

RELIABILITY OF LEAD-FREE SOLDER JOINT IN SMT ASSEMBLY

Olga Russkikh

Master Degree Programme (5), FEEC BUT

E-mail: xrussk00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Josef Šandera

E-mail: sandera@smtplus.cz

ABSTRACT

The paper focuses on lead-free solder joints reliability measuring in electronics. A test plate which is used to testing reliability of the solders was constructed. There are soldering pads of various sizes and various surface treatment on the test plate. Ceramic components are soldered to the plate in two ways – by reflow and wave soldering process. We use the method of accelerate testing for examination of lead-free solders reliability.

1. ÚVOD

Příspěvek uvádí praktické měření termomechanické spolehlivosti pájeného spoje v elektrotechnickém průmyslu pro použití bezolovnaté pájky. Tento problém je v současné době velice aktuální z důvodů směrnic EU, které v loňském roce zakázaly až na výjimky používání olovnatých pájek. Vlastnosti bezolovnatých pájek, a s tím související spolehlivost, jsou oblasti málo prozkoumané a mechanické chování bezolovnatých pájek není dostatečně známé.

V průběhu provozu se součástky a deska plošného spoje střídavě ohřívají a chladí a po určité době dochází k poruše. Proč tyto poruchy vznikají? Materiály, ze kterých jsou vyráběny součástky a desky plošných spojů mají různé mechanické vlastnosti. Velký vliv na spolehlivost pájeného spoje má součinitel teplotní roztažnosti (TCE).

2. TERMOMECHANICKÉ NAMÁHÁNÍ

Při použití techniky povrchové montáže je významně ovlivněna spolehlivost pájeného spoje jeho mechanickým namáháním vznikajícím při ohřevu v důsledku různé délkové roztažnosti základního substrátu plošného spoje a součástek. U SMD součástek, zvláště v čipovém provedení je pružnost vývodu minimální na rozdíl od vývodových součástek, u kterých změna rozměrů nevyvolá v takové míře pnutí v pájeném spoji. Vznikající síly jsou značné a mohou způsobit prasknutí spoje, utržení pájecí plošky, případně poškození součástky. V tomto případě velikost namáhání výrazně ovlivňuje součinitel tepelné roztažnosti TCE. Jeho velikost (μm) je číselně rovna prodloužení, případně zkrácení materiálu délky 1 m při ohřevu o 1 K. Velikost smykového namáhání, které vzniká v

pájeném spoji, lze vyjádřit vztahem (1).

$$\Delta\gamma = \frac{L}{2h} \cdot \Delta\alpha \cdot \Delta\vartheta \cdot E_p \quad (1)$$

Kde: γ – mechanické namáhání [Mpa], L – délka součástky [m], h – vzdálenost mezi substrátem a součástkou [m], $\Delta\alpha = |\alpha_s - \alpha_c|$ rozdíl TCE základního substrátu a součástky [$^{\circ}\text{C}^{-1}$], $\Delta\vartheta$ – rozdíl teplot při ohřevu a chlazení [$^{\circ}\text{C}$], E_p – modul pružnosti pájky [$\text{N}/\text{mm}^2 = \text{MPa}$].

Z uvedeného vzorce vyplývá, že hodnota pnutí v systému je přímo úměrná modulu pružnosti pájky, délce součástky a nepřímo úměrná vzdálenosti mezi substrátem a součástkou. Mimo jiné je závislá na rozdílu TCE a rozdílu teplot.

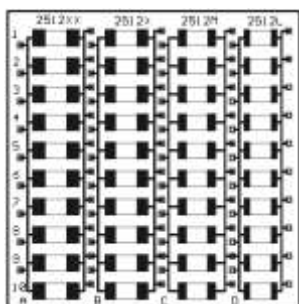
Během výroby a provozu je DPS teplotně namáhána, z toho důvodu se hodnota pnutí v systému neustále mění, což má za důsledek snížení životnosti systému a pájeného spoje.

3. ZRYCHLENÉ TESTOVÁNÍ

Účelem zrychleného testování je vyvolat stejné poruchy v zařízení v průběhu testu, které se vyskytují v reálném provozu, ale za kratší dobu. Toto může být provedeno buď zvýšením úrovně namáhání nebo opakovaným použitím stejného namáhání v daném časovém intervalu. V obou postupech se čas testování zkrátí. Obě popsané testovací metody také mohou být kombinovány. Rychlost testování musí být zvolena tak, aby v důsledku zrychleného testování nedošlo k vyvolání závad, které nesouvisí s testem. Tedy plánování zrychlovacího testu pro pájené spoje je základem pro uvažování o materiálových vlastnostech testovaných pájecích slitin. Je důležité uvědomovat si hranice závěrů vyvozených ze zrychleného testu a také to, že test je vždy obrazem reality, ale nikdy realitou samotnou.

