

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

| | |
|------------------------------------|---|
| Název práce: | Vliv tavidla na růst intermetalických vrstev v pájeném spoji |
| Jméno autora: | Bc. Jan Kopáček |
| Typ práce: | diplomová |
| Fakulta/ústav: | Fakulta elektrotechnická (FEL) |
| Katedra/ústav: | Katedra elektrotechnologie |
| Vedoucí práce: | Ing. Petr Veselý, Ph.D. |
| Pracoviště vedoucího práce: | Katedra elektrotechnologie |

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

| | |
|---|-------------------------|
| Zadání | průměrně náročné |
| <i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i> | |
| Zadání odpovídá průměrné diplomové práci. | |

| | |
|--|----------------|
| Splnění zadání | splněno |
| <i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i> | |
| Student splnil všechny body zadání. V práci chybí pouze jedna sada měření, která se již nezvládla v termínu odevzdání diplomové práce z důvodu vysoké vytíženosti zařízení na katedře elektrotechnologie. | |

| | |
|--|------------------------|
| Aktivita a samostatnost při zpracování práce | B - velmi dobře |
| <i>Posuďte, zda byl student během řešení aktivní, zda dodržoval dohodnuté termíny, jestli své řešení průběžně konzultoval a zda byl na konzultace dostatečně připraven. Posuďte schopnost studenta samostatně tvůrčí práce.</i> | |
| Student byl během práce aktivní a zcela samostatný, co se týká návrhu DPS, profilování pájecí pece, osazování, degradačních testů i následných měření vlastností pájených spojů. Výsledky práce konzultoval a plnil zadané termíny, nicméně samotné doladění textu práce po odborné a jazykové stránce bohužel probíhalo poměrně na poslední chvíli a samotná práce je tím do určité míry poznamenána. | |

| | |
|--|-----------------------|
| Odborná úroveň | D - uspokojivě |
| <i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i> | |
| <p>Z předložené práce je vidět, že se student tématice povrchové montáže a pájení věnuje a rozumí mu. Nicméně jeho styl psaní a zpracování informací z odborné literatury bohužel na mnohých místech příliš nepomáhá porozumění na straně čtenáře (obzvlášť čtenáře-laika). Nacházím zde množství nepřesných či zavádějících formulací, informace z literatury někdy kombinuje s vlastními zkušenostmi (možná i „nevědomky“), které však až příliš zobecňuje. Informace se občas opakují a zbytečně tedy práci natahují. Kapitola 2.4, která se zabývá tavidly, je příliš stručná a neobsahuje například vůbec informace o složení tavidla (nosič, rozpouštědlo, aktivátor, aditiva – vč. příkladů konkrétních látek) – to mi přijde vzhledem k tématu práce důležité. Dále je v teoretické části práce popsáno pájení přetavením, ale nenacházím zde například ani jednu informaci o pájecích pastách. O něco lepší je kapitola 3, kde se student věnuje přímo růstu intermetalických vrstev, nicméně i tak by bylo vhodné provést rešerši v kapitole 3.2 a 3.3 z více zdrojů (vzhledem k vědecké povaze práce). V experimentální části práce student bohužel z popisu metody vynechal některé důležité údaje (informace o testovací desce vč. povrchové úpravy, rozměrů...dále např. detailnější informace o použitých pájecích pastách). Co naopak oceňuji, je zpracování velkého množství dat (dvě pájecí pasty x 4 teplotní profily x alespoň 10 měření u každé analýzy), které mají statistický význam. Student navíc u všech variant provedl statistický test pro ověření významnosti rozdílů. Oceňuji také rozsáhlý popis výsledků s diskuzí, která ovšem opět obsahuje poměrně nejasné formulace a občas je záhadou, co tím autor chtěl říci (např. str.47 „U tohoto pájecího profilu došlo k nejlepší funkci tavidla.“ bez dalšího vysvětlení, co to znamená; „...hrbolky, které jsou v dlouhodobém stárnutí náchylnější na růst IMC.“; není zde vysvětleno, proč homogennější vrstva IMC brání dalšímu růstu). V diskuzi srovnává výsledky pouze s jedinou další prací.</p> | |

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

C - dobře

Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.

Text je dobře členěn, nicméně po jazykové stránce bych měl menší výhrady, které souvisí s hodnocením v předchozím odstavci. Věty jsou občas obtížné na čtení a pochopení, občas nacházím věty úplně vytržené z kontextu (pravděpodobně díky přesunům a kopírováním v rámci práce). Formátování práce je v pořádku, ale vyvaroval bych se nadměrně velikým obrázkům a tabulkám, které přesahují okraje dokumentu (např. prakticky všechny grafy v experimentální části práce) a zbytečnému volnému prostoru na některých stránkách. Rozsah práce odpovídá běžné diplomové práci, nicméně nutno podotknout, že je menší než u studentovy bakalářské práce.

Výběr zdrojů, korektnost citací

B - velmi dobře

Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.

Student použil ve své práci dohromady 32 literárních zdrojů, což je postačující počet na diplomové práci (nicméně je to opět o 8 méně než ve své bakalářské práci). Chválím použití zahraniční odborné literatury, odborných článků. V textu jsou citace správně uváděny s výjimkou kap. 2.9.3., kde je poměrně velká část odborného textu bez uvedení zdroje (pravděpodobně se jedná o jedinou citaci uvedenou až u posledního odstavce kapitoly). Citace jsou uváděny v korektním formátu dle ISO 690, některé ale mají trochu chybně vyplněná data (např. tituly by se neměly uvádět, u citace 24 chybí datum a správný název univerzity, atp.).

Další komentáře a hodnocení

Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.

Dosažené výsledky experimentu jsou poměrně cenné a přínosné pro praxi i vzhledem k množství vyhodnocovaných dat. Dlouhodobé zkoušky pájených spojů jsou velmi časově náročné a v praxi si je většinou společnosti nemohou dovolit. Z výsledků plyne, že proces čištění povrchu před a během pájení má vliv na tvorbu spoje jako takového. Výsledná spolehlivost se tedy dá do určité míry ovlivnit volbou tavidla a nastavením pájecího procesu. Jakožto práci na hranici základního a aplikačního výzkumu je dále v plánu zpracovat do podoby vědeckého článku.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení.

Student se ve své práci věnuje aktuální tématice spolehlivosti bezolovnatých pájených spojů. V experimentální části vyhodnotil velké množství dat týkajících se růstu intermetalické vrstvy v závislosti na typu tavidla a nastavení pájecí pece a rozšiřuje tím dosavadní poznatky v této oblasti. Kladně hodnotím také jeho samostatnost během zpracování práce.

K samotnému textu práce mám několik málo výtek, jednak z hlediska jazykového, ale také z hlediska odborného. Protože se jedná o vědeckou práci, bylo by vhodné mít podrobnější rešerši na tuto tematiku z více odborných článků a publikací. V experimentální části jsou některá i podstatnější fakta opominuta. Chválím za rozsáhlý komentář a diskuzi k výsledkům, která však také občas obsahuje nejasné formulace a skoro žádné srovnání s předešlými výzkumy. Celkově však text působí celistvě a teoretická část dostatečně dobře uvede čtenáře do kontextu s experimentální částí.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **C - dobře**.

K obhajobě mám následující doplňující dotazy:

1. Jak jste dospěl k závěru, že u tavidla REL1 docházelo k menšímu výskytu voidů?

2. Diskutujte, nakolik korelují výsledky z mechanických zkoušek s výsledky analýzy intermetalické vrstvy.
V jakém místě docházelo k odtrhu součástky při mechanickém testování?

Datum: 31.5.2022

Podpis: