

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Frézování FRTC materiálů – vliv řezných podmínek na teplotu v řezu
Jméno autora:	Adam Třešňák
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta strojní (FS)
Katedra/ústav:	Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie
Oponent práce:	Ing. Pavel Zeman, Ph.D.
Pracoviště oponenta práce:	Ústav výrobních strojů a zařízení, ČVUT v Praze

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání</b> <i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i> Zadání práce je v souladu s jedním z aktuálních trendů v oblasti třískového obrábění. Obrábění kompozitních materiálů s polymerní, resp. termoplastickou, maticí je stále se rozvíjející oblastí s ohledem na potřebu zvyšování efektivity obrábění rostoucího počtu dílců z těchto materiálů. Teplota řezání je přitom jeden z klíčových faktorů procesu a limitů pro další zvyšování řezných podmínek a produktivity. S ohledem na velmi omezené možnosti a i literární zdroje popisující experimentální stanovení teploty řezání u těchto materiálů hodnotím zadání jako náročnější. V případě měření teplot bezkontaktně, prostřednictvím termokamery, je třeba v první řadě odladit samotnou techniku snímání tak, aby byly získány reálné hodnoty teplot, které se v procesu skutečně vyskytují. Klíčové tak je nastavení parametrů přístroje pro snímání teplot dle vlastností povrchu nástroje a obrobku. Zabránění snímání a vyhodnocení teploty parazitních částic (třísek, prachu) je při takovém experimentu často komplikace, která může zkreslit měřené hodnoty a z nich sestavované závislosti. Některé z výsledků v práci naznačují, že se i toto mohlo v rámci řešení práce vyskytnout.	<b>náročnější</b>
<b>Splnění zadání</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> Mohu konstatovat, že jednotlivé body zadání byly v zásadě splněny. Byl proveden, alespoň stručný, rozbor stávajících poznatků obrábění FRTC materiálů. Dále byl navržen a vyroben přípravek, s jehož pomocí mohlo být v poslední části práce provedeno experimentální posouzení vlivu řezných podmínek na teplotu při frézování zmiňovaných materiálů. V souvislosti se zadáním a cíli uvedenými v práci mám výhradu především k nejasnosti okolo skutečností, že měla být analyzována teplota v místě řezu. Měla-li to být terminologicky správně teplota řezání, není měření termokamerou, které bylo v práci použito, aplikovatelné a experimentálně získané hodnoty nejsou teplotami řezání. Mělo-li se ale jednat o zjištění teplotního pole povrchu nástroje a obrobenej plochy v oblasti blízké řezu, což z autorovy definice „teplota v řezu“ není zřejmé, mělo to být v práci lépe specifikováno a jednotně používáno.	<b>splněno s menšími výhradami</b>
<b>Zvolený postup řešení</b> <i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i> Zvolený postup autora je principiálně správný. Byl proveden přehled experimentálních technik pro možnost měření teplot při obrábění, v rámci kterého autor definoval mimo jiné výhody a nevýhody použití, a to včetně techniky, kterou vybral pro experimentální část své práce. Výhradu zde mám k drobným nepřesnostem, jako např. že v kapitole 6 jsou jednotlivé techniky měření teplot při frézování dokumentovány na případech soustružení. Kupříkladu použití umělého termočlánku instalovaného na nástroji je v případě frézování výrazně odlišné a velmi komplikované. U schématu frézování systémem termoduo zase schází kompletní informace o zapojených vodičích a instalaci milivoltmetru. V rámci správnosti provedení experimentu a věrohodnosti naměřených dat bych preferoval, alespoň dílčí opakování experimentů, a to především v případě dosažení na první pohled nestandardního průběhu závislosti teploty na jednotlivých procesních parametrech, jako např. v závislosti v grafu 9 na str. 51, ale i jiných.	<b>správný</b>

**Odborná úroveň**

**C - dobře**

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

Celková odborná úroveň práce je dobrá. Autor využil jak poznatků z předchozího studia, tak i z odborné literatury k tomu, aby splnil zadání práce. I z odborného hlediska se však v práci vyskytují nedostatky.

Předně je to řada terminologicky nesprávných pojmů, jako např. nejednoznačné značení geometrie břítu nástroje ( $\gamma$ ), značení  $ae$  při frézování jako „pracovní záběr“, označení  $F_c$  jako tangenciální složka řezné síly, použití sousloví „řezných úhlů“ jako označení pro geometrii břítu nástroje, „dno nástroje“ atp. V celé práci se pak také nesprávně vyskytuje použití závisle a nezávisle proměnných při popisu závislostí, např.: závislost řezné rychlosti na teplotě.

V práci se vyskytují nejasné formulace, např. „Technologií laserového svařování materiály lze spojovat lokálním natavením matrice“, „typických vstřikovacích plastů“, nebo že mezní teplotou je autorem jednou označována teplota skelného přechodu a v jiné části je to teplota, kdy by mělo docházet k tavení matrice. Podobných nesprávných nebo nejednoznačných formulací je v práci celá řada.

Nejednoznačně je také zdůvodněn výběr konkrétní techniky následně použité pro měření teploty. Je zde konstatováno, že měření pomocí termočlánku je nevhodné, protože obráběný materiál musí být vodivý. Bylo by ale možné použít umělého termočlánku. Navíc je zde zmíněno, že teplotní indikátory mají malý teplotní rozsah, zatímco v jiné kapitole je uvedeno, že tento rozsah je obvykle 50-1500 °C, což je pro kompozitní materiály zcela dostatečné.

Zcela zásadní pak je, že v důsledku nemožnosti provedení opakování alespoň dílčích experimentů sám autor některé vlastní dosažené výsledky zpochybňuje a označuje je jako chybu měření. V souvislosti s tím v práci postrádám alespoň částečnou analýzu dosažených výsledků.

**Formální a jazyková úroveň, rozsah práce**

**D - uspokojivě**

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

Z hlediska formální a jazykové stránky hodnotím práci stupněm uspokojivě. V tomto aspektu je práce nejméně kvalitní. Práce obsahuje velkou řadou formálních i jazykových nedostatků. Je zřejmé, že při psaní a případné kontrole textu práce nebyl autor dostatečně pečlivý nebo v potřebné míře koncentrovaný. V práci se vyskytují chyby ve shodě podmětu s přísudkem, velmi často chybějící tečky na konci vět, nebo špatně zvolený tvar konkrétního slova. Dále se vyskytují nedostatky v podobě nižší kvality vybraných obrázků. Případně obrázky obsahují hůře čitelné texty. Toto všechno výrazně snižuje jinak dobrou úroveň 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.*

Všechny zdroje jsou relevantní a s velmi dobrým poměrem zásadních a vysoce kvalitních zdrojů k těm ostatním. V této části mám výhradu jen k formě citování některých zdrojů. Například u zdrojů č. 6 a 7, kdy jde zjevně o firemní literaturu, by neměl být použit vzor pro citaci v podobě monografie s předpisem ISBN.

**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.*

Velmi pozitivně hodnotím zvládnutí náročného tématu a velmi dobrou orientaci v problematice obrábění kompozitních materiálů. Kladně hodnotím, že se autorovi podařilo zkonstruovat a vyrobit přípravek, který byl plně funkční a je použitelný i pro navazující výzkum. Je zřejmé, že autor pochopil problematiku obrábění kompozitních materiálů.

### 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.*

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

- 1) Jak by autor vysvětlil jím používaný pojem „teplota v místě řezu“, a jak by jej odlišil od pojmu „teplota řezání“?
- 2) Jak by autor řešil koncepci umělého termočláčku pro měření teploty řezání při frézování?

Datum: 14.8.2017

Podpis:

