

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Mechanické zkoušky pájených spojů
Jméno autora:	Roman Marko
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd
Vedoucí práce:	Ing. Petr Veselý
Pracoviště vedoucího práce:	Katedra elektrotechnologie

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	průměrně náročné
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Náročnost zadání odpovídá běžné bakalářské 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.	

Aktivita a samostatnost při zpracování práce	C - 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>	
Během řešení byl student průměrně aktivní, většinou plnil vedoucím stanovené termíny. Sám však iniciativní příliš nebyl a spíše čekal na pokyny vedoucího práce. Ve druhém semestru dle mého názoru zbytečně otálel se začátkem měření i ekonomickou částí a pak se posunulo celé zpracování. Na druhou stranu samostatně nastudoval a pochopil danou problematiku i nad rámec oficiálního zadání – například při zpracování statistických testů dat, čímž dodal měření patřičnou vědeckou váhu.	

Odborná úroveň	B - velmi dobře
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Student se dobře orientuje v oblasti pájení přetavením, řešerše je napsaná srozumitelnou formou. Nicméně mi v ní občas chybí určité odbočky, které by orientaci čtenáře usnadnily – například v kapitole „Metody přetavenia spájky“ není rozlišené, že se jedná především o hromadné pájení, dále nejsou zmíněné další technologie jako například pájení vlnou, které stále má v některých oblastech výroby význam. Kapitola „Spájka“ mohla být také rozdělena do více podkapitol a o jednotlivých pájkách se více rozepsat, když se jedná o experiment zabývající se různými pájkami. Vyhodnocení naměřených dat je na dobré odborné úrovni, chválím vhodné použití box-plotových grafů a statistické testování dat, které je zahrnuto v diskuzi nad výsledky. Ekonomická část využívá zjednodušení vstupních parametrů, na druhou stranu je model zpracován relativně podrobně. Jeho vyhodnocení je dostačující pro účely této práce.	

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce	A - výborně
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Práce je psána, co se týče formátování, konzistentně. Práce obsahuje pár překlepů, ale jsou v minimální, přehlédnutelné míře. Jedinou mojí výtkou je absence číslování rovnic, vzhledem ale k jejich minimálnímu výskytu v práci se také nejedná o zásadní nedostatek.	

Výběr zdrojů, korektnost citací	A - výborně
--	--------------------

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 využil doporučené literatury, některých odborných článků, českých i zahraničních internetových zdrojů a v malé míře i vybrané bakalářské či diplomové práce. Počet použitých referencí je odpovídající a naprosto dostatečný. Citace jsou uváděny v korektním formátu dle normy ISO 690, v textu jsem nezaznamenal porušení citační etiky.

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 zajímavé z vědeckého i praktického hlediska, neboť mechanické vlastnosti pájek mají signifikantní vliv na spolehlivost elektronických zařízení. Z výsledků vyplývá, že povrchová úprava desky plošného spoje může ovlivňovat nejen spojení pájka – deska, ale i vlastnosti samotné pájky. Student samostatně pracoval na moderním a novém zařízení, které je schopné měřit mikrotvrdot, díky čemuž mohl měřit mechanické vlastnosti také intermetalických sloučenin. To je běžně obtížně realizovatelné, proto jsou tyto výsledky poměrně přínosné a pokud by se výsledky správně uchopily, mají publikační potenciál.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE

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

Práce se zabývá analýzou mechanických vlastností pájených spojů z vybraných slitin používaných v elektronice v kombinaci se dvěma povrchovými úpravami. Z hlediska formální úpravy shledávám práci naprosto v pořádku.

Teoretická část uvede čtenáře poměrně dobře do kontextu, pouze bych občas některé poznatky doplnil pro ucelení problematiky (například v části o technologiích chybí zmínka o ručním vs. hromadném pájení, či pájení vlnou; pasáž o pájecích slitinách mohla být více strukturovaná a poskytnout více informací).

V praktické části student podrobně rozepisuje provedení experimentu a uvádí ve vhodné podobě výsledky. Oceňuji box-plotové grafy, testování dat na statistickou významnost a diskuzi nad výsledky. V rámci experimentu student měřil také na novém zařízení mikrotvrdot intermetalických vrstev, což je běžně těžko realizovatelné měření, a i s tímto přístrojem nebylo měření jednoduché. Z výsledků experimentu pak vyplynula některá zajímavá fakta, například že tvrdost pájky v pájeném spoji může být ovlivněna povrchovou úpravou. Při správném uchopení mohou mít tyto výsledky experimentu publikační potenciál, doporučil bych pokračovat v tématu v diplomové práci a rozšířit experiment o další aspekty, které mohou mechanické vlastnosti ovlivnit.

Ekonomická část práce je postavena na datech, která se v praxi mohou velmi lišit a vychází z velmi zjednodušené situace. V zásadě je ale ekonomický model jako takový v pořádku a pro potřeby této práce dobře ilustruje rozdíly mezi jednotlivými kombinacemi povrchové úpravy desky a pájky. Vhodné by bylo do modelu započítat také spolehlivost (zmetkovitost) jednotlivých variant, vzhledem k omezeným možnostem by však experimentálně získaná data byla pouze velmi orientační.

Hodnocení je ovlivněno i ne příliš aktivním přístupem studenta zvláště v první části zimního semestru.

Dotazy k obhajobě:

- Tvrdost intermetalické vrstvy mezi pájkou PbSn a mědí se Vám nepodařila naměřit z důvodu tenké vrstvy. Proč byla tato vrstva nejmenší ze všech ostatních kombinací? Jakým způsobem by se dala „vypěstovat“ větší intermetalická vrstva tak, aby bylo proveditelné měření?
- Většina spojů se odtrhla v místě mezi součástkou a pájkou. Jakou jinou mechanickou zkoušku byste navrhl, pokud byste chtěl podchytit pouze spojení mezi pájkou a deskou?



POSUDEK VEDOUCÍHO ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

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

Datum: 21.1.2020

Podpis: