

# POSUDEK OPONENTA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant: **Bc. Tomáš Beran**

Oponent diplomové práce: **ing. Jiří Starý, Ph.D.**

**Téma: TERMOMECHANICKÉ ZKOUŠKY PÁJENÝCH SPOJŮ**

## **Posudek:**

Diplomant měl za úkol seznámit se s problematikou termomechanických zkoušek pájených spojů, intermetalických sloučenin i s „heating faktorem“, připravit sadu vzorků a provést termomechanické testy s jejich vyhodnocením.

Diplomant rozdělil práci do 7 kapitol. Po krátkém úvodu se v teoretickém rozboru zabýval technologií pájení přetavením, pájecími slitinami, teplotními profily i termomechanickým namáháním pájeného spoje. Podrobněji zpracoval problematiku intermetalických vrstev i „heating faktoru“.

V praktické části se diplomant zabýval vlivem teplotního profilu, povrchových úprav i pájecích slitin na mechanickou pevnost zapájených rezistorů. Intermetalické vrstvy vyhodnocoval na provedených mikrovýbrusech s různými materiálovými i procesními vlivy. Problematiku řešil jak s olovnatou, tak i s bezolovnatou pájecí pastou. Získaná data diplomant vyhodnotil a zpracoval do příložených tabulek.

Diplomant zpracoval diplomovou práci poměrně přehledně. Diplomant podrobně rozebral zadanou problematiku a je zřejmé, že se v zadané problematice velmi dobře orientuje.

Grafická úroveň práce, je na velmi dobré úrovni a názorně doplňuje rozebíranou problematiku. Odborná literatura byla použita a je citována v dostatečné míře. Nedostatkem je menší provázanost diplomové práce s českými i zahraničními normami.

V práci se vyskytují drobné překlepy, např. chybějící nebo přebývající znaky, písmena, nesprávné skloňování, chybějící mezery před jednotkami, záměny slov např. na str. 13, 5. ř. ...dispečerem místo dispenzerem. Nesprávné formulace – např. cínování za tepla, tisk pájecí pasty, elektrolytické cínování – str. 22 dole. Nesprávná formulace povrchové úpravy Cu – str. 40, nepřesná definice HAL – str. 69. Nesprávné rozsahy přetavovacích teplot od 150 °C do 100 °C – kap. 1.5.1., ř. 4. V práci chybí typy, složení pájecích past i použitá tavidla.

Pozitivně lze hodnotit zhotovené mikrovýbrusy i vyhodnocené vrstvy IMC, které přesahují rozsah zadání diplomové práce. V práci mohla být uvedena i diskuze vlivu heating faktoru, který mohl být vypočten a uveden i v tabulkách, tak jak je student rozpracoval v teoretické části práce.

## **Doplňující otázky pro diplomanta:**

- 1) Uveďte typické režimy cyklického namáhání nízkou i vysokou teplotou (kap. 2.2.2).
- 2) Diskutujte vliv stárí povrchových úprav DPS (str. 40) na pevnost pájeného spoje. Vysvětlete o jakou povrchovou úpravu se jedná s označením Cu. Byla provedena ještě nějaká předúprava povrchové úpravy Cu ?
- 3) Diskutujte vliv naměřených výsledků s jedním a dvěma vrcholy na chybu měření (Graf 11).

Celkově lze hodnotit práci jako obsahově přínosnou, inspirativní a aktuální pro problematiku spolehlivosti bezolovnatých pájených spojů. Diplomant prokázal inženýrské myšlení a komplexní přístup k řešenému problému.

Práci doporučuji k obhajobě a navrhuji klasifikaci

**C – velmi dobře**

V Brně dne 7. 6. 2016

zpracoval: ing. Jiří Starý, Ph.D.