

# OPTIMALIZATION OF SOLDERING PROCESS ON IR-400

**Alexandr Otáhal**

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT  
E-mail: xotaha00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Ivan Szendiuch

E-mail: szend@feec.vutbr.cz

## ABSTRACT

This project deals with innovation of IR-400 equipment by adjustment of reflow temperature profile for repair and rework of SMD components by lead-free solder materials for both, FR4 and alumina, substrates.

## 1. ÚVOD

S náhradou olovnatých slitin za bezolovnaté se stal technologický proces pájení choulostivý na více faktorů. Špatným nastavením těchto parametrů při výrobě vzniká více chybných pájených spojů a je nutno provádět větší množství oprav, tzv. rework a repair. IR-400 je jedním ze zařízení určených na tyto opravy pájených spojů. Tato stanice IR-400 využívá metodu pájení přetavením infračerveným (dále jen IR) zářením. Původně byla určena především pro pájení s olovnatými slitinami. S novou regulací v podobě regulátoru R500 je proces přesnější a tudíž je vhodnější i na bezolovnaté pájení.

## 2. PROCES OPRAV U INFRAČERVENÉHO PÁJENÍ PŘETAVENÍM S BEZOLOVNATÝMI PÁJKAMI

Pájený spoj musí zajistit [1]:

- mechanickou fixaci,
- elektrické propojení,
- odvod ztrátového tepla,
- funkci povrchové úpravy – ochrana povrchu před oxidací a zlepšení hájitelnosti.

Tyto požadavky dobře splňovaly olovnaté pájky, ale u bezolovnatých tomu tak není. Avšak nutnost náhrady bezolovnatých pájek za olovnaté je uzákoněna ve směrniciích EU s platností od 1.7.2006 [2].

U bezolovnatých pájek není problém jen v ceně, která je přibližně třikrát větší než u olovnatých, a přizpůsobení procesu, ale především v jejich vlastnostech. Při pohledu není pájený spoj hladký a lesklý jako u olovnatých slitin. Dalšími nevýhodami jsou také špatná smáčivost a roztékavost. Tyto vlastnosti se liší podle složení. V pájecích slitinách se používají společně s cínem přídatné kovy. Zde je výčet některých z nich i s jejich charakteristickými teplotami tavení [2]:

- SAC 305 (96,5% Sn; 3% Ag; 0,5% Cu) – teplota tavení je 217 °C
- SN100C (99,3% Sn; 0,7% Cu; Ni) – teplota tavení je 227 °C
- SnBi (48% Sn; 52% Bi) – teplota tavení je pod 180 °C

Teplotní profil pro olovnaté pájky má velké procesní okno (50°C), mezi teplotou tavení a maximální teplotou, díky čemuž se prohřejí všechny typy povrchů rovnoměrně což přispívá k vytvoření dobře zapájených spojů. Naproti tomu jsou značné rozdíly v teplotním profilu u bezolovnatých slitin. Kvůli vyšším teplotám tavení se zmenšilo procesní okno jen na 20°C (podle zvolené slitiny). Z toho plyne nedostatečné prohřátí všech součástí a pájené spoje někde nemusí vůbec vzniknout. Proto má průběh teploty v oblasti přetavení plochou špičku. Ta zajistí dostatečné prohřátí všech součástí s větší tepelnou kapacitou. Zde je také důležité brát ohled na kvalitu zařízení. V případě IR stanic je nutný co nejlepší poměr absorpce a reflexe mezi různobarevnými částmi montáže a také přesné řízení teplotního profilu. Je důležité také dbát na dobrý předehřev DPS, aby se zamezilo deformacím.

Jedním z největších problémů v této oblasti je rework a repair pouzder BGA. Je to způsobeno velkou plochou této součástky a vysokým počtem pájkových kuličkových kontaktů rozprostřených po celé spodní straně nosného substrátu. Další problémy nastávají při kontrole jež je uspokojivě možná jen rentgenovým zářením. Na zapájení těchto pouzder se hodí více IR záření než horký vzduch. Jde o to, že nejen u BGA, ale obecně nejsou při rework a repair s IR pájením namáhány okolní komponenty.

Kromě teplotního profilu s prodlevou se ještě používá lineární teplotní profil. Zde nastává otázka kvality zapájení s použitím jednoho nebo druhého průběhu. V prvním případě je výraznější nárůst teploty v první fázi což může způsobit větší teplotní šok. Ve druhém případě je nárůst lineární a pozvolnější až k fázi přetavení jež se může zdát šetrnějším k DPS i montovaným a okolním součástkám. Teplotní profil je už většinou doporučen výrobcem pájecí slitiny, výrobcem pájené součástky nebo je nutno jej vytvořit.

### 3. OPRAVÁRENSKÁ STANICE IR-400

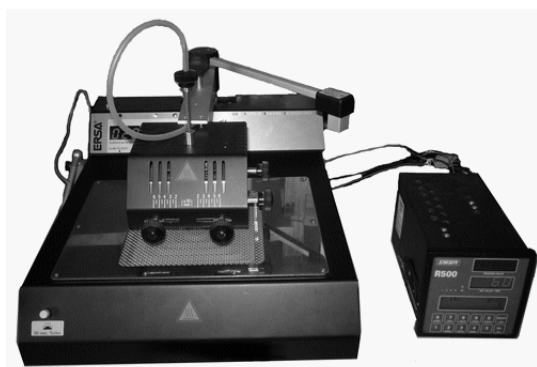
Oprávkářská stanice IR-400 od firmy ERSA (viz. Obr. 1), jak už bylo zmíněno v úvodu, využívá techniku pájení přetavením a jako topná tělesa slouží IR zářiče. U tohoto typu ohřevu nastává problém s rovnoměrností zahřívání. Tmavá barva, např. tělo součástky, se zahřívá rychleji než světlá, např. pájený spoj. Toto řeší použitá topná tělesa, která emitují záření o vlnových délkách od 2 do 8 μm („tmavé“ IR záření) [3]. Tím je zaručeno co nejrovnoměrnější rozložení teplot mezi různobarevnými povrchy.

Stanice má v horní hlavě integrovanou vakuovou pipetu jež slouží pro lepší manipulaci se součástkami. Pro správné umístění vakuové pipety na střed součástky je také integrován zaměřovací laser. Další výhodou je patentovaný systém XY, kterým se nastavuje velikost clony procházejícího záření z vrchního topného tělesa. Zabraňuje zbytečnému ohřívání okolních komponent. Součástí je i polohovací stolek pro uchycení pájené desky plošných spojů. Teplotu je možné měřit pomocí termočlánku typu K jehož hodnota se zobrazuje na LCD displeji. Na tomto displeji lze také nastavit prahovou teplotu snímanou tímto termočlánkem po jejímž dosažení zazní zvuková signalizace.

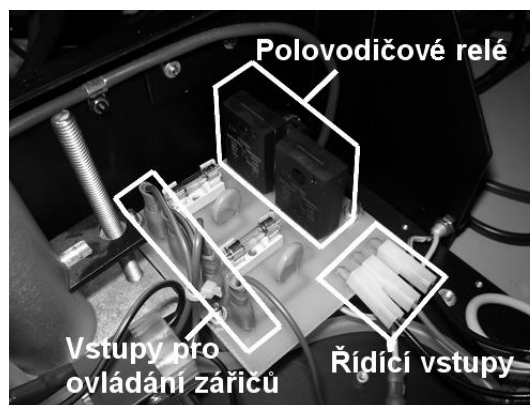
#### 4. IR-400 S PROGRAMOVATELNÝM REGULÁTOREM R500

Z důvodu poškozené regulace horního zářiče bylo navrženo a následně realizováno řešení v podobě programovatelného regulátoru R500. Zlepšila se opakovatelnost procesu a možnost přesnějšího řízení teploty.

Řízení je prováděno regulátorem přes polovodičové relé (SSR - Solid State Relay, viz. Obr. 2). Každé relé je připojeno na jeden IR zářič a regulace probíhá na základě zpětné vazby z termočlánků typu K. Sám regulátor má integrovány mechanické relé avšak při rychlejším spínání než jednou za 10-15 vteřin dochází k výraznému zkracování jejich životnosti.



Obr. 1: Pájecí stanice IR-400 (vlevo) s regulátorem R500 (vpravo)



Obr. 2: Dvě polovodičové relé řízené regulátorem R500 pro spínání proudu do horního a dolního zářiče

#### 5. ZÁVĚR

Na stanici IR-400 byla provedena úprava v podobě zabudování polovodičových relé (viz. obr.2), přes které ovládá regulátor R500 IR zářiče vydávající teplo pro přetavení pájky.

Současným úkolem je změření homogenity tepelného pole na pájecím zařízení IR-400, pro zjištění rozložení teplot na topných tělesech. Potom bude následovat proměření a optimalizace různých pájecích profilů vhodných pro použití konkrétních typů bezolovnatých pájek, a to jak na substrátech FR4, tak na korundové keramice. Výsledky poslouží k optimalizaci procesu na IR-400 a k vytvoření dokumentace pro proces oprav (rework a repair). Revoluční novinkou bude vyzkoušení dodání přídatné energie, jako je ultrazvuk, a následné vyhodnocení vlivů s cílem získat nové poznatky pro zvýšení jakosti pájených spojů.

#### LITERATURA

- [1] Starý, J.: „Plošné spoje a povrchová montáž“. 2003. 208s
- [2] Szendiuch, I.: „Základy technologie mikroelektronických obvodů a systémů“. VU-TIUM Brno. 2006. 379s. ISBN 80-214-3292-6
- [3] ERSA : „Operating instructions ERSA IR400A/IR500A“. 20s