

MONTAŽA PLOŠČ TISKANIH VEZIJ Z ZLITINAMI BREZ SVINCA

Breda Kodek

Razvoj & raziskave, Laboratorijski center, Iskraemeco d.d., Kranj

Ključne besede: plošča tiskanega vezja (TIV), spajkalna pasta, spajka, spajkanje, komponenta, klimatski test, odtržna sila, kot omočenja

Izvleček: Za obdobje spajkanja brez svinca v elektronski industriji smo testirali spoje med elektronskimi komponentami in ploščo tiskanega vezja (TIV). Komponente smo prispajkali na kositrne in zlatene vzorce TIV s spajkalno pasto brez svinca, na TIV izdelane po Hot Air Solder Leveling (HASL) postopku pa z običajno spajkalno pasto s svincom. Vzorce smo starali na pospešenih klimatskih testih, ki simulirajo klimatske obremenitve pri uporabi v naravi. Z merjenjem odtržnih sil in mikroskopskimi preiskavami smo primerjali kvalitete spojev. Rezultati raziskav so pokazali, da se spoji po fizikalnih lastnostih nekoliko razlikujejo od običajnih, narejenih s spajkalno pasto, ki vsebuje svinec, vendar so še dovolj trdni in lahko zadovoljujejo zahteve mednarodnih standardov za elektronsko industrijo. Tudi po pospešenih testih rezultati niso bistveno slabši.

Assembling of Printed Circuits Boards with the Lead Free Alloys

Key words: Printed Circuits Board (PCB), solder paste, solder, soldering, component, climatic test, pull off strength, angle of wettability

Abstract: The soldered joints of assembled printed circuit boards (PCB) for the lead free time were tested. The components were soldered with the lead free solder paste on the tinned and flash gold finished PCBs but with the normal lead solder paste on the Hot Air Solder Leveling (HASL) finished PCB. The samples were exposed to some accelerated climatic tests as a simulation of different climatic changes in use. The quality of the joints was investigated by measuring of the pull off strength and microscopic research. There are some conclusions from this research work that could help us to work in the electronic industry in the lead free time.

The wettability of the lead free solders on the tinned PCBs and the PCBs finished with the flash gold is good enough to satisfy the demands for a good joint. There are inter-metallic structures in all three investigated types of the joints. The thickness of these structures in the joint on the PCB with the flash gold is almost identical to the one on the HASL finished PCB. The joint has a double thickness of the inter-metallic structure on the tinned PCB. The pull off strength of the components on all three different samples does not differ very much even after the accelerated climatic tests.

The results of this research show that the joints are different from those we have today with the lead solders, but they are still strong enough to satisfy the demands of international standards for the quality of solder joints in the electronic industry.

1. Uvod

Predvideno je, da bo v Evropi nastopilo obdobje spajkanja brez svinca v elektronski industriji po letu 2007. Za to obdobje je na voljo že več vrst materialov za spajkanje, hkrati pa tudi več vrst plošč tiskanih vezij (TIV) /1,2,3,4/. Poiskali smo nekaj vzorcev TIV, ki bodo aktualne takrat in nanje prispajkali SMD komponente s spajkalno pasto brez svinca. Tako smo si preskrbeli TIV z naslednjimi prevodnimi liki:

- Kemijski nikelj / zlato
- Kemijski kositer

Komponente smo spajkali z vzorcem spajkalne paste s sestavo Sn 95,5/ Ag 3,8/ Cu 0,7 in rezultate preiskav primerjali z rezultati dobljenimi s spajkanjem z običajno spajko Sn62/Pb/Ag2. V literaturi lahko zasledimo tudi zlitine Sn/Ag/Cu/Sb in Sn/Ag/Bi, vendar so prve kot zlitine štirih kovin manj primerne za uporabo, pa tudi antimon je ekološko oporečen. Tudi bizmutove spajke se v glavnem ne bodo mogle dosti uporabljati, ker že minimalna prisotnost svinca v bizmutu lahko zelo poslabša spoj /5/. Zani-

male so nas naslednje lastnosti spojev:

- Oblika spoja in razlivanje
- Odtržne sile komponent po spajkanju
- Nastanek in debelina intermetalnih plasti takoj po spajkanju in po staranju na pospešenih klimatskih testih.

1. Eksperimentalni del

2.1. Priprava vzorcev

Vzorce smo pripravili tako, da smo SMD komponente SOT 14 vgradili na polagalni liniji z naslednjima spajkalnima pastama:

- Sn 95,5/ Ag 3,8/ Cu 0,7 in
- Sn62/Pb36/Ag2

Spajkalne paste smo pretalili na tri različno izdelane vzorce TIV in sicer:

- Obdelava tiskanine FR-4 s kemijskim Ni/Au
- Obdelava tiskanine FR-4 s kemijskim Sn

- običajne TIV, izdelane po Hot Air Solder Leveling (HASL) postopku

Postopek pretaljevanja je potekal na pretaljevalnem stroju v proizvodnji. Pri pretaljevanju je bil nastavljen ustrezen temperaturni profil (230 - 260°C za spajkalno pasto brez svinca in 210 - 235°C za običajno spajkalno pasto s svincem) /6/. Na prvi dve vrsti TIV smo komponente pretalili s spajkalno pasto brez svinca, na običajne TIV pa s spajkalno pasto s svincem, ki jo uporabljamo danes.

2.2. Klimatski testi

Prilavljene vzorce TIV smo starali na pospešenih klimatskih testih, ki simulirajo nekaj različnih klimatskih obremenitev v uporabi in sicer:

- 6 ciklov testa po IEC 60068-2-30 (tropski test) /7/
- temperaturno cikliranje iz -30°C na +130°C, na vsaki temperaturi po 6 minut; skupaj 15 ciklov

2.3. Ocenjevanje kvalitete spojev

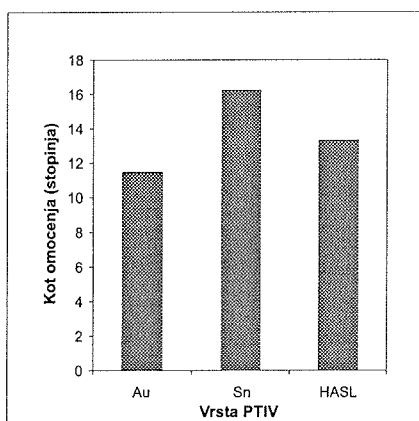
Kvaliteto spojev smo določali z naslednjimi metodami:

- z ocenjevanjem razlivanja spajke v spoju TIV - priključek komponente, oziroma merjenjem kota omočenja
- z oceno mikroskopskega pregleda spoja z mikroskopom OLYMPUS PMG3 pri 2000-kratni povečavi na metalografskih obrusih
- z merjenjem odtržnih sil prispajkane komponente s strižno obremenitvijo na preskusni napravi ZWICK Z 100

3. Rezultati

3.1. Ocenitev oblike spoja in razlivanje spajke po pretaljevanju

Obliko spoja in razlivanje spajke smo ocenili z merjenjem kota omočenja na mikroskopskem posnetku prereza priključka komponente in PTIV. Spajka je bila v vseh primerih lepo razlita, brez napak v strukturi.

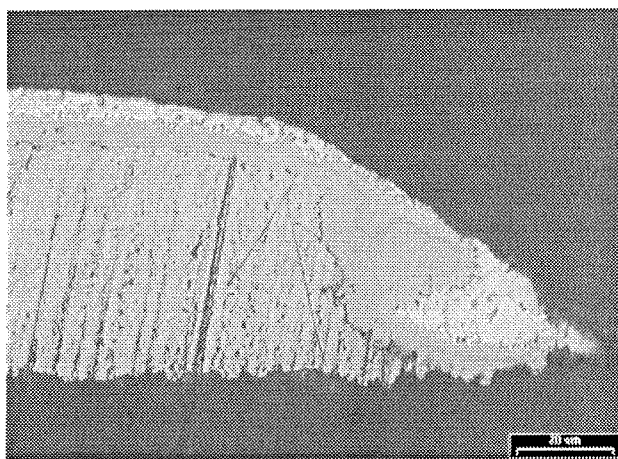


Slika 1: Kot omočenja glede na vrsto PIV (Au - zlatena; Sn - kositrena; HASL - Hot Air Solder Leveling)

Iz zgornje slike 1 je razvidno, da je še najbolj ugoden kot omočenja pri TIV, ki je zlatena (11,5°). Na vseh TIV pa je kot omočenja manjši od 20°, kar pomeni še vedno dobro omočenje in razlivanje spajke

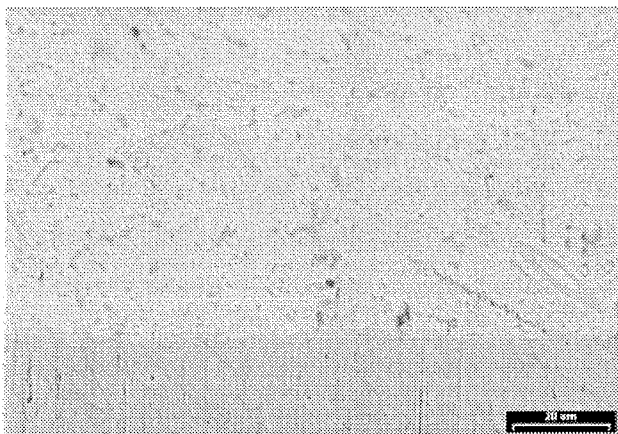
3.2. Rezultati mikroskopskih preiskav

Posnetek na sliki 2 je narejen ob robu vodnika, kjer so se intermetalne faze tvorile najbolj itenzivno. Na bakru je najprej galvanski nanos niklja, nato enakomerna temna intermetalna faza, potem razgibana svetla intermetalna faza in nato spajka. Zlata, ki je nanešen na nikelj, pri mikroskopski preiskavi ne vidimo, ker je debelina le-tega prenizka (pod mejo zaznavnosti optičnega mikroskopa 0,2 µm), ali pa je zlato raztopljeno v spoju.

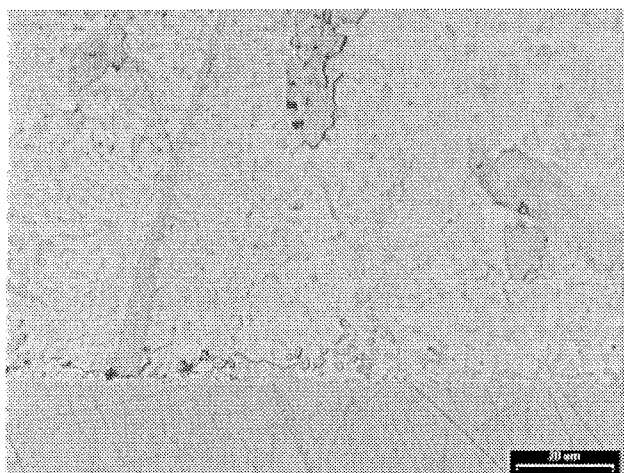


Slika 2: Spoj med pokovinjenjem na TIV (CuNiAu) in spajko brez svinca

Na slikah 3 in 4 vidimo pri preiskavi spojev pri povečavah do 2000-krat med ploščo tiskanega vezja in spajko dve plasti. Temna plast je ob strani plošče, svetla plast pa ob strani spajke. Plasti sta intermetalni fazi, temna plast je najverjetneje intermetalna faza Cu₃Sn, svetla plast pa intermetalna faza Cu₆Sn₅. Kvalitete intermetalnih faz z metalografsko analizo nismo dokazovali. Taka analiza je možna samo z EDS analizo na elektronskem mikroskopu.

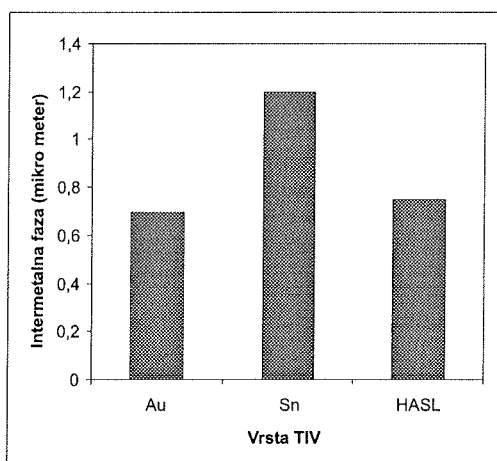


Slika 3: Spoj med pokovinjenjem na TIV (CuSn) in spajko brez svinca



Slika 4: Spoj med pokovinjenjem na TIV (Cu SnPb - HASL) in običajno spajko s svincom

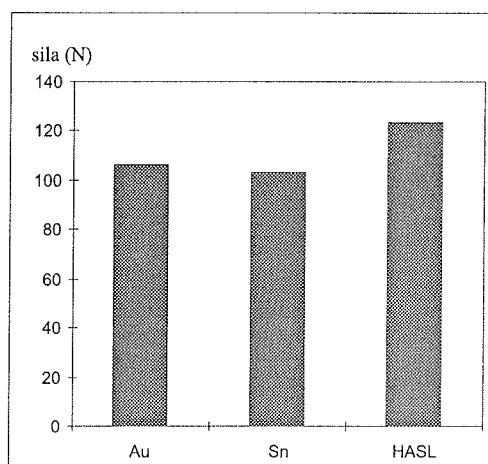
Na sliki 5 so prikazane povprečne debeline intermetalnih plasti za posamezno vrsto spoja. Intermetalne strukture so krhke. Čim večja je njihova debelina, tem slabši je spoj. Iz tega diagrama je razvidno, da je debelina intermetalne plasti na pozlačeni TIV približno identična tisti pri običajnih, po HASL postopku obdelanih TIV, kositrene TIV pa imajo te plasti skoraj dvakrat večje.



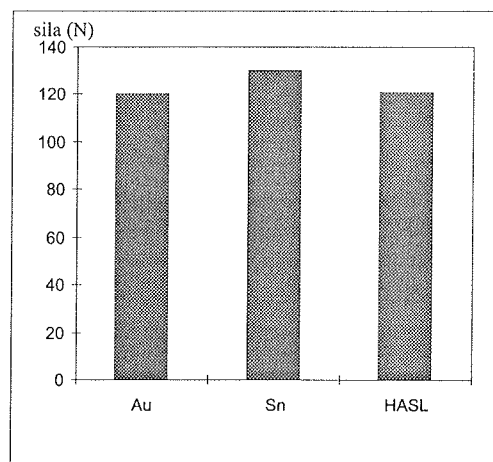
Slika 5: Debeline intermetalnih plasti glede na vrsto TIV (Au – zlatena; Sn – kositrena; HASL – Hot Air Solder Leveling)

3.3. Rezultati odtržnih sil prispajkanih komponent

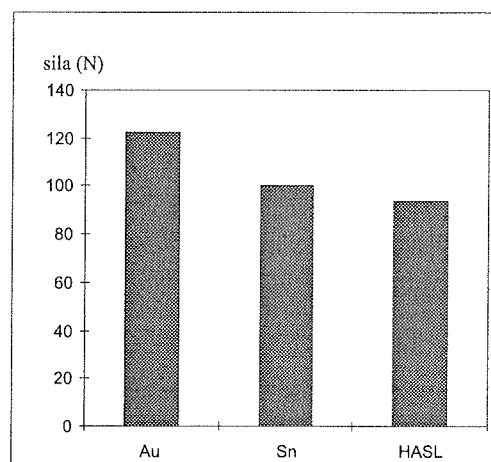
Rezultate odtržnih sil prispajkanih komponent prikazujejo slike 6, 7 in 8. Pri tej raziskavi so nas zanimali tudi spremembe po klimatskih testih.



Slika 6: Odtržne sile komponente po pretaljevanju glede na vrsto TIV (Au – zlatena; Sn – kositrena; HASL – Hot Air Solder Leveling)



Slika 7: Odtržne sile komponente po tropskem testu glede na vrsto TIV (Au – zlatena; Sn – kositrena; HASL – Hot Air Solder Leveling)



Slika 8: Odtržne sile komponente po cikliranju temperature glede na vrsto TIV (Au – zlatena; Sn – kositrena; HASL – Hot Air Solder Leveling)

Iz zgornjih treh diagramov lahko razberemo naslednje:

- Takoj po pretaljevanju (Slika 6) je očitno, da so odtržne sile na zlatenih in kositrenih TIV malenkost manjše (okrog 10%) od tistih na TIV, izdelanih po HASL postopku. Vendar razlike niso velike.
- Vrsta staranja bistveno ne vpliva na velikost odtržne sile komponente (Slika 7 in Slika 8)
- Po pospešenih klimatskih testih se odtržna sila komponente bistveno ne zmanjša.

4. Zaključek

Iz raziskave lahko naredimo nekaj zaključkov, ki nam bodo koristili pri izbiri materialov in postopkov pri spajkanju v obdobju, ko svinca v elektronski industriji ne bo več dovoljen. To so:

- Spajka brez svinca se na pokositrenih in zlatenih TIV lepo razliva. Kot omočenja je sicer nekoliko večji, vendar še vedno v sprejemljivih mejah.
- Intermetalne strukture nastajajo v vseh treh vrstah spojev. Debeline le-teh so na pozlačenih TIV približno identične tistim pri običajnih, po HASL postopku obdelanih TIV. Kositrene TIV imajo te plasti skoraj dvakrat večje. Krhkost spojev na pokositrenih TIV je torej večja.
- Odtržne sile komponent se glede na vrsto TIV, na katere so prispajkane, po velikosti bistveno ne ločijo.
- Po pospešenih klimatskih testih, ki simulirajo naravne pogoje pri delovanju TIV, se odtržna sila komponent bistveno ne zmanjša
- Vrsta pospešenega testa, ki smo jih izbrali, bistveno ne vpliva na velikost odtržne sile komponent.

5. Literatura:

- /1/ CIRCUITS ASSEMBLY; December 2001: Materials and Process Considerations for Lead-Free Electronics Assembly
- /2/ CIRCUITS ASSEMBLY; September 2000: The Status of Lead-Free Alloys in Lead-Free Electronics Assembly
- /3/ CIRCUITS ASSEMBLY; Avgust 1999: Connecting to Lead-Free Solders
- /4/ Paper for "Electronics Goes Green 2000+"; Dipl. Ing. Anton Miric, W.C.Heraeus GmbH & Co., Hanau Germany
- /5/ Bob Willys: »Lead free Assembly & Soldering«; Lecture; SMT Nürnberg 2002
- /6/ Technische Information: Litton Kester, Producer of soldering materials
- /7/ IEC 60068-2-30

*Breda Kodek, univ.dipl.kemik
Iskraemeco d.d.
Razvoj & Raziskave
Laboratorijski center
Savska loka 4,
4000 KRANJ*

Prispelo (Arrived): 20.11.2002

Sprejeto (Accepted): 25.05.2003