

Híradástechnikai nemesfém- érintkezők és nemesfém-bevonatok

ETO 621.3.066.6: 621.39.066.6: 669.218/228

A híradástechnikában az utóbbi években jelentős mértékben fokozódott a nemesfémek és nemesfém-ötvözetek felhasználása. Mint villamosérintkezők, nyomtatott áramkörök, nagyfrekvenciás vezetők, olvadóbiztosítékok, korróziógátló bevonatok stb. nyernek alkalmazást.

A felhasználás során „tömör” és „bevonat” alkatrészeket különböztetünk meg.

Tömör alkatrészeiről akkor beszélünk, ha az teljesen nemesfém-ből, illetve nemesfém-ötvözetből áll. Ilyen pl. az érintkezőlapka, szegecs, huzal stb.

Bevonat az, amikor nem nemesfém részben vagy teljesen nemesfém-mel, vagy nemesfém-ötvözzel borítunk.

Ebben az iparágban számtalan olyan alkatrészt használnak, melynél fontos a nem nemesfém alap felületének fémesen tiszta állapotban való tartása, mind raktározás alatt, mind működés közben. Ezek az építőelemek jórészt rézből, rézötvözetekből és némely esetben acélból készülnek. Ezek a fémek levégőn normális körülmények között is korrodeálódnak, így felületük védelméről gondoskodni kell. A felületvédelem mellett fontos feladata a bevonófémnek az alapfém villamos tulajdonságainak a javítása. Az építőelemek fizikai, kémiai valamint villamos igénybevételeit figyelembe véve, a bevonófém-mel vagy ötvözzel szemben az alábbi követelményeket támasztjuk:

- a) Tökéletes tapadás az alapfémhez
- b) Jó és állandó villamos-vezetőképesség
- c) Jó hővezető-képesség és viszonylag magas olvadáspont
- d) Pórusmentes sima felület
- e) Kis átmeneti ellenállás
- f) Mechanikai behatásokkal (ütődés, súrlódás stb.) szemben jó ellenállás
- g) Korrózióállóság
- h) Jó alakíthatóság
- i) Forrasztathóság

A követelmények sokrétűségéből adódik, hogy bevonófémként is csak nemesfém-et, illetve nemesfém-ötvözetet használhatunk.

1. A nemesfémbevonatok előállítása

Az alkalmazott nemesfémbevonatok előállítása mechanikai és galvanikus úton történhet.

1.1. Mechanikai úton előállított bevonatok

Ezeket hegesztéssel, forrasztással, hengerléssel, körülöntéssel, diffundáltatással, vákuumgőzöléssel, saj-

tolással stb. állítjuk elő. A mechanikai úton előállított nemesfém-bevonatú anyagokat általánosan „kontaktbimetálokknak” vagy „plattírozott” anyagoknak is nevezzük. Plattírozott tehát az olyan anyag, amely legalább két réteg különböző fémből, illetve ötvözetből áll. Ezek a rétegek egymástól elválaszthatatlanok.

A kontaktbimetáll tehát egyrészt a nemesfém borítófémből vagy ötvözetből, másrészt az olcsóbb nem nemesfém vagy ötvözet alaphoz áll.

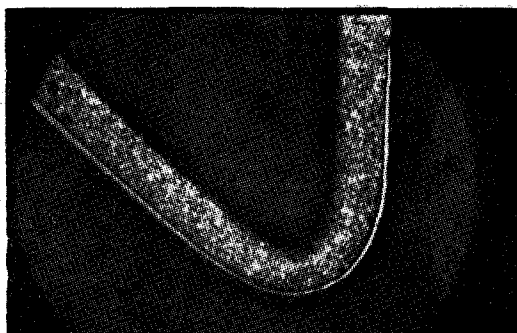
A mechanikailag előállított bevonatokat azonban nem kizáróan árbeli okok miatt alkalmazzuk. Előnyük, hogy a nemesfémek megfelelő alapfém-mel vagy ötvözzel párosítva lényegesen jobb tulajdonságokat mutatnak. Pl. a réz nagy fahője az érintkező túlmelegedését gátolja. Az ónbronzzok, ezüstbronzzok, berilliumbronzzok, alpakkák jó rugó tulajdonságai előnyként jelentkeznek.

A mechanikai úton előállított fémbevonatok készítésénél az összes jól alakítható borító és alapfémek felhasználhatók.

A jó alakíthatóság ellenére azonban az Sr 63 és Sr 58-as sárgarezek alapfémként történő felhasználása e bevonatoknál nem célszerű, mert a horgany erős diffúziója következtében, különösen ezüst bevonatoknál, könnyen olvadó közbeeső réteg képződik, mely az érintkező tulajdonságát jelentős mértékben rontja.

A nemesfémekkel borított anyagok mint huzalok, szalagok, csövek, részben vagy teljesen borított profilok stb. kerülnek forgalomba. A tapasztalat is azt mutatja, hogy ezek az anyagok hidegen vagy melegen minden nehézség nélkül alakíthatók. A borítófém és az alapfém kötése megfelelő diffúzió esetén olyan tökéletes, hogy a borított anyagok vághatóak, sajtolhatóak, peremezhetőek stb. anélkül, hogy a bevonat leválna.

A borított rétegek teljesen tömör bevonatot adnak. Pórusmentességük alapján a fémbevonatok ideális példáját szolgálják. A korrózió ellenáll, mert a



H169-LS1

1. ábra. Ezüsttel borított ónbronzz rugóanyag metszete (60x)



2. ábra. 70/30 Ag—Pd ötvözzettel borított ónbronzzal közbeeső ezüstréteggel (~13×)

mechanikai úton borított fém úgy viselkedik, mint a bevonó fém.

Az 1. ábrán Bz 5-ös alapfém és ezüst borító fém mikrofelvétele látható. Az alap és borító fém között létrejött diffúzió a hajlítás után is jó kötést biztosít.

A 2. ábrán kettős borítás mikrofelvétele látható. Bz 5-ös alapra színezüst réteget, majd 70/30 Ag-Pd ötvözetet plattírozunk.

Közbeeső réteg alkalmazásával akkor plattírozunk, ha az alapfém és a borító fém között megfelelő diffúziós kapcsolat nem alakítható ki.

A borítás vastagsága az alkalmazás igényének megfelelően választható. Általában a mechanikailag előállított borítás vastagsága a teljes vastagság 2–60 %-ig terjed. Aranyból és ötvözetekből, valamint platinafémekből 2 % alatti bevonat vastagságok is felhasználást nyernek.

1.2 Galvanikus bevonatok

A galvanikus nemesfém bevonatoknál bevonó fémként az ezüstöt, aranyat, ródiumpot, palládiumot és a platínát használjuk.

A felhasználási célnak megfelelően „lágy” és „kemény” bevonatokat állíthatunk elő. Az alkalmazott galvanikus bevonatok rétegvastagsága 0,5–40 μm között változik.

A galvanikus nemesfémbevonatok néhány jellemző tulajdonságát az 1. táblázatban foglaltuk össze.

1. táblázat

Galvanikus nemesfémbevonatok néhány jellemző tulajdonsága

Bevonat	Ezüst	Kemény ezüst	Arany	Kemény arany	Palládium	Platina	Ródiump
Atomsúly	107,88	60–102	197	90–190	106,4	195,09	102,91
Vegyérték	1	1	1	1	2	4	3
Sűrűség g/cm ³	10,5	8–10,2	19,3	13–18,5	11,9	21,5	12,5
Leválás mg/A dm ² perc	67,0	40–60	122	60–90	33	30	21
Leválási réteg 1 A dm ² perc	0,60	0,40–0,50	0,60	0,30–0,40	0,2	0,1	0,1
Keményesség HV kp/mm ²	60–130	90–180	80–120	100–300	200–400	100–500	400–800

2. Nemesfém anyagok

Az alkalmazott nemesfém anyagoknál három típust különböztetünk meg: színfémeket, ötvözeteket, és heterogén anyagokat.

2.1 Színfémek

A nemesfémek csoportjába tartozik az ezüst, arany, platina, palládium, ródiump, iridium, ruténium és az ozmium. Jellemző tulajdonságaikat a 2. táblázat mutatja. Az értékeket a réz jellemző tulajdonságaival hasonlítjuk össze. A táblázatból kitűnik, hogy a felsorolt tulajdonságok közül az első öt értéke az atomsúly növekedésével csökken. A fajlagos villamos ellenállás a platinánál és a palládiumnál maximális értéket mutat. Figyelemre méltó a ruténium és ozmium magas olvadáspontja és rugalmassági modulusának értéke.

2.2 Ötvözetek

A színfémek egyes tulajdonságait ötvözéssel, fém-adalék hozzáadásával javítani lehet. Különösen

a keménység, kopásállóság, a leégéssel szembeni ellenállás fokozása, a forraszthatóság, a környezet kémiai behatásaival szemben mutatkozó ellenállás megjavítására, az anyagvándorlás megakadályozására stb. törekszünk.

Az előállított ötvözet felépítése azonban a villamos vezetőképesség változását idézheti elő. Ha az ötvözőfém az alapfémhez szilárd oldatot alkot, úgy az egyes tulajdonságok javulása a villamos vezetőképesség jelentős csökkenésével jár. Ha az ötvözés eredményeként szilárd oldat nem keletkezik, kedvezőbb tulajdonságú anyagot kapunk. A heterogén szerkezetű ötvözetek vezetőképessége jobb, mint a szilárd oldatoké.

Nemesfémek a legtöbb ötvözőfémhez szilárd oldatot alkotnak, tehát a vezetőképesség csökkenésével mindig számolni kell. Ezüst-ötvözetek esetében az ötvözés hatása annyival kedvezőbb, hogy az ezüstnek a vezetőképessége a legnagyobb, tehát a bekövetkező csökkenés után is jó vezetőképességű anyagot kapunk.

Érintkezők anyagául szolgáló nemesfémek néhány jellemző tulajdonsága a réz tulajdonságaival összehasonlítva

Elem	Réz	Ezüst	Arany	Platina	Palládium	Ródiium	Ruténium	Iridium	Ozmium
Atomsúly	63,54	107,88	197,0	195,09	106,4	102,91	101,1	192,2	190,2
Sűrűség, g/ml	8,9	10,5	19,29	21,447	12,027	12,414	12,2	22,65	22,48
Olvadáspont (°C)	1083	960,5	1063	1773	1553	1966	2250	2410	3000
Forráspont (°C)	2300	2200	2970	4410	3980	4500	4900	5300	5500
Fajhő kal/g fok	0,094	0,0557	10,0302	0,0318	0,059	0,0589	0,057	0,032	0,031
Rugalmassági modulus (kp/mm ²)	—	8160	7900	17 080	12 850	38 640	44 000	53 000	57 000
Keménység, HV, kp/mm ²									
lágy	23	30	25	45	40	130	200	220	300
kemény	42	80	60	120	100	280	500	350	670
Hővezetőképesség, kal/cms °C	0,94	1,00	0,70	0,168	0,163	0,21	—	0,14	—
Hőtágulási együttható (0–100 °C, 10 ⁶)	—	18,8	14,3	8,94	11,86	8,5	9,1	6,58	6,57
Hőmérsékleti együttható (0–100 °C/fok)	4	4,1	3,4	3,92	3,5	4,4	4	4,1	4
Vili. vez. kép. m/ohm mm ²	58	62	44	1,19	9,80	22,2	13,2	18,9	10,4
Faji. vili. ellenáll. ohm mm ² /m	0,017	0,016	0,023	0,0981	0,102	0,043	0,0764	0,053	0,095
Vili. ellenállás hőmérs. együtthatója 1/°C 10 ⁻³	4,3	4,1	4	3,9	3,8	4,4	4,1	4,1	—
Termofeszültség Pt-val szemben (0–100 °C) mV	—	+0,89	+0,91	0	0,61	0,64	+0,68	+0,74	—
Kilépési munka, eV	4,47	4,28	4,58	5,29	4,82	4,65	—	—	—

2.3 Heterogén anyagok

Az alapfém a folyékony vagy szilárd állapotban oldhatatlan fémet, fémvegyületet, vagy metaloidot, finoman elosztott állapotban tartalmazza. Felépítésük következtében ezek az anyagok a hagyományos kohászati eljárással nem állíthatók elő. Előállításuk belső oxidációval, vagy porkohászati úton történhet. Ezek az eljárások a kohászatnak egyik különleges területét jelentik.

3. A nemesfém anyagok alkalmazási területe

A nemesfémeket elsősorban a gyengeáramú technikában, félvezető technikában, a nagyfrekvenciás technikában, az erősáramú technikában stb. alkalmazzák. Felhasználást nyernek mint villamos érintkezők, nyomtatott áramkörök, diódák, vezetők, olvadóbiztosítók stb. Jelenleg csak a villamos érintkezőkkel és a korrózióálló-bevonatokkal foglalkozhatunk.

3.1 Villamos érintkezők

A villamos készülékekben és berendezésekben alkalmazott érintkezők szerkezeti kivitele igen különböző. Általában két csoportot különböztetünk meg: álló és mozgó érintkezőket.

Álló érintkezők, amelyekben az érintkező felületek az üzemeltetés alatt egymástól nem válnak el. Ezek

lehetnek oldhatatlan (forrasztott, hegesztett) vagy oldható, mechanikai (csavaros, kapcsos stb.) kötések.

3. táblázat

Az érintkezők jellegzetes tulajdonságai

Fizikai	Kémiai	Mechanikai
Villamos és hővezető képesség	Kémiai affinitás a környezethez	Szakítószilárdság
Olvadáspont	Elektrokémiai potenciál	Rugalmassági modulus
Olvadáshő	Korrózió	Nyúlás
Forráspont	Reakciótermékek tulajdonsága	Keménység
Elgőzölgési hő		Kopásállóság
Fajhő		Megmunkálhatóság
Gőznyomás		Forrasztathóság
Ív-határfeszültség		
Ív-határáram		
Szövetszerkezet		
Krisiályirány		
Újra-krisiályosodási hőmérséklet		
Fajsúly		
Átmeneti ellenállás		
Elektronkilépési munka		
Anyagvándorlás		
Leégéssel szembeni ellenállóság		
Összehengedési hajlam		
Tapadási hajlam		

A mozgó érintkezőknél ismét két csoportot: a csúszó és megszakító érintkezők csoportját találhatjuk.

Csúszó érintkezők, melyek lehetővé teszik az érintkező felületnek egy másik érintkező felületen történő mozgását a villamos áram megszakítása nélkül.

Megszakító érintkezők, melyekben az érintkezők felületei egymástól eltávolodnak.

Az érintkezők feladata az, hogy az áramkört zárják, az áram vezetését hosszabb, vagy rövidebb időre átvegyék, a zárt áramköröket újból megnyissák és az áramot megszakítsák. Az érintkezőknek kisebb, illetve nagyobb számú kapcsolás, hosszabb kapcsolási szünet vagy tartós áramvezetés után változatlanul üzemképeseknek kell maradniuk, azaz lehetőleg hosszú élettartammal kell rendelkezniük.

Az említett alapkövetelmények, amelyeket a villamos érintkezőkkel szemben támasztunk, az alkalmazott anyagtól eleve bizonyos fizikai, kémiai és mechanikai tulajdonságokat kívánnak (3. táblázat).

A nagy villamos és hővezető képesség csökkenti az érintkezők igénybevételét, ennek következménye az, hogy az érintkezőknél nem tapasztalunk helyi túlmelegedést. A magas olvadáspont következtében nő az anyag leégéssel szembeni ellenállósága, és ezáltal csökken az érintkező fémvesztése. Ebből a szempontból fontos szerepet játszik a felhasznált anyag göznyomása és forráspontja is, különösen erős ívfény esetén. Az ívfény az érintkező nyitásakor, a határfeszültség túllépésekor keletkezik és talppontjában az érintkezőt felhevíti.

A keletkezett hő mellett az érintkező anyag fajhője és tömege határozza meg az érintkező felmelegedését. Az ív-határfeszültség és az ív-határáram ugyan nem képez anyagállandót, de az érintkező anyagnak mégis jellegzetes tényezői. Heterogén anyagok esetén jelentős a sűrűség is, mely lehetőleg közelítse meg a megfelelő összetételű ötvözet sűrűségét. Az érintkezők fizikai tulajdonságai közül továbbá fontos szerepe van a kialakult érintkező felületek átmeneti ellenállásának. A 3. ábrán a különböző nemesfém érintkezők átmeneti ellenállása látható a kapcsolási szám függvényében. Az érintkező felületén abszorbeált gázok, gőzök kis kötési szilárdságuk következtében az átmeneti ellenállást nem növelik.

A nagy elektron-kilépési munka szintén előnyös, mert redukálja az ívfény erősségét és ezáltal csökken az érintkezőpár igénybevétele. Az ívfény csökkenté-

sének a lehetősége részben tehát az érintkezők anyagának helyes kiválasztásával valósítható meg.

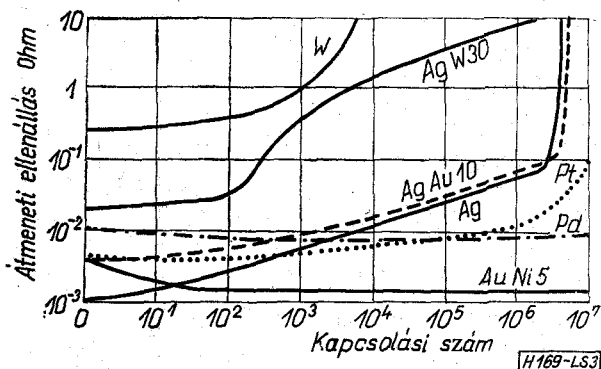
Az érintkező felületi tulajdonsága az anyag kémiai tulajdonságától is függ. A környezet kémiai hatásával szemben mutatkozó ellenállás fontos tulajdonsága az érintkező anyagnak. Elégtelen kémiai ellenállás következtében az érintkező felületén nem-vezető fedőréteg, idegen réteg képződik, mely az érintkező járulékos felmelegedését eredményezi. Az atmoszféra hatása mellett az érintkezőanyaggal reagálhatnak az aktív gázok, gőzök és porok. Holm megállapítása szerint az egymolekulás rétegek nem okoznak felületi szigetelést, mert azt az elektronok még alagútszerűen átjárhatják (Tunneleffektus). Csak több molekularéteg növeli az átmeneti ellenállást, egészen a teljes szigetelésig. Ez a jelenség különösen a gyenge áramú technikában zavaró és ezért a kémiai hatásoknak kevésbé ellenálló anyag alkalmazása itt úgyszólván lehetetlen. Az erősáramú technikában, ahol az érintkezőnyomás esetenként olyan nagy, hogy az érintkezőanyagot képlékenyen deformálja, a felületi idegen rétegek is elroncsolódnak és ismét fellép a fémes érintkezés. A két érintkező súrlódó mozgása szintén megkönnyíti az idegen rétegek elroncsolódását.

Teljesen fémtiszta érintkező felület a gyakorlatban nincs. Tökéletes kémiai inaktivitást a nemesfémek közül is csak a platina mutat, általános alkalmazását azonban egyéb tulajdonsága és magas ára akadályozza. Az érintkezők anyagául szolgáló fémek vagy fémötvözetek kiválasztásánál tekintettel kell lenni arra is, hogy az ívfény hatására képződő ózon és nitrogén-oxidok az oxidációs veszélyt tovább növelik.

Az anyag-tulajdonságokon kívül az érintkezők élettartamát villamos, mechanikai és kémiai tényezők is befolyásolják (4. táblázat).

