

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Zkušební metody pro hodnocení kvality technologií 3D tisku
Jméno autora:	Petr Hála
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta strojní (FS)
Katedra/ústav:	Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie
Oponent práce:	Ing. Robert Turinský
Pracoviště oponenta práce:	Prusa Development a.s.

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání <i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	průměrně náročné
--	-------------------------

Splnění zadání <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>	splněno
---	----------------

Zvolený postup řešení <i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	správný
---	----------------

Odborná úroveň <i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	B - velmi dobře
<p>Autor předloženým textem dokazuje lehce pokročilou orientaci v oboru aditivní technologie. Je mu známa problematika široce používaných, stěžejních typů této technologie. V praktické části práce správně aplikuje načerpané informace pro své konkrétní úkoly. Pro další odborné práce doporučuji úvodní odstavce popisující danou oblast pojmut v širším spektru, nebo se alespoň okrajově zmínit o rozsahu daného téma (v této práci se jedná o popis FDM technologie jako jedno konkrétní jasně definované konstrukční a kinematické řešení bez zmínky o variabilitě a možnostech kinematického uspořádání, počtu tiskových hlav, způsobu dávkování materiálu atp.) Velmi úsporný srovnávací popis dvou odlišných typů tiskáren tím pádem vyšel značně vzdálen od reality. Zásadním aspektem, který přidává na hodnotě práce, je měření a komentář ke zkušebním výtiskům. Měřením metodou počítačové tomografie autor určuje a hodnotí příslušné části výtisku dle jejich určení. Pro rozšíření práce bylo provedeno měření výtisku odlišnou aditivní metodou a kvalitativní srovnání s řešenou metodou.</p>	

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce <i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	D - uspokojivě
<p>Úvod předložené práce je v podstatě celý citován, zdroje a prameny patřičně uvedeny, avšak úroveň vlastního textu, návaznosti vět v některých odstavcích a gramatiky snižuje celkový dojem. Přestože tomuto parametru hodnocení nepřikládám velký význam, jeví se mi, že zde neproběhla celková korektura po sepsání textu, anebo že byl text strojově a doslovně překládán z cizojazyčných publikací. Tato skutečnost kazí celkový dojem při čtení hodnocené bakalářské práce, neboť všeobecně se texty tohoto typu a rozsahu považují za vrchol daného studia, jenž autor absolvoval a textem dokazuje pokrok, kterého na sobě studiem dosáhl. V práci se nachází pasáže s problematickým pochopením jejich významu. V textu jsou pasáže psané jak v rodě činném, tak i trpném, což negativně ovlivňuje jeho četbu. Názvy konkrétních subjektů je vhodné uvádět v kompletním znění. Odkazování se v textu na data v tabulkách a obrázcích pro příště zasluží precizněji promyšlené vyjadřování. Za tím účelem může pomoci nejprve si utvořit a ujasnit přesný koncept toho, co chce autor sdělit a následně hledat přesné, jasné a jednoduché formulace. Závěr práce může také mimo jiné obsahovat nástin možného pokračování činnosti, jež byla dosud provedena.</p>	

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.

Autor v pramenech uvádí odborné texty publikované elektronicky, přičemž užil vyvážený poměr mezi českými i zahraničními autory. Články jsou v době sepsání práce staré pět i sedm let. Řešená témata se po tuto dobu vyvíjí vysokým tempem, kde i jeden rok přináší zásadní změny. Zde bych uvítal více aktuální zdroje.

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.

V teoretické úvodní části autor vysvětluje důvody existence kontrolních výtisků, současný stav jejich unifikace, použití a dále uvádí obecné požadavky na jejich vlastní geometrickou podobu a uznávané technické normy, které řeší tuto problematiku. Výsledky praktické činnosti byly dosaženy za předem stanovených konstantních podmínek a parametrů jako je výška vrstvy, předpokládám i teplota a vlhkost okolí, vlhkost použitého tiskového materiálu, rychlost a zrychlení pohybu a další nastavení tiskových parametrů. Z odborného hlediska je vhodné tyto podmínky neopomenout, uvést jejich vliv na kvalitu tisku a ideálně rozšířit zkoumání o variace i těchto parametrů.

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.

Tématem a rozsahem zadání je předložená bakalářská práce zajímavou a poměrně rozsáhlou oblastí moderní výrobní technologie, která ovšem stále není celá popsána. Přístup k jednotnému hodnocení kvality součástí vyrobených FDM technologií není jednotný a natolik triviální, aby byl použitelný za každých okolností. Autor se tomuto současnému stavu v úvodu textu věnuje.

Úvodní část práce je koncipována výběrem úryvků z odborných textů, drobně nesrozumitelným stylem vyjadřování, které může být způsobeno prostým převzetím cizojazyčného, nebo českého textu. Kladně hodnotím stálý a plynulý pohyb a vývoj myšlenky bez hrubých absencí vysvětlování a návazností jak v části teoretické, tak i popisu odvedené práce. Pasáží ekonomického aspektu na kvalitu tisku schází rozvinutí do možností nastavení tisku, popis vlivů a vazeb mezi kvalitou a náklady na výtisk. Za zmínku stálo uvést provozní a servisní náklady a požadavky na obsluhu popisovaných tiskáren.

Důležité k této bakalářské práci považuji provést úvahu nad vlivem výše zmíněných tiskových parametrů (vlhkost materiálu, rychlost, zrychlení, pořadí tisku jednotlivých částí výtisku – pořadí perimetrů, výplň, jejich vzájemný přesah, pozice švu, priorita použití retrakce versus úprava trasy při rychloposuvu, parametry retrakce a další) na kvalitu výtisku. Tyto byly v provedeném měření zřejmě nastaveny na konstantních hodnotách, nicméně jejich variacemi se výsledná kvalita a hraniční tiskové možnosti dají významně ovlivnit. Tato otázka může zaznít během obhajoby závěrečné práce před komisí.

Kromě případné úvahy nad dopady změn těchto parametrů je dalším závažným předmětem k diskuzi otázka nad zohledněním dopadů nehomogenního smrštění výtisku v důsledku ochlazování na rozměrovou a geometrickou kontrolu vůči nativnímu modelu. Anizotropie postupu vytváření výtisku a jeho výsledná struktura přináší množství otázek nad jejich dopady na konečnou podobu výtisku a jeho kontrolní analýzu. Příkladem nechť jest autorův

kontrolní artefakt z materiálu PLA versus PETG a rozdílnost odchylek od nativního modelu v CT 3D rozměrové analýze. Největší odchylky lze pozorovat na horizontálních vrchních plochách nejvíce vzdálených od středu tiskové plochy, v absolutních číslech horší v případě PETG. Jak hodnotit tuto chybu zvedání výtisku od tiskové podložky, přestože v průběhu tisku byla součástí v užších tolerancích? Tento nežádoucí jev je možné přívětivě ovlivnit zvýšením a řízením okolní teploty neboli snížením teplotního gradientu v součásti v průběhu tisku. Případně jak normativně specifikovat předpis okolních podmínek?

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

Datum: 18.8.2021

Podpis:

