



POSUDEK OPONENTA DIPLOMOVÉ PRÁCE

SLOVNÍ HODNOCENÍ

Autor DP: VÁCLAV ZÁBRANSKÝ

Název DP: VÝUKOVÝ CNC OBRÁBĚCÍ STROJ

Oponent DP: ING. LUKÁŠ NOVOTNÝ, PH.D

Přístup studenta k řešení problematice

Cílem diplomové práce je návrh levného číslicově řízeného obráběcího stroje, který by byl vhodný pro výukové účely NC programování. Zadání přesně nespecifikuje typ stroje ani parametry, kterých by mělo být řešením dosaženo. Bylo studentem pojato tak, že půjde o konstrukci 3-osé CNC frézky, u které bude možnost rozšíření na 5-osé provedení. Návrh výsledného řešení počítá s tím, že může být dodatečně nainstalován např. sklopně-otočný stůl.

Zvolený postup řešení

V úvodu práce provedl student rešerši malých „levných“ frézovacích strojů a jejich řídicích systémů. Na jejím základě vytipoval nejvhodnější koncepci stroje a nejlépe vyhovující řídicí systémy (software). Dále provedl návrh 3 variant konstrukčních řešení a výběr nejvhodnější varianty. Pro vybranou variantu provedl návrhové a kontrolní výpočty. Dále student řešil ergonomii, návrh řízení, elektrických částí a bezpečnostních prvků. Na závěr práce je odhad nákladů a součástí přílohou je výkresová dokumentace a montážní postup.

Dosažené výsledky, jejich přínos a praktické využití

Student navrhl konstrukci 3-osé CNC frézky s pracovním prostorem 300x400x115 mm. Díky možnosti polohování stolu v ose Z je stroj možné dále rozšířit o přídatné rotační osy. Stroj je navržen s vřetenem o výkonu 1,5 kW, což by mělo být zcela dostatečné pro obrábění požadovaných materiálů vč. hliníkových slitin. Navržené řešení vychází ze stroje „High-Z“, který byl součástí rešerše. Autor práce však v závěru uvádí, že jeho řešení dosahuje výrazně lepších parametrů statické tuhosti (v ose Y přibližně 5x menší deformace od zatížení vlastní vahou). Oproti „High-Z“ je navržený stroj složen z kvalitativně lepších komponent, jejichž uvedená cena dosahuje 236 tis. Kč. Stroj je navržen jako samostatně stojící a s poměrně velkými zástavbovými rozměry 1830 x 1022 x 1575 mm (výška). S ohledem na požadavek plného krytování, který vzešel z kapitoly Nároky na bezpečnost, má konstrukce s kryty i poměrně vysokou hmotnost 210 kg.

Navržený stroj se zdá být sice funkčně použitelný, ale příliš velký přínos práce, ani praktické uplatnění navrženého řešení neočekávám. Důvodem je vysoká pořizovací cena komponent, další předpokládané náklady na výrobu a sestavení stroje, zástavbové rozměry stroje, jeho hmotnost a zřejmě i nároky na elektrickou přípojku (viz otázky níže).

Grafické zpracování (úprava) a přehlednost práce

Grafické zpracování obrázků je dobré. Práce je ale dle mého názoru členěna poměrně nepřehledně. Chybí zde zejména v úvodních kapitolách detailní rozbor požadavků zadání, výsledků rešerše a následné stanovení technických parametrů navrhovaného stroje. Parametry stroje jsou voleny v průběhu práce, což působí velmi chaoticky. Kompletní soupis dosahovaných parametrů a možností stroje není přehledně proveden ani na závěr práce. S výjimkou statické tuhosti zde nebylo provedeno ani porovnání parametrů s podobným prodávaným strojem dle rešerše.

Připomínky k diplomové práci

Zadání práce požadovalo návrh stroje vhodného pro účely výuky NC programování. Dle zadání měl mít stroj minimálně 3 řízené osy a velikostí se měl vejít na pracovní stůl. Kritériem jsou dle zadání nízké pořizovací náklady. Základní parametry stroje nebyly v zadání specifikovány. Zároveň zde nebyl specifikován ani konkrétní požadavek na rozšíření o přídatné rotační osy ani požadavky na přesnost větší než obvyklou u strojů dané kategorie. Navržená konstrukce obsahuje řadu prvků, které nebyly v zadání explicitně požadovány (rotační osy, nosný rám, krytování) a kterým se student při řešení podřizoval. V důsledku toho stroj vyšel dle mého názoru nepřiměřeně velký a hmotný. Toto z části způsobilo i vysokou cenu komponent, která je pro stroje této kategorie neobvyklá.

V práci je vidět snaha o dosažení vyšší přesnosti stroje použitím kvalitnějších komponent na straně jedné (motory, šrouby, atp.), na straně druhé ale student navrhl konstrukci z hliníkových profilů, která zde zřejmě bude z hlediska dosažení vyšší



přesnosti stroje limitujícím prvkem. Hliníkové profily jsou běžné u levnějších strojů s nízkými nároky na přesnost polohování (obvykle např. 3D tiskárny). Při využití zvolených „dražších“ komponent by bylo dle mého názoru vhodné navrhnout konstrukci jiným způsobem. Otázkou zde ovšem je, zda je v případě „levného výukového stroje pro NC programování“ potřeba přesnost vůbec řešit. Většina výrobců strojů dané kategorie pracovní přesnost zcela logicky neřeší (neuvádí a rozhodně negarantuje). Konstrukce a její přesnost je podřízena ceně a možnostem použitých levných komponent, u kterých často nejsou známy ani základní parametry pro případné výpočty.

Před návrhem jednotlivých variant N1 až N3 by bylo vhodné přehledně zpracovat kapitolu se souhrnem požadavků, které by navržený stroj měl plnit – včetně velikosti pracovního prostoru, posuvových rychlostí, výkonu a otáček vřetena, atd. Definice požadovaných parametrů stroje u předložené práce vzniká až v průběhu řešení, což je velmi nepřehledné (např. volba rychloposuvu 6000 mm/min na str. 44). V důsledku toho ani není zcela zřejmé, do jaké kategorie je navržený stroj cílen. Cenou komponent zcela jistě nespadá do kategorie levných strojů a konstrukčním provedením pravděpodobně nespadá do kategorie strojů dražších, přesnějších.

Otázky na studenta k zodpovězení u obhajoby

- Čím je způsoben tak velký cenový rozdíl mezi odhadovanou cenou samotných komponent při návrhu řešení (80 tis. Kč) a výslednou kalkulací (236 tis. Kč)?
- V závěru je navrhované řešení srovnáváno se strojem High-Z, přičemž navrhované řešení dosahuje vyšší statickou tuhost. Uvedená prodejní cena High-Z je 60 tis. Kč, cena samotných komponent navrženého řešení je 236 tis. Kč. Je zde úměrně vyšší přidaná hodnota?
- Stroj dle zadání by měl být levný a měl by sloužit zejména pro účely výuky NC programování. Proč jste volil stroj s poměrně velkým pracovním prostorem? Proč využíváte při konstrukci dražší komponenty, nežli je v dané kategorii strojů obvyklé?
- V kapitole 7.4 odhadujete příkon zařízení cca na 3,2 kW a navrhuje jistit jednofázovým jističem 16 A. V rozvaděči bude (mimo jiné) měnič pro 1,5 kW vřeteno a 8 spínaných zdrojů. Spínané zdroje mívají obvykle značný rozběhový proud a hrozí tak riziko vybavení jističe v zařízení, nebo/i jističe nadřazeného. Bude navržené jištění vyhovovat? Nebude v tomto případě nutné redukovat příkon, případně využít 3-fázový přívod?
- (Pozn.: V závěru je uvedena dosahovaná rychlost stroje 6000 mm/s; V textu práce jsou jednotky uvedeny správně)