A táblázatból látható, hogy a villamos tényezők felsorolásánál elsők az áramfajtát említjük, mert az tudott, hogy az egyenáram az érintkezőpárt jobban igénybe veszi, mint a váltakozó áram. A feszültség, az áramerősség, az indukció, vagyis a kapcsolási teljesítmény szoros összefüggést mutat az érintkezők igénybevételével. Gyenge terhelésnél az induktivitás az anyagvándorlást is befolyásolja. (Anyagvándorlásnak azt a jelenséget nevezzük, amikor az érintkező anyaga az anódról a katódra átmegy. Ez a jelenség fordítva is lejátszódhat.)

Az érintkezők nagysága és alakja, valamint az érintkező terhelése határozza meg az érintkezőnyo-



3. ábra. Nemesfémérintkezők átmeneti ellenállása a kapcsolási szám függvényében. (Th. Gerber szerint)

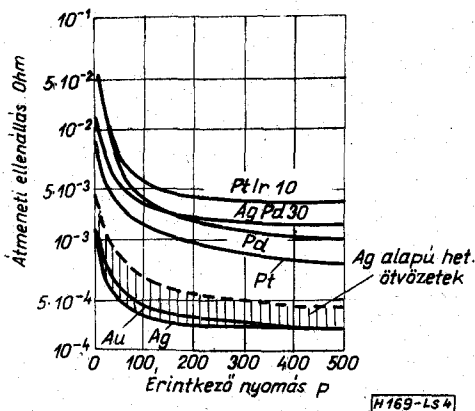
4. táblázat

Az érintkezők élettartamát befolyásoló tényezők

Villamos	Mechanikai	Kémiai
Áramfajta	Geometriai alak	A környezet hatása
Áramerősség	Érintkező nagyság	Aktív gázok, gőzök és porok
Feszültség	Érintkezőnyomás	
Frekvencia	A kapcsolás kinetikája	
Teljesítmény	Sebesség	
Terhelés	Kontaktusmozgás	
Védőkapcsolás	Súrlódás	
Ívfény	Ütközés	
Megszakítás	A kapcsolás gyakorisága	

mást. Minél nagyobb az érintkezőnyomás, annál kisebb az átmeneti ellenállás. Az átmeneti ellenállás és az érintkezőnyomás összefüggését a 4. ábra szemlélteti. Az érintkezőnyomás nagyságának megválasztása a készülék típusától és szerkezeti megoldásától is függ. Leemelő érintkezésnél nagyobb, csúszó érintkezésnél kisebb nyomás szükséges. Az utóbbi esetben ugyanis a mechanikus mozgás az érintkező felületen kialakult nem-vezető rétegek elroncsolódását elősegíti, így tehát nagy érintkezőnyomás alkalmazása nem célszerű.

A követelmények széleskörűsége érthetővé teszi, hogy nincs olyan érintkező-anyag, mely mindenhol egyöntetűen alkalmazható volna, mert ilyen eszményi anyagnak többek között minimum 58 m/ohm



4. ábra. Az átmeneti ellenállás és az érintkezőnyomás összefüggése. (Th. Gerber szerint)

mm² villamos vezetőképességgel, kiváló hővezetőképességgel, 2200 °C feletti olvadásponttal és legalább 300 kp/mm² Vickers-keménységgel, jó alakíthatósággal, valamint tökéletes korrózióállósággal kellene rendelkeznie, hogy a feltételeknek megfeleljen.

Ilyen eszményi érintkezőanyag a gyakorlatban nem áll rendelkezésünkre. Meg kell elégednünk azzal, hogy a legjobb tulajdonságok figyelembevételével a szükséges érintkezőanyagot esetenként kiválasszuk.

4. Érintkezők

4.1 Rézérintkezők

Az elektrotechnika kezdeti szakaszában a réz volt a legfontosabb érintkezőanyag. (Táblázatunkban összehasonlító alapként szerepeltetjük.)

A réz 58 m/ohm mm² kitűnő villamos-vezetőképességgel rendelkezik, és egyidejűleg jó a hővezető-képessége is. Hátránya azonban az, hogy az érintkező felületén könnyen képződő oxidréteg az átmeneti ellenállást megnöveli, és ezáltal a berendezést használhatatlanná teszi. Ez a jelenség készítette a konstruktöröket arra, hogy a nagyobb anyagérték ellenére a nemesfémeket szélesebb körben kezdjék felhasználni. Ha a réz gyors oxidációja nem okozna az érintkezésnél zavart, valószínű, hogy az ezüst, mint érintkezőanyag, figyelembe sem jöhetne.

4.2 Ezüstérintkezők

Az ezüst a legfontosabb érintkezőanyag, melynek széles körű felhasználását jó villamos- és hővezető-képességének tulajdoníthatjuk.

Az oxidációnak ellenáll, jól alakítható. Közepes és nagy számú kapcsolási igénybevételnél is kedvezően alkalmazható, mert élettartamát növeli az a jelenség, hogy az ívfény által elpárologtatott ezüst az érintkező hidegebb részein ismét lecsapódik és ennek következtében az anyagvesztés kisebb lesz. Az ezüst lecsapódás hátránya azonban az, hogy az ívnek talp-pontja marad, melynek következtében az érintkező melegezése fokozódik.

Az ezüst jó alakíthatósága, valamint az oxidációval szemben tanúsított ellenállása következtében viszonylag kis érintkező-nyomást igényel. Nagy villamos- és hővezető-képessége kis dimenziókat megenged.

Hátránya a kis keménységi érték és a viszonylag alacsony olvadáspont, valamint a kénnel szemben mutatkozó nagy vegyrokonság, melynek következménye, hogy kéntartalmú közegben felületén szulfidréteg keletkezik. A villamosságot nem vezető szulfidréteg különösen a gyengeáramú technikában zavaró. A kis keménység és alacsony olvadáspont hátránya az, hogy a színezüst érintkezők tapadásra és hegedésre, egyenáram esetén pedig csúcsok és kráterek képződésére hajlamosak.

A felsorolt hátrányos tulajdonságok miatt az ezüstnek, mint érintkezőnek az alkalmazása részben korlátozott.

Érintkező bevonatokat, különösen a galvanikus, fényes, kemény bevonatot a forgó vagy dugaszoló típusú kapcsolóknál nagy területen alkalmazzák (pl. távbeszélő technika stb.). Ezeknél a kapcsoló-típusoknál az érintkezéskor erős súrlódás lép fel, mely viszonylag nagy érintkezőnyomással párosulva a kialakult idegenréteget elroncsolja és jó kontaktust biztosít.

Az ezüstbevonatú érintkezőket célszerű csak 1 A áramerősséig alkalmazni. Ezeknél az érintkezőknél a szikraképződést meg kell akadályozni, mert a mechanikus dörzsölés mellett még fellépő szikraképződés a villamos eroziót oly mértékűre növelheti, hogy ez a bevonóréteg pusztulását vonhatja maga után.

Az ezüstözött dugaszoló érintkezők, építőelemek bronzból, sárgarézről stb. készülnek. Alkalmazásuk az elektronikai iparban gyakori. A jó érintkezés biztosítása mellett az ezüstözés a felület számára a raktározás folyamán is a korrózióval szemben védelmet nyújt. A korrózió elleni védekezéshez vékony nemesfémréteg is elegendő. Napjainkban a galvano-technikában egyre nagyobb tért hódít az ún. szelektív bevonás, mely a teljes felületet csak vékony bevonattal látja el, és az érintkező felületén képez csak vastagabb bevonatot. Sok esetben ezt a mechanikus és galvanikus eljárások kombinált alkalmazásával oldják meg.

A galvanikus ezüstbevonatoknak további alkalmazási területeként említhetjük az érintkezőtartók, áramvezetők, csatlakozóhelyek ezüstbevonattal történő védelmét.

Az ezüstbevonatok vastagsága 1—50 μm . Érintkezőként alkalmazott bevonatnak a vastagsága 25—50 μm között van. Felületvédelem célját szolgáló bevonat 1—5 μm .

4.2.1 Ezüstötvezetek mint érintkezők

Nemesfém tartalmú ötvözetek közül az ezüsttartalmúak azok, melyek az elektrotechnikában mint érintkezőanyagok széleskörű alkalmazást nyernek. Az ötvözetek néhány jellemző tulajdonságát az 5. táblázatban foglaltuk össze.

A réz növeli az ezüst kopásállóságát, javítja a forraszthatóságát és csökkenti az anyagvándorlást. A vezetőképességben bekövetkező csökkenés értéke nem nagy, mert pl. a 200% réztartalmú ezüstötvezet vezetőképessége még 51 m/ohm mm^2 . Nagyobb mennyiségben történő réz beötvezése azonban rontja az ezüstnek a korrózióval szemben mutatott ellenállását. Különösen a revésedés növekszik a réztartalommal. Az érintkező felületén képződő rézoxid növeli az átmeneti ellenállást és ezáltal nagyobb helyi felmelegedést okoz. A felületi oxidáció következtében az ezüst-réz ötvözetből készült érintkezőknél nagy érintkezéskomortást kell alkalmazni.

5. táblázat

Ezüstötvezetből előállított érintkezőanyagok néhány jellemző tulajdonsága

Anyagösszetétel %	Sűrűség g/ml	Olv. pont	Forr. pont	Keménység HV kp/mm ²		Hővez. kép. kal/cms °C	VIII. vez. kép. m/ohm mm ² 1, °C. 10 ⁻³	VIII. ell. hőmérs. együtttható ohm ² , m	Fajt. VIII. ellenállás.
				lágý	kem.				
Ötvözetek:									
Ezüst-réz									
97 Ag 3 Cu	10,4	900	2200	50	85	—	57	3,50	0,018
95 Ag 5 Cu	10,4	870	2200	55	90	0,80	53	3,50	0,019
90 Ag 10 Cu	10,3	779	2200	60	100	0,80	52	3,50	0,019
80 Ag 20 Cu	10,2	779	2200	80	105	0,80	51	3,50	0,020
Ezüst-kadmium:									
96 Ag 4 Cd	10,4	940	940	35	95	—	34	2,10	0,029
84 Ag 16 Cd	10,1	875	906	55	110	—	21	1,40	0,048
Ezüst-szilícium:									
98,5 Ag 1,5 Si	10,4	950	2200	55	110	—	48	—	0,021
Ezüst-nikkel:									
99,9 Ag 0,1 Ni	10,5	960	2200	37	90	—	56	3,50	0,018

Az ezüst-réz ötvözetek közül leggyakrabban a 30% réztartalmú ún. kemény-ezüstöt használjuk. Ezenkívül 50, 100 és 200% réztartalmú ötvözetek is felhasználást nyernek.

Az ezüst-kadmium ötvözetet, mint érintkezőanyagot már régóta használják. A kadmium csökkenti a keletkező ívfény erősségét. Ezeknek az érintkezőanyagoknak hátránya, hogy az érintkezők nagy áramterhelések hatására kezdetben hamar összetapadnak. A kapcsolási biztonság csupán többszöri kapcsolás, az ún. formálás után áll elő.

15—20% szilíciumnak az ezüsthöz történő ötvözése az ezüst keménységét és kopásállóságát jelentősen növeli anélkül, hogy az ötvözet vezetőképessége nagymértékben romlana.

A nikkel szemcsefinomító hatása már 1,0%-nál jelentős. Kis nikkeltartalom a szemcsefinomító hatáson kívül növeli az anyag hőállóságát, csökkenti a tapadási hajlamot anélkül, hogy az ezüst korrózióállóságát, illetve a vezetőképességét nagymértékben rontaná.

4.2.2 Ezüstalapú, heterogén anyagú érintkezők

Az alapfémbe finoman elosztott és egyenletesen beágyazott alkotó, mint említettük, lehet fémvegyület

is. Közepes és nagy kapcsolási teljesítményhez szükséges érintkezőanyagok ezüstbe ágyazott boridok, oxidok, karbidok, szilicidok, nitrdek stb. A fémfémoxid összetett anyagoknál a fémoxid gőznyomása az ívöltást segíti elő. A fém-metaloid anyagok fém-szenek alakjában mint csúszókontaktusok nyernek alkalmazást. Kevés grafitot (1—5%) tartalmazó ezüst, mint leemelő érintkező is felhasználást nyer.

A leggyakrabban alkalmazott ezüstalapú heterogén anyagok néhány jellemző tulajdonságát a 6. táblázat mutatja.

Zsugorítási eljárással készült ezüst-nikkel érintkezőanyagok 10, 20, 30, és 40% nikkelt tartalmaznak. Tekintettel arra, hogy a zsugorításnál ötvöződérről nem beszélhetünk, a nikkel kis vezetőképessége ellenére az ezüst-nikkel anyag vezetőképessége a nikkeltartalommal arányosan csak kis mértékben romlik. A 10 és 20% nikkeltartalmú anyagok még jól alakíthatók, tehát ezekből minden érintkezőtípus előállítható. A nikkel-tartalommal nő a kopásállóság, csökken a leégési veszteség. Az anyagvándorlás hasonlóan csökkenő irányzatot mutat. Az átmeneti ellenállás azonban nő. A jobb vezetőképesség érdekében a kis nikkeltartalmú anyagok alkalmazása előnyösebb.

Lényegesen jobb eredményt ad az ezüst, ha a tulajdonságok javítását kadmiumoxiddal végezzük.

Ezüst alapú heterogén anyagok néhány jellemző tulajdonsága

Anyagösszetétel %	Sűrűség g/ml	Olv. pont °C	Forr. pont °C	Keménység HV kp/mm ²		Hővez. kép. kal/cms°C	Vill. vez. kép. m/ohm mm ²	Vill. ell. hőmérs. együtt.	Faji. vill. ellenáll.
				lágú	kem.				
<i>Ezüst—nikkél:</i>									
90 Ag 10 Ni	10,1	961	2200	50	90	—	54	3,50	0,018
80 Ag 20 Ni	9,9	961	2200	60	96	0,74	47	3,50	0,021
70 Ag 30 Ni	9,7	961	2200	65	105	—	42	3,40	0,024
60 Ag 40 Ni	9,5	961	2200	70	115	—	37	2,90	0,027
<i>Ezüst—kadmiumoxid:</i>									
95 Ag 5 CdO	10,4	961	1390	50	90	—	56	3,70	0,018
90 Ag 10 CdO	10,2	961	1390	70	100	—	48	4,60	0,021
85 Ag 15 CdO	10,1	961	1390	80	125	—	42	3,50	0,024
<i>Ezüst—ólomoxid:</i>									
97,5 Ag 2,5 PbO	10,0	940	—	30	82	—	43	—	0,230
<i>Ezüst—wolfram:</i>									
70 Ag 30 W	11,9	961	2200	60	110	0,78	43	1,90	0,023
40 Ag 60 W	14,0	961	2200	100	—	0,68	29	—	0,034
30 Ag 70 W	15,0	961	2200	120	—	0,51	26	—	0,031
20 Ag 80 W	16,0	961	2200	150	—	0,57	22	—	0,046
20 Ag 80 W	16,4	961	2200	230	—	0,57	32	—	0,033
10 Ag 90 W	16,9	961	2200	180	—	0,53	18	—	0,056
10 Ag 90 W	17,6	961	2200	260	—	0,53	21	—	0,048
<i>Ezüst—molibdén:</i>									
50 Ai 50 Mo	10,2	961	2200	100	130	—	33	3,90	0,303
40 Ag 60 Mo	10,2	961	2200	30	—	—	29	4,10	0,035
<i>Ezüst—wolframkarbid:</i>									
80 Ag 20 WC	11,2	961	2200	80	100	—	40	—	0,025
60 Ag 20 WC	12,0	961	2200	90	110	—	28	—	0,036
40 Ag 60 WC	12,9	961	2200	100	—	—	18	—	0,055
40 Ag 60 WC	13,1	961	2200	220	—	—	20	—	0,050
20 Ag 80 WC	13,6	961	2200	160	—	—	14	—	0,071
20 Ag 80 WC	14,1	961	2200	270	—	—	17	—	0,059
<i>Ezüst—szén:</i>									
99,5 Ag 0,5 C	10,2	961	2200	40	—	—	55	3,90	0,018
99,0 Ag 1,0 C	10,1	961	2200	40	—	—	50	3,90	0,020
98,0 Ag 2,0 C	9,5	961	2200	40	—	—	48	3,90	0,021
97,0 Ag 3,0 C	8,1	961	2200	40	—	—	35	3,50	0,029

Az ezüst—kadmiumoxid villamos-vezetőképessége sokkal jobb, mint az azonos ezüsttartalommal rendelkező ezüst—kadmium ötvözeté. Az ívöltő hatása ennek az érintkezőnek a kadmiumoxid könnyű diszociációjában keresendő.

Az ezüst—kadmiumoxid érintkezők zsugorítással és belső oxidációs eljárással állíthatók elő. Az 5. és 6. ábrákon különböző kadmiumoxid tartalmú érintkezők szövetszerkezetét mutatjuk be.

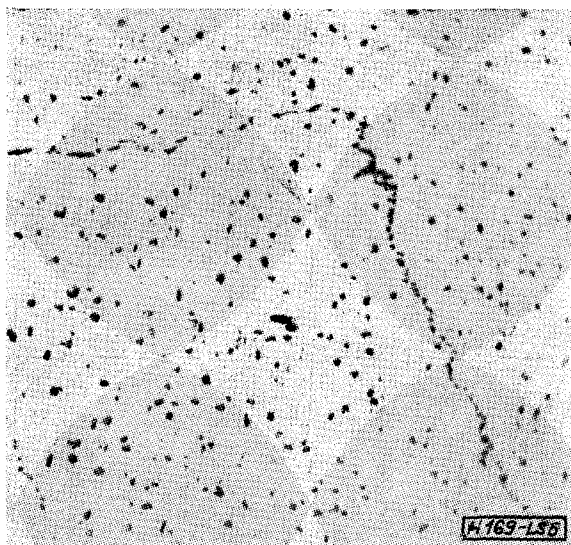
Villamos érintkezőként újabban belső oxidációval előállított 0,5—4 % ólomoxid tartalmú ezüstöt is alkalmaznak. Az ólomoxid ívöltő hatása szintén az oxid könnyű diszociációjának a következménye.

A wolfram magas olvadáspontja és nagy kemény-sége a kopásállóságot növeli, a legegési veszteséget pe-

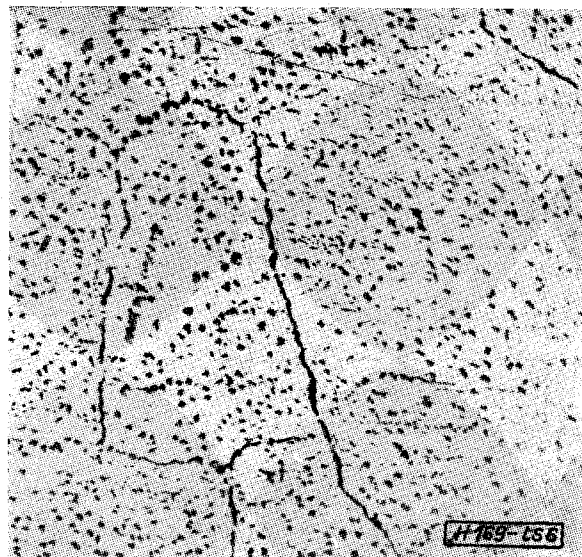
dig csökkenti. A wolfram adagolás kedvezőbb eredményt mutat, mint a nikkél. Hátránya, hogy üzem közben az érintkező felületén ezüstwolframát bevonat képződik, melynek a vezetőképessége rossz, és ezáltal nagy átmeneti ellenállás lép fel.

Az ezüst—molibdén érintkező felületén is könnyen képződik molibdenát. Alkalmazása tehát csak ott célszerű, ahol az érintkezőnyomás nagy.

