

VAKUUMSKO TESNI LASERSKI ZVARI

S. Spruk, dr. M. Jenko*, L. Koller, D. Raičić

Inštitut za elektroniko in vakuumsko tehniko, 61111 Ljubljana, Teslova 30

*Inštitut za kovinske materiale in tehnologije, 61001 Ljubljana, Lepi pot 11

VACUUM TIGHT LASER WELDS

Povzetek

Raziskali smo vakuumsko tesne laserske zveze za hermetično inkapsulacijo miniaturnih relejev. Naredili smo metalografske preiskave naslednjih parov zlitin: (a) mehkomagnetno železo Vacofer S2-CuNi30Fe, (b) mehkomagnetno železo z različno debelo (20 μm , 35 μm , 50 μm) difuzijsko plastjo kroma-CuNi30Fe, (c) mehkomagnetno železo z galvansko prevleko zlata-CuNi30Fe, (d) mehkomagnetno železo z galvansko prevleko niklja-CuNi30Fe.

V drugem delu raziskav smo zasledovali geometrijo obeh komponent varjencev. Hermetičnost laserskih zvarov smo kontrolirali s He-leak detektorjem. Z raziskavami smo določili optimalne pogoje procesa laserskega varjenja za hermetično inkapsulacijo relejev in primerno izbrali komponente varjencev.

Abstract

Vacuum tight laser welds for hermetical encapsulation of miniature relays were studied. The metallographic investigation of the following welding pairs were done: (a) soft magnetic iron - CuNi30Fe, (b) soft magnetic iron with vacuum chromized layer of thicknesses 20 μm , 35 μm and 50 μm - CuNi30Fe, (c) soft magnetic iron gold galvanic plated - CuNi30Fe and (d) soft magnetic iron nickel galvanic plated - CuNi30Fe. The second part of the investigation treated the geometry of laser welded pairs.

Encapsulated relay tightness was measured with He-leak detector. The optimal conditions of the laser welding process for hermetical relay encapsulation and appropriate welding pairs with optimal geometry were determined by this investigation.

1. UVOD

Lasersko varjenje sodi v vrsto sodobnih postopkov, ki so ključni za tehnološki razvoj profesionalnih izdelkov za elektroniko /1/.

Za lasersko varjenje je značilno nekaj posebnosti, ki ta način varjenja odlikujejo pred drugimi. Z laserskim snopom varimo na razdaljo in ni obrabnih elektrod, ki bi se dotikale varjenca. Nastavitev varilne cone je natančna in računalniško krmiljena. Pri varjenju ne deformiramo nežnih varjencev, ker varimo brez trdega prijemanja ali vpenjanja. Varimo lahko z enojnimi, dvojnimi ali večkratnimi zvari, z enakomernim pomikanjem laserskega snopa oziroma s ponavljajočimi pulzi varimo šivno. Varjenci se pri laserskem varjenju minimalno segrejejo, ker se toplota akumulira samo v zelo omejeni varilni coni. Zvari so čisti, zato jih ni potrebno še dodatno obdelati.

Osnovni princip varjenja je, da dve enaki ali različni kovini z nizkim parnim tlakom in čim bolj enakimi tališči spravimo v tesen kontakt in področje okoli kontakta grejemo toliko časa, dokler se materiala ne raztalita in zlijeta. Dovedene toplote ne sme biti preveč, sicer dobimo porozne zveze /2-7/.

Širino raztaljene cone lahko reguliramo od 0,1 mm do nekaj milimetrov, ustrezno tudi globino raztaljene cone. Raziskali smo laserske zveze naslednjih parov zlitin:

- a - mehkomagnetno železo (Vacofer S2) - CuNi30Fe
- b - mehkomagnetno železo z galvansko prevleko zlata-CuNi30Fe
- c - mehkomagnetno železo z različno debelo (20 μm , 35 μm , 50 μm) difuzijsko prevleko kroma-CuNi30Fe
- d - mehkomagnetno železo z galvansko prevleko niklja-CuNi30Fe,

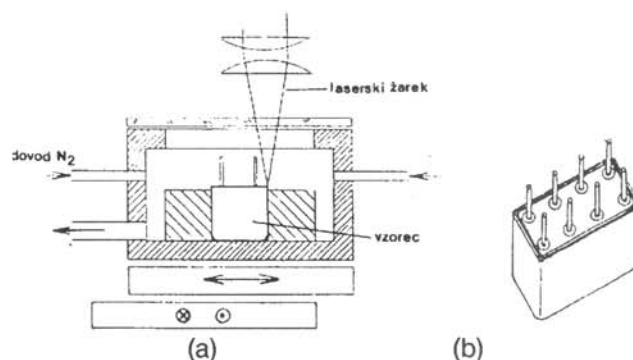
in določili njihovo hermetičnost ter mikrostrukturo.

2. EKSPERIMENTALNO DELO

Za hermetično inkapsulacijo miniaturnih relejev smo uporabili pulzirajoči laserski varilnik trvdke J.K.Lasers, system 2000 Welding, z lasersko palico Nd-steklo, trajanje pulza 1-20 ms, maksimalna izhodna energija 100 J, moč napajalnika 10 kW, maksimalna frekvenca pulzov 100 Hz /8/.

Parametri laserskega varjenja: dolžina pulza 10,4 ms; frekvenca 10 Hz; energija pulza 3,6 J; vhodna energija 5,1 kW.

Varjenje poteka v posebno oblikovani miniaturi komori, ki jo preprihavamo z dušikom ali argonom in na ta način preprečimo oksidacijo in usedanje kovinskih par na fokusirno lečje (slika 1). Hermetičnost laserskih zvarov smo kontrolirali s helijevim leak detektorjem trvdke Varian tip 936-65 po standardih MIL-R-5757 in MIL-STD-202-G metoda 112 A /9,10/.



Slika 1: a) miniaturna komora za varjenje z laserskim žarkom
b) lasersko zavarjen miniaturni hermetični rele

Polovico poizkusov smo naredili na podnožjih, ki so imela izdelan varilni rob, drugo polovico pa na podnožjih brez njega. Ugotovili smo, da je varilni rob pomemben za pravilno geometrijo zvara, kar je prikazano na sliki 4.

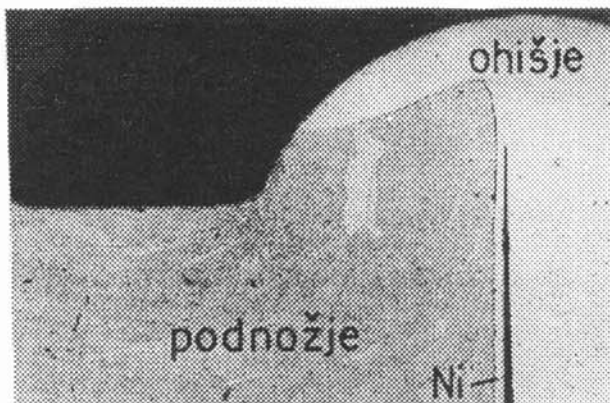
3. REZULTATI

Z eksperimenti smo ugotovili, da je prvi pogoj za zanesljiv laserski zvar pravilna izbira materiala obeh komponent varjenca ter pravilna izbira protikorozijske zaščite podnožja. Za ohišje releja, ki je izdelano z globokim vlečenjem, smo izbrali zlitino CuNi30Fe, debeline 0,3 mm.

Prva ohišja so bila izdelana iz zlitine CuNiZn (novo srebro). Pri eksperimentih se je izkazalo, da zlitina ni primerna za lasersko varjenje. Cink, ki ga zlitina vsebuje, ima nizko tališče in visok parni tlak, kar povzroči med postopkom laserskega varjenja tvorbo Zn oprha, zvar je porozen in nezanesljiv.

Podnožje releja je iz mehkomagnetnega železa Vacofer S2, ki smo ga zaščitili z: a) galvanjsko naneseno plastjo Ni, debeline 4 μm in 0,2 μm Au; b) vakuumsko kromano plastjo, treh različnih debelin: 20 μm , 35 μm in 50 μm ; c) galvanjsko naneseno plastjo Ni, debeline 3,6 μm .

Na sliki 2 je prikazan presek laserskega zvara med ohišjem releja (CuNi30Fe) in podnožjem iz mehkomagnetnega železa z izdelanim varilnim robom. Podnožje je zaščiteno z galvanjsko naneseno plastjo Ni, debeline 3,6 μm . S slike je razvidno, da je zvar kvaliteten, globina talilne cone je pravilno izbrana.

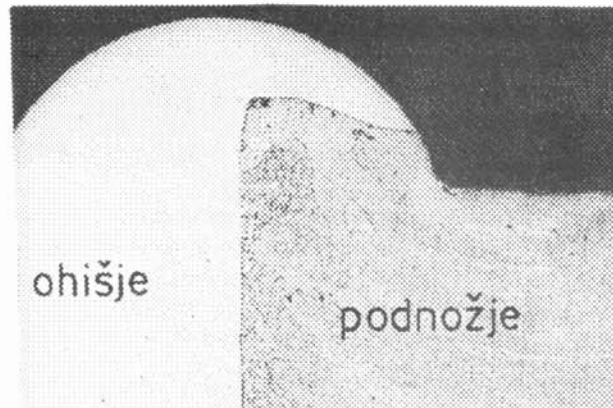


Slika 2: Presek laserskega zvara med ohišjem releja (CuNi30Fe) in podnožjem iz mehkomagnetnega železa z izdelanim varilnim robom. Podnožje je zaščiteno z galvanjsko naneseno plastjo Ni; jedkano z nitalom (povečava 100x).

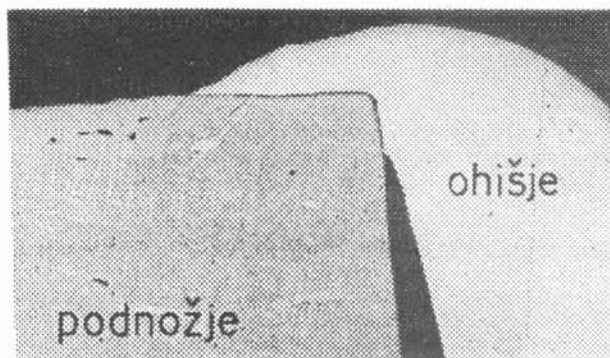
Tudi zvar med ohišjem in podnožjem, ki je zaščiteno s 3,6 μm debelo galvanjsko plastjo Ni in 0,2 μm debelo plastjo Au, je kvaliteten in neporozen, kar prikazuje rasterski posnetek na sliki 3.

Pri vzorcih brez varilnega roba pride pogosto med procesom laserskega varjenja do deformacij ohišja, kar je razvidno s slike 4.

Na sliki 5 je prikazan presek laserskega zvara med ohišjem releja in vakuumsko kromanim podnožjem z 20 μm debelo plastjo Cr. S slike je razvidno, da zvar ni porozen, vendar pa ne pride do tvorbe vmesne cone med ohišjem in vakuumsko kromano plastjo, ki je tudi po procesu laserskega varjenja še dobro vidna.



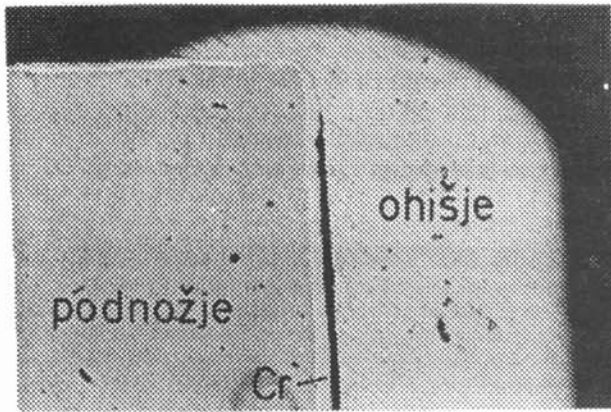
Slika 3: Presek laserskega zvara med ohišjem releja (CuNi30Fe) in podnožjem iz mehkomagnetnega železa z izdelanim varilnim robom. Podnožje je zaščiteno z galvanjsko naneseno plastjo Ni in Au; jedkano z nitalom (povečava 100x).



Slika 4: Presek laserskega zvara med ohišjem releja (CuNi30Fe) in podnožjem iz mehkomagnetnega železa brez varilnega roba. Podnožje je zaščiteno z galvanjsko naneseno plastjo Ni in Au; jedkano z nitalom (povečava 100x).

Pri miniaturnih hermetičnih relejih kontroliramo s He-leak detektorjem vakuumsko tesnost laserskih zvarov in spojev steklo-kovina sočasno po standardu MIL-R-5757 in MIL-STD-202-G, metoda 112 A.

Vsi testirani vzorci ustrezajo zahtevam tesnosti po standardu MIL-R-5757, ki je 1×10^{-9} Pa m^3/s .



Slika 5: Presek laserskega zvara med ohišjem releja (CuNi30Fe) in vakuumsko kromanim podnožjem iz mehkomagnetnega železa brez varilnega roba. Plast Cr je debela 20 μm ; jedkano z nitalom (povečava 100x).

4. ZAKLJUČEK

Z raziskavo smo ugotovili:

- Obe komponenti varjencev morata biti iz materialov, primernih za lasersko varjenje, pri tem pa morata komponenti imeti čim nižji parni tlak ter čim bolj enake temperature tališča.
- Izredno pomembna je geometrija zvara. Obe komponenti varjencev se morata tesno stikati, na podnožju pa mora biti izdelan varilni rob.

- Parametri laserskega varjenja morajo biti optimalno izbrani, energija mora biti čim nižja, da se ne razvije preveč toplote. V nasprotnem primeru je potrebno med procesom laserskega varjenja odvečno toploto odvajati s posebno oblikovanimi bakrenimi kvadri.
- Vakuumska tesnost laserskih zvarov, ki jo moramo obvezno kontrolirati, mora biti najmanj 1×10^{-9} Pa m^3/s .

5. LITERATURA

- /1/ J. Wilson, J.F.B. Hawkins, Lasers, Principles and Applications, Prentice Hall, London, 1987
- /2/ R. Tavzes, Lasersko varjenje pri miniaturnih elektronskih sestavnih delih, JUVAK, Bilten 17, str. 165, Bled 1979
- /3/ R. Tavzes, L. Koller, M. Jenko, Vakuumsko tesni laserski zvari, JUVAK, Bilten 19, str. 299, Zagreb 1983
- /4/ M. Jenko, B. Jenko, L. Koller, D. Raičić, A. Miklavčič, B. Miklavž, B. Kordiš: Študij laserskega varjenja kovin in zlitin za elektroniko, IEVT poročilo P-646/D1, 1989
- /5/ D.C. Brown, High Power Nd: Glass Laser System, Springer, Berlin 1981
- /6/ J.T. Luxton, D.E. Parker, Industrial Lasers and their Applications, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J. 1985
- /7/ J.F. Ready, R.K. Erf. (eds.) Laser Applications, Vd5, Academic Press, Orlando 1984
- /8/ J.K. Lasers: Systems 2000 for Welding, Manual
- /9/ MIL-STD-202 E, Test methods for electronics and Electrical Component Parts, Method 112 A, 1980
- /10/ MIL-R-5757G, Military Specifications, Relays, Electromagnetic 1982