

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Vliv geometrie CAD modelu na kvalitu a efektivitu obrábění na CNC strojích
Jméno autora:	Bc. David Kučera
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta strojní (FS)
Katedra/ústav:	Ústav technické matematiky
Vedoucí práce:	doc. Ing. Ivana Linkeová, Ph.D.
Pracoviště vedoucího práce:	ČVUT v Praze, FS, Ústav technické matematiky

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
<p>Zkoumání geometrických vlastností CAD modelu a vlivu těchto vlastností na kvalitu a efektivitu obrábění na CNC strojích představuje nový směr v oblasti výzkumu optimalizace numericky řízeného obráběcího procesu. Současné práce se zaměřují především na vhodnou volbu technologických parametrů výroby, zatímco CAD model obráběné součásti, který stojí na samém začátku obráběcího procesu, se považuje za ideální. Fundovaná analýza geometrických vlastností CAD modelu (zvláště u obecně tvarovaných povrchů součásti) vyžaduje osvojení si geometricko-matematické teorie křivek a ploch strojírenské praxe zahrnující poměrně náročnou NURBS reprezentaci, která tvoří základ 3D modelářů. Úprava geometrických vlastností CAD modelu s ohledem na zvýšení kvality obráběného povrchu a efektivitu obráběcího procesu potom vyžaduje osvojení si rozsáhlých znalostí z technologie obrábění na numericky řízených strojích.</p>	

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>	
<p>Zadání práce bylo splněno, a to jak ve své teoretické, tak i v praktické části. David Kučera se v potřebné šíři seznámil s teoretickým základem počítačem podporovaného modelování ploch obecného tvaru vyskytujících se v CAD modelech strojírenských součástí. Na příkladu CAD modelu Blisk lopatky z lopatkového kola provedl analýzu geometrických vlastností původního CAD modelu, popsal jejich vliv na kvalitu obráběného povrchu a efektivitu obrábění a navrhl úpravy geometrie vedoucí ke zvýšení sledovaných parametrů výroby. Jak pro původní, tak i upravený CAD model provedl generování drah obráběcího nástroje, simulaci obrábění na virtuálním obráběcím stroji a uvedl porovnání dosažených výsledků.</p>	

Aktivita a samostatnost při zpracování práce	A - výborně
<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>	
<p>David Kučera byl v průběhu řešení diplomové práce aktivní, dohodnuté termíny vzorně dodržoval, na konzultace byl vždy připraven a prokázal schopnost samostatné tvůrčí práce.</p>	

Odborná úroveň	A - výborně
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
<p>Odborná úroveň práce odpovídá nárokům kladeným na diplomovou práci. Po stručném úvodu do NURBS reprezentace křivek a ploch jsou popsány podmínky napojení křivek a ploch obecného tvaru s požadovanou spojitostí a je vysvětlen pojem a význam křivosti křivek a ploch a způsoby vizualizace křivosti. Stručně jsou uvedeny definice a základní vlastnosti ekvidistantních a obalových ploch, které v CAM systémech slouží pro generování dráhy nástroje. Dále jsou popsány jednotlivé fáze předvýrobní etapy procesu CNC obrábění. Na příkladu testovacího segmentu (obecné válcové plochy – Fobos kusu) je provedena detailní analýza stávajícího CAD modelu, odhaleny nedostatky tohoto modelu, uvedeny a vysvětleny navrhované změny geometrie a demonstrovány důsledky těchto změn na kvalitu a proveditelnost obráběcího procesu. Praktická aplikace získaných poznatků na úpravě CAD modelu Blisk lopatky z lopatkového kola, simulace výrobního procesu a zhodnocení dosažených výsledků tvoří hlavní část diplomové práce.</p>	

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

A - výborně

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

Po formální a jazykové stránce je práce v pořádku, rozsah práce (79 stran) odpovídá rozsahu diplomové práce.

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.

Výběr a rozsah zdrojů odpovídá povaze práce – vysokoškolská skripta a učebnice, on-line studijní materiály, odborné články, odborné knihy, závěrečné 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.

Předložená diplomová práce obsahuje detailní postup analýzy geometrie a úpravy CAD modelu Blisk lopatky včetně výsledků simulace obrábění na virtuálním obráběcím stroji a porovnání kvality a efektivity obrábění lopatky určené původním a upraveným CAD modelem. Vysoce hodnotím zjištění, že na kvalitu a efektivitu obrábění má největší vliv spojitost a křivost plochy. Ideální geometrie obráběného dílu dle Davida Kučery je tvořena spojitými plochami se spojitým průběhem křivosti s omezením nežádoucích překmitů – tedy plochami alespoň 4. stupně ve směru obou parametrů spojených minimálně s G^3 spojitostí.

V této souvislosti mám několik dotazů

1. Jakým způsobem lze ve 3D modelářích analyzovat G^3 spojitost?
2. Bylo by možné na základě zhrubé analýzy CAD modelu klasifikovat jeho geometrii jako vhodnou/nevhodnou pro CNC výrobu?
3. Pokud ano, bylo by možné odhadnout zvýšení efektivity obráběcího procesu (např. zkrácení doby výroby), ke kterému by vedlo přemodelování původního CAD modelu podle výše uvedených pravidel?
4. Při přemodelování původního CAD modelu došlo ke změně tvaru oproti původní geometrii. Jakým způsobem byla stanovena maximální přípustná odchylka tvaru, jaká byla její hodnota (str. 70) a jak byla vyhodnocena?

David Kučera prezentoval svou diplomovou práci na konferenci Studentské tvůrčí činnosti 2021 příspěvkem na téma Vliv kvality CAD modelu na pětiosé obrábění.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE

Hlavním výsledkem práce je ověření vlivu geometrie CAD modelu na kvalitu a efektivitu obrábění na CNC strojích a doporučení pro konstruktéry a 3D modeláře vytvářející CAD modely obráběných součástí, ke kterému David Kučera došel. Po analýze matematicko-geometrických vlastností CAD modelu Blisk lopatky a zkoumání jejich vlivu na kvalitu a efektivitu obráběcího procesu konstatoval, že všechny obráběné plochy by měly být tvořeny plochami spojenými minimálně s G^3 spojitostí. Plochy jsou alespoň 4. stupně ve směru obou parametrů, mají spojitý průběh křivosti a omezené překmity křivosti. Na základě tohoto pravidla David Kučera přemodeloval původní CAD model Blisk lopatky a po simulaci obrábění na virtuálním obráběcím stroji zjistil výrazné snížení výrobního času, zvýšení životnosti nástroje a zlepšení kvality obráběného povrchu. Tím své závěry ověřil.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **A - výborně**.

Datum: 26.8.2021

Podpis: