen magatartás tette lehetővé, hogy az EMG, mely éveken át mindig a lemaradók között volt, ez év tavaszán élüzem lett és hozzá lehet tenni, fennállásának egyetlen évében sem vezetett be annyi új gyártmányt, mint az élüzem cím elnyerése előtti évben.

Van-e abban különös vagy meglepő, hogy az a gyár, amelyik az új és korszerű eredményeket bevezeti, eredményes lesz a gazdasági mutatók megjavítása terén is? Nincs ebben semmi meglepő. Ez a természetes, és az a természetellenes, ha egy gyár műszaki vezetősége az újtól, a korszerűtől, a termelékenyebb módszerektől a termelési mutatókat félti.

Vagy nézzük a Remix-gyárat. A gyár műszaki vezetői megértették, hogy a néhány forint értékű selejtes ellenállás, kondenzátor stb. néhány ezer forint értékű rádiókészülék vagy más híradástechnikai eszköz selejtessé válását okozhatja. Ezek az elvtársak megértették, hogy főképp rajtuk múlik híradástechnikai gyártmányaink minősége. Kevés, de célszerűen felhasznált beruházással, főképp lelkiismeretességgel és szakmai szeretettel fogtak hozzá a gyártmányok korszerűsítésének munkájához. Az eredmény kiváló karbovid ellenállások, kiváló potenciométerek, kiváló kondenzátorok formájában mutatkozott meg. A Remix-gyár új termékeinek jelentős része a trópusi igénybevételt is elbírja. És ha nem lehet is minden gyártmányra a fenti jelzöt használni, a gyár rálépett arra az útra, amely a modern követelmények teljesítéséhez vezet. A gyár kapcsolata a két híradástechnikai kutató intézettel évek óta jó és egyre javul.

Ugyanilyen pozitíven lehet értékelni az Egyesült Izzó és még jónéhány gyárunk viszonyát az új bevezetéséhez. A Beloiannis-gyár komolyan és lelkesedéssel fogott hozzá a Távközlési Kutató Intézet által megkezdett mikrohullámú sokcsatornás berendezések kifejlesztéséhez. Ennek eredményeként kísérleti sorozatot gyártott. A Távközlési Kutató Intézettel összedolgozva állandóan figyelemmel kíséri és munkával, alkatrészekkel, konstrukciókkal segíti az ott folyó kutatást. Ez az együttműködés azt hozza magával, hogy a kutatás gyári szabványos alkatrészeket tud figyelembe venni és ezzel megkönnyíti és olcsóvá teszi az új gyártmány bevezetését. A Távközlési Kutató Intézet és a Beloiannis-gyár néhány televíziós problematika terén is jól tud együtt dolgozni.

Az együttműködés e pozitív eredményei mellett mint intő példát el kell

mondanom a gyár porvasmagokkal kapcsolatos negatív álláspontját. Szinte lépésről lépésre bizonyítani kellett, hogy a Váci Híradástechnikai Anyagok Gyára által készített vaspor az előírt specifikációknak megfelel. A specifikációs adatok ellenőrzését nem jól végezték a gyárban, rosszul mértek és kijelentették, hogy a vaspor nem megfelelő minőségű. Amikor a Távközlési Kutató Intézet kutatói bebizonyították, és ezt a gyár maga is elismerte, hogy a por megfelelő minőségű, akkor rossz szerszámmal és a technológiai eljárások be nem tartásával készült vasmagról mutatták ki, hogy nem megfelelő minőségű. Amikor a kutatók és a Váci gyár bebizonyították az ellenkezőjét, sőt a Beloianisz-gyárban helyes technológiával, jó szerszámmal, jó vasmagokat tudtak készíteni, akkor a gyár azzal érvelt, hogy a vasmagokra nincs is szükség. Másrészt a Beloianisz-gyár vezetői évek óta hangoztatták, hogy az export pupintekercs rendelést vaspor hiányában nem tudják teljesíteni. Ma már úgy látszik, hogy a gyár és a kutatók megtalálták a helyes kivezető utat, csak az a kár, hogy ez a kibontakozás kissé soká tartott, sok kára származott ebből népgazdaságunknak.

A kerámikus szigetelő anyagok és kondenzátorok a korszerű híradástechnikában nélkülözhetetlenek. Igen lassú azonban a kibontakozás abban az irányban, hogy híradástechnikai iparunk a kellő mennyiségű és minőségű kerámikus anyaghoz jusson. A Kőbányai Porcelángyár, melynek laboratóriumában egy kis csoport lelkesen dolgozik az új kerámikus alkatrészek megteremtésén, nem képes kellő mennyiségben és kellő egyenletességben ezeket a nélkülözhetetlen alkatrészeket előállítani. Hosszú évek tapasztalata azt mutatja, hogy a sok tárgyalás ellenére a gyár ezekre a rendkívül munkaigényes, sok gondot igénylő gyártmányokra még mindig nem fordít elegendő erőt és nem támogatja eléggé a laboratóriumot. Felsőbb szervek úgy határoztak, hogy a híradástechnikai ipar önálló kerámiai üzemet kap, de elengedhetetlenül fontos, hogy a fejlődést ebben az irányban jelentősen meggyorsítsuk.

Híradástechnikai iparunk múltja és jövője egyaránt megköveteli, hogy a korszerű alapanyagok és alkatrészek vonalán gyorsan számoljunk fel a még helyenként fennálló elmaradásunkat. E téren igen sokat várunk az elmondottakon kívül a Váci Híradástechnikai Anyagok Gyárától is, amelynek az elkövetkezendő években a híradástechnikai nagytisztaságú fémek és ötvözetek előállításában komoly szerep jut.

A kutatóintézetek és gyárak kapcsolata immár öt éves múltra tekint vissza, a TÁKI és a HIKI egyes részlegeinek kapcsolata az Egyesült Izzóval lassan már évtizedekben mérhető. Az együttműködéssel kapcsolatos jó és rossz tapasztalatokat ezen a konferencián, de az eltelt évek alatt is alaposan kianalizáltuk. Ez az analízis azt mutatja, hogy sok jó eredmény ellenére a kutató intézetek is még csak az elején vannak a jó együttműködésnek. Elég sok esetben a kutatóintézeti megoldások kiforratlanok, nem alkalmasak a nagyüzemi gyártásra, hiányoznak a félüzemi kísérletek és a kutatók elég sokszor nem tanulmányozzák kellően a megvalósító gyár félkészgyártmányait, technológiai lehetősé-

geit, szóval az olcsó és gyors megvalósítás feltételeit. Az a kezdeményezés, amely a TÁKI, a Beloiannisz és a Remix között, vagy a HIKI és az Egyesült Izzó, valamint a Remix között fennáll, még sok és lényeges tekintetben megjavítandó és elmélyítendő.

Úgy gondolom, el kellene érni, hogy minden kutatási téma kidolgozásába, a téma előrehaladásának mértékében, egyre fokozódó intenzitással kapcsolódjék be a gyár műszaki fejlesztése. Ezen a téren van javulás, de még távolról sem lehetünk megelégedve a munkakapcsolatok élénkségével.

Ipari vezető szerveink, az iparigazgatóság, a minisztérium rátértek arra az útra, hogy a kutatási témák kiadásával egyidejűleg megtervezik az ipari bevezetés feltételeit is. Ez a helyes módszer biztosítja a kutatás eredményes bevezetését, biztosítja az idővesztés nélküli bevezetést, különösen akkor, ha — amint már említettem — a kutatók a kutatás tartama alatt egyre szorosabb kapcsolatba kerülnek a gyár műszaki fejlesztési szerveivel.

Úgy gondolom, hogy ez a konferencia nagymértékben járult hozzá a kutatással és a gyári megvalósítással kapcsolatos nehézségek tisztázásához és a konferencia eredménye híradástechnikai iparunk gyorsabb fejlődésében fog megnyilvánulni.

A kiadásért felel az Akadémiai Kiadó igazgatója

Műszaki felelős: Farkas Sándor

A kézirat nyomdába érkezett: 1956. VII. 3. — Terjedelem: 14,75 (A5) ív, 75 ábra

Akadémiai Nyomda, Budapest — 39992/56 — Felelős vezető: Puskás Perenc

Megjelent a tudományos irodalomban a soproni „Közlemények (Mitteilungen, Publications)” címen idézett sorozat legújabb kötete, a

BÁNYAMÉRNÖKI ÉS FÖLDMÉRŐ- MÉRNÖKI KAROK KÖZLEMÉNYEI XVIII.

Szerkesztők: **Dr. FALK RICHÁRD** és **Dr. HAZAY ISTVÁN**

A több mint 300 oldalas kötet, számos műmelléklettel és ábrával, méltó folytatója az 1949 óta szüneteltetett sorozatnak. A kötetben angol, német, orosz nyelven közzétett 22 dolgozat közül az első a 220 éves magyarországi bányamérnökképzésről emlékezik meg. A cikkek egyébként a bányamérnöki és földmérőmérnöki karhoz tartozó tanszékek legújabb kutatási eredményeit közlik. A kötet végén közölt bibliográfia a bányamérnöki és földmérőmérnöki karok oktatóinak 1945—1955 közötti irodalmi munkásságát mutatja be.

Megrendelhető a **Műszaki Egyetemi Karok Könyvtára, Sopron, Ady Endre utca 5. címen.** A kötet ára: 100,— Ft.

Ara: 33, - Ft

A MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK
KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI
HEVESI GYULA

XX. KÖTET

3—4. SZÁM

*A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
1956. ÉVI NAGYGYŰLÉSÉN
ELHANGZOTT ELŐADÁSOK*



1957

VI. OSZT. KÖZL.

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK
KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI
HEVESI GYULA

XX. KÖTET 3-4. SZÁM

SZERKESZTŐSÉG: BUDAPEST V. NÁDOR UTCA 15.
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. Nádor utca 15.

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: 05-915-111-44), külföldi megrendelések a „Kultúra” Könyv- és Hírlap Külkereskedelmi Vállalat (Budapest VI. Népköztársaság útja 21., Magyar Nemzeti Bank egyszámlaszám: 43-790-057-181) útján eszközölhetők.

A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának kiadványa az

Acta Technica

című idegen nyelvű folyóirat.

E lap hivatott a magyar műszaki tudományok eredményeinek legjavát a külföld felé tolmácsolni. A cikkek német, angol, francia vagy orosz nyelven jelennek meg, lehetőleg a szerző kívánása 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. Nádor utca 15.

BESZÁMOLÓ

A MTA MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK MUNKÁJÁRÓL A MTA 1956. ÉVI NAGYGYŰLÉSÉN

HEVESI GYULA
AKADÉMIKUS, OSZTÁLYTITKÁR

A múlt évi osztálytitkári beszámoló óta műszaki és tudományos életünket jelentősen befolyásoló események történtek.

Még a múlt év nyarán a Szovjetunió Kommunista Pártja foglalkozott a műszaki fejlesztés kérdéseivel és megállapította, hogy bár jelentős eredmények vannak a tudomány, különösen a műszaki tudomány és az ipar fejlettsége tekintetében, mégis a szocializmus, illetőleg kommunizmus építésének meggyorsítása, valamint a kapitalista országokkal való békés vetélkedés versenyében a legdöntőbb feladat a műszaki fejlesztés kérdéseinek helyes és eddiginél lényegesen nagyobb ütemben való előrevitele. E határozatot követően, a MDP Központi Vezetősége és a Magyar Népköztársaság kormánya nyílt levélben fordult a termelésben dolgozókhoz, elsősorban a műszaki szakemberekhez. A levél megmozgatta a magyar dolgozók, műszakiak, tudósok széles tömegeit, akik műszaki életünk problémáit alaposan és önkritikus vizsgálat alá vetették. Múlt év novemberében a Központi Vezetőség kibővített ülése foglalkozott a műszaki fejlesztés kérdéseivel. A vita eredményeit határozat rögzíti, amely hosszú távlatra megszabja munkánk alapját.

Ez év februárjában ült össze Moszkvában a Szovjetunió Kommunista Pártjának XX. Kongresszusa, amelyen Bulganyin elvtárs ismertette a Szovjetunió 6. ötéves tervének irányelveit és feladatait. A XX. Kongresszus ezen túlmenően, elvi kérdések síkján is rendkívül sokat adott a tudomány, a technika embereinek és munkájukat különösen előtérbe helyezte.

Azóta hazánkban is megjelentek a 2. ötéves tervünk irányelvei, amelyet a párt és a kormány hozzászólásra a dolgozók elé terjesztett.

A Magyar Tudományos Akadémia azzal is kifejezte a maga részéről a műszaki fejlesztés fontosságát, hogy ez évi nagygyűlése keretében a központi előadás a műszaki tudományok jelentőségéről szökö „Az ipar műszaki fejlesztésének tudományos megalapozása” címmel. Az osztálytitkári beszámolóban tehát nem látszik szükségesnek az elvi kérdésekkel részletesebben foglalkozni. Ezért főleg azokra a kérdésekre kívánok kitérni, amelyek csupán az Osztály helyzetére és feladataira vonatkoznak.

Hazánkban a felszabadulás után kifejlődött az ipari kutatóintézetek hálózata. Ugyanakkor ezt a fejlődést nem követte megfelelően a gyári laboratóriumok fejlesztése és különösen elmaradt az alapkutatásokat végző szektor. Az ipari kutatóintézetekre így végeredményben sokszor az a feladat hárul, hogy az alapkutatásoktól az ipari bevezetésig, minden munkát elvégezzenek. Figyelembe véve azt a körülményt, hogy az országos termelés volumenjéhez képest aránylag csekély erőt fordítottunk kutatásra, érthető módon a műszaki fejlődésünk üteme és színvonala nem kielégítő. Az elmaradás mértéke különösen jelentős az alapkutatások területén.

Többen az alapkutatásokkal kapcsolatos elmaradottságunkat azzal magyarázzák, hogy a nemzetközi együttműködés kialakulásáig nem célszerű nagyobb anyagi és szellemi erőfeszítéseket tenni, mert lehetséges, hogy a munkamegosztásnál ezt, vagy azt a szakterületet más ország fogja megkapni. Ez az álláspont helytelen. Az országok közötti munkamegosztás szempontjából nyilván súlyosan fog latbaesni az a körülmény, hogy az érdekelt országok az egyes területeken milyen eredményeket értek el már és milyen személyi adottságokkal rendelkeznek. Különösen olyan ipari nyersanyagokban szegény országnak, mint hazánk, igen fontos az alapkutatásoknak a lehető legszélesebb keretek között való fejlesztése, hogy ezzel saját nyersanyaghelyzetének megfelelő bázist építhessen ki magának.

A műszaki alapkutatások elhanyagolása nem tűrhető tovább, mert ez a jövőbeni (3—10 év múlva) műszaki színvonalunkat, versenyképességünket, az életszínvonalat súlyosan befolyásolná. Szükséges ez azért is, hogy lehetővé tegye olyan kiváló felkészültségű tudósok kiképzését, akik az ipari és gyári kutatás irányítását megfelelő tudományos színvonalon biztosítani tudnák.

Az az elképzelés, hogy a kutatói bázist esetleg az ipartól átveendő intézetekkel lehetne megteremteni, nem látszik helyesnek, mivel olyan kutatóintézete az iparnak nincs, amelyet teljes egészében, vagy legalább nagymértékben alapkutatásra át lehetne szervezni a mindennapi műszaki feladatok gondozásának sérelme nélkül. Lehetőségünk van arra, hogy egyes kutatóintézetekben akadémiai részleg létesíthető. A lehetőségek szerint ezzel a jövőben élni is kívánunk. Ezek az akadémiai részlegek azonban a megoldandó problémáknak csak kis részével foglalkoznának és így alapjában véve az Akadémia Műszaki Tudományok Osztálya számára elkerülhetetlen az alapvető kutatások céljait szolgáló műszaki intézetek létesítése és a tanszéki kutatások nagyobb mértékben való támogatása.

Áttekintve a feladatokat, ebben az irányban a Műszaki Tudományok Osztálya már el is indult, noha az intézeti bázist még igen gyengének kell tekinteni. A *Méréstechnikai és Műszerügyi Intézet* feladata túlnyomórészt másodlagos jellegű: más helyeken folyó kutatások támogatása műszerekkel, illetve mérés technikai tanácsadással. Ilyen módon a Méréstechnikai Intézetben folyó kutatómunka ugyan műszaki jellegű, de igen nagy százalékban elsősorban az

ipar, vagy más tudományágazatok, mint pl. biológiai, orvostudomány stb. céljait szolgálja. Ezek után nyilván nem várható a Méréstechnikai és Műszerügyi Intézettől, hogy a Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának alap kutatási problémáit egyedül megoldja.

Az Akadémia geodéziai, geokémiai, geofizikai és automatizálási laboratóriumai a saját szakterületük tudományterületeivel foglalkoznak. Létszámuk és anyagi eszközökkel való ellátottságuk, sajnos, ezen intézetek számára sem biztosít szélesebb keretek között folyó kutatási munkalehetőségeket.

A Műszaki Tudományok Osztályának vezetősége nagy erőfeszítéseket tett az elmúlt években, hogy az aránylag kevés céltámogatást és beruházást ne aprózza széjjel. Ezért a céltámogatott tanszékek létszámát csökkentette. Semmi esetre sem lehet jelenleg messzemenően kielégítőnek tartani azt a támogatási keretet, amelyet a Tudományos Akadémia tanszéki kutatások rendelkezésére tud bocsátani, különösen akkor nem, ha figyelembe vesszük, hogy a tanszékekre milyen kutatási feladatok hárulnak.

Áttekintve az ország adottságait, feladatainkat és világszerte folyó tudományos fejlődést, különösen fontos, hogy a szilárd testek, fémek és félvezetők fizikájával foglalkozó *Műszaki—Fizikai Intézetet* mennél hamarabb létrehozzuk. A kutatásoknak mielőbbi elindítása rendkívül jelentős lenne a híradástechnika és metallurgia fejlesztése, valamint a lemaradások behozása szempontjából. Az Intézet fokozatos továbbfejlesztése során a műszaki fizika rokon ágaira eső tudományos kutatást is itt kell majd kifejleszteni.

A továbbiakban szükséges lenne az Akadémia keretein belül megszervezni az *Elméleti Mechanikai Technológiai Intézetet*, amelynek elsősorban a fémek megmunkálásával kapcsolatos alap kutatásokkal kellene foglalkoznia. Fémek képlékeny alakításával és forgácsolásával történő megmunkálása fém- és gépiparunk alapvető művelete. E munkálatokkal kapcsolatban az egész világon igen széleskörű és intenzív ipari-tudományos kutatás folyik, amely kutatás mind a megmunkálás, mind a gépszerkesztés és gyártás terén igen nagy eredményeket hozott. Nálunk e tudománynak nemcsak az alap kutatási, hanem ipari kutatási része is még csak csírájában van meg.

Nincs úgyszólván a műszaki tudományoknak olyan területe, amely valamilyen alakban ne lenne mechanikai kérdésekkel kapcsolatban. A műszaki mechanika elvi kérdéseinek művelése — noha hazánkban jelentős tradícióval rendelkezik — még sincs arányban a szükségletekkel. Helyes lenne olyan intézet létesítése, amely sztatikával, dinamikával, rugalmas testek mechanikájával, talajmechanikával, folyadékok és gáznemű testek dinamikájával foglalkoznék. Az intézet működési területe lényegében véve minden műszaki ágazat alapkérdéseire kiterjedne és mindegyiket kiszolgáltatná.

Fenti alap kutatásokat végző intézeteken kívül szükség lenne a Műszaki Tudományok Osztályának *Építési és Közlekedéstudományi Intézetre*, az Áramlás-tani Laboratóriumnak akadémiai intézetté való kiépítésére, továbbá a már meg-

levő akadémiai Geofizikai, Geokémiai, Geodéziai és Automatika Kutató laboratóriumaink megfelelő továbbfejlesztésére. Ez intézetek létesítését a második öt éves terv folyamán kell megindítani és a tanszéki céltámogatások mértékét és irányát oly módon kell megszabni, hogy a harmadik öt éves terv keretében a jelenlegi tanszéki csoportokból még további akadémiai műszaki intézetek legyenek kialakíthatók.

Az egyes szakterületek helyzetéről a következőket jelenthetjük :

A geológia és geokémia területén az ELTE Földtani Intézetében VADÁSZ ELEMÉR akadémikus vezetésével nemzetközi viszonylatban is jelentősek a halimbai bauxitképződésről talált eredmények, valamint a löszvizsgálati kutatások. Említésre méltó a bauxitképződés egyes vitás kérdéseinek eldöntésére hivatott bauxit-pollenvizsgálat (a kőzetben található virágpormaradványok vizsgálata), amely a bauxit keletkezésére vonatkozóan ad az eddigiektől eltérő, új megállapításokat.

A budapesti Műszaki Egyetem Ásvány—Földtani Tanszéke VENDL ALADÁR akadémikus irányításával az elmúlt évben is folytatta a műszaki vonatkozású földtani és kőzettani vizsgálatokat. A szulfátos betonkorrozó megállítására irányuló kutatások tovább haladtak mind a terepen, mind a laboratóriumban. A Kőzetmechanikai és Kémiai Laboratórium főleg bazaltok rugalmasságának és mállásának vizsgálatával foglalkozott. Az e téren elért eredményeket ismerteti VENDL ALADÁR nagygyűlési beszámolója.

A soproni Műszaki Egyetem Földtan—Teleptani Tanszéke a magmás eredetű érc- és kőzettartományok összefüggésének vizsgálatával kapcsolatban elvégezte az ionhelyettesítést jellemző Pauling—Ahrens ionrádiusok értékelését. A helyettesítési index bevezetéséről, mint jelentős tudományos eredményről, az Acta Geologica is beszámolt.

A Földtani Főbizottság együttműködésben az Országos Földtani Főigazgatósággal, részletesen kidolgozta az állami földtani kutatások új szervezetét és az akadémiai földtani munkálatokat teljes egészükben beillesztette az országos földtani kutatásokba, amelyeknek egyidejűleg megállapította a fontossági sorrendjét is.

Az akadémiai *Geokémiai Kutató Laboratórium* SZÁDECZKY-KARDOSS ELEMÉR akadémikus vezetésével, együttműködésben az Állami Földtani Intézettel, nemzetközi viszonylatban is említésre méltó eredményt ért el azzal, hogy sikerült kidolgoznia a lépöves rendszert és sikerült megoldania a komlói feketeköszénkincs-réteg párhuzamosítását, valamint lépöv-elkülönítését. A kérdés gyakorlati jelentősége hazánk kohókoksasz ellátása szempontjából igen nagy. A komlói köszénkincs számos rétege ugyanis nem egyenletes minőségű és a szénvagyonnak csak egyes részletei alkalmasak a kohókoksasz gyártáshoz szükséges szénminőség kitermelésére. A lépöves rendszer kidolgozása előtt hosszadalmas és a gyakorlat igényeinek nem megfelelő módon lehetett a termelés irányításához szükséges minősítéseket elvégezni.

A *Geokémiai Főbizottság* értékelte a különböző szerveknél (Állami Földtani Intézet, Bányászati Kutató Intézet, Nehézszerkezet Kutató Intézet, Pécsi és Komló Tröszt laboratóriumai) végzett kohókokszt — kőszén vizsgálatokat és az eddig elért bányászati és kőszénminősítési eredmények alapján meghatározta a további rendszeres kutatások irányelveit. A Főbizottság ezenkívül foglalkozott a rudabányai vasércbányászattal, továbbá a tornaszentandrás vasérc és a perkupai gipsz-előfordulás vizsgálatával és helyszíni kiszálláson közvetlen irányítást adott a kutatás folytatására, a telepek genetikai értékelésére, az 1000 m-es mélyfúrás telepítésére és az ezzel kapcsolatos távlati kutatásra. Ennek Magyarország vasérc ellátása szempontjából döntő jelentősége van.

1956 tavaszán a *Geokémiai Főbizottság* az Építőanyagtudományi Főbizottsággal karöltve, kézbe vette a hang- és hőszigetelő panelek alapanyagának, a perlitnek az ügyét. A perlit tudvalevőleg olyan ásvány, amely pattogtatással lazább szerkezetűvé tehető, és ezzel még könnyebb (apróüreges) építőanyag készíthető belőle. Ezért ennek az anyagnak a felhasználása népgazdaságunk — elsősorban a lakóházépítkezések és üzemépületek szempontjából nagy jelentőségű.

Megállapította, hogy ebből az anyagból jelentékeny exportot is lehetővé tevő készlet áll rendelkezésre, a legjobb amerikai anyaghoz hasonló minőségben. Felhasználására vonatkozóan részletes jelentést tett az Országos Műszaki Fejlesztési Tanács részére.

A *geofizika* területén az *ELTE Geofizikai Tanszéke* EGYED LÁSZLÓ egyetemi tanár vezetésével az előző években felállított újabb földmodell-elméletet részleteiben is igazolta.

Az Akadémia *Geofizikai Kutató Laboratóriuma* KÁNTÁS KÁROLY lev. tag vezetésével tovább fejlesztette a tellurikus kutatás elméletét és módszertanát. A Laboratórium megszerkesztette a tellurikus áramok — a földben folyó természetes villamosáramok — mérésére szolgáló műszerkocsi prototípusát. A műszerkocsi nemcsak hazai, de külföldi (kínai) próbaméréseken is sikeresen bevált és a bemutató mérések alapján külföldi megrendelés is érkezett.

A *Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézetben* az év folyamán már rendszeresen alkalmazzák a hazai konstrukciójú radioaktív lyukszelvényező berendezést. A berendezés szerkesztésénél főleg a szénkutató fúrások egyszerűbb értékelését tartották szem előtt, de sikerrel alkalmazták a berendezést a vízfeltáró fúrások produktivitásának fokozásánál is. Megemlítendő a földi mágneses tér változására vonatkozó vizsgálatok. Az Intézet a karsztvízkutatás terén a termikus módszer alkalmazásával foglalkozott.

A *Geofizikai Főbizottság* határozatot hozott a karotázs-munkálatok értékelését biztosító etalon-fúrások létesítéséről. A határozattal a szénbányászati miniszter és az Országos Földtani Főigazgatóság egyetért, így megvan a remény arra, hogy az igen nagy költséggel végzett fúrások teljes földtani értelmezése megoldhatóvá válik.

A *geodézia* terén az Akadémia soproni *Geodéziai Kutató Laboratóriumának* egyik munkaterülete a klasszikus geodéziai mérési metodika fejlesztése. A laboratórium TÁRCZY-HORNOCH ANTAL akadémikus irányításával nemzetközi viszonylatban is élvonalbeli tevékenységet fejt ki. TÁRCZY professzor tanulmányt tett közzé Angliában, amely a földrajzi szélességnek és hosszúságnak együttes meghatározásával foglalkozik. Az eljárás elsősorban expedíciók céljait szolgálja. Új módszert adott meg meredeken visszaverő felületek térbeli meghatározására szeizmikus kutató méréseknél. A Laboratórium foglalkozott továbbá vetületi átszámításokkal. A Laboratórium még a Nemzetközi Geodéziai és Geofizikai Unió tagságából Magyarországra háruló feladatokat oldja meg.

A *bányászat* területén az akadémiai támogatással működő soproni tanszékek munkája a következő volt :

Az *Érc- és Szénélőkészítéstan Tanszék* TARJÁN GUSZTÁV lev. tag vezetésével a népgazdaság részére több fontos vizsgálatot végzett. Ilyenek voltak : Újszerű, háromtermékes kihordású hidrociklon megszerkesztése és használhatóságának vizsgálata. Folytonos üzemű kosárszeparátor szerkesztése és kipróbálása. Gyöngyösoroszi kollektív koncentrátumok szétflotálására irányuló vizsgálatok. Recski piritpörk lúgozási és flotálási kísérlete az arany- és ezüsttartalom kinyerése céljából. Utóbbi vizsgálatok negatív eredménnyel végződtek.

A *Bányaműveléstan Tanszéken* értékes elméleti vizsgálatokat folytattak ZÁMBÓ JÁNOS egyetemi tanár és munkatársai, akik kőzetmechanikai témával, a bányabeli terek környékének feszültségállapotával foglalkoztak. Az alapösszefüggések tisztázása befejeződött. Most rendezi be a tanszék kőzetmechanikai laboratóriumát. A téma kapcsán a bányaterek térkiképzésére, biztosítására és térbeli elhelyezésére irányuló gyakorlati következtetéseket lehet várni.

Az *Olajtermelési Tanszék* GYULAY ZOLTÁN egyetemi tanár részéről vezetett vizsgálatai az optimális olajkihozatalt biztosító kizsorítófolyadék megállapítására irányulnak. A budafai és lovászi olajtelepek tárolóközeteinek és telepfolyadékainak nedvesedési viszonyait peremszög- és határfelületi feszültségmérésekkel tanulmányozták. Fúrómagokból vett kis kőzetmintákon olajkizsorítási vizsgálatokat végeztek folyadéknyomással, illetve centrifugálással. A tanszék laboratóriumot rendez be, amely ez évben kezdi meg működését.

A *II. sz. Bányagéptani Tanszék* BOLDIZSÁR TIBOR egyetemi tanár vezetésével Komló vidékén mélységi közethőmérséklet és hővezetőképesség méréseket végzett, amelyek geofizikai szempontból is érdekesek.

A bányászat területén működő *bizottságok* a szén, érc, ásvány és olajbányászat számos gyakorlati kérdésével foglalkoztak és több javaslatot tettek a kormányzervek számára. Ezek közül említésre érdemes a szivattyú- és kompresszorgyár létesítésére a Minisztertanács és Kohó- és Gépipari Minisztériumnak tett javaslat, csatlakozva a Gépészeti Főbizottság kezdeményezéséhez, továbbá a bányaszállítókötelek üzemi használatának, és minőségének javítására vonatkozó javaslatok.

A hidrológia területén az Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem I. sz. Vízépítéstani Tanszéke NÉMETH ENDRE egyetemi tanár vezetésével végzett felületi vízmozgástanulmányokat. A hosszabb idő óta folyó kísérletek eredményei az öntözésnél és belvízvezetésnél hasznosíthatók. További gyakorlatban hasznosítható tanulmányt dolgoztak ki a kutak telepítésének föld alatti áramlási kérdéseiről, amelyek korábbi kísérletek értékelését tartalmazzák.

II. sz. Vízépítéstani Tanszék MOSONYI EMIL lev. tag vezetésével modell-kísérleti kérdéssel, a nyomás alatti kifolyás gazdaságos méretarányával foglalkozott.

A Hidrológiai Főbizottság felkérte a Minisztertanácsot, hogy az országos vízgazdálkodási kerettervet szakbizottsággal véleményeztesse a tervezési és kutatási célkitűzések koordinálása céljából. A Minisztertanács eleget tett a kérésnek. Az 1955 szeptemberben megrendezett Vízrajzi Kongresszus határozatai alapján a Főbizottság állandó szerv létrehozását javasolta a Duna vízrajzában érdekelt országok tudományos jellegű együttműködésének elősegítésére, valamint az Alföld talajvíz-térképének felvételéhez szükséges munkák elindítására.

Az energetika területén végzett kutatómunka közül ki kell emelni a Villamosművek Tanszéken VEREBÉLY LÁSZLÓ lev. tag irányításával folyó zivatarstatisztikai és villámáramerősség-mérési munkálatokat, amelyek eredményeként sikerült az ország izokeraunikus térképének néhány jellegzetes vonalát megállapítani és tájékoztató képet kapni a hazánkban előforduló villámok jellegéről. Ki kell emelni a tanszéken folyó lökőfeszültség-kísérleteket, amelyek elsősorban a transzformátorok vizsgálata szempontjából jelentősek. A Hőerőművek Tanszék LÉVAI ANDRÁS egyetemi tanár irányításával megvizsgálta a hőerőművekben keletkező salak és pernye felhasználási lehetőségeit. A munka eredményeképpen pernyetégla-gyártási kísérletek indultak meg.

Az Energetikai Főbizottság tovább folytatta az energiagazdálkodási tervlati keretterv kidolgozására irányuló előkészítő munkát és rövidesen megindulhat a terv konkrét kidolgozása.

A kohászat területén elsősorban a GELEJI SÁNDOR akadémikus vezetése alatt álló miskolci Kohógéptani és Képlékeny Alakítási Tanszék munkájáról kell megemlékezni. A Tanszék a fémek képlékeny alakításánál mutatkozó jelenségek, tehát az alakítási sebesség, a hengerelésnél keletkező súrlódás és a hengerelt anyagban végbemenő anyagmozgás vizsgálatával ért el jó eredményeket, amelyekről GELEJI SÁNDOR akadémikus akadémiai székhelyében számolt be. Az elméleti vizsgálatok kísérleti alátámasztására a Csepeli Csőgyárban végzett oszcillográfos hengernyomás és teljesítménymérések nemzetközi viszonylatban is úttörők. Figyelemre méltó még az alumínium melegalakításánál mutatkozó rekrisztallizáció módszeres vizsgálata.

A GILLEMOT LÁSZLÓ lev. tag vezetése alatt álló Mechanikai—Technológiai Intézetben lényegileg befejeződött a fémtitánra vonatkozó laboratóriumi kutatás, amelynek során sikerült egy új üzemi reaktortípus kifejlesztése,

a reakciómechanizmus néhány kérdésének tisztázása, valamint a fémtitán rekrisztallizációs diagramjának kidolgozása. A krolltitán és jódtitán félgyártmányok hőkezelési viszonyainak kutatási eredményeit GILLEMOT LÁSZLÓ lev. tag a Könnyűfém Kongresszuson nemzetközi viszonylatban is elsőként ismertette.

A *Fémkohászati Tanszék* kutatómunkája HORVÁTH ZOLTÁN egyetemi tanár irányításával, főként a mangán elektrolitikus előállítására irányult és alkalmas, egyelőre laboratóriumi elektrolizáló berendezés elkészítésével lezárult. A *Metallográfiai Tanszék* eddigi ideiglenes helyéről múlt év második felében végleges helyére került. A tanszéken VERŐ JÓZSEF akadémikus irányításával a kutatómunka már megindult és eredményeket is hozott. Így pl. sikerült néhány ötvöző fémnek a réz oxidációjára gyakorolt hatását, az alumínium-magnézium-cink és az alumínium-szilícium ötvözetek melegtörékenységét, a a tűzállóanyag 1500 C°-ig terjedő tágulási görbéjét és a CRV 135 jelű szabványos acél edzhetőségi és átalakulási diagramját tisztázni.

A *Vaskohászati Főbizottság* a Minisztertanácsnak az Akadémiához intézett felkérésére a hazai vasércек felhasználására irányuló javaslatokat dolgozott ki.

A *gépészet* területén a vízgépek kutatása jelentős lendületet vett azzal, hogy elkészült a *Vízgép Laboratórium* jelentős, kerekén kétmillió forintos beruházással történt bővítése. A bővített laboratóriumban PATTANYUS Á. GÉZA lev. tag irányításával vizsgálatok indultak meg, amelyeket elsősorban az ipar hasznosít. Így többek között a tanszék elvégezte a MÁVAG szivattyúk vizsgálatához és továbbfejlesztéséhez szükséges méréseket; segítséget nyújtott a hazai gyártású hidraulikus tengelykapcsolók és nyomatékváltók kialakításához; elkészítette a változtatható lapátszámú kísérleti tengelykapcsolót, mérés-sorozatokat végzett a törpe vízerők kihasználására szerkesztett mignon-turbinák és bányaszivattyúk kialakítására; a portechnika vonalán végzett ciklon-kísérletek jó hatásfokú porleválasztó kialakítására vezettek.

A *Gépelemek Tanszéke* VÖRÖS IMRE egyetemi tanár irányításával kidolgozta a csavarszivattyú profilok elméletét és korszerű előállítási módszerét. Az ennek alapján elkészített szivattyú-prototípus hatásfoka a mérési eredmények alapján kedvezőbbnek bizonyult a szovjet és svéd irodalomban közölt értékeknél. Elkészítették továbbá a gépek és gépelemek zajosságát mérő objektív műszerek prototípusait, amelyek sorozatgyártását a minisztérium már elrendelte.

A gépészeti bizottságok is eredményes munkát végeztek. Emlékirat ment a Minisztertanácshoz és a szakminisztériumhoz hazai vízgépek gyártásának, szerkesztésének és kutatásának fejlesztése érdekében. Az emlékirat rámutat a mezőgazdaság, a bányászat, az energiafejlesztés és a vegyipar jelentős víz-gépszükségletére és az e téren fennálló exportlehetőségekre. Részletes tanulmány készült a hazai vegyigépgyártásunk terén fennálló helyzetről és az elmara-dottság okairól. A tanulmány 17 pontból álló javaslatot is tartalmaz a fejlesztés elősegítésére.

A *Gázturbína Bizottság* részletes programot dolgozott ki a hazai gázturbina gyártását megelőző tudományos, kísérleti félüzemi és üzemi kísérletek elvégzésére. A *Kombájn Bizottság* RÁZSÓ IMRE lev. tag vezetésével külföldi tanulmányutak tapasztalatainak felhasználásával részletesen meghatározta azokat a kísérleteket, amelyek az arató-cséplő kombájn típusunk exportképességének fokozására szükségesek.

BORBÉLY SAMU lev. tag és munkatársai elméleti hővezetési vizsgálatokat végeztek. A vizsgálatok matematikai részének befejezte után kísérletek indultak meg, amelyek folyamatban vannak. E kísérletek célja, eljárás kidolgozása a változó hőátadási és a hosszú hengeres rudak sugárirányú hővezetőképességének számítására.

A *híradástechnika területén* a *Vezetéknélküli Híradástechnikai Tanszék* BARTA ISTVÁN lev. tag irányításával, elsősorban a televíziós és elektroakusztikai kérdésekkel foglalkozott. A tanszéken kidolgozott hangerősítő berendezés a legjobb külföldi hangfrekvenciás erősítőberendezéseket is felülmúlja.

WINTER ERNŐ lev. tag nemzetközi viszonylatban is új, az irodalomban még nem ismertett migrációs katódtípust fejlesztett ki, amely a szakirodalomban ismert L-katódoknál nagyobb csúcsemisziót ad, olcsóbb és egyszerűbben állítható elő.

A *Híradástechnikai Főbizottság* akadémikus intézőbizottsága BOGNÁR GÉZA lev. tag vezetése alatt, részletes jelentést készített kormányzati szerveink számára a híradástechnika helyzetéről és műszaki fejlesztésének feladatairól, részletesen kitérve a baráti országokkal való kooperációra.

Az *automatika területén* lényeges előrehaladás történt azzal, hogy akadémiai *Automatika Kutató Laboratórium* létesült KOVÁCS K. PÁL lev. tag vezetésével. A laboratórium, amely az elmúlt év második felében kezdte meg működését a budapesti Műszaki Egyetem Villamosgépek Üzemtana Tanszék mellett, máris több, a gyakorlatban is felhasználásra került eredményt ért el. Így pl. a laboratóriumban kidolgozott papírhenger-fordulatszám szabályozást a Csepeli Papírgyár alkalmazta.

A *méréstechnika területén* mindenekelőtt a *MTA Méréstechnikai és Műszerügyi Intézetének* munkájával és eredményeivel kell foglalkozni. Az intézet az elmúlt időszakban mostoha körülményei ellenére is számottevő eredményekről számolhat be. Munkaterülete rendkívül szerteágazó és több vonatkozásban kapcsolódik a matematikai, fizikai, kémiai, mezőgazdasági, orvosi, és biológiai osztályok munkájához, elősegítve ezzel a különböző tudományágak, szakterületek komplex együttműködését. Az intézet megkezdte a *rádioaktív izotópok* műszaki-méréstechnikai felhasználását. Üzembe helyezte a radiológiai mozgó anyagvizsgáló laboratóriumot, amellyel sikerült a hazai építőanyagok sugárzási, elnyelési együtthatóit meghatározni és ezzel segítséget nyújtani a sugárvédelmi építkezések tervezéséhez. Az *ultrahangos* módszerrel kapcsolatban sikerült az eddig ismert megoldásoknál jobb eljárást találni, amely máris alkalmazásba

kerül a fémlemezeken levő zárványok, valamint a nagyfeszültségű porcelán-szigetelőkben levő hibák kimutatásánál. Számos akadály leküzdése után végre megindulhatott a nagyteljesítményű matematikai gépek tanulmányozása és fejlesztése. Sajnálatos, hogy egyelőre nincsenek biztosítva azok az eszközök, amelyek e tudományos életünk számára oly nagyfontosságú kérdésnek kutatásához szükségesek lennének. Átfogó tevékenységet fejtett ki az *Elektronmikroszkópi Osztály*. Számos értékes kutatási eredménye között meg kell említeni, hogy először sikerült megoldania azt a kérdést, amely lehetővé teszi az elektronmikroszkóp látóterében vírusok és nagymolekulák egyedi vizsgálatát és mennyiségük pontos meghatározását. Meg kell említeni az intézet *műszerügyi szolgálatának* és *méréstechnikai tanácsadásának* tevékenységét is, amely bürokráciamentesen, gyors munkával segíti különböző tudományos intézmények munkáját. Az intézet munkájában természetesen komoly *hiányosságok* is tapasztalhatók, amelyek jórészt az intézet működési körülményeit meghatározó anyagi adottságokból fakadnak. Súlyos kérdése az intézetnek a káderhelyzet is, elsősorban a segédszemélyzet elégtelen volta.

Az *optika és finommechanika* területén BÁRÁNY NÁNDOR lev. tag objektív módszerrel dolgozó sztereométert szerkesztett, amely lehetővé teszi a sztereoszkópos látóképesség adatszerű meghatározását, tetszőleges világítási viszonyoknál és beállítható vakításnál különböző hullámhosszakon. Ez az első olyan készülék, amely külföldieket is beleértve, az említett feladatok megoldására alkalmas.

A *Méréstechnikai Főbizottság* javaslatot dolgozott ki a műszerkutatás és műszerfejlesztés szellemi kapacitásának növelésére.

A *könnyűipar* területén a budapesti Műszaki Egyetem *Textiltechnológiai Tanszéke* ZILAHÍ MÁRTON egyetemi tanár irányításával befejezte a részlegesen acetilezett pamutfonal kutatását, ezzel feleslegessé vált ennek a terméknek külföldről való behozatala.

A *Gyakorlati Kémiai Tanszéken* RUSZNÁK ISTVÁN tanszékvezető docens irányítása mellett, sikerült előállítani az emberi szervezetbe felszívódó vattát, kötszert és sebészeti varrófonalat, amelyeket a klinikai gyakorlatban kipróbáltak és jó eredménnyel alkalmaztazzák.

A *Könnyűipari Főbizottság* CSÜRÖS ZOLTÁN akadémikus vezetésével javaslatot készített a hazai textilgépgyártás megindítására, a gyártandó géptípusok megjelölésével. Határozatot hozott továbbá a ragasztott vasúti talpfák helyes kialakítására és kísérleti pályaszakaszokon való beépítésére. Az anketók határozatai alapján javaslatot készített a cerszömörce telepítésére, ami a hazai tannin-előállítás fokozását szolgálja. Javaslat készült továbbá a mikroporózus gumitalpgyártás módszerének továbbfejlesztésére.

Az *Alagút-, Földművek és Talajmechanikai Tanszék* részletes utasítást dolgozott ki a cementtalajú utak építésére. Az illetékes szakminisztérium a munka alapján próbautakat építtetett. A tanszék befejezte a cölöpalapozások

modellkísérleteit. Utóbbiak és helyszíni nagykísérletek tanulságainak értékelésével új teherbírási elméletet dolgozott ki. E témakörön kívül SZÉCHY KÁROLY lev. tag irányításával kísérletek folytak a hídfőre ható földnyomások megállapítására. Megemlítendő a szerkesztésében megjelent Jáky-émlékkönyv, amelyben eredeti tanulmányt tett közzé a talajvízszint süllyesztéséről.

Az *I. sz. Hídépítéstani Tanszék* KORÁNYI IMRE egyetemi tanár vezetésével hidak dinamikai igénybevételének mérési meghatározásával és egyes hegesztési kérdésekkel foglalkozott és ért el eredményeket.

A *II. sz. Hídépítéstani Tanszék* MIHAILICH GYŐZŐ akadémikus vezetésével az előrefeszítés és előregyártás hazai anyagaival, elsősorban a feszített acélok és betonanyagok lassú alakváltozásával foglalkozott.

A *II. sz. Középlettervezési Tanszék* WEICHINGER KÁROLY egyetemi tanár vezetésével a többemeletes téglaszerkezetű lakóház típusok, valamint földszintes, manzardos, egyemeletes szabadonálló sor- és ikerházak gyors építési eljárásának gazdasági vizsgálatával foglalkozott.

Az *Építészettörténeli és Elméleti Főbizottság* a témakomplexum időszerű kérdéseivel foglalkozott MAJOR MÁTÉ lev. tag irányításával, akinek nagyszámú publikációi közül megemlítendők „Az építészet dialektikája” című, cseh és német nyelvre is lefordított tanulmánya, továbbá „Az orosz építészet története”, valamint az „Építészettörténet” című három kötetre tervezett műve, amelyből két kötet már megjelent, és a „Kapitalista és szocialista társadalom építésze” című könyve. Ez utóbbi német nyelven is megjelenik.

Az építéstudomány területéhez tartozó bizottságok eredményes munkát végeztek. Az *Építéstudományi Főbizottságban* SZÉCHY KÁROLY lev. tag tanulmányt készített „Az előfeszített vasbetonszerkezetű hidak építésének helyzete Magyarországon” címmel. A tanulmányt az Akadémia átadta az érdekelt minisztériumoknak.

Az *építőanyagtudomány* területén működő *Bentonit Bizottság* elfogadta a montmorillonit meghatározásának Buzágh—Szepesi módszerét és javaslatot tett arra, hogy a bentonitot tudományos eljárás alapján minősítsék.

A *közlekedéstudomány* területén CSANÁDY GYÖRGY egyetemi tanár irányítása alatt a Közlekedéstudományi Főbizottság kidolgozta a vasúti vontatás fejlesztésének irányelveit és javaslattervezetet készített a villamos, a Diesel- és a gőzüzemű vontatás fejlesztésére. Az irányelveket a Műszaki Fejlesztési Tanács magáévá tette és javaslatára a Minisztertanács határozattá emelte. Kidolgozta továbbá a Főbizottság az új gyártmányú villamosvasúti motorkocsik, autóbuszok és trolibuszok tervezési irányelveit.

A *Műszaki Tudománytörténeli Főbizottság* VADÁSZ ELEMÉR akadémikus irányításával egyik legfontosabb soron levő feladatának tekinti a Magyar Műszaki Múzeum megvalósítását. Eddigi eredmény, hogy a Népművelési Minisztérium

keretében megkezdte működését az anyaggyűjtő csoport, amely előkészítésül gyári múzeumokat szervez egyes nagyüzemekben.

Sajnálattal tölt el valamennyiünket, hogy az elmúlt évben elhunyt SCHIMANEK EMIL ny. egyetemi tanár, a műszaki tudományok doktora, aki hosszú és eredményes életének tapasztalatait több történeti vonatkozású könyvben is feldolgozta.

Jelentős fordulat következett be ebben az évben a *minisztériumokkal való együttműködés* terén. A múltban a bizottságok olyan kérdésekkel foglalkoztak, amelyeket maga a bizottság tartott szükségesnek vagy fontosnak, és a témákat az illetékes minisztériummal nem egyeztette. A minisztériumok pedig tudományos kérdésekkel nem keresték fel az Akadémiát, illetőleg egyes tanszékekkel közvetlen kapcsolatot tartottak fenn. A Műszaki Osztály vezetőségének határozata alapján először az energetika területén jött létre megállapodás a Vegyipari és Energiaügyi Minisztériummal. A minisztérium komplex jellegű, több tudományágot érintő, valamint alapkutató, vagy nagyobb perspektívát igénylő tudományos kérdésekkel az Akadémiához fordul. Az Akadémia gondoskodik arról, hogy a kérdés megfelelő bizottság vagy tanszék elé kerüljön, ahol azt a kívánt határidőre és kívánt mélységig kidolgozzák. A minisztérium pedig anyagi eszközökkel támogatja a Tudományos Akadémia munkáját mind a bizottsági, mind pedig a tanszéki kutatás területén.

E megállapodás több egyéb vonatkozású kérdésben is koordinálja az Akadémia és a minisztérium munkáját. El lehetett érni azt, hogy a bizottságok munkaterveiben, valamint tanszékek kutatási terveiben a minisztériumot érintő kérdések tekintetében a legfontosabb témák kerüljenek kidolgozásra, éppen azok, amelyeket a minisztérium igényel és a minisztérium tart a legfontosabbnak. Ezzel elérhető az is, hogy a minisztérium részéről kellő adatok és anyagi segítség álljon rendelkezésre, ami a bizottságok munkájának eredményességét és felhasználhatóságát fokozza.

A Vegyipari és Energiaügyi Minisztériummal kötött első megállapodás után több más minisztériummal is folynak a tárgyalások, hasonló megállapodások megkötésére.

Múlt évi rendezvényeinkről :

Az Országos Vízügyi Főigazgatósággal és a Magyar Hidrológiai Társasággal együtt a magyar vízügyi szolgálat 70 éves jubileuma alkalmából, múlt év őszén 3 napos Vízirajzi Kongresszust rendeztünk, amelyen 14 magyar előadás hangzott el. A kongresszuson a baráti országok kiküldöttein kívül Ausztria is képviseltette magát. A kongresszus számos javaslatot dolgozott ki, amelyek közül elsősorban fontosak a következők :

a) Módszerek kidolgozása a Duna csehszlovák—magyar szakaszán a meder görgetett hordalékkal való feltöltődésének megakadályozására, elosztására, vagy csökkentésére ;

b) Nemzetközi jellegű rendszeresebb tudományos együttműködés létrehozása a Duna-medence vízrajzi kérdéseivel kapcsolatban az érdekelt államok intézményei között.

A javaslatok megvalósítása már folyamatban van.

A szeptember 28—30-án megtartott *Könnyűfémipari Kongresszusunk* programja 3 részre tagozódott:

a) timföld és alumíniumkohászat,

b) a titán és magnéziumkohászat,

c) az alumínium félgyártmányok és készgyártmányok technológiája.

A kongresszus eredetileg tervezett 12 előadása 9 külföldi szakember előadásával bővült. Az előadások a különböző területeken végzett egy-egy fontos kutatásról számoltak be.

Az Akadémia vendégeként 18 külföldi szakember vett részt a kongresszuson, amelynek folytatásaként a MTESZ-ben a Bányászati és Kohászati Egyesület a magyar alumíniumipar egyes eredményeit ismertető előadássorozatot rendezett. Ugyancsak a kongresszushoz csatlakozóan tartotta meg a Fémipari Kutató Intézet is alumíniumkiállítását, amely a 20 éves magyar alumíniumipar történetét nemcsak adatok és diagramok, de gyártmányok kiállításával is bemutatta.

Az október 12—14-én lezajlott *Építési Kongresszus* előadásai a tartószerkezeti és talajmechanikai tagozatok tárgykörébe estek. A hazai, összesen 14 előadáson kívül mindkét tagozaton előadásokat tartott a kongresszusra érkezett 7 külföldi szakember is. A külföldi vendégek elismerőleg nyilatkoztak a hazai talajmechanikai és tartószerkezeti tudomány nemzetközileg is jelentős színvonaláról.

Az Osztály 1954-ben megtartott *Méréstechnikai Kongresszusán* határozatot hozott nemzetközi tudományos munkaközösségi szervezet létrehozására. A határozat értelmében november 28-tól december 1-ig az *Anyagvizsgálók Nemzetközi Bizottsága* Budapesten ülésezett. A résztvevő országok (Szovjetunió, Csehszlovákia, Lengyelország, Románia, Bulgária, Magyarország) delegátusai megállapodtak az anyagvizsgálati kérdések területén rendszeres és közvetlen tudományos kutatási együttműködésben, évkönyv kiadásában, információ és dokumentációcserében. E megegyezés gyakorlati realizálása azonban még nem történt meg.

Az Osztály a következő konferenciákat és ankétokat tartotta még az 1955/56. évben:

1) Építőanyagipari kutatók III. konferenciája az Építőipari Tudományos Egyesülettel közösen;

2) A Műszaki és Agrártudományok Osztálya közös rendezésében cserzőmörce ankétot;

3) A Könnyűipari Főbizottság rendezésében tartották meg a hazai mikrocelluláris gumi ankétot;

- 4) Sopronban tartották a bányászati tervankétot, valamint
 5) a Könnyűipari Főbizottság „A faanyagok profilaktikus védelme korróziós károsodás ellen” és a „Nedvességmérés a könnyűiparban” című ankétot ;
 6) A Könnyűipari Főbizottság s Közlekedési Főbizottsággal együttesen, a „Ragasztott vasúti talpfa” ankétot tartotta meg.

A könyvkiadás területén a következőkről kell beszámolni. Az 1955. évi nagygyűlés óta eltelt év alatt, tehát 1955 júniusától összesen 12 mű jelent meg, 476 ív terjedelemben. (Részletezve az 1. sz. mellékleten). Összehasonlítva az 1954 júniusától 1955 május végéig terjedő idővel, a múlt évi Nagygyűlés beszámolási periódusával, megállapíthatjuk, hogy az akkor megjelent összesen 378 ív terjedelmű 13 eredeti és 103½ ív terjedelmű 3 lefordított művel szemben a kiadványok száma az idén 4 könyvvel csökkent, a megjelent nyomtatott ívek száma azonban csaknem ugyanaz maradt, tehát a múlt évihez viszonyítva könyveink nagyobb terjedelműek. Nem változott a fordításban kiadott könyvek száma és terjedelmük között is alig van különbség. Megjegyzendő, hogy az 1954/55-ös beszámolási idő alatt megjelent 13 magyar könyv közül 3 összesen 83 ív terjedelemben a *Geologica Hungarica* füzeteként jelent meg.

Új jelenség Osztályunk ez idei könyvkiadásában, hogy a magyar szerzőktől megjelent 9 mű közül 3 német nyelven jelent meg. E három könyv közül kettőnek nincs is magyar kiadása. Ezek a könyvek tartalmuknál fogva Magyarországon csak igen szűk olvasóréteget érdekelnek. Célszerűnek látszott tehát ezeknek az egyébként igen fontos könyveknek idegen nyelvű kiadása. A választás azért esett a német nyelvre, mert ezzel ezek a művek a magyar szakemberek nagy részén kívül nemcsak a nyugati, hanem elsősorban a baráti országok szakemberei számára is hozzáférhetővé váltak.

Folyóiratkiadás. 1955 júniusától a következő folyóirat-füzetek jelentek meg :

Acta Technica XI-től XIV. kötet, összesen 7 füzet, 84 cikkel, 98 ív terjedelemben.

Műszaki Tudományok Osztálya Közleményei XIV—XIX. kötet, összesen 6 füzet, 41 cikkel és 100 ív terjedelemben. (Részletezés a 2. sz. mellékleten).

E cikkek csaknem 80%-a német és angol nyelvű, a többi orosz, vagy francia nyelven jelent meg.

A 84 cikk szerzője közül 11 *külföldi szerző*, jórészt különböző itt megtartott kongresszusok résztvevői, akiktől összesen 13 cikket közöltünk, tehát a tanulmányok 15½ százalékát.

Ezenkívül megjelent az *Acta Technica* 10 kötetének tárgy- és névmutatója orosz, angol, francia és német nyelven. Ezeket a tárgy- és névmutatókat a szerzőinktől bekért címanyag felhasználásával az *Acta Technica* széleskörű propagálására használjuk fel.

Káderfejlesztés. A minősítések és a tudományos káderképzés területén vannak komoly eredményeink. Ezt onnan láthatjuk, hogy sok tudományágban

I. melléklet

Könyvkiadási statisztika az 1956. évi nagygyűlési beszámolóhoz

Az 1955. évi Nagygyűlés óta eltelt év alatt, tehát 1955 júniusától 1956 májusig a következő könyvek jelentek meg:

Vadász Elemér: Elemző földtan	45	ív
Bogárdi János: A hordalékmozgás elmélete	48	„
Széchy Károly szerk.: Gedenkbuch für Prof. Dr. J. Jáky	17½	„
A. Geleji: Die Berechnung der Kräfte und des Arbeitsbedarfs bei der Formgebung im bildsamen Zustande der Metalle. 2. bővített kiadás	36½	„
Hume-Rothery: Elektronok, atomok, fémek és ötvözetek	27	„
Geleji S. szerk.: Vaskohászati Enciklopédia, VI. kötet. Claus A., Cotel E., Horváth Z., Kiss E., Simon B., Visnyovszky L.: Nyersvasgyártás	67½	„
Verő József: Általános metallográfia, I. 2. kiadás	36½	„
Verő József: Általános metallográfia, II.	35½	„
Csudakov E. A.: A gépkocsi elmélete	31	„
Lojczanskij L. G.: Folyadékok és gázok mechanikája	56½	„
Rados Kornél szerk.: Ipartelepek építészete, I.	25	„
Mosonyi Emil: Wasserkraftwerke, I.	50	„
Összesen 12 mű	476	ív

A könyvkiadás megoszlása szakterületek szerint:

	Eredeti művek		Fordítások		Összesen	
	db	ív	db	ív	db	ív
Földtan	1	45	—	—	1	45
Hidrológia	2	98	—	—	2	98
Építés	2	42½	—	—	2	42½
Képlékeny alakítás ...	1	36½	—	—	1	36½
Kohászat	1	67½	—	—	1	67½
Metallográfia	2	72	1	27	3	99
Gépszét	—	—	2	87½	2	87½
Összesen	9	361½	3	114½	12	476

Összehasonlítva az 1954 júniusától 1955 május végéig terjedő idővel, tehát a múlt évi Nagygyűlési beszámolósi periódusával, megállapíthatjuk, hogy az akkor megjelent

összesen	13	378	3	103½	16	481½
-----------------------	-----------	------------	----------	-------------	-----------	-------------

művel szemben a kiadványok száma az idén 4 könyvvel csökkent, a nyomtatott ívek száma azonban csaknem ugyanaz maradt, tehát a múlt évvel szemben könyveink nagyobb terjedelműek. Nem változott a fordításban kiadott könyvek száma és terjedelmük között is alig van különbség. Megjegyzendő, hogy az 1954/1955-ös beszámolósi idő alatt megjelent 13 magyar könyv közül 3 összesen 83 ív terjedelemben a Geologica Hungarica füzeteként jelent meg.

Új jelenség Osztályunk ezidei könyvkiadásában, hogy a magyar szerzőktől megjelent 9 mű közül 3 német nyelven jelent meg. E három könyv közül kettőnek nincs is magyar kiadása. Ezek a könyvek tartalmuknál fogva Magyarországon csak igen szűk olvasóréteget érdekelnek. Célszerűnek látszott tehát ezeknek az egyébként igen fontos könyveknek idegen nyelvű kiadása. A választás azért esett a német nyelvre, mert ezzel ezek a művek a magyar szakemberek nagyrésznél kívül nemcsak a nyugati, hanem első sorban a baráti országok szakemberei számára is hozzáférhetővé váltak.

rendelkezünk nemzetközi színvonalon álló tudósgárdával. Tudósképzésünknek azonban, és így az aspirantúrának is, még sok hiányossága van. A tudományos káderutánpótlásunk egyik jelentős fogyatékosága, hogy nincsenek még meg a távlati káderfejlesztési tervek objektív adottságai. Ehhez az lenne szükséges, hogy tudjuk, melyek azok a területek, amelyekre országunk tudományos szempontból elsősorban erejét koncentrálni fogja, figyelembe véve lehetőségeinket, természetesen a nemzetközi együttműködés adottságait is. A végzett aspiránsok közül sokan nem nyújtották még be disszertációjukat. Ez részben az aspiránsok nem megfelelő kiválasztását és részben az aspirantúra jelenlegi szervezetének hiányosságait mutatja. Hátrányos, hogy kevés a többéves szakmai gyakor-

2. melléklet

Folyóiratkiadási statisztika az 1956. évi nagygyűlési beszámolóhoz

Az 1955. évi Nagygyűlés óta eltelt év alatt, tehát 1955 júniusától 1956 májusig a következő folyóirat-füzeteink jelentek meg :

ACTA TECHNICA

XI.	kötet	3—4.	sz.	füzet	11 cikk	12 ½ év
XII.	„	1—2.	„	„	8 „	24 ½ „
XII.	„	3—4.	„	„	11 „	„
XIII.	„	1—2.	„	„	12 „	31 „
XIII.	„	3—4.	„	„	16 „	„
XIV.	„	1—2.	„	„	12 „	30 „
XIV.	„	3—4.	„	„	14 „	„
3 ½	kötet	7		füzet	84 cikk	98 év

Műszaki Tudományok Osztálya Közleményei

XVI.	kötet	1.	sz.	füzet	Híradástechnikai Konferencia	13 előadás	10 ½ év
XVI.	„	2—4	„	„	Méréstechnikai Kongresszus	25 „	18 ½ „
XVII.	„	1—2.	„	„	1955. évi Nagygyűlés	5 „	14 „
XVII.	„	3—4.	„	„	14 cikk és Rostnövény Ankét	7 „	17 „
XVIII.	„	1—4.	„	„	27 „	„	24 „
XIX.	„	1—2.	„	„	Építési Kongresszus	24 „	16 „
3 ½	kötet	6		füzet	41 cikk és	74 előadás	100 év

Az ACTA TECHNICA előbbieken felsorolt füzeteinek cikkei a következőképpen oszlanak meg :

Szakterületek szerint

		összesen
<i>Geodézia</i>		3
<i>Bányászat</i>	1	
Ércelőkészítés	1	2
<i>Hidrológia</i>		1
<i>Kohászat</i>	7	
Matallográfia	3	
Képlékeny alakítás	1	11
<i>Gépészet</i>	6	
Áramlástan	1	7
<i>Közlekedés</i>		
Vasúti gépészet	1	
<i>Energetika</i>		
Termodinamika	4	
Elektrotechnika.....	4	8
<i>Méréstechnika és műszerügy</i>		15
<i>Építéstudomány</i>		
Szilárdságtan	18	
Hídépítészet	1	19
<i>Építőanyagtudomány</i>		3
<i>Könnyűipar</i>		
Textiltechnológia	3	
Kémiai technológia	4	7
<i>Vegyes</i>		
(Beszámoló, emlékbeszéd, nekrológ stb.)		7
<i>Összesen</i>		84 cikk

Nyelv szerint

Német	34	41%
Angol	33	40%
Francia	9	10%
Orosz	5	6%
Mind a négy nyelven	84	100%

lattal rendelkező aspiránsok száma. Ennek tudható be, hogy a fiatal kandidátusok egy része idegenkedik a gyakorlati problémáktól és sok esetben nincs még kellő tekintélyük az ipar gyakorlott szakemberei előtt. Úgy hiszem, helyesebb lenne ha a mérnökök nem közvetlenül az egyetem elvégzése, hanem legalább három—ötévi gyakorlat után nyernének felvételt az aspirantúrára. Az aspiránselhelyezés jelenlegi módszerei mellett — és ez különösen a Műszaki Tudományok Osztályán éreztette hatását — a végzett aspiránsok nagy része sok esetben szakképzettségének nem megfelelő helyre került és így képességeit nem is tudja mindig eredményesen kifejeteni.

A beszámoló végére érve megállapíthatjuk, hogy Osztályunk tagjainak és az irányításuk alatt álló kutatóbázisoknak, bizottságoknak a múlt Nagygyűlés óta végzett munkája szorosán kapcsolódott a műszaki fejlesztéshez, szocialista iparosításunk előrehaladásának eme döntő tényezőjéhez.

Osztályunk főfeladatának tekintjük, hogy bevonva az ország legjobb műszaki szakembereit az Akadémia munkájába, a tudomány minden rendelkezésünkre álló szellemi erőivel és materiális eszközeivel elősegítsük második ötéves tervünk sikeres végrehajtását és a szocialista építés továbbá sikereinek tudományos megalapozását.

HOZZÁSZÓLÁSOK

BOGNÁR GÉZA lev. tag.

Az osztálytitkári beszámoló kiemelte az anyagszerkezeti kutatás fontosságát, utalt arra, hogy a Műszaki Tudományok Osztálya a második öt éves terv folyamán műszaki-fizikai intézetet kíván létesíteni, és ennek keretében kívánja folytatni az anyagszerkezeti kutatásokat. A következőkben a létesítendő műszaki-fizikai intézet célkitűzéseit szeretném ismertetni. (További hozzászólásának nagy részét olvassa, majd a következőkben fejezi be hozzászólását.)

Az osztálytitkári beszámoló nem említette meg az elektronikus számológépek hazai bevezetésének kérdését. Az Akadémia Nagygyűlésének tegnapi megnyitóján RÉNYI akadémikus részletesen foglalkozott az elektronikus számológépeknek a műszaki fejlesztés, az alkalmazott matematika és az automatizálás szempontjából való fontosságával. Én itt éppen ezért ennek indokolására nem térek ki, csak javasolni szeretném, hogy a Műszaki Tudományok Osztálya foglalkozzék ezzel a kérdéssel, és a következő konkrét feladatokat oldja meg.

A Műszaki Tudományok Osztályának — tekintve, hogy az elektronikus számológépeket nekünk nem kell külön feltalálnunk, tekintve továbbá, hogy a Szovjetunió nemzetközi kongresszusokon bemutatta az elektronikus számológépek és logikai gépek terén eddig elért eredményeit, és kész átadni nekünk összes erre vonatkozó tapasztalatát — elsősorban az elektronikus számológépek témakörében tanulmányutat kell szerveznie a Szovjetunióba. A tanulmányút alapján ki kell választani az átveendő számológép-típust, s annak beszerzéséről haladéktalanul gondoskodni kell. Ezenfelül pedig szükségesnek tartom az Akadémia mérés-technikai intézetében működő igen kis méretű elektronikus számológép-csoport létszámának felemelését és anyagi lehetőségeinek javítását. A további feladatok elvégzésére legalább 10—15 főből álló kutatócsoport létesítését javaslom. (Taps.)

STRICKER GYÖRGY

Az osztálytitkári beszámoló foglalkozott azokkal az évi szempontokkal, amelyek a műszaki tudományok terén meghatározhatják tudományfejlesztési politikánkat. A beszámoló megvizsgálta azt, milyen alapokra lehet felépíteni a Műszaki Osztályon belül a szervezett akadémiai kutatást. A magam részéről ezen elvi részhez kívánok hozzászólni.

Vissza szeretnék nyúlni az Osztályvezetőség részéről elkészített tegnapi megnyitó előadásra, amelyen VERŐ osztályelnök a következőket mondta :

„Folyamatban van azonban olyan technikai forradalom is, amely nem a rádióaktivitásra és a relativitás elméletre, hanem az elektronikus műszerek fejlődésére s az abból most rohamosan kibontakozó kibernetikára, vagyis az automatikus vezérlés tudományára vezethető vissza. Ha az energetika forradalmi fejlődése a termelés mennyiségét fogja megsokszorozni, az elektronikus vezérlés a termelési mód minőségi átalakítását hozza magával szemünk láttára.”

Nem vehetik zokon nekem, akinek az elektronika mérés-technikai alkalmazása elsőrendű munkaterületem, ha különös fontosságot tulajdonított annak,

hogy az Akadémia idei Nagygyűlésének megnyitó előadása legelején ilyen fontos megállapítás hangzott el a Méréstechnikai és Műszerügyi Intézet munkaterületével kapcsolatban. Nyilvánvaló ugyanis, hogy a kibernetika, a vezérléstechnika alapköve a mérés-technika és főképpen annak elektronikus módszerei.

Mint műszaki fizikustól, nem vehetik zokon tőlem azt sem, ha örömmel fejezem ki afelett, hogy Osztályunk napirendre tűzte egy műszaki-fizikai intézet létesítését, egy olyan intézetét, amely a fizika eredményeit a technika szolgálatába hivatott állítani. Minthogy pedig az elektronika mérés-technikai alkalmazásaihoz, az elektronikus számológépekhez korszerű alapanyagokra és építőelemekre van szükségünk, egyet kell érteni azzal, hogy ezek létrehozatalát minden eszközzel meg kell gyorsítani és mind újabb lehetőségek után kell kutatni.

Nem tudok azonban egyetérteni a Méréstechnikai Intézet feladatának a mai beszámoló első részében foglalt értékelésével, amely szerint az Intézet feladata a következő lenne:

„Más helyeken folyó kutatások támogatása műszerekkel, illetve mérés-technikai tanácsadással.”

Ha valóban csak ez lenne az Intézet feladata, akkor kétségbe lehetne vonni, hogy Intézetünk csak részben is bázisát képezné Akadémiánk műszaki kutatásának. Erre azonban éppen a tegnapi előadás anyaga és a mai beszámoló második része cáfolt rá, amikor az Intézet tudományos feladatai közül számos nagy jelentőségű és teljesen önálló tudományos feladatot emel ki: elektronmikroszkópos molekulásúly-meghatározást, az ultrahang-sugaras mérés-technikát, az izotópok műszaki mérés-technikai alkalmazását, és az elektronikus számológépek tanulmányozását. Az utóbbi kettőt VERŐ elnök a tegnapi beszámolóban mint különösen fontos, fejlesztendő témát még külön ki is emelte.

Mi tehát akkor mégis az Intézet tudományos feladatköre?

Az alapító levél szerint „a mérés-technikai módszerek fejlesztése, mérés-technikai eljárások keretében a tudományos kutatás különleges és az ipari kutatás átfogó mérés-technikai feladatainak kidolgozása”.

Az Osztályvezetőség részéről 1954 decemberében jóváhagyott fogalmazás szerint pedig az Intézet feladata „a fizikai kutatás legújabb eredményei alapján új mérés-technikai módszereket felkutatni, valamint a rendelkezésre álló ritka és nagyértékű műszerek alkalmazását saját kutatással tovább fejleszteni”.

Az a tény, hogy ezen kutatás eredményeit az ipar, vagy az orvostudomány más gyakorlati kutatóintézetek vagy tanszékek közbejöttével valóban alkalmazni is tudja, véleményem szerint vajmi keveset von le az eredmények tudományos értékéből. A fizika és az elektronika mérés-technikai alkalmazása, az új mérés-technikai módszerek alkalmazása valóban önálló tudományos munkaterület. E kutatómunka egyértelműen műszaki jellegű, függetlenül attól, hogy a kidolgozott módszerek vagy az azok alapján létrehozott műszerek a kohászatban, vagy a biológiában kerülnek-e alkalmazásra.

Külföldön éppen ezért már az elmúlt évtized folyamán felismerték a mérés-technikának, mint a kibernetika alapvető területének és minden kísérletes tudomány egyetemes előfeltételének rendkívüli jelentőségét. A Science c. amerikai folyóirat 1950-ben „A mérés-technika tudományának perspektívája” c. vezércikkében írta, hogy „könnyen előrelátható a mérés-technika tudományának növekvő elismerése. Az atomenergia hasznosítása kivételével nincsen a mai

tudománynak egyetlen területe, amely nagyobb gazdasági lehetőségeket rejtene magában korunk és civilizációnk számára, mint az új műszerek kidolgozása és alkalmazása. Ez — teszi hozzá az amerikai folyóirat tőkés szemléletére jellemző sorrendben — érvényesnek látszik katonai, ipari és tudományos szempontból egyaránt.”

Németországban a Physikalisch-Technische Reichsanstalt, Amerikában a Bureau of Standards, Angliában a National Physical Laboratory a legrégebbi akadémiái színvonalú kutatóintézetek, amelyek szinte kizárólag mérés technikával foglalkoznak. Hatalmas akadémiái és más intézetek, a leningrádi Technikai Fizikai Intézet, a Mendelevjev Méréstechnikai Intézet és több új tudományos folyóirat foglalkozik ma már a mérés technika tudományos kérdéseivel.

Hazánkban felismertük ugyan, hogy az elektronikus — és hozzátehetném az optikai — mérés technikai eljárások forradalmasították tudományos és ipari tevékenységünket, nem jutottunk azonban el annak felismeréséig, hogy ezek kidolgozása, a fizika újabb fejezeteinek ilyen alkalmazása egy új, önálló és nem is lebecsülendő tudományág, a mérés technika tudományának kialakulásához vezetett, és hogy ennek erőteljes fejlesztése és támogatása hazai tudományunk minden területén új módszerek, új mérőeszközök bevezetésével alapvető és forradalmi változásokat hozhat létre. Legyen itt elegendő utalnom arra, hogy az elektronmikroszkóp, a spektrofotométer, a röntgendiffraktográf a nyúlásmérő dinamikai alkalmazásai vagy az izotópos nyomjelzés bevezetése milyen ugrásszerűen vezettek új felismerésekhez, új tudományos eredményekhez.

A K. V. irányelve az ipar műszerezésének $2\frac{1}{2}$ -szeresére való emelését írja elő. Ezen program elméleti alapjait szintén nekünk kell biztosítanunk.

Javasolom ezért, hogy a Műszaki Tudományok Osztályának vezetősége a Méréstechnikai és Műszerügyi Intézet feladatkörének meghatározásánál, fejlesztési irányelveinek kitűzésénél maradjon hű továbbra is az Intézet törvénybe iktatott alapító levelének szelleméhez, tekintse valóban édes gyermekének részeiben immár hatodik éve működő saját intézetét és támaszkodjék az eddiginél sokkal nagyobb mértékben az ott dolgozó kutatók tapasztalataira.

Ami az Intézet fejlesztését illeti, érvényesítse az Osztályvezetőség itt is azt az elvet, amelyet népgazdaságunk minden egyéb területén elfogadtunk: biztosítsa elsősorban az évekkel ezelőtt alapított, évek óta élő és hasznot hajtó intézmény teljes befejezését az Akadémia meglévő beruházási keretéből, mielőtt más, új, rendkívül fontos, de mégiscsak most induló intézet létesítését megkezdéné. A kutatógárda megfelelő elhelyezésével központi kutató-épületben ugrásszerűen emelkednék nemcsak a kutatási teljesítmény, hanem a kutatás színvonala is, amelyet a beszámoló hiányolt. Kötelez bennünket erre az évekkel ezelőtt megkezdett, de be nem fejezett beruházások befejezésének elve, de tartozunk ezzel annak a lelkes és áldozatkész kutatógárdának is, amely immár fél évtizede pincehelyiségekben és egyéb képtelen helyeken igyekszik eleget tenni a velük szemben támasztott követelményeknek.

Az akadémiái mérés technikai kutatás a tudományterület fiatal kora ellenére már eddig is számos új, nemzetközi jelentőségű eredményt tud felmutatni, amelyek közül néhányat az osztálytitkári beszámoló is megemlített. Ezek az eredmények — csak úgy, mint a műszaki fizika, az alkalmazott fizika egyéb eredményei — műszaki kutatás eredményei ugyan, de egész tudományos kutatásunk, iparunk, mezőgazdaságunk, orvostudományunk műszaki színvonalát szolgálják. Mi műszakiak, úgy vélem, erre büszkék lehetünk.

Úgy gondolom nem túlzok ezért, ha ezen a helyen a Nagygyűlés plénuma

előtt kérek hazai tudományos életünk vezetőitől nagyobb megértést, nagyobb támogatást ezen fiatal, talán még egy kissé túlságosan is új és idegen, de elismerten rendkívül gyümölcsöző tudományterület : a fundamentális metrológia és az alkalmazott mérés technika tudományterülete részére.

Ha itt hajlandók leszünk szakítani a régi dogmákkal és az újnak, a forradalmasítónak nagyobb teret biztosítani, nagymértékben hozzájárulhatunk iparunk és tudományos kutatásunk műszerezéséhez, műszaki fejlesztésének tudományos megalapozásához.

MAGYARY ENDRE

Tisztelt Nagygyűlés! A tegnapi perspektivikus előadáson és a mai beszámolón folyton vártam, hogy szóba kerüljön egy igen fontos műszaki probléma, de hiába vártam, csak itt-ott elvétve volt rá egy rövid utalás. Azért tartom ezt rendkívül fontosnak, mert igen erősen éget bennünket ez a probléma-terület, — mindjárt megmondom, hogy mi — óriási gazdasági előnyök várhatók innen, és óriási gazdasági káraink vannak ezzel kapcsolatban.

Ez a műszaki terület a rezgés technika. Ennek öt nagyobb csoportja van : a mechanikai, az akusztikai, az elektromos és kombinatív az elektromechanikai és az elektroakusztikai. Nem dicsekvésképpen, hanem ténymegállapításként mondom, hogy mind az öt területen mind elméletileg, mind gyakorlatilag hosszú évek folyamán dolgoztam, helyesebben dolgoznom kellett, és így bizonyos fokú hasonlósági szempontokat tudok vagy tudnék feltárni, amelyek ezeket a problématerületeket közelebről megvilágítják. Csak egészen röviden említem meg például a tiszta mechanikai területen a gátműveknek, a szerszámgépeknek és az úttesteknek a problémáját. Akusztikai területen ott van például a szabadtéri hangerősítés vagy a teremhangosítás. Itt van például ez a terem. Tessék meg nézni. Ha egy külföldi vendég bejön, s ránéz erre a 4 felakasztott hangszóróra, mindjárt tudja, hogy mi az elektroakusztika Magyarországon. Elektromechanikai területen ott van valamennyi mérés technikai eljárás. STRICKER kartárs nagyon jól rámutatott a szerszámgépekkel és egyéb rezgés problémákkal kapcsolatban. Elektroakusztikai tekintetben ott vannak összes erősítőink, hangszóróink, beleértve természetesen a szabályozástechnikát, és így tovább. Tiszta elektromos területen ott vannak az elektronikai problémák mind a nagyfeszültségű gépek, mind pedig a rádió, a televízió területén. Óriási terület ez, amelynek csak részletes témaköre is igen hatalmas családja.

Arra kérem az Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának vezetőségét, hogy ha már egy műszaki-fizikai kutató intézetet létesítünk, akkor ezen belül a rezgés technikának is adjanak nagyobb tért és lehetőségeket, ha pedig ott már nem fér el, akkor gondoskodjanak külön rezgés technikai kutató intézetről, amely foglalkoznék mindezekkel az elméletekkel és — merem mondani, mert ismerem az anyagot — az analóg elméletekkel végezhető előzetes vizsgálatokkal. Az egyes elméleteket ugyanis jól lehet alkalmazni a másik területen is, ami igen előnyös. Így például, szerszámgépek rezgésmentesítésének vizsgálatakor tapasztaltam, hogy ha az ember elektromos vonalon meg tudja oldani a problémát, akkor egészen jól átviheti azt mechanikai vonalra is, de más esetekben is láttam, hogy analóg elméletekkel egészen jól meg lehet oldani a kérdéseket.

Kérem tehát, hogy a rezgés technika nagyobb súlyt kapjon a jövőben, s az elért eredményeket megfelelően alkalmazzuk az életben, mert így népgazdaságunknak sokszázmilliósi tételeket takaríthatunk meg. (Taps.)

RÁZSÓ IMRE lev. tag.

Tisztelt Osztályülés! Ezt az alkalmat szeretném megragadni arra, hogy a tegnapi megnyitón elhangzott előadás és az arra adott egyik hozzászólás kiegészítéseképpen bizonyos hiányosságokra hívjam fel a Műszaki Tudományok Osztályának figyelmét.

SOMOS ANDRÁS akadémikus foglalkozott tegnapi hozzászólásában a mezőgazdaság műszaki fejlesztésének bizonyos problémáival, nevezetesen a mezőgazdasági gépesítést és a mezőgazdasági vegyipart érintő kérdésekkel, s röviden megemlékezett a mezőgazdasági gépészeti és gépesítési kutatás mostani, elég mostohának látszó helyzetéről.

A helyzet a valóságban sokkal súlyosabb, mint ahogy azt hozzászólásában feltárta, holott nem vitás, hogy mezőgazdaságunk fejlesztése és a mezőgazdaságunk fejlesztését döntő módon szolgáló gépesítés az egész ország fejlődése szempontjából rendkívül fontos tényező. Mezőgazdasági terményeink ugyanis nemcsak az életszínvonal emelése szempontjából nagy jelentőségűek, hanem úgy, mint a múltban, jelenleg is — és remélhetőleg a jövőben még fokozottabb mértékben — fontos nyersanyagbázisul szolgálnak, amelynek révén iparunk számára olyan nyersanyagokat biztosíthatunk, amelyekkel egyébként nem rendelkezünk.

A mezőgazdasági gépesítési és gépészeti kutatás számára ez idő szerint egy — mondjuk — szervezett intézmény áll rendelkezésre, a Mezőgazdasági Gépkísérleti Intézet, amely eddigi szerény működése során, a napi problémák szemmel tartása mellett, olyan kutatásokkal is igyekezett mindig foglalkozni, amelyek a jövő szempontjából fontosak, mert alapozóak. A napi problémák azonban annyira megszorodtak, hogy ezek a jelenlegi helyzetben teljes mértékben lekötik a kutató teljesítményt, helyesebben: nem is a kutató, hanem a kutatók teljesítményét úgy, hogy a tulajdonképpeni kutatómunkára nem marad idő. Sajnos, meg kell mondanom, hogy az intézet fölött felügyeletet gyakorló főhatóság is, a napi problémák szorongató nyomására, olyan irányba kívánja fejleszteni az intézetet, hogy kizárólag a napi problémákkal való foglalkozásra korlátozódjék tevékenysége, a szorosabban vett kutatás pedig maradjon el, arra nem szánnak elegendő teret és lehetőséget.

Azt hiszem, az Akadémia fóruma előtt szükségtelen bizonyítanom, hogy nemcsak az úgynevezett alapozó tudományok kutatását kell alapozó kutatásnak tekintenünk. Minden szakmának megvan az alapozó kutatása. A műszaki élet területén nincsen olyan szakma, amelyben rendszeres és számottevő fejlesztés érhető el a szakmát érintő alapozó kutatás elhanyagolásával. Nem szükséges bizonyítanom, azt hiszem, hogy a mezőgazdaság alapvető bázisunk, s ezért a mezőgazdasági gépészet és gépesítés ilyen távlati, alapozó kutatásának elhanyagolása, ha pillanatnyilag nem is, de néhány év múlva a legsúlyosabban fogja éreztetni hatását.

Az Akadémia feladata lenne annak megvizsgálása, hogy a mezőgazdasági gépészet és gépesítés terén mennyire van biztosítva ennek a bizonyos alapozó vagy távlati kutatásnak a lehetősége, feladata lenne, hogy felemelje szavát, továbbá feladata lenne, hogy később közvetlen felügyeletet és befolyást gyakoroljon ennek az intézménynek vagy az esetleg később létesítendő intézménynek a munkájára, nehogy olyan, nem kívánatos irányú eltolódás következék be, — mint ahogy, véleményem szerint, be is következett — amelyben az alapozó, a távlati kutatás a napi problémáknak áldozatul esik.

A baráti népi demokrata államokban: Csehszlovákiában, Lengyelországban, a Német Demokratikus Köztársaságban — tudomásom szerint Romániában és Bulgáriában is — a mezőgazdaság gépesítésével foglalkozó intézet általában mindig közvetlenül a Tudományos Akadémia felügyelete, irányítása alá tartozik, és akadémiai intézet. A Szovjetunióban, ahol több ilyen irányú kutatóintézet van, az Akadémia mindegyiknek működésére befolyást gyakorol és valamennyit ellenőrzi. Az Akadémiának erre irányuló joga intézményesen biztosítva van, sőt ezt az Akadémiának kötelességévé tették.

Sajnos, meg kell állapítanom, hogy Magyarországon a mezőgazdaság és azon belül a mezőgazdaság gépesítése, amelyről az adott esetben beszélek, mostoha-gyermekek. Sem a Műszaki Tudományok Osztálya, sem a Mezőgazdasági Tudományok Osztálya ezt a kérdést megfelelően nem tartja kézben és ezt kötelességszerűen meg kell említenem, mert ennek káros következményei a jövőben bizonyára jelentkezni fognak.

Arra nézve, hogy az alapozó kutatásokra mennyire szükség van, megállapíthatom, hogy a műszaki élet egész területén mi a külfölddel összehasonlítva, versenyképesek mindig csak akkor tudtunk lenni és a nemzetközi színvonalat csak ott tudtuk elérni, ahol nem átadott eredmények alapján fejlesztettük iparunkat, hanem saját gondolatainknak igyekeztünk megteremteni a lehetőséget ahhoz, hogy azok konstrukciók, tehát gépek, műszaki létesítmények alakjában testet öltsenek.

A most elhangzott beszámoló megemlékezett a magyar arató-cséplő gépről, arról a kombájnról, amelyről örömmel mondhatom, hogy évekig tartó szívós és önálló elgondolásokon alapuló kutatómunkával ma már feltétlenül elérte a nemzetközi színvonalat. Ezzel a géppel sok tekintetben az elsők között vagyunk, az elvi megoldás tekintetében. Ami hiányosság van, az inkább a felhasznált anyagok fogyatékosságaira, és a gyártási elégtelenségekre vezethető vissza. Így vagyunk a műszaki élet minden területén. Ahol a mód megvan arra, hogy a magyar mérnökök, kutatók, a magyar munkások gondolataikat formába öntsék, ott mi a nagyokkal is fel tudjuk venni a versenyt, de ahol csak átadott eredményekre támaszkodunk — bár ez természetesen szintén szükséges — nem vagyunk az élvonalban, ott a mi fejlődésünk elmarad a többi országé mögött.

Azt hiszem, nem ártana, ha a Műszaki Tudományok Osztálya nemcsak a mezőgazdasági gépészet területén végezne ilyen munkálatot, hanem általában a műszaki tudományok széles területének minden ágán megnézné, mennyire van biztosítva az alapozó távlati kutatás. Amennyiben ez nincs meg, ennek feltárása és a hiányok pótlása — megítélesem szerint — feltétlenül az Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának feladata.

Szó volt a tanszéki kutatásról is. Ez más kérdés. Itt teljes mértékben csatlakozom azokhoz a véleményekhez, amelyek az egyetemi tanszékeket tekintik elsősorban a tudományos kutatás bázisának és a tanszékeken folyó kutatás fejlesztését tartják helyesnek és követendő irányvonalnak. Magam mindig ezt az álláspontot hangoztattam és ehhez hozzáfűzni valóm nem lenne, csak a kutatás megszervezésének módjához szeretnék néhány gondolatot előadni. Helyes és szükséges, hogy a tanszékeken rendszeres kutatómunka is folyjék, amennyiben erre a lehetőségek megvannak. Ha nincsenek meg, a lehetőségeket minél messzebbmenően meg kell adni, helytelen lenne azonban, ha a tanszéki kutató-kapacitást már eleve teljesen leterhelnék s a tervezés úgy történék, hogy további szabad kapacitás ne álljon rendelkezésre. Sokat fejlődünk ugyanis a tervezésben, azonban még távol vagyunk attól, hogy mindent

előre lássunk és előre meg tudjunk tervezni. Az iparban máról-holnapra merülnek fel olyan problémák, amelyek fontosak és megoldásuk sürgős, de amelyeket évekkal előre látni bizony nem lehetett volna és elsősorban ezeknek a problémáknak megoldása érdekében, amelyek nagyságuknál, sürgősségükénél és jelentőségükénél fogva feltétlenül méltók az egyetem munkásságára, szükséges az egyetemi tanszékeken szabad kapacitást fenntartani. Ezt a tervezésnél és a jövő fejlődés célkitűzéseinél megítélésem szerint nem szabad figyelmen kívül hagyni.

Ez idő szerint a tanszékeken folyó kutatás számára külön kutatók vannak és így bizonyos kettősség alakult ki az egyetemeknek legalábbis egyes tanszékein: vannak oktatóval foglalkozó egyetemi alkalmazottak és vannak kutatóval foglalkozó egyetemi, esetleg akadémiai alkalmazottak. Lehet, hogy vannak helyek, ahol ez megfelelő megoldás — megítélésem szerint ezen a téren nem lehet általánosítani — és vannak tanszékek, ahol ez a megoldás nem a legcélszerűbb. Ez a kettősség bizonyos feszültséget eredményez a prémium legosztásánál; az elért eredmények honorálásánál mindig szemben állnak az oktatásban leterheltek a kutatást végzőkkel. Hol az egyik, hol a másik véli úgy, hogy a másik társaság helyzete előnyösebb és ez feszültséget eredményez, amely általában egyetemen belül semmilyen vonatkozásban sem kívánatos és helyes.

Meglátásom szerint — bár, mint említettem, sablont alkotni sohasem helyes és célszerű — az oktatók létszámát kellene felemelni a jelenlegihez képest és a kutatómunkát úgy biztosítani, hogy abban maguk az oktatók vegyenek elsősorban részt. Így megszüntethető lenne a jelenlegi kettősség és ezenkívül az oktatómunka révén szerzett elmélyültebb tudás a kutatásban is jobb eredményre értékesülne, mintha oda csak kutatást végző embereket állítanánk, akiknek az oktatásban nincs dolguk és azt a fokozott agymunkát, amelyet az oktatómunka feltétlenül kíván, nem tudnák kellőképpen érvényesíteni a kutatásban. Az eredmények alapján kellene azután az egyes tanszékeket elszámoltatni, hogy az oktató- és a kutatómunkát párhuzamosan hogyan végezték. Kutatómunka végzése feltétlenül szükséges az oktatók fejlődése szempontjából, viszont — mint említettem — az oktatómunka fokozott agytevékenysége feltétlenül elő fogja segíteni a kutatómunkát is.

Többször volt szó arról is, hogy milyen kutató-feladatok és milyen egyéb műszaki feladatok kerüljenek a tanszékekhez. Itt sem lehet merev szabályt adni, de általában le kell szögezni: általánosságban mindig olyan feladatok, amelyek méltók az egyetemhez, tehát amelyeknek elvégzésére más nem tud vagy nem akar vállalkozni. (Taps.)

VAMOS GYÖRGY

Engedjék meg, hogy az osztálytitkári beszámolót a könnyűipari tudományos munka vonatkozásaiban, valamint egyes ipari fejlesztési kérdések tekintetében kiegészítsem.

A második ötéves terv irányvonalai olyan feladatot tartalmaznak ezen iparágban is, amelyek megoldása csak a tudomány és a gyakorlat embereinek szoros együttműködésével biztosítható. A könnyűipari kutatómunka, amely bár igen rövid multra tekinthet vissza hazánkban, mégis bebizonyította már, hogy a rábízott feladatok megoldását biztosítani tudja. A kutatóintézetek hálózata, amelyek irányítását a minisztérium végzi, de amelyek tematikai előkészítésében és gyakorlati munkájában az Akadémiai Főbizottság koordináló tevékenysége

egyre eredményesebben érvényesül, mind több és több olyan tudományos és gyakorlati szempontból egyaránt jelentős munkát produkál, amely nemcsak hazánkban, hanem a határokon túl is mind nagyobb érdeklődést kelt. Az elmúlt esztendő során a textil-, a papír- és bőripar egyes tudományos munkáit igen nagy érdeklődéssel hallgatták a Szovjetunióban, a Német Demokratikus- és a Német Szövetségi Köztársaságban, Csehszlovákiában, Franciaországban, Angliában, Ausztriában és Kínában rendezett mintegy 15 szakmai kongresszuson az egyes szakmák nemzetközileg elismert legkiválóbb képviselői is. A német, francia, olasz, sőt angol szakajtóban is mind gyakrabban találkozunk a magyar könnyűipari kutatók igen színvonalas és nagy érdeklődést keltő tanulmányaival és most szerveztük meg a publikációk kölcsönös cseréjét a baráti államok szakajtóival. Mindez mutatja, hogy helyesen szervezett és irányított kutatómunkával néhány esztendő lefolyása alatt már olyan eredményeket produkálhattunk, amelyek azonkívül, hogy számos vonatkozásban a hazai ipar részére közvetlenül lemérhető hasznot jelentettek, a nemzetközi tudományos közvélemény részéről is elismerésben részesültek.

Most, hogy második ötéves tervünk indulásakor nyilván arra kell a legnagyobb gondot fordítani, hogy az eddig elért eredményeink alapján, azokat tovább mélyítve megoldjuk a könnyűipar olyan létfontosságú kérdéseit, mint a hazai nyersanyagbázis kiszélesítése és a feldolgozás módjainak meghatározása a textil- és a papíriparban, továbbá a helyettesítő anyagok alkalmazása, illetőleg előállítási és felhasználási problémái a fa- és a bőriparban.

Nem vitás, hogy a kutatómunkát nem csökkenő, hanem növekvő mértékben kell az úgyszólván létfontosságú témákra irányítani, nagy gondal ügyelve arra, hogy azok a helyes intézkedések, amelyek a közigazgatás célszerűsítését célozzák, ne eredményezzék a kutatómunka és ezen keresztül döntően a műszaki fejlesztés háttérbe szorulását. Továbbra is, talán még az eddiginél is nagyobb fontosságú azonban az a kérdés, hogy mit kutassunk. Miután nyilvánvalóan a szükséges kutatási gyakorlatosságot megszereztük, most elsősorban minden erőt a műszaki fejlesztés legfontosabb problémáira — így területünkön a nyersanyagbázis és a helyettesítő anyagok kutatására, valamint az ipari termelés jelentős növelésére kell fordítani. Hazánk nyersanyagszegénysége közismert, így ilyen irányú anyagigényes exportunk nagy nehézségeket jelent, rendelkezünk azonban nagy számban olyan kiművelt emberfőkkel, akiknek gondolatai, munkái nyomán iparunk mégis előállíthat olyan minőségi termékeket, amelyek a nemzetközi színvonal legelső soraiba küzdik fel magukat. Ez a magyar tudósok, mérnökök megtisztelő feladata kell legyen.

A könnyűipari kutatómunkában nagy jelentőséget kell tulajdonítanunk a szintetikus szálak helyes feldolgozási módszerei kidolgozásának, a fából és különféle hulladékanyagból (kender, lenpozdorjából) előállítható rostlemezek, valamint a forgácslemez gyártási problémáinak, a szalmacellulóz gyártásával kapcsolatos kutatómunkáknak, különös tekintettel a rizsszalmacellulózra, továbbá a bőr- és különféle fahelyettesítő anyagok kutatásának.

A könnyűiparban termelt iparcikkek egy főre eső fogyasztásában ma még elmaradunk a fejlett ipari államok értékeitől, azonban a második ötéves terv során elmaradásunk behozására jelentős erőfeszítéseket teszünk, hogy megközelítsük a haladott külföldi színvonalat.

Sajnálatosan elmarad még ipari termelésünk eredményessége. Ez az elmaradás — amely természetszerűleg nem minden gyárra egyformán vonatkoztatható — nem írható egyszerűen az elavult géppark számlájára. A közelmúltban

alkalmam volt Angliában és Franciaországban egyaránt, a legkorszerűbb, újszólván automata üzemek mellett, régi, de állandóan korszerűsített gépparkkal dolgozó igen gazdaságosan termelő üzemeket látni. Ennek eléréséhez elsősorban a munka helyes megszervezése szükséges, ezen túlmenően pedig fontos a régi gépeknél a szállítás nagyfokú gépesítése és a műszerek, sőt automatikák kiterjedt használata. Ennek segítségével lehetséges még a kapitalista termelés éles konkurrenciá-harcai között is, régi gépekkel — a megfelelő gyártmányok gondos kiválasztásával — gazdaságosan termelni, természetesen a rendelkezésre álló nyersanyagot sem teljesen figyelmen kívül hagyva. Úgy vélem, a műszerek és automaták szerkesztése során a kutatómunka a könnyűiparban már eddig is számottevő eredményeket ért el, feladatunk most már parancsolóan a kísérleti modellek után a szériagyártás beindítása az egész vonalon; a hazai könnyűipari üzemek termelésének fejlesztésére és a mindenfelől felmerülő exportigények kielégítésére egyaránt.

A szállítás nagymértékű gépesítése üzeinkben egyik legsürgősebb feladatunk. Az üzemek teljesítményének növelése, a szállítás mechanizálása, a fejlettebb módszerek alkalmazása (pl. magas hőfokú kikészítés) azonban egyes esetekben egyidejűleg a fajlagos energiafogyasztás növekedését is maga után vonja, amire a tervezéskor figyelemmel kell lennünk. Természetesen a másik oldalon jelentkező megtakarítások túlnyomóak.

Úgy vélem, a könnyűipar mai tudományos szervezete, az ipari kutatóintézetek és az egyetemi tanszékek, az üzemi kutatómunka bizonyos vonatkozású megerősítésével, alkalmas arra, hogy a második öt éves terv elénk állított feladatainak megfelelően. Elsőrendűen fontos azonban, hogy a megfelelő és tényleg jól képzett káderutánpótlást biztosítsuk — az üzemek és a kutatás részére egyaránt. Nagyfontosságú a végzett mérnökök szakmai továbbképzése — de véleményem szerint helyesen nem a MTESZ, hanem az egyetem kereteiben, valamint — kis ország lévén — nem elhanyagolható jelentőségű a nyelvtanulási tudományos és műszaki kádereink részére.

Meg vagyok győződve róla, hogy az erőteljesen fellendült tudományos kutatómunka a könnyűiparban az Akadémia hatásos támogatásával — az előfeltételek további biztosításával olyan eredményeket fog felmutatni, amelyek az iparra háruló feladatok végrehajtását döntő mértékben fogják elősegíteni és műszaki színvonalukat legalábbis az élenjáró színvonal közelébe tudjuk felzárkóztatni a textil-, a bőr-, a papír-, a nyomda- és faiparban egyaránt.

SZILÁGYI GYULA

Két kutatási területre szeretnék rámutatni, amelyről nem emlékezett meg az osztálytitkári beszámoló: az egyikre azért, mert még nagyon újkeletű, a másikra azért, mert tulajdonképpen nincs gazdája.

Az első kérdés az öntözéssel kapcsolatos kutatásé, amelynek mezőgazdasági és talajtani vonatkozásai mellett erős műszaki vonatkozásai is vannak.

Köztudomású, hogy az utóbbi öt-hat esztendőben az öntözés nem remélt mértékben fellendült, legalábbis az öntözőtelepek létesítése terén nagy a haladás. Kihasznlásukról már nem lehet ezt egészen határozottan mondani, de az is jó úton halad. Egyáltalában nem tartott azonban lépést ezzel a nagyarányú fejlődéssel az öntözéssel kapcsolatos kutatás. Erre a hiányosságra a nálunk járt külföldi és különösen szovjet szakértők nyomatékosan felhívták a figyelmet és talán ennek tulajdonítható, hogy az Országos Vízügyi Főigazgatóság a meg-

levő intézetekből és intézményekből országos kutató munkaközösséget szervezett. Ez a munkaközösség megkezdte munkáját, már egy éve működik és első évi munkájának eredményeit összefoglalták és gépírással sokszorosításban az illetékes szerveknek meg is küldték. Ez a kutatási tevékenység különösen az öntözésnek a talajvízre gyakorolt hatásával foglalkozik, továbbá a rizstermesztésnek mostani kultúrás vagy vetésforgós gyakorlásával. Ami a talajvízre való hatást illeti, már nálunk is mutatkoztak olyan aggasztó jelenségek, amelyek nagymértékben más országok mindegyikében már korábban jelentkeztek és pedig a talaj elnedvesedésének, mondhatnám elnöcsarasodásának és másodlagos elszikesedésének tünetei. Ezek olyan jelenségek, amelyek mellett nem mehetett el szó nélkül ez a szakmai ágazat, mondjuk ez az „ipari vonal” és ezért meg is kezdődött a kutatás szakági, „ipari” vonalon.

Most az eredmények között már nagyon sok olyan van, amely tudományos értékkel bír. Éppen ezért ezeket az eredményeket ez a kutató munkaközösség a Hidrológiai Főbizottságnak és az Öntözési Albizottságnak bírálata és megvitatása alá bocsátja. Ezzel tulajdonképpen ez a kutató-tevékenység belép az Akadémia keretébe, amennyiben az Akadémiának szervei fognak további irányítást nyújtani vitájuk, és bírálatuk kapcsán a további munkára.

Csak meg akartam ezt említeni, de a részleteire nem szándékozom kitérni.

A másik kutató terület a Közlekedéstudományi Főbizottság keretébe tartozó hajózási szakterület. Tudvalevő, hogy hajózásunk igen elmaradott állapotban van, s annak fejlesztése előtt állunk, vagy legalábbis kellene állnunk. Ezt megkívánja népgazdaságunk érdeke.

Az Akadémia hajózási albizottsága már évek óta foglalkozik a hajózási szakterület tudományos kérdéseivel, azonban minden egyes felmerült kérdésben ott volt az a nehézség, hogy nincs ennek a szakterületnek tudományos vonalon gazdája, nincs olyan intézmény, amely ezt a területet tudományos szempontból vizsgálná. Az albizottság így társadalmi munkára volt kényszerítve, a társadalmi munka azonban, mint tudjuk, kissé ellanyhulóban van, és — hogy úgy mondjam — mindinkább veszít hatályosságából.

Éppen ezért hívom fel erre a Nagygyűlés figyelmét, és kérem a Műszaki Tudományok Osztályának támogatását ahhoz, hogy a hajózási szakterület valamilyen formában, szerény keretek között kutató vagy tanulmányi csoporthoz jusson, hogy a felmerülő navigációs és hajóépítési tudományos kérdéseket meg lehessen vizsgálni, és a vizsgálatok eredményét a gyakorlati életben hasznosítani lehessen. (Taps.)

VERŐ JÓZSEF elnök

Tisztelt Osztályülés! Bevett szokás, hogy a referátum és az utána következő hozzászólások után valamilyen összefoglalás és az eredmények leszűrése, a javaslatok és a határozatok megfogalmazása következik.

Az osztálytitkári beszámoló a Műszaki Tudományok Osztályának gondozásába tartozó igen széles tudományterületen folytatott tevékenységet ismertetett. Széles ez a tudományterület, hiszen a műszaki tudományok néven összefoglalt tudomány voltaképpen nem is létezik, műszaki tudományról beszélni nem lehet, hiszen az nem más, mint — mondhatni — az összes egyéb tudományoknak gyakorlati célokra való felhasználása, értékesítése.

Ha mármost a Műszaki Tudományok Osztálya ezen a réven úgyszólván az összes tudományokkal valahogyan kapcsolatban van, nyilvánvaló, hogy

nagyon nehéz helyzetben is van. Igen nagy területet kell áttekintenie. Ha lemérhetnők egy tudományterület nagyságát, akkor valószínűleg azt lehetne megállapítani, hogy a Műszaki Tudományok Osztályában egy osztálytagra sokkal nagyobb tudományterület esik, mint más tudományos osztályokon egy-egy tagra.

Az osztálytitkári beszámoló e nagy területen az osztály részére hozzáférhető, aránylag szerény eszközökkel elért eredményeket ismertette. Az osztálynak természetesen az a törekvése, hogy a műszaki tudományok terén, amely a termelés és az életszínvonal szempontjából elsőrendű jelentőségű, többet tudjon produkálni, mint amennyit produkál. Sajnos, azonban éppen a műszaki tudományok területén a tudományos munkálkodás általában nagy költséggel jár, úgyhogy tevékenységünknek, hogy úgy mondjam, határt szabnak azok az anyagi eszközök, amelyeket a tudományos munkára fordíthatunk.

Az osztálytitkári beszámolóhoz csatlakozó hozzászólásokat két csoportba lehet osztani. Az egyik kiegészítette az osztálytitkári beszámoló egyik vagy másik részletét, a másik pedig egyes szakterületekre, egyes szűkebb tudományos területekre tett bizonyos javaslatokat, általában abból kiindulva, hogy az illető tudományterület keveset kap, nagyobb lehetőségeket kellene neki adni, mert ha megkapja ezeket a lehetőségeket, igen nagy gazdasági eredményeket lehetne produkálni. Ez általában minden tudományterületre érvényes: ha majd lehetőségeket adunk neki, — kezdve az anyagi lehetőségektől a hozzáértő és dolgozni szerető, dolgozni tudó káderekig — akkor annak a gazdasági eredménye nem is marad el.

Amivel nem tudok egészen egyetérteni, az, hogy a hozzászólók kiszakítva a maguk tudományterületét a műszaki tudományok összességéből, nagyobb hangsúlyt iparkodtak neki adni. Minden tudományos dolgozó számára a maga területe a legfontosabb és a maga eredménye a legértékesebb. Ezt készséggel elismerem, és ezt senkitől sem veszem rossz néven. Amikor azonban olyan nagy tudományterület anyagi támogatásáról van szó, amilyen a műszaki tudományok területe, akkor helytelen lenne azt kívánni, hogy egy-egy tudományszakot — szándékosan nem említek egyet sem, de az összes ilyen hozzászólásra vonatkozik ez — a Műszaki Tudományok Osztálya erőteljesebben támogasson. A Műszaki Tudományok Osztálya az egész műszaki tudományterületet kénytelen áttekinteni, és döntéseit, határozatait legjobb tudásával, a népgazdaság érdekeinek megfelelően iparkodik meghozni. Lehet, hogy téved az osztály vezetősége, hiszen az is emberekből tevődik össze, de hogy a legjobb akarattal és a legjobb tudásával csinálja a dolgokat, az kétségtelen.

Engedje el ezért nekem a tisztelt Osztályülés, hogy az osztálytitkári beszámolóval és a hozzászólásokkal kapcsolatban itt most határozatokat hozunk. A felvetett gondolatok, javaslatok az Osztály további munkája során, kellő időben tárgyalásra fognak kitűzteni, s az Osztály azután képességeihez, lehetőségeihez képest, a legjobb módszerekkel fogja a kérdéseket eldönteni. Ezekben kívántam összefoglalni a beszámolót és a hozzászólásokat.

AZ ERUPTÍV KŐZETEK MÁLLÁSÁNAK VIZSGÁLATA*

VENDL ALADÁR akadémikus

I.

Az alábbi vizsgálatok a tudományos geológiai-kőzettani szemponton kívül építőanyagipari és talajtani szempontból is fontosak. A vizsgálatok további folytatására a Magyar Tudományos Akadémia adta meg a lehetőséget, amikor 1949 óta témái közé iktatta a mállási vizsgálatokat és minden évben jelentős anyagi segítséggel lehetővé tette a kísérletek elvégzését. Egyes részletfeladatok megoldásáért a munkatársak közül többen kaptak az Akadémiától prémiumot.

A mállási vizsgálatokat az a régi megfigyelés tette szükségessé, hogy az állandóság jelképének tekintett kőzetek éppen úgy keletkeznek, változnak, átalakulnak, mint minden anyag. Igen gyakran használ fel az építőipar meg nem felelő kőzet-anyagot, ezzel a népgazdaságnak is jelentős károkat okoz, mert a hosszú évekre tervezett alkotások gyorsan pusztulnak. Vizsgálatainkban igyekezünk tisztázni a természetben lejátszódó mállás és a felhasználás során végbemenő folyamatok kőzetmódosító jelentőségét.

Gyakorlati szempontból a cél az, hogy olyan sajátságokat állapítsunk meg, amelyek ismerete előre megmondja, hogy a kőzet tartóssága milyen. A gyakorlati életben általában az a felfogás alakult ki, hogy a nagy szilárdságú kőzetek igen tartósak. Sok kőzet valóban ilyen. Más nagy szilárdságú kőzetek azonban hamar tönkremennek ugyanazon körülmények közt, amelyek közt az előbbiek meglehetősen állandók. Tehát a nagy szilárdság nem közvetlen mértéke a nagyfokú tartósságnak. Ismeretesek esetek, hogy a nagy szilárdságú kőzet (nyomószilárdsága 2000 kg/cm^2) makadám útburkolat alakjában néhány hónap alatt erősen megrongálódott, esetleg csaknem teljesen tönkrement.

Az eruptív kőzetek kémiai szempontból sokfázisú, sok komponensű heterogén rendszerek egyensúlyban, addig amíg a külvilággal nem érintkeznek. A komponensek száma legalább tizenöt, a fázisok száma is — divariáns rendszerek lévén — maximum ugyanannyi. Tehát igen bonyolult rendszerek.

* Ez a munka évekkal ezelőtt indult meg. Munkatársak: *Bidló Gábor*, *Mándy Tamás*, *Takáts Tibor* a kémiai vizsgálatokban, *Horváth József*, *Kertész Pál* a fizikai vizsgálatokban.

A természetben a 15 fázis csak igen ritkán jelentkezik a diadoch helyettesítések miatt.

Amint a felszínen a külvilággal érintkezésbe kerülnek, az eredeti egyensúlyi helyzet nem marad meg, hanem a rendszer törekszik a külső körülményeknek megfelelő egyensúlyt elérni. A külső körülmények azonban állandóan változnak, sőt itt a rendszer kémiai összetétele is állandóan változik: a hozzájutó víz mennyisége, minősége, a felületen megtelepülő alacsonyrendű élőlények (baktériumok, gombák stb.) termelte különböző vegyületek. Ezekhez hozzájárul még a széllel szállított por koptató hatása, a hőmérséklet állandó változásával összefüggő kiterjedés és összehúzódás, a repedésekbe beszivárgott víz fagyása és olvadása, a magasabbrendű növények gyökereinek repesztő hatása stb.

Mindazok a folyamatok, amelyek a külső körülmények közti egyensúlyi helyzet felé vezetnek, együttesen *mállás* névvel foglalhatók össze. A mállás az eredeti rendszer, vagyis a kőzet tönkremenetelét, elpusztulását idézi elő.

Eközben a kőzeteket alkotó ásványok egy része átalakul és új, a felszínen állandó ásványok képződnek. A mállási folyamat alatt az ásványos összetételen kívül megváltozik a kőzet fizikai tulajdonsága és kémiai összetétele is.

Háromféle mállást szokás megkülönböztetni aszerint, hogy fizikai, kémiai, vagy biológiai erők okozzák-e a kőzet elbontását. A természet azonban ilyen skatulyázásokat nem tűr és a három tényező rendszerint együttesen hat.

A fizikai mállásnak legfontosabb energiaforrása a Nap, és a víz térfogatnövekedése megfagyásakor. Ezenkívül a Föld forgásából és némelykor a Föld belső melegéből származó energia is hozzájárul a málláshoz. A fizikai mállás felaprózza a kőzeteket, de összetételükben bizonyos határig nem változtatja meg azokat.

A kémiai mállás már lényegesen megváltoztatja a kőzetek összetételét. Ilyenkor a víz oldó hatásának és a levegőben levő oxigénnek van nagy jelentősége. Az oxigén hatására az egyes elemek igyekeznek mindig legnagyobb stabilis vegyértékükkel („legnagyobb oxidációs fokban”) megjelenni a felszínen képződött vegyületekben. Az oldás nemcsak egyszerű oldás lehet, hanem együtt jár a szilikátok elbontásával is. Az oldott anyagot a víz rendszerint elszállítja és máshol lerakva új kőzet képződhetik belőle.

A biológiai mállás az élő szervezetek hatására jön létre. Részben felaprózza a kőzeteket, részben kémiai összetételüket változtatja meg. A hatása ennek megfelelően kettős.

Mindezeket a folyamatokat jól tanulmányozni csak a természetben lehet. Elsősorban azért, mert a laboratóriumi vizsgálatoknál nem áll rendelkezésre elég idő. Egy-egy kőzet teljes elmállásához nem egyszer évszázadok kellenek. Még az aránylag könnyen málló kőzeteken is a mállás hatása rendszerint több év múlva figyelhető jól meg.

Vizsgálati módszereinket igyekeztük ehhez alkalmazni. Így laboratóriumi vizsgálatokon kívül helyszíni megfigyeléseket is végzünk. Vizsgálatainkat négy nagy csoportba foglalhatjuk :

- a) helyszíni megfigyelések
- b) kőzettani (főleg optikai) vizsgálatok
- c) fizikai vizsgálatok
- d) kémiai vizsgálatok.

A *helyszíni vizsgálat* a kőzeteket keletkezésük és felhasználási helyén figyeli meg. Ezenkívül az időtényező hatását is vizsgáljuk. Az első mállási vizsgálatok még csak erre korlátozódtak. Kőbánya hányóján és a bánya környékén levő elszórt, több éve ott heverő kőzet-darabok rendszerint igen értékes felvilágosítást adnak a kőzetek mállásáról. Ha pontosan nem is lehet meghatározni, hogy egy kőzet 3 évig volt-e szabadban vagy 5 évig, de a nagyságrendet és a mállottsági fokot is általában meg lehet állapítani.

A *kőzettani vizsgálat* a kőzet szövetére és a kőzetben levő ásványok mállottságára ad felvilágosítást. A frissen fejtett kőzetben már igen sokszor találunk elbomlott ásványokat. Főleg a posztvulkáni hatások (meleg víz stb.) bontják el a kőzetekben levő földpátokat vagy színes ásványokat. Természetesen az ilyen elbontott ásványokat tartalmazó kőzet sohasem lesz olyan tartós, mint a teljesen üde ásványokat tartalmazó. A kőzetben levő ásványok rácsenergiájuk szerint hamarabb vagy lassabban bomlanak, aszerint, hogy kevesebb vagy több energia kell a rács elbontásához. A mikroszkóppal végzett kőzettani vizsgálat elég is lenne a kőzetek minősítésére. Ma azonban még nem tisztázott számszerűen a kőzetek szövete, a kőzetben levő ásványok és kőzetek fizikai sajátosságai és kémiai ellenálló képessége közötti összefüggés. Hogy valamennyire hozzájáruljunk ennek tisztázásához, a M. Tud. Akadémia támogatásával kőzetfizikai laboratóriumot rendeztünk be a tanszéken, hogy az összes vizsgálatok egy helyen, egységes irányítás szerint történjenek.

A *fizikai vizsgálatok* a szokásos nyomószilárdsági, húzószilárdsági vizsgálatokon kívül kiterjedtek még vízfelvételi, kopási, térfogatsúly, fajsúly megállapítására is. Több olyan eljárást használunk, amelynek teljes módszerét a tanszéken kellett kidolgozni ; több régebbi vizsgálatot kellett a körülményeknek megfelelően átalakítani és elméleti megfontolások is többször azt mutatták, hogy némely régebbi vizsgálati módszer nem elég szabatos.

A vizsgálatokat részben az MNOSZ 1991 szerint végeztük és a kőzeteknek a szabvány szerint a következő jellemzőit határoztuk meg: térfogatsúly, víztartalom, vízfelvétel, nyomószilárdság és egyes kőzeteknél még a húzószilárdságot is. A kopási és egyes mintáknál a vízfelvételi értékek nem szabvány szerint voltak meghatározva, hanem a tanszéken kidolgozott pontosabb módszerek szerint. Az egyes bányákból több minta került vizsgálatra, hogy a szabad szemmel különbözőnek látszó kőzetek teljes vizsgálatát megkapjuk. A fizikai vizsgálatokban az alábbi módszer szerint jártunk el.

A térfogatsúlyt (a kőzet térfogat egységének a súlya g/cm^3 , vagy tonna/ m^3 -ben) szoba-hőmérsékleten (kb. $18-20^\circ$) légszárazon határoztuk meg. Ezenkívül 105° -on kiszárított kőzetből, valamint a kőzetet vízzel telítve. A kőzetek faj-súlyát a gyakorlatban szokásos piknométeres eljárással határoztuk meg.

Víztartalomnak nevezzük — a kőzetek technikai vizsgálatokor — azt a víz-mennyiséget, amely egy laboratóriumi méretű, általában $5 \times 5 \times 5$ cm-es kockából 105° -ra kiszárítva eltávozik. Ezt az értéket a kőzet száraz súlyának százalékában szokás megadni.

Hasonlóképpen súlyszázalékban adják meg a kőzet vízfelvételét, ami a kőzet pórusainak telítéséhez szükséges vízmennyiség. Ezt különböző módokon határozhatjuk meg. Vizsgálatainkban részben a szabvány előírásai szerint határoztuk meg, amikor is 105° -on történő szárítás után a próbatestet naponta 3 órára $15-20$ Hg mm-es léghíjas térben telítettük vízzel, majd 21 órán keresztül közönséges légköri nyomáson. Az eljárás gyakorlati kivitele az volt, hogy léghíjas exsikkátorban helyeztük el a próbatestet, majd vizet öntöttünk rá. Az exsikkátor lefedése után vízlégszivattyúval beállítottuk a megadott légritkítást és ezt 3 órán keresztül tartottuk. A 3 óra eltelte után a vízlégszivattyút lekapcsolva az exsikkátorban rendes légköri nyomást létesítettünk. Ezt az eljárást mindaddig ismételtük, amíg a vizsgálandó kőzetdarab súlya már nem változott.

A nyomószilárdsági vizsgálatokat szintén $5 \times 5 \times 5$ cm méretű próbatesteken végeztük 100 tonnás hidraulikus nyomógépen. A terhelést lassan $10 \text{ kg/cm}^2/\text{sec}$. sebességgel fokoztuk törésig. Eredményeinket a szokásos kg/cm^2 -ben határoztuk meg. A nyomószilárdsági vizsgálatokat elvégeztük légszáraz, 105° -on szárított, valamint vízzel telített próbatesteken. A nyomószilárdsági méréseket némelykor olyan próbatesten is elvégeztük, amelyen először a fagyállósági vizsgálatokat is végrehajtottuk. A fagyállósági vizsgálatnál a próbatestet vízzel kell telíteni és a telített próbatestet 25-ször ismételten fagyasztottuk. A fagyasztáskor a vizsgálandó anyagot 4 órán keresztül $-15-18^\circ$ -ra hűtöttük le, majd 4 órára szoba-hőmérsékletű vízbe helyeztük el. Amennyiben a fagyásnak és felengedésnek 25-szöri változtatását a kő kibirja, a szabvány szerint fagyálló.

A húzószilárdságot $5 \times 5 \times 15$ cm-es próbatesten vizsgáltuk, 1000 kg-os szakítógépen.

A vizsgálatok összefoglaló eredményeit az I. táblázatban tüntetjük fel. A feltüntetett értékek az egyes bányák átlag értékei, amelyet több típusú kőzet vizsgálatából számítottunk.

A viszonylagos kopás mérésére elektromosan hajtott csiszológépet szerkesztettünk. Csiszolóul Mayer és Schmidt-féle középfinom karborundumkorongot használtunk, amelyet vízszintes síkban, függőleges tengely körül forgattunk. Két kar segítségével egyidejűleg két próbatestet lehetett koptatni. Egy-egy kar súlya 1,32 kg.

A kocka alakú próbatestek élhossza általában 2,5 cm volt. Maga a karborundum korong volt a csiszolóanyag (közbeiktatott csiszolópor nélkül). A csiszó-

I. táblázat

	Térfogatsúly g/cm ³			Víztar- talom súly%	Vízfel- vétel súly%	Nyomószilárdság kg/cm ²			
	lég- száraz	szári- tott	víz- zel tel.			lég- száraz	szári- tott	víz- zel tel.	fa- gyasztva
1. Dunabogdányi andezit									
Átlag	2,55	2,51	2,60	1,52	3,72	900	1430	540	1040
Min.	2,42	2,38	2,47	1,23	2,97	780	1200	280	980
Max.	2,61	2,57	2,66	2,04	4,49	1030	1670	720	1100
2. Visegrádi andezit									
Átlag	2,61	2,54	2,63	2,51	2,79	1580	1680	1030	920
Min.	2,54	2,47	2,56	1,28	2,16	1430	1660	890	830
Max.	2,70	2,63	2,72	3,09	3,25	1760	1710	1200	1120
3. Hosszúhetényi fonolit									
Átlag	2,57	2,56	2,58	0,65	0,89	1785	—	1360	1780
Min.	2,49	2,47	2,50	0,13	0,42	1166	—	650	1310
Max.	2,71	2,69	2,72	1,60	1,78	2990	—	2200	2500
4. Uzsabányai bazalt									
Átlag	2,81	2,79	2,81	0,81	0,91	1125	1330	930	820
Min.	2,70	2,68	2,70	0,41	0,46	480	495	475	370
Max.	2,92	2,90	2,92	1,29	1,36	1860	1945	1730	1580

lást szárazon végeztük. Amint a korong annyiszor fordult (5617 fordulat), hogy a kockák alsó lapjainak középpontja 3 km utat futott meg, a kockákat kikapsoltuk. A fordulatszámot tahométerrel (Jaguet No 250), illetőleg fordulat-számlálóval mértük.

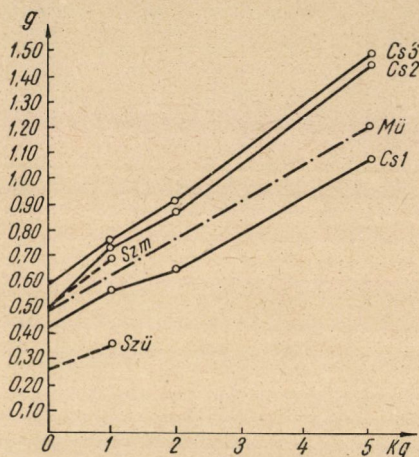
Többféle kísérletet végeztünk: vizsgáltuk a kockákat vagy külön megterhelés nélkül, csak a kőköcka saját súlya és a tartókar megterhelésével, vagy ezenkívül még egy, kettő és öt kilóval külön megterhelve a tartókarokat.

Az eredményekből a következőket olvashatjuk ki: A legjobban oxidált kőzet a legerősebben kopott. A Csódi-hegyi kék üde 1. kőzet kevésbé kopott, mint a sárga és még kevésbé kopott a szobi üde kőzet. Legjobban kopott a Mátyás-hegyi mállott kőzet (annyira, hogy az ábrán feltüntetni nem lehetett). A Csódi-hegyi 2. és 3. kissé mállott kőzet görbéi közel egymáshoz haladnak, a Csódi-hegyi 1. kőzet görbéje jóval lejjebb van (1. ábra). A kopás mértéke bizonyos vonatkozásokban hasonlít a vízfelvételi értékekhez: a vízfelvételt feltüntető görbék közül a Csódi-hegyi 2. és 3. sz. kőzet görbéje magasabban és

egymáshoz közel helyezkedik el, az 1. sz. kőzet görbéje jóval mélyebben húzódik. A Mátyás-hegyi kőzet vízfelvételi görbéje szintén magasabban helyezkedik el.

A kopás természetesen nő a megterheléssel, mégpedig lényegesen nagyobb mértékben kopnak az oxidált példányok, mint az üde kőzet mintái.

A vízfelvétel menetének meghatározására, amikor nem a szabványban előírt vizsgálatokat végeztük (Csódi-hegyi, szobi, Mátyás-hegyi kőzet), ugyancsak 2,5 cm-es élhosszúságú kockát használtunk. A kockákat előzetesen a ned-



1. ábra. Kopás grafikus ábrázolása. Abszcissza = a próbatest megterhelése kg-okban. Ordináta = súlyvesztés g-okban. Sz. ü. = szobi üde kőzet, Sz. m. = szobi mállott kőzet, Cs. 1. = Csódi-hegyi üde kőzet. Cs. 2. = Csódi-hegyi vízben áztatott kőzet. Cs. 3. = Csódi-hegyi mállott kőzet. M. ü. = Mátyás-hegyi üde kőzet

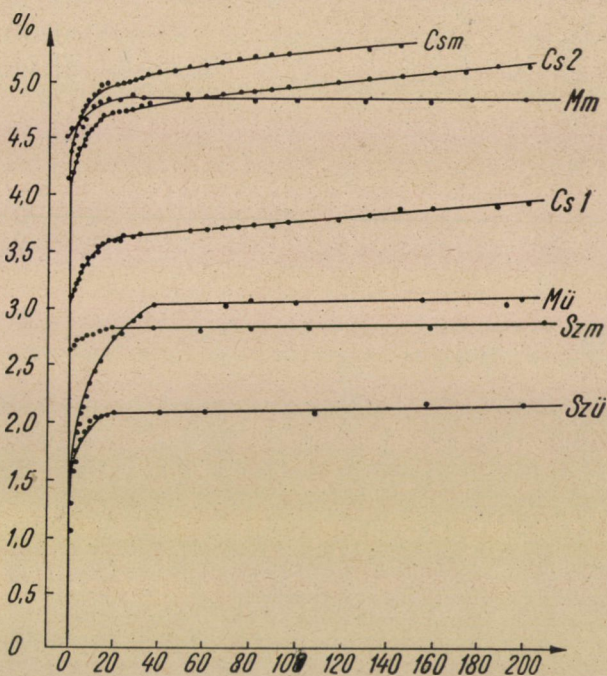
vesség utolsó nyomainak eltávolítására alkoholba áztattuk, majd 105°-on kiszáritottuk. A száraz kockák súlya grammokban az alábbi volt :

Csódi-hegyi 1. sz. minta	37,9905 g	sűrűség = 2,681
Csódi-hegyi 2. sz. minta	36,6714 g	sűrűség = 2,683
Csódi-hegyi 3. sz. minta	36,0546 g	sűrűség = 2,684
Szobi kőzet 1. sz. minta	51,6222 g	sűrűség = 2,723
Szobi kőzet 2. sz. minta	50,8734 g	sűrűség = 2,633
Mátyás-hegyi 1. sz. minta	77,7936 g	sűrűség = 2,497
Mátyás-hegyi 2. sz. minta	73,2146 g	sűrűség = 2,334

Az értékekből látható, hogy az oxidálódott kőzetek térfogatsúlya kisebb, mint az üde kőzeté.

A száraz kockákat a vízfelvétel megállapítása céljából megfelelő edénybe helyeztük, itt lassan, cseppenként kiforralt és lehűtött desztillált vízzel borítottuk el. A vizsgálatokat úgy végeztük, hogy a desztillált víz 24 óra alatt

borítsa el a kockákat teljesen. Azután annyi vizet öntöttünk még az edénybe, hogy a vízszlop 10 cm magas legyen a kockák felső lapja fölött. Így a vízszlop nyomása kerekén 10 g/cm² volt a kockák felső lapján. Ezt az állapotot a mérések tartamára állandónak tartottuk. A súlyszaporulatot — illetőleg a felvett víz súlyát — naponként mértük. A mérések több mint 200 napig tartottak. Az 5. hónap elején a vízbe kevés formaldehidet tettünk,



2. ábra. A vízfelvétel grafikonjai. Abszcissza = napok száma. Ordináta = súlygyarapodás a száraz kocka súlyának százalékában kifejezve. Sz. ü. = szobi üde kőzet, Sz. m. = szobi mállott kőzet, M. ü. = Mátyás-hegyi üde kőzet, M. m. = Mátyás-hegyi mállott kőzet, Cs. 1. = Csódi-hegyi kék andezit (üde), Cs. 2. = Csódi-hegyi mállott andezit, Cs. m. = Csódi-hegyi vízben tartott és azután kiszáritott andezit

hogy élő szervezetek meglepedését meggátoljuk. (A víz formaldehid tartalma nem érte el a 2%-ot.) Az első 17 napon át mindennap mértük a vízfelvételt, azonos időben, majd 2 naponként, a 25. naptól kezdve 3 naponként, azután egyre nagyobb időközökben és a 2. hónaptól kezdve csak 2 hetenként.

Az eredményekből kitűnik, hogy a mállottabb kőzetek jóval több vizet vesznek fel, mint az üde kőzetminták. Ebből következik, hogy az atmoszferiliák hatására bizonyos szöveti lazulás következett be a kőzetben. A legtöbb vizet a Csódi-hegyi mintából a legerősebben oxidálódott 3. sz. minta, a Mátyás-hegyi kőzetből az ugyancsak erősen oxidálódott 2. sz. minta vette fel. Mind-

egyik kőzetben az első 24 órában volt legnagyobb a vízfelvétel. Elég nagy még a vízfelvétel az első 3—4. héten, ettől kezdve a vízfelvételi görbék csaknem párhuzamosak, vagyis ekkor már mindegyik kőzetben a vízfelvétel igen csekély. 200 nap után a felvett víz oly kevés, hogy ezzel a módszerrel nem mérhető. A mállottabb kőzeteknél ez az állapot már hamarabb bekövetkezik.

A kémiai vizsgálatokban aránylag jól kidolgozott módszerekre támaszkodhattunk. 'SIGMOND ELEK néhai műegyetemi professzor és iskolájának, az orosz és más külföldi talajtani kutatóknak több kidolgozott eljárása van a talajoldások végrehajtására. Mindezeket a módszereket is azonban át kellett alakítani a speciális körülményeknek megfelelően. A talajtanban az oldási vizsgálatok a természetben lejátszódó talajképződést igyekeznek utánozni és ennek megfelelőek a vizsgálatok is. A kőzetek igen gyakran kerülnek felhasználásuk közben olyan anyagokkal is érintkezésbe, amelyek a természetben nem fordulnak elő. Így ezeknek a hatását is tanulmányozni kellett.

Az egyes vizsgálatok részletes metodikáját itt mellőzzük.

II.

Először bizonyos alapvizsgálatokat kellett elvégezni. Így meg kellett vizsgálni olyan kőzeteket, amelyek közismerten jól beváltak, több évtizedes, esetleg évszázados tapasztalatok alapján. Megvizsgáltunk olyan kőzeteket, amelyek több évtizedes tapasztalat alapján gyengébb minőségűnek bizonyultak. Végül pedig néhány újonnan nyitott bánya kőzetét is tanulmányoztuk.

Eddig az alábbi helyek kőzetéről készült teljes vizsgálat:

1. Dunabogdányi Csódi-hegy
2. Visegrádi Mátyás-hegy
3. Hosszúhetényi Kövestető
4. Uzsapusztai Láz-hegy

A fentiekén kívül még több kőzetről készült egy-egy részletvizsgálat.

Elkészült pl. az összes cserhádi kőbánya fizikai vizsgálata, a tállyai kőbánya fizikai vizsgálata, valamint a Szob malomvölgyi, Szentendre Kapitány-hegyi, és Telkibánya Kánya-hegyi kőzetek kémiai vizsgálata. A fizikai vizsgálatokhoz a kémiai, a kémiai vizsgálatokhoz a fizikai vizsgálatok elkészítése folyamatban van.

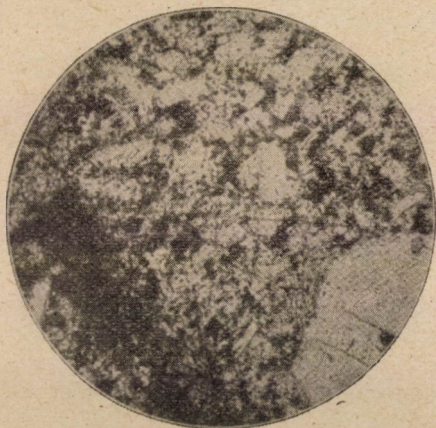
Az elkészült vizsgálatok eredményeit röviden az alábbiakban foglalhatjuk össze.

1. *Csódi-hegy* andezitje lakkolitszerűen helyezkedik el a felső-oligocén idősebb és fiatalabb rétegei között. Az üde andezit érdes, kissé porózus, sötét-kék színű. Az atmoszferiliák hatására a kőzet színét változtatja: néhány hét múlva kezd sötét színét elveszteni s szürke, vagy sárgásszürke, később szürkés-sárga lesz. Hosszabb idő múlva többé-kevésbé megsárgul. A színváltozás a kőzet

felszínén kezdődik és lassan terjed a kőzet belseje felé. Évtizedek során át folytatódó mállás előhaladtával az andezit sárgás-vörösbarna törmelékké (darává) esik szét.

Mikroszkóppal jól megállapítható, hogy az üde, kék kőzet típusos porfiros szövetű andezit. Az alapanyag bőséges és átlag 22,5 térf. % porfiros elegyrészt fog közre. A porfiros kiválások: plagioklász, biotit, amfiból és gránát.

A *plagioklász* üde, idiomorf és legtöbbször zónás. Mennyisége átlag 18,63



3. ábra. Alapanyag-részlet a mállott Csódi-hegyi andezitből. A szabálytalan körvonalú, sötét foltok túlnyomó része megsárgult üveg, kisebb része magnetit. A kép baloldalán alul levő nagyobb sötét folt apró magnetitek és megsárgult üvegszemcsék halmazát tünteti fel rezorbeált biotit helyén. Jobboldalon alul a nagy világos folt plagioklász. Keresztezett nikolok. Vonalas nagyítás 26,4

térf. %. A kioltása alapján bázisos, labrador—bytownit típusú. Zárványként üveget, néha magnetitet, ritkán cirkont és apatitot tartalmaz.

A *biotit* jól kifejlődött, barnásfekete hatszögletű lemezes kristályokban fordul elő. Sok biotit széle erősen rezorbeálódott, magnetitszemcsék és üveg kiválása közben. A biotit mennyisége a kőzetben átlag 2,45%.

Az *amfiból* mennyisége igen csekély (0,79%). Kristályai idiomorfok és néhol opacitos zónával körülvettek.

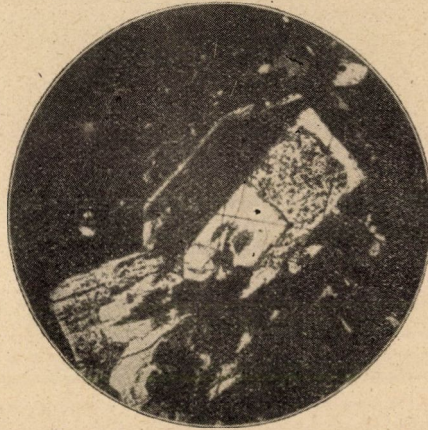
A *gránát* is ritka elegyrész (0,68 %); izodiametrikus szemcsék alakjában jelenik meg.

Az *alapanyagban* (77,45 térf. %) is megjelenik a *plagioklász*. Az alapanyagnak mintegy 35 térfogatszázaléka üveg (3. ábra). Ennek legnagyobb része a teljesen üde kőzetben kékeszöld színű és egészen frissen kifejtett kőzetben izotrop. Ez az üveg a kémiai mállási folyamatok megindítója. Az atmoszferiliák hatására oxidálódik, a benne levő ferro-vas ferri-alakba megy át, a színe emiatt kékeszöldből sárgává változik. Az oxidáció folytán szferolitosan

át is kristályosodik. Az oxidáció egyben vízfelvétellel is együtt jár, ami az üde és mállott kőzet elemzése közti különbségből is látszik.

Vizsgálatra került több olyan kőzetdarab is, amelyeken már észrevehető mállási nyomok mutatkoznak.

Minden mintán egységesen látszik, hogy a kőzetben levő üveg szferolitosodik és átalakul, még akkor is, ha a plagioklászban található zárványként (4. ábra). A plagioklász egyébként még a darává széthullott kőzetben is megmarad üdén. A biotitok egy része viszont kifakult. A darává széthullott kőzetben



4. ábra. Zónában elhelyezkedő, megsárgult üvegzárványok a sárga andezit plagioklászában. Keresztezett nikolok. Vonalas nagyítás 26,4. (Csódi-hegyi andezit.)

az oldás főleg az alapanyagot érthette és ebből kioldódott a CaO és alkáliák egy része.

Fizikai vizsgálatokban az üde kőzet került vizsgálatra. A vizsgálat adatai az alábbiak:

	átl.	min.	max.
<i>Térfogsúly</i> : légszáraz	2,55	2,42	2,61
szárított	2,51	2,38	2,57
vízzel tel.	2,60	2,47	2,66
<i>Víztartalom</i> : súly%	1,52	1,23	2,04
<i>Vízfelvétel</i> : súly%	3,72	2,97	4,49
<i>Nyomószilárdság</i> : légszáraz	900	780	1030 kg/cm ²
szárított	1430	1200	1670 „
vízzel tel.	540	280	720 „
fagyasztva	1040	980	1100 „

Kémiai vizsgálatok. A kőzetből több elemzés készült és oldási kísérletek is történtek. Elemzés készült (II. táblázat) a teljesen üde kőzetből (a hegy É-i oldalán levő kőbánya üde kőzete (1)), a megsárgult kőzetből (ugyanazon kőbánya sárga kőzete (2)) és a darává széthullott kőzetből (3).

II. táblázat

	1.	2.	3.
	%	%	%
SiO ₂	64,82	65,34	64,19
TiO ₂	0,55	0,52	0,33
Al ₂ O ₃	18,05	17,71	17,61
Fe ₂ O ₃	2,60	3,01	3,97
FeO	1,96	1,17	0,36
MnO	ny	ny	0,09
MgO	0,58	0,49	0,57
CaO	4,11	3,89	2,99
Na ₂ O	3,20	3,49	2,91
K ₂ O	2,17	2,49	1,56
H ₂ O ⁺	0,89	1,34	3,18
H ₂ O ⁻	1,38	1,09	1,28
P ₂ O ₅	0,13	0,21	0,18
<i>Összesen</i>	100,44	100,75	99,22

Elemző:

EMSZT K.

EMSZT K.

TAKÁTS T.

A kémiai elemzésekből kitűnik, hogy a kőzetben — mállás közben — a vas (II)-tartalom, a CaO-, Na₂O-, K₂O-tartalom csökken, a H₂O-tartalom növekszik.

Az elemzéseken kívül oldási kísérleteket is végeztünk a kőzettel. Az oldási vizsgálatokhoz cc. HCl-t, normál HCl-t, desztillált vizet, karbamid-oldatot és CO₂-vel telített desztillált vizet használtunk. A későbbi vizsgálatokban normál H₂SO₄-t, citromsavat is alkalmaztunk. Az egyes kioldott anyagmennyiségeket az oldáshoz használt anyag súly%-ában az alábbi táblázatban tüntettük fel (III. táblázat).

A táblázat adatai azt mutatják, hogy a cc. HCl a kőzetben levő vas legnagyobb részét kioldotta. A MgO és CaO-ból is jelentékeny mennyiség oldódott. A lúg sósav hatására az előbbtől különböző eredmények adódtak. Több kovasav oldódott ki (rövidebb idő alatt), sok Al₂O₃ és vas. Az üde kőzetből több magnézium oldódott ki, mint az előző kísérletben. A rövidebb ideig tartó oldás és gyengébb sav miatt a kalcium és az alkáliák kevésbé oldódtak ki. A desztillált

III. táblázat

Dunabogdányi Csódi-hegy

Oldószer Oldási idő	cc. HCl		n. HCl		H ₂ O		6% karbamid		H ₂ O + CO ₂	
	24 h		3 h		380 h		380 h		60 nap	
	üde	mállott	üde	mállott	üde	mállott	üde	mállott	üde	mállott
	S z á z a l é k									
SiO ₂	0,04	0,14	1,88	1,16	0,18	0,35	0,10	0,16	0,28	0,15
TiO ₂	0,22	0,18	ny	0,04	—	—	—	—	—	—
Al ₂ O ₃	6,70	5,69	5,86	2,58	—	—	—	0,10	0,07	—
Fe ₂ O ₃	3,59	4,05	1,01	3,14	—	—	—	—	0,07	—
CaO	2,19	1,12	1,92	0,95	0,06	0,28	0,09	0,14	0,25	0,09
MgO	0,37	0,75	0,50	0,65	—	0,03	—	—	0,02	—
Na ₂ O	0,34	0,27	0,22	0,16	—	0,06	—	ny	0,14	0,08
K ₂ O	0,14	0,18	0,08	0,14	—	—	—	ny	0,03	—
	13,59	12,38	11,47	8,82	0,24	0,72	0,19	0,40	0,86	0,32

Elemző: TAKÁTS TIBOR

víz hatására az üde kőzetből csak kovasav és kalcium oldódott ki. A mállott sárga kőzetből ezenkívül magnézium és alkáli is. Ebből is látható, hogy a mállott kőzet sokkal jobban oldódik. A karbamid-oldat hatása lényegileg azonos volt a desztillált víz hatásával. Különösen érdekes a széndioxiddal telített desztillált víz hatása: lényegesen többet old ki az üde kőzetből, mint a mállottból. Legtöbbet a kőzet kovasav-tartalmából és kalcium-tartalmából oldott ki. A többi anyagból lényegesen kevesebbet old ki, mint az egyéb oldószerek. A széndioxiddal telített desztillált víz érdekes oldó hatása azzal is magyarázható, hogy a mállott kőzetből azért is oldhat ki kevesebbet, mint az üdeből, mert a mállott kőzetet a mállási hatások jobban kilúgozták (5. ábra).

2) A *visegrádi Mátyás-hegy* kőzete szintén a miocén vulkánosság terméke, mint a Csódi-hegy andezitje, csak fiatalabb annál. Az üde kőzet kékesszürke színű, levegőn megsötétedik, majd rozsdabarna lesz, végül világosabb sárgásbarna agyaggá mállik szét. Az üde kőzetben szabad szemmel jól látható a szürkés-fehér földpát és a fekete, tompafényű hipersztén.

Mikroszkóp alatt megfigyelhető, hogy a földpátok erősen repedezettek és korrodeáltak. Összetételük labrador-típusú, *bázisos plagioklász* (6. ábra.) A színes elegyrészek között a hipersztén az uralkodó. Ez repedezett és jól látszik a magmatikus rezorbción. Repedések mentén és a hipersztén belsejében is sokszor megfigyelhető ércszemecskék vannak (7. ábra). A porfiros beágyazáson kívül az alapanyagban is található földpát, ami egészen üde. Az alapanyagban üveg nincs, az egyes földpátokban azonban néhol zárványként mutatkozik.



5. ábra. A kép közepén jobboldalt a sárga andezit fellevelezett egyes részei le is váltak. Mellette balra az üde Csódi-hegyi kék andezitban változás nem látszik. A kőzethasábok járda szegélynek vannak beépítve. Kicsinyítés : 1 : 10



6. ábra. Mátyás-hegyi andezitban zónás szerkezetű plagioklász. Keresztezett nikolok, nagyítás 26,4



7. ábra. Mátyás-hegyi andezitban basztitosodott hipersztén, Keresztezett nikolok. Vonalas nagyítás 26,4

A mállottabb kőzetből készült csiszolat azt mutatja, hogy az ilyen földpátok erősebben megbontódnak és a kőzetben több limonit található.

Fizikai vizsgálatok. A fizikai vizsgálatokra csak az üde kőzetből került minta, mert a mállott minták annyira szétmentek a próbatest készítésekor, hogy vizsgálni nem lehetett.

A vizsgálatok adatai az alábbiak :

	átlag	min.	max.
<i>Térfogatsúly</i> : légszárász	2,61	2,54	2,70
szárított	2,54	2,47	2,63
vízzel tel.	2,63	2,56	2,72
<i>Víztartalom</i> : súly%	2,51	1,28	3,09
<i>Vízfelvétel</i> : súly%	2,79	2,16	3,25
<i>Nyomószilárdság</i> :			
légszárász	1580	1430	1760 kg/cm ²
szárított	1680	1660	1710 „
vízzel tel.	1030	890	1200 „
fagyasztva	920	830	1120 „

Kémiai vizsgálatok. Vizsgálatra csak az üde kőzet került, aminek összetételét a IV. táblázat mutatja.

IV. táblázat

	I.	II.
	%	%
SiO ₂	59,02	58,86
TiO ₂	0,71	n. h
Al ₂ O ₃	17,54	20,36
Fe ₂ O ₃	2,60	2,89
FeO	2,84	3,15
MgO	2,72	2,10
CaO	6,19	6,17
Na ₂ O	3,02	3,74
K ₂ O	2,76	0,52
H ₂ O+	1,30	3,05 (izz. veszt.)
H ₂ O-	1,73	n. h
P ₂ O ₅	0,08	n. h
CO ₂	0,12	n. h
Összesen	100,72	100,83
Elemző :	SÜRÜ J.	BIDLÓ G.

Azért készült az üde kőzetből két elemzés, hogy a vizsgálatra kerülő kőzet összetétele ugyanazokkal az elemzési módszerekkel legyen megállapítva, mint a kioldott anyag mennyisége, amit a második elemzés szerzője végzett.

Az oldási vizsgálatok majdnem ugyanazokkal a módszerekkel történtek, amivel a Csódi-hegyi kőzetet vizsgáltuk. Változás volt a normál kénsav, a 3%-os citromsav és a telített (0,06%-os) hűgysavoldat bevezetése. A híg kénsav a természetben igen gyakran előfordul, főleg mállási folyamatokban keletkezik, a citromsav a növények gyökereinek hatását juttatta kifejezésre.

Az oldási kísérletek eredményeit az V. táblázat tünteti fel. A táblázat adataiból látható, hogy a kőzet sokkal jobban oldódik, mint a Csódi-hegyi.

V. táblázat

Minta	Visegrád Mátyás-hegy								
	cc. HCl	n. HC	n. H ₂ SO ₄	3% citromsav	0,006% hűgysav	H ₂ O	6% karb.	CO ₂ + H ₂ O	Kőzet-elemzés
Oldószer	1	5	5	20	18	10	30	15	
Nap									
Százalék									
SiO ₂	1,94	0,83	0,64	1,74	11,30	0,62	2,37	0,045	58,86
Al ₂ O ₃	10,30	1,82	0,23	13,44	—	} 0,005	0,045	0,020	20,36
Fe ₂ O ₃	5,44	5,01	3,31	4,04	—				
CaO	4,70	4,91	4,98	0,52	0,31	—	—	0,077	6,17
MgO	2,05	1,72	1,87	1,95	0,03	0,052	0,079	0,052	2,10
Na ₂ O	1,78	} 1,40	2,71	1,19	1,95	0,474	2,344	0,082	3,74
K ₂ O	0,24		0,27	0,22	0,20	0,173	0,175	0,032	0,52
Össz.	26,45	15,69	14,01	24,10	13,79	1,324	6,013	0,308	98,15

Elemző: BIDLÓ GÁBOR.

A koncentrált sósav majdnem kétszer annyit old ki belőle, mint a Csódi-hegyiből. Lényegesen több a kioldott kovasav és kalcium. Ugyancsak többet old ki a híg sósav és desztillált víz is. Egyedül a széndioxidos desztillált víz oldott ki kevesebb anyagot, de feltételezhetően azért, mert a kőzet már jobban kilugzódott. Különösen szembeötlő, hogy a hűgysav milyen sok kovasavat és alkáliát oldott. Az oldat összetétele azt mutatja, hogy valószínűleg a kőzeten kívül elég sok anyag oldódott ki az üvegedényből is. A citromsav igen erős oldóhatása szintén igen feltűnő.

3. *Hosszúhetényi Kövestető* fonolitja Hosszúhetény és Hird határában található kőzet. Alsó-krétakorú, tehát idősebb a két előbb vizsgált mintánál. A kőzet eredetileg szintén lakkolit lehetett, mint a dunabogdányi Csódi-hegy, de később lepusztult és a mai alakja teleptelér. A kőzet szabad szemmel 3 típusba sorolható: A leggyakoribb az aprószemű kőzet (elegyrészei 0,2—0,3 mm nagyk), a második típus az első típus mállott változata, a harmadik nagyobb porfirok kiválásokat tartalmaz (átlagban 0,5 mm), és a benne levő elegyrészek

kisebb-nagyobb csomókat alkotnak. Mikroszkóp alatt a kőzetben *ortoklászalbit* (*pertit*), vagy *oligoklász-albit* összenövésből álló földpátot találunk. Ez a kőzet uralkodó elegyrésze. Határvonalai nem élesek, csak a 3. sz. mintáról készült csiszolatok egy részében. A földpát után mennyiségben az *egirin-típusú piroxén* következik. Határvonala ennek sem éles, csak néhány egyednek. A fentiekén kívül találunk még a kőzetben *nefelint* is kisebb-nagyobb kristálykák alakjában. Az első típusú kőzetben megfigyelhető az ásványok nagyjából párhuzamos elhelyezkedése, ez azonban még nem annyira tökéletes, mint a fluidális szövetű kőzeteknél. A kiömlési kőzetekre jellemző porfiros szövet megtalálható itt is, de a szemcsék közötti különbség nem olyan nagy, ami a kőzet egyenletes lehűlésére utal. Az alapanyagban üveg nincs.

Fizikai vizsgálatok mind a három kőzetből készültek. Az alábbi értékeket találtuk a három kőzetre :

	átlag	min.	max.
<i>Aprószemű kőzet</i>			
<i>Térfogsúly : légszáraz</i>	2,57	2,53	2,62
<i>Víztartalom : súly%</i>	0,63	0,33	1,15
<i>Vízfelvétel : súly%</i>	0,86	0,50	1,47
<i>Nyomószilárdság :</i>			
légszáraz	1690	1490	2030 kg/cm ²
vízzel tel.	1600	1130	2040 „
fagyasztva	1750	1330	2350 „
<i>Mállott, aprószemű</i>			
<i>Térfogsúly : légszáraz</i>	2,58	—	—
szárított	2,56	—	—
vízzel tel.	2,59	—	—
<i>Víztartalom : súly%</i>	1,08	—	—
<i>Vízfelvétel : súly%</i>	1,47	—	—
<i>Nyomószil. : légszáraz</i>			
légszáraz	1920	—	— kg/cm ²
vízzel tel.	780	—	— „
fagyasztva	1320	—	— „
<i>Durvaszemű fonolit</i>			
<i>Térfogsúly : légszáraz</i>	2,57	2,54	2,61
<i>Víztartalom : súly%</i>	0,48	0,54	0,43
<i>Vízfelvétel : súly%</i>	0,69	0,73	0,66
<i>Nyomószil. : légszáraz</i>			
légszáraz	2590	1910	2590 kg/cm ²
vízzel tel.	985	740	1230 „
fagyasztva	1585	1310	1860 „

Kémiai vizsgálatok. A kőzetmintákból készült kémiai elemzés azt mutatja, hogy a három típus hasonló egymáshoz, de nem teljesen azonos összetételű (VI. táblázat).

VI. táblázat

	1.	2.	3.
	%	%	%
SiO ₂	58,36	56,50	57,48
Al ₂ O ₃	21,82	19,00	20,76
Fe ₂ O ₃	3,00	2,99	2,75
FeO	1,08	1,06	1,28
CaO	1,64	1,28	1,68
MgO	1,40	1,53	0,52
Na ₂ O	7,26	9,98	10,51
K ₂ O	2,05	3,64	3,19
Izz. veszt.	2,53	3,24	2,68
Összesen	99,15	99,22	100,99

Elemző: BIDLÓ G. és MÁNDY T.

A kémiai elemzésekből látható, hogy a kőzet egészen más típusú, mint az eddig tárgyalt andezitek. Sok benne az alkáli (ezért régebben mezőgazdasági felhasználására is gondoltak), kevesebb a kovasav. Az üde és mállott kőzet között különbség, hogy a CaO és SiO₂ csökken, míg az izzítási veszteség nő. A vas aránylag keveset változik.

Az oldási vizsgálatok adataiból (VII. táblázat) látható, hogy a cc. sósavas oldással a kőzet SiO₂-tartalmából igen kevés oldódott ki. Az alumínium és vas mennyisége viszont elég tetemes. Egy napos oldás után a földpátok eléggé oldódnak. Az alumínium és alkáliák mennyisége ezt igazolja is. A földpátok oldásakor keletkezett kovasav az oldatlan anyaggal együtt maradt és így a szüredékből kimutatható nem volt. A kioldott vas az alapanyagból származhatik, mert a kristályos piroxének ennyi idő alatt sav hatására nem bomlanak el.

A legtöbb kovasavat a citromsav oldotta ki. Ez különösen esetleges mezőgazdasági felhasználásnál lehet igen fontos. A desztilláltvizet kísérlet és a citromsavas kísérlet azt mutatja, hogy a kőzet alkáli tartalma nem oldódik nagyobb mennyiségben és így műtrágyának (káli-pótlásra) nem alkalmazható.

4. Az *Uzsapusztai Láz-hegy* bazaltját újonnan létesített kőbánya tárja fel. A dunántúli bazaltvidék kőzetei geológiailag a legfiatalabbak a részünkről vizsgált összes kőzetek között. Szabad szemmel a bányában több kőzettípust lehet megkülönböztetni a kifejlődés, mállottság stb. alapján. Jól megfigyelhető a kukoricásodás is.

VII. táblázat

Hosszúhetényi fonolit mállási vizsgálata

Oldó- szer	cc. HCl			n. HCl			n. H ₂ SO ₄			3% citromsav			Deszt. víz			Hugysav (0,06%)			Kőzet-elemzés		
	24 h			7 n			7 n			14 n			14 n			14 n			—		
	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.
SiO ₂	0,15	0,13	0,11	7,26	4,52	7,72	3,69	7,64	6,88	8,78	8,29	7,96	0,4977	0,8558	0,2519	3,45	4,02	0,99	58,36	56,50	57,48
Al ₂ O ₃	10,47	8,41	8,71	10,33	9,07	9,79	10,61	9,75	10,64	8,57	7,44	8,80	0,2498	0,2501	0,1799	2,53	3,49	0,74	21,82	19,00	20,76
Fe ₂ O ₃	1,07	1,20	1,27	1,03	1,61	0,95	1,44	1,86	1,25	1,77	2,49	1,38				0,16	0,32	0,23	4,20	4,17	4,17
MgO	0,05	0,05	0,05	0,18	0,30	0,57	0,37	0,07	0,23	0,31	0,19	0,43	0,0651	0,1014	0,0760	0,05	0,09	0,04	1,40	1,53	0,52
CaO	0,71	0,45	0,59	0,29	0,33	0,43	0,73	0,46	0,77	1,02	0,48	0,68	0,0326	0,0518	0,0095	0,19	0,15	0,09	1,64	1,28	1,68
K ₂ O	0,17	0,24	0,37	1,08	—	—	2,84	—	—	0,42	0,02	0,46	0,0339	0,0595	0,0104	0,16	0,19	0,29	2,05	3,64	3,19
Na ₂ O	3,50	2,87	4,01	4,64	—	—	3,95	—	—	3,64	5,29	3,63	0,3036	0,3154	0,2643	1,50	4,50	0,69	7,26	9,98	10,51
Izz. v.																			2,53	3,24	2,68
Σ	16,12	13,35	15,11	24,81			23,63			24,51	24,20	23,34	1,1827	1,6340	0,7920	8,04	12,76	3,07	99,26	99,34	100,99
Σ—alk.				19,09	15,83	19,46	16,84	19,78	19,77												

Elemző: BIDLÓ GÁBOR.

Mikroszkóp alatt az egyes minták szövete eltér a bazaltok szokásos ofitos szövetétől, mert az apró földpátkristályok elhelyezkedése fluidális szövetre utal. Nagyobb porfiros beágyazásokat is találunk a kőzetben, amelyek részben földpátok, amelyeken néhány esetben megfigyelhető a zónás szerkezet és ikerlemezség is, részben olivin, esetleg augit. Az olivin rendszeren repedezett és gyengén szerpentinesedett forsterithez közel álló. Az augitok is vasban dúsabb tagjai az augit-sornak. Összetételük a hédenbergithez van közel. A porfiros augitok is limonitosodottak. Az alapanyagban opak ásványok (magnetit) található, ezenkívül az alapanyag zömét bytownit jellegű földpátlécecskék és nefelinlécecskék adják. A földpátok a porfiros elegyrészekhez hasonlóan ikresedtek. Az alapanyagban levő augit és olivin szintén bomlott. Az alapanyagban még kb. 5%-nyi üveget is találunk. Az egységes ásványszerkezet ellenére is az egyes kőzettípusok szövete nem azonos és így találhatunk normál-bazalt-szövetű és fluidális szövetű kőzeteket is.

Fizikai vizsgálatok. 8 típusú kőzetből készültek. Tekintve, hogy a kémiai vizsgálatok csak 4 kőzettípusra vonatkoztak, ennek a négy kőzettípusnak vizsgálati eredményeit közöljük részletesen.

	átlag	min.	max.
1. típusú bazalt			
<i>Térfogatsúly</i> : légszáraz	2,81		
szárított	2,79		
vízzel tel.	2,81		
<i>Víztartalom</i> : súly%	0,86		
<i>Vízfelvétel</i> : súly%	0,93		
<i>Nyomószil.</i> légszáraz	840		kg/cm ²
szárított	800		„
vízzel tel.	600		„
fagyasztva	440		„
<i>Húzószilárdság</i>	92,1		„
2. típusú bazalt			
<i>Térfogatsúly</i> : légszáraz	2,82		
szárított	2,80		
vízzel tel.	2,82		
<i>Víztartalom</i> : súly%	0,79		
<i>Vízfelvétel</i> : súly%	1,01		
<i>Nyomószil.</i> : légszáraz	1120		kg/cm ²
szárított	1560		„
vízzel tel.	1190		„
fagyasztva	980		„
<i>Húzószilárdság</i> :	86,4		„

	átlag	min.	max.
3. típusú bazalt			
<i>Térfogsúly</i> : légszáraz	2,83		
szárított	2,81		
vízzel tel.	2,83		
<i>Víztartalom</i> : súly%	0,98		
<i>Vízfelvétel</i> : súly%	1,07		
<i>Nyomószil.</i> : légszáraz	1610		kg/cm ²
szárított	1600		„
vízzel tel.	700		„
fagyasztva	710		„
<i>Húzószilárdság</i> :	60,9		„
4. típusú bazalt			
<i>Térfogsúly</i> : légszáraz	2,80		
szárított	2,78		
vízzel tel.	2,80		
<i>Víztartalom</i> : súly%	0,74		
<i>Vízfelvétel</i> : súly%	0,78		
<i>Nyomószil.</i> : légszáraz	1210		kg/cm ²
szárított	1830		„
vízzel tel.	1360		„
fagyasztva	1250		„
Az összes vizsgált bazaltok átlaga :			
<i>Térfogsúly</i> : légszáraz	2,81	2,70	2,92
szárított	2,79	2,68	2,90
vízzel tel.	2,81	2,70	2,92
<i>Víztartalom</i> : súly%	0,81	0,41	1,29
<i>Vízfelvétel</i> : súly%	0,91	0,46	1,36
<i>Nyomószil.</i> : légszáraz	1125	740	1860 kg/cm ²
szárított	1330	800	1945 „
vízzel tel.	930	700	1730 „
fagyasztva	820	440	1580 „
<i>Húzószilárdság</i> :	74,9	60,9	93,4 „

Kémiai vizsgálatok. Az összes eddig vizsgált kőzet közül az uzsai bazaltot bontották el legjobban az alkalmazott vegyszerek. Egyik kőzetnél sem lehetett 40%-ot megközelítő kioldott anyagot mérni. A kioldott anyagmennyiség legnagyobb részét a vas, az alumínium és a kalcium adja. Az eltérő oldási eredmény magyarázható — de csak részben — a bazaltok és az andezitek eltérő

ásványos összetételével is. Végleges bizonyíték csak további bazaltvizsgálatok után lesz.

A kőzetminták kémiai elemzéséből (VIII. táblázat) kitűnik, hogy a szabad szemmel megkülönböztethető 4 minta egymáshoz elég hasonló. Az oldási vizsgálatok értékei sem mutatnak nagyobb eltérést (IX. táblázat). Feltűnő azonban

VIII. táblázat

	1.	2.	3.	4.
	%	%	%	%
SiO ₂	46,02	45,92	46,24	44,69
TiO ₂	2,44	2,54	2,52	2,51
Al ₂ O ₃	15,10	14,47	14,69	17,04
Fe ₂ O ₃	6,05	4,36	6,49	5,79
FeO	5,16	5,27	5,85	6,32
MnO	0,17	0,08	0,12	0,08
CaO	7,70	7,52	8,18	8,61
MgO	8,09	9,93	8,90	8,10
Na ₂ O	3,56	2,98	2,34	2,23
K ₂ O	1,29	1,77	1,52	1,36
P ₂ O ₅	0,80	0,58	0,54	0,54
Izzv.	2,04	2,16	1,84	1,53
Nedv.	1,66	1,67	1,34	1,80
Összesen	100,08	99,25	100,57	100,60

Elemző: BIDLÓ GÁBOR.

a kioldott anyag tetemes mennyisége. Elvégeztük a kőzeten a MNOSZ 3555—53 sz. savállósági vizsgálatot is és 20%-nál több anyag oldódott ki ezzel a módszerrel is.

A legtöbb kovasavat, az előző mintákhoz hasonlóan a citromsav oldotta ki. A kioldott kovasav mennyisége azonban nem éri el a fonolitból kioldható SiO₂ mennyiségét. Az alumínium, vas, kalcium és magnézium a kőzetben levő vegyületeiből könnyen felszabadítható, nem egyszer majdnem teljesen kioldható. Igen érdekes, hogy káliumot az uzsai bazaltból nehezen lehet kioldani. A desztillált víz kivételével minden vegyszer jobban oldotta a bazaltot, mint a többi vizsgált kőzetet. Ez esetleges előzetes kilúgozással is magyarázható.

Részletes vizsgálati eredmények vannak még a szobi Malom-völgy, a szentendrei Kapitány-hegy andezitjéből és a telkibányai Kánya-hegy trachitjából is. Ezeket a vizsgálatokat szintén beillesztettük dolgozatunkba (I. az ábrákat), részleteket azonban, mivel a fizikai vizsgálatok hiányoznak, egyelőre nem közlünk.

IX. táblázat

Oldószer	cc. HCl				n. HCl				n. H ₂ SO ₄			
	Idő				1 hét				1 hét			
	Minta	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.
SiO ₂	0,19	0,23	0,16	0,13	1,76	1,97	1,39	4,20	2,03	1,89	1,99	5,43
TiO ₂	2,01	1,92	1,80	1,64	nh	nh	2,00	nh	nh	nh	nh	
Al ₂ O ₃	6,83	9,76	10,59	9,50	14,21	10,85	10,84	12,15	15,51	16,19	16,96	} 29,15
Fe ₂ O ₃	10,65	9,84	9,22	8,82	11,50	10,20	11,43	11,76	10,51	9,45	10,70	
CaO	5,10	5,34	5,41	4,25	6,03	5,67	5,75	4,70	4,61	2,89	4,18	3,72
MgO	6,06	6,17	5,58	4,51	6,64	3,35	6,52	0,82	7,09	0,85	1,90	0,37
Na ₂ O	2,06	1,83	1,77	1,40	3,28	2,75	2,31	3,13	2,48	2,10	2,39	2,27
K ₂ O	0,19	0,44	0,29	0,78	0,87	0,78	1,26	1,29	0,38	0,72	0,61	0,95
	33,09	35,53	34,82	31,03	44,29	35,57	41,50	38,05	42,61	34,09	37,73	41,89

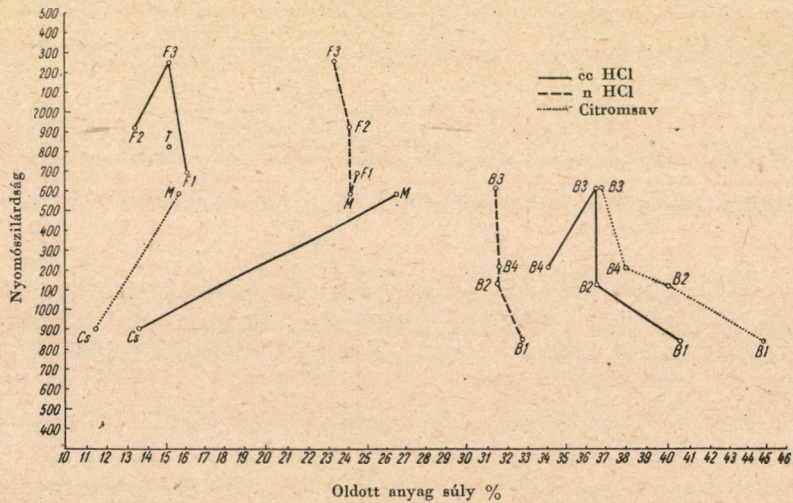
Elemző: BIDLÓ GÁBOR.

III.

Összefoglalva az eddigi vizsgálati eredményeket, megállapíthatjuk:

1. A mállás az üveget tartalmazó andezitban az alapanyag üvegében indul meg (Csódi-hegy, Visegrád).

2. Az oxidációs mállás a kőzet kismértékű lazulását idézi elő, ami a térfogsúlyban s még határozottabban a vízfelvételben jól kitűnik. A mállásnak indult kőzet jóval több vizet képes felvenni, mint az üde (8. ábra).



8. ábra. Nyomószilárdság és kioldott anyagmennyiség közötti összefüggés. F. 1. = aprószemű üde fonolit, F. 2. = aprószemű mállott fonolit, F. 3. = nagyszemű üde fonolit. Cs. = Csódi-hegyi üde kőzet. M. = Mátyás-hegyi üde kőzet. B. 1. = Uzsai bazalt. B. 2. = Uzsai bazalt. B. 3. = Uzsai bazalt. B. 4. = Uzsai bazalt. T = Kánya-hegyi trachit

IX. táblázat (folytatás)

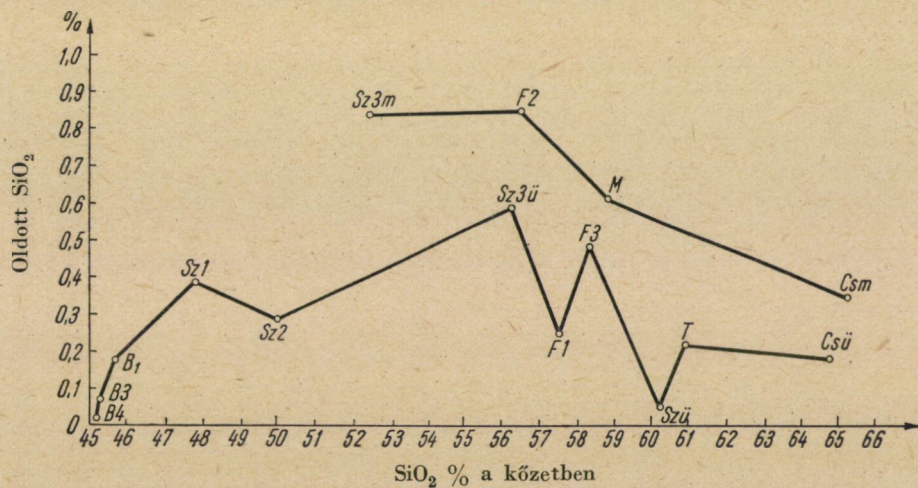
Oldószer	3% citromsav				Deszt. víz				Kőzet-elemzés			
	2 hét				2 hét							
	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.
SiO ₂	3,16	2,65	2,74	3,36	0,18	0,05	0,07	0,03	46,02	45,92	46,24	44,69
TiO ₂	nh	nh	nh	nh	0,10	0,20	0,15	0,11	2,44	2,54	2,52	2,51
Al ₂ O ₃	9,34	9,91	10,77	9,33					16,09	15,14	15,36	17,66
Fe ₂ O ₃	9,39	8,59	6,49	7,76					11,79	10,35	11,86	11,37
CaO	3,11	2,46	3,41	3,25					0,04	0,02	0,04	0,01
MgO	5,30	5,46	5,79	4,91	0	0	0	0	8,09	9,93	8,90	8,10
Na ₂ O	2,15	1,80	1,76	2,30	0,56	0,24	0,33	0,37	3,56	2,98	2,34	2,23
K ₂ O	0,32	0,73	0,40	0,70	0,05	0,08	0,04	0,08	1,29	1,77	1,52	1,36
	32,77	31,60	31,36	31,61	0,93	0,59	0,63	0,60	96,98	96,15	96,92	96,53

3) Az erősebben mállott (oxidálódott kőzet) erősebben kopik. A kopás foka bizonyos mértékig párhuzamos a vízfelvevő képesség értékével.

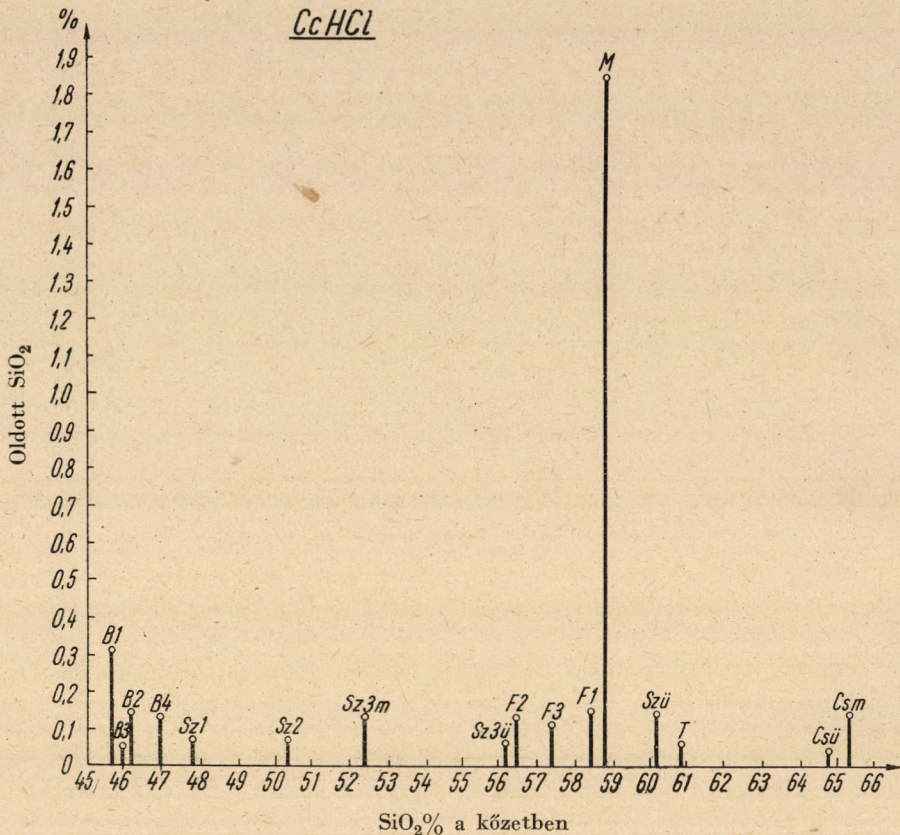
4) Az uzsai bazalt nyomószilárdsági és oldási adatai azt mutatják, hogy annál jobban oldódik a kőzet, minél kisebb a nyomószilárdsága (9. ábra).

5) Az üde kőzet nyomószilárdsági értékei nagyobbak, mint a mállotté.

6) A kioldott kavasav mennyisége nem függ a kőzet kavasav tartalmától, üde kőzetből azonban több kavasav oldódik ki, mint a mállottból (10–11. ábra.)



9. ábra. Összefüggés a kőzetben levő SiO₂ tartalom és a desztillált vízzel kioldható SiO₂ között. Sz. 1. = Szentendrei andezit. Sz. 2. = Szentendrei andezit. Sz. 3. ü. = Kapitány-hegyi üde andezit. Sz. 3. m. = Kapitány-hegyi mállott andezit. F. 1. = aprószemű üde fonolit. F. 2. = aprószemű mállott fonolit. F. 3. = durvaszemű üde fonolit. T. = Kánya-hegyi trachit. M. = Mátyás-hegyi üde andezit. Cs. ü. = Csódi-hegyi üde andezit. Cs. m. = Csódi-hegyi mállott andezit Sz. ü. = Szobi üde andezit. B₁, B₃, B₄ = uzsai bazalt



10. ábra. Összefüggés a kőzetben levő SiO₂ és tömény sósavval kioldható SiO₂ között. Jelölés ugyanaz, mint a 9. ábra

7) A kőzet vastartalma a kőzet mállottságától függően oldódik. Teljesen mállott kőzetből a cc. HCl kioldja az egész vastartalmat (12. ábra.)

8) A kőzet kémiai jellege a mállás folyamán megváltozik, az alkáliák mennyisége csökken, a kalcium mennyisége csökken, a kóvasav, a vas és az alumínium relatív mennyisége nő.

IV.

A kőzetek kémiai mállásának tanulmányozását még nem fejeztük be. A vizsgálatok jelenleg is folynak és rövidesen újabb eredmények várhatók. Így elsősorban az egyes kőzetalkotó ásványok állandóságára. Itt különösen a röntgenvizsgálatok bevezetése jelentett nagy segítséget. Például a Kánya-hegyi trachit oldási maradékának röntgenvizsgálatával ki lehetett mutatni, hogy a 3%-os citromsav 2 hét alatt sem támadja meg lényegesen a szanidint, ellenben

HOZZÁSZÓLÁSOK

GEDEON TIHAMÉR

Azt a kérdést szeretném intézni az előadóhoz, hogy a mállott kőzetek, vagy mondjuk a kezelt, a mállasztási folyamatnak laboratóriumban alávetett kőzetek maradékát részletesebben megvizsgálták-e, különös tekintettel azoknak timföld tartalmára. Szeretném tudni továbbá, hogy az alumínium-vegyületek milyen alakban maradnak vissza. Volt-e észlelhető valamilyen hidratált alumínium-vegyület?

VENDL ALADÁR

Erre röviden válaszolhatok. Mi nem foglalkoztunk ezzel, nem néztük meg, hogy a változások folyamán az ott levő ásványok minő átalakuláson mentek keresztül. A mi célunk csak az volt, hogy a kőzet magatartását vizsgáljuk. Amit a tisztelt felszólaló említett, az lehet esetleg későbbi feladat, nekünk azonban eddig nem volt módunk erre a vizsgálatra, mégpedig — ha már itt tartunk — őszintén megmondhatom, azért nem, mert az utolsó racionalizáláskor tanársegédeim ötven százalékát elvették.

VADÁSZ ELEMÉR elnök

Ez viszont még nem jelenti azt, hogy a továbbiakban, esetleg már a most folyamatban levő öt éves tervünkbe ne vegyük bele ezt a munkát is, természetesen az akadémia közgyűlésén és a nagygyűléseken elhangzott idevonatkozó kívánalmaink tekintetbevételével és meghallgatásával. Ezek a kívánalmak ugyanis további kutató-státus biztosítását hangsúlyozzák és megvan minden reményünk arra, hogy az öt éves terv folyamán kívánalmaink meghallgatásra és érdemleges elintézésre is fognak találni.

VENDL ALADÁR

Ha már az öt éves tervről van szó, azt is megmondhatom, mert nem titok, hogy amikor az ez évi akadémiai témákat összeállítottuk, ez is a témák között volt, azonban az Akadémia Földtani Bizottságának szakelőadója azt a telefon-értesítést küldte, hogy ebben az évben csak olyan témát vegyünk be, amely az év végéig befejezhető. Ennélfogva ezt a témát törölték, ami nem jelenti azt, hogy nem folytatjuk a vizsgálatot. Folytatjuk más anyagi támogatással, mert hiszen az nem lehet helytálló, hogy egy téma csak akkor maradhat programon, ha ez egy esztendő alatt befejezhető.

VADÁSZ ELEMÉR elnök

Ez az 1956-os évre vonatkozik és így érthető, mert nem erre az esetre szóló tapasztalattal kapcsolatos. Az a sajnálatos körülmény áll ugyanis fenn.

hogy évről évre voltak bejelentett témák, amelyekben semmiféle látható eredményről nem számoltak be. Hangsúlyozom, ez nem erre a vizsgálatra vonatkozott. Viszont az 1956-os évre vonatkozó megállapítás egyelőre azt akarta rögzíteni, hogy a folyamatban levő munkák fejztessenek be s azután további terveinkben messze távlati teendőket lehessen kitűzni.

VENDL ALADÁR

Akceptálok azt az ellenvetést, hogy egyesek a munkát nem teljesítették, azonban az Akadémiának módjában állott volna meggyőződni arról, hogy kik dolgoztak és kiknek vannak eredményei. Az ilyen eredményeket az ember nem minden hónapban vagy félévben közli. A beszámoló időpontja a dolog természetétől függ. Vannak kutatási témák, amelyek egy hónap vagy egy év alatt összehozhatók, de lesznek más problémák, amelyeknek megoldására évtizedekre van szükség. Ezt az Akadémia éppen úgy tudhatta, mint mi valamennyien.

VADÁSZ ELEMÉR elnök

Az adott esetben ezt tudtuk is. Ezt előrebocsátottam. Az általános intézkedés nem erre az esetre vonatkozott, de a továbbiakra nézve ezt fel akarom számolni. A multban voltak ilyen téma-bejelentések, amelyekkel kapcsolatban — amint arra VENDL kartárs is utalt — bár megvolt a módunk az ellenőrzésre, mégsem győződhettünk meg eredményről.

GYÖRKI JÓZSEF

Egyetlen kérdésem volna : az in situ megállapított mállási eredmények és a külső helyszíni viszonyok milyen összefüggésben vannak a laboratóriumban elért eredményekkel és vizsgálati módszerekkel.

VENDL ALADÁR

A laboratóriumi vizsgálatokból eddig nagyjából az derült ki, hogy az a kőzet, amely a természetben hamar tönkremegy, a laboratóriumban is hamar tönkremegy. Nekünk már van azért bizonyos elgondolásunk arról, hogy a laboratóriumi vizsgálati eredményekből milyen mértékig következtethetünk a kőzet in situ viselkedésére éspedig azért, mert a kőzeteket kint a szabadban is megnéztük és vizsgáltuk. Nemcsak üvegházakban, laboratóriumban folyt a vizsgálat, hanem részben megtörtént a szabadban tönkrement kőzet vizsgálata is. Ezeknek a vizsgálatoknak tüzetes lebonyolításához azonban nem öt, hanem negyven munkatárs kellene. Tessék csak végignézni a táblázatokat. Ezek adatainak megállapítása és összegyűjtése olyan munka, amely ma nem kamatozik, ámbár ma már jó egynéhány kőzetről mi határozottan tudjuk, hogy hitvány, míg mások — vizsgálataink eredményeinek nem ismerésében — jónak minősítik. A gyakorlat itt-ott már be is bizonyította a mi álláspontunkat. Ehhez azonban nagyon nagy munkát kell befektetni és ezért hangsúlyozom, hogy ez nem gyorsan jövedelmező munka. Erkölcsi elismerést és sikert sem nagyon biztosít és tömérdek energiát kell belefektetni.

JANTSKY BÉLA

Azt szeretném megkérdezni, hogy a huminsavak hatásának vizsgálatával foglalkoztak-e? Az államvasútnál ugyanis, ahol most térképezünk, sokszor nem tudjuk különválasztani a hidrotermális bomlási formákat a valószínűleg a huminsavnak hatására bekövetkező bomlástól. Mind a kettő az andezit felszínének fehéredését idézi elő és a geológus nehezen tudja a kettőt elválasztani. Valószínűleg hatása van a mállásra a huminsavnak is. Történtek-e erre vonatkozólag vizsgálatok?

VENDL ALADÁR

Erre vonatkozólag nem történtek vizsgálatok, annál kevésbé, mert ezek a huminsavak maguk is meglehetősen kétes dolgok. Nem volt módunkban a vegyszerek nagy skáláját végigpróbálni. Hasonló alapon még sok más anyagot is fel tudnék említeni, amelyeknek hatását jó lett volna megvizsgálni. Tíz év alatt ilyen kevés munkatárssal nem igen lehet nagy eredményt elérni, különösen ha azok a munkatársak mással is el vannak foglalva. A tanszékvezető tanárnak is van természetesen más dolga.

TAKÁTS TIBOR

Nagy érdeklődéssel hallgattam végig az előadást, amely nagyon érdekes eredményeket szögez le az eruptív kőzetek mállásával kapcsolatban.

Az előadáshoz az építőanyagipar szempontjából szeretnék néhány megjegyzést fűzni. Az építőanyagok nagy részét szilikátok alkotják. Az eruptív kőzetek is szilikátokból vannak. Természetes dolog tehát, hogy az építőanyagok szempontjából rendkívül fontos az eruptív kőzetek mállási folyamatainak ismerete. Az építőanyagok egy része természetes eruptív kőzet (például gránitból készült oszlopok, hídpillérek), más része mesterséges szilikátok. Előbbiek szempontjából azért fontos a mállás folyamatának ismerete, mert olyan kőzeteket kell felhasználnunk, amelyek *nem hajlamosak* a mállásra és nem is mutatnak mállás következtében beálló elváltozásokat. Ezeknek ugyanis — mint az előadásból is hallottuk — sokkal nagyobb a szilárdsága. A mesterséges szilikátok szempontjából viszont azért fontos a mállás folyamatának ismerete, mert ezeknek nyersanyaga nagyrészt elmállott, vagy *mállás útján létrejött* kőzet. Ezeket a másodlagos kőzeteket a szilikátipar valamennyi ága (kerámiaipar, üvegipar, cementipar) felhasználja. A mállás útján létrejött homok a finomkerámiai iparnak éppen olyan fontos nyersanyaga, mint amilyen fontos alapanyaga az üvegiparnak. A finomkerámiai ipar másik nevezetes nyersanyaga a kaolin, ugyancsak mállás útján keletkezett eruptív kőzetekből. A cementipar és durva-kerámiai ipar nyersanyaga, az agyag, ugyancsak a másodlagos, mállás útján létrejött kőzetek csoportjába tartozik. Nagyon sok példát lehetne még említeni a szilikátipari nyersanyagok közül, amelyeknek felsorolása azonban nem ide tartozik.

Szeretném azonban hangsúlyozni, hogy a mállási folyamatok ismerete két szempontból is jelentős. Először azért, mert irányt mutat arra, hogy egyes másodlagos kőzeteket milyen vidékeken keressünk. Például a kaolin savanyú eruptív kőzetek földpátjaiból képződik. Meg is találták a kaolint hazánk területén a Velencei-hegység gránitjai körül Nadap vidékén, és Sárospatak környékén,

ahol riolítok fordulnak elő. Ezen az alapon várhatjuk, hogy meg fogjuk találni valahol a Pécs-vidéki gránitelfordulás környékén, csak szorgalmasan kell kutatni utána. Viszont nem várható, hogy a Duna—Tisza közén kaolint fedezzünk fel. A másik szempontból pedig azért fontos a mállási folyamatok ismerete, mert útmutatást kapunk az oldási viszonyokra és tisztulási viszonyokra vonatkozóan, aminek pedig egyes nyersanyagok előkészítésénél vehetjük hasznát.

Feltűnő és sajnálatos tényként említhetjük meg, hogy tudósaink közül olyan kevesen foglalkoznak a kőzetek mállásával. De nemcsak hazai vonatkozásban, hanem külföldi vonatkozásban is ez a helyzet: a Szovjetunióban is éppen olyan kevesen foglalkoznak a mállási folyamatokkal, mint Németországban vagy Amerikában. Ennek oka minden valószínűség szerint az, hogy a téma ahogy mondani szokták — nem hálás. Hosszú időt igénybe vevő, kitartó és szorgalmas munkára van szükség és az eredmény csak néhány részletkérdésnek a tisztázása. Bár ezek a részleteredmények rendkívül értékesek, a kutatók szívesebben foglalkoznak kevesebb időt igénylő és mutatósabb eredményekkel kecsegtető vizsgálatokkal. Ezek a szempontok, úgy hiszem, még jobban kiemelik az elhangzott előadás tudományos értékét.

Amikor felszólalásom befejezéséül még egyszer hangsúlyozom a mállási folyamatok ismeretének az építőanyagok szempontjából való rendkívüli fontosságát, egyúttal azzal a kéréssel fordulok az előadóhoz és munkatársaihoz, hogy a lehetőség szerint folytassák ezeket a vizsgálatokat, mert az elért eredmények lényegesen hozzájárulnak a mállás eddig ismeretlen és meg nem magyarázott folyamatainak tisztázásához. Ezért a kísérletek folytatását és kiszélesítését a magam részéről rendkívül fontosnak tartom.

OSZORAI GYULA

Az elhangzott előadáshoz az ipar, az ipar fejlődése szempontjából szeretnék néhány szót hozzáfűzni. A magyarországi kőbányászatnak most az a helyzetképe, hogy a második ötéves terv során az eddig megnyitott és ma működő, már üzemben levő kőbányászatnak fejlesztése és rekonstrukciója be fog fejeződni. A kőbányászat, amely az első ötéves terv során óriási fejlődésen ment keresztül, most a második ötéves tervben a korszerű technikára való áttérés folyamatában van. A régi kőbányászatnak korszerű technikára való átalakítása a termelésnek hatalmas fejlődését és ezen belül a termelés növekedését fogja eredményezni. Az a termelési szint azonban, amelyet a kőbányászat a második ötéves terv végére el fog érni, a most meglévő üzemekben nem fejleszthető ki, tovább már nem növelhető. Ezért az ipar vezetése már most foglalkozik azzal, hogy előkészítse a harmadik ötéves tervre való áttérést, és előkészítse újabb kőbánya-üzemek építését, telepítését abból a célból, hogy a magyarországi útépités tizenötéves perspektivikus, távlati tervében kitűzött eredményeket alá lehessen támasztani kőbányászati oldalról. Miután a második ötéves terv végére a jelenlegi üzemek teljes kapacitásukig eljutnak és aligha lesznek bővíthetők, nyilvánvaló, hogy a harmadik ötéves terv célkitűzését — a második tervvel azonosan a termelésnek újabb 50 százalékos növekedését — csak újabb nagyteljesítményű kőbánya-üzemek nyitásával érhetjük el.

Egy nagyteljesítményű kőbánya-üzem berendezése és üzembe helyezése akkor, ha a telepítési helyét már ismerjük, körülbelül négy esztendő vesz igénybe és körülbelül 80 millió forint beruházást kíván. Az Országos Földtani

Főigazgatóság irányításával a Földtani Intézet már foglalkozik ezekkel a kérdésekkel és kutatja azokat a helyeket, ahol Magyarországon alkalmas kőzetet lehet találni, amelynek kedvéért oda nagyteljesítményű kőbánya-üzemet érdemes telepíteni.

Az Országos Földtani Főigazgatóság ki is dolgozta a kutatások módszerét és az Iparigazgatósággal egyetértésben egyrészt a fejlesztésre kerülő üzemekre, másrészt az újonnan telepítésre került üzemek kőzetvagyonára nézve — megnyugtató módon — készletszámítási dokumentációt készítettetett. Ez a készletszámítási dokumentáció hivatott igazolni, hogy azon a helyen, amelyen az új bányát létesíteni kívánjuk, megfelelő mennyiségű iparilag felhasználható kőzet van és ez a mai módszerekkel gazdaságosan ki is termelhető.

Természetesen ilyen készletszámítási dokumentáció összeállításánál nem lehet figyelmen kívül hagyni a minőség vizsgálatát sem. Az eddigi módszerekkel — úgy látszik — nem lehetett elég pontosan meghatározni a minőséget. A kőzetekre vonatkozó minőségvizsgálatok elég szűken elhatároltak voltak, és a vizsgálati eredmények nem mindig egyeztek meg a gyakorlati adatokkal. Itt elég nagy ellentmondásokkal lehet találkozni.

Az az úttörő munka, amelyről itt az előadó most beszámolt, amely a műegyetemen évek óta folyik s amely iránt az iparvezetés is nagyon érdeklődik, — mi ezt a munkát menet közben is figyeltük — azt hiszem, most már lassan olyan stádiumba érkezik, hogy ki tudják alakítani és meg tudják határozni azokat a vizsgálati módszereket, amelyekkel egy leendő nagy bányáüzem nyitásánál a kitermelésre javasolt kőzetet előzetesen meg lehet vizsgálni.

Az előadás során azt is hallottuk, hogy ilyen vizsgálat elvégzése rendkívül hosszú időt kíván. Ha tehát a jövő esztendőben a Földtani Intézet és az Országos Földtani Igazgatóság az iparigazgatósággal egyetértőleg megállapítja a fejlesztés irányvonalait, és a legfontosabb új lelőhelyeket feltárta, ehhez a munkához mindjárt kapcsolódnia kell a minőséget meghatározó vizsgálatoknak is, különösképpen azoknak, amelyekről most hallottunk, amelyek hivatottak annak megállapítására, hogy az illető kőzet a gyakorlatban alkalmazásra vételnél vajon milyen időállónak fog bizonyulni. A népgazdaság számára ugyanis nem közömbös, hogy ha például 80 millió forintos beruházással évente 100 000 vagon követ termel egy kőbányaüzem, akkor az az óriási mennyiségű kő milyen állékonyságúnak bizonyul a gyakorlati felhasználásban. Ezeket a kérdéseket nem lehet a régi módszerekkel eldönteni.

Az iparvezetőség éppen ezért rendkívül nagy fontosságúnak tartja, hogy ezek a vizsgálatok tovább folytatódjanak és most kialakuló új fejlesztési tervünkhöz kapcsolódjanak. A ma közölt példák régóta feltárt és működő kőbányaüzemek mintáira vonatkoznak. Ugyanilyen jellemzéseket kellene csinálni a harmadik öt éves terv részére készülő kőbányák kőzetanyagáról is.

Befejezésül még egy témára szeretnék röviden rátérni. Még valami hiányzik ahhoz, hogy a módszer teljes és célravezető legyen. Ez a hiányosság a kőbányák telepítésével kapcsolatos előmunkálatok kérdésénél áll fenn. Magyarországon megoldatlan még a kőzetek belső, mélyebb feltárása a hegységek belsejében, ennél fogva aránylag nehéz a kőzetvagyon pontos megállapítás és a mélyebben fekvő területeken, a hegységekben levő kőzetek anyagának megvilágítása. A Magyarországon használatos fúróberendezések nem alkalmasak arra, hogy ilyen mintavételi mélyfúrásokat lehessen velük eszközölni.

Amikor tehát a két különböző területen folyó kutatási munka, egyrészt a minőségvizsgálat, másrészt a készletek megállapítása, az ipar szempontjából

fontos cél érdekében egyesül a Földtani Intézetben, ugyanakkor egy harmadik területet is be kellene kapcsolni ebbe a munkába: el kellene látni a kutató szervezetek feltárási alkalmas gépi berendezésekkel. Egyébként ezeket a vizsgálatokat csak a felszínhez közel levő kőzetmintákon lehetne elvégezni. Persze, ez sem egy éven belül megoldható probléma, de szükségesnek tartottam fel- említeni ezt a témát akkor, amikor az Akadémia ezzel a kérdéssel foglalkozik, és éppen az előtt áll, hogy a párt és a kormányzat részére a második, illetve a távlati ötéves tervvel kapcsolatos észrevételeit megtegye. Úgy vélem, hogy a népgazdaság számára ez sem elhanyagolható téma. Helyesnek tartanám ezért, ha az Akadémia erről az útépités szempontjából döntő fontosságú kérdé- sről ilyen szellemben tájékoztatná pártunk és kormányunk vezetőit. (Taps.)

MATTYASOVSKY LÁSZLÓ

A kerámiai ipar részéről szeretném megerősíteni azt, amit TAKÁTS TIBOR mondott. Nagyon fontosnak tartjuk, hogy a mállási folyamatok tanulmányozá- sát kiterjesszék a végső mállási időszakokra. A finomkerámiai ipar hazai nyers- anyagellátása még megoldatlan. Sok nyersanyagot külföldről kapunk, s nehezen tudjuk azokat beszerezni. Elsősorban a kaolint tartalmazó kaolinit jön külföldről. A Földtani Igazgatóság évenként többmillió forintot fordít arra, hogy a finom- kerámiai ipar részére mélyfúrókkal, aknákkal és tárókkal kaolint keressen. Ezeket a kaolinkutatásokat azonban nem olyan kőzetek környékén végzik, ahol a mi tapasztalatunk és véleményünk szerint valódi kaolintartalmú nyersanyag található. A mi gyakorlati véleményünk és a külföldi tapasztalatok alapján valódi kaolintartalmú nyersanyag csak ott található, ahol az anyakőzet alkáli- tartalmú, túlnyomórészen ortoklász vagy más földpátok alakjában fordul elő, viszont az olyan anyakőzetek, amelyeknek igen sok üveges alapanyaguk van, nem tartalmaznak kaolint. Ha az üveges alapanyag savanyú volt, akkor túlnyomórészt illit keletkezik, ha pedig bázisos volt, akkor túlnyomórészt montmorillonit vagy hasonló agyagásvány keletkezik. Ezek megnehezítik az agyag felhasználását, és nem teszik teljes értékű pótanyagká.

Többször javasoltuk már Mórággy környékének kutatását. A Földtani Intézet elzárkózott ettől, a mi laikus véleményünket, amelyet csak a külföldi megfigyelések alapján tettünk, nem fogadta el. Mindig abban reménykednek, hogy az andezites vagy a riolitos területeken lehet majd a kaolinithez hasonló nyersanyagot találni.

Még egy pontban szeretnék hozzászólni az előadáshoz. A finomkerámiai termékek az atmoszférikus nedvesség hatására mállanak. Ennek az elmállásnak a mérve nem nagy, hiszen tudjuk, hogy évezredek múltán is aránylag épen kerülnek elő a földből a régmúlt idők emberei készítette kerámiai termékek, mégis elég nagy ahhoz, hogy a fajanszgyártmány egy-két éven belül hajszál- repedéssé váljon azért, mert az alapanyaga megduzzad.

A mállás a finomkerámiai termékeknél pontosan úgy indul meg, ahogyan VENDL professzor előadásában ismertette: a nedvességfelvétellel. A nedvesség következtében megduzzad az üveges alapanyag. Ez okozza az anyag szerkeze- tének azt a meglazulását, amelyről az előadásban is hallottunk.

Mi ennek a folyamatnak a meggyorsítására igen alkalmasnak találjuk az autoklávus kezelést. 3 és fél, illetve 7 atmoszféra túlnyomással, néhány órai gőzöléssel évek mállási hatását lehet utánozni. Javaslom, hogy ezt próbálják ki

az andezittal kapcsolatban. Autoklávus gőzkezelés után vizsgálják meg a szilárdságát, mert valószínűnek tartom, hogy a mállási folyamat megindulását a kezdeti autoklávus kezeléssel igen jól lehet utánózni. (Taps.)

VENDL ALADÁR

Nagyon köszönöm a hozzászólók kritikáját és tanácsait, köszönöm különösen munkatársaim nevében, akikre ezek a felszólalások, amelyeknek a lényege abban foglalható össze, hogy ezek a vizsgálatok folytatandók, mert nemzetgazdasági szempontból jelentősek, bízótól, serkentőleg fognak hatni. Igyekezni fogunk az itt elhangzottakat figyelembe venni. Az autoklávus kísérletet is megcsináljuk, csak még bizonyos dolgok hiányoznak hozzá. Ha ezeket — akár az Akadémiától, akár mástól — megkapjuk, akkor a vizsgálatokat természetesen ki fogjuk szélesíteni.

Nagyon örülök annak, hogy ezt a kérdést éppen az ipar képviselői elég fontosnak tartják, mert petrográfus, metallográfus, geológus körökben azt mondják: ez semmi, ebből nem lehet nagy eredményt kihozni. A maguk szempontjából teljesen igazuk van. Ha csak nagy eredményre törekednék, akkor én sem foglalkoznék vele, de mivel ez olyan kérdés, amelyet éppen az ipar szempontjából előbb vagy utóbb meg kell oldani, valakinek foglalkoznia kell vele, nálunk pedig, tudomásom szerint, nem foglalkoznak vele. Legfeljebb elvi kijelentések hangzanak el kísérleti, empirikus tapasztalat nélkül, amely kijelentések esetleg helyesek, esetleg nem helyesek. Mindenesetre van már egy kísérlet, amely kézzelfogható eredménnyel járt, s amelyre esetleg támaszkodni lehet.

Munkatársaim nevében is, de különösen a magam nevében még egyszer köszönöm az elhangzott felszólalásokat.

VADÁSZ ELEMÉR elnök

Ismételten megköszönöm VENDL professzor bemutató előadását és a hozzászólók érdekes, kiegészítő adatait. Amikor hangsúlyozom, hogy a bemutató előadást megköszönöm, ugyanakkor meg kell mondanom: nem értek egyet VENDL akadémikus kartársnak azzal a kijelentésével, hogy a metallográfusok, a petrográfusok és a geológusok nem tartják fontosaknak ezeket a vizsgálatokat, és nem értek egyet azzal az előbbi kijelentésével, amelyben magát az Akadémiát, illetve az Akadémia főbizottságát aposztrofálta olyan értelemben, mintha mi ezeket a vizsgálatokat nem tartanánk fontosaknak, illetve értékeseknek.

Az Akadémia — igenis — nagyon fontosnak tartja ezeket a vizsgálatokat. A mostani bemutató előadás éppen azt az irányt demonstrálta, amelyben az Akadémia, illetve a főbizottság mind elméletileg, mind gyakorlatilag halad az elmélet és a gyakorlat teljes összekapcsolásával. Egy jelentéktelennek látszó kitéttel demonstrálnám az elméletnek és a gyakorlatnak ezt a kapcsolatát, amely kitéttel VENDL kartársam előadásából idézek. Beszélt a mállással kapcsolatban a kőzeteknek egyrészt tönkremenéséről, másrészt elváltozásáról. Az elváltozás tudományos, elméleti megállapítás, a tönkremenés gyakorlati, tehát vulgáris megállapítás. A kőzet tudományos szemlélet szerint egyáltalán nem megy tönkre, csak az említett mállási tényezők különböző mértékű és mennyiségű behatása következtében elváltozik.

Ez a vulgáris szó, hogy „tönkremenés”, elméletileg, tudományos vonatkozásban ismeretlen. Minthogy VENDL kartársam nagyon helyesen ezt a kifeje-

zést mind a két modorban használta, ezzel nyilvánvalóan tudományosan demonstrálta azt a kapcsolatot, hogy a mállás következtében történő kőzet-
elváltozás a gyakorlat szempontjából a tönkremenést jelenti. Ezzel a példával
kapcsolatban tudnék még egyebet is felhozni, de legyen ez elegendő annak
nyomatékos hangsúlyozására, amit a magyar földtani tudomány és az Akadémia
nem egyszer, hanem felszabadulásunk óta unos-untalan hangsúlyozott, hogy
nekünk nem új az elmélet és a gyakorlat kapcsolata, mert a földtani vizsgálat
minden ágában, ha ma nem, akkor holnap, és ha nem holnap, akkor a távlat-
ban mindenképpen a gyakorlati felhasználásba akarunk betorkolni, és kutatásunk
erre irányul.

Legyen szabad még felhívnom a figyelmet a fonolitra, erre a Magyar-
országon különösen érdekes kőzetre. A vizsgált mintákon nyilván észlelték a
felszínen az úgynevezett mállási kérget, amelyre GEDEON kartársunk is utalt,
hiszen ez általában jelentkezik a kőzeteken. A fonolitnál nem nagyon jellegzetes
mállási kéreg képződik, bár színben van elváltozás, de ez anélkül jelentkezik,
hogy a kőzet mechanikai mállását demonstrálná. Ismétlem, világosan kifejezett
1—6 milliméter vastagságú kéreg keletkezik a felszínen. A felszólaló nyilván
odakonkludált, hogy ennek a mállási kéregnek a vizsgálatát munkába kellene
venni. Az előadó jelentette, hogy a vizsgálatok mincenek lezárva, mert hiszen
ezek hosszú sorozatok, amelyeknek végső célja összefoglalni komplex módon a
sok oldalról gyűjtött eredményeket. Ezeknek az eredményeknek egy része
— még egyszer hangsúlyozom — pillanatnyilag elméletinek nevezhető, tehát
tudományos megállapítás lesz, amely az ipar számára látszólag nem lesz mindig
hasznosítható. A kutatások eredményének felhasználásával azonban e tapaszt-
lati megállapításokkal az ipar is előréhalad, mert hiszen a tudomány az ipar
problémáinak oknyomozó vizsgálatát fogja megadni. Csak azért említettem a
fonolitot, mert hasonló jellegű más kőzetekben is adódik ilyen jellegzetes
mállás. Az elhangzott előadásban is kaptunk több olyan vizsgálati eredményt,
amely a mállások keletkezési módját megmagyarázza, illetve előbbre viszi az
eddiggi magyarázatát.

Az előadás nem terjedt ki a részletekre, de a táblázatokból kiderül, és az
ismertetett adatok maguk is utalnak arra, hogy a különböző természetű kőzetek-
nek más-más ilyen földtani észlelésekben, külszíni, de még inkább mikroszkópos
észlelésekben is feltűnő jellegzetességei állapíthatók meg, amelyek magyarázatra
szorulnak.

Az ipar részéről felvetett ötletet mi ugyancsak messzemenőleg hajlandók
vagyunk támogatni. Ami a kutatásokra vonatkozik, hogy megfelelő fúró-
berendezésekkel kutassuk a mélyebben fekvő kőzet-anyagot is, ebben örömmel
résztveszünk, és tudomásom szerint vannak is ilyen gyémántos fúróberendezé-
seink, továbbá a Craelius-magfúró, amelyekkel elvégezhetők ezek a kutatások.

Mindenesetre felkérjük a Földtani Igazgatóságot arra, hogy a fúrási
tervezés során erre is terjedjen ki figyelmük. Nem tudom, hogy az iparvállala-
toknál, a kőfejtő-vállalatoknál folynak-e ilyen munkálatok. Ha folynak is, a
vállalatok annyira tele vannak termelőmunkával, hogy érdeklődésük elapró-
zódik. Ez így van a Földtani Intézetnél is. Ezért különleges szervei össze-
foglalás kell, nehogy túlzottan szétágazzék a kutatás, és hogy az irányzatokat
valahogyan összefogják.

Figyelmünk erre is kiterjed. Ismételten köszönöm VENDL kartárs előadását
s a hozzászólásokat.

I.

A MAGMÁS KŐZETEK ÉS ÉRCEK KÉPZŐDÉSI MÉLYSÉGÉNEK MEGHATÁROZÁSÁRÓL*

SZÁDECZKY-KARDOSS E.
AKADÉMIKUS

Tartalom

1. A képződési mélység közvetlen meghatározása a lepusztult fedőrétegek vastagsága alapján.
2. Meghatározás a magmatitok kőzetszöveve alapján.
3. A mélység közelítő meghatározása az érc- és kőzetkategoróriák értékelése alapján.
4. Nyomás és hőérzékeny kőzetsorozatok vizsgálata
- 5—6. Meghatározások hőmérséklet- és nyomásjelző ásványok adatai alapján. Kísérleti vizsgálatok.
7. Képződési mélység és az értelep alaktani jellege.
8. A geokémiai mélységmérés.

A magmás kőzetek és ércek képződési (kristályosodási) mélységének és ezzel együtt a lepusztulás mértékének meghatározása a földkéreg megismeréséhez döntő fontosságú.

A képződési mélység meghatározása biztos alapot nyújt a kőzetan és érteleptan több alapvető kérdésének megoldásához és az elméleti geokémia számára új távlatot nyithat. Egyszersmind a gyakorlati geokémiai kutatások szempontjából is nagy jelentőségű.

A magmatitok kristályosodási mélységének meghatározása a lepusztulás mértékének megállapítását is jelenti, s így a geomorfológiai kutatások számára, valamint olyan földtani kérdések megoldásához is segítséget nyújt, mint a lepusztulás és lerakódás korrelálása.

A hasznosítható ásványi anyagok kutatását célzó eddigi geokémiai módszerek a geokémiai provincia fogalmából kiindulva a nyomelemek és a nyomvegyületek alapján indikálják és határolják körül a hasznosítható ásványtelepeket. Olyan módszerek azonban, amelyek az értelepeknek a mélység felé várható változásairól adnának tájékoztatást, eddig alig állnak rendelkezésre. Pedig az értelepek bányászatában, bányafejlesztésében s újabb bányák telepeinek megtervezésében többnyire ez a főkérdés. A magmás ércképződményeknek az alábbiakban kifejtendő módszerek alapján történő jellemzése (lásd a II. részt) arra mutat, hogy a magmás ércképződések különböző optimális

*) A II. résszel együtt (Ércképződés és lepusztulási mélység) a MTA Nagygyűlésén 1956. május 31-én tartott előadás.

képződési mélységekkel jellemezhetők, ami eme kérdés közvetlen gyakorlati megoldásának ad alapot.

A magmatitok képződési mélységének kérdése közvetlen kapcsolatban van az ún. külső vagy környezeti nyomás kérdésével is. A kéregbeli nyomás közvetlen meghatározása, a földtani manometrázás hasonlíthatatlanul nehezebb feladat a földtani termometrázásnál. A hőmérséklet változása magában is közvetlenül jelentkezik a nyomás egyidejű lényeges változása nélkül a magmás tömegek körül vízszintes irányban. Viszont a nyomásnak a hőmérséklettől független változására a természetben alig van példa, mert a nyomás és a mélység változásával (függőlegesen) szükségképpen a hőmérséklet is változik. A képződési mélység meghatározása a külső nyomás közvetlen meghatározásához is hozzájárul.

A következőkben 8 egymástól független eljárást körvonalazunk a magmatitok képződési mélységének hozzávetőleges meghatározására, amelyek közül az 1, 2, 6, 7. és 8. szám alatt felsoroltak a II. részben közvetlen alkalmazást is találnak, míg a 3, 4. és 5. számúak még csak elvi lehetőségeket fejeznek ki.

1. A képződési mélység közvetlen meghatározása a lepusztult fedőrétegek vastagsága alapján

Ismert korú magmás kőzet- és ércképződmények pontos földtani szelvényeinek kidolgozása sokszor közvetlen lehetőségeket nyújt a lepusztult rétegek vastagságának megállapítására és ezzel a magmás képződmény eredeti képződési mélységének meghatározására. Ilyen megoldásokat nem egyszer alkalmaztak is, de az eljárás módszertani kidolgozáshoz általános alakban még nem jutott.

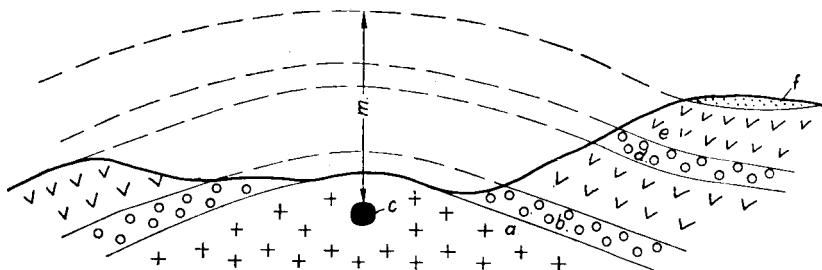
Az eljárás lényegileg azon alapul, hogy a magmás terület földtani szelvényeiben a lepusztult rétegeket a szomszédos területeken ismert teljes vastagságuknak megfelelően mintegy visszahelyezve a kérdéses magmás szakasz időpontjáig, a szelvényt a képződmények vastagságának megfelelően felfelé kiegészítjük. Az így kiegészített szelvénynek a magmás működés idejére extrapolált felszíne és a kérdéses magmás képződmény, ill. az ércesedés tszf. magassága közti különbség elvben megadja a magmás tömeg, ill. az ércesedés képződési mélységét. Az eljárást egy hazai példa sematizálásával készített 1. ábra szemlélteti, amelyben a c ércetest egykorú az e réteggel és a képződési mélységet az m távolság adja.

Az eljárásnak a magmás kőzettömegeken kívül a magmás főkristályosodás utáni ércesedésekre való kiterjesztését az teszi lehetővé, hogy az ilyen ércesedés rendszerint a kapcsolatos magmás működést földtanilag csaknem közvetlenül — SCHNEIDERHÖHN [1] szerint néhány ezer, legfeljebb 10 000 év után — követi és így a magmás szakasz és az ércesedés korát földtanilag azonosnak lehet tekinteni. Minthogy ennyi idő alatt a lepusztulás a rétegek vastagságát

nagyobb mértékben nem változtatja meg, ezért a fenti szerkesztés az érc és a magmatit közti távolság tekintetbevételével az ércre is érvényes.

Az eljárás elsősorban lávatakarókból és vulkáni agglomerátból, tufából álló (szub)vulkáni területeken alkalmazható. Kristályospalákkal körülvett hipabisszikus magmatitokra eme kőzetfajták változó vastagsága és sorrendje miatt csak durva közelítő értékeket ad. Ilyenkor tehát más kiindulási adatra, például a kérdéses hegység típus átlagos lepusztulási sebességének ismeretére van szükség.

Ez a szelvény-kiegészítési eljárás fontos ércutatási módszer is. Ha ui. valamely magmás területen a kristályosodási mélységet megismertük, ebből a korrelát ércesedések optimális helyzetét megállapíthatjuk a következő dolgozatban közölt mélységi adatok alapján.



1. ábra

Ismeretesek az ércesedési típusok egymásba való átmenetei is. Ezek is segítséget nyújtanak az optimális mélységek meghatározásához, amennyiben egyik érc típus optimális képződési mélységéből a másiké közvetlenül következik.

2. Meghatározás a magmatitok közetszövege alapján

Az intruzív és effuzív kőzetek elkülönítése a közetszövet alapján a magmatitok képződési mélységének első durva meghatározását jelentette. Ez a beosztás a „kristályossági fok” alapján sokkal finomabbá tehető, amint arra mintegy 15 évvel ezelőtt rámutattunk [2]. A legfontosabb ROSENBUSCH-féle magmatit szövettípusok ugyanis egyetlen kristályossági sorozat fokozataiként tekinthetők:

- 1) vitrofiros-hialinos szövet : 80%-nál több üveggel,
- 2) hialopilites szövet : 60—80% üveg,
- 3) hipokristályos porfiros átmeneti szövet : 20—50% üveg,
- 4) pilotaxitos szövet : 20%-nál kevesebb üveg,
- 5) mikroholokristályos porfiros szövet : üveg 0%,
- 6) granitoporfiros szövet : üveg 0%, durvább szemcsézettség,
- 7) hipidiomorf szemcsés szövet.

A belső-kárpáti vulkánkoszorú egyes hegységreszleteiben e fokozatok középértékeinek megállapításával lehetővé vált a viszonylagos lepusztulási mélységek közelítő meghatározása és a viszonylagos lepusztulási (vagy képződési) mélységek és az ércesedési típusok közti összefüggés kimutatása.

Így a belső-kárpáti vulkánkoszorú egyes részeinek kristályosságai középértékeit a következőknek találtuk :

Szlovák Érchegység központi részei :	5,1°
Börzsöny :	4,1—4,6 (Bányapuszta 5,0°)
Dunazug hegység :	3,0—3,4°
Cserhát :	3,1—3,2°
Mátra hegység :	3° (Gyöngyösoroszi és Recsk 4—5°)
Tokaj :	3°, Telkibánya : 4—5°
Gutin :	4—5°
Cibles :	6° (érces perem 4—5°)
Rodna :	5,5—6°
Kelemen—Hargita :	3—4°
Erdélyi Érchegység :	4°
Rézbánya és Bánság :	6,0—6,3°

Az egyes ércformációk a vulkánkoszorúban a következő kristályosságai középértékeknél jelennek meg :

Szferosziderit-kovavaskő :	2—3
Teléres Au-Ag-Zn-Pb ércesedés :	(4)—5
Metaszomatikus Pb-Zn ércesedés :	5,5—6
Kontakt metaszomatikus oxidos vasércsek :	6,3

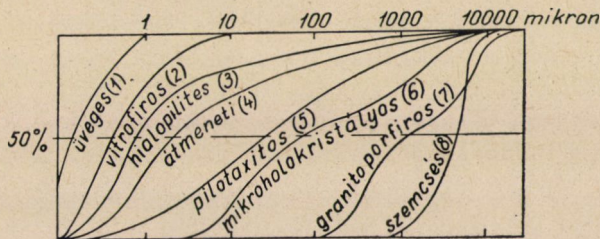
E vizsgálatok szerint az optimális Au-Ag-Pb-Zn ércesedési szint felett fekszenek az É-Börzsöny, É-Mátra, Tokaj, Hargita. Az optimális szint alatt fekszik pl. a Cserhát.

A kristályossági foknak pontosabb mélység-meghatározási módszerré való kifejlesztésére tekintetbe kell venni, hogy az függ nemcsak 1) a kristályosodási mélységtől, hanem 2) a magma tömegétől és alakjától, 3) a magmatömeg falának távolságától, 4) a magma viszkozitásától, vagyis a magma összetételétől, beleértve a könnyen illók leadását biztosító felszinnel való kapcsolatát, 5) a szomszéd kőzetek előzetes magmás átmelegítésének mértékétől és végül 6) az elegyrészek gravitációs elkülönülésének és a lávaanyag kavarodásának lehetőségétől is.

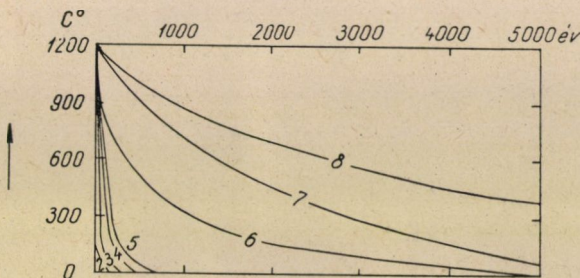
E tényezők elkülönítésére a magmatitok szövetének pontosabb jellemzése vált szükségessé. Ezt a magmatit elegyrészek szemnagysági diagramjainak felvétele tette lehetővé. E diagramok szemnagyságként anizometrikus kristályok esetében a vékonycsiszolatban közvetlenül mért hosszabbik átmérőt, ill. az andezites alapanyag piroxén és amfibol kristályai esetében a c-tengellyel

párhuzamos metszetekben megállapított hosszúságot ábrázolják. A 2. ábra ilyen diagramban szemlélteti a felsorolt szövettípusok 1—1 kifejezőjét. Ilyen méréseket a szerző felkérésére HERRMANN M. közölte [4].

A szemnagysági diagramok alakját elsősorban a magma lehülési viszonyai (3. ábra) és a szemesék gravitációs elkülönülésének lehetősége határozza meg. Elsősorban megkíséreltük a lehülési görbék jellegeinek elvi levezetését a mélység, a magmatömeg, a faltávolság és az előzetes magmás felmelegítés hatásának



2. ábra



3. ábra

függvényében. Az így kapott eredményeket a Mátra-hegység földtani felvételei alapján ismert kőzettömegeken végzett mérésekkel ellenőrizzük.

A szemnagysági diagramok segítségével kilátás nyílik egyrészt az említett tényezők megkülönböztetésére és másrészt a mélység közelebbi meghatározására.

A magmás kőzetek szemnagysági elemzése így a mikropetrográfiai vizsgálatok vulkanológiai és földtani értékelésének alapjául szolgálhat. A kérdés közelebbi vizsgálata a lehülés és a gravitációs elkülönülés analitikai számításával folyamatban van.

3. A mélység közelítő meghatározása az érc- és kőzetkategoriki értékelése alapján

Az ércesedések és a korrelát magmatitok egyértelműen meghatározott képződési kategóriái is lehetővé teszik az ércék képződési mélységének közelítő meghatározását.

Az érc képződési mélysége (m) kiszámítható az intruziós mélység (i) vagyis a magmatitnak a föld felszínétől mért távolsága az intruzió idején), valamint az ércetest és a magmatit közti távolság (d) különbségként :

$$m = i - d.$$

A kérdéses (i és d) adatok meghatározására az 1. fejezetben ismertetett szelvény-kiegészítési módszeren kívül más lehetőség is van. Az intruziós mélységet közelítően már a vulkáni, szubvulkáni, magas-plutoni (hipabisszikus) és mély-plutoni (abisszikus) kategóriák körülírják. E kategóriák megállapítását különböző módon végezhetjük. Eredeti értelemben e kategóriák a magmatest földtani kapcsolatait jelentik, ti. a magmatestnek igazi vulkánokkal való összefüggését („szubvulkáni”), vagy a földfelszíntől való elszigeteltségét („plutoni”). E viszonylatoknak rendszeres kimutatását a magmatest morfológiai vizsgálata teszi lehetővé, ami a következő módon végezhető :

Vulkáni képződmények: főleg lávatarakók, tufák és vulkáni agglomerátumok;

Szubvulkáni képződmények: magmakürtök, kőzettelérek, lakkolitok, magmatömzsök váltakozása lávafolyásokkal, tufákkal, agglomerátumokkal és üledékes kőzetekkel;

Magas (vagy hemi) plutoni képződmények: az intruzív tömegek változása kőzettelérekkel, lakkolitokkal, magmatömzsökkel és gyengén átalakult üledékes kőzetekkel;

Mély (vagy holo) plutoni képződmények: főleg nagyobb intruzív tömegek váltakozása átalakult kőzetekkel.

E magmakategóriák többi meghatározási eljárásai közvetett jellegűek és inkább mélységi, mint magmakategóriákat adnak, amint ezt a SCHNEIDERHÖHN és BORCHERT [5] javasolta legújabb (alább idézett) értékek is mutatják. Helyesebbnek látszik tehát az ilyen kategóriák mélységi jelentését nevezéktanilag is kifejezni, a szubvulkáni, magas- és mély-plutoni kifejezéseket pedig az előbbieken összefoglalt közvetlen meghatározási eljárással kapott eredményekre korlátozni. A mélységi kategóriák így alakulhatnak :

Felszíni öv („vulkáni” helyett): 0 m viszonylagos magasság felett.

Felszínközeli öv („szubvulkáni” helyett): 0—2 km mélység.

Középmély öv („magas-plutoni” helyett): 2—5 km mélység.

Mély öv („mély-plutoni” helyett): 5—15 km mélység.

E mélységi kategóriák meghatározása a magmatitok kőzetszöveve alapján történhetik :

Felszíni öv: főleg üveges és hipokristályos szövetek.

Felszínközeli öv: főleg hipo- és mikro-holokristályos porfiros szövetek.

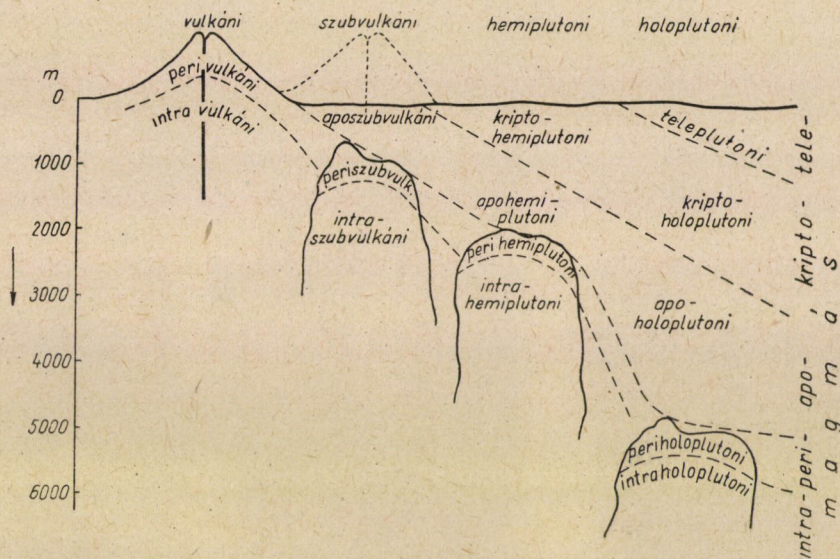
Középmély öv: szemcsés szövet váltakozik porfiros, granofiros és rokon szövetekkel.

Mély öv: főleg szemcsés szövetek.

Pontosabb értékeket helyez kilátásba a szövetek szemnagysági értékelése az előbbi fejezetben mondottak alapján.

A kapcsolatos ércképződmények összetétele, szövete és morfológiai sajátosságai is alkalmasak ilyen közvetett mélység-meghatározásokra, mint azt a 7. fejezetben tárgyaljuk.

Az ércképződmény és a magmatit közti távolság (d) hozzávetőleges meghatározását jelentik a tele-, kriptó-, apo-, peri- és intramagmás kategóriák. Nagyjából ugyanezt a távolságot fejezik ki EMMONS-nak [5] az ércék batolit-



4. ábra

jaihoz képesti helyzetét rögzítő fokozatai, a kriptó-, akro-, epi-, em-, endo- és hipobatolitos kategóriákkal. Az elsőnek említett sorozat a magmától távolabb fekvő ércképződmények közelebbi beosztását fejezi ki, a második inkább a batoliton belüli ércképződmények pontosabb elkülönítésére alkalmas. A batoliton kívüli ércképződmények távolságai a batolit felső határától számítva pozitív, az azon belüliek negatív értékekkel fejezendők ki.

Ezek a távolsági kategóriák is számszerűleg rögzíthetők, kiindulva egy ún. „átlagos” batolitból, amelyet SCHNEIDERHÖHN példája szerint egy 1500 m sugarú hengeres magmatömegnek tekinthetünk, amelynek a teteje 2000 m-re van a föld felszíne alatt. Ilyen batolitra nézve „perimagmás” az olyan ércesedés, amely 2000 m-re van a felszín alatt, az „intramagmás” pl. 3000 m-re, az „apomagmás” kb. 1000 m-re a felszín alatt, a „kriptó-”, illetve a „telemagmás” ércesedés pedig kb. a felszínen fekszik. Ez az átlagos batolit a fenti nomenklatura szerint a magas-plutoni öv tetejére helyezendő. A kategóriák azonban kiterjeszthetők a vulkáni, szubvulkáni és mély-plutoni övekre is,

minek folytán például a kripto-, apo-, peri- és intra- szubvulkáni fogalmakhoz jutunk, amelyek gyakorlati felismerése megfelelő földtani leírások és szelvények alapján rendszerint nem ütközik nehézségbe. Ez új kategóriák mindegyikének is van természetesen külön számszerű jelentése, amelyet a 4. ábra foglal össze.

Ilymódon az ércképződmény és a korrelát magmatömeg hozzávetőleges d távolsága megállapítható és így mindkét szükséges adat (d és i) birtokába jutva, az ércesedés m mélysége is hozzávetőleg megadható az $m = i - d$ képlet alapján.

4. Nyomás és hőérzékeny kőzetsorozatok vizsgálata

Elvileg a kristályosodás mélysége a szomszédos pt -érzékeny kőzetek átalakulásának fokából is meghatározható.

A rétegeterhelés — azaz feltehetően a növekvő nyomás és hőmérséklet — hatására elsősorban egyes vízben gazdag kőzetsorozatok, így a tőzeg—kőszén sor tagjai és az agyagos kőzetek alakulnak át fokozatosan és mérhetően. Egyik régebbi tanulmányban [7] meghatároztuk a szénkőzetek illó- és víztartalmának, általában a szénülés fokainak változását a rétegeterhelés és a mélység függvényében, utalva az agyagos kőzetek víztartalmának és térfogatsúlyának párhuzamos változásaira is (lásd Szénkőzettan, 183. lap). Egyszerű rétegeterheléskor ezek a változások tehát a mélység hozzávetőleges meghatározására és ezzel egyszersmind a kb. egykorú szomszédos magmatitok és ércképződményeik kristályosodási mélységének megállapítására is alkalmasak, feltéve, hogy utólagos nagyobb üledékképződés a magmatest felett nem történt. A magmatit és a pt -érzékeny kőzet közti közvetlen érintkezésre rendszerint nincs szükség a méréshez, mert a földtani szelvény alapján mélységi különbségük megállapítható és egyszerű hozzáadással vagy kivonással számításba vehető.

Gyakrabban ugyanazon csoportba tartozó, de idősebb pt -érzékeny kőzet is alkalmas elvileg ilyen meghatározásra. Ilyenkor a rétegeterhelés kőzetalakító hatásához a magmás betörés hőhatása is hozzájárul. Ez egyrészt függőleges irányban növeli a rétegeterhelés átalakító hatását, másrészt létrehoz egy horizontális kőzetátalakulási grádiens is. A földfelszín hűtő hatása következtében ez a horizontális grádiens annál meredekebb, vagyis a laterális kőzetátalakulás szélessége annál kisebb, mennél közelebb van a vizsgált szelvény a felszínhez. A horizontális grádiensből elvben tehát meg lehet határozni az egykori felszín távolságát, azaz a magmás kőzettömeg képződési mélységét.

A magmás intruzió körüli kőzetátalakulás tehát elvileg különbözik vízszintes és függőleges irányban. Függőleges irányban a magmás hőhatás mellett a takarórétegek nyomásának is jelentősége van; az átalakulás horizontális grádiense létrehozásában túlnyomóan csak a magmás hőmérsékleti hatással kell számolni. Szükség van tehát az átalakulás hőmérsékleti és nyomási hatásnak elkülönített ismeretére. Erre nézve kísérleteink folyamatban vannak.

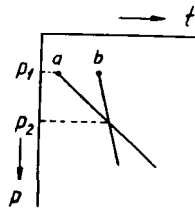
E módszer további kidolgozásában tekintetbe veendő a magmás tömegek körül kialakuló izotermák és azok változásainak INGERSOLL és ZOBELL [8] majd SCHNEIDERHÖHN [9] kidolgozta rendszerei is.

5—6. Meghatározások hőmérséklet- és nyomásjelző ásványok adatai alapján.

Kísérleti vizsgálatok

Egyes jellemző ásványtársulások is lehetnek mélységjelzők.

TATARINOV szerint a pegmatitok nagyobb mélységre, a szkarnos képződmények közepes mélységre utalnak [10]. Kis mélységben a pegmatitok csak kivételesen kristályosodnak, így a Cseh—Szász Érchegységben 200—300 m mélységben is keletkeztek pegmatitok OELSNER szerint.



5. ábra

A pegmatit és szkarn mélységjelző jellege elvben igen egyszerűen alátámasztható. A pegmatitok az intruzív magmatesteken belül vagy annak közelében keletkeznek. Az intruzív magmatestek nagyrészevel együtt tehát nagyobb mélységekben jelennek meg. A szkarn viszont pneumatolitos vagy katahidrotermális jellegű, így alacsonyabb hőmérsékletű képződmény és ezért átlagban kisebb mélységben keletkezik.

Az ún. külső nyomás adott fajsúlyú földkéregrészen nagyjából arányosnak tekinthető a mélységgel. A belső nyomásnak és így közvetve a mélységnek a meghatározását néha a nyomásjelző (manometer) ásványok, vagy paragenézisek is lehetővé teszik. RAMDOHR [11] rámutatva az ezzel kapcsolatos nehézségekre, két példát sorol fel: 1) kalkopirit átalakulása pirit és kovellinné csak kivételesen nagy kénnyomásra lehetséges; 2) a pirit—pirrhotin—magnetit—fajalit paragenézis igen kis O-résznyomásra mutat, mert a fajalit különben oxidatív szétesik $\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{SiO}_2$ -re.

Elvben felhasználható a földtani mélység-mérésre több termometer ásvány adatainak együttes értékelése is. A termometer ásványok átalakulási hőmérsékletei a fajlagos térfogat (illetve sűrűség) ismeretében a CLAUSIUS—CLAPEYRON egyenlettel kifejezett módon a nyomástól is függenek. Ha tehát közönséges (1 atm : p_1) nyomáson (5. ábra) különböző hőmérsékletre utaló két termometer ásvány (*a* és *b*) jelenik meg ugyanazon paragenézisben, úgy

kiszámítva a két ásvány átalakulási görbéit, meghatározhatjuk azt a p_2 nyomást, amelyen azok egyenlővé válnak. Feltehetőleg ez a p_2 nyomás egyenlő a kezdeti, azaz képződési nyomással és ebből a már említett megkötéssel a képződési mélységre is következtethetünk.

További lehetőséget jelent a képződési mélység meghatározására az ásványparagenezisek, kőzetek nyomás hatására történő átalakulásainak kísérleti vizsgálatai. Az eddigi ilyen irányú vizsgálatok elvi hibáinak kiküszöbölésére újrendszerű kísérleteket indítottunk meg, amelyek eredményei külön közleményben kerülnek ismertetésre.

7. Képződési mélység és az érctelep alaktani jellege

A 3. fejezetben vizsgáltuk, hogy a magmatitok morfológiai sajátosságai mennyiben alkalmasak a kristályosodási mélységük hozzávetőleges meghatározására.

A képződési mélység szerint osztályozott ércformációk telepalaktani sajátosságait rendszerezve (lásd a köv. II. dolgozatot) kiadódott, hogy a mélység függvényében az érces tömegek alaktani sajátosságai is meglehetősen szabályszerűséggel változnak. E szabályszerűségek elvi közelítéssel alátámasztva a következőkben foglalhatók össze, egyelőre csak előzetes jelleggel, a kérdések felvetése, az ezirányú vizsgálatok megindítása céljából. Végleges megoldáshoz természetesen a legkülönbözőbb jól meghatározott adatok és részletes megfigyelések szükségesek.

Nagyobb mélységben, főleg egyszerű, tektonikusan gyakran kevésbé zavart és nagyobb függőleges kiterjedésű telérek jelentkeznek. Az ilyen jellegű ún. régi (intruzív) aranyformáció teléreinek függőleges kiterjedése néha az 1000 m-t is meghaladja. Nagy mélységben ugyanis az izotermák egymástól viszonylag távol fekszenek és így az ércesedés a mélység felé lassan változik, nagy függőleges kiterjedést nyerhet.

Kisebb mélységben az izotermák szorosabban egymás közelébe kerülnek és így az érctelérekben adott ásványtársulás csak kisebb függőleges kiterjedést érhet el. A kisebb mélységűnek talált Zn—Pb telérek függőleges kiterjedését többnyire 400—700 m-nek találták. Az optimálisan még kisebb mélységben kristályosodó ónércek függőleges kiterjedése többnyire 200—250 m.

Mindebből arra lehet következtetni, hogy adott érc típus nagy függőleges kiterjedése nagyobb intruziók mélységnek felel meg, gyors változása kisebb mélységnek.

De kivételek is lehetségesek. Tekintettel kell lenni ugyanis arra, hogy lefelé a hidrotermális—pneumatolitos kritikus hőmérsékleti határ közelében az oxidációs fokok hirtelen változnak, ezért itt az érc kifejlődés nagyobb mélységben is gyorsabban változhatik. A (Bi—)Co—Ni formáció pl. lefelé átmehet hirtelen az UO_2 formációba.

Nagyobb mélységben a magmatitok lehülése, s így a hidrotermális kristályosodás is lassúbb. Ezért is az ércövek szélesen kiterjednek, függőlegesen és oldalasan egymást kevésbé fedve elkülönülnek: ezért egy-egy telérrészletben egyenletes, de átlagban kisebb fémtartalom jelentkezik. Ezt TATARINOV gyakorlati szabályként megerősíti.

Minthogy a felszín közelében a magmatitok gyorsabban hűlnek, a hidrotermális kristályosodás is gyorsabb és kevésbé egyenletes. Így helyenként nagy, általában gyorsan változó ércartalom észlelhető.

Ismeretes, hogy adott telérrészleten belül a különböző hőmérsékleti képződmények közvetlenül egymás mellett, egymásba teleszkóposan betolva jelenhetnek meg. Minthogy pedig telérhasadékok nem változatlan, nem hosszú ideig egyenletesen nyitott rendszerek, ezért erősebben különböző hőmérsékleten kristályosodó ásványok ugyanazon telér adott ásványtársulásában a hőmérséklet gyors változása esetében, azaz többnyire nem nagy mélységben kristályosodhatnak.

Igen nagy mélységben a nyomás annyira jelentős, hogy hasadékok alig képződhetnek és maradhatnak meg. Ezért itt az igazi hasadéktelérek ritkák. Inkább ércelencsék jelentkeznek, gyakran „en echelon” elrendeződésben.

Kiseb mélységben a nyomás csökkenése következtében a hasadékok mindinkább nyitottabbak lehetnek: ezért gyakoribbá válnak a nyitott üregek, a druzák és a telérbreccsák és kokárdás szerkezetek. Részben ezzel is kapcsolatban a kolloid szerkezeteket is gyakoribbaknak tételezhetjük fel kis mélységben. Minthogy a kis mélységben a tektonikai mozgékonyság és a kőzetek morzsalékonyága is nagyobb, ezért egyszerű hosszú telérek helyett mindinkább összetett telérek és morzsolódási övek breccsás szerkezetekkel jelentkeznek. A tektonikai és hőmérsékleti mozgékonyság növekedése feltehetőleg a rejuvénációk lehetőségét, számát is növeli (Pb—Zn ércesedés).

Az impregnációs ércesedéshez az ércesedés előtti közhézagokra van szükség, mert mind a kristályosodást, mind pedig már a könnyen illók elszabadulását és felszaporodását az üregek, pórusok, hasadékok jelenléte biztosítja. Ezek mutatják a kisebb nyomású helyeket, amelyek lehetővé teszik a folyékony magmás fázisból az illók elkülönülését. Azonban az üregek a mélység, azaz a nyomás növekedésével mindinkább zárulnak. Az ércimpregnáció kifejlődése tehát inkább a kisebb mélységekre látszik jellemzőnek. A részben nagyobb mélységi (Bi—Co—Ni és a régi aranyformáció például impregnációs és metasomatikus kifejlődésre kevésbé hajlamos. Természetesen ezen viszonylat alól is van kivétel, többek közt azért, mert a nyomás nem mindig nő a mélység függvényében. (Az ultrabázisos kőzetekben található kromit impregnációk [„Sprenkelerz”] genetikailag nem igazi impregnációk, csak formailag azonosak velük.)

Lefelé a kőzetet átjáró metasomatikus oldatok útjai is mindinkább elzárulnak — agyagos kőzetek porozitáscsökkenése a mélység függvényében

erre példa — s így a metasomatózis gyakoriságának csökkenése várható a mélység felé. Némelyek szerint a karbonát-metasomatózis állandó mikro-üregképződés közben történik, ami hasonlóképp befolyásolhatja a metasomatózisok kisebb mélységbeli gyakoriságát.

E tekintetben ellentétben vagyunk az általános felfogással, mely szerint a metasomatikus kiszorítás inkább a közepes és mély övekben lenne gyakori. Ebben a felfogásban talán annak is szerepe van, hogy a metasomatózis többnyire a nagyobb hőmérsékletű pneumatolitos folyamattal kapcsolatos. Ebből azt a következtetést lehetett levonni, hogy az ilyen metasomatózis a hidrotermális folyamatoknál mélyebb övekben folyik le. A köv. II. tanulmány szerint viszont a pneumatolízis legtipusosabbjai a wolfram-, molibdén- és ón-pneumatolízis kismélységi folyamatok. Ez közvetlenül bizonyítja, hogy a metasomatózis súlypontja magasabb övekre szorítkozik.

A főkristályosodás utáni ércesedés intenzitása a telérek, hasadékok, impregnálható közhézagok mennyiségétől is függ. A kiszorítások intenzitását emellett a megfelelő kiszorítható közet mennyisége is befolyásolja. Ebből az következik, hogy a főkristályosodás utáni ércesedés lefelé mindinkább ritkul és bizonyos mélységben megszűnik. Ez a mélység megfelel EMMONS „holt vonalának”.

Milyen mélyen fekszik a holt vonal? Igen nagy mélységben az átlagos hőmérséklet oly nagy, hogy túlhaladja a hidrotermális ércsképződés maximális kb. 400 C°-os hőfokát. Ez a hidrotermális ércesedés határa. Mindenemű egykorú magmaműködéstől távol normális geotermikus grádienssel számolva ez a mélység mintegy 12—13 km-nek felelne meg. Minthogy azonban a hidrotermális ércsképződés gyakorlatilag túlnyomóan magmás működéssel kapcsolatos, ezért a hidrotermális ércsképződés rendszerint jóval kisebb mélységben, rendszerint nyilván már 6—9 km mélységben megszűnik. Minthogy a pneumatolitos ércek főleg ennél sokkal kisebb mélységben keletkeznek, a hidrotermális ércsképződés eme 6—9 km-es alsó határa egyszersmind EMMONS holt vonalát is képviseli.

Az érctelep alakotani sajátosságai alapján tehát egyelőre feltételesen a következő mélységi fokozatok tételezhetők fel.

1) Kis mélység (kb. 1200 m-ig): üregekben, druzákban rendszerint gazdag komplex telérek, kokárdás breccsás és kolloid szerkezetek. Egy-egy ércformáció kisebb függőleges kiterjedésű. Az érc tartalom erősen ingadozik. Impregnációk gyakoriak.

2) Közepes mélység (kb. 1200—3000 m): hosszabb függőleges kiterjedésű ércformációjú telérek, kevesebb kis druzával; az érceloszlás egyenletesebb.

3) Nagy mélység (kb. 3000—6000 m): a hidrotermális ércesedés ritkul. Egyszerű telérek. A telérekben ritkulnak a szabad üregek. Druzák, breccsás és kokárdás szövetek is ritkábbak. Ércelencsék gyakoribbak.

4) Igen nagy mélység (kb. 6000 m alatt): a hidrotermális ércesedés fokozatosan megszűnik.

8. A geokémiai mélységmérés

A képződési és lepusztulási mélység meghatározására új és az eddig felsoroltaknál jelenleg általánosabban használható viszonylagos eljárás kidolgozására nyílik lehetőség az affinitások eltolódásának 1955-ben magyar nyelven kifejtett szabálya [14] alapján. Ez a szabály és az azon alapuló eljárás az elemek ionizációs fokának változásából indul ki.

Az affinitások eltolódásának szabálya szerint az elemek ionizációs fokának megváltozásakor a geokémiai affinitásai is egyirányúan megváltoznak és pedig — bizonyos alább ismertetendő megszorításokkal — minden elemnél hasonló értelemben. Ilymódon az összes változó „vegyértékű” fémes elemre nagyjából azonos, egységes ionizációs sorozat állítható fel. A sorozat vezértagjai a következők:

1) A változó vegyértékű fémes elemnek legkisebb „elektrokémiai vegyértékű” (oxidációs számú, kötésértékű) teljesen ionizálatlan alakjai autofil módon termésként jelenhetnek meg; kötésszámukat nullának tekintjük.

2) E fémek igen gyengén ionizált, kisebb kötésértékű alakjai főleg arzenid vagy antimonidként kristályosodnak, azaz arzeno- és stibiofilek.

3) A kissé erősebben ionizált, némileg nagyobb kötésértékű alakjai szulfofil módon, de a lehető legkisebb mennyiségű kénnel alkotnak (többnyire monoszulfidos) vegyületeket, azaz oligoszulfofilek.

4) Ezután gyakran szulfid-arzenid vagy szulfid-antimonidként, esetleg „szulfo-só”-szerűen kristályosodnak.

5) A következő ionizációs fokozatban nagyobb, illetve a lehető legnagyobb mennyiségű kénnel egyesülnek, többnyire kettős, sőt hármas szulfidok alakjában: mioszulfidos fokozat.

6) Az ionizáció további előrehaladásával a fokozatosan nagyobb vegyértékű alakokkal kevesebb oxigénnel, többnyire egyszerű oxidokat alkotnak: oligooxifil fokozat.

7) Még erősebben oxidált állapotban többnyire dioxidos vagy hidroxidos alakban jelentkeznek: mioxifil fokozat.

8) Végül komplex oxifil módon (pl. szulfátosan, karbonátosan) és kristályvítartalommal jelennek meg.

Ez a fokozatosság érvényes a nemfémes és az elektronegatív elemekre, nevezetesen az As és S csoport elemeire is, csakhogy itt az elsőként felsorolt nulla kötésszámú autofil tagon túl negatív irányban eltolódott alakok jelentkeznek. E viszonyokról a táblázat példái, továbbá vázlatosan, de az összes elemre érvényes módon a hosszúperiódusos rendszer oszlopai sorrendjében, túlnyomóan a 4. periódus elemeivel példázva a 6. ábra ad áttekintést.

Mindez azt mutatja, hogy a fémek fokozatosan nagyobb kötésértékű alakjai növekvő mértékben ionos vegyületeket alkotnak, amelyekben egyre nagyobb súllyal vannak fokozatosan elektronegatívabb elemek. A viszony-

	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	S (helyett Se)
7 Komplexoxidok	PbZnOHV ⁵ O ₄ Descloizit	PbCr ⁶ O ₄ Krokoit	Mn ² CO ₃ Rodokrozit Mn ² SiO ₃ Rodonit	Fe ² SO ₄ ·7H ₂ O Melanterit			Cu ² SO ₄ ·5H ₂ O Kalkantit	Zn ² SO ₄ ·7H ₂ O Goslarit			Cu ₂ OHAs ⁵ O ₄ Olivenit	Fe ⁶ O ₄ ·7H ₂ O Melanterit
6 Miooxidok	V ² O ₅ ·H ₂ O Algit V ³ O ₅ ·3H ₂ O Vanoxit	FeCr ³ O ₄ Kromit	Mn ^{IV} O ₂ Pirroluzit	Fe ³ ·O ₃ Hématit			Cu ² O Tenarit					(S ⁴ O ₄)
5 Oligooxidok			Mn ^{IV} O Manganozit	Fe ^{IV} O Wüstit		Ni ² O Bunsenit	Cu ² O Kuprit	Zn ² O Cinkit			As ³ O ₃ Arzenolit Claudetit	(S ² O ₂)
4 Mioszulfidok	V ⁵ S ₄ Patrónit Cu ₃ V ⁵ S ₄ Sulvanit	FeCr ^{III} S ₄ Daubrelit	Mn ^{IV} S ₂ Hauerit	Fe ^{IV} S ₂ Pirit	Co ^{II} Co ^{IV} S ₄ Linnéit CoAs ₃ Skutterudit	Ni ^{II} Ni ^{III} S ₄ Pol'dimit NiAs ₃ Ni- Skutterudit	Cu ^I S·Cu ^{II} S ₂ Covellin					
3 Arzeno- szulfidok				Fe ^{IV} AsS Arzenopirit	CoAsS Kobaltit	NiAsS Gersdorffit	Cu ^I As ₃ - Tennantit Cu ^I As ₂ S Laurit					
2 Oligoszulfidok	V ^{IV} S		Mn ^{IV} S Alabandin	Fe ^{IV} S (Pirrhatin) Troilit	Cu ^I FeS ₂ Kalkopirit Fe ^{IV} Ni ₁₆ S ₈ Pentlandit	Ni ^{II} S Millerit	Cu ^I S Kalkozin	Zn ^{II} S Szfalerit			As ^{III} -S ₃ Auripigment As ₂ S ₂ Realgar	
1 Arzenidek (antimonidek)					CoAs Madderit	NiAs Nikkalit Ni ₄ As ₃ Maucherit	Cu ^I As Domeykit Cu ₆ As Algodonit				Cu ₃ As ^{III} S ₃₋₄ Tennantit	
0 Termés- elemek				Fe ⁰ Vas	(Fe,Ni,Co) kamácit		Cu ⁰ Réz	Zn ⁰ Cink			As ⁰ Arzén	S ⁰ Kén
-1 Oligokationos ásványok											FeAs ^{III} S Arzenopirit	FeS ^{II} Pirit
-2 Arzeno- szulfidok												FeAs ^{II} S Arzenopirit
-3 Miokationos ásványok												FeS ^I Pirrhatin

6. ábra

lagos kation : anion arány pedig fokozatosan növekedik. Ily módon megadhatók a vegyületeknek is bizonyos „elektronegativitási középértékei” is, és ezek a középértékek a kérdéses elem ionizációs fokával nagyjából egyirányúan növekednek. Ezzel másrészt meghatározhatók az egyes elemek, sőt azok egyes onfajtainak fő affinitásai is.

A sorozat nem minden elem esetében teljes, vagyis nem minden fém jelenik meg a felsorolt összes ionizációs fokban. A nemesebb, nagyobb redoxpotenciálú (a feszültségi sorban előbb álló) elemek inkább csak a kisebb fokú ionizációs alakokban kisebb kötésiértékkel jelentkeznek ; a kevésbé nemesebbek, például a cink, inkább a nagyobb ionizációs fokokban. Ez is kitűnik a táblázatból.

E vizsgálatokból az is kitűnik, hogy az ionizációs fok szempontjából nagyon határozottan különbözik az azonos kötésiértékű kovalens és ionos kötés. Szükséges tehát elkülöníteni a kétféle kötéstípust, első közelítésben pl. oly módon, hogy a kovalens kötésű atomkötés értékét római, az ionos arab számokkal jelöljük, pl. a kalkozin $\text{Cu}_2^{\text{I}}\text{S}$, viszont az ionosabb kuprit $\text{Cu}_2^{\text{II}}\text{O}$. Néha még a kovalens-ionos kötési átmenetek közelebről is megadandók az arabs és római szám együttes feltüntetésével, pl. a kovalens-ionos hematit $\text{Fe}_2^{3-\text{III}}\text{O}_3$, viszont a tisztán ionos melanterit $\text{Fe}^2\text{SO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$.

A kovalens kötés nemcsak a számszerűen vele azonos ionos kötésnél kisebb ionizációs állapotot jelent, hanem néha még a számszerűleg kisebb kötésiértékű (elektrokémiai vegyértékű) ionos kötésnél is kisebb vagy legfeljebb azonos ionizációs értékű. Így a $\text{Cu}^{\text{II}}\text{S}$ kovellin legfeljebb azonos, sőt inkább kisebb ionizációs értéket mutat, mint a $\text{Cu}_2^{\text{II}}\text{O}$ kuprit, noha előbbiben a réz két, utóbbiban egyes kötésiértékű. Ugyanis egy rézkationra jutó egy oxigénatom nagyobb elektronegativitást és nagyobb ionizációs fokot jelent, mint ugyanannyi réz-kationra jutó két kénatom (v. ö. Butte sorozat). A melanterit $\text{Fe}^2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ és a skorodit $\text{Fe}^2\text{AsO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ is nagyobb ionizációs fokú, mint a hematit $\text{Fe}_2^{3-\text{III}}\text{O}_3$, amit közvetlenül az mutat, hogy a melanterit átlátszó világos színű, azaz típusosan ionos kötésű ásvány, míg a hematit félfémes. A fajaliban azonban a kétértékű Fe erősebben kovalens, (képlete így írható : $\text{Fe}_2^{\text{II}-2}\text{SiO}_4$) és ezért a hematitnél kisebb ionizációs fokot mutat. Különösen nagy az ellentét a Pb esetében, ahol a kétértékű ólmot tartalmazó víztiszta anglesit és cerusszit nyilvánvalóan nagyobb ionizációs fokot képvisel, mint a 4-értékű ólmot tartalmazó félfémes, sötét színű plattnerit : $\text{Pb}^{\text{IV}}\text{O}_2$.

A táblázatban ugyanazon vízszintes sorban levő ásványok csak képletileg, tehát formálisan tartoznak együvé. A természetes ionizációs viszonyokat tekintve paragenetikailag az egyes tagok a táblázatban jobbra lefelé következő tagokkal kapcsolódnak. Ezek a ferde vonalak tehát a redoxviszonyokon alapuló természetes összefüggéseket mutatják. E vonalakra merőleges jobbra felfelé következő sorrend pedig a növekvő redoxpotenciálokkal jellemezhető

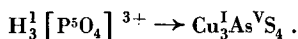
természetes ionizációs öveket mutatja. A II. dolgozat egyik fejezetében a kérdést részletesebben vizsgáljuk.*

Az ionizációs fokok összefüggései a kristályosodási mélység szempontjából azért tárgyalandók, mert a viszonylagos képződési mélység meghatározására használhatók. A megadott sorozatokban az egymás felett következő tagok ugyanis a természetben is a geofázisok sorrendjében egymásra következő képződményeket jelölnek. A táblázat egyes elemeinek ásványsorozatai tehát jellemző példákön megadják a geokémiai ciklus lehetséges sorrendjét.

Az ionizáció és mélység közti viszonyok megvilágítására szolgáljon a következő példa. Az arzén és antimon változó vegyértékű elem, tehát különböző ionizációs alakban és mélységben jelenik meg. 1) A (Bi—)Co—Ni ércesedés egy részében a tiszta arzenidek és antimonidok uralkodnak. A II. dolgozatban ismertetett vizsgálatok szerint a típusos (!) kobalt-nikkel ércek optimális kristályosodási mélysége viszonylag nagy. 2) A rézérc formációban a tiszta arzenidek és arzén-tartalmú rézötvözetek (domeykit, algodonit, whitneyit) többnyire alárendeltek, tiszta antimonidok pedig teljesen hiányoznak. Fontosabbak viszont itt a szulfo-só jellegű ásványok, az enargit, tennantit, tetraedrit, amelyek kémiaiilag úgy tekinthetők, mint a komplex szulfoanion „központjában” As—Sb kationt tartalmazó vegyületek. Ez érc típus tehát az előbbinél magasabb ionizációs fokot képvisel. Egyszersmind optimális képződési mélysége a II. tanulmány szerint valamivel kisebb. 3) Az arzén és antimon az ólom—cink—ezüst formációban is megjelenik, mégpedig főleg komplex szulfo-sók alakjában. Az arzenidek-antimonidok itt már teljesen hiányoznak. Ennek az érc típusnak az ionizációs foka tehát még nagyobb, és mint látni fogjuk, optimális képződési mélysége még kisebb. 4) Végül megjelenik az arzén és antimon az ún. higany—arzén—antimon formációkban, ahol mind az arzén, mind az antimon a szulfidásványok: a realgár, auripigment, antimonit egyszerű kationjaként jelentkeznek. Ez utóbbi érc típus a legnagyobb ionizációs fok és egyszersmind a legkisebb optimális képződési mélység jellemzi.

Ez összefüggés közelebbi kifejtést kap és általánosabb jelentőséghez jut a következő II. dolgozatban.

*) A sokszor bizonytalan értékű kovalens kötésszámot a homológ elemek inosabb vegyületeinek szerkezetéből vezethetjük le. Így a szulfo-só vagy a kettős szulfidos „antimoniát-arzenát” jellegű vegyületek kötésszerkezete az ionizációs értékek szempontjából könnyen értelmezhető foszfátokból vezethetők le. Minthogy a foszfátgyökökben a P 5-értékűnek tekintendő, a szulfo (thio) arzenát- és antimoniátokban az As-t vagy Sb-t ugyancsak az 5-ös kötőértékűnek kell minősíteni. Így például az enargitra nézve a következő homológiához jutunk:



IRODALOM

1. SCHNEIDERHÖHN, H.: Lehrbuch der Erzlagerstättenkunde. Jena, 1941.
2. SZÁDECZKY-KARDOSS, E.: Vorläufiges über den Kristallinitätsgrad der Eruptivgesteine und seine Beziehungen zur Erzverteilung. Mitt. d. Berg- und Hüttenmann. Abt. Sopron, XIII. 1941. 251—272.
3. SZÁDECZKY-KARDOSS, E.: Erzverteilung und Kristallinität der Magmagesteine im innerkarpatischen Vulkanbogen. Mitt. d. Berg- und Hüttenmann. Abt. Sopron, XIII. 1941. 273—306.
4. HERRMANN M.: A magmás kőzetek szövetének mennyiségi értelmezése. Földtani Közlöny, 83 1953.
5. SCHNEIDERHÖHN, H.—BORCHERT, H.: Zonale Gliederung der Erzlagerstätten. N. JB. Min. 1956. 136—178.
6. EMMONS, W. H.: Hypogene zoning in metalliferous lodes. Intern. Geol. Cong. Report. XVI. Sess. 1933. vol. 1. Washington, 1936. 417.
7. SZÁDECZKY-KARDOSS E.: Gesteinsumwandlung und Kohlengesteine. Acta Geol. Ac. Sci. Hung. I. 1952. 205—225.
8. INGERSOLL, L. R.—O. J. ZOBEL: An introduction to the mathematical theory of heat conduction, with engineering and geological application. Boston, 1913.
9. SCHNEIDERHÖHN, H.: Time-temperature curves in relation to mineral associations in cooling intrusives. Econ. Geol. 29. 1934.
10. ТАТАРИНОВ, П. М.: Условия образования месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых. Москва, 1955.
11. RAMDOHR, P.: Erzminerale und ihre Verwachsungen, Berlin, 1950.
12. SCHNEIDERHÖHN, H.: Erzlagerstätten. Kurzvorlesungen, Stuttgart, 1955.
13. HULIN, C. D.: Structural control of ore deposition, Econ. Geol. 24. 1929.
14. SZÁDECZKY-KARDOSS E.: Geokémia, Budapest, 1954.

II.

ÉRCKÉPZŐDÉS ÉS LEPUSZTULÁSI MÉLYSÉG*

SZÁDECZKY-KARDOSS ELEMÉR

AKADÉMIKUS

Tartalom

1. Bevezetés	253
2. A magmás ércképződmények 2 főcsoportjának elkülönítése	254
3. A korai folyósmagmás ércesedés	255
4. A Bi—Co—Ni—As(—U) formáció	256
5. A rézércék	259
6. Az aranyformációk	261
7. A Zn—Pb—Ag formáció	263
8. Az Sb—As—Hg ércesedések	265
9. Az ón—wolfram-formáció	267
10. A magmakémizmus hatása az ércformációk elkülönülésére	271
11. Kísérlet az ércformációk optimális képződési mélységének meghatározására	273
12. Az intruziós mélység hatása az ércképződésre	277
13. Az ércképződmények mélységi elkülönítésének mechanizmusa	280
14. Hidrotermális ércesedés és földkéreg kifejlődése	285
15. Összefoglalás és áttekintés a legújabb eredményekről	286

I. Bevezetés

A magmás kőzetképződés és ércesedés általános alapjelenségei a hőmérséklet függvényében főleg P. NIGGLI és H. SCHNEIDERHÖHN szintézisei alapján nagyjából ismertek. Tudjuk, hogy a folyós-magmás-pegmatitos-pneumatolitos és hidrotermális képződmények lényegileg csökkenő abszolút hőmérsékleti sorozatnak felelnek meg. Többnyire ismerjük a nehézfémes elemek különféle ércdúsulásainak, az egyes ércformációknak hovatartozását is ezekben a hőmérsékleti csoportokban.

De nem ismerjük hogyan, milyen hatás következtében különülnek el egymástól az ércformációk ezeken a hőmérsékleti csoportokon belül, miért alkotnak egymástól térbelileg elkülönült ércesedéseket a hidrotermális Au, a Cu, a Pb—Zn—Ag, a Bi—Co—Ni, az As—Sb—Hg, az Sn—W(—Ag—Bi) formációk. Nem ismerjük kellőképpen e formációknak egymáshoz és az egyes magmatípusokhoz való viszonyát sem.

* Az itt közölt szöveg az akadémiai előadásig (1956. május 31.) elért eredményeket tartalmazza. Vizsgálataink azóta lényegesen előrehaladtak, különösen a formális és valódi ionizációs fokokat illetően. Ezeket az Acta Geologica V. kötetében megjelenő angol nyelvű tanulmány tartalmazza, ahol már az ércövképződés („ionizáció”) és mélységi övek viszonya is pontosabb kifejtést nyer. Ezeket a legújabb eredményeket a jelen dolgozat összefoglalásában kivonatossan ugyancsak ismertetjük.

Az ércformációknak ez a térbeli elkülönülése nemcsak a gyakorlati érc kutatásnak egyik alapvető kérdése, hanem elvi szempontból is mélyreható jelentőségű.

Az ércformációk térbeli elkülönülése ugyanis, ismételjük, nyilván nem az ércesedés egyszerű kristályosodási hőmérséklet-különbségein alapul, hiszen a felsorolt hidrotermális formációk képződési hőmérsékletei egymást többszörösen átfedik és átlagaikban is kb. egyenlők.

Az a feltevés, hogy a magmás differenciációnak nemcsak egyetlen normál sorozata van, hanem a magmáknak már a legmélyebb részeken is minőségileg és mennyiségileg a legkülönbözőbb érc tartalmuk van, nem vezetett teljes megoldáshoz. Jelen tanulmányban részletesebben is taglaljuk, hogy a legtöbb ércformációnak a magmás főelemek koncentrációjával, vagyis a magmakémiz-mussal való kapcsolatából az ércformációk térbeli elkülönülése nem vezethető le.

Felmerülhet tehát a kérdés, hogy ezt az elkülönülést nem a nyomás változása eredményezi-e? Minthogy azonban a nyomás a természeti viszonyok közt közvetlenül nem határozható meg, a kérdést az érc kutatás szempontjából gyakorlatilag is döntő érc képződési mélység függvényében vizsgáltuk, feltételezve, hogy a képződési mélység nagyjából egyszersmind a környezeti nyomásnak is közelítő mérőszáma.

A képződési mélység meghatározására az előző tanulmányban 8, egymástól nagyjából független módszer elvi alkalmazhatóságát vizsgáltuk.

Az említett módszerek alapján a jelen dolgozatban az egyes ércformációk viszonylagos optimális képződési mélységi sorrendjének meghatározását adjuk, egyszersmind törekedve az abszolút mélységek nagyságrendi megközelítésére is. Az így kapott eredmények összehasonlításából kiadódik, hogy az ércformációk térbeli elkülönülése valóban elsősorban a földtani történések során rejtetté váló eredeti képződési mélységbeli különbségeknek a következménye. Az egyes optimális képződési mélységi adatokból azonban másrészt az is kiderült, hogy a képződési mélységet nem a környezeti nyomás különbségei, hanem egészen más — a következőkben (12. fejezet) kifejtendő tényező — határozza meg.

Ilyen kísérletben egyelőre még csak a nagy főtípusok kapcsolatainak vizsgálatára törekedhetünk és tudatosan mellőznünk kell a részleteket, altípusokat, kivételeket, a szekunder hidrotermális és regenerált érc képződéseket.

2. A magmás érc képződmények két fő csoportjának elkülönülése

Tudvalevően a magmás ércesedéseknek két fő csoportját szokás elkülöníteni: a főkristályosodás előtti (előkristályosodás vagy korai folyómagmás) és a főkristályosodás utáni (kevésbé helyesen: „maradék magmás”) ércesedést. E két fő csoport elkülönítése geokémiaiailag is indokolt, mert képződése nemcsak a kristályosodási hőmérséklet, valamint geoenergetikai vegyületpotenciáljai

alapján különbözik, hanem a kristályosodás mechanizmusa tekintetében is alapvetően eltér egymástól.

Mindkét folyamat a magmában eredetileg túlnyomóan kis koncentrációjú, később néha anionként (As, Sb, Te) is előforduló nehéz kationok dúsulásához vezet, de csaknem ellentétes úton.

A főkristályosodás előtti ércképződést jellemzik: 1) a kristályosodó elemeknek túlnyomóan 100 g/t-nál nagyobb klark értékei; 2) a nehezen illóként a szilikátolvadékból való kristályosodása; 3) a magas energiaszint és ennek megfelelően nagy kristályosodási hőmérséklet, végül 4) a gravitációs leszálló dúsulás.

A főkristályosodás utáni ércképződést a főkristályosodás előttitől első-sorban az választja el, hogy: 1) az itt kristályosodó elemek klarkjai a földkéregben, illetve kezdeti koncentrációja a magmában annyira csekély — 100 g/t-nál kisebb, — hogy többnyire csak a főelemek kristályosodása után elért viszonylagos koncentráció-növekedés után kristályosodhatnak önállóan. Ezért 2) a kristályosodásuk nem a nagy hőmérsékletű szilikátolvadékból, hanem annak túlnyomó megmerevedése után a könnyen illókkal, hiperkritikus vagy közönséges forró vizes oldatból, néha gázfázisból mintegy 600 C° alatti hőmérsékleten történik. Ennek megfelelően 3) a kristályosodásukat jelentékeny energiaszintbeli ingadozás jellemzi. 4) A dúsulás túlnyomóan felszálló gravitációs mechanizmusú.

Természetesen ebben az elkülönülésben is vannak ugrások, átfedések, mint általában minden geokémiai elkülönülésben, a sokféle tényező részben ellentétes hatásának megfelelően. Így a likvációsan elkülönült, de részben kb. csak hidrotermális hőmérsékleten kristályosodó szulfidércsek (Ni—Cu tartalmú pirrhotin tömegek) kristályosodási hőmérséklet vonatkozásaiban átmenetet képviselnek a két csoport közt, bár túlnyomó jellegeikkel világosan az első csoportba tartoznak. A minden fázisban nagy mennyiségben jelenlevő Fe, sőt a Ni és Cu mindkét csoportban, noha túlnyomóan különböző alakban dúsul. A Pt-fémek 0,01%-nál kisebb kezdeti koncentrációja ellenére is az előkristályosodási szakaszban kristályosodnak, mert többi döntő sajátságuk — csekély illékonyság, nagy olvadáspont, nagy fajsúly és nagyfokú „nemesség”, ill. nagy normál-redox-potenciál — az első csoportba utalja őket.

3. A korai folyósmagmás ércesedés

Az előbbi meghatározásokból következően a részben korai előkristályosodásban folyósmagmásan dúsulnak azok az elemek, amelyek: 1) a magma-fejlődés (ultra) bázisos állapotában uralkodó csekély ionizációs értékeknél már megközelítik vagy elérik természetbeni maximális vegyértékeiket; 2) vegyület-, illetve atompotenciáljaik nagyok és ennek megfelelően kevéssé oldhatók és cca. 1500 C° feletti nagy olvadáspontjuk van; 3) nagy fajsúlyú ásványokként kristályosodnak s így gravitációsan lesüllyedhetnek.

Az ilyen elemek túlnyomóan sziderofilek. De a fenti kritériumok szerint nem tartozik ebbe a csoportba például az — egyébként ugyancsak inkább sziderofil — arany, elsősorban azért, mert olvadáspontja csak $1063\text{ }^{\circ}\text{C}$ s így csak az előkristályosodás hőmérséklete alatt válhat ki. Az Fe, Co, Ni sem típusos tagjai e csoportnak jelentékeny vegyérték-változékonyságuk következtében. Nem tartozik ide a Mg-ortoszilikátja (a forsteritben gazdag olivin) sem, noha olvadáspontja nagyobb $1500\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál, mert nem különösen nagy fajsúlya következtében — a kezdetben kiváló olivin fajsúlya kb. 3,5 — részben lebegve marad és a savanyúbbá váló magmával reakcióba lépve részben újra feloldódik, illetve piroxénekké alakul át. Nem kerülnek ebbe a csoportba a pegmatofil elemeknek még a nagy olvadáspontú tagjai, a W, a Mo, az Nb sem, mert változó vegyértéküknek megfelelően az előkristályosodás redoxpotenciálján még nincsenek a végleges kristályosodásra alkalmas ionizációs állapotban. A pegmatofilek közül itt csak a már az előkristályosodáskor viszonylag nagy ionizációs fokot („vegyértéket”) elérő Ti és Cr túlnyomó része kristályosodik.

Az előkristályosodás oxidos érceinek kristályosodási hőmérséklete — a más komponensekkel létrehozott fagyáspont csökkenést is tekintetbe véve — $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál nagyobbra tehető.

Az előkristályosodási Cr, Pt és Ni ércek optimális képződési mélysége viszonylag nagy, az utókristályosodási ércek holtvonalánál átlagban nagyobbak látszik. Erre mutat: 1) a bezáró magmatitok állandóan mély-plutoni jellege, 2) az ércek intramagmás megjelenése, 3) a nagy kristályosodási hőmérséklet, 4) a csekély mélységre utaló jellegek teljes hiánya, 5) e kérdéses ércek ásványtársulásainak kis ionizációs foka, részben termésmémes alakja.

6) Az előkristályosodási ércek kristályosodási mélységéről rendelkezésre álló kevés adat ezt a feltevést alátámasztja. (Minthogy mennél kisebb a képződési mélység, annál több lehetőség van közvetlen meghatározására, az ilyen adatok ritkasága magában is nagy optimális képződési mélységre utal.) A Bushveld masszívumban az érces „differenciált öv” a kb. 3000 m vastag Rooiberg-rétegek alatt következő norit-csoportnak felülről mintegy 3500—4000 m-es szintjében található, vagyis mintegy 6500—7000 m mélységben a felszín alatt kristályosodhatott. A Sudbury tömegben a Coleman-féle szelvényből mintegy 7—8 km-es képződési mélység valószínűsíthető.

Az előkristályosodási ércek anya-magmájának intruziós mélysége is a viszonylag nagyok közé tartozik.

4. A Bi—Co—Ni—As—U formáció

Ez a formáció elsősorban kata-, mezo- és epihidrotermálisan keletkezik, tehát hőmérsékletileg közepesen érzékeny: túlnyomóan $90\text{—}400\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ig életképes (lásd az 1. ábra hőmérséklet koordinátáit, 277. lap).

Minthogy csak a plutoni sorozatban jelenik meg, ebből arra lehet követ-

keztetni, hogy mélység szempontjából viszont sok más hidrotermális formációnál érzékenyebb: optimálisan nagyobb mélységekben képződik. Túlnyomóan periapomagmás, soha nem telemagmás kifejlődése ugyanezt valószínűsíti.

További alátámasztást kap e feltevés a Bi—Co—Ni formáció típusos paragenéziseinek csekély, a többi hidrotermális szulfidos ércparagenézisnél kisebb ionizációs fokában. Az előző tanulmányban kifejtettük, hogy nagyon csekély ionizáció esetében a fémes elemek főleg arzénhez, antimonhoz és tellurhoz kötve jelennek meg. A Bi—Co—Ni formáció típusosan ilyen: jellemző rá az arzenidek és antimonidok gyakorisága, amikor is az arzén és az antimon csaknem kizárólag a „viszonylagos anion” szerepét tölti be. Nemcsak a hidrotermális csoportokon belül, hanem az összes földtani képződési viszonyok közt az arzenideknek és antimonidoknak — rammelsbergit, nickelin, skutterudit, safflorit — itt van a legnagyobb szerepe. Ennek megfelelően a Bi—Co—Ni ércesedés viszonylag kénben szegény, aminek következtében a legtöbb más hidrotermális szulfidérc-formációban gyakori pirit itt típusosan alig is jelenik meg és a vas is inkább pirrhotinként kristályosodik.

Itt azonban tekintetbe kell venni, hogy ez a csekély formális ionizációs fok a sziderofil elemek esetében nagyobb valódi ionizációs fokozatnak felel meg, és hogy a Co—Ni ásványoknak az egyszerű antimonidoktól a triarzenidekig és arzenid-szulfidokig terjedő sorozata az ionizációs fokozatoknak meglehetősen széles skáláját képviseli (5. ábra, 284. lap).

Különös figyelmet érdemel, hogy a Bi—Co—Ni formáció arzeno-stibiofil jellege ellenére az As-nak és Sb-nek fő mennyiségi maximuma ettől a formációtól térbelileg távol jelenik meg: a teletermális Sb—As—Ag formációkban. Ott azonban már nem ugyanolyan As és Sb van, nem viszonylagos anion, hanem egyszerű kation: főleg auripigment, realgár és antimonit — tehát szulfidok — alakjában jelenik meg. Sőt alárendeltebb módon a két maximum közt is kristályosodik As és Sb, ilyenkor túlnyomóan egy harmadik közbeeső ionizációs alakban, nevezetesen rendszerint utólagos kiszorítással komplex szulfoanionok központi kationjaként, pl. a jamesonitban, pirargiritben, proustitban, enargitban. E három As—Sb-tartalmú képződményben a kén viszonylagos mennyisége fokozatosan növekedik. Amikor tehát az As és Sb mellett a kén bizonyos koncentrációt elért, az As és Sb többé már kevésbé alkalmas viszonylagos anionalkotásra.

Célszerű itt összehasonlítani e szempontból a többi ércformációt is.

1. A Bi—Co—Ni formációban a tiszta arzenidek és antimonidok az uralkodók.
- 2. A rézércekben a tiszta arzenidek és arzéntartalmú ötvözetek (domeykit, algodonit, whitneyit) csak alárendeltek és részben talán csak különleges másodlagos folyamatok következtében jönnek létre, tiszta antimonidok pedig alig vagy nem jelentkeznek. Fontosabb többi arzénásványaik szulfo-só jellegek központi As—Sb kationnal a komplex szulfokationban: enargit, tetraedrit, tennantit.
- 3. Még inkább különbözik a Bi—Co—Ni formációtól a Pb—Zn—Ag formáció, ahol az As és Sb arzenidek nélkül, csaknem kizárólag

utólagos kizorításként komplex szulfoanionok központi kationjaként jelenik meg. — 4. A legerősebben ellentétes a Bi—Co—Ni ércesedéssel egyrészt az Sn—W—Ag—Bi formáció, amelyben As és Sb többnyire egyáltalán nincs, másrészt 5. különösen az As—Sb—Hg formáció, amelyben az As és Sb a fő kationná válik.

A következő fejezetek szerint ez a sorrend nagyjából egyszersmind a csökkenő képződési mélységek sorrendje is. Így a Bi—Co—Ni formáció a szóban forgó ércképződmények közül eredetileg a legmélyebb képződési övet képviseli (lásd az 1. ábra mélységi koordinátáit).

A nagyobb mélységi ércesedést az előző módszertani tanulmányban kifejtettek szerint egyszerű kitartó telérek jellemzik. Valóban ilyenek legtöbbször a Bi—Co—Ni telérek: a mélység felé kitartóan, egészen a gránitig terjednek és egyszerűek, tektonikailag kevésbé zavartak. A telérek függőleges kiterjedésében azonban lefelé, a hidrotermális és pneumatolitos ércesedés határához, a kritikus övhöz közeledve intenzívebb és gyorsabb paragenézis változások következnek. A Bi—Co—Ni telérek függőleges kiterjedése ezért ritkán haladja meg a 450 m-t. Érc kifejlődésük H. SCHNEIDERHÖHN részéről kiemelt meglepő egyöntetősége is az eredetileg nagy intruziós mélységgel lehet kapcsolatban: nagyobb mélységekben tudvalevőleg a tényezők változása sebességének csökkenésével a kőzetek nagyrésze egyveretűbbé válhat. A nagyobb képződési mélységgel lehet kapcsolatban az ércesedett öveknek és impregnációknak ritkasága, valamint a metasomatózisnak csaknem teljes hiánya is a Bi—Co—Ni ércesedésekben.

A Bi—Co—Ni ércesedés nagy intruziós mélységét azonban közvetlenül csak ritkán valószínűsíthetők a klasszikus előfordulásainak földtani viszonyai alapján. A Schwarzwaldban a kisebb intruziós mélységet képviselő Pb—Ag—Zn formáció telérei lefelé a nagyobb mélységek felé közvetlenül átmennek a Bi—Co—Ni ércesedésbe. A Cseh—Szász Érchegységben ez a formáció a hegység közepén jelentkezik, ahol a gránit a legmélyebben maradt. Viszont a hegység szélén, ahol a gránit magasabbra feltört, az Sn—W és a Pb—Ag—Zn formációk jelentkeznek.

Más Bi—Co—Ni előfordulások viszonylag csekélyebb képződési mélységek jeleit mutatják. Freibergben például a Bi—Co—Ni-vel rokon „Edle Geschick” a Pb—Ag—Zn ércesedés fiatalabb és kisebb hőmérsékletű folytatásaként jelenik meg (TISCHENDORF). Schneebergen a viszonylag kis intruziós mélységű gránittal kapcsolatban jelentkező Sn-telérek kivül ezek felett egymásután megjelennek korban fiatalabb magma termékeiként a katatermális kalkopirit—pirites kvarctelérek, a mezotermális galenit—kvarctelérek, a mezotermális Co—Bi, az epitermális baritos Co—Ag—Ni telérek és teletermális telérek.

Ily módon a Bi—Co—Ni—Ag—As ércesedés esetében a természeti viszonyok két különböző képződési mélységre mutatnak. Világosan kiadódik ez a kettőség elvileg is az optimális képződési mélység és az érc jellemző elemeinek olvadás- és forráspontja közti összefüggés alapján. Ez az összefüggés (13. fejezet) ugyanis azt mutatja, hogy az ércformáció jellemző elemei közül eredetileg csak

a Co és Ni (és az egyszerű anionos As) tartozik a nagy mélységi képződmények közé, viszont a magasabb helyzetű ércformációkban gyakoribb Ag és Bi (valamint komplex anionos központi kationos As) nagyobb illékonyságuknak megfelelően eredetileg magasabb helyzetű ércesedés tagjai. Az Ag és Bi ásványoknak a nagyobb mélységű övekben való kristályosodása a Co és Ni arzenidjeihez való geokémiai affinitásuknak a következménye. A Co—Ni ásványok az Ag-ot és Bi-t esetleg már nagyobb mélységben is kristályosodásra serkenthetik. Viszont a nagyobb illékonyságuknak megfelelően kisebb mélységben kristályosodó Ag és Bi az újramobilizált Co és Ni kristályosodását segítik elő e magasabb szintekben.

Tehát kétféle Bi—Co—Ni ércesedés tételezhető fel: az egyik nagyobb mélységben eredetileg Co—Ni érc, a másik kisebb mélységben eredetileg Ag—Bi ércre mutat.

A kétféle elemcsoport kölcsönös kristályosodása a számára inkongruens mélységben a rokon elemek kristálycsíra hatásán alapul, azaz a „topominerális” hatás egyik fajtája. Éppen az ilyen „nemesebb” elemek, mint az Ag, Ni, Co és Bi különösen érzékenyek a topominerális hatásokkal szemben. A bázisos kőzetek vastartalma hasonló hatásokat vált ki a Co és Ni kristályosodására.*

A kétféle mélységi Bi—Co—Ni—As ércesedés megkülönböztetése az elmondottak alapján kézenfekvő.

A mély Co—Ni ércesedés valószínűleg ritkább, mert a mély övekben az ércek mobilizációját elősegítő magmás tektonikai hatás gyakoribb. A mobilizáció pedig a topominerálisan meghatározott másodlagos kristályosodásukat idézheti elő magasabb övben.

A kétféle érc típus optimális képződési mélységeinek meghatározására a II. fejezetben történik kísérlet.

A Bi—Co—Ni ércesedés éppúgy a legsavanyúbb gránitos intruzívumokkal van kapcsolatban, mint a réz, az arany és a Pb—Ag—Zn ércesedés. Tudvalevőleg régebben ezeket részben bázisos magmákkal kapcsolatban állónak tekintették, de BASTIN-nak az ontarioi Cobalt City-i előfordulására és SCHUMACHER-nak a Cseh—Szász Érchegeységre vonatkozó, SCHNEIDERHÖHN részéről elméletileg is alátámasztott (1941, 613. lap) vizsgálatai e formációkat ezekben az esetekben is normál gránitos származásúnak mutatják.

Emellett tekintetbe veendő az ismert topominerális hatások: egyrészt a bázisos környező kőzet, másrészt a már előzetesen kikristályosodott ércek elősegítik a Bi—Co—Ni ércesedést az eredeti magmakamrától függetlenül is.

5. A rézércek

A réz ásványok különböző pneumatolitos és hidrotermális érc képződményeknek, különösen az ólom-cinkteléreknek legállandóbb tagjai közé tartoz-

* SCHNEIDERHÖHN legújabb (1955. évi) ércöv táblázatában egyébként a kétféle Bi—Co—Ni érc típusra már ugyancsak határozott célzás történik.

nak. Csak a Bi—Co—Ni és az egészen kis hőmérsékletű epi- és teletermális ércekben szorulnak háttérbe. Nagy mennyiségben és változatosságban jelennek meg önálló réz-, és réz-vas-kovand telepek alakjában.

Ez a nagy gyakoriság a fokozatos ércesedés elvének szükségszerű következménye. A réz a magmás kőzetek átlagában és a földkéregben a leggyakoribb kalkofil nyomelem. A fokozatos ércesedés elve szerint tehát a nyomelemekből közvetlenül elkülönülő hasznosítható érctelepeknek is a leggyakoribb kalkofil fémes eleme. Innen is érthető, hogy ércképződményként rendszerint az összes elemet tekintve is leggyakoribb elemmel, az egyéb sajátságaiban is hozzá közelálló vassal együtt jelenik meg.

Nyomelemként a bázisos kőzetekben jóval több réz van, mint a savanyúkban. Feltűnően erősen kapcsolódik is a mellékkőzetekként megjelenő bázisos kőzetekkel. Ilyen elsősorban topominerális dúsulás pl. a kloritos kalkopirit-bornit teléres, a felsőtői kloritos zeolitos termésváz formáció. A bázisos kőzetekkel való kapcsolódásnak főokát a bázisos kőzetek vastartalmában kereshetjük, ami a nála nemesebb rezet kicsapja.

A bázisos kőzetek vastartalmával megköthető réz természetesen a vasban szegény savanyú kőzetekből szabadul el könnyebben. Ezzel lehet kapcsolatban, hogy az önálló réztelepek származásilag főleg a gránitos plutonokkal és savanyúbb (andezites-dacitos-riolitos) szubvulkáni tömegekkel összefüggésben jelennek meg.

A rézászványok a pneumatolitos,* kata-, mezo- és epihidrotermális képződeményekben gyakoriak: a rézércesedés a hőmérséklettel szemben tehát kevésbé érzékeny, 500—100 C° közötti képződeményekben a leggyakoribb (1. ábra).

A tágabb értelemben vett rézércesedés a mélységileg is tág határok közt keletkezhetik. Ez megmutatkozik többek közt abban, hogy a réz az intruzívumokkal és szubvulkáni kőzetekkel kapcsolatban egyaránt gyakori. Az aranytól eltérően fokozatos átmenetek is léteznek a pluton és vulkáni ércesedései közt. Igen nagy intruziós mélység esetében azonban úgylátszik már nem jelentkezik. A jobban ismert plutoni kapcsolataiban ugyanis a laterális övképződés rendszerint erőteljes, ami főleg viszonylag kevésbé nagy intruziós mélységre jellemző. Az intruzívumokkal kapcsolatos rézércek optimális képződési mélységét a hozzá közvetlenül kapcsolódó egyéb ércformációk adataival összevetve 1500—4000 m-re tehetjük, effúziós kifejlődéseit értelemszerűen még kevesebbre (2. ábra, 278. lap).

Ezeken a kereteken belül azonban egyes rézércesedési típusok különíthetők el, szűkebben körülhatárolható képződési tartományokkal. Az elsődleges rézércek ugyanis nemcsak szulfidosan, hanem emellett gyakran arzénos kapcsolatban, enargitos, tennantitos kifejlődésben is jelentkeznek. Ilyenkor a viszonylag mélyebb övekben, a magmás kőzetekhez közelebb az arzénos, attól távolabb mindinkább az arzén mellett, majd helyette a kéntartalmú telepek lépnek elő-

* A pneumatolitos fogalmat itt hőmérséklet-jelző, nem pedig a folyékony fázissal szemben gázfázist jelző eredeti BUNSEN-féle értelmében használjuk.

térbe, mégpedig viszonylagos anionszaporodás közben, amint ez például egy telepen belül is a buttei és a recski előfordulásokon ismeretes. Mindez az affinitások eltolódásának az első tanulmányban kifejtett szabályából elvileg is következik.

Ezek alapján az arzénés és a tiszta kénes rézérceknek gyakori térbeli teljes elkülönítését, egymástól független önálló megjelenését a redoxértékek finomabb változásaként, földtanilag pedig az intruziók illetve az érekkristályosodási mélység változásaként lehet felfogni. Viszonylag nagy mélységben, mintegy 2000—4000 m-rel a felszín alatt és kb. 200—350 C° hőmérsékleten a réznek inkább az arzénés, a felszínhez közelebb inkább a tiszta kénvegyületei szaporodnak. Mennél inkább kiömléses jellegű az érctelep magmás kapcsolata, annál gyakoribbá válik az egyszerű szulfidos rézérc mellett a biszulfid-érc is. Ez az egyes intruzív és a szubvulkáni tömegeken belül külön-külön is érvényesül. Erre is van számos példa.

E tétel alapvető érvényességét aligha ingatják meg az olyan alárendelt és származásilag tisztázatlan előfordulások, mint a három amerikai rézarzenidnek (withneyit, algodonit és domeykít) feltételezett későbbi hidrotermális hatásra történő képződése.

A rézérceknek a magmatitok átlagos nagy nyomelemes Cu-tartalmából és a különféle rézércesedések meglehetősen nagy pt-tartományon belüli életképességéből következő gyakorisága alapján főkérdésként felmerül, hogy mikor jelenik meg a rézércesedés önállóan egyéb ércesedéstől függetlenül. Másszóval: hogyan érhet el a réz legnagyobb, más ércásványokkal kevésbé hígított koncentrációt? Minthogy ugyanis sok rézérc a mélységgel és hőmérséklettel szemben viszonylag érzéketlen, ezért rendszerint a különféle érc típusokban szétszóródik. Ettől eltérően a réz nagyobb önálló telepként megjelenését nyilván ott várhatjuk, ahol ionjainak érctelepekbeli szétszóródása valamilyen módon megakadályozódik. Ez elsősorban azáltal történhetik, ha a réztartalmú mobilizátumok átnemeresztő fedőréteg alatt, — különösen a rézérc optimális képződési mélységi tartományán belül — felhalmozódnak. Valóban a rézérc telepek legfontosabbjai közvetlenül a magmás tömegek feletti lefedett övekben jelennek meg tömzsök, impregnációk, morzsolódási övek repedés hálózatai, ritkábban telérek alakjában. Emellett, vagy ezt is elősegítve, tisztább rézérc keletkezhetnek akkor is, ha a különböző érces könnyen illók közül a rézet a bázisos kőzetek az említett módon lekötve szulfidokként kikristályosítják.

6. Az aranyformációk

A primér aranyércesedés tudvalevően túlnyomóan két élesen elkülöníthető formációban jelenik meg: a plutoni magmatömegekhez kötött katatermális, ún. régi aranyformációként és a szubvulkáni magmatittömegekhez kötött mezo-epi-hidrotermális fiatal aranyformációként.

Ez az eloszlás geoenergetikai szükségszerűség: két különböző illékony-ságú, ionizációs potenciálú és valószínűleg különböző vegyületpotenciálú arany-ásvány képződéséről van szó. Igazi aranyformációnak helyesen csak a „régii aranyformációt” nevezhetjük, mert ebben jelentkezik az Au kémiaiilag többé-kevésbé tiszta állapotú termésaranyként. A fiatal aranyformáció viszont — noha összes Au-tartalma g/t-ákban átlagosan jóval nagyobb a régi aranyformációénál — ásványkémiaiilag a valóságban ezüstös arany, azaz elektrumformáció: ún. „termésaranya”, tulajdonképpen aranyezüst ötvözet. A két ásvány között pedig lényeges energetikai különbség van, ami következik abból, hogy az Au első ionizációs feszültsége 9,3, az ezüsté viszont mindössze 7,6 volt. Ennek megfelelően az ezüst illékony-sága is jóval nagyobb az aranyénál: az olvadáspontilag hasonló arany és ezüst (1063 és 960 C°) forr-pontjai lényegesen különböznek egymástól (Au-é közel 3000, Ag-é cca. 2000 C°). A kétféle „termésarany” potenciáljai között is nyilván különbség van, bár a rendelkezésre álló adatok szerint ez még pontosabban nem bizonyítható, mert az arany és ezüst atom-rádiuszait nem ismerjük biztosan. A régebbi adatok szerint mindkettőnél kb. 1,44 Å-öt tételeztek fel, azonban AHRENS új levezetése szerint a kettő közt különbség lehet és az 1-értékű ionos állapotban elég jelentékeny különbséget számított is: Au⁺ 1,37, Ag⁺ 1,26 Å. A potenciál számításához szükséges másik adat, a kötőelektronok száma 2-nek adódik olvadáspontjaik alapján. Ezekből az aranyra kb. 1,46, az ezüstre 1,59 körüli vegyület, illetve atompotenciál értéket kapunk. Nyilván nem véletlen, hogy azoknak az ásványoknak a vegyület-potenciálja is, amelyek a termésaranyat rendszerint magukba zárják (arsenopirit, kalkopirit, pirit, tetraedrit, szfalerit, bizmut-ásványok és a galenit és bournonit), ugyancsak 1,5—1,7 körüli értékű.

A régi aranyformáció színaranyának átlagos ezüsttartalmát az eddigi nem egyértelmű meghatározások szerint mintegy 5% körülnek gyaníthatjuk. A fiatal arany — helyesebben elektrum — formáció ún. termésaranyában viszont átlagban mintegy 20—40%-os ezüsttartalmat kell feltételezni. (Az elektrum ezüst-tartalma tekintetében ellentmondók az adatok, legtöbbször 20% körüli Ag-tartalomnál már elektrumról szólnak. RAMDOHR viszont erre 35—40% Ag-tartalmat mond jellemzőnek.*

(E szempontból valószínűleg a tágabb értelemben vett idős aranyformációba sorolhatók SCHNEIDERHÖHN kontakt pneumatolitos arany-tartalmú kalkopirit telepei [Elkhorn-típus], a tetradimittel együttes megjelenésű gránát —

* KOCH SÁNDOR professzor a vöröspataki (első 5 elemzés) és a füzesdi (6. elemzés) fiatal aranyra vonatkozólag a következő adatokat volt szíves összeállítani:

Kifejlődés:	lemezes	kristályos	lemezes	huzalos	lemezes	huzalos
Au	72,49	66,38	72,00	64,52	60,49	84,89
Ag	27,60	33,22	28,00	35,48	38,74	14,68
Elemző	Loczka	Loczka	Lilienbach	Boussingault	Rose	Rose

KOCH professzornak az adatokért itt is köszönetet mondok.

wollastonit-szirtek, az arany-turmalin-kvarc telérek és az arany-scheelit telérek is.)

A képződési hőmérséklet mindkét aranyformációban meglehetősen tág határok között ingadozik. A régi aranyformációban a pegmatitostól a mezo-hidrotermálisig, tehát kb. 600—250 C°-on jelentkezik aranyképződés, kb. 350 C° optimummal. A szubvulkáni fiatal aranyformáció képződési hőmérséklete viszont súlypontilag 300° alatt kezdődik. (Ez természetesen nem zárja ki azt, hogy maga a terméсарany még üledékesen, közönséges hőmérsékleten is kristályosodhasson.)

PÁLFY ismerte fel azt a ma meglehetősen általánosan elfogadott szabályt, hogy a tulajdonképpeni fiatal aranyformáció súlypontilag szubvulkáni kürtők közvetlen közelében fejlődik ki, míg az aranyban szegényebb tulajdonképpeni ólom-czüst-cink teléres kifejlődés a kürtőktől távolabb jelenik meg, vagyis, hogy az előző dolgozatban javasolt kifejezések szerint a fiatal aranyformáció periszubvulkáni, a Pb-Ag-Zn formáció aposzubvulkáni. Ez az eloszlás következik abból, hogy a fiatal aranyformáció ásványai kevésbé illékonyak, mint a Pb-Ag-Zn formáció ásványai.

Az intruzív (rég) aranyformáció optimális képződési mélységét illetően a mély (Bi-)Co-Ni és a Pb-Ag-Zn formációk optimális mélységei közti értéket kell feltételezni. Ez a mélység bizonyos mértékig a Cu formációk optimális mélységével egybeesik. Erre mutat egyes ritkább Au dúsulásoknak, SCHNEIDERHÖHN kontakt pneumatolitos aranytelepeinek a Cu és Bi ásványokkal való társulása, továbbá a régi aranyformációk paragenéziseinek közepes, kb. a mono- és diszulfidos fokozat közötti ionizációs foka. E paragenézisnek ui. a diszulfidos piriten kívül a monoszulfidos mellé helyezhető arsenopirit a legjellemzőbb tagja. Hasonló mélységre mutat a régi aranyformáció teléreinek nem egy esetben bizonyítottan 1000 métert is meghaladó, változatlanul produktívus függőleges kiterjedése. Minthogy pedig a régi aranyformáció felfelé fokozatosan átmehet a kb. 2000 m-nél nagyobb mélységűnek nem tekinthető Pb-Ag-Zn formációba, az intruziós aranyformációra közelítésként középtértékben 2000—3000, szélsőségesen 4000—1000 m-es képződési mélységet valószínűsíthetünk (11. fejezet).

Viszont a szubvulkáni (fiatal) aranyformációnak perimagnás megjelenése és felfelé, és kifelé szintén a Pb-Ag-Zn formációba való átmenete a közepes szubvulkáninál valamivel nagyobb, optimálisan mintegy 1000—2000 méter körüli képződési mélységet tesz valószínűvé. Ezzel jól egyeztethető az a körülmény is, hogy a teléres ércformáción kívül itt már gyakori a morzsolódási öves, sőt az impregnációs megjelenés is.

7. A Zn-Pb-Ag formáció

A hidrotermális ércesedések közt a réz mellett legáltalánosabban elterjedt a Zn-Pb-Ag ércesedés. Plutoni és szubvulkáni kifejlődései egyaránt ismeretesek

és ezek fokozatosan átmehetnek egymásba. Emellett a Zn—Pb—Ag ércesedésnek a legtöbb más ércformációhoz is ismeretesek közvetlen átmenetei, bányabeli megfigyelések alapján. A vonatkozó adatokat SCHNEIDERHÖHN a következőleg értékelte: lefelé az intruziós Zn—Pb—Ag formáció főleg a kalkopirit—pirit—kvarc—teléres formációba megy át, majd tovább lefelé az Au intruziós formációja következik, mégpedig először a katatermális, azután tovább lefelé a pneumatolitos arany-turmalinos teléres kifejlődés. Felfelé viszont a Pb—Ag—Zn formáció a Zn fogyásával fokozatosan átmehet a karbonátos Pb—Ag, végül pedig az Sb—As—Hg ércesedésbe.

Ezek a kapcsolatok a Zn—Pb—Ag ércesedésnek bizonyos központi és szélsőségektől mentes jelleget adnak. Eszerint hőmérsékleti optimumai a hidrotermális ércesedés leggyakoribb, közepes értékei körül keresendők. A teljes hidrotermális tartományt felölelő képződési hőmérsékleteik optimuma kb. 150—200 C° körül van.

Képződési mélységi értékei túlnyomóan kisebbek az előbbi fejezetekben tárgyalt ércesedéseknél, a szubvulkáni kifejlődést tekintve optimálisan kb. 500—1000 m-re tehető (1. ábra, 11. fejezet).

Ezt a becslést alátámasztja 1. a hipabisszikus plutoni kifejlődésének leggyakrabban apo- és telemagmás jellege, 2. a telérek gyakori üreges, druzás kifejlődése, 3. a teléreiben gyakori tektonikus breccsák kifejlődése és ezek kokárda-érces bevonása, 4. a Pb—Zn formáció gyakoribb mészkő-metaszomatózisa. 5. A felszín közelében növekvő tektonikai és elemvándorlási mozgékonyással, valamint az izotermák nagyobb sűrűségével kapcsolatban a telérek ásvány-paragenezisének is gyakoribb ismétlődése és rejuvenálódása. 6. Ennek megfelelően teléreinek függőleges kiterjedése sem nagy: általában 400—700 m-nél nagyobb kiterjedése nem is ismeretes e formációban. 7. Az ilyen kis intruziós mélységekben a teléreken kívül könnyebben kifejlődhetnek morzsolódási, sőt impregnációs övek is. 8. Az ionizációs fokozat a monoszulfidok (galenit és szfalerit és a kalkopirit) uralmával, a Sb-nak és As-nak a komplex szulfidokban kationként való megjelenésével és diszulfidokkal (pirit) lényegesen kisebb, mint a Ni—Co—Bi—U ércesedésé, sőt valamivel kisebb az Au és a Cu ércesedésénél is, de nagyobb, mint az As—Sb—Hg ércesedésé. 9. Ennek megfelelően meddőként a kvarc mellett gyakoribbá válik a karbonát, a fluorit és a barit. 10. AHLFELD szerint a Pulacayo-i (Bolívia) Pb—Zn ércek a jelenlegi felszíntől 1500 m mélységig kristályosodnak. OELSNER szerint Freibergben az ezüstben gazdag Ag—Pb—Zn ércekkel kapcsolatos magmakamra intruziós mélysége maximálisan 2 km, WILKE szerint pedig az Andreasbergi ezüst érceké 1—2 km, a Felsőharzban pedig a Zn-gazdag érceké 2,5—3,5 km. PILGER szerint a Ruhr-vidéken a Zn—Pb ércek kristályosodási mélysége 1,5—2 km, a kapcsolatos magmakamra intruziós mélysége pedig 4,5—5 km.

A Zn—Pb—Ag ércformációnak a mondott főelemek túlsúlya szerinti 3 altípusának elkülönülése is rendszerint mélységi különbségekre látszik vissza-

vezethetőnek. A Zn ércek optimális kristályosodási mélységét a fenti adatok szerint mintegy 2000—1500, az Pb ércekét 1500—1000 és a Ag ércekét 1000-nél valamivel kisebbre tehetjük.

Magmás kapcsolatai az összes kielégítően ismert intruziók esetében gránitos, a szubvulkáni kíséretben pedig andezit—dácit—riolitos.

8. Az Sb—As—Hg ércesedések

Az egymástól nagyon különböző Sb—As—Hg elemek önállóbb ércesedései meglehetősen hasonló viszonyok közt jelennek meg, mert összekapcsolja őket elemeik mozgékonyasága, illékonyasága és az, hogy olvadás- és forráspontjaik legkisebbek a szulfo-kalkofil elemek közt. E szempontból fontos sajátasága e három elemnek — különösen az As-nek, melynek forráspontja alacsonyabb az olvadáspontjánál 1 atm. nyomáson — az is, hogy olvadás- és forráspontjuk között nincsen nagy különbség, tehát könnyen szublimálnak.

E sajátaságaik következtében az átrakodások, az ércregenerálódás lehetősége e három elem telepeinél különösen nagy. SCHNEIDERHÖHN az Erzlagerstätten legújabb kiadásában (S. 161.) kiemeli, hogy „der Mineralieninhalt... ist nur noch recht artenarm und enthält die letzten Reste einer einstmals im tiefen Niveau wahrscheinlich viel elementreicheren Metallgesellschaft, die auf dem langen Weg allmählich die anderen Metalle abgesetzt hat”. Ezért az ilyen telepeken gyakran megtaláljuk a nyomát a mélyebb ércformációknak is. Az antimonit formációban például gyakori az antimonit-olvadékban viszonylag jól oldható tisztább, vagyis a régi aranyformációra jellemző ezüstszegény arany (Csucsom, Aranyidka).

Az As és Sb nagyobb mélységben is gyakran kristályosodik, de ilyenkor egyik előbbi fejezet szerint anionosan vagy komplex anionok központi kationjaként jelennek meg. Ilyen alakban találkozunk az As-nal, és Sb-mal a már tárgyalt nagyobb mélységi arsenopiritekben, a sperryolithben és a stibiopalladinitben, valamint a komplex szulfo-sókban (Zn—Pb—Ag formációk). Ilyenkor viszonylagos mennyiségük is a többi fém mellett csekélyebb.

Az e fejezet tárgyát képező nagyobb koncentrációjú, magasabb helyzetű telepei viszont a magmától nagyobb távolságban, főleg telemagmásan, illékonyaságuknak megfelelően egészen kis hőmérsékleten, feltételezhetően kb. 150 °C alatt képződnek. Itt az As és Sb alapvetően más alakban, nagyobb ionizációs fokon, viszonylagos főkationként, elsősorban az antimonit, realgár és auripigment ásványokban kristályosodik.

Már a telemagmás megjelenésből következőleg sem lehet nagy a képződési mélységük sem. Ugyanezt mutatja ásványtársaságaik általánosan nagy ionizációs foka is. Telepeikben az oxidos meddő ásványokon kívül már főleg csak biszulfidos ércásványok, a pirit és markazit vannak jelen és a főásványok — az antimonit illetve auripigment — kéntartalma is meghaladja a monoszulfidokét.

Az Sb, As és a Hg ércesedése e nagyobb kereteken belül azonban rendszerint többé-kevésbé elkülönül oly módon, hogy egyik vagy másik válik uralkodóvá.

Közülük a viszonylag legkevésbé illó antimon található legnagyobb képződési mélységben: az önálló Sb-formáció többnyire plutoni (mégpedig feltételezhetően kb. gránitos) magmatitok telemagmás ércesedéseként jelenik meg viszonylag mélyebb, többnyire néhány százméteresre — optimálisan mintegy 500—1000 m-re — becsülhető képződési övben. Ennek megfelelően az antimonit—kvarc telérek rendszerint csekély függőleges kiterjedésűek. Megfelelő karbonátos kőzetszomszédság esetében a metasomatikus kizorító anyagként is kifejlődnek (Fergana).

Az arzén önállóbb ércesedései úgylátszik inkább a szubvulkáni kíséretben jelentkeznek, de ilyenkor is telemagmásan, pontosabban teleszubvulkánosan, nyilván egészen csekély, optimálisan talán 50—500 méteres képződési mélységben. Nagyobb előfordulásai már nem is teléresek, hanem a kis mélységnek megfelelően főleg homokos kőzetekben impregnációk. (Az As közönséges nyomáson olvadáspontjánál alacsonyabb forráspontú, tehát már természetállapotban is némileg szublimáló elem.)

Hasonlóan, de a magas-plutoni (hipabisszikus) és szubvulkáni magmatit tömegektől részben talán még távolabb, még jellemzőbben telemagmásan jelentkeznek a Hg-telepek is. Csekély képződési mélységre mutat a morzsolt övek körül, főleg impregnációs alakban való megjelenésük, továbbá a felszíni képződeményként gyakori szarukőnek vagy kalcedonnak a higanyércesedésekre egyenesen jellemző volta, és a higanynak nagy illékonysága, bizonyos mértékű szublimálhatósága.

A Hg-nak jellemző, noha gyakorlatilag fel nem használt előfordulásai, a vulkáni kráterek közvetlen közelében levő impregnációi is a felszínig terjedő képződési lehetőséget közvetlenül szemléltetik. A Hargitán cinnabarit impregnációval minden kráter maradványai körül találkozhatunk és ezen alapon akár régi kráterhelyeket is ki lehet jelölni.

Mínthogy azonban a higany egyszersmind viszonylag nemes, nagy ionizációs feszültségű fém, a topominerális hatás — az ugyancsak nemes Ni, Bi és Cu ércesedésekhez hasonlóan — itt is intenzív lehet. Elettérően ezektől azonban kristályosodását nem a vas iniciálja, hanem az Almaden—Idria-típusú ércesedésben főleg szerves vegyületek segítik elő (adszorpciósan?).

Felmerül itt az az elvi kérdés: miért jelenik meg a higany-ércesedés telemagmásan, noha megfelelő csekély hőmérséklete az intruzió után hosszabb idő múlva peri-, sőt akár intramagmásan is jelentkezik, azért-e, mert ilyenkor a magma nem ad többé Hg-gőzöket, vagy pedig azért, mert a Hg-ércesedés nemcsak kis hőmérsékletre, hanem kis mélységhez, tehát intruziós magmatitok esetében nagyobb magmatávolsághoz van-e kötve? A posztvulkáni vizek higanytartalma, valamint a vulkáni kráterek körüli cinnabarit impregnációk arra mutatnak, hogy a magma higanyszolgáltatása még a kitörés után hosszabb

idő múlva sem szűnik meg, s így ez a kisebb hőmérsékletnek és a kisebb mélységnek a Hg-ásványok kristályosodására gyakorolt kedvező hatását valószínűsíti.

Míg az Sb és As nagymértékben különböző képződési mélységű formációkban jelenik meg, amilyen egyrészt a most tárgyalt önálló As ércesedés és másrészt a Bi—Co—Ni—As formáció, addig a Hg, úgy látszik, kizárólag csekély képződési mélységben kristályosodik. Ez az ellentét az ionizációs fokok változásáról mondottakból szükségképp következik. Az összes kalkofil elemek közül a kén-csoport mellett az As és Sb ionizációs állapotai a legváltozékonyabbak. Vegyértékei ti , minusz 3-tól plusz 5-ig terjednek. Egyedül ez a két elem jelenik meg típusos viszonylagos kationos alaktól kezdve egészen a típusos egyszerű anionos alakig különböző ionizációs formákban. A különböző ionformáknak azonban különböző energiaszintek, különböző kristályosodási viszonyok, s így különféle optimális képződési mélységek felelnek (13. fejezet) meg. Viszont a Hg-nak tulajdonképpen csak egyetlen ionizációs alakja van, a +2 értékű, mert az ún. merkuro vegyületek Hg atompárokot tartalmaznak s így Hg_2^2 -vegyületek, azaz szintén kétértékű higanyt tartalmaznak. Ennek megfelelően a higany képződési mélysége is meglehetősen szűk tartományra korlátozódik.

9. Az ón—wolfrám formáció

Az ón természetben is előforduló kétféle vegyértékű s így kétféle potenciálú ionformájának megfelelően ércesedésének is két főformája különböztethető meg. Az egyik a túlnyomóan oxidos ércesedés, amelyben nagyobbrészt 4-vegyértékűen, kassziterit alakjában, súlypontilag pneumatolitos hőmérsékleten, intruzívumokhoz kötve, de többnyire kis képződési mélységben kristályosodik. A másik a túlnyomóan szulfidos ércesedés, amelyben az ón uralkodóan két-értékű alakban, főleg sztannin-, franckeit-, teallit- és herzenbergitként, súlypontilag kisebb kata- és mezotermális hőmérsékleten és túlnyomóan szubvulkáni képződményekhez kötve, de — amint a következőkből kitűnik — optimálisan mégis valamivel nagyobb mélységben kristályosodik.

A két típus közt átmenetek vannak és így az egyikre érvényes képződési mélységi értékektől a másik típus képződési mélysége sem lehet távol.

1. A pneumatolitos kassziterites ércesedés néhány típusosabb képviselőiről egyes kutatók már megállapították, hogy noha intruzív képződményekkel kapcsolatosak, mégis csekély felszín alatti mélységben képződtek. SPENGLER ezt a mélységet mintegy 600 m-re becsülte a Cseh—Szász Érchegegyési fluoritos ónérczek vonatkozásában, OELSNER még ennél is kisebb mélységet tart valószínűnek. Ugyancsak közvetlenül a földtani viszonyok elemzése alapján alig valamivel nagyobb, 1000 m körüli képződési mélységet tételeznek fel egyes bolíviai és a cornwalli (turmalinos) ónércsedések esetében.

Ezzel a kis képződési mélységgel van összefüggésben az is, hogy az ón-ércesedés a gránitok legmagasabb akro-, legfeljebb epibatolitos csúcsaihoz kap-

csolódik és hogy az egész ónércesedés viszonylag csekély függőleges kiterjedésű (a Cseh—Szász Érchegységben többnyire 200—250 m, a wolfrám ércesedés pedig mindössze 100—150 m). Részben ugyanezzel a kis képződési mélységgel van kapcsolatban továbbá az óngránitok gyakran porfirok kifejlődése, valamint az, hogy az ónércesedésnek mind radiális, mind pedig a tömörödéses tangenciális hasadékaik eredetileg rendszerint valódi nyitott hasadékok. Az érces druzák képződése, valamint a jelentékeny intenzitású üregképződésre utaló impregnációs ércesedésnek igen nagy mérve ugyancsak világosan mutat az egészen csekély képződési mélységre.

Az óngránit rendszerint extrém savanyú káligránit. Ezt a sajátoságot is a kis mélységben, tehát kis külső környezeti nyomáson való keletkezéséből vezette le OELSNER. Itt ugyanis a könnyen illók kevésbé maradnak a magmában oldva és a nagyon kis—kb. 0,25—fajsúlyú állapotban gázszerű alakban könnyebben felszállhatnak. Így a gázszerű termékek vastag magmaoszlopból összegyűlve az ónércék erősebb felhalmozódását és egyszersmind az általuk felhozott kőanyaggal a gránit utólagos szilifikációját, deuterikus átalakulását eredményezi. OELSNER arra is rámutatott, hogy a gránitok kis felszíni mélységbe kerülését a Cseh—Szász Érchegységben a gyors lepusztulás is elősegítette.

Az ón-wolfrám érc képződésnek úgy látszik többnyire valóban ez a fő tényezője. A 4-értékű és emellett kis rádiuszú, tehát igen nagy potenciálú ón és a még nagyobb potenciálú 6-értékű wolfrám igen erős kötéseket alkot és ezért csak akkor szabadulhat el nagyobb mennyiségben a magmából, ha a kritikus nyomás alatt fluorral vagy OH-val kapcsolódva gázalakban mobilizálódik.

Ugyancsak a kis mélységű képződésből vezethető le az ón-wolfrám ércesedés jellemző kémizmusa is. Mindenekelőtt itt van az összes ércesedés közt a legtípusosabb könnyen illónak, a fluornak a legnagyobb jelentősége, ami azzal lehet kapcsolatban, hogy a többi túlnyomóan oldatban szállított ércanyaggal szemben itt a gázalakban való ércanyag-szállításnak van döntő jelentősége. Ezért válik itt oly intenzívvé a mellékkőzet elbontása is. Az ércászványok nagy oxidációs foka, amelyet a két dioxidos ásvány, a kvarc és az ónkő uralma jellemez, ugyancsak a felszín közelének oxigén-növelő hatását mutatja.

A pneumatolitos ónérc képződésnek tehát többnyire fő jellemzője, hogy a gránitmagma egészen magasra feltör, de mégis fedő alatt merevedik meg, anélkül, hogy az ércesedés idején közvetlen utat találna magának a szabad földfelszínre. Így nemcsak az ónérc halmozódhatik fel, hanem a gránitos batolitcsúcsokon a még alacsonyabb hőmérsékletű hidrotermális kiválások is megrekednek, rendszerint lényegileg ugyanazon ércesten belül. Az ónércsekkel szemben azonban itt a hidrotermális szulfidos ércképződmények (ólom, cink stb.) mennyisége háttérbe szorul, mert a gázalakban elsősorban a fluor, vagy bór, továbbá az ón és a kova vándorol és gyűlhet össze a nagyobb mélységű magmaoszlopból, viszont típusos hidrotermális vizes érces oldatok nagyobb mérvű felhalmozódására az ilyen gázfázis képzésére kedvező körülmények közt nincs

különleges lehetőség. A hidrotermális érceknek az ónérchez kapcsolódása, sőt nyomelemként már az ónkőben való megjelenése a pegmatitos—pneumatolitos és a hidrotermális övek összeszorulását, keveredését, a gyors lehűlést és ezzel ismét a felszín közelségét bizonyítja.

Természetesen az ónérc felhalmozódását is elősegíti ha a gránitmagma bizonyos mértékig palingén és régebbi ónérc telepek, pl. óntorlatos üledéksorokat olvasztott magába. Ennek helyenkénti feltevésére is indokokat lát OELSNER.

A kis mélységű pneumatolitos ónércesedésnek látszólag ellentmond az a körülmény, hogy egyes helyeken, elsősorban Cornwallban kifelé, tehát elvben a felszín felé közeledve az ércesedés átmege a csökkenő hőmérséklet sorrendjének megfelelően típusos pneumatolitos katatermális rézérctelepekbe, majd mezotermális ólom—cink—ezüst formációba, végül esetleg epitermális antimon- és vas-mangánkarbonátos telérekbe. Az ellentmondás abban van, hogy így a kis mélységű képződmény felett lenne feltételezendő a nagyobb mélységű képződmények egész sora. Cornwalli helyszíni megfigyeléseim és az ottani szakemberekkel történt eszmecsere alapján ezt az ellentmondást látszólagosnak gondolom, és az ónérc meg az említett többi ércformációk közt itt nem annyira függőleges, mint inkább laterális övelkülönülést tételezek fel. Az ónérc a gránit legmagasabb akrobatolitos kis mélységű csúcsai körül jelenik meg, viszont a réz és különösen a Zn—Pb itt az ónérces gránitcsúcsok *körül* fejlődnek ki, ahol a gránit kevésbé közelítette meg a felszínt. A Pb—Zn ércesedés tehát a felszíntől számítva kb. hasonló mélységben, de nagyobb magmatávolságban keletkezett. Ezek a periferikus részeken az ónércesedés kissé mélyebbre süllyedve mindinkább meg is szűnik. Így a valóságban a Pb és Zn nem az ónérc felett, hanem mellett keletkezett.

K. F. G. HOSKING egyik szelvénye világosan illusztrálja, hogy a gránittól távolodva az ónércesedés lesüllyed valamivel nagyobb mélységbe. WEBB 1947. évi, nem közölt doktori értekezése pedig, amelyet londoni előadásom után az egyetem vezetősége szíves volt kölcsönözni, világosan ki is mondja, hogy a rézérc telepek alatt *csak* az ércemanációs központok körül van ónérc is. Egyébként WEBB* a cornwalli ónércesedés eredeti képződési mélységét 3000—4000 lábra (915—1220 m-re) becsüli, ami azért is figyelemre méltó egyezés a fentebb kapott optimális értékkel, mert az ónérc itt nem a fluoritos, hanem a bór-pneumatolitos típusba tartozik. A fluorit itt a Cu és Pb—Zn övben jelentkezik.

A fluoritos tiszta ónérc képződménynél többnyire valószínűleg alig valamivel nagyobb mélységben, de kevésbé oxidatív körülmények közt képződnek egyrészt a kloritos—turmalinos és másrészt a wolframitot és bizmutint is tartalmazó, kevésbé tiszta ónérc. Erre a valamivel nagyobb mélységre mutat a kisebb ionizációs fokú szulfidos ásványok nagyobb %-a és a bór (turmalin-képző-

* Itt is köszönetemet fejezem ki egyrészt Prof. D. WILLIAMS-nak, az Imperial College (University of London) Department of Geology-ja vezetőjének és Dr. J. S. WEBB-nek, a cornwalli ércesedésről szóló említett doktori értekezés egyetemi példányra kölcsönzéséért, másrészt K. F. G. HOSKING-nak, a cornwalli bányászati iskola geológia-tanárának számos módon megnyilvánult értékes segítségéért.

dés) gyakorisága is ezekben az ón—wolfrám ércesedésekben. A bórnak kisebb redoxértékekre jellemző voltára már másutt rámutattunk. A típusos igen magas helyzetű ónércék fluor-pneumatolízisét tehát optimálisan kissé mélyebb helyzetben váltja fel a bór-pneumatolízis.

Cornwallban az ónérces gránitimpregnációktól és a telérek fiatalabb érceként megjelenő kloritos ónérces paragenezisektől elkülöníthetők az idősebb wolframitos kvarc—földpát paragenezisek. Ebben az elkülönülésben talán első-sorban nem a képződési mélységbeli és hőmérsékleti különbségnek van jelentősége (noha a wolframitot valamivel csekélyebb hőmérsékletű képződménynek tekintik), hanem talán a víztartalomnak is. Az ónérc OH jelenlétében is kiválhat (klorittal), viszont a wolframit víz jelenlétében könnyen illó vegyületet alkotva kevésbé kristályosodhatik. Hasonló viszonyokat más vonatkozásban MILNER TIVADAR kísérletileg kimutatótt.

A Cseh—Szász Érchegységben is többnyire elkülönül a wolframitban gazdagabb rész a kassziteritben gazdagabbtól. Itt azonban úgylátszik inkább kor-különbségen alapul ez az elkülönülés, ti. a wolframitos érc OELSNER szerint rendszerint fiatalabb. Ez talán arra vezethető vissza, hogy a földkéreg átlagában kisebb koncentrációjú wolfrám kikristályosodásához nagyobb feldúsulás, további differenciáció szükséges mint a már eredetileg is nagyobb koncentrációjú ónérchez.

2. Ezek a képződmények átvezetnek egyrészt az inkább intruzív tömegekhez kötött molibdenit ércesedésekhez, másrészt az inkább szubvulkáni helyzetekben megjelenő típusos szulfidos ónércsekhez.

A túlnyomóan szulfidos ónércetelek elsősorban riolitos és dacitos vulkáni kürtökhöz kapcsolódnak. A fedő vulkáni megnyitása elősegíti az ónércet tartalmazó gázdugó alól a mélyebb hidrotermális szulfidos oldatok felhatolását és a már kikristályosodott ónércsek utólag részben két-értékűvé redukálását.

A szulfidos ónércsek többféle altípusa úgy látszik mindegyikére jellemző a rendkívül erős függőleges és oldalas (laterális) ércöv képződés, ami itt is viszonylag kis képződési mélységet valószínűsít. Az övképződés a SCHNEIDERHÖHN-nél közölt leírások alapján a két legjellemzőbb esetben a következőképpen sematizálható :

Llallagua

Epitermális franckeit, sziderit, rhodokrozit, vasalumíniumfoszfátok

Mezotermális sztannin, hübnerit, pirit, markazit

Katatermális pirrotin és pirit

Pneumatolitos turmalin, ónkő, bizmutit, wolframit impregnáció

Potosi

Oxidációs öv

Szفالerit, wurtzit, antimonit, galenit

Tűs ónkő, komplex ezüstásványok

Szemcsés ónkő, sztannin, kalkopirit, arzenopirit, pirit, wolframit, bizmutin

A szulfidos ónércesedés közvetlenül is kapcsolódhatik a pneumatollitos ónköves ércesedéshez. Az ilyen ásványtársulásokban a turmalin, wolframit és különösen a bizmutin, arzenopirit, kalkopirit nagyobb hőmérsékletű, ill. mélyebb viszonyokra, viszont a valamivel nagyobb ionizációs fokú komplex ezüst-ásványok, továbbá a szfalerit, wurtzit, galenit és különösen a pirit, markazit, antimonit, a karbonátok és foszfátok csekélyebb hőmérsékletű, illetve magasabb képződési övekre utalnak. A kétféle hőmérsékletű képződmények szoros kapcsolódása gyors lehülésnek és így feltehetőleg itt sem nagy képződési mélységnek a jele. A kolloidtextúrák gyakorisága is ugyanezt a csekélyebb képződési mélységet valószínűsíti. Chocaya hidrotermális ón—ezüst ércesedés esetében AHLFELD mindössze 400 m körüli lepusztulási mélységet tételez fel.

Mint hogy az ónérccek elkülönülésének és felhalmozódásának itt sem találjuk az előbb kifejtettől eltérő különleges okát, ezért lehetségesnek látjuk, hogy az ímént körülírt módon előzőleg koncentrált régebbi ónércesedés későbbi szubvulkáni mobilizációjáról van szó, amikor is a szulfidos oldatokat is szolgáltató magmaműködés kapcsolódik az ónércesedéshez. SCHNEIDERHÖHN is az Erzlagerstätten legújabb kiadásában ezeket „regenerált” telepeknek tekinti, amelyek különböző mélységi telepekből származnak és összefoglalva együtt váltak ki.

10. A magmakémizmus hatása az ércformációk elkülönülésére

Az utolsó másfél évtized geokémiai vizsgálódásaiban nagy figyelmet szenteltek az egyes magma- és érc típusok közti kapcsolatoknak. A feltételezett kapcsolatok fontosabbjait a következő táblázat foglalja össze (rövidítve a Geokémia 501. lap után).

Au	: neutrális és savanyú pacifikus magmatit
Ag, Cu, Pb, Zn	: pacifikus, néha mediterrán magmatit
Bi	: pacifikus és mediterrán magmatit
Mo	: pacifikus és mediterrán magmatit
Sn, W	: extrém savanyú mediterrán magmatit
U	: savanyú mediterrán magmatit
Ge	: savanyú mediterrán magmatit
Th, Ce	: főleg nefelinszienit pegmatit
Y	: főleg gránitpegmatit

E kérdést kritikailag vizsgálva itt azt találtuk, hogy legtöbb intruzív ércformáció a biztosan kimutatható kapcsolataiban esetében közel normálgránitos (pacifikus és mediterrán) magmatitokhoz, a szubvulkáni kíséretben pedig az andezitestől a riolitosig változókhöz kapcsolódik. Ez egyaránt érvényes a Bi—Co—Ni, a réz, az arany, a Pb—Ag—Zn és feltételezhetően az Sb—As—Ag formációkra is. Az Sn—W formáció viszont többnyire közvetlenül extrém savanyú alkáligránitos magmához kapcsolódik ugyan, de extrém savanyú jellege ugyancsak a normálgránitos magmának deuterikus, Si-metaszomatózisa következtében

jön létre és az eredeti magma itt is kb. normálgránitos lehetett (lásd a 9. fejezetet).

Végeredményben tehát az ércformációk nagy része körülbelül ugyanazzal a gránitos, illetve andezit—dacit—riolitos magmatípussal állhat kapcsolatban. Ily módon ugyanazon gránitintruziók csoportjához különböző ércformációk is kapcsolódhatnak, pl. a Cseh—Szász Érchegységben Cu, Bi—Co—Ni—U, Zn—Pb—Ag, sőt Sn—ércesedések.

A plutoni ércesedések túlnyomó részének a gránitos magmával való kapcsolata részben úgy értelmezhető, hogy a különböző — részben vagy egészben anatektikus — magmák megolvadásakor és kikristályosodásakor felszabaduló érces könnyenillók rendszerint csak akkor halmozódhatnak fel kellő mértékben, ha a folyósmagmás differenciáció teljes mértékben végbement, vagyis eljut a gránit állapotig. Minthogy nagyobb hőmérsékleten az inkongruens elemrejtés is nagyobb mérvű, ezért a csekélyebb kristályosodási hőmérsékletű gránitmagmából az érceket szolgáltató nyomelemek is inkább elkülönülnek. Másrészt némileg összefüggésben lehet az ércesedésnek a savanyú magmákkal való kapcsolata azzal is, hogy főleg a magasabb szintekben túlnyomóvá váló gránitos tömegek felsőbb intrúziós szintjeiben van meg nagyobb mértékben a főkristályosodás utáni ércesedés feltételeként szereplő hasadék és üregképződés lehetősége. Viszont a bázisosabb intruzív tömegek súlypontilag mélyebb szintekben rekednek meg, ahol a nagyobb nyomás a szabad nyitott ércesedésre alkalmas hasadékok és egyéb ércsapdák képződésének nem kedvez.

A szubvulkáni kísérletbeli főkristályosodás utáni ércek anyamagmájának összetétele legtöbbször andezites—dacitos—riolitos és nyilván szintén egyetlen egységes magmafajta differenciációs—asszimilációs sorozatát képviseli. A szubvulkáni területeken az erupciók kisebb méretei következtében a kőzetfajták gyorsabban változnak, azonban a differenciációnak a riolitos (gránitos) összetételig eljutó kiteljesedése itt is előnyösnek látszik az ércesedésre. A kárpáti vulkánkoszorúban — noha az lényegileg andezites jellegű — az ércesedés főleg olyan területeken jelentkezik, ahol a közeli szomszédságban a differenciáció a riolitig is eljutott. Ez azzal is kapcsolatban lehet, hogy ezeken a helyeken a vulkáni tömegek gránitaljazaton törtek át és ércképződményeik gránitos ércmegújulásokat képviselnek, PAPP K. és H. SCHNEIDERHÖHN felfogása értelmében.

A legsavanyúbb átlagos összetételnél, a tisztára riolitos területeken azonban az ércesedés alárendeltebb. A legerősebb az ércesedés azokon a szubvulkánikus területrészekben, ahol VENDEL MIKLÓS vizsgálatai szerint kb. 60—63% az átlagos SiO₂ tartalom. Ennek a szűrési okokon kívül az is oka lehet, hogy az ennél savanyúbb riolit többnyire tufa-szóró és iniciális erupció jellegű, ezért az érces könnyenillók ezeken az egészen felszínre hatoló kiemelkedő kürtőkön nyom nélkül csaknem szabadon eltávoznak. A kapcsolatos magmák pontosabb kémiai összetétele azonban ebben az esetben sem látszik döntő tényezőnek,

mert pl. a Hargita vonulat SiO_2 középértéke VENDEL szerint 60,1%, vagyis az említett 60—63%-os optimumon belül van, mégis ércekben egyik legszegényebb tagja az egész belső-kárpáti vulkánkoszorúnak. Ez a vonulat ugyanis túlnyomóan kevésbé pusztult le, nagyjából még egyenesen vulkáni, csaknem felszíni jellegű, kristályossági középértéke csekély, s így a jelenleg felszínen levő részei nem képviselik az Au és Zn—Pb—Ag ércesedések mélységi optimumát.

Mindebből azt a következtetést kell levonnunk, hogy a magma kémizmus egyedül kevésbé alkalmas az ércformációk megjelenésének és méginkább a különböző típusú ércek elkülönülésének meghatározására. Ennek levezetésére tehát más tényezőt is számba kell venni.

11. Kísérlet az ércformációk optimális képződési mélységének meghatározására

Az 1—10. fejezetekben foglalt vizsgálatok arra mutatnak, hogy a magmás ércképződményeknek határozott mélységi sorozata van, amely a következőleg fejezhető ki első közelítésben :

As és Hg	}	Sn—W—Mo
Sb		
Ag és Ag—Bi (—Co—Ni)		
Pb		
Zn		
fiatal Au		
(főleg szulfidos) Cu		
idős Au		
(főleg arzénos) Cu		
mély Co—Ni		
U		

A fenti vizsgálatok másrészt feljogosítanak arra a feltevésre is, hogy az ércformáció eme elkülönülését nem egyedül a magmakamrától való távolság határozza meg, hanem az egykori felszíntől való távolság is. Más szóval az egyes ércformációk határozott optimális kristályosodási mélységekkel jellemezhetők.

Ez optimális képződési mélységek nagyságrendjeinek első közelítő meghatározását 3 különböző úton kísérhetjük meg. Először az egész ércsorozat teljes függőleges kiterjedését, azaz a legmélyebb főkristályosodás utáni ércformáció alsó határát igyekezünk megállapítani. Másodszor e kiterjedést arányosan igyekezünk elosztani az egyes ércformációk közt függőleges kiterjedéseiknek megfelelően. Végül az így kapott értékeket e közvetlen földtani megfigyelések alapján kapott értékekkel hasonlítjuk össze.

1. Az I. tanulmányban említettük, hogy az ércesedések EMMONS-féle holtvonalának eredeti mélysége 6—9 km-re tehető. A főkristályosodás utáni

ércképződés teljes függőleges kiterjedése tehát kb. 6(—9) km lehet. EMMONS megfigyelése szerint „a legmagasabb batolit csúcsok táján a holtvonal 3—4 mérföld (4,5—6 km) mélységben van”. Ehhez hozzáadva a legmagasabb batolit csúcsoknak az ónérccek taglalásánál (9. fejezet) kapott kb. 500—1200 mélységét, ugyancsak 5—7,2 km-t kapunk.

A legmélyebb főkristályosodás utáni ércesedés (pl. a feltételezett mély Co—Ni formáció) nyilván főleg intra-, illetve perimagmás, vagyis mélyebb batolitok peremén jelentkezik és így azoknak éppen az intruziós mélységében képződik. Az intruziós mélységekre, az intruzívumok ún. takaróvastagságára nézve LOEWINSON—LESSING egyik legutolsó dolgozatában (1936) a következő adatokat állította össze:

Henry Mountains	1500 — 3500 m
Black Hills	1500 — 2100 m
Highwood Mountains	1200 — 1300 m
Marysville	1100 m
Boulder Mountains	500 — 1100 m
Drammen	600 m
Eugáneák	500 m
Brocken és cseh tömegek	néhány 100 m

Idézzük emlékezetbe, hogy SCHNEIDERHÖHN már 1934-es dolgozatában a hipabisszikus intruziós tömegek átlagos intruziós mélységeként 2000 m-t vett fel jó egyezésben a fenti adatokkal, a Lehrbuch der Erzlagerstätten-ben pedig (1941. 48. lap ábrája) a hidrotermális ércesedések szempontjából számbaveendő hipabisszikus intruziók mélységeként 3500—7000 m-rel számolt. A LOEWINSON—LESSING-féle adatok nyilván viszonylag kisebb hipabisszikus mélységeket fejeznek ki. A nagyobb mélységű batolitos tömegek intruziós mélysége a felsorolt értékek maximumánál valamivel nagyobbak, tehát, ugyancsak legalább mintegy 4000—6000 m-nek adódik.

A mélyebb főkristályosodás utáni ércesedések jelentékeny része a herciniai mozgásokkal kapcsolatos magmaműködés termékei, vagyis kb. a paleozoikum végén keletkeztek. Ha az ilyen jellegű herciniai orogén hegységek lepusztulási nagyságrendjét közvetlen mérési adatok alapján megállapíthatjuk, úgy az előbbtől független másik tájékoztató értéket kapunk a legmélyebb ércformációk optimális képződési mélységére nézve. Ilyen adatokat a lepusztulás mértékéről különböző korú kőszénképződményekre PETRASCHEK W. állított össze 1930-ban és 1947-ben. Eme adatok közül főleg a karbonkori kőszénterületek lepusztulási értékei használhatók fel itt. A karbon kőszének nagy része ugyanis a geoszinklinálisok peremén, azok kevésbé feltornyosuló részein képződött, ahol a hegység-rész túlnyomóan könnyebben lepusztuló üledékes kőzetekből áll. Viszont a magmás ércesedés főleg az orogén központi, nagyjából legerősebben feltornyo-

suló, de korán átkristályosodott jellege miatt nehezebben pusztuló részén jelentkezik. A kőszénterületek kisebb magasságának a lepusztulási sebességet csökkentő hatását némileg kompenzálja azok lágyabb, könnyebben pusztuló kőzetekből való felépítettsége. A karbon kőszének lepusztulási mélységének középértékei tehát a náluknál átlagban csak mintegy 5%-kal fiatalabb ércesedések lepusztulási középértékeivel közvetlenül összemérhetők. PETRASCHÉK vizsgálataiból a következő értékeket kapjuk a különböző korú kőszénképződésekre:

Képződmény	Adatok száma	A lepusztulás		
		szélső értékei (m)	gyakoribb értékei (m)	közép-értéke (m)
Karbon kőszén	16	600—9000	2000—6800	3790
Mezozoikus kőszén	8	700—2700	700—2700	1550
Paleogén barnakőszén	10	50—3400	500—2500	1400
Neogén barnakőszén	22	50—2000	50—2000	650

(Egyébként az is látható ezekből az adatokból, hogy a mezozoos kőszének átlagos lepusztulási mélységei viszonylag kicsinyek. A mezozoos kőszének ugyanis túlnyomóan nem orogén területek lerakódásai s így lassabban pusztulnak.) Kiegészítésként megemlítjük, hogy SEDERHOLM a prekambrium óta a maximális lepusztulási mélységet 100 000 lábra, azaz mintegy 30 km-re becsülte.

Mindezekből a lepusztulási adatokból a herciniai orogének központi részére átlagban legalább 4000—5000 m lepusztulási mélység adódik.* A viszonylag mélyebb intruzívumokhoz kötött legmélyebb ércformáció optimális képződési mélységeként pedig ennél az átlagértéknél valamivel nagyobb, tehát mintegy 5000—6000 m-es mélységet kapunk, jó egyezésben az intruziók mélységekből kapott értékkel.

2. Osszuk szét az előbb több úton kapott mintegy 6 km-es teljes főkristályosodás utáni ércesedési mélységet az egyes ércformációk közt a függőleges kiterjedéseik arányában. Ahol ilyen adat még nem hozzáférhető, ott azt más ércformációk ismert adataiból annak a feltevésnek alapján intrapolálhatjuk, hogy az egyes ércformációk vastagsága a föld felszíne felé közeledve nagyjából csökken. Az egymást fedő ércformációkat külön írva a következő értékekhez jutunk:

* Ez nincs ellentétben az Alpokra jóval rövidebb lepusztulási időre feltételezett, helyenként akár 16 000 m-es lepusztulási mélységgel. Ez az érték ugyanis maximumot mutat az Alpokon belül is, másrészt az Alpok tudvalevően a legerősebben felgyúrt, leggyorsabban pusztuló hegységek közé tartoznak.

	Egyes formációk vastagsága (m)	A vastagságok kumulatív összege (m)		Egyes formációk vastagsága (m)	A vastagságok kumulatív összege (m)
Hg—As ércformáció..	200	200	Meddő	500	500
Sb „ ..	400	600	Oxidos Sn-formáció	300	800
Ag és Ag—Bi—Co—Ni ércformáció	500	1100	Szulfidos Sn-formáció	700	1500
[Ag—(Pb)—Zn]formáció	600	1700	Szulfidos Cu-formáció	1500	3000
Zn „ ..	700	2400	Arzénes Cu-formáció	1500	4500
Au „ ..	1200	3600			
Mély Co—Ni—U „	1000?	4600	Legmélyebb formációk	1000	5500

(Az Sn és Cu-formációknak a többi ércformációt fedő különálló helyzetét illetően lásd a következő fejezetet.)

Figyelemre méltó, hogy az így kapott vastagságok összege (4600 ill. 5500 m) nagyjából megfelel a feltételezett teljes főkristályosodás utáni ércesedési vastagságnak.

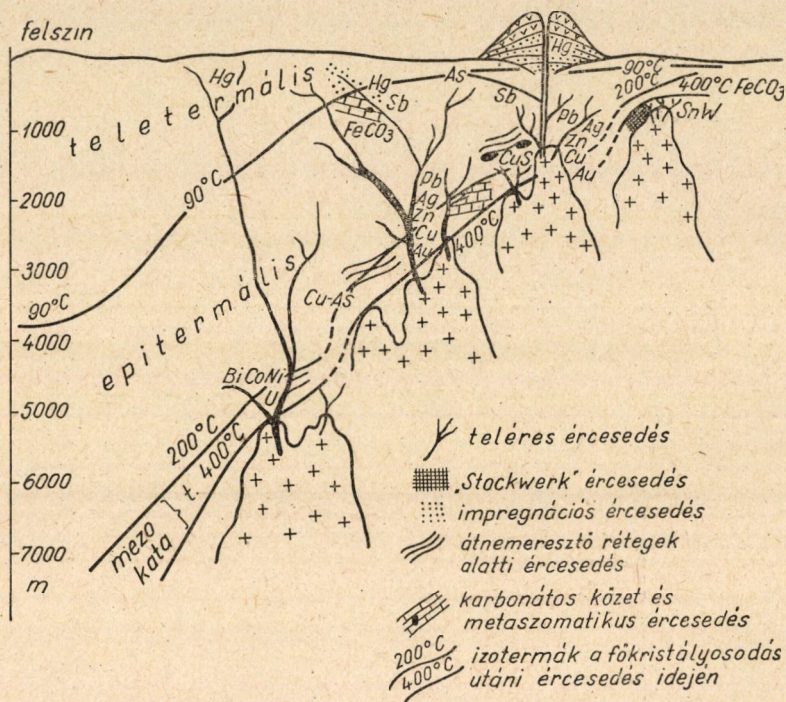
3. Az így kapott mélységek (vastagságok kumulatív összege) nagyjából megfelel a földtani adatokból közvetlenül kapott és az előző fejezetekben felsorolt mélységeknek. (Utóbbi adatok középértékei lesznek a legmegbízhatóbb mélységi értékek, de ma még ilyen középértékek számítására nem áll elegendő adat rendelkezésre):

	Közvetlen megfigyelés	Vastagságok kumulatív összege
As	50—200	0—200
Sb	—	200—600
Oxidos Sn	400—1000	500—800
Szulfidos Sn	500—1500	800—1500
Ag(—Bi—Co—Ni—As—U).....	500—1000	500—1100
Pb(Ag—Zn—Au)	1000—1500	1100—1700
Zn(Ag—Pb—Au)	1500—2000	1700—2400
Idős Au	1000—4000	2400—3600
Szulfidos Cu	1000—3000	1500—3000
Arzénes Cu	2000—4000	3000—4500
Mély Co—Ni (—U?)	(4000—6000?)	{ 3600—4600 4500—5500

Ismételten hangsúlyozzuk, hogy a fenti értékek csak első durva közelítési kísérleteknek tekintendők.

fémek leggyakoribbja, a vas is általánosan — még a réznél is jóval általánosabban — jelentkezik.

A főkristályosodás utáni ércesedések nagy része mindössze 300—400 C° terjedelmű tartományt jelentő hidrotermális képződmény, és az egyes ércformáció csoportok ennek a hőmérsékleti tartománynak gyakran csaknem az egészére kiterjednek. Ugyanezen ércesedéseknél viszont a mélységi viszonyok jelentékenyebben különböznek ércformációként (1. és 3. ábra). Ez is mutatja,



2. ábra

hogy az utómagmás ércesedés elkülönülésének és a különböző ércformációk kifejlődésének mennyire fontos tényezője az ércképződés mélysége és a kapcsolatos magma intruzió mélysége.

Az előbbi fejezetekben kapott eredmények alapján az ércesedések elkülönülésének fő feltételeit a következőkben foglalhatjuk össze (lásd a 2. ábrát, amely feltünteti a különböző magasra hatoló magmák optimális ércesedéseit a geotermikus grádiensekkel).

1. Ha valamely hipabisszikus gránittömeg viszonylag igen nagy intruzió mélységű, mindössze legfeljebb 4000—5000 m-ig hatolt fel, úgy körülötte perivagy apomagmásan optimálisan a mély Co—Ni(—Bi?) ércesedés fejlődhet ki, különösen ott, ahol ez érc kiválást bázisos mellékkőzetek segítik elő. Főleg ennek

az ércformációnak a magmához legközelebbi részén nagyobb oxidációs fokú pneumatolitos vagy pneumatolitos—hidrotermális átmeneti képződményként feldúsulhat az uránszurokérc is. Ebben a mélységben tátongó hasadékrendszer és impregnációs, valamint metasomatikus ércesedés rendszerint legfeljebb csak alárendelten fejlődik ki.

Ezek az ércformációk tehát csak mintegy 4000—6000 m-es lepusztulással kerülnek a felszínre. Az ilyen nagy intruziós mélységű gránitokban a kalkofil elemek nagy része feltehetően nyomelemként benne marad, vagy a magmatit-tömeg közvetlen közelében oszlik szét ugyancsak inkább nyomelemes állapotban.

A Co—Ni (és U) ércesedésnek azonban csak egy része marad meg ebben az eredeti helyzetben. Ércanyagát fiatalabb magmás vagy tektonikus hatások gyakran mobilizálják és a hozzájuk legaffinabb Bi és Ag ásványokkal együtt magasabb szintben újra lerakják. Ezáltal keletkezik a tulajdonképpeni Ag—Bi—Co—Ni—As-formáció.

Egyes mélyebb Au és Cu ércek is megköthetik kémiai hasonlóságuk, nagyobb mérvű „nemességük” következtében a Co—Ni elemeket (Cobar, New South Wales).

2. Ha a gránitos intruzió közepes, kb. 2000—4000 m mélységig hatol fel, úgy főleg perimagmásan leginkább a pneumatolitos—katatermális régi aranyércesedés jelentkezik; magasabban, kissé távolabb a magmától a réz és még távolabb a Pb—Ag—Zn ércesedés.

Valószínűleg részben ugyanezen közepes intruziós mélységű magmatömegek szolgáltatják még nagyobb távolságban, apo- és telemagmásan történő kristályosodással a típusos önálló (auripigmentes) arzénércesedések nagy részének anyagát. Az antimon és különösen a higanyércesedések viszont optimálisan inkább az 1. csoport 4000—6000-es intruzióinak részben még nagyobb migrációs távolságot kifejező, felszín közelében kivált emanációira mutatnak.

