

# Aranybevonatú csatlakozó érintkezők megbízhatósági vizsgálatai

FEJÉR GYÖRGY

Kontakta, Budapest

DR. KORMÁNY TERÉZ

BME Elektronikus Eszközök Tanszék, Budapest



## ÖSSZEFOGLALÁS

Vizsgálati és ellenőrző módszerek kerülnek kidolgozásra, amelyekkel különböző aranybevonatú csatlakozó érintkezők minősíthetők és összehasonlíthatók. Így pl. vizsgálták az egymást követő igénybevételek (hőssokk, pára, ipari gáz, elektromos terhelés) hatását az átmeneti ellenállás változására. Ellenőrizték a különböző technológiával kialakított arany-, illetve nikkelbevonatok morfológiáját, rétegvastagságát, az iparigáz-igénybevétel hatására keletkező korróziós termékek összetételét, a kopási helyeken visszamaradó bevonat állapotát. Összeüggést találtak a bevonatok anyagi tulajdonságai és az igénybevételekkel szembeni ellenállóképességük között.

## Bevezetés

A gazdasági életben az elmúlt évtizedben lezajlott változások — a gyártási költségek emelkedése, és egyes alapanyagok, pl. a nemesfémek árának növekedése — jelentősen módosították az elektromechanikus alkatrészek gyártási technológiájának, tervezési szempontjainak korábban kialakult gyakorlatát. E változások közül az egyik legjelentősebb az érintkezők gyártása területén következett be. Elterjedtek ugyanis a különböző nemesfém takarékos bevonatkészítő eljárások, melyek befolyásolhatják az érintkezők minőségét, korlátozhatják környezetállóságukat, illetve ebből kifolyólag alkalmazási területeket.

Az új korszerű érintkezőbevonatok vizsgálata a megbízhatóság ellenőrzésével foglalkozó laboratóriumokat is új feladatok megoldására készíti.

A következőkben megbízhatósági módszertani kísérlet eredményeit kívánjuk ismertetni. A vizsgálat sorozatot különböző rétegvastagságú és felépítésű, nemesfém bevonattal ellátott csatlakozó érintkezőkön hajtottuk végre azzal a céllal, hogy vizsgálati és kiértékelési eljárást dolgozzunk ki az érintkezők szélsőséges környezeti viszonyok közötti működésének — megbízhatóságának — minősítésére.

A következőkben:

- a végrehajtott igénybevételi eljárásokat,
- a vizsgáló berendezéseket,
- az alkalmazott mérési eljárásokat,
- a vizsgálati eredmények feldolgozását és értékelését kívánjuk ismertetni.

## 2. A vizsgálati programban végrehajtott igénybevételi eljárások

A vizsgálati program kidolgozásakor a teljesíteni kívánt célkitűzéseink a következők voltak:

Beérkezett: 1984. I. 21. (A)

## FEJÉR GYÖRGY

Egyetemi tanulmányait az Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Karán végezte, ahol fizikusi diplomát szerzett. 1962-ben a Műszeripari Kutató Intézetben az elektromechanikai alkatrész osztályon kezdte meg jelenleg is folytatott szakmai gyakorlatát, mint tudományos munkatárs. 1972–78 között a vizsgáló laboratórium vezetőjeként elsősorban különböző csatlakozó és kap-

csoló típusok megbízhatósági és típusvizsgálatai műszaki kivitelezésének és az eredmények kiértékelési módszereinek megoldása foglalkoztatta. 1978-tól a Kontakta Alkatrészgyár fejlesztési laboratóriumában dolgozik, mint osztályvezető. Ebben a beosztásban feladata, elsősorban a vállalat új termékei fejlesztési vizsgálatainak irányítása, de lehetősége nyílik a korábbi kutatási tevékenység folytatására is.

- a) a különböző nemesfém bevonatokkal ellátott érintkezők környezetállóságának meghatározására alkalmas vizsgálati módszer kifejlesztése,
- b) a szélsőséges környezeti feltételek között üzemelő érintkezők megbízhatósági, illetve alkalmazás-technikai jellemzőinek meghatározására alkalmas vizsgálati eljárás biztosítása (felhasználói igények szerint).

A fenti célok elérésére a következő igénybevételi sorrendű vizsgálati programot dolgoztuk ki:

Gyors hőmérséklet-változás igénybevétel:

- igénybevételi ciklusok száma: 10,
- meleg tér hőmérséklete: +100 °C,
- hideg tér hőmérséklete: -40 °C,
- a hőmérséklet-változás sebessége: 1 °C/perc.

Állandósult hőmérséklet esetén az egyes hőmérsékleti igénybevételek időtartama: 1 óra.

Tartós nedves meleg igénybevétel:

- az igénybevétel időtartama: 4 nap,
- a vizsgáló tér hőmérséklete: +40 °C,
- a vizsgáló tér páratartalma: 95% relatív nedvességtartalom.

Az így kialakított vizsgálati ciklust öt ízben megismételtük.

A kombinált hőmérséklet-változás és a tartós nedves meleg igénybevételi szakasz után a vizsgálati mintákon

- mechanikai élettartam igénybevételt, majd
- iparigáz-igénybevételt hajtottunk végre.

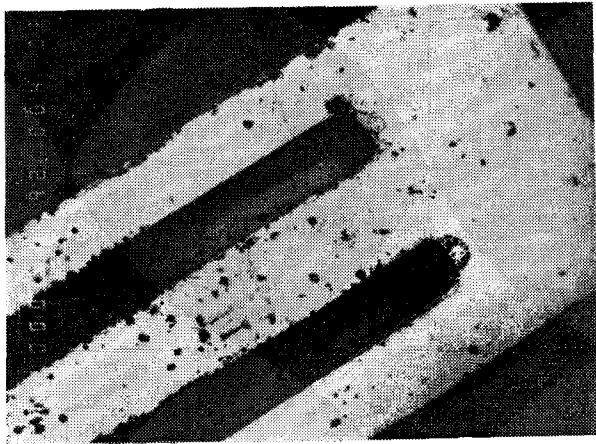
Az ipari gázállóság igénybevétel körülményei az alábbiak voltak:

- H<sub>2</sub>S igénybevételénél (a minták egyik felén) az igénybevétel időtartama 21 nap,
- az igénybevételi tér szennyező gáz koncentrációja:  $10 \pm 2$  ppm,
- a vizsgáló tér hőmérséklete:  $+25 \pm 2$  °C,
- a vizsgáló tér páratartalma:  $75 \pm 5\%$  relatív légnedvességtartalom.
- SO<sub>2</sub> igénybevételénél (a vizsgálati minták második felén) az igénybevétel időtartama: 21 nap,
- az igénybevételi tér szennyező gáz koncentrációja:  $25 \pm 5$  ppm,
- az igénybevételi tér hőmérséklete:  $+25 \pm 2$  °C.

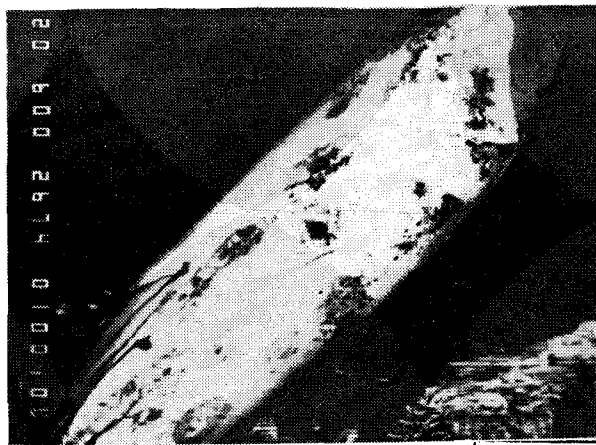
A vizsgáló tér páratartalma:  $75 \pm 5\%$  relatív nedvességtartalom.

A vizsgálatok során ellenőrzött paraméter az átmeneti ellenállás értékének változása volt.

A vizsgálatba három különböző gyártmányú és típusú csatlakozó sáv érintkezőit vontuk be. Az egyes érintkezők bevonatvastagságaira utaló adatokat az 1. táblázat tartalmazza. A táblázatban közölt adatokat az érintkezők vizsgálata során a kompozíció üzemmódban készített visszazórt elektronképeken



a.)



b.)

H945-1

1. ábra. Érintkezők („A” mintacsoport) felülete SO<sub>2</sub> igénybevétel után (visszazórt elektronképek): a) 2677. felvétel, b) 2674. felvétel



DR. KORMÁNY TERÉZ

Az Eötvös Loránd Tudományegyetemen szerzett vegyész oklevelet. 1958–1982 között a Távközlési Kutató Intézetben dolgozott. 1982 óta a BME Elektronikus Eszközök Tanszékén docens. Puszkás Tivadar-, Pollák-Virág- és MTE SZ-díjas. A HTE elnökségi tagja, a MTE SZ V.B. tagja, részt vesz több MTE SZ egyesület munkájában. Kutatási területe az elektronikus anyagok vizsgálata és a mikroelektronikai technológia.

méréssel határoztuk meg és a mért értékeket jellemzőnek tartjuk a megfelelő típus összes vizsgált darabjára.

1. táblázat

Csatlakozó érintkezők bevonatának rétegvastagsága

Érintkező jele	Aranyréteg (µm)	Nikkelréteg (µm)
I. Hüvely	2	25
Dugó	1	3
Hüvely	2	9
II. Dugó	2	6
Hüvely	3	2
III. Dugó	3	3

### 3. A vizsgáló berendezések és mérési eljárások

Az ellenőrzött nagy érintkezőszám és az ebből kifolyólag elvégzendő nagyszámú mérés, a mérési sorozatok vezérelhetősége, valamint az eredmények kiértékelhetőségének biztosítása speciálisan kialakított mérési összeállítást igényelt.

A mérési összeállítás blokkvázlata a 2. ábrán látható.

A mérési összeállítás

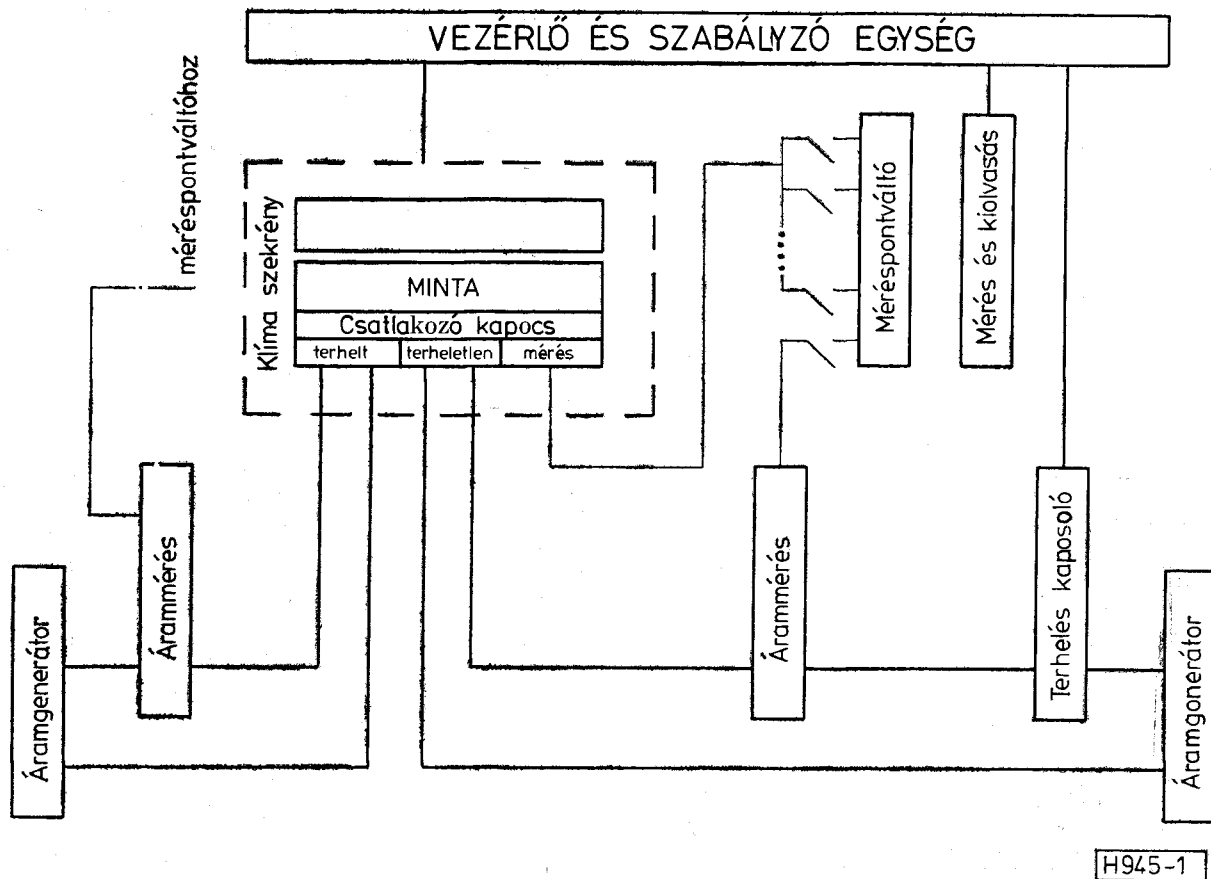
- vezérelhető üzemű klímasekreny,nt,
- méréspontváltót,
- vezérelhető mérőkészüléket,
- a vizsgálati minták terhelő áramát biztosító áramforrást,
- adatrögzítő berendezést

tartalmaz.

Az egész rendszer program szerinti üzemét a klímasekrenybe épített mikroprocesszor vezérli.

Ez a vezérési eljárás lehetővé teszi, hogy az ellenőrző mérések minden esetben az előre programozott és a klímasekreny érzékelői által ellenőrzött környezeti körülmények között történjen meg. Így biztonsággal állíthatjuk, hogy a mérőrendszer által szolgáltatott mérési eredmények egymással összemérhetők és csakis a vizsgált érintkezők jellemzőiben – az igénybevétel hatására – bekövetkezett elváltozásokat tartalmazza.

A mérőrendszer az esetleges, és előre nem látott



2. ábra. A mérési összeállítás blokkvázlata

okból bekövetkezett, áramköri hibákból származó mérési pontatlanságok kiküszöbölésére az egyes mérési helyeken a mérést öt ízben ismétli, a hibásnak tekinthető eredményeket regisztrálja és a helyes eredményeket átlagolja.

Az átmeneti ellenállásmérések elvégzése négy-pontos mérőáramkörben történik, oly módon, hogy az igénybevétel során a mérés pontváltó a terhelő áramkört megszakítja és létrehozza a mérés idejére a négy pontos mérési eljárás áramkörét.

Az arany-, illetve nikkellebevonatok rétegvastagságát, morfológiáját és az érintkező felület kémiai összetételét elektronsugaras mikroanalízissel ellenőriztük az MTA Geokémiai Kutató Laboratóriumában. A felhasznált berendezés JEOL gyártmányú SUPERPROBE 733 típusú készülék volt.

#### 4. A vizsgálati eredmények feldolgozása és értékelése

Az ipari gázállóság vizsgálatánál jelentős különbséget találtunk a H<sub>2</sub>S gázban, illetve az SO<sub>2</sub> gázban kezelt csatlakozó minták között. A 75% relatív nedvességtartalmú térben H<sub>2</sub>S-ben kezelt csatlakozók átmeneti ellenállása 21 napi igénybevétel után is csak kissé változott (az eredeti érték 2–6-szorosára nőtt), kéntartalmú korróziós termékek jelenlétét nem lehetett kimutatni.

21 napos, 75% relatív nedvességtartalmú, SO<sub>2</sub> tartalmú térben végzett igénybevétel hatására viszont egyes minták ellenállásértékei nagyságrendek-

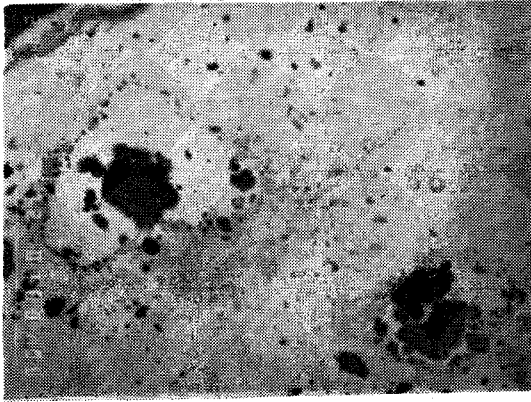
kel változtak (1. 2. táblázat), s ezek felületén nagy számú, kéntartalmú korróziós termékeket lehetett kimutatni.

2. táblázat

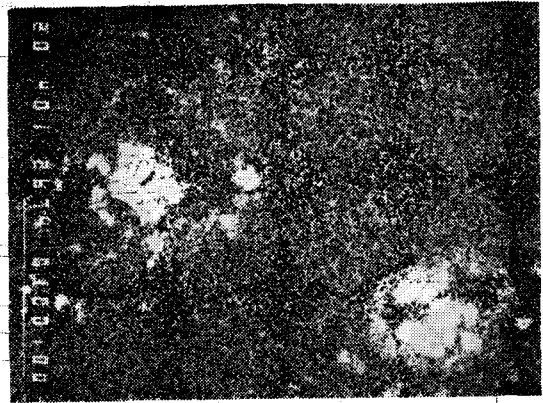
Átmeneti ellenállásértékek változása („A” mintacsoport)

Csatl. jele	Alapállapotban	Hőfokváltozás után	Igénybevétel után	
			10 ppm H <sub>2</sub> S 75% rel. nedvesség 21 nap	25 ppm SO <sub>2</sub> 75% rel. nedvesség 21 nap
I.	1,6–1,8 mΩ	4,7–4,9 mΩ	9–10 mΩ	1,2–28 Ω
II.	3,5–6,0 mΩ	3,0–7,0 mΩ	6–11 mΩ	25 mΩ–4 Ω
III.	3,0–5,0 mΩ	3,0–13,0 mΩ	6–19 mΩ	26 mΩ–5 Ω

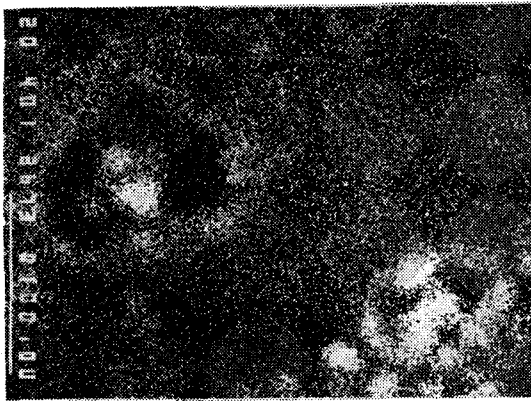
Az egész felületet beborító korróziós termékek keletkezése és a néhány ohm átmeneti ellenállásérték-növekedés együttesen következett be (1. a sötét kontúrú foltokat a 2677, 2674 jelű kompozíciós üzemmódban készült visszaszórt elektronképeken). A néhány ohm ellenállású minták felületén keletkezett korróziós termékekben nikkelt (a köztes rétegből) és rezet (a hordozóból) is találtunk, nemcsak ként (I. a 2672., 2673., 2674., 2676. sz. felvételeket). Azoknál a mintáknál viszont, ahol az ellenállás-



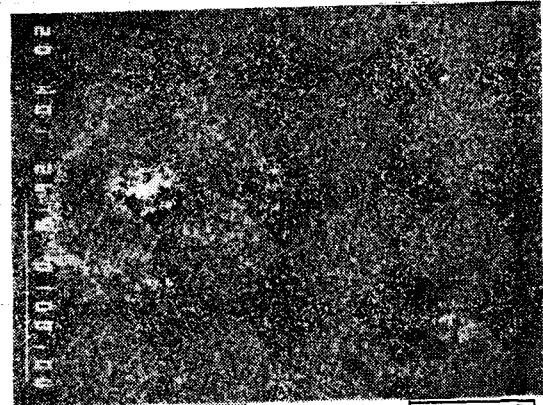
a.)



c.)



b.)



d.)

H945-2

3. ábra. Elemeloszlások az 1. ábra szerinti termékekben: a) 2672. felvétel visszaszórt elektronkép, b) 2673. felvétel SK $\alpha$ -kép, c) 2674. felvétel NiK $\alpha$ -kép, d) 2676. felvétel CuK $\alpha$ -kép

3. táblázat II.

Különböző vastagságú Au bevonattal védett dugóérintkezők átmeneti ellenállásának átlagértékei igénybevétel előtt és után („B”-mintacsoport)

Igénybevétel megnevezése	A különböző bevonatvastagságoknál mért átmeneti ellenállások (átl. mohm)			
	0,6—0,7 $\mu\text{m}$	0,7—0,8 $\mu\text{m}$	0,8—0,9 $\mu\text{m}$	1—1,1 $\mu\text{m}$
I.				
1. Beérkezési állapotban	2,46	2,56	2,49	2,57
2. 500 ciklus csatlakoztatás után	2,60	2,74	2,50	2,62
3. 10 nap SO <sub>2</sub> igénybevétel után	3,77	6,00	5,00	3,90
4. 21 nap SO <sub>2</sub> igénybevétel után	10,00	5,23	7,50	3,70
5. A 2+3 igénybevétel után	4,60	4,53	9,67	4,60
6. A 2+4 igénybevétel után	8,53	4,80	6,40	4,50
7. A 2+3+4 igénybevétel után	2,60	3,30	3,00	3,05
8. A 2+4+2 igénybevétel után	6,20	3,90	4,30	3,00

1. Beérkezési állapotban	2,32	2,24	2,29
2. 500 ciklus csatlakoztatás után	2,29	2,30	2,29
3. 10 nap H <sub>2</sub> S igénybevétel után	2,67	2,43	2,57
4. 21 nap H <sub>2</sub> S igénybevétel után	2,63	2,50	2,52
5. A 2+3 igénybevétel után	2,53	2,40	2,57
6. A 2+4 igénybevétel után	2,57	2,45	2,55
7. A 2+3+2 igénybevétel után	2,67	2,67	2,63
8. A 2+4+2 igénybevétel után	2,60	2,53	2,55

Megjegyzés: Az alpméréseket 10—12 db, az igénybevétel utáni méréseket 3—3 db mintán végeztük el és a mért értékek átlagát tüntettük fel a táblázatban.

változás csak néhányszor tíz, esetleg 100 mohm értékű volt, a korróziós termékben csak ként találtunk (l. a 2675. és 2676. jelű felvételeket).

A vizsgálatok megerősítették azt a korábbi feltételezésünket (1), hogy a korrózió többlépcsés folyamat, amelynek első lépése a kéntartalmú (természetes környezetben klórtartalmú is) gyökök adszorpciója



a,



b,

4. ábra. Érintkezők („B” mintacsoport) felülete  $\text{SO}_2$  igénybevétel után: a) 2675. felvétel visszaszórt elektronkép, b) 2676. felvétel SK $\alpha$ -kép

a felületen, ezt követi a köztesréteg és hordozófém atomjainak diffúziója a felületre a bevonat (Au-réteg) pórusain keresztül, majd a fémionok reakciója a kemisorbeált kén- (és klór-) tartalmú gyökökkel.

A megbízhatóság növelése tehát ezen folyamatok megállítását jelenti, azaz optimális vastagságú és szerkezetű köztes rétegek, illetve bevonatok kialakítását kívánja meg.

Újabb kísérletsorozatban — a fenti felismerésekre alapozva — azokat a változtatott technológiával előállított Au-bevonatokat vizsgáltuk, amelyek bár az előző mintáknál lényegesen vékonyabbak voltak

0,7–1,1  $\mu\text{m}$  vastagságúak, de a köztes Ni-réteg és az Au-bevonat kialakításánál a fentiekben vázolt korróziós mechanizmus megállítására törekedtek.

Ezen csatlakozók elektronszondás vizsgálata alapján megállapítható volt, hogy az optimalizált technológiával kialakított felületeken a vázolt többlépcsés korróziós mechanizmusnak még  $\text{SO}_2$  igénybevétel esetén is legfeljebb az első lépése következett be: a kéntartalmú gyökök kemiszorpciója (l. 2676. felvétel). A csatlakoztatási ciklust követően pedig már ezt a S-tartalmú korróziós terméket sem tudtuk az esetek többségében kimutatni.

Mindezek alapján feltételeztük, hogy az átmeneti ellenállásértékek változása is csekély lesz. A feltételezés igazolódott. Az ellenállásértékek növekedése (l. 3. táblázat) egyetlen  $\text{SO}_2$  kezelés során sem lépte túl az eredeti alapérték négyszeresét,  $\text{H}_2\text{S}$ -es kezelés esetén pedig gyakorlatilag nem volt ellenállás-változás.

Az ipari gázban történő igénybevételt követő csatlakoztatás hatására pedig az  $\text{SO}_2$ -ben kezelt mintáknál is ellenállás-csökkenés következett be.

## 5. Összefoglalás

Megállapítást nyert, hogy megfelelő vastagságú és szerkezetű nikkal köztesréteg, valamint póruszegény, viszonylag vékony (nemesfém-takarékosság!) aranybevonatok kialakításával a felületi korrózió mértéke csökkenthető, illetve olyan korróziós termék keletkezik, amely a rendeltetészerű használat során lekopik. Közvetlen összefüggés van tehát a Ni-köztesréteg és az Au-bevonat morfológiája, laterális, illetve vertikális homogenitása és az igénybevételekkel szembeni ellenállóképessége között. Az alkalmazott vizsgálati eljárások, azaz az átmeneti ellenállásmérés és a korróziós termékek elektronszondás ellenőrzése, jól használhatók az érintkezők szélsőséges környezeti viszonyok közötti működésének — megbízhatóságuknak — minősítésére.

## Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki dr. Nagy Géának az elektronszondás vizsgálatokban nyújtott segítségért és a Kontakta Alkatrészgyár Galvánműhelyében dolgozó kollégáknak a kísérleti minták biztosításáért.

## I R O D A L O M

- [1] Dékány L.-né — Kormány T.: Híradástechnika 30. p. 243. (1973).