4. PRAKTICKÁ ČÁST

Obrázek 1 zobrazuje návrh zkušební desky použité v experimentu. Pro experiment byly zhotoveny tři zkušební desky s různým provedením povrchové úpravy a různými rozměry plošek.



Obr. 1: Zkušební kresba desky.

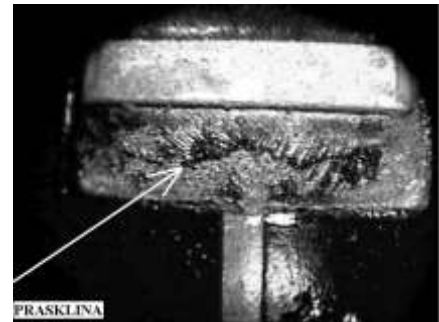


Obr. 2: Testovací deska s indikačními diodami umístěná na cyklovacím přípravku.

Poté byly na desky připájeny přetavením rezistory a paralelně k nim světelné diody pro indikaci poruchy (viz. obr. 2). Technické charakteristiky:

- Zapájená součástka – čipový rezistor YAGEO RC2512/OR v keramickém pouzdru (velikost pouzdra 6,35x3,1mm), vývody Ag/Ni/Sn.
- Použitá pájka – pájecí pasta Kester EM 907 Sn96,5Ag3Cu0,5 (SAC305).
- Pájení v parách – pájecí kapalina GALDEN LS/230.
- Teplotní cyklus 0 až 100 °C, délka cyklu – chlazení (min.)/ ohřev (min.) je 10/15 minut.
- Materiál desky plošného spoje – FR4, tloušťka mědi – 35 μm, povrchová úprava – HAL, galvanické Au, imersní Sn, oboustranná DPS.

Cyklovací zařízení používané v experimentu bylo vyvinuto studentem v rámci diplomové práce. Základem zařízení jsou Peltiérové články, které kontaktním způsobem cyklicky ohřívají a chladí zkušební desky. V tomto experimentu se nepoužívá prodleva na extrémních teplotách z časového důvodu – test by byl neúměrně dlouhý, neboť se předpokládá délka testu až 10000 cyklů. Při cyklování se vyskytla celá řada problémů. Při cyklickém ohřívání se vyskytl problém se spolehlivostí Peltiérových článků. Další problém se vyskytl v systému indikace poruchy, protože porucha má charakter časového proměnného přerušení elektrického spoje a je těžko detekovatelná. V budoucnu je třeba předejít tomuto nedostatku pomocí klopného obvodu, který rozsvítí diodu po prvním přerušení spojení.



Obr. 3: Prasklina po 4000 cyklech, galvanické Au.

V současné době proběhlo více než 4000 cyklů, a už se vyskytly první poruchy. Na obrázku 3 je zobrazena prasklina, která vznikla v důsledku termomechanického namáhání pájeného spoje.

5. ZÁVĚR

V daném okamžiku experiment ještě pokračuje, ale podle prvních výsledků můžeme konstatovat, že malá spolehlivost se projevila u desek s pozlaceným povrhem a imersním címem. Nejvíce poruch se projevuje u plošek menšího rozměru.

Zároveň probíhá ještě jeden experiment, ve kterém jsou teplotně cyklovány desky navíc zapájené vlnou v širším teplotním rozmezí -20 až +120 °C v teplotní komoře.

PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek vznikl v rámci řešení výzkumného záměru MŠMT ČR MIKROSIN (MŠM 0021630503) a s podporou společnosti Gatema s.r.o a společnosti SMT plus s.r.o.

LITERATURA

- [1] Šandera, J., Hejátková, E. Termomechanické namáhání SMD součástek [cit 2007-03-24]. Dostupné z WWW: <http://147.229.144.23/clanky/02057/>
- [2] Shangguan, D. Lead-free solder interconnect reliability. ASM International, 2005, № 05101G. Materials Park, Ohio 44073 – 0002. ISBN: 978-0-87170-816-8