Závěrečné hodnocení

Zadání předložené diplomové práce je poměrně specifické v tom, že klade na studenta požadavek zorientovat se v mnoha různých oblastech, přičemž s některými z nich se při studiu zcela jistě nesetkal vůbec a s jinými se setkal jen okrajově. Zejména jde o konstrukci s využitím levných mechanických a elektrických komponent, nasazení levných, freewarových nebo open-source řídicích systémů (softwarových), bezpečnost strojů a elektro-konstrukce. Předložená práce je co do počtu stran poměrně rozsáhlá a je vidět, že student jejím řešením strávil poměrně dost času. Hlavní – zásadní nedostatek práce vidím v tom, že prakticky neobsahuje studentem zpracovanou kapitolu se stanovením požadovaných parametrů stroje. Parametry stroje jsou voleny až v průběhu práce, v důsledku čehož je práce jako celek poměrně nepřehledná a v textu se ztrácejí důvody, proč stroj vychází v porovnání se stroji v rešerši zbytečně velký a drahý. Předložená práce i přes tyto nedostatky dle mého názoru splňuje zadání a doporučuji ji k obhajobě.

Prohlášení:

Diplomová práce splňuje zadání a doporučuji ji k obhajobě.

.....
Datum

.....
Podpis oponenta

Kontakt na Oponenta:

Ing. Lukáš Novotný, Ph.D
Ú12135, FS, ČVUT v Praze
Horská 3
128 00, Praha 2



POSUDEK OPONENTA DIPLOMOVÉ PRÁCE

NÁVRH KLASIFIKACE

Autor DP: VÁCLAV ZÁBRANSKÝ

Název DP: VÝUKOVÝ CNC OBRÁBĚCÍ STROJ

Oponent DP: ING. LUKÁŠ NOVOTNÝ, PH.D

NÁVRH KLASIFIKACE:

Jednotlivá hlediska zpracování diplomové práce navrhuji klasifikovat¹:

Hlediska hodnocení	A (1) Výborně	B (1,5) Velmi dobře	C (2) Dobře	D (2,5) Uspokojivě	E (3) Dostatečně	F (4) Nedostatečně
Splnění požadavků a cílů				X		
Odborná úroveň práce ²				X		
Pracnost a variantnost řešení ³		X				
Úroveň seznámení se stavem problematiky ⁴		X				
Uspořádání a úprava, jazykové zpracování ⁵					X	

Diplomovou práci navrhuji klasifikovat známkou⁶:

A (1) Výborně	B (1,5) Velmi dobře	C (2) Dobře	D (2,5) Uspokojivě	E (3) Dostatečně	F (4) Nedostatečně
			X		

.....
Datum

.....
Podpis oponenta

¹ Hodnocení označte X v příslušném políčku klasifikačního stupně.

² Hodnocení odborné úrovně práce by mělo zohlednit i množství a vážnost chyb vyskytujících se v práci.

³ Hodnocení pracnosti by mělo zohlednit podrobnost zpracování (např. konstrukční nebo výpočtové) vlastního řešení, více variant vlastního řešení nebo zpracování většího objemu naměřených dat.

⁴ Hodnocení úrovně seznámení se stavem problematiky by mělo zohlednit zaměření řešerše na řešenou problematiku a využití tuzemské a zahraniční literatury a ověřených informačních zdrojů.

⁵ Hodnocení uspořádání a úpravy by mělo zohlednit logiku členění práce do kapitol, grafickou podobu a celkovou úpravu práce, množství pravopisných chyb a celkový styl vyjadřovacího projevu.

⁶ Výslednou klasifikaci stanovte jako aritmetický průměr hodnocení s přihlédnutím k celkové úrovni práce.