Nagy villamos vezetőképesség és aránylag csekély átmeneti ellenállás az ezüst—szén érintkezőket alkalmassá teszi nagy és tartós áram vezetésére. Gyakran alkalmazzák az ezüst—szén érintkezőt réz érintkezővel szemben. A szén nyilván megakadályozza a réz felületi oxidációját és így az érintkezőpár között az átmeneti ellenállás kicsi marad.



5. ábra. Ag—CdO 5-ös érintkező szövetszerkezete (500×)



6. ábra. Ag—CdO 10-es érintkező szövetszerkezete (500×)

4.3 Aranyérintkezők

Az arany alkalmazása a magasabb olvadáspont, a nagyobb korrózióállóság következtében előnyösebb, mint az ezüsté. Mivel lágyabb, mint az ezüst, kevésbé kopásálló, tapadása méginkább hajlamos. Az említett tulajdonsága és magas fémára miatt főleg mechanikus vagy galvanikus bevonatként használjuk. Az arany érintkezőket különösen akkor alkalmazzuk, ha alacsony feszültségnél, kis érintkezőnyomásnál abszolút kapcsolási biztonságot kívánunk.

Arany bevonatot érintkezőként csak akkor alkalmazzuk, ha nincs, villamos erózió, nincs ívfény stb.

Lágy és kemény bevonatokat ismerünk. Lágy bevonatok színfém alkalmazásával készülnek. A kemény bevonatoknál adalék fémeket (tulajdonképpen aranyötvözetet) is használunk. Adalék fémként a Ni, Co, Ag, Zn stb. használatos.

Az aranybevonatok a korrózióknak jobban ellenállnak, mint az ezüstbevonatok. Kéntartalmú közegben is már $0,2 \mu\text{m}$ aranybevonat védelmet biztosít. A bevonatok vastagsága $0,2\text{--}40 \mu\text{m}$ között változik. A működő felületeken vastagabb, általában $5\text{--}40 \mu\text{m}$, csak felületi védelmet szolgáló bevonatoknál $0,2\text{--}3 \mu$ szükséges.

Az arany esetében különösen nagy jelentőségű lenne a szelektív bevonási eljárások alkalmazása még olyan megfontolással is, hogy mechanikus bevonatot kombinálnánk galvanikus eljárással.

4.3.1 Aranyötvözetű érintkezők

Az aranyötvözetű érintkezőket kis érintkezőnyomás esetén alkalmazzuk. Az alkalmazott aranyötvözetek ezüsttartalma 30 %-ig terjedhet. Az aranyhoz ötvözött ezüst növeli a kopásállóságot, a keménységet anélkül, hogy a kémiai korrózióval szemben mutatott ellenállást említésre méltóan rontaná.

5 % nikkellel ötvözött arany kis tapadási hajlamot mutat. Alkalmazása különösen előnyös határáram alatt, amikor a kapacitásnak az értéke határozott és az áramkörben önindukció is fennáll.

Hasonló jó tulajdonsággal rendelkezik pl. a 71 % Au, 26 % Ag és 3 % Ni tartalmú ötvözet, melynek előnye az előbbi ötvözetrel szemben az, hogy anyagi értéke kisebb. A 65 % Au, 30 % Pd és 5 % Ni tartalmú aranyötvözet nagyon kis (1 g) érintkezőnyomásnál is jó kapcsolást biztosít.

Az aranyötvözetek néhány tulajdonságát a 7. táblázatban összesítettük.

4.4 Palládiumérintkezők

Alkalmazási területe főleg a gyengeáramú technikában van. Vezetőképessége a platinafémek között a legnagyobb.

A környezet kémiai hatásával szemben mutatott ellenállóképessége miatt kis érintkezőnyomásnál is jó kapcsolást biztosít. Hátránya, hogy 350°C felett felületén egy vékony fekete oxidréteg képződik, mely az átmeneti ellenállást rendkívül megnöveli. A felületén keletkezett palládiumoxid 870°C -on ismét felbomlik. Egyenárammal szemben a palládium nagy érzéketlenséget tanúsít, mert a palládium érintkezőpárnánál anyagvándorlás nem lép fel.

A palládium bevonatokat jó eredménnyel használhatjuk, mint védőréteget az ezüst bevonatokra. Különösen kéntartalmú közegben biztosít kellő védelmet az ezüstbevonatoknak.

4.4.1 Palládiumötvözetű érintkezők

A gyengeáramú technikában, különösen a távbeszélő technikában a palládiumötvözetek nagy jelentőséggel rendelkeznek. A palládium ezüsttartalmát 70 %-ig növelhetjük, anélkül, hogy a palládiumnak az atmoszféra kéntartalmával szemben mutatott ellenállását jelentősen rontanánk.

Mintegy 3 % palládium már jelentősen javítja az ezüst tulajdonságát. Elsősorban csökkenti az anyagvándorlási és tapadási hajlamot. Az ilyen ötvözetek pl. feszültségszabályzóknak és relés szabályzóknak alkalmazhatók, és jól beváltak ott, ahol glimmkisélek lépnek fel. A 30 % palládiumtartalmú ezüstötvözetek viselkedése kéntartalmú atmoszférában csak csekély eltérést mutat a színpalládiumtól.

Aranyötvözetből előállított érintkezőanyagok néhány jellemző tulajdonsága

Anyagösszetétel %	Sűrűség g/ml	Olv. pont	Forr. pont	Keménység HV kp/mm ²		Hővez. kép. kal/cms °C	VIII. vez. m/ohm mm ²	VIII. ell. hőm. egy. 1/°C·10 ⁻³	Fajl. vill. ellenállás ohm/mm ² /m
				lágú	kem.				
Arany–ezüst:									
80 Au 20 Ag	16,5	1035	2200	35	90	0,78	10,2	0,90	0,098
70 Au 30 Ag	15,4	1025	2200	40	95	0,73	9,8	0,70	0,102
Arany–ezüst–nikkel:									
71 Au 26 Ag 3 Ni	15,4	1080	2200	80	120	–	9,1	0,88	0,110
Arany–nikkel:									
Au 95 Ni 5	18,2	1020	2450	100	170	–	8,2	0,71	0,13
Arany–palládium–nikkel:									
65 Au 30 Pd Ni 5	16,3	1410	2730	120	240	–	4,5	–	0,230
Arany–palládium–ezüst:									
30 Au 30 Pd 40 Ag	12,9	1440	2200	65	160	0,08	4,6	–	0,220

8. táblázat

Palládiumötvözetből előállított érintkezőanyagok néhány jellemző tulajdonsága

Anyagösszetétel %	Sűrűség g/ml	Olv. pont °C	Forr. pont °C	Keménység HV kp/mm ²		Hővez. képesség kal/cms °C	VIII. vez. m/ohm mm ²	VIII. ell. hőm. egy. 1/°C·10 ⁻³	Fajl. vill. ellenállás ohm mm ² /m
				lágú	kem.				
Palládium–ezüst:									
60 Pd 40 Ag	11,4	1330	2200	100	170	0,07	2,5	0,07	0,040
50 Pd 50 Ag	11,3	1285	2200	90	160	0,08	3,1	0,23	0,320
40 Pd 60 Ag	11,1	1225	2200	70	140	0,11	4,9	0,36	0,200
30 Pd 70 Ag	10,8	1150	2200	65	120	0,14	6,7	0,40	0,150
Palládium–réz:									
60 Pd 40 Cu	10,5	1200	2300	120	280	0,09	3,0	0,28	0,330

9. táblázat

Platinaötvözetekből előállított érintkezőanyagok néhány jellemző tulajdonsága

Anyagösszetétel %	Sűrűség %	Olvadáspont °C	Forr. pont °C	Keménység HV kp/mm ²		Hővez. kép. kal/cms. °C	VIII. vez. m/ohm mm ²	VIII. ell. hőm. egy. együttható 1/°C·10 ⁻³	Fajl. vill. ellenállás ohm mm ² /m
				lágú	kem.				
Platina–irridium:									
95 Pt 5 Ir	21,5	1775	4400	80	140	0,10	5,6	2,00	0,180
90 Pt 10 Ir	21,6	1785	4400	100	180	0,074	4,4	1,30	0,230
80 Pt 20 Ir	21,8	1820	4400	190	250	0,042	3,2	0,80	0,310
Platina–rutenium:									
96 Pt 4 Ru	20,8	1800	4400	120	200	–	3,1	0,85	0,320
Platina–nikkel:									
91,5 Pt 8,5 Ni	19,1	1670	2730	180	260	–	3,4	1,50	0,290
Platina–wolfram:									
95 Pt 5 W	21,3	1850	4400	160	250	–	2,3	0,70	0,043

A palládium—ezüst ötvözetek igen megbízható gyengeáramú kontaktusok. Az ötvözetek keménységét 0,1—0,2 % Ni beötvözéssel növelhetjük.

A palládium—réz ötvözetek főleg az erősáramú iparban nyernek alkalmazást. Hullámvezetők, rezonátorok stb. készítésére megfelelő hőkezeléssel a gyengeáramú technikában is alkalmazhatók. Amennyiben nagy keménység és mechanikai szilárdsági érték szükséges, palládium—ezüst—réz ötvözet célszerűen alkalmazható. Ezek az ötvözetek (pl. 10 % Cu, 60 % Pd, 30 % Ag) jó rugótulajdonsággal is rendelkeznek.

Palládiumötvözetek néhány tulajdonságát a 8. táblázatban összesítettük.

4.5 Ródiumberintkezők

Rendkívül drága, kemény, nehezen megmunkálható fém. Tömör érintkezőként nem alkalmazzák. Előnyös tulajdonsága, hogy mint galvanikus bevonat már 0,1 μm vastagságban is tökéletes védelmet nyújt az alapfémnek, a környezet kémiai hatásával szemben. A galvanikus úton előállított bevonat nagy technikai jelentőségre tett szert. A galvanikus ródiumbevonatok nagy szintartósággal és korrózióállósággal, nagy keménységgel és kopásállósággal, jó csúszási tulajdonsággal tűnnek ki. A bevonatok keménysége HV 600 kp/mm² felett van.

Hátránya, hogy a bevonat villamosvezetőképessége lényegesen kisebb, mint a fémródiumé.

A galvanikus ródiumbevonatok 0,1—0,5 μm vastagságban igen alkalmasak az ezüsttel borított érintkezők szintartóságának és korrózióállóságának javítására. A bevonatok növelik az érintkezők kopásállóságát és javítják a csúszási tulajdonságot.

A galvanikus ródiumbevonatok alkalmazási lehetősége az ívfény határ alatt van, mivel a vékony bevonatot a keletkező ívfény hamar elroncsolja.

4.6 Platinaérintkezők

Főleg ott alkalmazzák, ahol nagy kapcsolási biztonság szükséges. Az oxidálási és szulfadizálódási ellenállása miatt az érintkezés nagyon kicsi (15—20 g) érintkezésonyomáson is biztosítva van. Ívhúzás következtében fellépő túlmelegedés a kapcsoló üzemi biztonságára nincs hatással.

A platina bevonatokat széles körben nem alkalmazzák.

1.6.1 Platinaötvözetű érintkezők

A platinához adagolt ötvözők elsősorban azt a célt szolgálják, hogy növeljék a keménységet, a mechanikai kopásállóságot, valamint csökkentsék a platina érintkezők tapadási hajlamát. Platina ötvözeteknél keménységnövelő hatással a palládium, irridium, nikkel, ruténium, wolfram és az osmium rendelkezik. A megfelelő adalékfém kiválasztása az érintkezőnyomástól, a kapcsolási biztonságtól, az érintkező kívánt élettartamától függ.

Rendkívül elterjedtek a 20 % Ir, 7 % Os, vagy 5 % W tartalmú ötvözetből készített megszakító érintkezők.

A platina ötvözetek néhány tulajdonságát a 9. táblázatban foglaltuk össze.

Érintkezők céljára az irídiumot a gyakorlatban kis mértékben, az osmiumot és ruténiumot nem alkalmazzák. Ezeket a fémeket főleg mint ötvözőket használják csak fel. Galvanikus úton történő leválasztásuk ez ideig nincs biztonságosan megoldva.

Összefoglalás

A híradástechnikában alkalmazott érintkezőkkel, bevonatokkal szemben olyan követelményeket támasztunk, melyeknek csak a nemesfémek, illetve nemesfémötvözetek felelnek meg, amelyek megközelítik az eszményi anyag fogalmát. Ellenállnak a korróziónak, állandó és intenzív érintkezést biztosítanak. Borítófémként történő alkalmazásuk előnyös és gazdaságos.

I R O D A L O M

- [1] Holm: Electric Contacts Handbook—Elektrische Kontakte. Berlin (Göttingen) Heidelberg. 1958.
- [2] Meri: Der Elektrische Kontakt. Firma Dr. Dürrwächter—Doduco Pforzheim. 1959.
- [3] Keil: Werkstoffe für elektrische Kontakte. Springer Verlag. Berlin (Göttingen) Heidelberg. 1960.
- [4] Schreiner: Z. Metallkde. 1957. 180—190.
- [5] Dr. Laboda: Kohászati Lapok. 1967. 2. sz.
- [6] Von Dipl.-Phys. Kleinle und Dr. O. Loebich: Galvanotechnik. 1962. Heft 2.