3. Ha a gránitos magma mindössze kb. 1000—2000 m intruziós mélységű, sőt részben szubvulkánosan fejlődik ki, úgy az optimálisan a kürtők közelében az ezüstben gazdag, ún. fiatal aranyércesedést, kissé távolabb pedig szubvulkáni Zn—Pb—Ag ércesedést eredményez. Ezek az ércesedések is csaknem mindig tartalmaznak rézásványokat is. Ily módon akár tisztább réztelep is létrejöhet, ha a rézionok szétszóródását megfelelő át nem eresztő fedő megakadályozza, vagy a réz kiválása intenzitását a bázisos mellékkőzetek növelik.

4. Ha a gránitintruzió egészen kis intruziós mélységű, tehát pl. 500—1200 m-ig a felszín alá felhatol anélkül, hogy vulkáni kürtőket is kifejlesztene és ily módon könnyen illó anyagait a levegőbe kirobbantaná, úgy maga a gránitos tömeg is deuterikusan elkovásodik, szélsőségesen savanyúvá válik. Ilyenkor perimagmásan ón—wolfram ércesedés képződése valószínű.

De vajon az itt körvonalazott mélységek táján az ismert hőmérsékleteken szükségképp *mindig* kifejlődik-e az ércesedés, vagyis ugyanazon gránitmagma különböző szintekre feltört batolitrészletei körül a megfelelő optimális mélységek-

ben az összes felsorolt ércesedések szükségképpen jelentkeznek-e? Ez csak akkor volna valószínű, ha az ércesedés mindössze két tényezőtől, a mélységtől és a hőmérséklettől függne. A valóságban azonban kétségtelenül befolyása van egyéb körülményeknek, így elsősorban a kémiai összetételnek, a különböző elemek koncentrációjának is, ez pedig rendkívül változik a környezet (asszimiláció-kontamináció) és elem-migráció (nagyjából a topominerális hatás), a magmák előzetes története, kitorési sorrendje, s egyéb tényezők szerint. Emellett az esetenként változó tektonikai jellegek (üreg-hasadék képződés, lokális nyomás-különbségek) és még számos tényező hatása is fontos. Így az optimális képződési mélység egymagában még nem vezet egy adott ércesedési típus szükségképpeni kifejlődéséhez.

Ahhoz azonban, hogy elsősorban az optimális mélységben a magmából az adott ércesedési típus elemkombinációja többé-kevésbé tisztán, a magma összes többi hidrotermális kiválásra alkalmas fémes nyomelemeinek önálló ércesedéskénti feldúsulása *nélkül* kristályosodjék, az is hozzájárul, hogy valamely érc-ásvány kiválása ugyanazon ásványfaj további kiválását kristálycsíráként nagymértékben elősegíti. Kristálycsíráként elsősorban az azonos, vagy legalábbis rokon kötéstípusú és azonos, vagy legalább is rokon térrácstípusok hatnak. A fémes szulfidok-arsenidek és rokonaik kovalensebb vagy fémesebb kötéstípusaikkal nagymértékben különböznek az ionosabb oxigénvegyületektől. Ha tehát egyszer megindult az uralkodóan szilikátos környezetben valamely ellentétes jellegű antimonidos-arsenides vagy szulfidos ásvány kiválása úgy ez az ásvány a további kristályosodás szempontjából kedvezményezett helyzetben van nemcsak a szilikátos—oxidos ásványokkal, hanem a más rácstípusú, vagy más kovalenciafokú szulfidokkal szemben is. Minthogy pedig PAULING vizsgálatai szerint a kovalenciafok (ion kötési százalék) elsősorban a kérdéses vegyület atom (ion)fajtajának elektronegativitásaitól függ, ezért ugyanazon elem ugyanazon ionizációs fokú formájának adott anionnal, például a szulfidionnal alkotott összes vegyületének hasonló kovalenciafoka van. Ennek megfelelően ugyanazon fémes kationforma összes szulfidos ásványa egymásra is bizonyos kristályosodási ingert gyakorol.

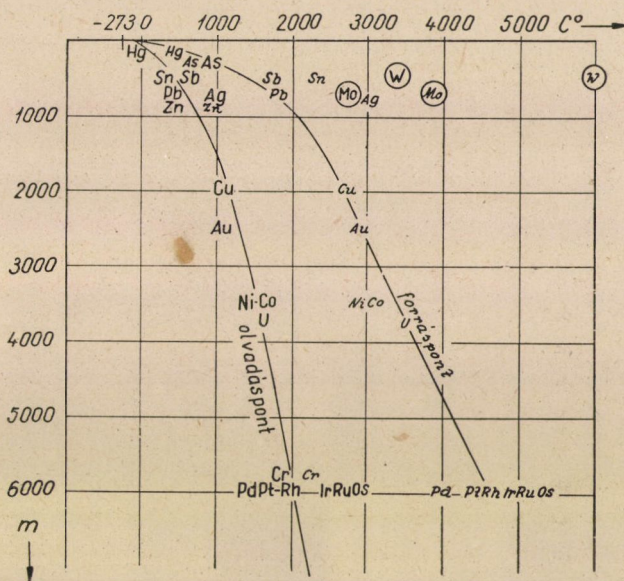
A telérek gyakran váltakozóan fémes és nem fémes ásványsávokból álló ritmikus szerkezetét is részben ez a jelenség idézheti elő.

13. Az ércképződmények mélységi elkülönülésének mechanizmusa

Ha az ércképződések előbbieken kifejtett mélységi elkülönülésének okát keressük, úgy elsősorban egy meglepően egyszerű összefüggésre utalhatunk a mélység és a kérdéses elem olvadáspontja, ill. olvadás- és forráspontja együttes tekintetbevételével kifejezett mobilitása közt (3. ábra). Eszerint a csökkenő képződési mélység nagyjából a csökkenő olvadáspontok sorrendje, ahol az olvadáspontok mellett kisebb mértékben a forráspontok is tekintetbe veendőek,

különösen az olyan elemeknél, amelyek forráspontja még a folyósmagmás hőmérsékleti tartományon belül van.

Az olvadás és forráspontnak együttes hatását mutatja pl. az, hogy az Sb előbb kristályosodik mint az As, megfelelően az arzén abnormálisan kicsiny forráspontjának. Az Au és a Cu mélységi sorrendje is megfordul, mert az olvadás-pontok közti, mindössze 29° -os különbséget a forráspontok közti ellenkező irányú 370° -os különbség némileg ellensúlyozza. A koherens elemcsoportok, pl. az egymásban nagyobb mértékben oldódó fémek, a platinacsoport, továbbá a



3. ábra

fiatal arany—ezüst formáció elektrum ásványa és az ugyancsak hasonló rádiuszú ólom—ezüst társulás olvadáspontjainak egymást befolyásoló hatása is nyilvánvaló. Az ilyen társulások mélységi helyzetének és olvadáspontjának viszonyát a diagramban ezeknek az adatoknak a súlypontjával jelöltük. Ebből érthető, hogy a tisztább és ezért nagyobb olvadáspontú aranyat tartalmazó, ún. régi aranyformáció a rézércesedésnél túlnyomóan nagyobb mélységben, kisebb olvadáspontú elektrumot tartalmazó fiatal ércesedés viszont súlypontilag a rézércenként kisebb mélységben keletkezik.

Ebből a félreismerhetetlen összefüggésből egy elempár rendkívüli mértékben kiugrik, ti. a W és a Mo. Ezeknek az ónnal együttes mélységi helyzete szerint a legkisebb olvadás- és forráspont felelne meg, holott a W olvadás- és forráspontja az összes elemeké közt a legnagyobb és közel állnak hozzá a Mo értékei is. Így a W és Mo a sorozat egyik végéről a másikra kerül. Ez igen egyszerűen érthető. Az olvadás-pont közelítőleg az atompotenciálnak, tehát a kötésre leadott

elektronszám és az atomrádiusz hányadosának függvénye. A képződési mélység tehát az atompotenciálokkal is, sőt tulajdonkép közvetlenül ezekkel van összefüggésben. Minthogy a W-nak az összes elemek közt a legnagyobb atompotenciálja van (4,4), ezért a W-atomok már igen korán, a magmás kiválás során ellentétes ionfajtákat ragadnak meg, azaz komplex ionokat alkotnak. Ezzel azonban a W potenciálja erősen csökken, illékonyága nagymértékben növekedik. Nagyjából vonatkozik ez a Mo-re is, azzal a különbséggel, hogy a Mo kezdetben nem éri el a maximális vegyértékét és így potenciálja nem csökken annyira mint a W-é. Mobilitását növeli azonban az olvadáspontjához képest viszonylag alacsony forráspontja is és ezzel kapcsolatos szulfofilijája. W és Mo sekély mélységi helyzete tehát potenciál viszonyai, komplex ionjai nagy mobilitásának megfelelően ugyancsak beleilleszkedik a képződési mélységi sorozatba.

(A wolframit esetében jelentősége van még a kettős potenciáloknak egy előbbi dolgozatban kifejtett hatása is, melyre itt nem térünk ki.)

A Mo szulfofilijával kapcsolatban viszont itt említjük, hogy a kalkofil, különösen a szulfokalkofil elemek olvadás- és forráspontja közt viszonylag csekélyebb különbség van, mint a szomszédos lito- és pegmatofil elemeké közt. Az olvadáspont növekedésével az olvadás- és forráspont közti különbségek nagyjából növekednek. Az átlagos növekedéstől azonban egyrészt a különösen nagy forráspontok felé eltérnek az inkább oxifil, illetve az oxikalkofil és a tisztán litofil elemek például a Ca, In, Sn, Ge, Al, Ti, Hf. Viszont a viszonylag csekélyebb forráspontok felé kiugranak főleg a szulfofil és kalkofil elemek, pl. a pegmatofil és litofil elemek közt is a többé-kevésbé szulfofil kapcsolatuak, így a Cr és Mo, P, Ca, Mg. Ezek tehát könnyebben szublimálnak is. A (szulfo)kalkofil elemeknek a Geokémia c. könyvben kimutatott instabilitása a metamorf övekben részben ezzel kapcsolatos.

A kifejtett érceloszlás a fokozatos ércesedés elvéből szükségképp következik. A fémek elemeknek egyrészt az elkülönülése a magmából, másrészt pedig kristályosodása önálló ércásványokká lényegileg a potenciál viszonyokkal geoenergetikailag meghatározott folyamat és nagyjából az elemek olvadás- és forráspontja (illékonyága) sorrendjében történik. A Geokémia c. könyvben részletesebben kifejtett felfogás szerint az ércek nehézfémek túlnyomóan nem az „ismeretlen mélységekből”, hanem a feltörő magmatitoknak — illetve az anatexissel magmatittá váló tömegeknek — a megolvadás folytán mobilizált fémek nyomelemeiből származnak. Ilyenkor a pegmatofil elemek a szorosabb értelemben vett litofil magmás főelemektől ionos kötéseik hasonlósága miatt nehezebben különülnek el önálló érctelepekké, mint a kovalensebb illetve fémesebb kötésre hajlamos kalkofil elemek, amelyek e mellett könnyebben is szublimálhatók. Az intruziós mélység növekedésével a környezet hőmérséklete és ezzel az intrudáló magma olvadt állapotának, a benne foglalt nehézfémek nyomelemek mobilizálásának, *elszabadulásának* időtartama is növekedik. Ily módon a nagyobb mélységekben mindinkább nehezebben illó, nagyobb potenciálú, nagyobb olvadás-

pontú nehézfemes elemek szabadulnak fel a magmából és válnak alkalmassá önálló érctelepек alkotására.

Ha a helyzetet egyszerűen úgy fogná fel, hogy az olvadékból a nehézfém gázalakban különül el, úgy a kérdést a HENRY-féle törvény alkalmazására egyszerűsíthetjük, amely szerint a gáz oldhatósága arányos a résznyomással. A növekvő nyomás tehát e tekintetben ugyanolyan irányban hat, mint a növekvő hőmérséklet.

Másrészt a mélység és ezzel együtt a hőmérséklet növekedésével a nehézfém ionok önálló ércásványokká *kristályosodása* is mindinkább nagy potenciálú, vagy nagy olvadáspontú ásványok alakjában lehetséges, megfelelően a geoenergetika ama tételének, mely szerint az ásványok normális kiválása a csökkenő potenciálok sorrendjében történik. Ha tehát nagy mélységben a kisebb potenciálú ásványok ki is kristályosodnának, újra könnyen mobilizálódnak, és így nagy mélységben a nagy potenciálú, kis mélységben a kis potenciálú ásványok maradnak meg.

Így az ércek mélységi eloszlása természetszerűleg az ércalkotó főelemek, azaz pontosabban az ércásványok potenciáljainak, nagyjából tehát olvadás- (ill. főleg a kisebb hőmérsékletek tartományaiban bizonyos mértékig a forrás-) pontjainak is függvényévé válik.

Felmerülhet a kérdés, hogy miért kristályosodnak ki nagy mennyiségben a főkristályosodás nagyobb hőmérsékletén a magmatitokban olyan könnyenillő, kis olvadás- és forráspontú elemek, mint a K és a Na. Úgy hisszük, erre a felelet az előbbi megfontolások alapján kézenfekvő. Ezek az elemek ilyenkor igen nagy potenciálú elemekkel egyesülve viszonylag nagy potenciálú és olvadáspontú ásványokat — elsősorban földpátokat — alkotnak és így mobilitásuk csökken. Kristályosodásuk tehát összhangban van a mélység és potenciál közti összefüggésről mondottakkal.

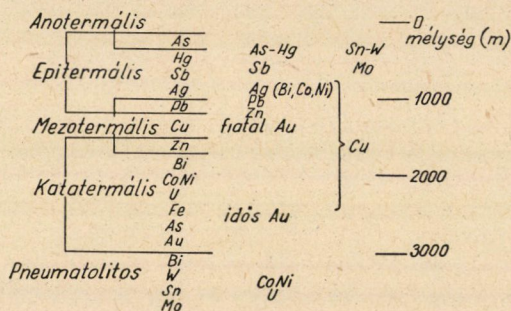
Végeredményben az ércek mélységi eloszlásának mechanizmusa erősen egyszerűsítve, első durva megközelítésként abban foglalható össze, hogy az ércásványok, és az elemek stabilitási mezőinek meghatározásában potenciáljaiknak, tehát bizonyos mértékig olvadáspontjaiknak van elsőrendű jelentősége. (Érdekes további, e dolgozat keretébe azonban már nem tartozó kérdés, hogy milyen mértékig terjeszthető ki ez a tétel a többi, nem fém és nem ércalkotó elem ásványaira is.)

A képződési mélység és olvadáspontok közti összefüggésből így az az eredmény adódik, hogy az ércesedések mélységi eloszlása elsősorban nem a nyomáskülönbségekre, hanem legalább is jelentékeny részben a hőmérsékleti különbségekre vezethetők vissza. A hőmérséklet tehát a magmás ércképződésre kétféleképpen hat: egyrészt a hőmérséklet *abszolút értékével*, ami az ércesedés előkristályosodási-pegmatitos-pneumatolitos-kata-mezo-epi-hidrotermális jelleget, vagyis a magmás stádiumot határozza meg, másrészt a hőmérséklet *idő-*

tartamával, illetve középértékével, ami egy-egy magmás stádiumon belül az érce-sedés kémiai jellegét, a magmából elszabaduló nyomelemek összetételét, első-sorban különböző képződési mélységek alakjában szabályozza.

Vizsgálataink tehát nem igazolják a nyomás feltételezett elsőrendű hatását az ércképződés eloszlására,* hanem ehelyett is a hőmérséklet speciális megnyilvánulását mutatják. Vajon azt jelenti-e ez, hogy igaza van-e általában is azoknak a feltevéseknek, amelyek szerint a nyomás nem döntő tényező a geokémiai folyamatokban? Erre a kérdésre folyamatban levő nagynyomású kísérleteink ismertetése során igyekszünk majd válaszolni.

Ha igaz az a következtetés, hogy a magmás érce-sedések mélységi sorrendje végeredményben a magmás stádiumhoz hasonlóan ugyancsak egy fajta a hőmérsékleti hatásnak, úgy a kétféle hőmérsékleti hatásnak, ti. egyrészt a magmás



4. ábra

stádiumot, másrészt a képződési mélységet meghatározónak, bizonyos sorrendi analógiát is mutatniok kell. És ez lényegileg valóban így is van, amint ezt a 4. ábra mutatja (amelyben a magmás stádiumokat SCHNEIDERHÖHN Erzlagertätten, 1955. p. 108. szerint ábrázoltuk).

Lényeges eltérés a két sorozat közt abban van, hogy a magmás stádium szerint legalul levő, legnagyobb hőmérsékleti képződmény, a W—Mo—Sn-formáció a mélységi beosztásban legfelülre, térszínileg a legmagasabbra kerül. Ez a megfordulás a kifejtett módon egy bizonyos potenciálgát túllépésével bekövetkező komplexalkotás potenciálcsoökkentő hatásának a következménye. A réz és a részben az ezüsthöz kapcsolódó arany széles mélységi kiterjedése a kérdéses fejezetekben kellő kifejtéshez jutott, s így itt külön említést nem kíván.

* KOCH SÁNDOR professzor helyesen utalt az ércképződési nyomás és a mélység közti ellentmondásokra. Valóban, a nyomás és képződési mélység közt nem is lehet monoton összefüggés a főkristályosodás utáni érce-sedések esetében, mert az érchozó könnyenillók belsőnyomása azoknak gáz- vagy gőzfázisba átmenetelekor rendkívüli mértékben megnövekedik.

14. A hidrotermális ércesedés és a földkéreg fejlődése

Az ionizációs fokok sorozatában lefelé a hidrotermális-pneumatolitos határnál törést észlelünk. E határ alatt a fémek nulla kötésiértékével jellemzett övet várhatnánk, ami azonban csak sokkal mélyebben, a Föld belsejének feltételezhető vasmagjában jelenik meg. A vasmag állapot elérése előtt több ezer km-es közbeeső övként a szilikátos magmatitok hatalmas burka következik, a hidrotermális tagoknál nagyobb oxidációs fokokkal. A hidrotermális sorozat legmélyebb tagjai után nem még kevésbé ionizált tagok, hanem — elvben — hirtelen ugrással a viszonylag nagy ionizációs fokozatokat képviselő pneumatolitos öv jelentkezik és csak ez megy át tovább lefelé éspedig igen lassan, fokozatosan emelkedő hőmérsékletű övek alakjában a pegmatitos, a savanyú, majd bázisos és végül ultrabázisos magmatitokon keresztül a feltételezhető tényleges legkisebb redoxállapotú vasmagba.

Ez a jelenség nagyrészt annak a következménye, hogy a hidrotermális hőmérsékletet megelőző hiperkritikus állapotban a víz még nagymértékben disszociálva van, s így ott a kén mellett legfőbb anionként szabad oxigénionok vannak túlsúlyban. Ez eredményezi a hirtelen redox-ugrást a hidrotermális pneumatolitos hőmérsékleti határon.

Ez a jelenség most mélyebb értelmet kap a különböző ércesedések optimális mélységének meghatározásával. A térszínileg fokozatosan magasabb helyzetű magmatitok sorában az ultrabázisos, a bázisos, savanyú folyósmagmás, pegmatitos kifejlődések után legmagasabb tagként a pneumatolitosok következnek: a legmagasabbra feltörő magmatitok ui. pneumatolitos képződésekkel vannak képviselve. Ezek után ténylegesen már csak a nem magmás felszíni legnagyobb oxidációs fokú övek találhatóak. Ebből a hidrotermális ércesedés jelentékenyebb vastagságban főleg csak a nagyobb intruziós mélységű magmáknak egy speciális nagyobb nyomású, de kisebb hőmérsékleti övekre szorító termékének adódik, ami csak akkor, ott és azáltal jelentkezik, ha a Föld felszínén a magmatitok öve felett egy nagyobb üledékes, illetve részben ebből keletkezett kristályos kőzet öv is kifejlődött, vagy az érces magmás csoport egy idősebb magmás kőzetcsoportha hatolt bele.

A kifelé növekvő ionizációs sorozatba ionizációs visszaesésként beékelődő hidrotermális stádium tehát a nem-magmás képződmények hatására létrejött, végső fokon az üledékképződéshez kötött, idegen test jellegű közbeiktatódás, ami Földünk első fejlődési szakaszaiban még nem is létezett és ma is annál keskenyebb övet alkot, mennél vékonyabb az adott helyen a nem-magmás takaró, vagyis mennél kisebb az intruziós mélység.

Összefoglalás és áttekintés a legújabb eredményekről

Az I. dolgozatban ismertetett módszerek alapján meghatároztuk a fontosabb magmás érc típusok optimális kristályosodási mélységének sorrendjét és e mélységek hozzávetőleges abszolút értékeit (1. ábra). A magmás érc típusok mélységi sorrendje hasonló a kérdéses ércek jellemző fémes elemeinek illékony-sági sorrendjéhez: a fémes elemek optimális kristályosodási mélységei és olvadás- és forráspontjai közt monoton összefüggés van (3. ábra).

Ez az összefüggés arra mutat, hogy a magmás érc típusok elkülönülését meghatározó tényezők közül a hőmérséklet az uralkodó. A hőmérséklet tényező nemcsak a fokokban mért hőmérsékleti értékeket, hanem a különböző hőmérsékletek tartósságát, vagyis a lehülési sebességet is jelenti, ami az érces könnyenillók mobilizációjának és kristályosodásának időtartamát határozza meg.

A magmás ércek kristályosodásának helye így nemcsak az ércadó magma távolságától függ, amint azt az ércövképződési elmélet kifejezi, hanem függ a magma intruziós mélységétől és az ércek az ércesedés idején a földfelszíntől számított kristályosodási mélységétől is (2. ábra).

Ezért az ércek mélységi sorozata több tekintetben eltér az ún. ércöv sorozattól (4. ábra). Így az utókristályosodási érceknek a legnagyobb hőmérsékleten keletkező s ezért az ércövek sémája szerint legmélyebb helyzetű tagjai: az ón és wolfrám ércek, a mélységi meghatározás szerint a valóságban viszonylag kis mélységi képződmények. Ezek az ércek optimálisan ugyanabban a mélységben keletkeznek, mint az ezüst és ólomércek.

Viszont az ún. ércöv sorozat szerint az Sn—W és a Pb—Ag ércövek közé sorolt rézöv optimális kristályosodási mélysége nagyobb az Sn—W és Pb—Ag ércékénél, ezért ezekkel együtt jól fejletten többnyire csak nagy szintkülönbséget feltáró hegyvidékeken jelenik meg.

Az ércöv sorozat tehát a kristályosodás mélysége szerint változik. Adott szintben legerőteljesebben az optimális mélységben kristályosodó érc típusok fejlődnek ki. Így a mélységi sorozat fontos adatot szolgáltat az egyes érc típusok kifejlődésének várható gazdagságáról a különböző mélységekben. Egyszersmind az egyes érc típusok gyakorisági viszonyait elméletileg levezethetővé teszi.

Az ércöv sorozat változik az ércadó magma kémiai és nagytektonikai típusával is.

Megkülönböztetjük a formális és valódi ionizációs fokokat. Az 5. ábrában a vízszintesek a formális, a jobbra lefelé haladó egyenesek a valódi ionizáció fokozatait tüntetik fel. Az ércásványok szingenetikus társulásai — paragenezisei — lényegileg rendszerint egy-egy valódi ionizációs fokozat ásványaiból állnak, vagyis izo-ionizációs csoportokat alkotnak. Az ércövek mélységi sorozata, illetve az ércásványok idő- és térbeli egymásutánja a hidrotermális hőmérsékleti tartományon belül lényegileg az izo-ionizációs ásványok sorrendjének felel

A magmás ércek mélységi sorozata tehát genetikailag egyenértékű a földkéreg magmás kőzeteinek savanyúsági sorozatával.

Az ércesedés optimális képződési mélységeinek meghatározása gyakorlati vonatkozásai úgy hisszük meglehetősen kézenfekvők. Általános földtani szempontból ez az új összefüggés közelebbi kapcsolatot teremt a hegységek földtani felépítése és ércgenetikája közt. Összefüggésbe hozza az ércparagenezist az érc és meddő ásványok fizikai-kémiai átalakulásait, a mellékkőzetek tektonikai jellegével, helyzetével, a környező magmatitok tömegével, szövetével, távolságával, továbbá a lepusztulás sebességével. A módszerek konkrét alkalmazását elsőnek a Mátra-hegység példáján megindítottuk, s erről már a közeljövőben előzetes beszámolót adni remélünk.

HOZZÁSZÓLÁSOK

KOCH SÁNDOR

Mi az egyetemen az ásványtant annak idején mint leíró természetrajzi tudományt tanultuk. Rengeteg adat, de felelet arra a kérdésre, hogy miért van és miért kell ennek így lennie, úgyszólván semmi.

A földtani tudományok két új ága, a kristálykémia és a geokémia korunkban született meg. Hatalmas távlatokat nyitó két ága tudományunknak, melyek egy sereg kérdésre adtak sejtett vagy még csak nem is sejtett feleletet. Átaltuk vált a minerografia és petrografia — e statikus tudományok — mineralogiává és petrografiává és szerves részévé egy hatalmas dinamikus tudománynak, a földtudománynak.

Minden tudomány anyaggyűjtéssel kell, hogy induljon, hogy az adatok tömegét rendszerezve, az összefüggéseket felismerve bizonyos törvényszerűségeket vezessen le, majd a felismert törvényszerűségek alapján szintetizálhasson s e törvényszerűségek okait kutassa.

Az első, kezembe került geokémiai munka, Herlingernek beszámolója a Fortschritte der Mineralogie 1927. évi kötetében, revelációként hatott reám, ugyan így Bergnek, de különösen Wernadskynak és Fersmannak munkái. Az első még adatgyűjtő, a többiek már túljutottak e fokon, hiszen közben az orosz és a Goldschmidt iskola hatalmas lépésekkel vitték előre a fiatal tudományt, melynek eredményeit a közelmúltban három nagyobb mű, Rankama—Sahama, Mason és Saukov munkái, foglalták össze,

Ezek, az immár hatalmas adattömegre támaszkodó és ezek bázisán jelentős törvényszerűségekre reámutató munkák azonban — mint ezt SZÁDECZKY is leszögezi — a geokémia alapvető elvi kérdéseinek mélyreható tárgyalását, egységes geokémiai szemlélet kialakítását nem végezték el.

Ez az oka, hogy egyes vegyi elemekre, sőt elemcsoportokra vonatkozólag sem kaptunk eddig egységes geokémiai szemlélet alapján vázolt képet. Saukov próbálkozása csak kísérlet, nem kerek egész.

Ezért üdvözlöm különös örömmel SZÁDECZKY akadémikus hatalmas munkájának második részét. Szerző az általános részben kifejtett egységes szemléletének alapján adja itt meg az egyes vegyi elemek geokémiáját kimerítő, alapos tárgyalásban. De nem szeparáltan az egyes elemekét.

Nézzük mindjárt e rész beosztását. Sajnos, Fersmann nagy munkáját nem ismerem, nem tudom, hogyan tárgyalja az egyes elemeket, őt tehát tekintetbe nem véve, az említettek közül Berg és Rankama—Sahama tárgyalják geokémiájukban az egyes elemeket.

Berg az elemeket nyolc csoportba osztja: könnyű fémek, nemesföldek, vas- és acélnemesítők, színes fémek, nemesfémek, radioaktív elemek, nem fémes elemek és nemesgázok. E beosztás alapján egy csoportba kerülnek olyan vegyi elemek, melyek geokémiailag nem tartoznak össze pl. a vas és a molibdén vagy a szilícium és a nitrogén.

Rankama—Sahama az elemeket a periódusos rendszer szerint haladva tárgyalják. Kétségtelenül jobb beosztás, mint az előbbi, de még nem elég ahhoz, hogy ne kelljen szeparáltan, egymással nem összefüggésben tárgyalni az egyes elemek geokémiai viselkedését.

SZÁDECZKY akadémikus az elemeket az általa javasolt geokémiai rendszerben tárgyalja. Az egyetlen célravezető megoldás, geokémiában csak geokémiai rendszert használhatunk. Mivel geokémiai rendszerét az elemek geokémiai viselkedésének bázisára építette, az egy csoportba tartozó elemek együttesen jellemezhetők. Nem külön-külön, hanem geokémiai csoportonként jellemzi tehát az elemeket, tehát itt is eljutott a szintézisig.

Nézzünk egyetlen, kis kiragadott részt a kalkofil elemek általános jellemzéséből: „A kalkofil elemek kis átlagos gyakorisága, koncentrációja (nagy rendszám!) és az olvadáspontot erősen csökkentő könnyenillókkal való kapcsolata, sőt egyes kalkofil elemek saját illékonyosága következtében túlnyomóan kisebb hőmérsékleten, hidrotermálisan kristályosodnak, ill. koncentrálnak. Legfontosabb ásványaink gyengén polarizált ionokat tartalmazó félfémes vegyületek.”

Eddig ezt a fejezetet egyes elemenként, mozaikszerűen kaptuk meg, most látjuk először egységes geokémiai szemlélet alapján egységes képként. Nem lebecsülhető lépés előre tárgyunk területén! És hogy ezt a geokémiai csoportonként való egységes jellemzést sikeresen keresztülvihette, ez Szádeczky geokémiai rendszerének fényes igazolása.

Szerző azt mondja előszavában: „látszólag túl nagy helyet nyerne az egyes elemek hazai eloszlásának bizonyos kérdései”.

Magam egy emberöltő óta foglalkozom Magyarország ásványaival. A régi, leíró alapokról indulva genetikai—földtani alapokon kísértem meg a feladat megoldását. A felszabadulás óta, hogy alkalom nyílt a kollektív munkához, igyekeztem a régi adatokat geokémiaiakkal is kibővíteni. Számomra tehát egészen különösen nagy öröm, hogy az első magyar geokémiában méltó helyet kapnak a hazai, elsősorban gyakorlati szempontból fontos, elemfelhalmozódások.

Szaktársaimmal együtt nagyon éreztük egy magyar nyelvű geokémia hiányát, a feladat azonban túl nagy volt ahhoz, hogy belé mertünk volna vágni. SZÁDECZKY akadémikus mert és a magyar földtani tudományok nyertek. Egy tárgyunk területén hatalmas előrelépést jelentő kitűnő munkát.

PANTÓ GÁBOR

Az ércképződés a gyakorlati földtan legnehezebb, legizgatóbb, legfontosabb és a legmélyebb elméleti vonatkozású problémája. A kérdéssel igen sok kutató, igen régóta foglalkozott, azonban a rendkívül bonyolult és sokrétű jelenségnek rendszerint egy-egy vetületét vizsgálták és abból igyekeztek általános érvényű elméletet alkotni.

Az ércképződési elméletek mindig csak a jelenségek egy csoportját magyarázták kielégítő módon, s a gyakorlati ércgeológus minduntalan olyan megfigyelésekbe ütközött, amelyeket az érvényes vagy általánosan elfogadott elméletek egyikével sem tudott magyarázni.

A hidrotermális érclepek képződését magam sem tudtam elfogadható módon levezetni a magmás folyamatsor végtermékeként differenciálódó nehézfémtartalmú gőzökből, oldatokból. 1948-ban, amikor a gyakorlati ércgeológusok nagyobb csoportjával volt alkalmam személyes gondolatcserezére, magam is erősen hatása alá kerültem annak az elégedetlenségnek, amelyet a szulfidos ércképződés hidrotermális magyarázatával szemben a bányageológusok csoportja táplált. Meggyőző adatokkal támasztották alá a hidrotermális érckép-

zódési elmélet tarthatatlanságát és annak pótlására tudományosan nem kellően megalapozott elméletet igyekeztek kialakítani (JAMES BROWN: Ore genesis).

Teljesen indokolt volt az a heves kritika, amelyet a dilettantizmus határát súroló próbálkozás az ércföldtan kiváló művelőiből, elsősorban P. NIGGLI-ből kiváltott, azonban a fennálló elméletek hibáit a ledorongoló kritika sem tudta elkendőzni.

Sokszor visszatérő problémám maradt, vajon az ércképződési elméleteknél nem a kiindulás elhibázott-e, s hogy mennyire indokolt az a szinte agnosztikus álláspont, hogy az érctepletan még nem fejlődött odáig, hogy kellő elméleti megalapozottságú tudományként elfogadható legyen (B. PRESCOTT).

SZÁDECZKY akadémikus, aki Geokémiájában már bemutatta, hogy az ismert és részben saját kutatásai révén felderített általános geokémiai törvényszerűségek egységes rendszerbefoglalásával geokémiai világképet lehet nyújtani, új oldalról igen szerencsés kézzel nyúlt az ércképződés régi fájó problémájához.

Az előbbieken ismertetett elmélet, mely félévi érlelés után megújulva igen életképesen áll előttünk, biztosságát és fejlődőképességét elsősorban széles és általános megalapozottságának köszönheti.

Az ércképződés folyamatát SZÁDECZKY akadémikus teljes komplexitásában vizsgálja, jelenségeit az elemek alapvető tulajdonságaira vezeti vissza és az állapotényezők közül az eddig túlságosan elhanyagolt nyomásnak is jelentős figyelmet szentel.

SZÁDECZKY következtetései, amelyeket a tényezők és jelenségek észszerű és okszerű csoportosítása alapján levon, annyira természetesen és találóak, hogy a gyakorlati földtan területén is csak teljes meglepedést, megnyugvást válthatnak ki. Ebben a megvilágításban természetes magyarázatát leli a hidrottermális ércképződés legmélyebb önellentmondása, hogy a kiválási sorrendek miatt az olvadás- és forrásponttal párhuzamosak. A fémfelhalmozódásoknak az illékonyság és elemvándorlás általános folyamataiból való levezetése, az ércképződés mechanizmusát is reálisabban állítja elénk.

Az ércetek nem kivételes, különleges jelenségek, hanem az általános folyamatok szerencsés találkozásának szükségszerű következményei. Az ércfelhalmozódás a kissé mindig homályos pályájú differenciációk helyett, általános érvényű mérhető és számítható alapjelenségek eredményei. Szemléletünket alakítja át ez az értelmezés, szinte azt érezzük, hogy az ércképződés magyarázata a merev sémákból a természetbe lépett ki.

Az előadás anyagából a gyakorlati ércutatást különösen érdeklő részletekre kívánom felhívni a figyelmet.

Az ércesedések alapvető jellegeiben elkülönülő hatos csoportosítása módot nyújt az ércképződés főtípusainak természetes elhatárolására. Megadható az egyes ércteplettípusok természetrajza, amit nemcsak az ércutatási területek kiválasztásánál, de a kutatás módszerének kiválasztásánál is messzemenően figyelembe kell majd vennünk. Az ércesedési típusok adottságaiban gyökeredzik pl. hogy a szerkezeti előkészítettség, illetve ércsapdák jelenléte miatt különösen a réz és Sb-As-Hg ércesedéseknél legdöntőbb fontosságú. Rendkívül fontosak az érc-kísérő kőzetelváltozásokra vonatkozó megállapítások, melyek lehetővé teszik, hogy ezekből az ércutatás eddiginél fokozottabb tájékozódást kapjon. A szintézis legnagyobb eredménye mégis, hogy ennek alapján a magmás jelenségek mélységét céltudatos komplex vizsgálattal hegységeinkről le tudjuk olvasni. Megoldhatóvá válik ezzel a hazai ércutatás legfájóbb és legbénítőbb problémája, a mélységöbveli tájékozatlanság. A mélységövek jelentősége,

melyet eddig csak az érces kitöltés változásainak, és a várható ércetst függőleges kiterjedésének elbírálása szempontjából tartottunk fontosnak, új értelmet kapott és meghatározza azt is, hogy milyen típusú ércelőfordulásra indokolt egyáltalán számítanunk.

Ezeket az ötletszerűen kiragadott pozitívumokat tovább is részletezhetném, teljes nagyságában és jelentőségében azonban SZÁDECZKY akadémikus szintézise, a hazai alkalmazás során fog kibontakozni. Gyakorlati példán válik majd az elmélet minden részletében magunkévá és akkor döbbenünk majd rá, hogy a részletkutatások mennyi rejtélyének kulcsa került az elmélettel birtokunkba. A szintézisben zálogát látom annak is, hogy az elméleti érceleptani kutatások végre olyan irányban lendüljenek fokozott fejlődésbe, amely a gyakorlati ércföldtan szakembereit is teljes mértékben ki fogja elégiteni.

SZÁDECZKY-KARDOSS akadémikus válasza

KOCH SÁNDOR professzornak az antimonit formációk gyakori „régi”, tehát mély jellegű aranytartalmára vonatkozó megjegyzését illetően megemlítem, hogy ezeknek a legnagyobb illékonyságú elemeknek esetében az ércanyag ismételt átrakódása, regenerációs képződése különösen gyakori, sőt egyenesen jellemző lehet. Ennek megfelelően az antimonitos oldat a mélyből magával hozhat általa oldható egyéb nehéz kationokat, így elsősorban aranyat. SCHNEIDERHÖHN az Erzlagerstätten új kiadásában tapasztalatilag súlyozza a regenerált ércképződés gyakoriságát az antimonitos ércformában.

A típusos propilitesedés nyilván viszonylag nagy belső nyomáson történő autopneumatolízist fejez ki. Ez következik abból, hogy a viszonylag magasra feltörő magma ilyenkor — a világos értékelést lehetővé tevő teljesebb szelvények szerint — lefedetten, takaró alatt kristályosodik. Erre vonatkozó Visk környéki megfigyeléseimet a Földtani Intézet Évkönyveiben megjelent vonatkozó közlésben szelvényekben feltüntettem. A könnyen illók ezen a magasra feltörő kürtön keresztül felszállnak és a takaró alatt felgyűlve nagy nyomást fejtenek ki. Ezért jellemző benne a nagy nyomási kloritásvány képződése is.

A Bi-Co-Ni formáció ritkasága szükségképp következik a jelen tanulmányban levezetett nagyobb képződési mélységből. Mennél nagyobb a felszínre kerüléshez szükséges lepusztulási mélység, annál ritkábban jelennek meg előtünk a kérdéses képződmények.

PANTÓ GÁBOR főigazgatóhelyettes megjegyzései közül számomra különösen értékes egyrészt az, amelyik az érc és szilikátos kőzetképződési jelenségek számítható módon egységes levezetésére vonatkozik, másrészt az, hogy a hazai érc-kutatás számára az ércképződmények optimális mélységének ismerete mily módon válik segítségül.

Geokémiám megjelenése óta főleg a geokémiai számadatok és számítások gyakorlati vonatkozásainak előbbrevitelét láttam fontosnak. Az ércképződésekre vonatkozó itt előadott megfontolások létrehozásában legjelesebb szakértársaimnak, köztük Pantó Gábornak e kérdések iránt tanúsított figyelme jelentékeny segítségül volt.

VADÁSZ ELEMÉR elnök

Magam ismételten megköszönöm ezt a nagyszabású előadást, amelyhez alig tudnék kapásból hozzátenni valamit. Egy dologra azonban felhívom a figyelmet. Ez az igen jelentős és gyakorlatilag nagyon fontos kérdés a Szovjetunió előző, most lezárt ötéves tervének egyik központi kérdése volt. A XX. kongresszuson beszámoltak arról, hogy a befejezett ötéves terv ebben a vonatkozásban nem hozott semmit, tehát a most következő ötéves tervben fokozottabb mértékben kell foglalkozni az ércesedés kérdésével.

Ezt csak azért említem meg, mert vannak problémáink, s én abban a kellemes — vagy ha tetszik : kellemetlen — helyzetben vagyok, hogy Akadémiánkon belül már többször is rámutathattam arra, hogy földtani vonatkozásban nagyon sok probléma van, amelyben mi is élenjárók, sőt talán még élenjáróbbak is vagyunk.

A TELLURIKUS MÓDSZER JELENTŐSÉGE A FÖLDTANI NYERSANYAGKUTATÁSBAN*

KÁNTÁS KÁROLY

LEV. TAG

A nyersanyagok közül különösen jelentősek az energiát szolgáltatók. Ezek közül is elsőrendűen emelkedik ki a robbanómotorok üzemanyagának alapja, az olaj. Szemléltetésül szolgáljon néhány számadat.

A Szovjetunióban a termelt olaj évi mennyisége 1955-ben elérte a 70 millió tonnát, az 1960-ra előirányzott termelés 135 millió tonna.

Az Amerikai Egyesült Államokban 1954-ben a felhasznált energiának 66,8%-át kőolaj és földgáz szolgáltatotta s csak 29,3%-át szén. 1950-ben az energiaszükséglet 40,5%-át, 1900-ban pedig 88,9%-át még szénrel fedezték. Az utolsó 14 év alatt az olajszükséglet 100%-kal emelkedett s azzal számolnak, hogy az elkövetkező 20—25 év alatt megkétszereződik.

Az atomenergia felhasználása ugyan küszöbön áll, az idézett számok azonban az olaj még mindig növekedő jelentőségét erősítik meg. Az atomenergia nyersanyagainak a felkutatása is a geofizika feladata, belátható időn belül azonban a folyton növekvő olajkutatási problémákkal kell elsősorban megküzdnie.

A világ olajkészletét több ízben — a kutatások mindenkori állásának megfelelően — becsülték. A becslések általában 1—2 évtizedre szóltak. Vezető külföldi olaj szaklapokban azonban ma már azt olvashatjuk, hogy a kutatás nem tud lépést tartani az igényekkel és ha a geofizika fejlődésében valami ugrásszerű változás nem lesz, annak következményei beláthatatlanok.

Az olajat magát a környezetétől különböző fizikai tulajdonságai alapján egyelőre kimutatni nem tudjuk, úgyhogy települési helyének geológiai felépítését, szerkezetét keressük. Kutatásokról tulajdonképpen azóta beszélhetünk, mióta felismerték az olajfelhalmozódás bizonyos geológiai szerkezetekhez kötöttségét, illetőleg e szerkezetek geofizikai kimutathatóságát. Ebben a felismerésben nagy érdeme van a világhírű magyar kutató geológusnak: Böckh Hugónak is.

Napjainkban egyes szakemberek olyan értelemben nyilatkoznak, hogy az utolsó 20 évben elfelejtettünk olajat kutatni, csak szerkezetet kerestünk.

* Akadémiai székfoglaló előadás 1956. május 31-én.

Ez a „tektonikai nihilizmus” nyilván annak tulajdonítható, hogy az ún. „olaj-csapdák” egész sorát tárták fel tektonikai szerkezetektől függetlenül. Az olajkutatás, amelynek ma már nem csupán a lokális szerkezetkutatás az anyaga, hanem a kőolaj keletkezési és vándorlási körülményeinek a tisztázása is, mai iránya sem nélkülözheti az üledései viszonyok, a süllyedések és emelkedések, a parti övek változásának, mozgásirányának az ismeretét.

Magyarország földtani nagyszerkezeti vázlata c. munkájában VADÁSZ ELEMÉR a következőket mondja : Magyarország földtani felépítésének és nagyszerkezeti hovatartozásának jellegét a medencealjzat ismerete nélkül, eddig csak az alpesi hegységképződésekre vonatkozó elméletek vagy fölfogások egyikének vagy másikának elfogadása alapján lehetett általánosságban megadni. A kiterjedt geofizikai kutatások és az azokat követő mélyfúrások eredményei gyökeresen megváltoztatták a helyzetet, csakis ezek adatainak a birtokában lehetett a magyar medencerészek elfödött mélyszerkezetéről helyes képet alkotnunk. Természetesen ilyen szintetikus kép sohasem lehet lezárt, mert az újabb kutatások újabb és újabb eredményeikkel egészen más megvilágításba hozhatják a korábbi képet. Sokszor ez a korábbi kép meg is inoghat bennünk. Ez pedig azért van, mert az időközben végzett geofizikai, geokémiai laboratóriumi és egyéb vizsgálatok olyan összefüggéseket tártak fel, amelyek összeegyeztethetetlenek a korábbi elképzeléseinkkel.

Nyilvánvaló tehát, hogy ma is a szerkezetkutatás képezi az alapját az olajkutatásnak. A szerkezetkutatás azonban különböző utakon jár, különböző geofizikai módszerekkel történik. E különböző nézőpontokból — különböző fizikai tulajdonságok alapján — végzett vizsgálatok eredményeinek szintetikus képe hatalmas mértékben megnöveli a modern kutatómunka hatásfokát.

Az Eötvös-inga első szerkezetkutatásra alkalmazásától kerekén 40 esztendő telt el. Azóta a geofizikai kutatások igen nagy fejlődésen mentek keresztül, a régi módszerek tökéletesedtek, új módszerek keletkeztek. Szerkezetkutatáshoz azonban még ma is a gravitációs mérések szolgáltatják az alapot. A többi módszer ennek az eredményein alapul. Ha a hazai kutatási eredményeket tekintjük, s az eredményeket produktív olajmezőkkel fejezzük ki, nyugodtan mondhatjuk, hogy ezek túlnyomó része a gravitációs mérések gyümölcse. A szerkezetek lokalizálására kétségtelenül a legegyszerűbb és leggazdaságosabb eljárás a gravitációs mérés. Az egyetlen kvantitatív adat, amit nagyságrendileg — kedvező esetben — le tudunk vezetni eredményeiből, az alapkőzet hozzávetőleges mélysége. Mivel a gravitációs módszerek az össztömegek hatását adják, a nagy anomáliát létrehozó nagy sűrűségű alapkőzet hatásától csak bizonyos esetekben sikerül különválasztani az ezekre települt fiatal szerkezetek hatását. Egyéb adatot e mérésekből nem tudunk levezetni, az üledékes rétegsor egyes rétegeire következtetni nem tudunk.

Lényegesen többet nyújt a szeizmikus kutatás, ha alkalmazhatóságára meg vannak a kellő feltételek. Az egyes rétegek mélysége, dőlése számszerűen

nyerhető a felvett adatokból. Költségessége miatt csak a gravitációval megkutatott területen alkalmazzák. E módszer fejlődése mérföldes léptékben történt különösen az utóbbi időben. Nehézség csupán ott mutatkozik, ahol a módszer alkalmazhatóságának alapfeltétele nem teljesül, ahol nincs jó reflektáló felület, vagy ahol abszorbeáló rétegek települtek közbe. Ilyen hely pedig sokfelé van. Hazánkban is az egyik legreményteljesebb olajterület ún. „néma zóna”. E zóna némaságának okát még nem derítették fel teljesen, az egyik fő ok kétségkívül a töredezett kőzet-felszín, mely rossz reflektáló felület. E nagy teljesítőképességű módszer eredményességének tehát feltétele a jó reflektáló rétegfelület. Ennek hiányában a mérés eredménytelen.

Az olajkutatásnál alaphegységnek tekinthető idősebb kőzetek és a fiatalabb korú üledékek elektromos vezetése között nagyságrendi különbség van. Ez a különbség teszi lehetővé az elektromos eljárások alkalmazását az üledék szerkezetének tanulmányozására. Amíg a gravitációs módszerek elsősorban a nagyobb sűrűségű alapkőzet hatásait indikálják — s ezekből az adatokból következtetünk vissza az alapkőzet mélységére s az üledék vastagságára — az elektromos módszer elsősorban az üledék szerkezetére van hivatva fényt deríteni. Az ismert elektromos módszerek azonban mégsem terjedtek el az olajkutatásnál. Ennek főként két oka volt: 1. nagyobb mélységek kutatásánál a gyakorlati kivitel nehézkes, 2. az elektromos tér nem egyszerű s így az anomáliák értelmezhetősége körülményes, sőt több értelmezhetőség is lehetséges.

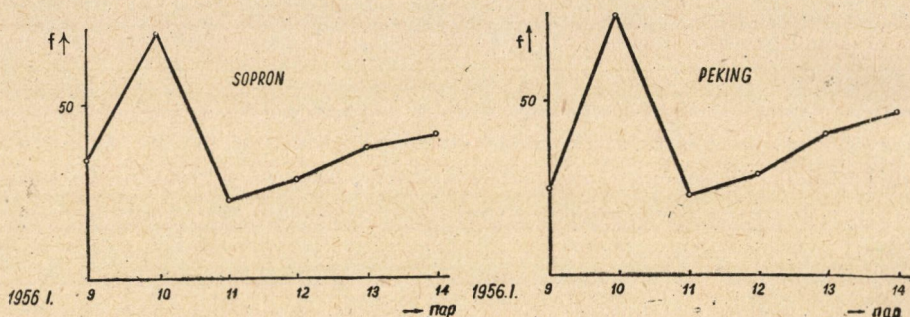
Mindkét probléma egyszerre megoldódott a tellurikus áramok segítségével. Ezek az áramok — mint ismeretes — állandóan keringenek a Földben, annak velejárói, mint a földi mágnesség vagy a gravitáció. Mindkét féltekén négy-négy ilyen nagy áramörvény van. Ezek az áramok már több, mint száz éve ismeretesek, folyamatos észlelésüket egyes obszervatóriumokban már régebben bevezették. Mérésük áram-mérésre vezethető vissza, így a polarizáció jelensége az elektródákon mindig megvan és mivel tökéletesen polarizációmentes elektródák nem készíthetők, abszolút értékeik meghatározása nehézségekbe ütközik. Emiatt mellőzték főként az áramok természetének tüzetesebb kutatását is.

EÖTVÖS LORÁND a mágneses transzlatométerének megalkotásakor gondolt arra, hogy ezek az áramok mágneses hatásaik alapján is vizsgálhatók. Szentlőrinci kertjében felállított műszerével mérhető volt, ha 2 méter hosszú 1 méter széles és mély árokból a földet eltávolította, így a földi áramokat kikapcsolta. Kimutatta, hogy a hatás, amit az eszköze jelzett, nem az eltávolított földtömeg gravitációs hiányából származott. Az észlelt eltérés számításai szerint 100 C.G.S. momentumú mágnes hatásának felelt meg.

Szerkezetkutatásra az áram közvetlenül nem használható fel, mivel abszolút értékét olyan pontosan, mint a feladat ezt megkövetelné, mérni nem tudjuk. Értéke ugyanis néhány mV/km, a nem-polarizálódó elektródák mérési pontosságára pedig 1—2 mV, így éppen a méréshatáron van.

C. és M. SCHLUMBERGER ismerték fel, hogy ezeknek az áramoknak a napi változáson kívül más, kisebb periódusú, perc nagyságrendű variációi is vannak, e változásokat az elektródáknál keletkező polarizációs potenciálok nem befolyásolják, ezek azokra rárakódnak.

Az áramoknak az eredete éppúgy nem ismeretes teljesen előttünk, mint ezeknek a variációknak az eredete. Kapcsolatuk a földi mágnes térrel szintén még elég homályos. A fő probléma az, hogy e tellurikus változások a földi mágnes tér változásainak a hatásai-e, vagy fordítva. A kísérleti mérések még nem adtak egyértelmű választ a kérdésre. A modern elméleti vizsgálatok a földi-áramok, a mágnes tér és a légköri elektromos tér variációit egy elektromágneses egységként fogják fel, amelyeknek alapját a MAXWELL-egyenletek képezik.



I. ábra. Tellurikus áramok napi középfrekvenciája 10 min-ra számítva

A változásokat okozhatja a felsőbb légkör vezető rétegének fluktuációja. Saját vizsgálataink, amelyeket az ázsiai és európai áramörvény sajátosságainak tanulmányozására végeztünk, azt mutatják, hogy a változások száma a napos oldalon (mi csak ezt vizsgáltuk) korrelálható. A gyors változások nagy része — nem tekintve bizonyos lokális hatásokat — egy okra vezethető vissza az egész Földön. A háromnapos regisztrátum meghatározott eredménye Peking és Sopron között világosan bizonyítja ezt (I. ábra). Az amplitúdók korrelálása azonban már nehézségekbe ütközik. Ez a kérdés azonban szerkezeti kutatásokra való felhasználásuk esetén másodrendű. Az említett áramörvények a szerkezet-kutatások területéhez viszonyítva olyan nagy kiterjedésűek, hogy a vizsgálandó területeken homogén közegben homogénnek tételezhetjük fel, azaz az áramvonalak adott pillanatban párhuzamosak. Mivel a vizsgálandó területet örvénymentesnek tételeztük fel, a földkéregben folyó áramsűrűséget a geológiai rétegek elektromos tulajdonságai befolyásolják csupán. KIRCHHOFF törvénye szerint áramelágazás esetén az egyes vezetőkben folyó áram erőssége fordítottan arányos azok ellenállásával. Mivel az alapkőzetek ellenállása nagyságrenddel, sőt nem egyszer nagyságrendekkel nagyobb a fiatalabb korú üledékek ellenállásánál, ezért az áram nagyobb része az utóbbiban halad. Az áramsűrűséget,

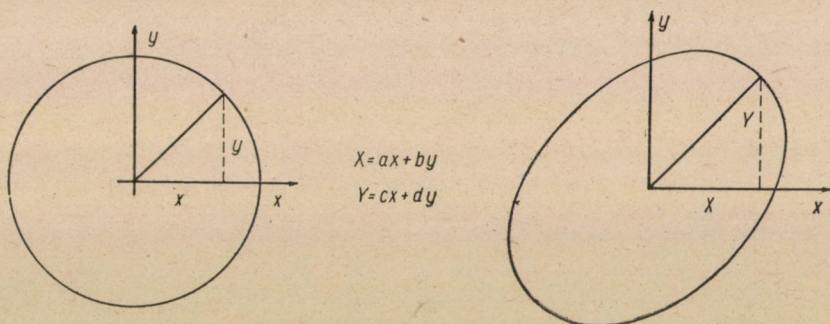
illetőleg az ezzel arányos — felszínen mérhető — potenciálgradienst elsősorban az üledékes rétegek fajlagos ellenállása és vastagsága befolyásolja.

Ha x és y a potenciálgradiens két derékszögű összetevője valamely pontban, egy másik pontban mérve ugyanilyen irányokban a X és Y -komponensekhez jutunk. Az elmondottak szerint érvényesnek kell lennie a következő összefüggéseknek

$$X = ax + by$$

$$Y = cx + dy$$

Azaz az egyik vektor lineáris transzformációval vihető át a másikba, a transz-



2. ábra. Alapvető összefüggések

formációs együtthatók $\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}$ éppen az üledékes rétegek szerkezetére jellemző mennyiségek (2. ábra).

Szemléletes képet kap ez az összefüggés egy homogén üledékes medence alján levő hengeres redő esetében.

$$X = ax \quad Y = y,$$

ahol X és Y a szerkezet alkotójára merőleges és azzal párhuzamos vetületi változásokat jelentik, a a redőre merőleges áram relatív sűrűsége.

A lineáris transzformációt a $T = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}$ determináns határozza meg, ez a determináns invariáns, azaz nem függ a koordinátarendszer megválasztásától, hanem az üledékes rétegek elektromos tulajdonságaitól és vastagságától.

Meg kell említenünk, hogy az elmondottak olyan helyeken, ahol az alapkőzet kibúvás igen közel van, nem érvényesek ilyen egyszerű alakban.

Az eddigiekben hallgatólagosan az foglaltatott, hogy az összefüggések az abszolút térvektorra érvényesek. Ugyanezek az összefüggések érvényesek

azonban a földi-áramok variációira is, amiket tulajdonképpen észlelünk, vagyis

$$X_1 - X_0 = a(x_1 - x_0) + b(y_1 - y_0)$$

$$Y_1 - Y_0 = c(x_1 - x_0) + d(y_1 - y_0),$$

illetőleg

$$\Delta X = a\Delta x + b\Delta y$$

$$\Delta Y = c\Delta x + d\Delta y.$$

Egyszerűség kedvéért éppen ezért megtarthatjuk a korábbi jelöléseinket.

Az alapállomáson, amelyen a mért komponensek x és y , a változásokat 1-re redukáljuk, azaz

$$x^2 + y^2 = 1,$$

tehát a vektor végpontja kör kerületén fekszik, nézzük meg, hogy a mérőállomás vektora ilyen körülmények között milyen geometriai alakot ír le. Az alapösszefüggésből:

$$x = \frac{dX - bY}{ad - bc}, \quad y = \frac{aY - cX}{ad - bc},$$

tehát

$$\left(\frac{dX - bY}{ad - bc}\right)^2 + \left(\frac{aY - cX}{ad - bc}\right)^2 = 1,$$

illetőleg

$$(dX - bY)^2 + (aY - cX)^2 = (ad - bc)^2,$$

végül

$$(c^2 + d^2)X^2 - 2(ac - bd)XY + (a^2 + b^2)Y^2 = (ad - bc)^2.$$

Ez nem más, mint középpontja körül elforgatott ellipszis egyenlete, azaz a mérőállomás vektorának végpontja ellipszist ír le. Az ellipszis nagyságát és tengelyeinek irányát az a , b , c , d elemek adják. Az ellipszis területe

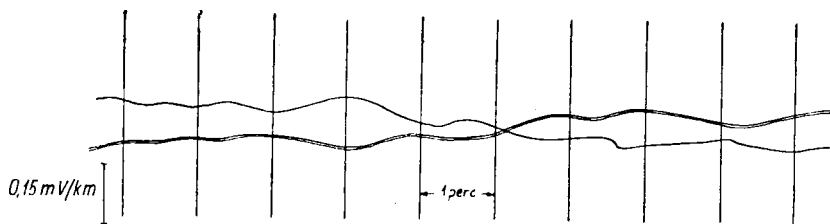
$$T = \left| \begin{array}{cc} a & b \\ c & d \end{array} \right| = (ad - bc).$$

Mint említettük, a mérőállomás ellipszisének területe a bázis körének területéhez viszonyítva jellemző az árameloszlásra az altalajban; ha a relatív terület mérőszáma nagyobb a bázis körénél, akkor az áramsűrűség vektora is nagyobb. Ez annyit jelent, hogy az üledékes rétegeknek vagy a vastagsága csökkent a bázistól a mérőállomás felé, vagy pedig az átlagos ellenállása növeke-

dett. A módszer tehát, mely az ellipszisek területarányát határozza meg a mérési adatokból, csupán egyetlen értéket szolgáltat minden egyes állomásra. A mérőállomás ellipszisének alakja, tengelyek aránya, lapultsága csak abban az esetben használható fel, ha a bázisállomás köre valóban kör, s nem csupán normálás útján jött létre. Ha a rétegtelepülések valóban olyanok, hogy a báziskör kör, akkor az ellipszisek elnyúltsága a rétegdőlések nagyságára, a nagytengety iránya pedig a dőlés irányára jellemző. Ezekre a kérdésekre csupán az említett eljárás alapján nem tudunk választ adni.

Ugyancsak nehézségekbe ütközünk az elmondott értékelési eljárással akkor is, midőn az áram irányát nem változtatja, nem forog. Ezzel az esettel volt dolgunk Kínában, mint az a felvételtől látható (3. ábra).

Ilyen esetre dolgozott ki eljárást A. P. BONDARENKO szovjet kutató. A közölt adatokból ítélve a mi pontosságunkat az eljárás nem elégíti ki.



3. ábra. Egyhangú tellurikus változások két összetevője Lin-Csin szomszédságában

Mind az ellipszis alakjának a felhasználására, mind pedig az utóbb említett nehézség leküzdésére alkalmas az alább ismertetendő — munkálatainknál általánosan bevezetett — eljárás, amely a teljes (totális) változások értékelésén alapszik.

Adott állomáson a tellurikus áramok változásainak vektorait elegendő hosszú ideig mérve, megállapíthatjuk, hogy a vektorok végpontjai középértékben ellipszis kerületén fekszenek.

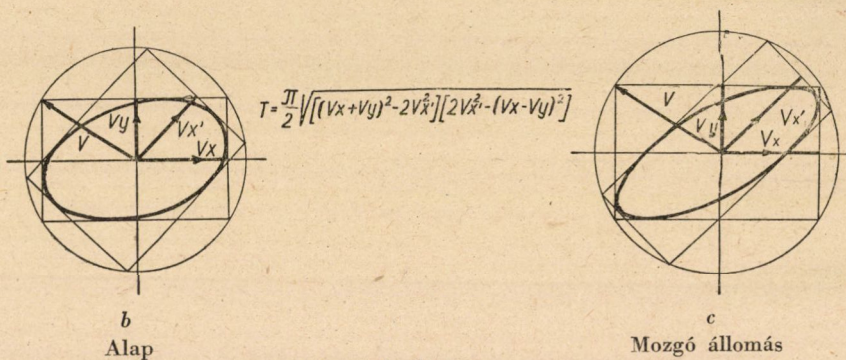
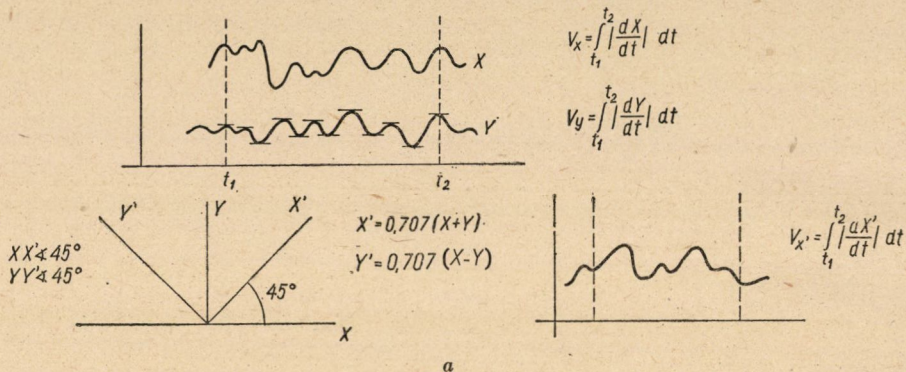
Derékszögű koordinátarendszerben mérve a változásokat — a fenti idő alatt — a tengely irányok mentén felvett görbék totális (teljes) változása nem egyéb, mint az ellipszis vetülete a két koordinátatengelyre.

Valamely görbe totális változásai alatt egy függvény meghatározott pontjai között az egymás után következő összes maximumok és minimumok ordinátái közötti különbségek abszolút értékeinek összegét értjük, beleértve a végeken lementszett értékeket is.

Esetünkben

$$V_x = \int_{t_1}^{t_2} \left| \frac{dX}{dt} \right| dt, \quad \text{ill.} \quad V_y = \int_{t_1}^{t_2} \left| \frac{dY}{dt} \right| dt.$$

Ezek a teljes változások komponensei — egész általánosságban mondhatjuk — arányosak az ellipszis vetületével a megfelelő tengelyre vonatkoztatva. Másképpen fogalmazva, a V_x és V_y komponensek nem egyebek, mint az ellipszisnek e tengelyekre merőleges érintőinek a távolságai a középponttól. Az ellipszist a középpontja és három különböző érintője meghatározza. Ha a fenti két komponensen kívül még egy harmadik irányban is mérjük a totális változás komponensét, akkor ezzel az ellipszist meghatároztuk.



4. ábra

Ennek a harmadik vektornak a mérése nem feltétlenül szükséges, ugyanis az idő függvényében változó vektort két tengelyre való vetülete teljesen meghatározza, e két értékből azután koordináta transzformáció útján egy harmadik irányban is kiszámíthatjuk a totális változás vektorát, miután a változás-görbét megszerkesztettük.

Elforgatás esetén az új koordináták (x', y')

$$x' = x \cos a + y \sin a$$

$$y' = -x \sin a + y \cos a.$$

Célszerű az új tengelyeket 45° -ra elforgatni, ekkor ugyanis

$$\sin 45^\circ = \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} = 0,707, \text{ s így}$$

$$x' = 0,707 (x + y).$$

$$y' = 0,707 (x - y).$$

Esetünkben elég a transzformációt csak az egyik új tengelyre elvégezni, mivel három érintő az ellipszis meghatározásához elegendő. Így azután megkapjuk a harmadik irány totális vektorának a komponensét is (4. ábra, a).

$$V_{x'} = \int_{t_1}^{t_2} \left| \frac{dX'}{dt} \right| dt.$$

E három érték alapján az ellipszis megszerkeszthető, de ez első pillanatban nem is szükséges, a területet a komponensekből egyszerűen megkapjuk (4. ábra, b, c).

$$T = \frac{\pi}{2} \sqrt{[(V_x + V_y)^2 - 2 V_{x'}^2] [2 V_{x'}^2 - (V_x - V_y)^2]}.$$

Ugyanezt az eljárást alkalmazva az alapállomáson, megkapjuk a bázis-terület értékét T_B-t (az integrációs köz itt is természetesen t_1 és t_2). Ez a terület azonban különbözik a korábbi ellipszis módszernél kapott területtől, mégpedig abban, hogy általában nem kör alakú, hanem a bázis alatti rétegtulajdonságoknak (viszonyoknak) megfelelő ellipszis. A területek aránya megegyezik az ellipszis módszerrel kapott területarányal. A kapott ellipszisek tehát a valóságos ellipszisek, amelyeknek excentricitása s tengelyirányai további vizsgálatok alapját képezheti, s mivel a területarányon kívül más adat birtokába is jutottunk, az értelmezésünk tökéletesebb lehet.

Olyan területeken, ahol a szokásos ellipszis módszerrel kaptuk az értékeket, sokszor elegendő, ha csupán a bázison határozzuk meg három irány szerint a totális összetevőt. Ezekből megkapjuk a bázison a kör helyett a valóságos ellipszist. Ennek megfelelően azután a többi ellipszis is transzformálható, így alakjuk és tengelyirányaik további vizsgálódásokra alkalmasak.

Három irányban mérve a változásokat, olyan területen is megszerkeszthetjük eljárásunkkal az ellipszist (valódi ellipszist), ahol a tellurikus áramok iránya nem változik (lásd a kínai példát).

Ismerve a totális változások komponenseit V_x és V_y -t, vektorális összeadással kaphatjuk a totális változás vektorát, V -t.

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}.$$

A V sugárral rajzolt kör mértani hely, az ellipszis egymásra merőleges érintőinek a metszéspontja (l. 4. ábra b, c).

A totális változás-vektorok viszonya szintén jellemző az egyes állomások alatti rétegösszlet szerkezetére. Ebből következik, hogy a totális vektorokkal rajzolt körök területének viszonya szintén állandó és jellemző az egyes állomásokra. Sokszor — két komponens mérése esetén — eltekinthetünk a harmadik irányra való transzformálástól, ez esetben megelégedhetünk a totális vektorok viszonyával, illetve a velük rajzolt körök területének a viszonzyszámával. Ez a viszonzyszám is jellemző az altalaj szerkezetére.

Meg kell jegyezni, hogy a módszer akkor is hasznos, ha a bázisállomás regisztrálása a mérések alkalmával valamilyen okból kifolyólag kimaradt. Ez esetben ugyan nem kaphatunk teljes értékű észlelést, mert a területviszony ismeretlen marad, az ellipszis excentricitása és tengelyeinek iránya azonban a dőlés-viszonyokra némi támpontot ad.

