

**I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE**

<b>Název práce:</b>	<b>Zkoušky spolehlivosti pájených spojů</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>Jan Kopáček</b>
<b>Typ práce:</b>	bakalářská
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta elektrotechnická (FEL)
<b>Katedra/ústav:</b>	Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd
<b>Vedoucí práce:</b>	Ing. Petr Veselý
<b>Pracoviště vedoucího práce:</b>	Katedra elektrotechnologie

**II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ**

<b>Zadání</b>	<b>náročnější</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání bylo náročnější zejména z hlediska časového, testy spolehlivosti trvají dlouhou dobu a je třeba zpracovat velké množství vzorků.	

<b>Splnění zadání</b>	<b>splněno</b>
<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.	

<b>Aktivita a samostatnost při zpracování práce</b>	<b>A - výborně</b>
<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>	
Během zpracování práce byl student aktivní, docházel pravidelně na pracoviště katedry a prováděl zadaná měření. Samostatně si hlídal termíny ohledně stárnutí vzorků v klimatických komorách. Zkoušky spolehlivosti samostatně nastudoval v daných normách a (v rámci možností katedry) je podle nich navrhl a následně provedl. Svě výsledky pravidelně konzultoval. Pro ekonomickou část samostatně kontaktoval dodavatele testovacích zařízení za účelem získání reálných dat do ekonomického modelu.	

<b>Odborná úroveň</b>	<b>C - dobře</b>
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
V rešeršní části se student věnuje obecně tématice pájení a vzniku pájeného spoje. Zde občas nacházím některé nepřesné, nejasné, neúplné či zvláštní formulace (například „Intermetalická vrstva nesmí ve spoji chybět“ bez vysvětlení proč v kapitole Intermetalická vrstva; „Využití je pro pájení na <i>měděných, zlatých</i> nebo cíno-olověných pájkách“ v kapitole Pájecí tavidla; atp.). Minimálně v první, obecnější části to na mne působí, že student občas v tématice trochu tápe. Také chybí vysvětlení, proč se v současné době používají téměř výhradně pájky bez olova, chybí rozdělení pájek dle teploty tání (vzhledem k tomu, že v práci je dále použita pájka BiSn, která se řadí mezi nízkotavitelné slitiny, připadá mi to jako důležité). Je také škoda, že když už se student v práci zmiňuje o tzv. Heating Factoru, tak není dále v praktické části pro jednotlivé pájecí profily dopočten. Student dále poměrně dobře popisuje pájecí technologie a pájecí proces v průmyslu a testování kvality spojů pomocí zrychleného stárnutí a mechanických a elektrických zkoušek. Chválím za vyhledání a uvedení příslušných norem, je však škoda, že nebyly konkrétní použité normy zmíněny přímo v popisu experimentu. Velmi pak chválím zpracování výsledků měření v experimentální části, a zvláště pak poměrně rozsáhlou diskuzi, která se zároveň opírá i o statistické testování získaných dat. Ekonomický model je zjednodušený, vychází však z reálných podkladů a je správně zpracován. Hlavním výsledkem této části však není samotný výsledek v podobě RCF (které vzhledem k povaze modelu stejně nelze s ničím srovnávat), ale teoretická diskuze nad přínosy této investice v podobě ušetřených nákladů a možná i lidských životů, které se přeci jen těžko vyčíslují.	

<b>Formální a jazyková úroveň, rozsah práce</b>	<b>B - velmi dobře</b>
---	------------------------

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

Z formálního hlediska shledávám práci v pořádku. Z hlediska jazykového mi tu a tam nesedí některá vyjádření a formulace, které sice vyjadřují fakticky správně danou informaci, ale způsobem těžko vstřebatelným pro čtenáře-laika. Rozsah práce je naprosto dostačující pro bakalářskou práci, naopak je svým rozsahem blíže práci diplomové.

**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. Posudte, 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 v práci použil 40 zdrojů. Tento počet je adekvátní nebo i mírně vyšší vzhledem k vybranému tématu práce. Na druhou stranu, nalézám v seznamu poměrně dost odkazů na jiné bakalářské práce. Bylo by vždy vhodnější dohledat původní zdroj, zvláště pokud se jedná o teoretickou, obecnou část práce. Citace jsou uvedeny v korektním formátu.

**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 jsou poctivě zpracovány a dobře ilustrují vliv nastavení pájecí na kvalitu a dlouhodobou spolehlivost pájených spojů. Je vidět, že velkou roli hraje nejen teplota a čas v zóně přetavení (jak uvažují mnozí v odborných publikacích), ale také tavidlo a jeho aktivace v zónách předehřevu. Vzhledem ke kvalitě a poměrně velkému rozsahu experimentu si dokážu představit prezentaci těchto výsledků (po vhodném dalším zpracování) v nějaké vědecké publikaci.

### III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE

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

Student se v práci věnoval tématice pájení a spolehlivosti, což je stále aktuální zejména například v automobilovém či leteckém průmyslu. Teoretická část je až na některé drobné nedostatky, nepřesné formulace a chybějící poznatky zpracována dobře a uvede čtenáře do problému. V praktické části se student věnoval velmi rozsáhlému experimentu, kde postihl vliv nastavení pájecí pece na spolehlivost pájených spojů, které byly podrobeny dlouhodobým testům v klimatických komorách. Dosažené výsledky tento vliv dobře ilustrují a jsou kvalitně zpracovány, chválím především za odbornou diskuzi podloženou statistickým testováním získaných dat. V ekonomické části jsou vyčísleny náklady na testovací laboratoř v myšlené firmě zabývající se výrobou v automobilovém průmyslu. Vstupní data vycházejí z reálných hodnot, které si student sám aktivně sehnal u dodavatelských firem. Výsledkem pak však není jen samotné číslo, ale také diskuze, která vede ke správnému závěru, že je důležité myslet nejen na možné finanční postihy, ale také na bezpečnost a lidské životy.

Vidím v práci potenciál pro pokračování v magisterském studiu. Určitě by například bylo vhodné dokončit analýzu růstu intermetalických sloučenin, která byla nyní provedena z časových důvodů pouze pro vybrané hodnoty.

K obhajobě mám následující, doplňující dotazy:

- Jaký legislativní krok v Evropě vedl k zavedení bezolovnatého pájení?
- Jaké další aspekty kromě nastavení pájecí pece mohou ovlivnit spolehlivost pájeného spoje?

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **B - velmi dobře**.

Datum: 21.8.2020

Podpis: