

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Ekonomické zhodnocení FDM technologie 3D tisku v elektrotechnickém průmyslu
Jméno autora:	Daniel Běhal
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd
Oponent práce:	Ing. Jan Mikeš, Ph.D.
Pracoviště oponenta práce:	Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	průměrně náročné
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
<p>Bakalářská práce se zabývá 3D tiskem FDM (Fused deposit modeling) metodou, porovnáním vlastností jednotlivých materiálů a komplexním ekonomickým zhodnocením provozu 3D tiskárny. Nejprve jsou probrány principy FDM metody, spolu s rešerší její historie. Dále se práce zaměřuje na porovnání důležitých vlastností vybraných materiálů používaných pro 3D tisk. Autor provedl měření a vyhodnocení důležitých fyzikálních vlastností vybraných materiálů s příměsí mědi. Jedná se konkrétně o tepelné, elektrické a mechanické vlastnosti. Práce popisuje způsob a metody použité při měření a výpočtu těchto veličin s pomocí podpůrných programů měřících zařízení. V posledních kapitolách autor analyzuje výdaje spojené s investičními a provozními náklady 3D tiskárny Prusa i3 MK3S a provádí kalkulaci nákladů pro tisk konkrétního výrobku používaného v elektronice. Výsledky kalkulace jsou porovnány s tradiční výrobou pomocí vstřikování a lisování. V zadání by bylo vhodné lépe a více konkretizovat cíle, ke kterým by měla výsledná práce konvergovat. Často je autor specifikuje až při samotném řešení práce.</p>	

Splnění zadání	splněno s menšími výhradami
<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>	
<p>Autor se zabývá nízkonákladovým 3D tiskem s použitím FDM technologie. Nízkonákladové 3D tisknutí je jedním z nejrychleji se rozvíjejících technologických směrů současnosti s vyšší kvalitou použitých dílů a rozsáhlou open-source komunitou, která dále posouvá technologický vývoj. V těchto intencích autor pracuje, ale některé souvislosti nejsou plně vysvětleny. Často jsou autorovy myšlenky nastíněny, ale nejsou již prakticky realizovány. Mnohdy je obtížné ze slovního vyjádření identifikovat, co bylo konkrétně autorovým záměrem. Příkladem mohou být věty: „pravděpodobně se jednalo o nepřesnost způsobenou nedokonalostí měřicí metody“, „....“ v průběhu měření autor narážel na značné potíže při snaze odečítat hodnoty ze správných bodů na získaných snímcích termokamery, zvláště pak z chladnějších okrajů vzorku, kde nebyl patrný na snímku obrys vzorku“, „....“ „Úchopné kleště byly v době měření ve stavu značného opotřebení a vzorky v nich měly navzdory silnému utažení tendenci prokluzovat.“ Domnívám se, že konkrétněji formulované zadání by umožňovalo hledat snadněji a přesněji odpovědi na hypotetické otázky.</p>	

Zvolený postup řešení	správný
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
<p>Autor provedl měření a vyhodnocení důležitých fyzikálních vlastností vybraných materiálů s příměsí mědi. Jedná se konkrétně o tepelné, elektrické a mechanické vlastnosti. Práce popisuje způsob a metody použité při měření a výpočtu těchto veličin s pomocí podpůrných programů měřících zařízení. Pro získání vstupních dat byly použity vytištěné vzorky, které byly podrobeny elektrickým, tepelným a mechanickým zkouškám. Autor zvolil při kalkulaci nákladů spojených s 3D tiskem možnost, kdy 3D tisk probíhá, jako doplňková činnost v podnikání, nebo pro</p>	

domácí použití. Tato varianta byla zvážena v porovnání s tradiční výrobou. Navíc ve variantě kalkulace s použitím 3D tisku, jako primární ekonomické aktivity se objevuje řada nákladů zanedbaných ve variantě s doplňkovou výrobou. Na závěr byla provedena kalkulace všech nákladů na vytištění reálného výrobku FDM metodou, kdy 3D tisk byl uvažován, jako doplňková činnost podniku. Celkové náklady vytištěného výrobku jsou následně porovnány s cenou identického výrobku dostupného ve specializovaném obchodě s elektrotechnikou.

Odborná úroveň

B - velmi dobře

Posudte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.

Obsahová – odborná stránka předložené bakalářské práce odpovídá zadání a požadavkům kladených na tento typ práce. Je zpracována za pomoci výpočtů, srovnání, s doplněním schémat, obrázků, které napomáhají k realizaci výsledku - závěru práce. Snazšímu pochopení uváděných informací by pomohla větší a důslednější revize psaného textu.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

C - dobře

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

Z formálního hlediska trpí práce ne příliš jasně definovanými termíny, často nedokončenými myšlenkami či ortografickými a syntaktickými chybami. Pochopení textu na mnoha místech znesnadňuje střídání nejenom stylu vypravěče (který často spíše zaujímá stanovisko hodnotitele), ale také nesystematické využívání všech slovesných časů. Některé pojmy (např. příkon/výkon) nejsou dostatečně rozlišeny.

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.

Při zápisu zdrojů pravděpodobně využil autor některý z citačních programů a nevšiml si, že jejich provedení neodpovídá žádnému z běžně používaných citačních stylů. V zápise často chybí části názvů děl, příjmení autorů, čísla, ročníky, atd... V poznámkách pod čarou jsou další odkazy na internetové zdroje, které jsou nejenom chybně citovány, ale ani nejsou součástí citované literatury v závěru práce.

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.

Výsledky práce odpovídají zadaným cílům.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.

Cílem práce bylo zhodnotit 3D tisk FDM metodou. Dále vytvořit porovnání různých tiskových strun a provést ekonomické zhodnocení FDM technologie 3D tisku v elektrotechnickém průmyslu. Autor popsal FDM technologie a způsobu realizace 3D tisku. Uvedl komparaci běžně používaných tiskových strun z hlediska jejich tisových a mechanických vlastností. Tiskové struny jsou rozděleny podle svého charakteru do několika zvolených podskupin. Získaná data autor přehledně zařadil do tabulky, která může sloužit k výběru materiálu výrobku.

Autor zkoumal i vybrané fyzikální vlastnosti experimentálních tiskových strun s příměsí mědi. Při měření koeficientu tepelné vodivosti vzorků dospěl k závěru, že měřené vzorky mají nízký koeficient tepelné vodivosti srovnatelný se

základním materiálem. Výsledkem měření elektrických vlastností je, že vytištěné vzorky mají vysoký elektrický odpor. Z naměřených mechanických vlastností plyne, že přidáním měděné příměsi se mechanické vlastnosti vzorku zhoršily a elektricky výrazně nezlepšily. Zlom v používání by mohlo přinést zvýšení koncentrace mědi a změnu nosného materiálu.

Autor předkládá i ekonomické hodnocení FDM technologie 3D tisku v elektrotechnickém průmyslu na základě kalkulace nákladů. Popsal skupiny uvažovaných nákladů pro vybranou variantu. Poté vytvořil kompletní ekonomickou kalkulaci s citlivostní analýzou pro reálně prodávaný výrobek a výsledky této kalkulace srovnal s cenou tohoto výrobku. Uvedl, že v případě jeho konkrétního výrobku by se výroba 3D tiskem nevyplatila. Na druhou stranu pro menší ekonomický subjekt je 3D tisk jednou z možných ekonomicky přijatelných variant. Jednoduchostí změny použitého materiálu a vyráběného výrobku nabídl autor i flexibilitu firmy pro trh.

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

Otázka pro případnou diskuzi:

Komerční firmy nabízejí možnosti tisku pomocí karbonových vláken. Do jaké míry by tato vlákna mohla nahradit problémy identifikované u vláken s příměsí mědi?

Datum: 11.6.2019

Podpis: Ing. Jan Mikeš, Ph.D.