

## **Oponentní posudek diplomové práce Martina Čepka**

### **Mechanické vlastnosti spojů pájených ultrazvukem**

Diplomová práce Martina Čepka se skládá ze dvou částí – z části teoretické a části praktické.

V teoretické části autor zpracoval rešerši týkající se problematiky ohledně pájení, především se zde zabýval metodami pájení používanými v elektrotechnice, pájkami – ať už z hlediska typu pájení (měkké/tvrde), tak z hlediska materiálu (olovnaté/bezolovnaté) a v neposlední řadě se zabýval úvodem do problematiky ultrazvuku a jeho použitím v praxi. Zároveň se zaměřil na problematiku pájení pomocí ultrazvuku, kdy právě toto bylo hlavním tématem jeho práce.

V praktické části autor popisuje vlastní realizaci přípravy vzorků. Ke svému experimentu autor použil různé pájky/pájecí pasty/aktivní pájecí slitiny (olovnaté/bezolovnaté), které nanesl na DPS s použitím různých povrchových úprav – Cu(bez úpravy)/HAL/ENIG a zapájel/přetavil ruční páječkou/v průběžné peci/ultrazvukovou páječkou.

Takto vytvořené vzorky podrobil mechanické zkoušce, konkrétně testoval pevnost v tahu pájených spojů na dvou trhačkách – jedna s ručním pohonem, druhá s automatickým pohonem (řízeným počítačem).

Dále autor zkoumal vnitřní strukturu pájeného spoje za pomoci optického a elektronového mikroskopu a obrazové analýzy. K tomuto účelu byly zhotoveny výbrusy pájených spojů a rovněž byla provedena materiálová analýza pájeného spoje.

Výsledky experimentů, jak z mechanické zkoušky, tak z obrazové analýzy, autor zpracoval v přehledných tabulkách a fotografiích z elektronového mikroskopu a náležitě je okomentoval.

K diplomové práci mám následující dotazy:

- Kde lze využít pájení pomocí ultrazvuku?
- Je nutné použít tavidlo k odstranění oxidů při pájení ultrazvukem?
- Kde se zejména využívá ultrazvukové čištění v elektrotechnickém průmyslu?
- Vysvětlíte pojmy ENIG a HAL. Uveďte příklady použití v praxi.
- Jaký vliv má tloušťka intermetalické vrstvy na pevnost v tahu pájeného spoje?
- Uveďte praktické příklady použití pájení na sklo.
- Jaké aktivní prvky se mohou vyskytovat v pájecí slitině určené pro pájení ultrazvukem?

Práce reprezentuje značný objem experimentální činnosti i teoretického studia.

Jazyková úroveň práce je spíše dobrá, oceňuji, že autor zpracoval text teoretické části práce vlastními slovy, ovšem zde bych ho chtěl upozornit, že v odborném textu není vhodné začínat po sobě jdoucí věty slovy typu: dále, pokud atp. Rovněž bych autora upozornil na to, že práci píše ve stylu já/my/ono. Vzhledem k tomu, že předpokládám, že práci vykonával samostatně, tak mu doporučuji zvolit psaní práce v první osobě jednotného čísla – naměřil jsem, vyhodnotil jsem atd.

Celkově diplomová práce obsahuje minimální množství drobných chyb, které nemají vliv na význam a výsledky práce. Grafická úroveň práce je na slušné úrovni. Zde bych autora upozornil na chaotické číslování obrázků, které v mnoha případech neodpovídalo textu na ně odkazujícím!

Zmatek nastal i při číslování kapitol, kdy se dvakrát v diplomové práci vyskytují čísla kapitol 10 a 11.

Autor pracoval s odbornou literaturou nejen v knižní podobě, ale ve značné míře dokázal využít i internet (domácí i zahraniční zdroje).

Autorovi bych vytkl strohé závěry z praktické části jeho práce. Bylo by dobré pokusit se lépe rozvinout zjištěné poznatky z experimentální činnosti a učinit hlubší závěry.

Zadání je splněno v plném rozsahu.

Vzhledem k uvedeným skutečnostem práci doporučuji k obhajobě a hodnotím ji známkou

**C ( d o b ř e ).**

**Ing. Josef Ješ**