

Mikrostruktura laserskih zvarov kovin in zlitin za elektroniko

Laser Welds Microstructure of Metals and Alloys for Electronics

S. Spruk, L. Koller, *Inštitut za elektroniko in vakuumsko tehniko, Teslova 30, 61111 Ljubljana*

M. Jenko, A. Rodič, *Inštitut za kovinske materiale in tehnologije, Lepi pot 11, 61001 Ljubljana*

L. Kosec, *Odsek za metalurgijo in materiale, FNT-Univerza v Ljubljani*

V prispevku opisujemo vpliv energije laserskega snopa na mikrostrukturo zvarov naslednjih parov kovin in zlitin: - relejno mehkomagnetno železo z galvansko naneseo plastjo Ni-zlitina CuNi30Fe. Mikrostrukturo laserskih zvarov smo preiskali z optično in SEM mikroskopijo, test mikrotrdote po Vickersu pa smo uporabili za merjenje trdote na različnih delih zvara.

Ključne besede: lasersko varjenje, laserski zvari, mikrostruktura, mikrotrdota

The microstructure of laser welds depends on physical and chemical processes occurring in melting and heat affected zone, and hence is essential for obtaining the vacuum tight welds in electronics. In the paper the influence of the laser beam energy on the welds microstructure of the following metal-alloy pairs is given: - relay soft magnetic iron Ni galvanic plated- CuNi30Fe alloy. The microstructure of laser welds were characterized using conventional optic and SEM microscopy. A Vicker's microhardness tester was used to determine the hardness at various locations in the welds.

Key words: laser welding, laser welds, microstructure, microhardness

1 Uvod

Elektronska industrija je bila med prvimi, ki je pričela za varjenje uporabljati laser. Zaradi fleksibilnosti, sposobnosti doseganja velikih hitrosti in možnosti kontrole laserske toplote, je laser posebno primeren za hermetično inkapsulacijo elektronskih elementov (1). Za doseganje kvalitetnih laserskih zvarov lahko uporabljamo pulzirajoče ali kontinuirne laserske varilnike. S posameznimi visoko energijskimi pulzi dobimo točkaste zware, lahko pa s kontinuirnimi ali ponavljajočimi pulzi varimo šivno (2,5). Hitrost varjenja je določena s frekvenco laserskih pulzov in s premerom raztaljene cone. Primerna je hitrost, pri kateri pokriva vsak laserski pulz 3/4 premera raztaljene cone prejšnjega pulza. Pri frekvenci pulzov 20 Hz je ustrezna hitrost pomikanja žarka 2mm/sek (3). Moč laserskega pulza spreminjamo z napetostjo, s trajanjem pulza in z velikostjo zaslonke pred lasersko komoro. Pri varjenju nastanejo tri karakteristične cone:

- talilna cona
- cona mešanja oz. prehodna cona, v kateri pride do sprememb mikrostrukture in lastnosti
- daleč od zvara popolnoma nedotaknjena osnova

Prostornina talilne in temperaturno vplivne cone se

zmanjšuje, ko gostota moči laserskega žarka narašča. Če postane talilna cona prevelika, lahko pride do poroznosti zvara, ker absorpcija prekomerne moči povzroči lokalno izparevanje.

Laserski zvar je karakteriziran z naslednjimi medsebojno povezanimi lastnostmi:

- Ogrevanje omejeno na majhno področje
- Nizke preostale napetosti
- Majhne deformacije

Raziskali smo vpliv energije laserskega snopa na mikrostrukturo zvarov naslednjih parov kovin in zlitin: relejno mehkomagnetno železo z galvansko naneseo plastjo Ni-CuNi30Fe, njihovo mikrostrukturo ter mikrotrdoto po Vickersu.

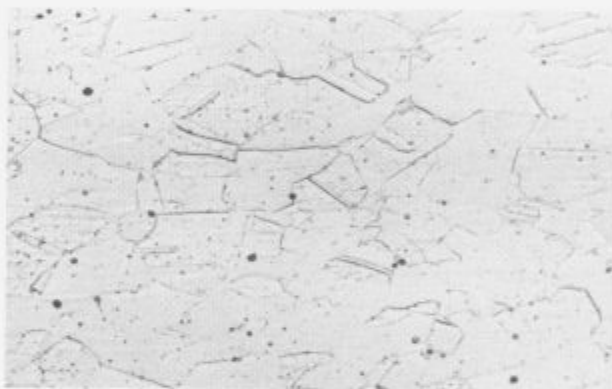
2 Eksperimentalno delo

Uporabili smo zlitino s sestavo 30% Ni; 1% Mn; 0,7% Fe in 68,3% Cu, debeline 0,25 mm ter čisto mehkomagnetno železo Vacofer S2, zaščiteno z galvansko plastjo niklja, debeline 4 µm. Za kontinuirne zware smo uporabili pulzirajoči laserski varilnik J.K. Lasers, system 2000 welding z lasersko palico Nd-steklo(4). Izhodno energijo smo spreminjali od 4,5 J do 5,5 J, trajanje laserskega pulza pa je bilo 9 ms.

Frekvenca pulzov je bila 20 Hz. Zaščitni plin N_2 s pretokom 2 l/min smo uporabili, da bi med procesom laserskega varjenja zaščitili zvare pred atmosfero. Zvare smo nato prečno prerezali in izdelali obruse. S pomočjo elektronskega mikroanalizatorja JEOL JSM-35 smo določili sestavo zvara, na podlagi katere smo izbrali primerno jedkalo. Mikrostrukturo laserskih zvarov ter njihovo kvaliteto smo preiskali z optično in SEM mikroskopijo. Mikrotredo smo izmerili na različnih mestih zvara po Vickersu z obremenitvijo 15 gr.

3 Rezultati

Za varjenje smo uporabili dve kovini oz. zlitini s popolnoma različno kemijsko sestavo. Osnovna mikrostruktura zlitine CuNi30Fe je čista trdna raztopina, ki ima velikost zrna 9 po ASTM primerjalni tabeli (zrna z dvojčičnimi lamelami). Pločevina je bila hladno deformirana; zrna so razpotegnjena v smeri hladnega preoblikovanja (slika 1).

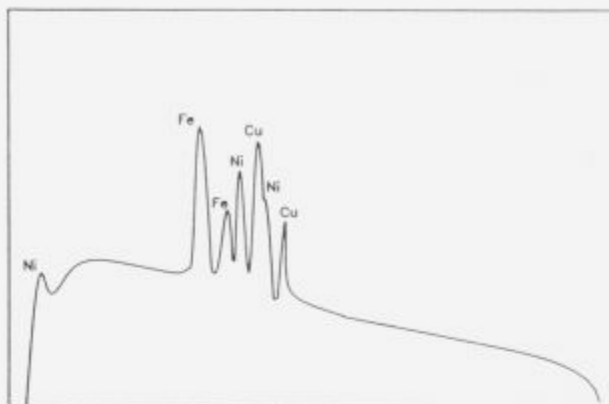


Slika 1: Osnovna mikrostruktura zlitine CuNi30Fe, jedkano v $FeCl_3$ v alkoholu, 500×

Figure 1: Microstructure of CuNi30Fe alloy, etched with $FeCl_3$ in alcohol, 500×

Druga komponenta varjenja je sintrano mehkomagnetno železo Vacofer S2. S predhodnimi poizkusi smo ugotovili, da je primerna protikorozijska zaščita železa galvanski nanos niklja, debeline 4 μm (6,7). Glede na različno kemijsko sestavo obeh komponent varjenja, smo za vsako komponento uporabili drugo jedkalo. Najprej smo vse obruse jednaki v nitalu, da smo dobili mikrostrukturo železa, nato pa še v $FeCl_3$ v alkoholu, da smo dobili mikrostrukturo zlitine CuNi30Fe ter zvara. Z elektronskim mikroanalizatorjem smo določili sestavo zvara: 34% Fe, 24% Ni ter 42% Cu, za katero je primerno jedkalo $FeCl_3$ v alkoholu (slika 2).

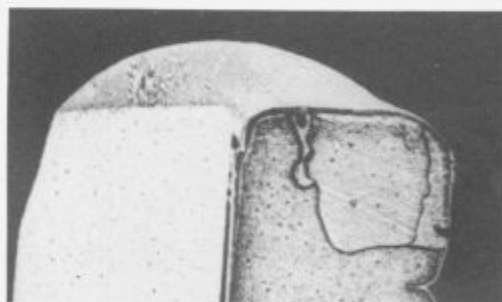
Na sliki 3 je prikazana celotna mikrostruktura laserskega zvara CuNi30Fe-Fe. S slike je razvidno, da je med procesom laserskega varjenja na strani Fe-zvar prišlo do prekristalizacije faze α v γ . Zato imamo na strani železa manjšo velikost feritnih zrn kot je v osnovni mikrostrukturi pred varjenjem. Na strani CuNi30Fe-zvar je med laserskim varjenjem prišlo do raztapljanja zlitine CuNi30Fe, nastala je cona mešanja, ki ima strjevalno mikrostrukturo, ta pa se nadaljuje v mikrostrukturo osnovne zlitine. Sam zvar je kvaliteten, brez poroznosti in ima tipično strjevalno mikrostrukturo.



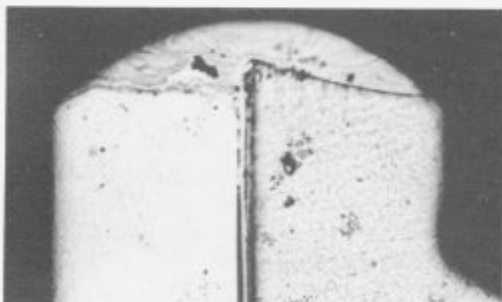
Slika 2: EDX spekter laserskega zvara zlitine CuNi30Fe in čistega železa Vacofer S2.

Figure 2: EDX spectrum of laser weld between CuNi30Fe alloy and pure iron Vacofer S2

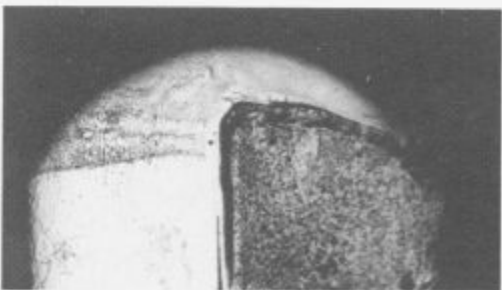
Energija laserskega žarka v J



4,5



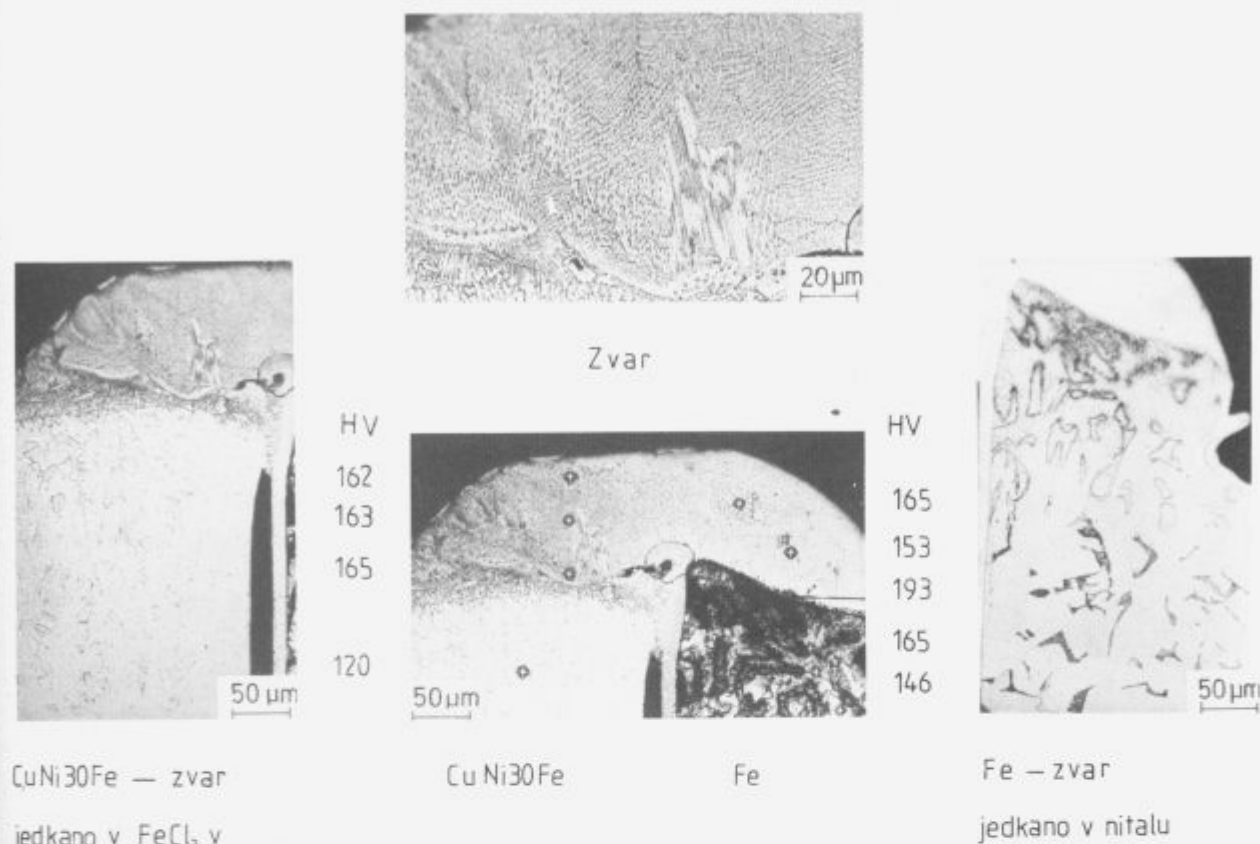
5



5,5

Slika 4: Vpliv energije laserskega žarka na izoblikovanje zvara, jedkano v $FeCl_3$ v alkoholu, 100×

Figure 4: Influence of the laser beam energy on the weld form, etched with $FeCl_3$ in alcohol, 100×



Slika 3: Mikrostruktura laserskega zvara zlitine CuNi30Fe in čistega železa Vacofer S2 ter rezultati merjenja mikrotrdote po Vickersu
Figure 3: Microstructure of laser weld between CuNi30Fe alloy and pure iron Vacofer S2 and the results of Vickers microhardness measurement

Na **sliki 3** so podani rezultati merjenja mikrotrdote po Vickersu z obtežbo 15 gr. Iz rezultatov je razvidno, da je poprečna mikrotrdota samega zvara 163 HV, zlitina CuNi30Fe ima mikrotrdoto 120 HV, železo Vacofer S2 pa 150 HV. Najtrše mesto v zvaru je v coni mešanja na strani Fe-zvar, ki ima mikrotrdoto 193 HV.

Na **sliki 4** je prikazan vpliv energije laserskega žarka na izoblikovanje zvara. S slike je razvidno, da z rastočo energijo raste cona mešanja na strani kovine z nižjim tališčem (zvar - CuNi30Fe), medtem ko ostaja cona mešanja na strani kovine z višjim tališčem konstantna (zvar-Fe).

4 Sklepi

Za doseganje vakuumsko tesnih laserskih zvarov v elektroniki je poleg geometrije zvara, pravilne izbire materiala obeh komponent varjenja in primerne protikorozijske zaščite železa, potrebno poznavanje fizikalno kemijskih procesov, ki potekajo med varjenjem v talilni coni in od katerih je odvisna njihova mikrostruktura. Z raziskavo smo ugotovili, da z rastočo energijo raste cona mešanja na strani kovine z nižjim tališčem (CuNi30Fe), medtem ko ostaja cona mešanja na strani kovine z višjim tališčem konstantna (Fe). Najvišjo trdoto v zvaru (193 HV) smo izmerili v coni mešanja na strani Fe-zvar. S preiskavo mikrostrukture smo ugotovili, da je na strani Fe-zvar pri-

šlo do prekrystalizacije faze α v γ , zato so tu prisotna manjša feritna zrna kot v osnovni mikrostrukturi Fe. Na strani CuNi30Fe-zvar pa je med procesom laserskega varjenja prišlo do raztapljanja zlitine CuNi30Fe in nastala je cona mešanja. Sam zvar je kvaliteten, brez poroznosti in ima tipično strjevalno mikrostrukturo.

5 Zahvala

Delo je finančno podprlo Ministrstvo za znanost in tehnologijo Slovenije, Ljubljana. (Projekt P2-5166-0204-93)

6 Literatura

- ¹ R.C.Crofer, Application of lasers in manufacturing, Laser welding, cutting and surface treatment, The welding institute, Abington Cambridge CB1 6AL, England 1984
- ² J.Norrish, Advanced Welding Processes, Institute of Physics Publishing, London 1992
- ³ M.Jenko, B.Jenko, L.Koller, D.Railič, A. Miklavčič, B. Miklavž, B. Kordiš: Študij laserskega varjenja kovin in zlitin za elektroniko, IEVT poročilo P-646/D1, 1989
- ⁴ J.K.Lasers: Systems 2000 for Welding, Manual
- ⁵ J.Wilson, J.F.B.Hawkes, Lasers, Principles and Applications, Prentice Hall, London, 1987
- ⁶ S. Spruk, M. Jenko, L. Koller, D. Railič: Vacuum tight laser welds, Vacuum 43, p.769-771, 1992

S. Spruk: Mikrostruktura laserskih zvarov kovin in zlitin za elektroniko

⁷ S. Spruk, M. Jenko, L. Koller, D. Raišič: Vacuum tight laser welds for hermetical encapsulation of electronic parts, Vacuum 44, p.461-463 1993