A mérési eredmények geofizikai értelmezése látszólag egyszerűnek tűnik. Homogén üledéket feltételezve a területviszonzyszámok a mélység viszonyát fejezik ki, nagyobb terület nagyobb áramsűrűséget jelent, tehát kisebb rétegvastagságot. Kvantitatív értelmezésre igen elegáns megoldást adott BARANOV a fenti esetre. Hazai példáinkon egy korábbi előadásomban kimutattam, hogy az üledékek homogenitása általában nem tételezhető fel, szükséges az üledékes rétegek átlag ellenállásának az ismerete, tehát a mélységszámításnál figyelembe veendő az $f(\rho)$ függvény is. Ugyancsak kimutattam, hogy ha megelégszünk az alapkőzet mélységviszonyainak az ismeretével, egy-két jellegzetes helyen elektromos szondázást végrehajtva, a szükséges hiányzó adatokat egyszerűen kaphatjuk.

CAGNIARD az általa bevezetett ún. magnetotellurikus módszerrel részben a különböző frekvenciájú áramok, részben pedig a tellurikus áramok s azok mágnessterének fázisviszonyai alapján igyekszik az üledékes rétegek szerkezetére fényt deríteni. A különböző frekvenciájú áramok behatolási mélysége a skinhatás folytán különböző, számszerűen kifejezve

$$P_{(km)} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{10 \cdot \rho \cdot T},$$

ahol ρ ohm-méterekben a fajlagos ellenállást, T pedig sec-ban a periódusidőt jelenti. Ha a formulát $T = 1$ sec-ra kifejtjük, akkor megkapjuk a különböző ρ értékekhez tartozó behatolási mélységet. Behatolási mélység alatt azt a

mélységet értjük rendszerint, melynél az áram amplitudója e -ed részre csökken. $T = 1$ sec esetén tehát

ρ ohm-m	Behatolási mélység (km)
0,2	0,225
1	0,503
5	1,13
10	1,59
50	3,56
250	7,95

Mivel a felkutatandó szerkezetek mélysége általánosságban 2 km körül van, s az üledékes összlet átlag ellenállása ritkán nagyobb 10 ohm-m-nél, belátható, hogy a magnetotellurikus módszernél az üledékes rétegsor szerkezetkutatásánál az 1 sec alatti frekvenciák jöhetnek számításba, mivel már az 1 sec periódusnál is túl nagy a behatolás mélysége. Az általunk észlelt tellurikus áramváltozások periódusa 1 sec — 1—2 min. között van. Úgyhogy a CAGNIARD-féle eljárás-hoz szükséges szapora változások ritkák.

Vizsgáljuk meg a következőkben, milyen adatokat tudunk a mérési eredményeinkből felhasználni az értelmezéshez és a geofizikai kép teljesebbé tételéhez.

Ha a rétegek szintes településűek és homogénnek vehetők, a bázisra vonatkoztatott vektor a tér forgása közben kört ír le. A kör területe természetesen elsősorban attól függ, hogy mekkora a homogén üledékes réteg vastagsága. Ha azonban az alapkőzet emelkedik, dőlése van, a vektor — amely az áram-sűrűséggel arányos — a dőlés irányában megnagyobbodik, az áram forgása közben tehát ellipszist ír le. Ha a totális változások alapján határozzuk meg az ellipszist, akkor a valóságos ellipszist kapjuk, amely jellemző az altalajra, azaz az excentricitása és a tengelyiránya — homogén üledéket tételezve fel — az alapkőzet emelkedésétől, dőlés-szögétől függ. Ha az áram a dőlés irányára merőlegesen folyik, akkor a mért potenciálkülönbség a Δx távolságon legyen ΔV , ha a dőlés irányában folyik az áram, akkor ugyancsak a $\Delta y = \Delta x$ távolságon mért potenciálkülönbség legyen $\Delta V'$. Homogén üledéket tételezve fel, az első esetben a potenciál-gradiens fordítottan arányos a h mélységgel, a második esetben pedig a h' -vel, azaz (5. ábra)

$$\frac{\Delta V}{\Delta x} = c \frac{1}{h}, \quad \frac{\Delta V'}{\Delta x} = c \frac{1}{h'},$$

mivel

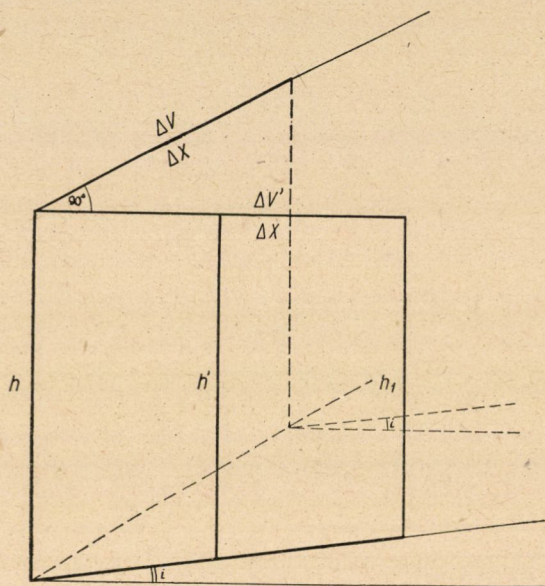
$$\operatorname{tg} i = \frac{h - h_1}{\Delta x} = \frac{h - h'}{\Delta x/2},$$

így

$$h' = h - \frac{\Delta x}{2} \operatorname{tg} i, \text{ tehát } \frac{\Delta V'}{\Delta x} = c \frac{1}{h - \frac{\Delta x}{2} \operatorname{tg} i},$$

azaz

$$\frac{\Delta V}{\Delta V'} = \frac{h - \frac{\Delta x}{2} \operatorname{tg} i}{h} = 1 - \frac{\Delta x}{2h} \operatorname{tg} i,$$



$$\operatorname{tg} i = \left(1 - \frac{\Delta V}{\Delta V'}\right) \frac{2h}{\Delta x}$$

5. ábra. Az ellipszistengely-arány és a dőlés közti összefüggés

ahonnet

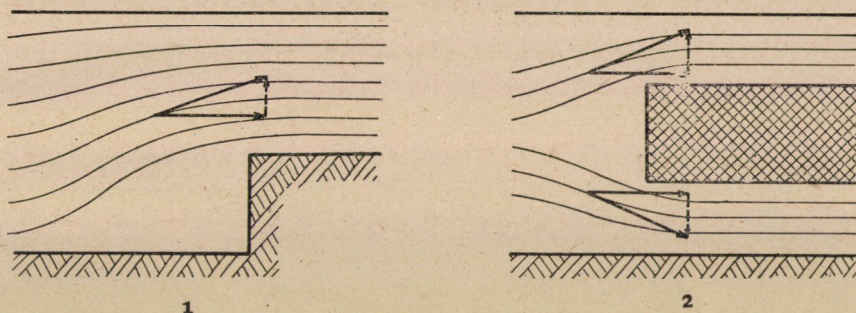
$$\operatorname{tg} i = \left(1 - \frac{\Delta V}{\Delta V'}\right) \frac{2h}{\Delta x}$$

Ebben a kifejezésben a $\frac{\Delta V}{\Delta V'}$ nem egyéb, mint a valóságos ellipszis kis- és nagy tengelyének aránya, tehát h ismeretében a dőlés-szög kiszámítható (Δx a terítési távolság). A nagy tengely iránya tehát a nagy ellenállású alapkőzet dőlésének az irányába mutat.

A tellurikus áramváltozások vertikális komponensének ismeretében a feladatot egyértelműen oldhatnánk meg, ugyanis e két ismeretlenes egyenletből az egyik ismeretlent meghatározhatnánk. Mivel a komponens mérése mágneses

úton történhetik, s még az e célra tervezett magnetométerünk nem készült el, ezzel a kérdéssel részletesebben foglalkozni nem tartom időszerűnek. Csupán arra az előnyre szeretnék rámutatni, amit az említett eredményen kívül még ennek a komponensnek mérése nyújthat. Az értelmezés egyik, mondhatnám legfontosabb problémája az, hogy a kapott anomáliák az alapkőzet felboltozódásából vagy pedig a rétegek elhomokosodásából származnak-e. Komplex (gravitációs, tellurikus) geofizikai kutatással ez a kérdés kétségtől eldönthető. Nézzük meg, egymagában a tellurika nem képes-e erre a feladatra. Durva egyszerűsítéssel a problémát a következőképpen ábrázolhatjuk (6. ábra).

A keresztmetszet csökkenés mindkét esetben ugyanaz, az áramsűrűségek — ellipszisek területének — viszonya szintén mindkét esetben ugyanaz. Könnyen



6. ábra. Tellurikus áramok vertikális összetevője

belátható, hogy a mágneses hatás alapján mért z komponens nem lesz ugyanaz mindkét esetben. Tehát e probléma eldöntésére így lehetőség nyílik. Mint fentebb jeleztem, ez irányban a vizsgálataink még folyamatban vannak.

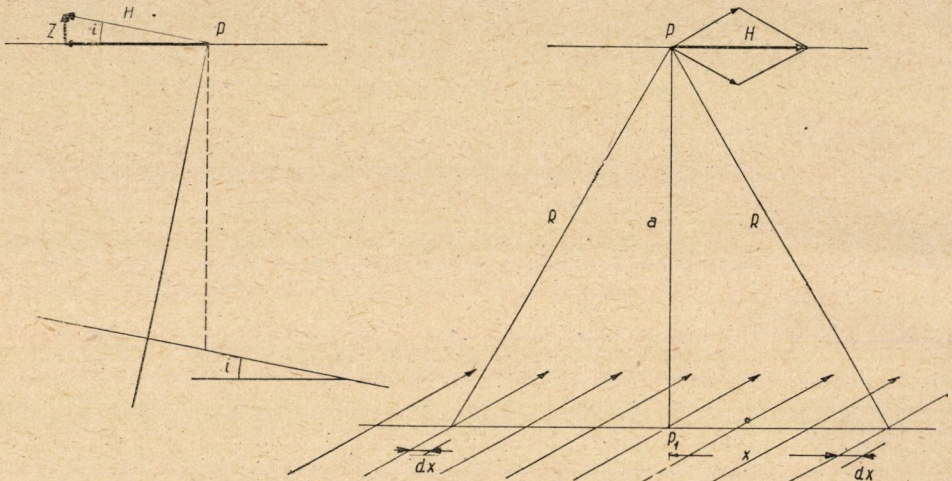
A teljes kép kialakításához minden tényezőt figyelembe kell vennünk, minden mérhető mennyiséget meg kell mérnünk a helyes (mély) térbeli látásunk kiszélesítéséhez. A valóságos ellipszis tengelyviszonyaiból kétismeretlen egyenlethez jutottunk. E két ismeretlen a dőlés szöge és a mélység. Ha az egyiket meghatározzuk más módon, a másik adódik. A dőlés-szög meghatározására kínálkozik a tellurikus áramoknak a vertikális mágneses tere és annak változásai. Ezek a változások vízszintes körvezetőkben feszültséget indukálnak, az indukált feszültség arányos a rétegek dőlés-szögével, helyesebben — homogén üledéket tételezve fel — az alapkőzet dőlésével. Itt természetesen bizonyítani kell, hogy ezeket a vertikális mágneses változásokat a tellurikus áramok hozzák létre. Korábbi részleges vizsgálataink igazolni látszanak ezt a feltevést, teljes bizonyítás céljából azonban modellen is megvizsgáljuk a kérdést.

Homogén üledékben, ha az alapkőzet párhuzamos a felszínnel, a tellurikus áramvonalak párhuzamosak, s ez az áramköteg helyettesíthető egy, a felszínnel

párhuzamos homogén áramlemezrel. A 7. ábra szerint a felszín P pontjában a mágnes tér intenzitása

$$H = \int_0^{\infty} \frac{4 \cdot i \cdot a \cdot dx}{a^2 + x^2} = 2\pi i = 0,2\pi \cdot A,$$

ha az áramsűrűség A amper per cm. A mágnes tér iránya vízszintes és merőleges az áram folyási irányára. Ekkor tehát vertikális komponens nincs. Ha azonban



7. ábra. A függőleges mágneses komponens indukcióhatása. Teljes változás

az alapkőzetnek dőlése van, akkor nem egy vízszintes áramlemez a helyettesítő, hanem a dőlésnek nem teljesen megfelelő szögű (7. ábra). Ebben az esetben az eredő mágnes tér iránya párhuzamos a dőlt áramlemez síkjával, a felszínen két komponensre bontható, horizontálisra és vertikálisra. A vertikális komponens az, amelynek változása a felszínen vízszintesen helyezett körvezetőben feszültséget indukál, az indukált feszültség a dőlés-szög mértéke lesz. (A formulából az üledékes kőzetek permeabilitását elhagytuk, mivel ez közel 1.)

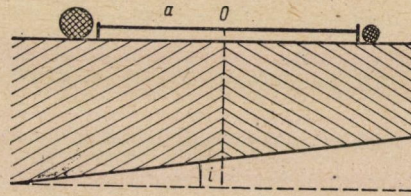
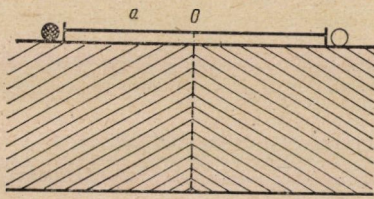
Ha az áram iránya a rajz síkjára merőleges s az alapkőzet párhuzamos a felszínnel, az O -n keresztülmennő (8. ábra) vertikálistól jobbra vagy balra haladó áramvonalak induktív hatása az a sugarú körvezetőre ugyanaz, abban tehát feszültség nem indukálódik. A második esetben a jobboldali áram hatása más lesz, mint a baloldalié. A két áram-folyam hatása két olyan végtelen hosszú egyenes vezető hatására vezethető vissza, amelyek a körvezető síkjában fekszenek, a bennük haladó áramerősség azonban különböző. (Ez a különbözőség mértéke a dőlésnek.) Megjegyzendő, egyetlen olyan egyenes vezető is reprezentálná a problémát, amely a körvezető síkját nem felezi, hanem aszimmetrikusan helyezkedik el.

Ha az egyenes vezető által, amely a körvezetővel egy síkban fekszik, a kör középpontjától $b > a$ távolságra létrehozott térerősség

$$H = \frac{I}{2\pi r} = \frac{I}{2\pi} \cdot \frac{1}{b + \varrho \cos \varphi},$$

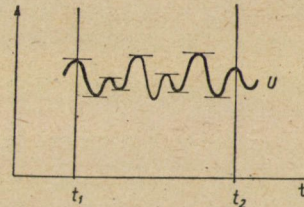
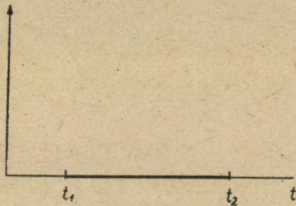
a körvezetőn áthaladó fluxus

$$\Phi = \frac{I}{2\pi} \int_0^a \int_0^{2\pi} \frac{\varphi \cdot d\varphi \cdot d\varrho}{b + \varrho \cos \varphi} \quad (\mu = 1),$$



$$U_t = \int_{t_1}^{t_2} \frac{du}{dt} dt = 0$$

$$U_t = \int_{t_1}^{t_2} \frac{du}{dt} dt = ci$$



8. ábra. A virtuális dőlés összetétele a függőleges intenzitás összes változásából

mivel az

$$\int_0^{2\pi} \frac{d\varphi}{b + \varrho \cos \varphi} = \frac{2\pi}{\sqrt{b^2 - \varrho^2}},$$

tehát

$$\Phi = I \int_0^a \frac{\varrho}{\sqrt{b^2 - \varrho^2}} d\varrho = I \left[-\sqrt{b^2 - \varrho^2} \right]_0^a = I \left(b - \sqrt{b^2 - a^2} \right).$$

A kölcsönös indukció tényezője :

$$M = \frac{\Phi}{I} = \left(b - \sqrt{b^2 - a^2} \right).$$

Az indukált feszültség $U = -M \frac{dI}{dt}$. Esetünkben az indukált feszültséget

kétféleképpen foghatjuk fel: két olyan vezetőben folyó váltakozóáram hatása-ként, amelyek a körvezető középpontjától különböző távolságra vannak (ellen-kező irányban), intenzitásuk egyforma; vagy egyenlő távolságra levő két olyan vezető hatásaként, amelyekben az áram intenzitása különböző.

Mivel az áram intenzitását nem ismerjük, csak annyit mondhatunk, hogy a feltett esetben az indukált feszültség arányos a rétegdőléssel.

A tellurikus áramoknak azonban sem az irányát, sem az erősségét nem tudjuk befolyásolni, a kérdést általánosságban tehát ilyen egyszerűen nem tudjuk megoldani. A körvezetőben indukált feszültséggel egymagában nem tudunk mit kezdeni. A tellurikus komponensekkel egyidejűleg mérve azonban igen értékes eredményt kapunk. Ezzel az esettel más helyen kívánok foglal-kozni.

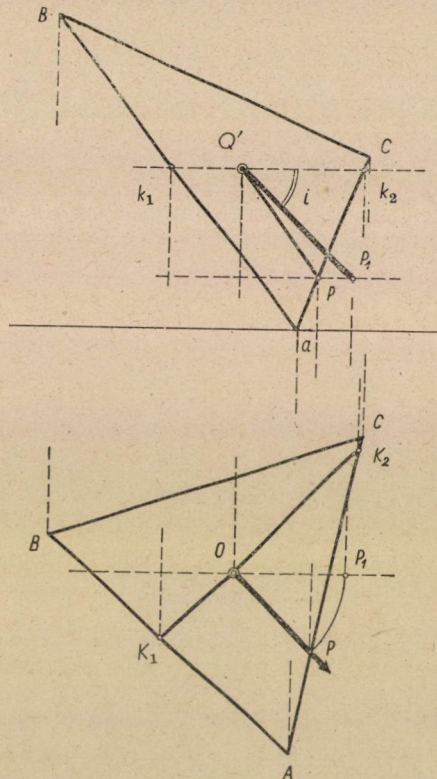
A tellurikus áramok forgásuk közben elérnek olyan helyzetet, amelynél irányuk a dőlés irányával megegyezik, vagy arra merőleges. Eközben a víz-szintesen elhelyezett keretben az indukált feszültség a különböző áramirányok-nak megfelelően nullától egy bizonyos maximális értékig nő, a dőlés szögétől függően. A feszültségváltozás tehát periódikus függvénnyel fejezhető ki. Ha elég hosszú ideig regisztráljuk a keretben indukált feszültségeket, a kapott görbék-nek képezhetjük a totális változását. Ez a totális változás is arányos lesz a dőlés-szöggel. Mivel az áram iránya és erőssége nem ismeretes, a fenti értéket csak úgy tudjuk hasznosítani, ha ugyanezen idő alatt egy másik állomáson is regisztráljuk ugyanolyan keretben az indukált feszültséget, s ugyancsak képez-zük a totális változást. A változások különbsége a dőlés-szögek külön-bségével arányos. Ha három körvezetőben — melynek középpontjai egy egyenlő-oldalú háromszög csúcspontjaiban fekszenek — egyidejűleg regisztráljuk az indukált feszültségeket s a totális változásokat mint koordinátákat felhordjuk a pontokban, akkor a különbségekből az egyik ponthoz viszonyítva meghatároz-hatjuk a relatív dőlés irányát és nagyságát. Olyan ponthoz kapcsolódva, amely-nél a dőlés nulla, a valóságos döléseket kapjuk s ezzel a struktúrára igen jellemző (a szeizmikus dipekhez hasonló) adathoz jutunk. Ennek az eljárásnak az előnye ott tűnik ki különösen, ahol rossz vezető felszíni rétegek vannak (sivatag) s az elektródák nagy átmeneti ellenállása miatt a rendes tellurikus méréseket nem tudjuk elvégezni. A totális feszültség-változások az egyes kör-vezetőkben

$$U_{t_1} = \int_{t_1}^{t_2} \left| \frac{dU_1}{dt} \right| dt, \quad U_{t_2} = \int_{t_1}^{t_2} \left| \frac{dU_2}{dt} \right| dt, \quad U_{t_3} = \int_{t_1}^{t_2} \left| \frac{dU_3}{dt} \right| dt.$$

Ezekből az értékekből a látszólagos dölést a következőképpen határozhatjuk meg (9. ábra):

A ABC háromszög csúcspontjai a horizontális körvezetők középpontjai. A abc háromszög csúcspontjai a $Ut_2 - Ut_1$ és a $Ut_3 - Ut_1$ totális-változás különbségek vertikális vetületei.

Megszerkesztjük a háromszögek súlypontjait (O, O'). Az O' súlyponton keresztülmenő vízszintes egyenes az oldalakból a k_1, k_2 pontokat metszi ki.



9. ábra

Ezeknek a pontoknak a vetületei az alsó háromszög megfelelő oldalaira K_1 és K_2 . A K_1K_2 -öt összekötő egyenesre az O -ból rajzolt merőleges adja a látszólagos dőlés irányát, α . További szerkesztéssel — a rajzból leolvasható — kapjuk az i szöveget, amely arányos a látszólagos dőléssel.

Úgy gondolom, ezzel az eljárással a tellurikus kutatások egy újabb fejezetét nyitottuk meg.

Végezetül néhány területen végzett mérési eredményeinket szeretném bemutatni, összevetve a korábbi gravitációs mérések eredményeivel. Az anomáliák elemzésébe nem bocsátkozom, csupán a jellegzetességekre kívánom a figyelmet felhívni.

A mihályi tellurikus szelvényt szemlélve, magyarázatot kapnak a Δg görbe másodlagos anomáliái, s megerősítést a Vajk-féle geológiai metszet.

Nagylengyel környékén egyedül ez a módszer adta a helyes üledék vastagság viszonyát Salomvár és Nagylengyel között.

A buzsáki szelvény is lényegesen több részletet tartalmaz a gravitációs felvételnél.

Az andráshida—zalaszentgróti szelvény egyben kritika is az ott alkalmazott másodlagos gravitációs anomália számításra. Az Andráshida melletti anomáliát a tellurikus eredmények egyáltalán nem igazolják.

A Lin-Chin (Kína) környéki méréseknek azt kellett eldönteni, hogy a gravitációs minimum sódómot jelez-e vagy sem. A kapott eredmények igazolni látszanak a sódóm feltevését, a teljes értelmezéshez azonban még további vizsgálatok szükségesek.

Előadásomban vázoltam a tellurikus módszer lényegét, összefoglaltam azokat az eredményeket, melyekkel a mi kutatásaink járultak hozzá ennek a sokat ígérő eljárásnak a fejlesztéséhez. Kutatásaink ezzel természetesen nem tekinthetők befejezettnek, bár a felsorolt mérési eredmények szerint így is igen fontos kérdések megoldására vállalkozhatunk. Folyamatban levő vizsgálataink reményt nyújtanak arra, hogy legközelebb még gazdagabb eredményekkel jelentkezhetünk. Ehhez azonban a mi akaratunkon kívül a felsőbb hatóságaink hathatósabb támogatása is elengedhetetlen.

HOZZÁSZÓLÁS

VADÁSZ ELEMÉR elnök

A Magyar Tudományos Akadémia szabályai értelmében a székfoglaló előadást nem követi vita, ezért tehát megköszönöm KÁNTÁS KÁROLY levelező tag székfoglaló előadását. A székfoglaló megtartását további eljárás céljából a Műszaki Tudományok Osztályával közölni fogjuk. Az oklevél kiállításáról és átadásáról az osztály fog gondoskodni.

Anélkül, hogy vitatkozni akarnék, legyen szabad KÁNTÁS kartárs figyelmét felhívni arra, hogy talán célszerű volna a címben nyomatékosabban kiemelni, hogy „földtani” nyersanyagkutatásról van szó. Az előadás címe tehát helyesebb lenne ebben a fogalmazásban: „A tellurikus módszer jelentősége a földtani nyersanyagkutatásban.” Azt ugyanis nem akarnám mondani, hogy az ásványi nyersanyagkutatásban. (KÁNTÁS KÁROLY: Semmi akadály sincs, hogy nyomtatásban így jelenjék meg.) Még csak azt kívánom hozzátenni, hogy az akadémiai nagygyűlésen a főtitkár beszámolója és minden ezzel kapcsolatos hozzászólás és megnyilvánulás az Akadémia részéről a további hasonló kutatások fokozottabb, a lehetőségek határáig menő támogatását helyezte kilátásba. Nyomatékosan hangsúlyozza ezt az Akadémia hozzászólása öt-éves tervünk irányelveinek kidolgozásához. Itt a hangsúly a tudományos kutatáson van, olyan értelemben véve, hogy nem azonnali megvalósításra váró problémákkal foglalkozhassunk csupán, mert az Akadémiának elsősorban az a feladata, hogy a messze távlati, elméleti problémák kikutatásának legyen úttörője. Ilyen értelemben azt hiszem, hogy a Műszaki Tudományok Osztálya felé a székfoglalóval kapcsolatosan is továbbíthatom ezt az óhajt.

FÉNYCSÖVEK GYÁRTÁSÁVAL ÉS FEJLESZTÉSÉVEL KAPCSOLATOS PROBLÉMÁK*

SZIGETI GYÖRGY

LEV. TAG

Az alábbiakban áttekintést óhajtok adni azokról a munkákról, amelyeket az Egyesült Izzólámpa és Villamossági rt., valamint a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet keretében munkatársaimmal együtt végeztünk a fénycsővek gyártásának fejlesztése terén. Szeretném röviden összefoglalni a gyártás során mutatkozott legfontosabb hibákat és nehézségeket, valamint az ezek kiküszöbölésére történt intézkedéseket. Szeretnék végül rövid beszámolót adni arról a kutatómunkáról, amelyet az említett tárgykörben, továbbá a lumineszkáló anyagokkal kapcsolatban gyakorlati és elméleti vonatkozásban a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézetben végeztünk. Befejezésül megemlítem azokat a távlati jellegű kutatásokat, amelyek az elektrolumineszcens és rádiolumineszcens fényforrásokkal kapcsolatban jelenleg is folynak.

I. Történeti áttekintés

Az Egyesült Izzóban fénycsővekre vonatkozó kutatásokkal szerző 1936-ban kezdett foglalkozni. Az ez időben megkezdett kutatásoknak célja volt annak eldöntése, hogy milyen fajtájú gázkisüléssel lámpák ígérkeznek a gyakorlat számára leghasználhatóbbnak. Kipróbáltunk többféle kisnyomású és nagynyomású gázkisüléssel, valamint higanykisüléssel csövet. Kísérleteket végeztünk különféle kisnyomású, lumineszkáló üvegszobájú higanygőzlámpákkal.

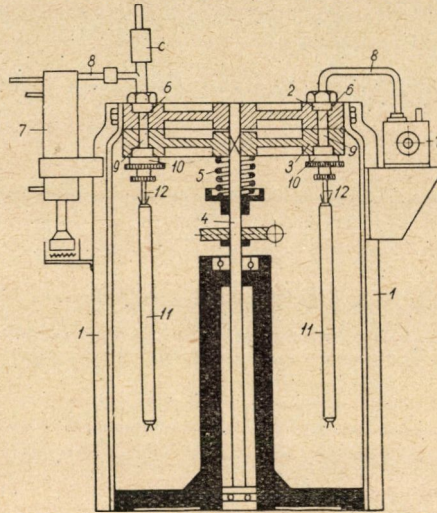
A vállalat megbízásából több tanulmányutat tettem, a külföldi fejlődés irányának megismerésére. Ezen tanulmányutak, valamint a legjelentősebb külföldi vállalatokkal történt tapasztalatcsere alapján a vállalat úgy döntött, hogy fejlesztését főleg a fénycsővekre, tehát a kisnyomású, izzókatódos, fluoreszkáló bevonatú higanygőzlámpákra fogja koncentrálni. E célból a vállalat több munkatársát, többek között szerzőt is többhónapos tanulmányútra küldte az Egyesült Államokba, amely tanulmányútnak egyik célja volt a fénycsővek gyártásának és fejlesztésének tanulmányozása az amerikai General Electric és Westinghouse cégeknél. Ezen tanulmányutak tapasztalatainak felhasználásával indult meg 1937-ben a fénycsővek kidolgozására irányuló fejlesztési és kutatási munka.

A laboratóriumi kísérletek után megkezdődött a fénycsővek gyártására szolgáló gépi berendezés tervezése és kivitelezése PINTÉR JENŐ és GÁCS ISTVÁN vezetésével. A gépi berendezés elkészültét nagymértékben hátráltatta az időközben kitört világháború és az a körülmény, hogy a gyár számos dolgozóját az akkori fasiszta kormányzat koncentrációs táborba hurcolta, ahol sajnálatosan nagy részük, köztük PINTÉR JENŐ is életét vesztette.

A felszabadulás után újra megindultak a kísérletek a lumineszkáló lámpák gyártásának bevezetésére. Saját kísérleteink és külföldi tapasztalatok felhasználásával a kutatólaboratórium keretében fénycső kísérleti gyártás létesült. Az itt kidolgozott és kipróbált gépeket vette át azután az üzem és használta a gyártás céljaira addig, míg a nagyobb teljesítményű tömeggyártó

*) 1956. jún. 1-én tartott székfoglaló előadás.

gépek el nem készültek. Ezen kísérleti gyártással kapcsolatban érdemesnek tartom megemlíteni, hogy a kísérleti gyártás minden fázisát igyekeztünk úgy megvalósítani, hogy az egyben a tömeggyártó automaták leendő működésének kipróbálását is képezze. A laboratóriumi szivattyú pl. a tervezett nagyméretű körforgó automata szivattyú egyik pozícióját valósította meg és a műveletek időzítésével is (kimelegítés, katódizálás stb.) igyekeztünk az automata szivattyú tervezett időzítéseit megvalósítani. Mikor azonban a kísérleti gyártásra került a sor, kiderült, hogy a végleges szivattyúautomata elkészítése még aránylag hosszú ideig el fog húzódní, viszont a tervezett mennyiség gyártásához már egy álló szivattyú nem elegendő. Itt tehát, eltérően a tervezett automata működési elveitől, kidolgoztunk és PATAK JÁNOS vezetésével elkészítettünk egy kisméretű, hatfejű, körforgó szivattyút,* amely azután majdnem 4 évig üzemben is volt és nagy segítséget jelentett a gyártás részére. Mivel ezen szivattyú működése és konstrukciója sok tekintetben különbözik az általában szokásos szivattyú automatáktól, és mivel arány-



1. ábra

lag kis mennyiségek gyártására olcsó és egyszerű módszert valósít meg, néhány szóval ismertetem azt.

A szivattyú vázlatos rajzát az 1. ábra függőleges metszetben tünteti fel.

A gép vezérlésére és meghajtására szolgáló elemek, melyek az eddig használtakkal azonosak, az ábrán nincsenek feltüntetve. Az 1 szögvaskerettel tartott 2 álló szeleprész alatt helyezkedik el a 3 forgó szeleprész, amely 2 szeleprészhez légzáróan hozzá van csiszolva. A 3 forgórészt a 4 tengely tartja és az 5 rugó szorítja hozzá az álló részhez. Az álló rész 6 furataihoz csatlakoznak a 7 szivattyútól jövő 8 elszívó vezetékek. A gép egyes állásaiban az álló szeleprész minden egyes 6 jelzésű furatával azonos tengelybe kerül a forgó szeleprésznek egy-egy 9 jelzésű furata. A 9 furathoz csatlakozik a 10 vákuumzár, melybe behelyezzük a szivattyúzandó 11 lámpáknak 12 jelzésű szívócsöveit. A szivattyú körülforgása során a lámpákat evakuálja, a szükséges módon kimelegíti, a lámpák katódjait kiüztítja és aktiválja, a lámpákba higanyt adagol, a beadagolt, részben elpárolgó higany gőzében ívet létesítve, a lámpákat kiformálja és végül kellő nyomású nemesgázzal tölti meg.

E műveletek elvégzésére szolgáló berendezések a higanyadagolás kivételével azonosak az eddig használtakkal és így ezeket a rajzon egyszerűség kedvéért nem tüntettük fel. A higanyadagolás az 1. ábrán c-vel jelölt helyen történik.

Mint látható, ennek a gépnek legfontosabb jellemzője, hogy a forgó szeleprész egyben szivattyúkoszorú is és így a szeleppárnák az egyes furatai az egyes szivattyúzandó lámpákkal azonos függőleges tengelybe esnek. Mivel így elmarad a szeleptől a szokásos szivattyúknál a

* SZIGETI GYÖRGY, 138 196 sz. magyar szabadalom.

szivattyú-koszorúig vezetõ sugárirányú vezeték és a többszörös könyök, melyek a szívással szemben lényeges ellenállást jelentettek, a szivattyúzáshoz szükséges idõ lényegesen meg- rövidíthetõ. Tekintve, hogy a szivattyú osztókõre lényegesen kisebb, mint az eddig szokásos gépeké, az egész gép könnyebb, egyszerűbb és olcsóbb. Mivel az álló szelep furata minden váltás után pontosan egy függõleges egyenesbe esik a forgószelep furatával, a higanyadagolás módja is egyszerűbbé válik és elegendõ a szokásos higanyadagolóból csak egy darabnak a felszerelése (a nagyobb méretû szokásos szivattyú automatáknál a forgórész minden egyes pozíciójában van egy higanyadagoló, ezeknél tehát lényegesen több a napi tisztításra és karbantartásra szükséges munka is, az üzemzavarok lehetõsége is sokkal nagyobb).

Az itt leírt szivattyút üzembehelyezve, kiderült, hogy a fénycsövek gyártási módjában ennél a berendezésnél még további lényeges egyszerűsítés érhető el. Azt találtuk ugyanis, hogy ha a szivattyú folyamatosan, azonnal feldolgozza a beégetett és beforrasztott fénycsöveket úgy, hogy a beégetés befejeztétõl a szivattyúzásig 20—30 percnél hosszabb idõ nem telik el, akkor a lámpabúrának a szivattyúzás közben szokásos kimelegítése teljességgel mellõzhetõ. A fénypor beégetésekor ugyanis a fénycsõbúrákat egészen az üveg lágyulásáig fel kell hevíteni. Ennél a mûveletnél a falon adszorbeált vízgõz teljes mértékig eltávozik. Vizsgálataink azt mutat- ták, hogy a vízgõz újra-adszorpciójához legalább félóra idõ szükséges. Ha a szivattyúzás ezen idõn belül történik meg, úgy az üvegbúrának újból való kimelegítése felesleges és a kimelegít- tetlenül szivattyúzott lámpák minõsége és élettartama teljesen azonos a kimelegítéssel készült lámpákéval. (Hasonló tapasztalatok vezettek egyébként az izzólámpa gyártásánál az ugyan- csak külön kimelegítés nélkül mûködõ ún. duplex-gépek konstrukciójára, vagy a rádiócsövek szivattyúzására Amerikában az igen régóta alkalmazott ún. sealax-gépekre.)

Tekintve azonban, hogy az elõzetes tervezések alapján a fénycsõgyártás munka- menetének minden körülmények között való folyamatossága és az esetleges torlódások feltétlen biztonsággal való kiküszöbölése nem látszott biztosíthatónak, a vállalat úgy döntött, hogy a tömeggyártás céljaira nem a leírt és a kísérletek során bevált, de feltétlenül folyamatos munkát megkövetelõ rendszerû szivattyút, hanem a külföldi nagy gyáraknál látott nagyméretû körforgó szivattyú automatát fogja megvalósítani. Valóban ilyen rendszerû automata készült is el 36 fejt kivitelben, GÁCS ISTVÁN és KERÉNYI ISTVÁN vezetése alatt. A késõbbiek során ezt az Izzó Fejlesztési Gyáregysége egy 48 fejes gépre fejlesztette ki, GÁCS ISTVÁN irányítása mellett.

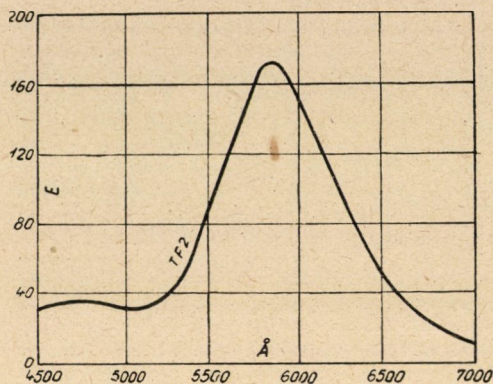
II. Az Egyesült Izzó fénycsõgyártása

A jelenleg gyártott típusok 15, 20, 30, 40 és 85 W-os kivitelben készülnek. A 65 és 8 W-os típusokat jelenleg tervezzük. Valamennyi típus ún. halofoszfát fényporral készül. E fénypor különféle változatainak hazai kidolgozását különösen MAKAI ENDRE, NAGY ELEMÉR, SZABÓ JÁNOS és KARDOS FERENC köz- remûködése segítette elõ. Ezek a fényporok — mint ismeretes — antimon- nal és mangánnal aktivált kalciumklorofluorofoszfátból állnak. A mangán-, valamint a klór- és fluortartalom változtatásával a fluoreszkálás színének össze- tétele igen tág határok között változtatható. Gyártásra kerül:

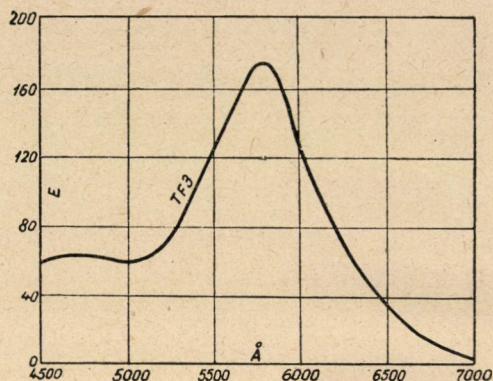
az F2 típus, amelynek színhõmérséklete	kb. 2500 K°
F3 „ „ „ „	kb. 3500 K°
F6 „ „ „ „	kb. 5500 K°
és az F7 „ „ „ „	kb. 6500 K°

Fenti lámpák a meleg, illetve a napfényszerû fehér színnek különbözõ árnyalatait valósítják meg. Fényhatásfokuk kb. 50 Lm/W a típustól és szín- árnyalattól függõen. A lámpák fényének spektrális eloszlása a 2—5. ábrákon látható.

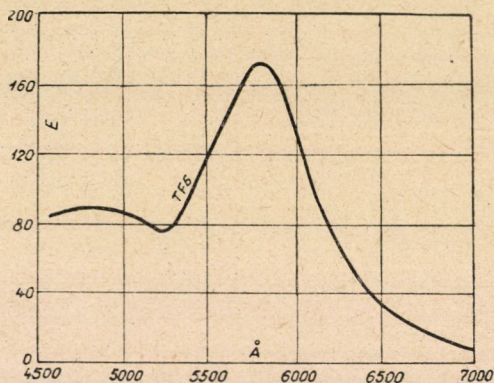
Mint az ábrákból láthatjuk, a lámpák spektruma elég jól megközelíti a fehér fényét, azonban mind a kék, mind a mélyvörös oldalon komoly hiányok mutatkoznak valamennyi színárnyalatnál. Ehhez hozzájárul még, hogy a higanynak a spektrum ibolya-részében igen erős vonalai vannak, tehát a lámpa a kékes színeknél azok ibolyaszerű eltorzítását okozza. Ugyanakkor a mélyvörös szín



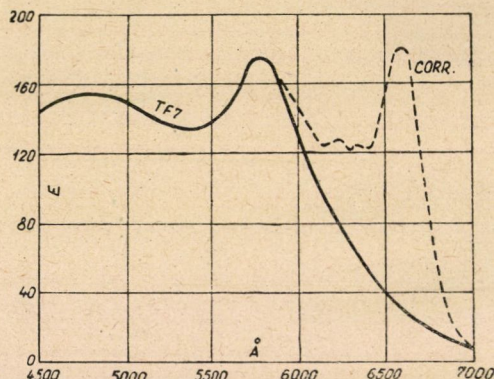
2. ábra



3. ábra



4. ábra



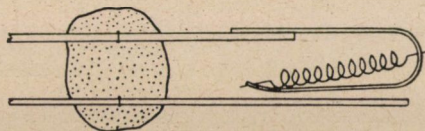
5. ábra

fakó árnyalatban jelenik meg. A mélyvörös szín pótlására külföldi cégek a fényporhoz mangánnal aktivált magnéziumarzenátot szoktak adni. Laboratóriumunk mérései alapján ENDRŐI PÁL, KÁRPÁTI ÉVA, és SZABÓ JÁNOS munkatársaimmal új színkeveréket készítettünk. Ezzel a fénycsővel a természetes színvisszaadást igen nagy mértékben sikerült biztosítanunk. A csövet magyar textilgyárak festőüzemei kipróbálták és igen kedvezően nyilatkoztak róla. Ezt a típust jelenleg még nem gyártjuk, csak laboratóriumszerűen készültek mintalámpák.

III. A gyújtó

A fénycsövek gyújtására a szokásos bimetallos gyújtót használjuk. A gyújtó hajlított bimetalból és ezzel szemben elhelyezett ellenelektórból áll. Az elektród-rendszer ritkított argon atmoszférában foglal helyet. A bimetallt az argonban létesülő ködfényű kisülés melegíti fel annyira, hogy az ellenelektóddal érintkezve az áramkört zárja. A szokásos gyújtóknál ez a zárás csak nagyon rövid ideig tart és rendszerint többszöri zárás és megszakítás szükséges a lámpa begyújtásához. Kétféle típusú Tungstam-gyújtó van forgalomban, mégpedig az FG1 a kisfeszültségű (15 és 20 W-os), az FG2 pedig a nagyfeszültségű (30 és 40 W-os) lámpákhoz.

Mint fentebb említettük, az eddig használatos gyújtók a fénycsöveget általában többszöri megszakítással gyújtják be. Ez egyrészt kellemetlen vibrálást okoz a lámpa gyújtásakor, másrészt pedig az a körülmény, hogy a lámpák katódja még nem kellő hőmérsékleten kap feszültséglökéseket — amelyek a



6. ábra

fojtótekercsen átfolyó áram megszakításából erednek —, azt idézi elő, hogy a lámpák a gyújtások számának megfelelően korábban mennek tönkre és végeik sokkal korábban feketednek, mintha egyfolytában égettük volna.

Ezen a hibán kívántunk LAKATOS GYÖRGY, SZABÓ JÁNOS és WEISZBURG JÁNOS munkatársaimmal segíteni oly módon, hogy a bimetallnak megfelelő hőképletetést adtunk.* Ezt a hőképletetést oly módon értük el, hogy a bimetal két ága közé 0,18 mm \varnothing -jú wolframfonalból készült spirálist hegesztettünk (6. ábra). A kisülés hatására ez a spirális kb. 1000—1500 C° hőmérsékletre felizzik és a rövidzárás után még egy ideig melegíti a bimetal elektródát és így módon meghosszabbítja a rövidzárás idejét. A spirális hossza úgy van méretezve, hogy a rövidzárás ideje egy másodpercnél hosszabb legyen (átlagban 1,25 másodpercet értünk el). Ezzel sikerült biztosítanunk, hogy a katód a bimetal megszakításának pillanatában már kellő hőmérsékleten van, és ha a megszakítás a váltóáram feszültséggörbéjének megfelelő szakaszán történik, amikor a feszültséglökés a gyújtáshoz elegendő, a gyújtás azonnal bekövetkezik, míg ha a megszakítás véletlenül a feszültséggörbe meg nem felelő szakaszán következik be, akkor viszont — bár a lámpa nem gyújt — de a katódot károsan

* LAKATOS GYÖRGY, SZABÓ JÁNOS, SZIGETI GYÖRGY és WEISZBURG JÁNOS, 143 188 sz. magyar szabadalom.

igénybe vevő feszültséglökés sem keletkezik. Ez a hőkéleltetett gyújtó a 0-széria-gyártáson túlesett és most kerül tömeggyártásszerű bevezetésre FG22 típus-jelzéssel.

A LAKATOS GYÖRGY részéről irányított tartóségetési kísérleteink azt igazolták, hogy míg a régebbi gyújtótípusokkal égetett lámpáknál a katód körüli feketedés átlagban 2—3000 kapcsolás után következett be, addig az új FG22 gyújtóval égetve a lámpák még 4800 kapcsolás után sem mutattak feketedést. Ugyanakkor óránként egyszeri ki-bekapcsolás mellett az FG2 gyújtóval égetett csövek átlagos élettartama kb. 15%-kal rövidebb volt, mint az FG22-es gyújtóval működtetett lámpáké.

Mindezek az adatok alátámasztják azt a véleményünket, hogy a találmányunkat képező és az Egyesült Izzó által számos külföldi országban szabadalmaztatott FG22-es gyújtó a világpiacon forgalomban levő gyújtókkal szemben jelentős előnyöket mutat a fénycső-kimélés szempontjából.

IV. A lámpák minőségének javítására irányuló, a laboratórium és üzem együttműködésében végzett kutatások

A laboratórium, a kísérleti fénycsőgyártásnak az üzem részére történt átadása után, munkáját főleg arra koncentráltta, hogy megállapítsa, milyen módokon lehetne a fénycsövek minőségét tovább javítani, és megállapítsa, melyek azok a tényezők, amelyek a gyártásban időnként mutatkozó üzemzavarokat okozzák. Ez utóbbi munkából elég, ha csak egy példára hivatkozom: egyik nyáron igen nagy mennyiségben mutatkozott a fénycsövekben a katód-massza lepergése. A laboratórium az üzemmel együtt végzett sorozatos kísérletekkel megállapította, hogy a lepergésnek a főokozója a nedvesség, amely egyrészt a szuszpenzió nedves voltában, másrészt azonban az üvegfelületen adszorbeált vízrétegben mutatkozik. A levegő nedvességének ellenőrzésével a fénycsövek búrájául szolgáló üvegcsövek raktározásának megjavításával, valamint a búra bevonására használt szuszpendált anyagok és oldószeres víz-tartalmának ellenőrzésével és végül szuszpenzió dibutilftalát tartalmának megfelelő adagolásával sikerült ezen hibát igen nagy mértékben kiküszöbölni. Ezenfelül még számos esetben volt szükség egyes hibák elhárításában a laboratórium és üzem együttműködésére. Ezekről azonban nem kívánok itt részletesebben beszámolni.

Sokkal fontosabbnak tartom a laboratóriumnak azt a rendszeres munkáját, amely a minőséget befolyásoló tényezők felderítésére irányult.

Vizsgálataink elsősorban a katód megjavítására törekedtek. Az eredeti katódbevonat, amelyet külföldi tapasztalatok alapján alkalmaztunk: bárium- és stronciumkarbonát volt és ezt szuszpenzióba mártás útján vittük fel a katódra. WINTER ERNŐNEK rádiócsöveknél szerzett tapasztalatai alapján kezdtük meg a kísérleteket kataforetikusan felvitt bárium-, stroncium- és kalciumkarbonát

rétegű katódokkal. Már az első kísérletek azt mutatták, hogy a hármaskarbonát alkalmazása a cső élettartamát igen nagy mértékben növeli. A kataforetikus bevonás eszközt adott kezünkbe arra, hogy a katódmassza súlyát szisztematikusan változtatni tudjuk. Azt találtuk, hogy a katódmassza-súly növelésével a cső élettartama majdnem közelítőleg lineárisan nő*. Az első kísérleteknél 3—4 mg-nál** nagyobb katódmassza súlyt nem tudtunk a katódra felvinni, mert vastagabb rétegnél az akkori rossz minőségű gyújtók mellett gyakori volt, hogy az aránylag hideg katód feszültséglökést kapva, lokálisan az ív talppontjánál túlmelegedett és vastag bevonat esetén a bevonat exploziószerűen lerepült a katódról. A gyújtók javításával egyrészt, másrészt a réteg egyenletességének főleg MOLNÁR JÓZSEF részéről elért fokozásával ma már fel tudunk menni 6—8 mg katódmassza súlyig. Nagy szerepe volt ebben még annak a körülménynek is, hogy időközben a szemcsenagyság beállítását is az üzem jobban tudta szabályozni.

Tekintve, hogy a katódmassza súly ilyen lényeges befolyással bír a cső élettartamára, fontosnak láttuk, hogy eljárást dolgozzunk ki a katódmassza súlyának a cső feltörése nélkül kész csövön való mérésére. A laboratóriumban LAKATOS GYÖRGY részéről kidolgozott mérés lényege az, hogy a vizsgálandó katódot felfűtjük, majd az üzeminél lényegesen kisebb áramot át bocsájtva vizsgáljuk az ellenállásváltozásnak időbeli lefolyását. Az így észlelt hőtehetetlenség a katódmassza mennyiségével arányos és így a katódmassza súlya meghatározható a kész csövön, annak feltörése nélkül. A felfűtésre is az üzeminél valamivel kisebb áramerősség bizonyult a mérésre alkalmasnak, mert a normális áramnál a katód két vége között már kisülés indul meg, amely a mérést zavarja. A mérési módszerrel a katódmassza súlya $\pm 15\%$ pontossággal határozható meg. Ezen eljárás kidolgozása közben hasonló elven alapuló módszer más forrásból a külföldi irodalomban is megjelent.

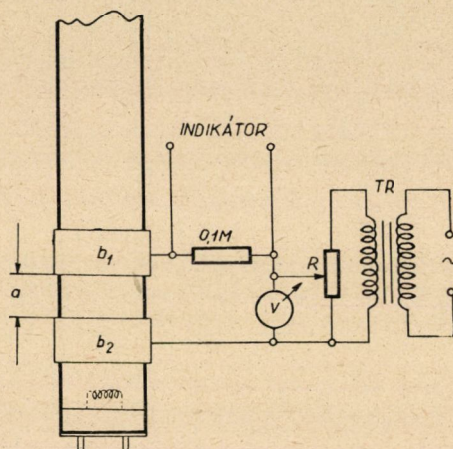
A cső élettartamára a katódon kívül ugyancsak döntő befolyással van a töltőgáz (argon) tisztasága és nyomása is. A gáznyomás jelentősége annyira egyértelmű és reprodukálható, hogy egyes külföldi cégeknél a lámpák gyorsított égetését úgy végzik, hogy a vizsgálandó csövet az előírtnál megadott arányban kisebb nyomású argonnal töltik meg és a kis gáznyomáson észlelt rövidebb élettartamot táblázatok segítségével számítják át a normális körülmények között várható élettartamra. Éppen ezért igen intenzív kísérleteket végzünk abban az irányban, hogy a cső belsejében uralkodó gáznyomást a cső feltörése nélkül meg tudjuk határozni.

A gáznyomásánál nem kevésbé fontos a gáz tisztaságának az ellenőrzése. A gáztisztaság mérésére KERÉNYI ISTVÁNNAL, SZABÓ JÁNOSSEL, GÁCS ISTVÁNNAL és

* Ezt az összefüggést SZABÓ JÁNOSSEL 1950-ben állapítottuk meg és azóta alkalmazzuk is fénycsöveinknél. 1954-ben hasonló eredményeket közölt az amerikai General Electric is.

** A katódmassza súly itt és a továbbiakban is mindenütt karbonátra vonatkoztatva értendő.

ROTTER LÁSZLÓval együtt módszert dolgoztunk ki,* amely szerint a kész csövet úgy vizsgáljuk, hogy a cső falára bilincsszerűen elektródokat illesztve mérjük a két külső elektród között átfolyó áramot a feszültség függvényében. A bilincsek között mérhető áram akkor indul meg, amikor a feszültség eléri a gáz átütési feszültségét. Ekkor az áramkört a következő elemek alkotják : a külső elektróda mint fegyverzet, az üveg mint dielektrikum és a gáztér mint másik fegyverzet ; maga a gáztér ; a gáztér mint fegyverzet, az üveg mint dielektrikum és a második külső elektróda mint fegyverzet. Ebben az áramkörben a gáztér gyújtási feszültségének, valamint elektromos ellenállásának megfelelően 50 periódusú váltófeszültség alkalmazásakor is impulzusszerű kisülések indulnak meg, az ezek



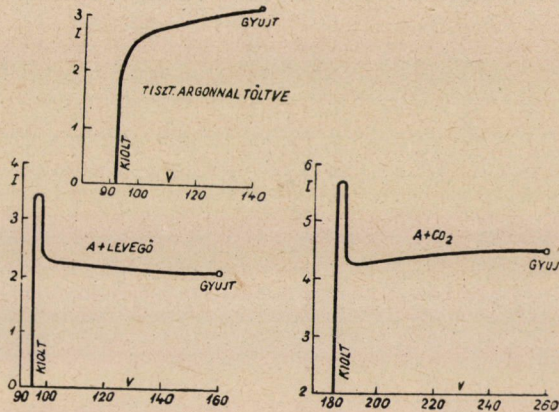
7. ábra

által vitt áram középértéke már műszerrel mérhető, vagy pontosabb mérés esetén az impulzusok maguk oszcillográf segítségével megfigyelhetők. A jelenség szabályosságára mutat, hogy az impulzusok a feszültséggörbének mindig ugyanazon a pontján létesülnek, úgyhogy 50 periódusú vizsgálat esetén az oszcillográf ernyőjén jól szinkronizálható álló kép jelenik meg. A képen megjelenő impulzusok alakja és száma, valamint a gáz tisztasága, illetőleg szennyezések minősége közt jól definiálható összefüggést találtunk. A 7. ábra mutatja a készülék elvi kapcsolási rajzát, a 8. ábra pedig az impulzusáram középértéke és a gáz szennyezettsége közötti összefüggésre mutat néhány példát. A 9. ábrán látható, hogy a töltőgáz nyomása kevésbé befolyásolja a gyújtási feszültséget, mint a szennyezések.

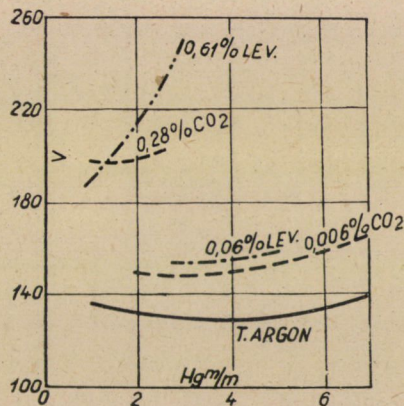
Tekintve, hogy lámpáink egy része exportra kerül, súlyos hibának minősült a búra felületén mutatkozó foltosodás. Igen sok munkát végzett a laboratórium

* GÁCS ISTVÁN, KERÉNYI ISTVÁN, ROTTER LÁSZLÓ, SZABÓ JÁNOS és SZIGETI GYÖRGY, 143 181 sz. magyar szabadalom.

üzemi kartársainkkal, különösen MOLNÁR JÓZSEFFEL együtt ezen foltosodás okainak felderítésére és a kiküszöbölésükre. Ezen munkák során megállapították, hogy a foltosodásnak számos különböző oka lehet, amelyek együttesen vagy külön-külön, különféle alakú foltokat idéztek elő.



8. ábra



9. ábra

Igen gyakori a lámpákon mutatkozó kisebb vagy nagyobb méretű élesen határolt folt. Ezen éles foltokat kémiai elemzésre, azokban igen gyakran lehetett szén található. Rájöttünk arra, hogy ezen foltokat a csőben visszamaradt, vagy az elbontatlan katódból a cső üzeme közben felszabaduló szén okozza, amely a kisülés során szénre redukálódik, miközben a felszabaduló oxigén a higanyt oxidálja. Ezen széntartalmú foltok esetén mindig kimutatható volt a higany oxidációs termékeinek jelenléte is a cső valamely részében. Ilyen mutatkozik — LAKATOS észleletei szerint — főleg akkor, ha a szivattyúzás során valamelyik aktiválási pozícióban pl. rossz kontaktus miatt a katód nem izzik fel eléggé.

Hasonló, de sokkal nagyobb méretű és gyakran elmosódott szélű, főleg a higany oxidációs termékeit tartalmazó foltok mutatkoznak a csövön akkor, ha — mint ezt szintén LAKATOS észlelte — a katódspirál intervallumban, de különösen, mint ezt később MOLNÁR kimutatta, ha a lapítási hely alatt katódmassza marad, ezek a foltok néha gyűrűalakban körülvették a cső végét.

Fekete foltok keletkeznek, mint ezt LAKATOS megállapította, akkor is, ha a csőben az anódszarvak szabálytalanul voltak szerelve. Ilyenkor a foltok anyaga kémiai elemzés szerint főleg földalkáli fém és földalkáli fémamalgám volt. Ezen foltosodás oka a katódnak az anódikus félperiódusban való túlterhelése, mert a teljes áramnak csak kisebb részét veszi fel a szabálytalanul felszerelt anódszarv.

Szürkés, vagy sárgás, esetleg barnás színű foltokat találunk akkor, ha a csőbe oxigén vagy levegő jutott. Hasonló foltok mutatkoznak akkor is, ha a szivattyúzáskor a kimelegítő kályha hőmérséklete nem kielégítő. Ez utóbbi foltoknak az oka rendszerint a csőben maradt vízgőz. Ezek a foltok a katód-sötétter határán rendszerint élesen határoltak, a cső közepe felé pedig elmosódtak. A kémiai analízis higany oxidációs termékeit mutatta ki. Súlyosabb levegősség esetén barnás színű higanynitrid foltok is észlelhetők voltak a csövön.

További foltosodást okozhat a cső első begyújtásakor, ha a higany adagolásakor, vagy máskor, a cső katódjára folyékony higany kerül és az onnan az első begyújtásakor elpárolog. Az ilyen foltokra jellemző, hogy szabálytalan alakúak, a katód közelében mutatkoznak és aránylag enyhe melegítéssel eltávolíthatók.

A foltosság elkerülése céljából tehát ügyelni kell a következőkre :

1. A katódspirál-intervallumban nem szabad katódmasszának lennie, főként nem szabad a lapítás alatt.

2. A szivattyún minden pozícióban jó kontaktus legyen a katód izzító áramkörben ; a katódizzításra előírt áramerősség értéke minden pozícióban betartandó, hogy a kész lámpákon elbontatlan karbonát ne maradjon. Az aktíváló áramot a katódmassza mennyiségével összhangban kell megállapítani.

3. A katódszerelvények geometriai méret és elrendezés szempontjából ellenőrizendők.

4. A szivattyún a kimelegítési hőfok és a vákuumviszonyok gondosan ellenőrizendők.

Mint már az előzőkben rámutattam, a csövek élettartamát jelentős mértékben befolyásolják a cső gyújtása folyamán lejátszódó jelenségek. Mint tudjuk, a szokásos gyújtási módszer abban áll, hogy a gyújtó a cső katódját felizzítja és az izzító áramkör megszakításakor a fojtótekerccsel létesített feszültség-lökés a csövet begyújtja. A katódizzítás körülményeit az FG22 gyújtó kidolgozásával kapcsolatban már részletesen vizsgáltuk, azonban nincs még teljesen tiszta képünk a megszakításkor keletkezett feszültség-lökés lefolyásáról és arról

sem, hogy tulajdonképpen milyen lökés a legkedvezőbb a lámpa gyújtása szempontjából. Ilyen irányú vizsgálatok most vannak folyamatban.

V. A lumineszkálás elméletével kapcsolatos kutatások

A leírt kísérleteken kívül vizsgálatokat végeztünk a Bródy Imre Laboratóriumban a lumineszkálás elméletének megismerése céljából, továbbá abból a célból, hogy az eddig ismerteken kívül másfajta lumineszkáló fényforrások kidolgozását is megvalósíthassuk.

A lumineszkálás elméletével kapcsolatos kutatásainkat tulajdonképpen két szempont vezette. Egyrészt a fényporok tökéletesítésének kívántuk elméleti alapjait megadni, másrészt pedig az elektrolumineszcencia gyakorlati alkalmazhatóságának lehetőségét kívántuk tisztázni. Ez utóbbi jelenséget először 1928-ban O. LOSSZEV [1] szovjet fizikus észlelte szilíciumkarbid kristályokon. LOSSZEV publikációja után az irodalomban hosszas vita indult meg ezen jelenség mibenlétéről. Vitás volt, vajon a keletkező fényt gázkisülés, a zárórétegen keletkező töltéshordozók lefékeződése vagy esetleg más jelenségek okozzák-e. LOSSZEV kísérletei, melyeket később CLAUS [2] is kiegészített, kétségtelenül bebizonyították, hogy a jelenségben a szilíciumkarbid felületén képződő véges vastagságú zárórétegnek döntő hatása van.

Ezen záróréteget mechanikai vagy kémiai úton eltávolítva, az egyenirányító hatás és egyben a fényjelenség is megszűnik. A fénygerjesztés mechanizmusára vonatkozólag az a nézet alakult ki, hogy itt a zárórétegen felgyorsult töltéshordozók a kristály belsejében lefékeződnek. A sugárzás pedig nem más, mint a röntgensugarak analógiájára keletkező, az optikai tartományba eső fékezési sugárzás. Ha pedig ez igaz, úgy semmiképpen jó hatásfokot ettől a jelenségtől nem várhatunk. Ezt a nézetet képviseli 1938-ban FINKELNBURG [3] is, aki kiszámítja, hogy ilyen módon 10^{-4} -nél jobb hatásfokot nemigen várhatunk.

Mi magunk az idevonatkozó kísérleteket 1939-ben kezdtük meg, amikor is úgy találtuk, hogy az egyes, különböző eredetű szilíciumkarbid kristályok különbözőképpen világítanak. Azt is észleltük továbbá, hogy a kristályok vezetőképessége azok többé vagy kevésbé szennyezett voltától függ (mint az várható is volt), de a fényjelenség a rosszabb vezetőképességű kristályokon nem csökkent az átfolyó áram csökkenésének megfelelően, vagyis a kevésbé szennyezett, nagyobb ellenállású kristályoknál a fénygerjesztés hatásfoka jobb volt. Ezen észleleteink alapján kezdtük meg a félvezető elektrolumineszcens fényforrások kidolgozására irányuló munkánkat. Ezen munka eredménye gyanánt készült el az első elektrolumineszcens lámpa. Ezt a kiviteli formát annak idején szabadalomra is bejelentettük [4]. (Az irodalomban ez az első, elektrolumineszcens lámpát védő szabadalom.) A fényforrás egy alumíniumlemezre felvitt szilíciumkarbid porrétegből állott, melyet finom szövetű fém-

hálóval szorítottunk le. A háló és a lemez mint elektródok között levő kristályok szolgáltatják a rajtuk áthaladó áram hatására a fényt. Az első kísérletek után azonban egyrészt a rendelkezésre álló szilíciumkarbidkristályok rossz hatásfoka, másrészt pedig a mechanikai kivitel számos nehézsége és végül legfőképpen az időközben kitört háború okozta nehézségek miatt a kísérletek nem folytatódtak. A felszabadulás után kezdtük meg újból az idevágó kísérleteket. Úgy láttuk azonban, hogy mielőtt újból az elektrolumineszcencia tanulmányozásához kezdenénk, helyesebb a lumineszkálás mechanizmusára vonatkozó ismereteinket kiegészíteni.

Beható vizsgálatokat végeztünk NAGY E., MAKAI E., BODÓ Z., GERGELY Gy. és SZABÓ J. munkatársaimmal együtt, főleg cinkszilikát, cinkberilliumszilikát és különféle halofoszfát foszforokon, elsősorban a spektrum energiaeloszlásának pontos megállapítása céljából. Azt találtuk, hogy ezen anyag emissziós spektrumában az emittált fotonok száma a frekvencia függvényében Gauss-görbék összege gyanánt ábrázolható [5], vagyis az emittált fotonok száma:

$$n_1 = a_1 \exp[-b_1(h\nu_0 - h\nu_1)^2]. \quad (1)$$

Ezen felbontás jogosult voltát teljes mértékben igazolják a laboratóriumban GERGELY [6] végezte mérések, aki kimutatta, hogy az egyes Gauss-görbék foszforeszcenciában különböző időállandóval enyésznek el. Igen érdekes eredményt találtunk a fluoreszcenciában emittált fotonok számának a temperatura függésével kapcsolatban. Azt észleltük ugyanis, hogy a fotonszám a temperatura függvényében az ismert összefüggés szerint változik:

$$N = N_0 \frac{1}{1 + C \exp(-E/kT)}. \quad (2)$$

Az érdekes észlelet az volt, hogy a (2) képletben kifejezett aktiválási energia számszerűleg és pontosan megegyezik ugyanezen pornál a dielektromos veszteségek temperaturafüggésére jellemző aktiválási energiával. Azt találtuk ugyanis, hogy a dielektromos veszteségek temperaturafüggését

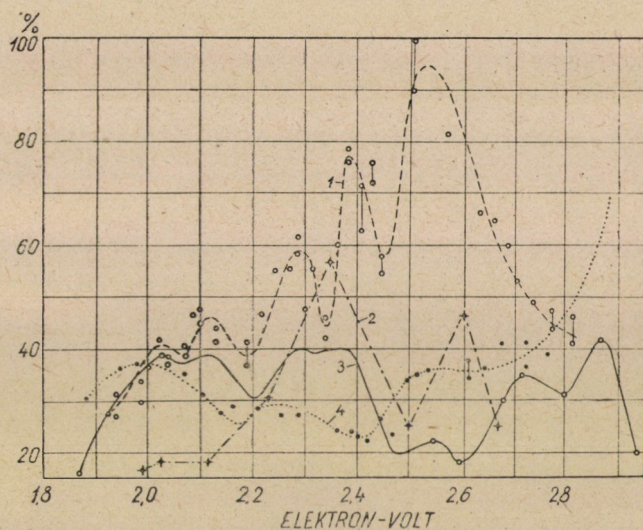
$$\sigma = \sigma_0 + \sigma_\infty \exp(-E/kT). \quad (3)$$

jellemzi. A két aktiválási energia teljesen azonosnak bizonyult. [7, 8].

Az aktivátor koncentráció változásával — mint ismeretes — a lumineszcencia hatásfok bizonyos aktivátor koncentrációnál maximumot mutat. NAGY ELEMÉR [9] azt találta, hogy a dielektromos veszteségek temperamentumától független komponensének változása az aktivátor koncentráció függvényében hasonló, és az előzővel azonos helyen mutat maximumot.

Hasonlót mutat az egyes sávok sáv szélességének reciproka értéke is. Ezzel szemben az ultrabolyában mért abszorpció az aktivátor koncentráció növelésével

arányosnak mutatkozott. Az abszorpció mérése por alakú anyagoknál igen nagy nehézségekbe ütközik. Ezen a területen BODÓ [10, 11, 12, 13] ért el nemzetközileg is elismert eredményeket. BODÓ eredményeit a Szovjetunióban ANTONOV-ROMANOVSKIJ általánosította [14], majd további finomítást végzett a módszeren GERGELY [17]. Ugyancsak BODÓ vizsgálta a kvantumhatásfok pontos értékeit. ALJENCEV [15] módszerének tökéletesítésével BODÓ és HANGOS [16] ki tudta mutatni, hogy cinkszilikátoknál és halofoszfátoknál hőszugárzás nem mutatkozik, ezzel szemben GERGELY [17] és külföldön GARLICK [18] cinkszulfidoknál infravörös emissziót tudott kimutatni.



10. ábra

1953-ban kezdtük meg újból a szilíciumkarbid elektrolumineszcenciájával kapcsolatos vizsgálatainkat. WEISZBURG és BAUER munkatársaimmal együtt módszert dolgoztunk ki a szilíciumkarbid spektrumának felvételére. Mikroszkópra szerelt spektrofotométer segítségével a folytonos spektrumban kb. 20 Å széles sáv intenzitását kb. 15% pontossággal tudtuk lemérni, egy kristály aránylag kis intenzitású fénye esetén is. A spektrum a 10. ábrán látható. Ugyanerre az ábrára felrajzoltuk a mért kristály abszorpciós spektrumát is.

