

Študij lastnosti pozlačenega kontaktnega materiala Palladec 21 v odvisnosti od obrabe in atmosfere v hermetičnem okrovu

Examination of Contact Characteristics of Golden Plated Contact Material Palladec 21 to Wear and Various Types of Atmosphere

L. Koller, *Inštitut za elektroniko in vakuumsko tehniko, Teslova 30, 61000 Ljubljana, Slovenija*

M. Jenko, *Inštitut za kovinske materiale in tehnologije, Lepi pot 11, 61000 Ljubljana, Slovenija*

S. Spruk and D. Railič, *Inštitut za elektroniko in vakuumsko tehniko, Teslova 30, 61000 Ljubljana, Slovenija*

Preiskovali smo vzroke za slabšanje kontaktov iz pozlačenega Palladec 21 v hermetičnih relejih polnjenih v zaprti suhi atmosferi in kontrolirani mešanici vodika in dušika. Pri lasersko varjenih vzorcih subminiature hermetičnih relejev smo zasledovali električno vzdržljivost, spremembo kontaktne upornosti in prebojne napetosti (s Hamlinovo metodo). Po tej metodi smo testirali naključno izbrane vzorce polnjene s suho mešanico zraka in dušika ter vzorce napolnjene z inertno mešanico vodika in dušika (15 % vodika). Rezultati so pokazali, da imajo vzorci, polnjeni z mešanico vodika in dušika, relativno nizko in stabilno prebojno napetost, medtem ko imajo releji, napolnjeni z zrakom, relativno visoko in nestabilno prebojno napetost. Metoda nam nedvoumno pokaže škodljivo prisotnost kisika in vlage v zaprtem okrovu releja, kar se manifestira na povečani kontakti upornosti in povečani obrabi električnih kontaktov. Sestavo plinske mešanice v notranjosti okrova releja pa smo natančneje ugotavljali še s kvadрупolnim masnim spektrometrom za analizo residualne atmosfere.

Ključne besede: hermetični miniaturni elektromagnetni releji, degradacija kontaktov, kontakti materiali, kontaktna upornost, prebojna napetost, zaščitna atmosfera

Wear of the gold plated Palladec 21 contacts in dry atmosphere and defined mixture of hydrogen and nitrogen gas was studied. Subminiature hermetic relays were taken as samples. Tests concerning the electric endurance and the change of contact resistance as well as the change of the electric strength (using the Hamlin method) were performed. According to the Hamlin method samples filled with both sorts of atmosphere, the dry mixture of air and nitrogen and inert mixture of hydrogen and nitrogen (15 % of hydrogen), respectively, were treated. Relative low and stable electric strength was found for the samples filled with mixture of hydrogen and nitrogen while high and unstable electric strength was obtained when the alternate atmosphere was used. Experiments clearly show the presence of oxygen and water vapour inside the sealed housing of the relay. This fact is manifested as the increasing of the contact resistance and wearing of electric contacts. Residual atmosphere as well as the composition of gas mixture inside the relays was examined with the quadrupole mass spectrometer.

Key words: hermetical miniature electromagnetic relays, degradation of contacts, contact materials, contact resistance

1 Uvod

Električni kontakt je stik dveh ali več tokovnih vodnikov, ki na faznih mejah zagotavlja električno kontinuiteto. Pri delovanju hermetično zaprtih miniaturnih relejev pride pri električnih obremenitvah do sprememb na kontaktnem mestu, zaradi česar se zviša kontaktna upornost. Najpogostejši vzrok naraščanja kontaktnih upornosti in lepljenja kontaktov pri prvem vklopu so: nepravilna izbira in obdelava kontaktnih materialov, neustrezna galvanska prevleka, topografija kontaktnih površin ali njihovo onesnaženje, okoliška atmosfera ter tvorba tankih plasti oksidov ali organskih nečistoč^{1,2,3}. Mehanske in električne tehnične zahteve kot so dobra toplotna in električna prevodnost, dobra kemična obstojnost, visoko tališče, nizek parni tlak, odpornost proti mehanski obrabi in duktilnost, so pri razvoju relejev narekovele uporabo najkvalitetnejših kontaktnih materialov. Za subminiature hermetične releje z nazivno tokovno obremenitvijo 1 A in nazivnimi napetostmi 6, 9, 12, 18 in 24 V smo za električne kontakte izbrali zlitino iz plemenitih kovin francoskega proizvajalca CLAL s trgovsko oznako Palladec 21, ki smo jo galvansko pozlatili (mehka prevleka debeline 1 μm). Zlitina je utrjevalna in korozijsko odporna z odlično vzmetnostjo. Važnejše fizikalne lastnosti za Palladec 21⁴ so podane v tabeli 1.

Tabela 1: Važnejše fizikalne lastnosti in mehanske karakteristike kontaktne zlitine Palladec 21

gostota pri 20°C / kg m ⁻³	11830
področje tališča / °C	1030 - 1130
linearni razteznostni koeficient med 0°C in 500°C / 10 ⁻⁶ stop ⁻¹	14.6 x 10 ⁻⁶
električna upornost pri 20°C / $\mu\Omega$ cm	31 - 34
raztezna trdnost / kg mm ⁻²	85 - 110
modul elastičnosti / kg mm ⁻²	11500
trdota po Vickersu	340 - 400

2 Eksperimentalni del in diskusija

Degradacijo kontaktov v zaprti suhi atmosferi in kontrolirani mešanici vodika ter dušika smo študirali tako, da smo vzorce subminiaturnih relejev testirali na električno vzdržljivost, zasledovali spremembo kontaktno upornosti in prebojne napetosti (po Hamlinovi metodi⁵). Po omenjeni metodi smo testirali vzorce polnjene s suho mešanico zraka in dušika ter vzorce napolnjene z inertno mešanico vodika in dušika (15 % vodika). Rezultati so pokazali, da imajo vzorci, polnjeni z mešanico vodika in dušika, relativno nizko in stabilno prebojno napetost, medtem ko imajo releji, napolnjeni z zrakom, relativno visoko in nestabilno prebojno napetost (po preboju). Rezultati meritev na vzorcih, polnjenih z mešanico vodika in dušika, so podani v tabeli 2.

Metoda nam nedvoumno pokaže prisotnost kisika oziroma ostanka zraka in vlage v zaprtem okrovu releja, kar se

odraža na povečani kontaktni upornosti in po testu življenjske dobe na povečani obrabi električnih kontaktov. Metoda sama je nedestruktivna, kratkostični tok je omejen na 50 μA , dejanski tok ob preboju je 1 mA. Test življenjske dobe ne pokaže škodljivih posledic takšnega kratkotrajnega testiranja prebojne napetosti.

Iste vzorce smo nato testirali na električno vzdržljivost. Kontakti so bili obremenjeni z enosmerno napetostjo 28V, preko ohmskega bremena je tekel tok 1A, hitrost preklapljanja je bila 20 min⁻¹, preklopov pa 10⁵. Pri polovici merjencev smo obremenjevali mirujoče (M), pri drugi polovici pa delovne (D) kontakte. Vsi merjenci so uspešno opravili test. Kontaktna upornost pri vzorcih, polnjenih s suhim zrakom in dušikom, je narasla, bila pa je še vedno v mejah, ki jih dovoljuje MIL standard (do 200 m Ω). Kontaktna upornost vzorcev, polnjenih z inertno mešanico vodika in dušika, pa je po testu električne vzdržljivosti pri vseh merjencih ostala ista. Vlago v zaščitni atmosferi subminiaturnih hermetičnih relejev po prenehanju testiranja življenjske dobe smo določali s plinskim kromatografom PERKIN ELMER F17 s kolono Chromosorb 102, ki služi za določanje vode, ogljikovega dioksida in nizkomolekularnih ogljikovodikov⁶. Z metodo plinske kromatografije smo določili količino vlage v zaščitni atmosferi relejev. Nosilni plin je bil argon čistoče 99.9999 %. V vseh posnetih kromatogramih smo opazili visoko vsebnost vode v zaščitni atmosferi hermetičnih relejev (1.2 do 2.5 volumskih odstotkov). Pri teh meritvah je upoštevana tudi kondenzirana vlaga z notranjih sten sestavnih delov relejev. Sestavo plinske mešanice v notranjosti okrova releja pa smo natančneje določali še s kvadrupolnim masnim spektrometrom QS^{7,8,9}, ki omogoča analizo plinov do specifične mase $m/e=100$. Tudi na ta način smo ugotovili visoko vsebnost vodne pare, vodika, kisika, dušika ogljikovega dioksida in par čistilnih sredstev (etanola in trikloretilena), kar prikazuje masni spekter na sliki 1.

Pri študiju vzdržljivosti kontaktov po testu na življenjsko dobo (10⁵ preklopov, 1A, 28V) smo nekaj vzorcev s povečano kontaktno upornostjo odprli. Slika 2 prikazuje deformirani kontaktni del releja (preklopni kontakt) po življenjski dobi. Slika je bila posneta z rastrovskim elektronskim mikroskopom JEOL JSM35. Za primerjavo je na sliki 3 nedeformiran kontaktni del releja, prav tako po testu na življenjsko dobo.

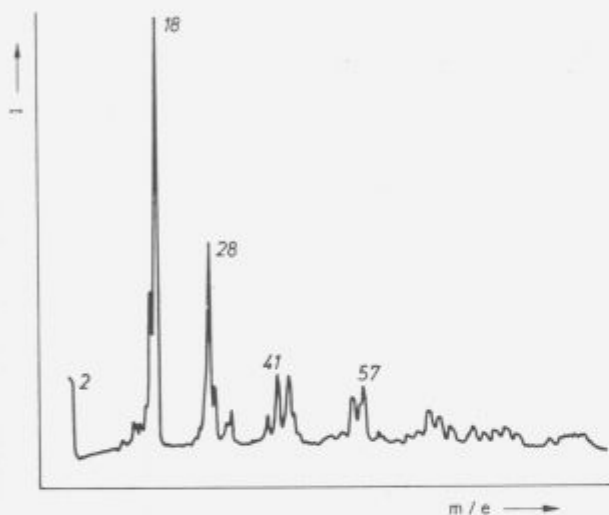
Isti preklopni kontakt (slika 2) smo analizirali še s pomočjo Augerjeve elektronske spektroskopije s spektrometrom ameriške tvrdke Physical Electronics Industries. Slika 4 prikazuje spektrogram analiziranega slabega kontaktnega mesta in njegov fotografski posnetek. Na spektrogramu so vidni vrhovi glavnih elementov Pd, Ag in Au.

3 Zaključek

Z analizo zaščitne atmosfere (mešanica zraka in dušika) v naključno izbranih subminiaturnih hermetičnih relejih po testu življenjske dobe (10⁵ preklopov) smo z metodo plinske kromatografije in kvadrupolnim masnim spektro-

Tabela 2: Rezultati meritev za vzorce polnjene z mešanico vodika in dušika (po 10^5 preklonih)

meritev		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
kontaktna upornost R_k (m Ω)	D	70	80	80	90	80	80	70	80	80	90
	M	80	90	80	80	90	80	80	80	70	100
Hamlinova prebojna napetost (V)		2.5	5.0	4.0	5.0	5.0	4.5	2.5	4.3	4.5	7.5



Slika 1. Masni spekter atmosfere iz hermetičnega releja (zrak in dušik) posnet na merjencu po 10^5 preklonih po 6 urah - gretja na 100°C .

Figure 1. Mass spectrum from the atmosphere in the hermetical relay (dry air and nitrogen) taken after 10^5 operations and 6 hours of heating to 100°C .

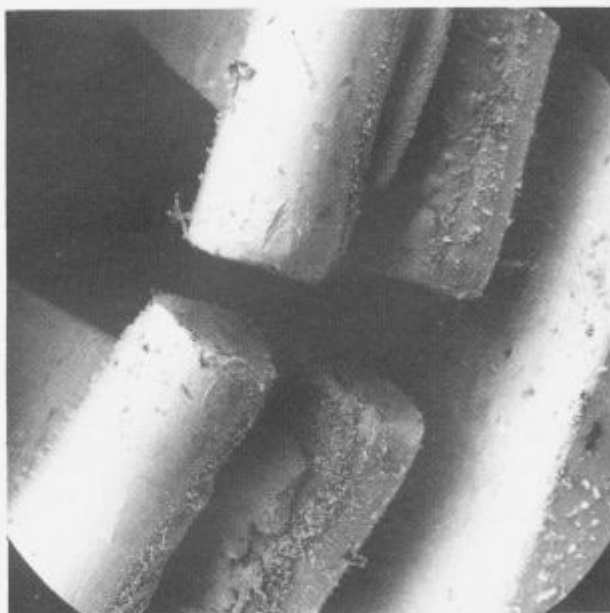
metrom QS ($m/e=100$) ugotovili visoko vsebnost vlage in organskih nečistoč, kar se manifestira kot povečana kontaktna upornost, večja obraba električnih kontaktov in relativno visoki ter nestabilni prebojni napetosti.

V suhi inertni zaščitni atmosferi $\text{N}_2 - \text{H}_2$ po testu vzdržljivosti (10^5 preklonov) kontakti iz pozlačenega kontaktne materiala Palladec 21 dosegajo odlične rezultate: kontaktna upornost se ne povečuje, prebojna napetost je nizka in stabilna, obraba kontaktne materiala pa je zanemarljiva.

Releji z zaščitno atmosfero zrak - N_2 so bili v vseh treh značilnostih slabši.

4 Viri

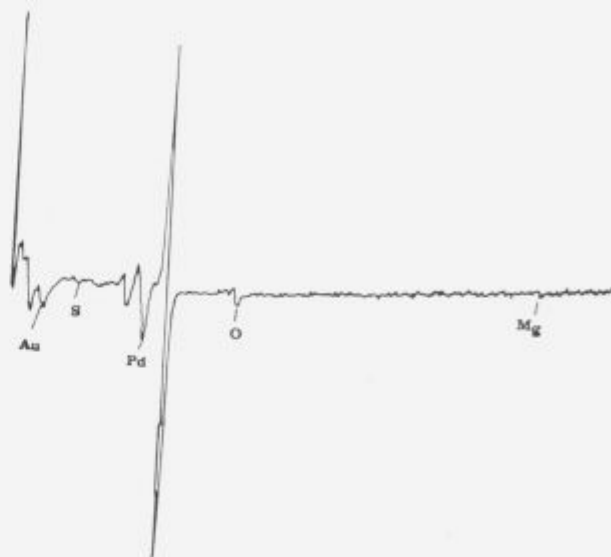
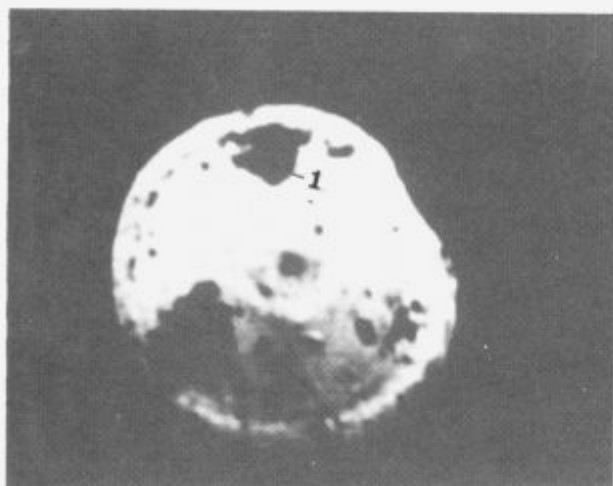
- ¹ R. Holm, Electric Contact Handbook, 4th Ed., New York, Springer Verlag, 1967.
- ² M. Antler, IEEE Circuits and Devices Magazine, Vol. 3, No. 2, (1987) str.8.
- ³ J.G. Davy, Electr. Packing and Prod. (1984) str. 58.



Slika 2. Preklonni kontakt iz galvansko pozlačenega Palladec 21 po 10^5 preklonih v suhi atmosferi zraka in dušika (povečava 62 $\times$).

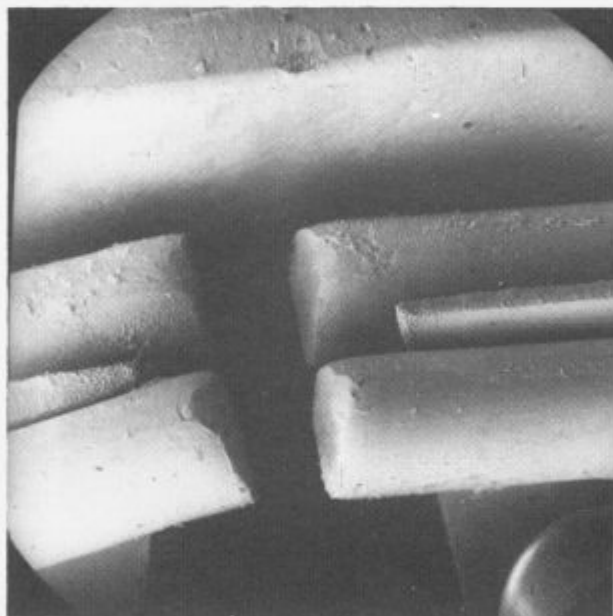
Figure 2. Operating contact made of gold plated Palladec 21 after 10^5 operations in atmosphere of dry air and nitrogen (magnification 62 times).

- ⁴ Palladec 21; Dept. LE, Notice C22-71E, CLAL, November 1988, komercialni prospekt.
- ⁵ Raziskave tehnologije subminiaturnih relejev II. del, IEVT, Poročilo RSS, Ljubljana, 1980.
- ⁶ G.E. Baines, V.A. Ilie, Stationary Phases in Gas Chromatography (International Series of Monographs in Analytical Chemistry, Vol. 56), Pergamon Press London, 1975.
- ⁷ L. Koller R. Zavašnik and M. Jenko, Vacuum **43**, 741 (1992).
- ⁸ M. Jenko, L. Koller and R. Zavašnik, Vuoto **10**, 222 (1990).
- ⁹ M. Murko Jezovšek, M. Mozetič and N.L. Nagy, Vacuum **43**, 631 (1992).



Slika 4. Augerjev spektrogram analiznega mesta 1 na fotografiji slabega preklopnega kontakta po 10^5 preklonih (povečava 40 $\times$).

Figure 4. Auger spectrum of bad working contact (spot 1 on the photography) after 10^5 operations (magnification 40 times).



Slika 3. Preklopni kontakt iz galvansko pozlačenega Palladec 21 po 10^5 preklonih v inertni atmosferi vodika in dušika (povečava 60 $\times$).

Figure 3. Operating contact made of gold plated Palladec 21 after 10^5 operations in the inert atmosphere of hydrogen and nitrogen (magnification 60 times).

Zahvala

Delo je finančno podprlo Ministrstvo za znanost in tehnologijo Slovenije, Ljubljana.

(Projekt P2-5166-0204-93)