Az abszorpciós spektrumból látható, hogy $h\nu = 2,9$ eV-nál nagyobb energiájú sugárzás esetén a szilíciumkarbid teljesen átlátszatlan. Alacsonyabb frekvenciáknál abszorpciós maximum mutatkozik: 2,68, 2,535, 2,275, 2,04 és 1,95 eV körül. Az abszorpciós mérés alapján feltételezhetjük, hogy a szilíciumkarbid rácsában a tiltott sáv szélessége 2,9 eV, míg a láthatóban levő kisebb abszorpciós maximumok a tiltott sávban helyetfoglaló szennyezési nívóknak felelhetnek meg. Az egyenirányítás előjeléből arra következtettünk, hogy a

szilíciumkarbid vezetőképessége p-típusú, vagyis, hogy a valenciasáv fölötti szennyezési nívók betöltetlenek. Ennek alapján felrajzolhattuk a szilíciumkarbid hipotetikus termsémáját. A következőkben felmerülhet a kérdés, vajon a szilíciumkarbid szennyezési nívóit milyen idegen atomok, vagy esetleg a kristály alkotói közül valamelyik fölsőlegben levő atom jelenléte okozhatja-e. Ha visszagondolunk a cinkszilikátokkal kapcsolatban a mangán hatására vonatkozólag végzett vizsgálatainkra, úgy feltételezhetjük, hogy hasonló rácsban azonos aktivátorok azonos emissziós spektrumot adnak. A szilíciumkarbidhoz hasonló tulajdonságú anyagok közül a bórnitridnél lehetett katód-sugarak hatására jó lumineszkálást észlelni. Ezt az anyagot TIEDE és TOMASCHEK vizsgálták. Igen alapos vizsgálataik alapján arra a következtetésre jutottak, hogy ebben az anyagban a szén az aktivátor. Ha a TIEDE és TOMASCHEK felvette spektrumot (tehát a szénnel aktivált bórnitrid emissziós spektrumát (lásd: 10. ábrán a 3. görbét) összevetjük a szilíciumkarbid emissziós spektrumával, azt találjuk, hogy a 2,385, 2,285, 2,125 és a 2,025 eV helyen észlelhető maximumok mindkét görbén mutatkoznak. Ha még figyelembe vesszük, hogy a részünkről vizsgált különböző kristályoknál a záró irányban mutató ún. kék spektrumok általában a fentihez hasonlóknak mutatkoztak, függetlenül a vizsgált kristálypéldány határfokától, specifikus ellenállásától, tehát valószínűleg a külső szennyezésektől is, úgy nem látszik túl merésznek az a feltevés, hogy a szilíciumkarbid elektrolumineszcenciájánál a kék spektrum gerjedése esetén a rácsban stöchiometriai feleslegben jelenlevő szénatomok működnek aktivátorként. Tekintve, hogy a szilíciumkarbid laboratóriumszerű előállításakor a kristályméretek, valamint a keletkező kristályok pontos stöchiometriai összetétele igen nehezen szabályozható, vagyis az egyes kristályoknál semmi biztosítékunk és semmi módunk annak ellenőrzésére nem volt, hogy milyen mennyiségű szénfölség, vagy esetleg szilíciumfelesleg marad a kristályban, a Magyar Tudományos Akadémia megbízásából a szerző irányításával a pécsi Pedagógiai Főiskola Fizikai Tanszékén JEGES KÁROLY végzett kísérleteket arra vonatkozólag, vajon más anyag mutat-e a szilíciumkarbidéhoz hasonló elektrolumineszcenciát. A legutolsó időben sikerült itt JEGESnek előbb természetes, majd mesterséges kassziterit kristályokon a szilíciumkarbidéhoz hasonló elektrolumineszcens effektust kimutatnia.* Vizsgálatai során azt észlelte, hogy a kassziterit (ón-dioxid) kristályok tiszta állapotban igen jó szigetelők. Igen kevés szennyezés hozzáadása azonban már elegendő volt a vezetőképesség tekintélyes megnövelésére, az elektrolumineszcens jelenség létrehozatalára. Jeges kísérletei még folyamatban vannak.

Laboratóriumi kísérletek folynak NAGY ELEMÉR, SZABÓ JÁNOS, KÁRPÁTI ÉVA és WEISZBURG JÁNOS közreműködésével a másik fajta, DESTRIAU [19] által 1936-ban felfedezett, elektrolumineszcens cellák továbbfejlesztésére is.

* JEGES KÁROLY 143.375. sz. magyar szabadalom.

Ezen a területen sikerült eddig 3—4 Lm/W hatásfokkal 50 periódusú 220 V-os hálózatról működő cellákat készítenünk.* Ezen cellák dm²-ként kb. 5 mW teljesítményt vesznek fel, tehát általános világítási célokra kis fény-sűrűségük miatt nemigen alkalmasak, de világító feliratok stb. céljára már jól használhatók lennének. Tulajdonképpen nem is annyira világítástechnikai, mint inkább a képerősítő és televíziós képernyő céljaira látjuk a jövőben az elektrolumineszcenciának különös jelentőségét. Fényforrások céljaira való alkalmazáshoz még sok kutatásra lesz szükség.

Befejezésül megemlékezem néhány szóval arról az elgondolásunkról is, amelyet 1946-ban szabadalomra jelentettünk be** és amely szerint egy lumino-
fort megfelelő módon tritiummal, vagyis a hidrogén 3 atomsúlyú izotópjával gerjesztenénk világításra.

Ismeretesek már régóta olyan világító ernyők, amelyeknél a fényt kevés rádiummal vagy mezothoriummal kevert világító festék, pl. cinkszulfid szolgáltatja. Ezeknél és az ismert egyéb hasonló fényforrásoknál azonban az a hátrányos jelenség mutatkozott, hogy csak kis fény-sűrűségeket lehetett ilyen módon előállítani. Azt találták, hogy amennyiben a fény-sűrűségeket 2×10^{-5} Lm/cm²-nél nagyobb értékűre próbálták beállítani, a festék élettartama néhány napnál nem volt hosszabb, illetve fényessége rövid idő alatt a fent megadott értékre csökkent. Ennek a hátrányos jelenségnek az okát abban találták, hogy a radioaktív bomlásnál felszabaduló igen nagy (több millió eV) energiájú alfarészecskék bombázása a festéket tönkreteszi. Éppen ezért a gyakorlatban nem is igen tudtak 0,2 mg-nál nagyobb mennyiségű rádiumot, vagy ennek megfelelő mezothoriumot alkalmazni 1 g világítófestékhez.

Nagyobb mennyiségű radioaktív anyag alkalmazásakor még az a hátrányos jelenség is mutatkozott, hogy a fény gerjesztésére hasznosított alfa sugárzáson kívül az alkalmazott radioaktív anyag mennyiségének növelésével fokozottabb mértékben keletkezett kemény, áthatoló és a környezetet veszélyeztető röntgen-sugárzás, illetőleg gammasugárzás is.

Mindezen hátrányokon, amelyek radioaktív anyagok felhasználásával működő, világítási célokra szolgáló ernyő készítését lehetetlenné tették, elgondolásunk szerint oly módon segítünk, hogy a világítófesték gerjesztésére olyan radioaktív anyagot használunk, amely csak kis sebességű és ennélfogva a fényforrás burkolatán át nem hatoló részecskéket sugároz ki, és amely gammasugárzást gyakorlatilag kimutatható mennyiségben egyáltalán nem ad. A találmány értelmében ilyen radioaktív anyag a hidrogén 3 atomsúlyú izotópjá. Ezen izotóp — mint ismeretes — kb. 12 éves félidővel bomlik és bomlása közben kb. 6000 eV közepes energiájú béta-sugárzást ad. Más sugárzást ezen anyag bomlásánál nem tudtak kimutatni. Elgondolásunk értelmében a fényforrást

* NAGY ELEMÉR és SZABÓ JÁNOS. Szab. bejelentés: EE-298. sz.

** SZICETI GYÖRGY, 138 706. sz. magyar szabadalom.

többféle módon állíthatjuk elő. A legegyszerűbb kiviteli formája a világítótestnek az az elrendezése lenne, amelynél egy üveggömbnek a belső falát fluoreszkáló festékekkel vonjuk be és a gömböt a H^3 gázzal töltjük meg. Ekkor azonban, tekintve, hogy a béta-sugarak szabad úthossza a gáz nyomásának növelésével erősen csökken, csak igen kis nyomást alkalmazhatunk, hogy a gáz belsejéből kilépő részecskék a fal felületét még elérjék, és így, mivel a gáz mennyisége csak igen kicsi lehet, a felületi fényesség is ennek megfelelően igen kicsi lesz. Célszerű tehát az edényt úgy kialakítani, hogy a két szembenlevő fal közötti hézag kicsi legyen. Így pl. a fluoreszkáló anyaggal két egymással szembehelyezett sík lapot vonunk be, és a lapok közötti teret töltjük meg tritium gázzal. Ha a lapok közötti távolság az elektronok szabad úthosszának kétszeresével azonos nagyságrendű, biztosítható, hogy a gázból kilépő béta-részecskék legnagyobb része valamely falat eléri, a fal pedig fluoreszkáló festékekkel lévén bevonva, ott energiájának megfelelő része fénysugárzássá alakul át. Ennek az elrendezésnek az a hátránya, hogy gyakorlatilag túl kis távolságokat és túl nagy falfelületeket eredményez. Ha a távolságot nagyobbra vesszük, a béta-sugarak gázmolekulákba ütköznek, atomos, ionizált és gerjesztett állapotba juttatva azokat. Ha ilyen gázcseppkékké válik a falat, energiájukat leadva ezek is fényt gerjesztenek, ez esetben — bár a hatásfok rovására — megengedhető, hogy a két fluoreszkáló fal távolsága kb. a szabad úthossz 50—200-szorosát tegye ki.

Az elgondolásunk szerinti fényforrás másik kiviteli alakjánál egy világító ernyő van bevonva a tritium valamely szilárd vegyületének és fluoreszkáló festékek keverékével. Ily módon tehát az elsónél jóval kisebb méretű és nagyobb felületi fényességű fényforrásokat kapunk.

További kiviteli alak az, hogy a 3 atomsúlyú hidrogén izotóp valamely átlátszó vegyületében, pl. részben tritiumot tartalmazó paraffinban világító festéket szuszpendálunk. Másik lehetőség az, hogy a tritium valamely vegyületében, pl. tritiumot tartalmazó vízben a világítófestéket (előnyösen valamely organikus világítófestéket) feloldjuk. Ezen oldatot vagy az előbb említett szuszpenziót egy — világítótest gyanánt szolgáló — edénybe zárhatjuk, vagy pedig nagyobb felületre elosztva világító ernyőre vihetjük fel.

A találmány szerinti fényforrásnak igen célszerű alakját kapjuk akkor, ha a H^3 izotópot magába a világítófestékbe mint annak vegyi alkotórészét helyezzük be. Így pl. nagyon jó hatásfokú világítást kapunk akkor, ha valamely organikus világítófesték egyik hidrogénatomját tritiummal helyettesítjük.

Tekintve, hogy a 3 atomsúlyú hidrogén izotóp 20 000 V maximális és kb. 6000 V közepes sebességű elektronokat és semmilyen más részecskéket nem sugároz ki, a környezetnek a sugárzás káros hatásától való megvédése rendkívül egyszerű; pl. elegendő, ha a fényforrást kb. 1 mm vastagságú ólomüveg edénybe helyezzük, vagy ólomüveg lappal fedjük le.

A leírt fényforrás módot adna az atomenergiának közvetlenül fénnyé való átalakítására, az elektromos átvitel közbeiktatása nélkül.

Megvalósításának előfeltétele természetesen nagy mennyiségű, szabadon hozzáférhető és olcsó tritium. Jelenleg persze ettől még elég messze vagyunk. Reméljük azonban, hogy az atomenergiának békés célokra való hasznosítását idővel ez is lehetővé fogja tenni.

Végezetül megragadom az alkalmat arra, hogy e helyen is köszönetet mondjak azon munkatársaimnak, akik egyrészt az Egyesült Izzólampa és Villamossági r. t., másrészt a Távközlési Kutató Intézet és a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet munkatársaiként a fent vázolt eredmények elérését előmozdították.

IRODALOM

1. LOSSZEV, *Philosophical Magazine*, 6 (1928) p. 1024.
2. CLAUS, *Zeitschrift für Physik*, 31 (1930) p. 360.
3. FINKELNBURG: *Kontinuierliche Spektren*. Verlag Springer. 1938.
4. BAY—SZIGETI: 140 547. sz. magyar szabadalom. USA Patent : 2 254 957.
5. SZIGETI: *Elektrotechnika*, 4—5. sz. 1947.
6. GERGELY: *Journ. Opt. Soc. Am.* 40 (1950) p. 365.
7. SZIGETI: *Elektrotechnika*, 4—5. sz. 1947.
8. SZIGETI—NAGY: *Műegyetemi Közlemények*, 1 (1948) p. 117.
9. NAGY: *Journ. Opt. Soc. Am.* 40 (1950) p. 407.
10. BODÓ: *Magy. Tud. Akad. VI. Oszt. Közl.* 4 (1952) p. 151.
11. BODÓ—HANGOS: *Acta Phys. Hung.* 3 (1954) p. 1 5.
12. BODÓ: *Acta Phys. Hung.* 1 (1951) p. 135.
13. BODÓ: *Acta Phys. Hung.* 2 (1952) p. 5.
14. ANTONOV-ROMANOVSKIJ: *Zsurn. Exp. Teor. Fiz.* 26 (1954) p. 459.
15. ALJENCEV: *Zsurn. Exp. Teor. Fiz.* 21 (1951) p. 133.
16. BODÓ—HANGOS: *Acta Phys. Hung.* 5 (1955) p. 295.
17. GERGELY: *Acta Phys. Hung.* 7. (1957) p 171.
18. GARLICK—DUMBLETON: *Proc. Phys. Soc. B.* 67 (1954) p. 442.
19. DESTRIAN: *Journ. de Chim. Phys.* 33 (1936) p. 620.

KIS MENNYISÉGŰ SZENNYEZŐK HATÁSA A WOLFRAMFÉM MELEGKEMÉNYSÉGÉRE

MILLNER TIVADAR

LEV. TAG

és

SASS LÓRÁNT

HIRADÁSTECHNIKAI IPARI KUTATÓ INTÉZET, BUDAPEST

Az izzólámpa- és rádiócsőgyártás, valamint a vákuumtechnikai ipar csaknem minden ága olyan wolframfémeket kíván, amely rekrisztallizált állapotban nagy kristályokból áll és emellett a belőle készült drót közönséges hőmérsékleten rekrisztallizált állapotban is többé-kevésbé alakítható.

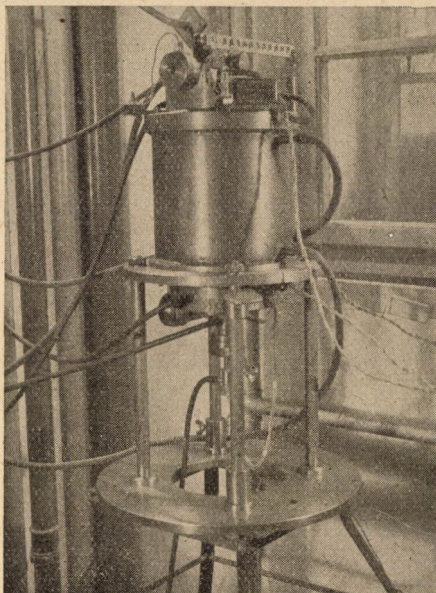
Ismeretes [1], hogy ezeket a tulajdonságokat a vákuumtechnikai ipar gyártási módszere azzal biztosítja, hogy a wolframfém por előállítására szolgáló tisztított wolframsavhoz célszerűen választott adalékanyagokat (pl. K, Na, Al, Si stb. tartalmú vegyületeket) elegyít összesen kb. 1% mennyiségben, és ebből ilyen adaléktartalmú wolframfémport állít elő. A wolframfémportból préselt porózus wolframrudak kellő felhevítéskor az adalékok elpárolognak és a tömör zsugorított rudakban belőlük csak kb. 10^{-5} koncentrációban maradnak vissza idegen atomok. Ezek minősége (fajtája) szabja meg a rekrisztallizált és használatra kész wolframtermékek technológiai tulajdonságait és kristályaik nagyságát.

Ma már tudjuk, hogy a K, Si és Al nyomok együttes jelenléte nagykristályos szerkezetet biztosít a wolframfémnek. Nem ismerjük azonban azokat a fizikai-kémiai jelenségeket, amelyek ezt a szerkezetet létrehozzák és nem ismerjük ebben az egyes atomfajták külön-külön viselt szerepét. Wolframkutatásunk ma többek közt ennek megismerésére irányul. E célból rendszeresen változtatott adaléknyomokkal különböző wolframfémfajtákat készítünk és megfigyeljük, mely tulajdonságaik mi módon igazodnak az adaléknyomok minőségéhez.

Így állapítottuk meg legutóbb [2] egyrészt K, Si és Al nyomokat tartalmazó nagykristályos, valamint csupán K és Si nyomokat tartalmazó kisebb kristályos wolframdrót rekrisztallizációjának tanulmányozásával, hogy a vizsgálat körülményei között az Al-nyomok nem azzal növelik a kristályok nagyságát, hogy fokozzák a kristályok növekedésének sebességét, hanem azzal, hogy csökkentik a kristálymagok keletkezésének gyakoriságát.

Előzetes vizsgálatainkban megállapítottuk, hogy a wolframfémfajták melegkeménysége is felismerhetően igazodik az adaléknyomok minőségéhez. Ebben a tanulmányunkban ennek az összefüggésnek eddig már felderített részleteit mutatjuk be.

Erős ösztönzést adott a vizsgálathoz az az üzemi megfigyelés, hogy a szokásos gyártási módon készült, de csak K és Al adaléknyomokat tartalmazó wolframdrót feltűnően „könnyebben” húzható a dróthúzás szokásos 800—850 C°-os hőmérsékletén, mint a K és Al adaléknyomok mellett Si adaléknyomokat is tartalmazó drót, valamint az a megállapításunk, hogy ez a különbség a kétféle drót egyetlen szokásos technológiai mérőszámában (nyúlás, kontrakció, szilárdság, akár hidegen, akár melegen, avagy szobahőfokú keménység) sem jut kifeje-

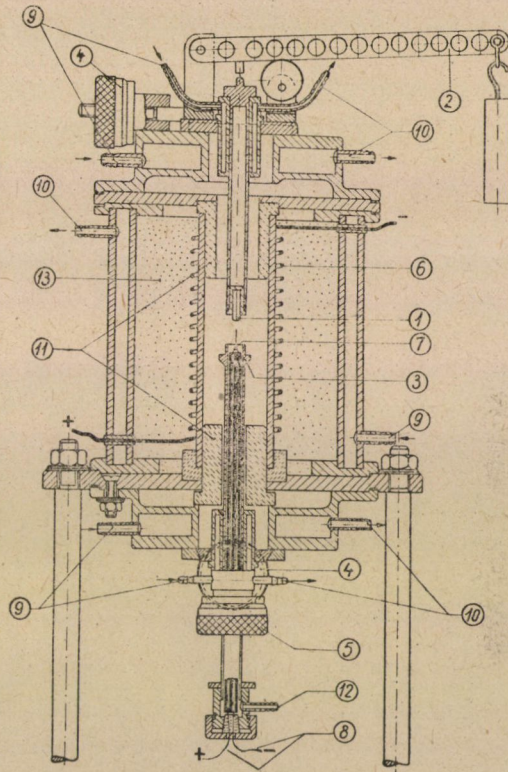


1. ábra. Védőgázos félmikro melegkeménység vizsgáló készülék kb. 1000 C°-ig terjedő használatra

zésre. Így jutottunk a melegkeménység méréséhez, amelyben megnyilatkozik ez a különbség.

Vizsgálatainkhoz olyan eszközt készítettünk (1. ábra), amelyben mikroszkópi csiszolatokon 800 C°-ig terjedő hőmérsékleten védőgázban félmikro melegkeménységméréseket lehet végezni. Készülékünk szerkezeti vázolata a számokkal ellátott 2. ábrán látható. A készüléknek három főrésze van. Az első főrész a kemence, amely négy tartórúd segítségével közvetlenül a lábazathoz van erősítve. A második rész a felső zárótest : ez felülről csatlakozik a kemencéhez. Ezen található a Vickers-piramis a mérlegkarral és a mozgatószerkezettel. A harmadik rész az alsó zárótest : ez alulról csatlakozik a kemencéhez, erre van erősítve a vizsgálandó tárgyat tartó rúd a termoelemmel és a tartórudat mozgató szerkezet.

A kemencetest kettősfalú, vízzel hűtött függőleges vashenger. Ennek tengelyében helyezkedik el a Kanthal-D huzallal (6) tekerített kb. 60 mm-es kvarccső. A kvarccső és a vasköpeny között samottliszt (13) tölti ki. A kvarccső két végét egy-egy samottdugó (11) zárja le. Ezekon hosszúkás furat vezet át. A felső dugó nyílásán át nyúlik a kemencébe a Vickers-piramist tartó rúd, az alsó dugó



2. ábra. A védőgázos félmikro meleggeménység vizsgáló készülék vázlata

nyílásán át a vizsgálandó tárgyat tartó rúd. A kemence 220 V váltóárammal fűthető. A fűtőtekerics kb. 700 W teljesítményű.

A kemencéhez csavarokkal csatlakozik gumitömítés közbeiktatásával a felső zárótest, amely kettősfalú, vízhűtésű (9, 10) középen kereken kivágott alkatrész. A kerek nyílást két prizma között elcsúsztatható, gondosan illesztett és jól tömített lap fedi le. A laphoz 1 mm emelkedésű vízszintes csavarorsó csatlakozik, amelyet 50 osztású, kotyogásmentesen illesztett kézikerékkal (4) mozgathatunk a középponttól ± 10 mm-re. A csúszólapon van a vízhűtésű sárgaréz persely, amely a nyomórúd vezetésére szolgál. A nyomórúd hőálló acélból készült és a végére van illesztve a Vickers-piramis (1). A védőgáz bevezetése is a csúszólapon keresztül történik. A csúszólapra van erősítve a nyomórúdat

terhelő mérlegkar (2) is, amelyet excentrikusan mozgó kerék segítségével a nyomórúdról felemelhetünk. A nyomórúd végéhez elektromos kontaktus csatlakozik, amely a nyomórúd kis emelkedésekor jelzőlámpa áramkörét zárja és ezzel jelzi, hogy a mérendő tárgy érintkezésbe került a Vickers-piranissal.

Az alsó zárótest a felsőhöz hasonló kivitelű és könnyen bontható kilincsszerkezettel csatlakozik gumigyűrű közbeiktatásával a kemence alsó lapjához. Ezen is van csúszólap vízszintes mozgató szerkezettel. Ezt a csúszólapot is ± 10 mm-rel mozgathatjuk el középhelyzetétől, mozgásának iránya azonban merőleges a felső csúszólap mozgási irányára. A két csúszólap egymásra merőleges mozgása folytán a Vickers-piramist 20×20 mm-es vizsgálandó felület bármely pontjára beállíthatjuk. Az alsó csúszólapra erősített vízhűtésű sárgaréz perselyen keresztül nyúlik be a kemencébe a hőálló acélból készített üreges tárgytartó rúd. Ennek a felső végén tuskével ellátott korong (3) van, amely a tárgyat tartó foglalatot elmozdulás ellen biztosítja. A rúd alsó végén finommenet van. Az erre illeszkedő 50 osztású kézikerékkel (5) mozgathatjuk a rudat fel és le kb. 25 mm hosszön. A rúd elfordulását ék akadályozza. A rúd belsején át vezet ki a termoelem, amelynek forrasztási pontja (7) 1—2 mm-re van a rúd felső végétől és így a mérendő tárgytól is. A rúd alsó végére illeszkedő fej kiömlő nyílásán (12) át távozhat az öblítőgáz és ezen vezetnek keresztül a termoelem (8) huzaljai is. A mérendő tárgy cserélése végett az egész alsó zárótestet le kell engedni annyira, hogy a tárgytartóhoz hozzáférhessünk.

Ezzel a készülékkel az irodalomból ismert értékelési módszert követve néhány olyan wolframfémfajta Vickers-keménységét (H_V) állapítottuk meg 20°C -tól 800°C -ig terjedő hőmérsékleteken, amelyek egymástól abban különböztek, hogy alapanyagukhoz, a lehetőleg jól megtisztított wolframsavhoz, az 1. táblázatban feltüntetett különböző adalékanyagokat adtuk, és ezeknek ennek megfelelően kristályosodási és mechanikai technológiai tulajdonságaik igen különbözők voltak.

1. táblázat

A fémek jele	A wolframsav adalékanyagainak minősége és mennyisége					A zsugorított rúdban és a húzott drótban visszamaradt adalékanyagok					Rekrisztallizáció hőmérséklete	Átlagos kristályhossz rekriszt. 0,1 mm-es drótoknál	A rekriszt. 0,1 mm-es drót alakíthatósága			
	százalékokban					10^{-5} részekben								C°	cm	20 C°-on
	KCl	NaCl	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	K	Na	Si	Fe	Al						
GK	0,3	0,2	0,4	0,03	0,05	9	+	4	2	<1	2300	5—10	hajlítható			
UC	0,3	0,2	0,4	—	—	<1	+	3	2	<1	2000	0,3—1,0	alig hajlíth.			
KAl	0,3	—	—	—	0,05	5	+	2	17	2	2000	~0,01	törékeny			
t. W	—	—	—	—	—	<1	+	10	6	1	1600	~0,01	rideg			

Az 1. táblázat feltünteteti egyúttal azokat az adalékanyagokat (idegen atomokat) is, amelyek a zsugorított rudakban és húzott drótokban visszamarad-

tak, ha előállításukhoz a szokásos hazai gyártási módszert [1] alkalmaztuk. Keménységvizsgálataink célja részben éppen annak felderítése volt, miképpen befolyásolják az adaléknyomok a melegkeménységet.

Ez ideig a szokásos wolframgyártás folyamán keletkező következő közbeeső termékek keménységét állapítottuk meg 800 C°-ig terjedő hőfoktartományban :

1. Zsugorított rúd. 1—2 μ -os fémporból kb. 0,7 tonna/cm² nyomással préselt, fokozatosan kb. 3000 C°-ig felhevített és itt 18,0—18,5 fs-ig zsugorított rúd.

2. 4,3 mm-es kovácsolt rúd. 1. szerint készült rúd 1500 C°-ra felhevítve és körforgó kovácsológépen több fokozatban 4,3 mm-ig vékonyítva.

3. 4,3 mm-es kilágyított rúd. A 2. szerint készült rúd 2600 C°-on 3 p-ig (UC fém esetén 2900 C°-on 3 p-ig) kilágyítás céljából izzítva.

4. 1,5 mm-es kovácsolt szál. A 3. szerint kilágyított rúd 1300 C°-tól 1000 C°-ig csökkenő hőmérsékleten több fokozatban körforgó gépen kovácsolva.

5. 0,6 mm-es húzott wolframdrót. A 4. szerint kovácsolt szál keményfém húzóköveken 850 C°-tól 700 C°-ig csökkenő hőmérsékleten, grafitral kenve, több fokozatban 0,6 mm-ig húzva.

Megállapítottuk ezenkívül összehasonlításként molibdénfémporból hasonló módon készült közbeeső termékek Vickers-keménységét is 20 C° és 800 C° között.

1. Zsugorított rúd. 2—3 μ -os fémporból préselve, kb. 11 fs-ig zsugorítva (kb. 0,3 % K és kb. 0,2 % W idegen anyag tartalmú ammóniummolibdátból készült fémporból).

2. 4,3 mm-es kovácsolt rúd.

3. 4,3 mm-es kilágyított rúd. A 2. szerint készült rúd 1800 C°-on 3 p-ig kilágyítva.

4. 1,5 mm-es kovácsolt szál. A 3. szerint készült kilágyított rúd 1000 C°-tól 700 C°-ig csökkenő hőmérsékleteken körforgó kovácsológépeken vékonyítva.

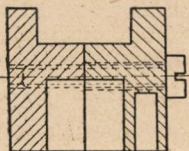
5. 0,6 mm-es húzott molibdéndrót. A 4. szerint készült szál 700 C°-tól 600 C°-ig terjedő hőmérsékleten, keményfém húzókövekkel, grafit kenőanyaggal fokozatosan 0,6 mm-ig húzva.

Mind ezekből a közbeeső termékekből keménységvizsgálatra alkalmas foglalatokban (3. ábra) finoman csiszolt felületű metallográfiai csiszolatokat készítettünk, és ezeken először szobahőfokon végeztünk Vickers-keménység meghatározást, majd egyenként a melegkeménységmérő készülékbe helyezve azokat, ott 800 C°, 600 C°, 400 C° és 200 C° sorrendben mindenik hőfokon kb. 10 benyomatot készítettünk rajtuk Vickers-gyémántgúlával, a csiszolat egymástól nem túl messze eső részein. Az összes benyomatok értékelését kihülés után egyszerre végeztük el.

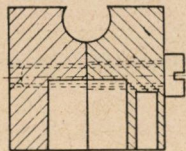
Vizsgálataink eddig gyűjtött eredményeit a 4., 5. és 6. ábrákon tüntettük fel. Ezekből a következő megállapításokra juthatunk.

a) A zsugorított rúd keménysége az adaléknyomoktól gyakorlatilag nem függ és 20 C°-tól 800 C°-ig 300—400 H_V-ről 100 H_V-re csökken.

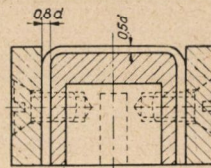
Szögletes anyaghoz



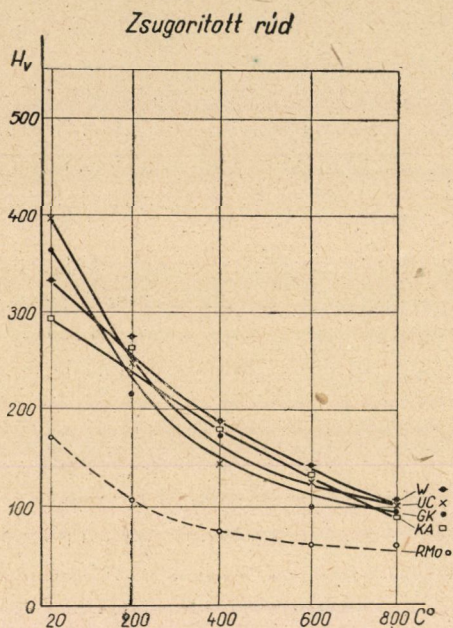
Gömbölyű anyaghoz



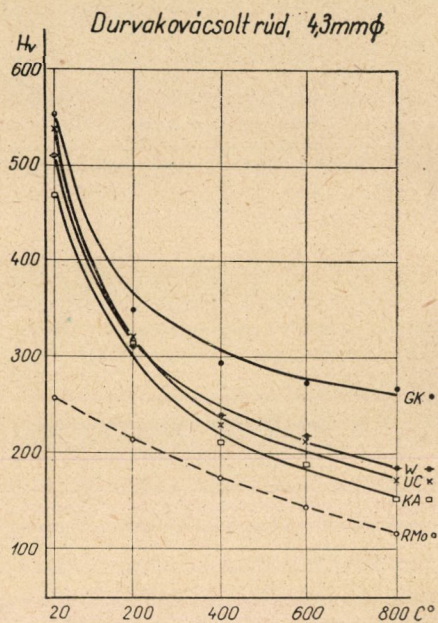
Huzalhoz



3. ábra. Csiszolatfoglalatok wolframfém melegkeménység vizsgálatához



4. ábra. K, Si, és Al, K és Si, valamint K és Al adalékanyagokat tartalmazó és tiszta fémporból készült wolframrudak, valamint molibdénrúd H_v melegkeménység értékei 20°C és 800°C között. (A 4–8. ábrán minden érték legalább 10 mérés középértéke)



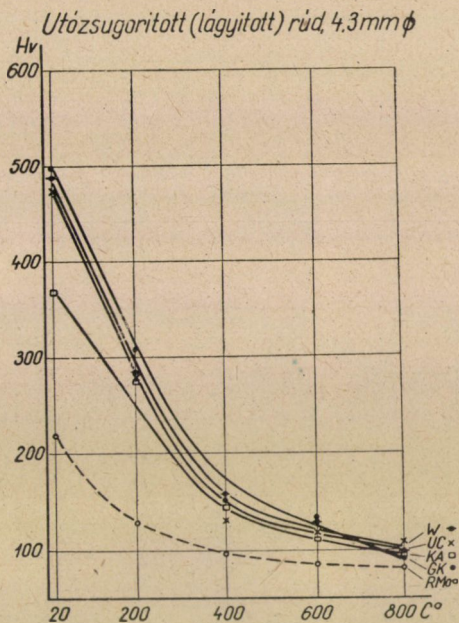
5. ábra. A 4. ábra zsugorított wolframrúdjaiból és molibdénrúdjaiból készült 4,3 mm-es kovácsolt rudak melegkeménység értékei 20°C és 800°C között

b) A 4,3 mm-es kovácsolt rúd keménysége a megmunkálás következtében az egész vizsgált hőfoktartományban jóval nagyobb, mint a zsugorított rúdé. Az UC, KA és W rudak keménysége az adalékanyagoktól függetlenül 20°C -tól 800°C -ig $500 H_v$ -ről $180 H_v$ -re csökken; a GK rudaké $500 H_v$ -ről csak $260 H_v$ -re csökken.

c) A kilágyító izzítás hatása a 4,3 mm-es kovácsolt rudak szobahőfokon mért keménységében nem mutatkozik. Valamennyi kilágyított rúd keménysége

gyakorlatilag független az adaléknyomoktól és 20 C° -tól 800 C° -ig 500 H_V -ről 100 H_V -re csökken. 800 C° -on tehát eléri a zsugorított rudak kedvezően kis keménységét. A kilágyítás hatása méreteinknél főleg 400 C° fölött jelentkezik.

d) A kisebb méretekre történő kovácsolás folyamán valamennyi wolframfajtánál újra jelentkezik a megmunkálás keménységnövelő hatása, mégpedig gyakorlatilag egyező mértékben. Valamennyi drótfajta keménysége a 20 C° -hoz tartozó $500\text{--}600\text{ H}_V$ értékről 800 C° -on kb. 220 H_V -re csökken. A csökkenés



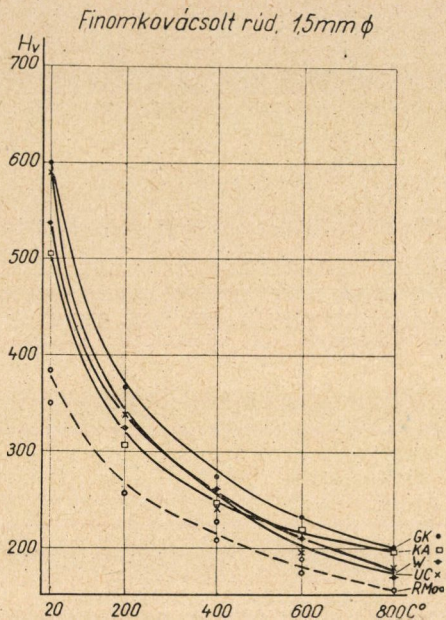
6. ábra. Az 5. ábra $4,3\text{ mm}$ -es kovácsolt rúdjaik melegkeménységértékei 20 C° és 800 C° között, kilágyító izzítás után

400 C° -ig meredekebb, mint ezen felül. Ebben a megmunkálási fokozatban még függetlennek látszik a keménység attól, hogy milyen adaléknyomokat tartalmaznak az egyes wolframfémfajták.

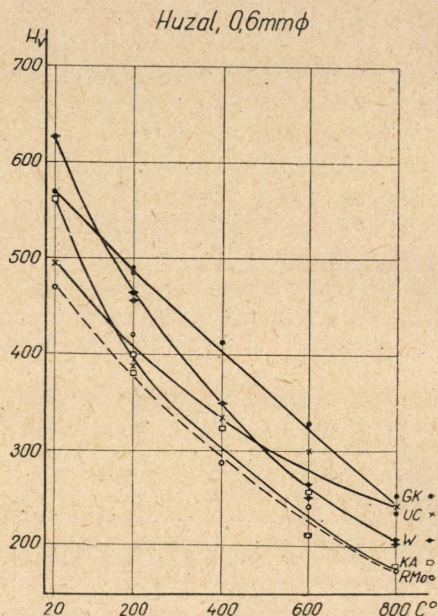
e) A $0,6\text{ mm}$ -es húzott drót keménysége szobahőmérsékleten 600 H_V (az UC dróté 500 H_V , valószínűleg azért, mert az UC-rudak kilágyítása magasabb hőmérsékleten történt, mint a többi fémé). 800 C° -on a keménységértékek két csoportra különülnek. Az egyebek mellett Si adaléknyomokat is tartalmazó GK és UC drótok keménysége itt kb. 250 H_V , a szilícium adaléknyomokat nem tartalmazó (szilíciummal nem preparált) KA és tiszta W fémeké pedig kb. 180 H_V , azaz sokkal kisebb.

Az ábrákon az is látható, hogy a wolframfémekkel párhuzamosan vizsgált RMo jelű molibdénfém keménysége vastagabb méretekben az egész vizsgált

hőfoktartományban, de különösen szobahőmérsékleten jóval kisebb, mint a wolframfémeké. Emellett az is látható, hogy a molibdénfém keménysége kevésbé csökken a hőmérséklet emelkedésével, mint a wolframfémeké. Az 1,5 mm-es kovácsolt molibdén-szál keménysége 400 C° fölé megközelíti a wolframfémek értékeit. A 0,6 mm-es RMo molibdéndrót keménysége 400 C° fölé meg-
egyezik a Si adaléknyomokat nem tartalmazó KAl és W drótok keménységével.



7. ábra. A 6. ábra rúdjaiból készült 1,5 mm-es kovácsolt szálak melegkeménység értékei 20 C° és 800 C° között



8. ábra. A 7. ábra 1,5 mm-es kovácsolt szálai-
ból húzással készült 0,6 mm-es wolfram- és
molibdéndrótok melegkeménység értékei 20
C° és 800 C° között. (A húzott drótok 800
C°-os drót- és kő-hőmérséklettel készültek)

Ez a tény egyúttal jól szemlélteti, mennyire elválnak a KAl és W drótok keménységi sajátságai a 10^{-5} num. koncentrációban Si adaléknyomokat is tartalmazó GK és UC drótok sajátságaitól.

Mindez kielégítő magyarázatot ad arra, hogy miért észleli a wolframdrót-húzó üzem a KAl és W drótokat sokkal „könnyebben” húzhatóknak (800 C° körül), mint az UC vagy GK drótokat.

Méréseink száma egyelőre még elég szerény. Számukat szaporítani fogjuk és méréseinket más drótfajtákra is kiterjesztjük. Mivel azonban eddig gyűjtött adataink eléggé következetesek, megkísérelhetjük, hogy feleletet olvassunk ki belőlük arra a kérdésre, miképpen befolyásolhatják kb. 10^{-5} koncentrációban jelenlevő idegen anyagnyomok (idegen atomok) a wolframfém keménységét a tapasztalt módon.

Felhasználhatjuk ennek a kérdésnek a vizsgálatához azokat a megállapításokat és nézeteket, amelyek az adaléknyomok kristályosodási és technológiai tulajdonságokat megszabó szerepéről egyikünk [1] korábbi közleményében találhatók.

Ezek szerint a wolframfémfajták vizsgált hasznos kristályosodási és technológiai sajátosságait bizonyos jellegzetes „szennyezések” igen kis nyomai szabják meg. A ma szokásos módszerrel előállított wolframfémek max. 10^{-4} – 10^{-5} koncentrációban tartalmaznak pl. K, Na, Si, Fe, Al stb. szennyezéseket akkor is, ha tiszta, azaz adalékanyagok nélkül feldolgozott wolframsavból készültek és akkor is, ha kb. 1% K, Na, Si, Fe, Al tartalmú adalékanyagot tartalmazó wolframsav redukációjával állítottuk elő őket. Emellett a „tiszta” wolframfém drótja rekrisztallizálva kiskristályos és törekeny, az adalékos fémé ellenben nagykristályos és képlékeny. Megmarad ez a lényeges különbség akkor is, ha feldolgozás közben a még porózus, félig zsugorított wolframrudakból a „szennyezéseket” az analitikai kimutathatóság határa alá, azaz 10^{-5} koncentrációérték alá kimossuk. A kétféle drót jellegzetes sajátosságait tehát egyaránt milliomodrésznyi szennyezések szabják meg. Azonban nagykristályos szerkezetet és alakíthatóságot biztosító hatása csak a K, Si, Al nyomoknak együttesen van és ez csak akkor jelentkezik, ha a wolframsav redukálása folyamán benne jelentős mennyiségben voltak K, Si Al tartalmú adalékanyagok. Ugyanezek a „szennyezések” tehát kétféleképpen lehetnek a wolframfémekben: hatástalanul és hatásosan. Rendkívül valószínű, hogy akkor hatástalanok, ha a fém belső kristályhatárain helyezkednek el és akkor hatásosak, ha a rácsban atomdiszperzen „oldva” vannak. A rácsban való oldódásukhoz azonban a jellegzetes atomoknak egyrészt előbb vegyületeikből képződniük kell, másrészt képeseknek kell lenniök a wolframrácsban való feloldódásra, amire pl. a túlságosan nagyméretű K atomok nem képesek. A szennyezésekből vagy adalékanyagokból (főleg a K vegyületekből) tehát csak akkor juthat számottevő mennyiség (pl. $\sim 10^{-6}$ num. konc.) hatékony módon (atomosan a rácsban oldva) a wolframfémbe, ha erre a nem természetes folyamatra a véletlennek nagy mennyiségű adalékanyag alkalmazásával elegendő alkalmat biztosítunk [1].

Az 1. táblázatban láthatjuk, hogy pl. 0,3% KCl adalékanyagból a K mintegy 10^{-4} koncentrációban marad vissza a wolframfémbe. Ez az érték kimossással 10^{-5} alá csökkenthető anélkül, hogy a K jellegzetes hatása eltűnne. Tegyük fel tehát, hogy ez esetben a hatékonyan a rácsba beilleszkedett K-koncentráció 10^{-6} , azaz az adalékkoncentráció ezredrésze. Mennyi K kerülhet hatékonyan a wolframfémbe olyan tisztított és nem preparált wolframsavból, amelyben a K koncentrációja kb. 10^{-8} értékű? Ennek szintén csak kb. az ezredrésze, azaz 10^{-9} .

Miért elegendő a jellegzetes kristályosodási és technológiai sajátosságok biztosítására az, ha minden milliomodik atom K-atom, és miért nem elég ehhez ennek az ezredrésze? Egyikünk idézett közleménye [1] arra mutat rá, hogy

azokban a jellegzetes kristályosodási és technológiai folyamatokban, amelyeket éppen vizsgálunk, alapvető hatása van az erősen diszlokált atomoknak (diszlokációknak) és üres rácshelyeknek, amelyeknek num. koncentrációja az erősen megmunkált fémekben mai ismereteink szerint 10^{-6} értékű. Ha elfogadjuk azt a jól alátámasztott nézetet, hogy bizonyos jellegzetes idegen atomok az alaprács atomjainak diszlokált helyzetét rögzíteni tudják és ez a hatásuk akkor érvényesül legtisztábban, ha koncentrációjuk közel van a diszlokált atomokéhoz, akkor megértjük, miért lehet valamely idegen atomfajta 10^{-6} koncentrációja elegendő ahhoz, hogy erősen megmunkált fém sajátságait jelentősen megváltoztassa és miért nem elegendő ehhez ugyanennek az atomfajtanak 10^{-9} koncentrációja.

Melegkeménység méréseink értelmezését megkísérelve ehhez a szemlélethez kapcsolódunk és feltesszük, hogy a különböző wolframfajták keménység értékeire is dominálón csak a hatékony, azaz rácspan oldott idegen atomok gyakorolnak hatást, különösen akkor, amikor a szennyezések (adaléknyomok) teljes koncentrációja 10^{-4} érték alatt van, azaz olyan kicsi, mint a mi kísérleti fémekben.

Vajon melyik atomfajta valaminő jellegzetes hatását árulják el mérési eredményeink?

Látjuk, hogy a Si atomok kb. 10^{-6} hatékony koncentrációban (a KSiAl-os KSi-os fémekben) arra képesek, hogy azt a kilágyulási folyamatot, amely mérési körülményeink között $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on a „tisztá” wolframfémekben és a KAl-os fémekben, azaz a Si-atomokat hatékonyan nem tartalmazó fémekben, a keménységet kb. 180 H_v -re csökkenti annyira hátráltassák, hogy a szilíciumos fémfajták (GK, UC) keménysége csak 250 H_v -re csökkenjék.

Úgy véljük, hogy ennek oka abban keresendő, hogy a Si-atomok a diszlokációk környezetébe vagy az üres rácshelyekhez diffundálva azok mozgását irányított (merev) kötésfunkcióikkal pl. oly módon gátolják, amint azt egyikünk idézett munkája [1] ismerteti, és ezzel az üres rácshelyek mozgását feltételező kilágyulást [3] lassítják vagy gátolják. Vizsgálatainkat ennek a kérdésnek alaposabb felderítésére tovább folytatjuk.

IRODALOM

1. MILLNER TIVADAR, az MTA lev. tagja: A vákuumtechnikai wolframfém előállításának és tulajdonságainak természettudományos kérdései. (Székfoglaló előadás, 1956. márc. 5-én.) MTA Műsz. Tud. Oszt. Közl. XXI. (1957) 243
2. MILLNER TIVADAR, PROHÁSZKA JÁNOS és HORVÁTH ANTAL: Idegen anyag nyomok hatása wolframdrótok másodlagos újrakristályosodására. (Előadás az Eötvös L. Fizikai Társulat Konferenciáján (1956. ápr. 27-én.) MTA Műsz. Tud. Oszt. Közl. XXI. (1957) 349.
3. A. H. COTTRELL: Dislocations and plastic flow in crystals. Oxford, Clarendon Press, 1953.

HOZZÁSZÓLÁSOK

MESTER ISTVÁN

Millner Tivadar előadásához kis szennyezőknek a wolfram fémre gyakorolt hatása szempontjából nem igen tudnék érdemlegesen hozzászólni. Hiszen ez nagyon is különleges területe a fémek ismeretének és a dolog természetéből folyik, hogy a sokszor csak tizezred-, vagy milliomodrész koncentrációban előforduló elemek hatásának vizsgálata nagyon fontos, de épp oly nehéz feladat. Hosszadalmas, alapos, rendszeres kutatással és vizsgálatokkal kell kiverekedni sokszor még a látszólag kis eredményt is, s hatványozottan áll mindez az előadónak ilyen tárgyú tekintélyes eredményeire. Azt hiszem, senki sem vitathatja el tőle ezen a területen az úttörő szép, de nem mindig hálás szerepét.

Én jelen hozzászólásommal éppen az eléje tornyosuló nehézségek közt szeretném kisebb mérvű olyan eligazításhoz juttatni, ami mostani előadásának közelebbi tárgyára, a mikrokeménységmérésre vonatkozik elsősorban, bár az előadásában említett 2 kg-os terhelés már nem a mikro-, sőt nem is a félmikro-, hanem a rendes keménységmérési határba esik.

Előre kell bocsátanom, hogy főleg a fémek alakíthatóságának vizsgálata és megítélése többnyire nem keménységvizsgálattal, hanem másféle vizsgálati módon, pl. hideg, meleg állapotban végzett szakító-, vagy ütőpróbákkal, sőt, erre a célra még alkalmasabbnak látszó speciális zömítési próbák eredményeiből szokott általában történni. A zömítőpróbákat is végzik úgy statikus, mind dinamikus terheléssel egyaránt. Az előadó, legalábbis röviden megemlíti, hogy a huzalok hidegen vagy melegen végzett ilyen próbáiból nyerhető nyúlási vagy kontrakciós értékek, illetőleg a szakítószilárdság nem voltak jellemzők a vizsgált huzalok technológiai tulajdonságaira, ezzel szemben a melegkeménység mérése az eddigi — bár szerény számú — eredmény alapján jellemzőnek látszó adatokat szolgáltatott.

A csábítás arra, hogy melegkeménység méréssel, sőt, ha ez lehetséges, éppen mikrokeménységmérésekkel jellemezzük a feldolgozásnál vagy üzem közben különféleképpen viselkedő huzalokat, igen nagy. Viszonylag gyors, olcsó és kényelmes vizsgálati módnak ígérkezik ez, ha az eredményei jól felhasználhatók. Sok mérés — mégpedig több hőmérsékleten is — elvégezhető így gyorsan, egy-egy próbadarabbal. (Még akkor is igen előnyösnek látszik az, ha nem a szabványok szerinti keménységmérési mód szolgáltatná a legjellemzőbb, így leghasználhatóbb értékeket, hanem pl. akár golyó alakú, vagy éppen hosszabb éllel bíró prizma alakú nyomótest használata, amely vékonyabb huzalok keménységmérésére első pillanatra kényelmesebbnek látszanék.)

A keménységvizsgálat egyébként a fémek alakíthatóságának jellemzésére csak nagyon szűk területen szokásos. Inkább csak a fémek hidegalakításával kapcsolatos keményedésnek a mérésére alkalmazzák, mert a hidegalakítás okozta keményedésből sok esetben némi következtetés vonható a fémek még meglévő alakíthatóságára. A mikrokeménységgel kapcsolatban azonban még a kutatóknak erre vonatkozó véleménye is erősen megoszlik. Pl. LEISE, RAETHER és HEIDENREICH arra a meglepő eredményre jutottak, hogy az általuk vizsgált lággyvas-regulus egy-kristályának mikrokeménysége még 95%-ig terjedő hideg-

alakítás hatására sem növekedett egyáltalán, sőt a vizsgált felületnek megfelelőbb előkészítése után éppen kisebbnek mutatkozott, és csökkenő tendenciát mutatott a hidegalakítás mérvének növekedésével.

A mikrokeménységmérés eredményei különben még akkor is, ha csak szűkebb területen egymásközi összehasonlításra szánjuk azokat — amint véleményem szerint itt is éppen erről az esetről lehet szó —, csak igen nagy körütekintés és különféle fenntartás után értékelhetők. Számos olyan tényező befolyásolja ui. az eredményeket, amelyek a még nagyobb terheléssel végrehajtott, ún. mikrokeménységmérés alkalmával nem zavarnak érdemlegesen. Hogy a keménységméréseket közelebbről milyen viszonyok mellett, milyen módon előkészített darabokon és hogyan hajtották végre, ez az előadásból nem derül ki világosan, viszont mind ezektől, mind a mikrokeménységmérés egyéb részleteitől is erősen függnek az eredmények. S éppen fokozottan érvényes mindez a melegkeménység mérésére, ahol pl. az említett 25 másodperces terhelési idő a meleg állapotban való keménység mérésénél általában szokásos terhelési időhöz képest igen rövidnek látszik. Vagy pl. bizonyos megválasztott nagyságú terhelés egyrészt a vizsgált nagyobb vastagságú (4,3 mm és nagyobb) termékek keménységének a mérésére még megfelelő lehet, de a kisebb szelvényű (0,6 mm és kisebb \varnothing -jú) drótok vizsgálatára már kevésbé látszik megfelelőnek, pedig az előadottak szerint az eddigi méréseknél éppen a 0,6 mm \varnothing -jú huzalok melegkeménységi értékeiben mutatkozott a különböző technológiai tulajdonságú huzalok közt a jellemző különbség. Tehát célszerű a legmegfelelőbb terhelési értéket is kikeresni, minél konkrétbben mindig a felhasználási célra szabva azt.

Ezenfelül a vizsgálandó fémfelület előkészítésének fontosságára külön is rá akarok itt mutatni, mint egyik olyan fontos tényezőre, amelynek változásával különösen a kisebb terhelésekkel végrehajtott keménységmérések eredménye nagymértékben módosul. Még az egyszerű, általában szokásos metalográfiai csiszolat készítése mód — amely tehát magában foglalja a mechanikai fényesítést is — sem elegendő e tekintetben, hanem ezen túlmenő részletek is fontosak. Az ilyen csiszolatok szokásos előkészítése alkalmával ui. erősen elroncsolt, hidegen alakított felületi réteg keletkezik, amely nem képviselheti a mikrokeménység tekintetében sem a vizsgálandó anyagot. Hogy jellemző értékeket kapjunk, ehhez az elroncsolt felületi réteget megfelelő módon el kell előbb távolítanunk a darabról. Erre bizonyos maratási mód is jó lehet ugyan, de emellett ajánlanám a vizsgálandó felületnek elektrolitikus fényesítéssel történő előkészítés utáni vizsgálatát is. Esetleg sok zavaró és időhúzó bosszúságtól tud vele az előadó megmenekülni, ha a mikrokeménységmérés ilyen nehézségeit is messzememenően figyelembe veszi.

Egyébként alapos összefoglalást állított össze a mikrokeménységi vizsgálatra vonatkozólag Keller György, s munkájában megtalálható a legtöbb zavaró tényező hatásának taglalása és megfelelő részletes szakirodalmi hivatkozás is.

Éppen annak az érdekében, hogy az előadónak úgylis nehéz úttörő munkáját ne zavarják még olyan mérés technikai részletekből eredő kisebb-nagyobb hibák is, amelyek még anyagvizsgálói szakkörökben is kevésbé ismertek eddig, voltam bátor figyelmét ilyen részletekre felhívni, hogy így — amennyiben eddig bármilyen okból nem tette volna — legalább kilátásba helyezett ezután végzendő további vizsgálatainál vehesse azokat kellőképpen tekintetbe. Talán ezek is segítenek valamit az ismereteink határainak tágítására irányuló fontos munkájában.

TURY PÁL

Dr. Millner Tivadar igen kis, de hatékony szennyeződések tartalmazó és nagykristályszerkezet képződését előmozdító sajátságokkal rendelkező wolfram-drótokat tanulmányozott, mégpedig ebben a tanulmányban elsősorban ezeknek technológiai sajátságait, a meleg Vickers-keménységet vizsgálta. Eredményei alapján azt állapítja meg, hogy azoknak a drótoknak a Vickers-keménysege, amelyek hasznos alakban kovasavat, szilíciumot tartalmaznak, nagyobb, mint azoké a drótoké, amelyek ezeket a szilícium-szennyezéseket, adalékokat hasznosan nem tartalmazzák. Ez nagyon lényeges felismerés, és tudásunkat hasznosan gyarapítja.

Hasonlóképpen hasznosak azok a felismerések, amelyeket Millner Tivadar régebben ismertetett és amelyek arra irányultak, hogy a hatóanyagok közül melyek a hasznosak. Ezeknek folyamán derült ki, hogy a sok hatóanyag közül elsősorban az alumínium, a szilícium, a kálium hatékony.

Hasonlóképpen érdekesek és alapvetőek voltak azok a kutatásai is, amelyek annak kiderítésére irányultak, hogy ezek az alapvető, kis mértékben jelentkező és működő szennyezések milyen mennyiségben vannak jelen. Eddig is tudtuk, hogy ezek a hasznos hatóanyagok igen kis mennyiségben fordulnak elő, de az ő — munkatársaival végzett — kísérletei folyamán derült ki, hogy mennyiségileg milyen szinten mozognak ezek.

Tanulmányai két alapvető kérdést vetnek fel, a mechanikai-technológia és a metallográfia két alapvető kérdését: egyrészt az úgynevezett hideg megmunkálást, másrészt a rekrisztallizációt, ennek is inkább azt a részét, amelyet szekunderrekrisztallizációnak szoktunk nevezni. Ez a két alapvető folyamat évtizedeken keresztül beható kutatás tárgya volt.

Beható kutatás tárgya volt a vákuumtechnikai wolframkutatás terén is azért, mert egyrészt a wolframdrót megmunkálhatósága, másrészt a minősége döntő mértékben függ annak kristályszerkezetétől, ahogyan az előadó kifejtette.

Az egyik sarkalatos kérdéssel, a hideg megmunkálás kérdésével kapcsolatban csak annyit jegyzek meg, hogy főleg az utóbbi évtizedek kutatásai, eredményei tudásunkat ezen a téren lényegesen gyarapították. Főleg a röntgenvizsgálatok járultak hozzá ahhoz, hogy itt tisztábban lássunk, mint azelőtt.

Ezzel szemben a másik területen, a rekrisztallizáció, főleg a szekunderrekrisztallizáció területén még nem sikerült olyan tapasztalatra, olyan ismeretanyagra szert tenni, amely kellő világosságot derítene ennek a folyamatnak kellő megértéséhez.

Éppen ezért igen nagy értéke van minden olyan, jól definiált körülmények között végzett kísérletnek, amely ezeknek a folyamatoknak a megértését elősegíti. Ilyen az is, amelyet az előadó ezekkel a vizsgálatokkal kapcsolatban bemutatott.

Konkrétan egy szemponthoz szeretnék hozzászólni, és azt részben kiegészíteni. Az előadó meglepő eredményként említette, hogy a képlékeny húzó kísérletek folyamán nem lehetett tapasztalni a szilícium keménységnövelő hatását ugyanakkor, amikor egyrészt a Vickers-keménység mérései, másrészt az üzemi tapasztalatok keménységnövelésről tanúskodnak. Ez meglepő és első pillanatra meg nem magyarázható észlelet. Azt hiszem azonban, hogy ez az ellentmondás magyarázható a következő megfontolás folyamán.

Minden deformációs műveletnél két jelenség bír alapvető fontossággal: egyrészt a képlékeny deformáció iniciálására szolgáló erőhatás — ez kb. az,

amit a folyáshatárral vagy a rugalmassági határral szoktak jellemezni; a kettő nem egészen ugyanaz, de közel esik — másrészt a képlékeny alakváltozás fenntartásához szükséges erőhatás. A képlékeny húzási kísérleteknél, amennyiben húzási szilárdsággal fejezzük ki ezt az értéket, a képlékeny alakváltozás fenntartásához szükséges erőhatást kapjuk meg, míg ellenben a Vickers-keménység mérésekor és az üzemi húzási műveletek folyamán az, amit a munkás és a Vickers-féle műszer érez, inkább egy jellegzetes sajátossággal, azzal a számértékkel van összefüggésben, amely azt mutatja, hogy a képlékeny alakváltozás megindításához mekkora erőhatás szükséges.

Ha ilyen szemszögből nézzük a dolgot, akkor megszűnik ez az ellentmondás: a képlékeny húzó kísérlettel ezt a keménységnövekedést nem is lehet észlelni, ha az csak a húzó szilárdsági adatok meghatározására irányult, ami azonban kétségtelenül fennáll, és ez nagyon lényeges dolog.

Lényeges és örvendetes eredménynek látom ezeknek a kísérleteknek azt a részét, hogy igenis, a kis mennyiségű szilícium hasznos hatóanyag, növeli a keménységet, a képlékeny alakváltozás megindításához szükséges feszültséget. Ez a fogalom mind nagyobb jelentőségre kezd szert tenni. Megemlítem, hogy KERÉNYI ISTVÁN munkatársammal egy más rendszerre, nitrogén—molibdén rendszerre hasonló vizsgálatot végeztem, ahol feltűnő hatásokat észleltünk. Igen kis mennyiségű, néhány ezrelék nitrogén azzal a hatással jár, hogy a képlékeny alakváltozás megindításához szükséges erőhatást egészen rendkívüli, szokatlan mértékben növeli. Olyan mértékben is megtörténik ez bizonyos kísérleti körülmények között, hogy a nitrogéntartalmú molibdén már nem is képes alakváltozásra, minden nyúlás nélkül elszakad. Egyszerű mechanikai beavatkozással ellenben elő lehet idézni azt, hogy a keménységnövelő hatás megszűnik és akkor a drót úgy viselkedik, mintha nitrogént nem is tartalmazna. Lényeges eleme tehát ezeknek a szemléleteknek az, hogy figyelemmel kell kísérni azt a mechanizmust, amely a képlékeny alakváltozás megindításához szükséges. Ilyen szempontból nézve: a kovasav, szilícium, amely hatásos elhelyezkedésben fordul elő a wolframrács belsejében, igen kis mértékben növeli a keménységet.

A szekunder-rekrisztallizációval kapcsolatban említettem, hogy itt még nincsenek olyan tiszta nézeteink, amelyekkel a jelenségeket tökéletesen meg tudnók magyarázni. Az utóbbi évtizedekben számos nagyon hasznos feltevés látott napvilágot, ilyen például a legutóbb megszületett diszlokációs elmélet, mindezek azonban még nem magyarázzák meg teljesen elfogadhatóan a rekrisztallizációs jelenségeket. Éppen ezért az ilyen vizsgálatok, amelyek egyes konkrét kérdések tanulmányozására irányulnak — mint például az előadó legutóbbi és előzetes tanulmányai is —, remélhetőleg hozzá fognak majd járulni a másik sarkalatos kérdés megértéséhez, és képessé tesznek bennünket arra, hogy a rekrisztallizációs, főleg a szekunder-rekrisztallizációs jelenségeket is kellőképpen megértsük.

MILLNER TIVADAR

Nagyon köszönöm a dolgok lényegébe vágó, igen alapvető hozzászólásokat. Tudom és érzem, hogy keménység-vizsgálati módszerünk további finomítása és a szabványos, szokásos eljárásokhoz közelebb igazítása feltétlenül elvégzendő. Ehhez nagy segítséget nyújtanak azok a megjegyzések, amelyeket erre vonatkozólag kaptam. Én egy kezdeti stádiumban levő vizsgálati területet mutattam

be, amelynél egy szempont kétségtelenül szem előtt tartandó és független azoktól a megjegyzésektől, amelyek a mérési módszer további javítására vonatkoznak : és ez az a tény, hogy az üzemi nagy tapasztalati anyag tanúsága szerint a szennyező atomok minőségéhez igazodva a Si-tartalmú drótok nehezebben húzhatók, mint a Si-atomokat nem tartalmazó drótok. A másik tény, hogy amikor mi ezt a jelenséget számszerűen követni óhajtottuk, a szokásos és elótünk ismeretes módszerek nem adtak olyan számszerű feleletet, amely egyezett volna az észleléssel, hanem egyedül a melegkeménységi mérések tártak fel ilyen összefüggést, már abban a kezdetleges alakban is, ahogyan azt eddig végeztük.

Nem gondolom, hogy olyan alapvetően rosszul végeztük volna a kísérleteket, hogy ezekben az eredményekben alapjában véve kételkednünk kellene, gondolom azonban, hogy további finomításra és a körülmények további tekintetbevételére feltétlenül szükség van. Ehhez fog hozzájárulni az, hogy most először jutottunk hozzá valódi mikrokeménységmérő berendezéshez, amellyel sokkal helyesebben végezhetjük majd el az ilyen kis mintákon, amelyek itt érdekesekek, a keménységmérést. Műszerünket azonban előbb védőgázhasználatra alkalmassá kell tenni. Ebben a tekintetben még nem haladtunk előre. Ezeket a szempontokat említem meg a mérési technikával kapcsolatban, amelyet jelen alakjában én sem tartok teljesen kielégítőnek.

Tury kartársunknak rendkívül érdekes és a dolog mélyére tapintó megjegyzéseire egy mondatban lehet válaszolni : a nitrogén-analógia arra készítet, hogy vizsgáljuk meg W-drótokon Si jelenlétében és annak távollétében a yield point jelenséget : lehet-e észlelni az iniciáláshoz, azaz a maradó alakváltozás folytatásához szükséges feszültség növekedését szakító diagramban is. Hogy ezt eddig nem észleltük, annak oka az, hogy a szobahőmérsékleten felvéve a wolfram szakító diagramját, olyan kicsiny nyúlási és egyéb jellemző értékek mutatkoznak, hogy így értelmes megállapításokhoz jutni nem lehet. Meg kell tehát vizsgálni ugyanezt a kérdést magasabb hőmérsékleten. Fel kell venni ezeket a szakító diagramokat erre a kérdésre irányítottan a sokkal alkalmasabb magasabb hőmérséklet-tartományban, ha tudunk ilyen készüléket szerkeszteni. Ez azonban egy új módszer kifejlesztésének feladata. Mi törekedni fogunk erre és azt hiszem, evvel a felvetett kérdések lényegére választam is.

A kiadásért felel az Akadémiai Kiadó igazgatója

Műszaki felelős: Farkas Sándor

A kézirat nyomdába érkezett: 1957. VI. 5. — Terjedelem: 15,50 (A/5) fv, 49 ábra

42651/57 — Akadémiai Nyomda — Felelős vezető: Bernát György

TARTALOMJEGYZÉK

<i>Hevesi Gyula</i> : Beszámoló a MTA Műszaki Tudományok Osztályának munkájáról a MTA 1956. évi Nagygyűlésén	171
H o z z á s z ó l á s o k :	
<i>Bognár Géza</i>	189
<i>Striker György</i>	189
<i>Magyari Endre</i>	192
<i>Rázsó Imre</i>	193
<i>Vámos György</i>	195
<i>Szilágyi Gyula</i>	197
<i>Verő József</i> elnök	198
<i>Vendl Aladár</i> : Az eruptív kőzetek mállásának vizsgálata	201
H o z z á s z ó l á s o k :	
<i>Gedeon Tihamér</i>	220
<i>Vadász Elemér</i> elnök	226
<i>Györki József</i>	227
<i>Jantsky Béla</i>	228
<i>Takáts Tibor</i>	828
<i>Ozorai Gyula</i>	229
<i>Mattyasovszky László</i>	231
<i>Szádeczky-Kardoss E.</i> : I. A magmás kőzetek és ércek képződési mélységének meghatározásáról	235
<i>Szádeczky-Kardoss E.</i> : II. Ércképződés és lepusztulási mélység	253
H o z z á s z ó l á s o k :	
<i>Koch Sándor</i>	289
<i>Pantó Gábor</i>	290
<i>Szádeczky-Kardoss E.</i> válasza	292
<i>Vadász Elemér</i> elnök	293
<i>Kántás Károly</i> : A tellurikus módszer jelentősége a földtani nyersanyagkutatásban	295
H o z z á s z ó l á s :	
<i>Vadász Elemér</i> elnök	313
<i>Szigeti György</i> : Fénycövek gyártásával és fejlesztésével kapcsolatos problémák	315
<i>Millner Tivadar, Sass Lóránt</i> : Kis mennyiségű szennyezők hatása a wolframfém melegkeménységére	333
H o z z á s z ó l á s o k :	
<i>Mester István</i>	343
<i>Tury Pál</i>	395
<i>Millner Tivadar</i> válasza	346