

Vážený pan
doc. Ing. Josef Černohorský, Ph.D.
děkan Fakulty mechatroniky, informatiky a
mezioborových studií Technické univerzity
v Liberci

Váš dopis značky / ze dne
7.3.2024

Naše značka

Vyřizuje / linka

Ostrava

Věc: oponentský posudek habilitační práce

Autor: **Ing. Tomáš MARTINEC, Ph.D.**
Název habilitační práce: **Problematika generování off-line trajektorií průmyslových robotů při výrobě kompozitních konstrukcí**
Pracoviště: TUL, Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií, Ústav mechatroniky a technické informatiky
Oponent: **prof. Dr. Ing. Petr Novák**, Katedra robotiky, FS, VŠB-TU Ostrava

Posudek je vyhotoven na základě jmenování oponentem, dopisem děkana Fakulty mechatroniky, informatiky a mezioborových studií Technické univerzity v Liberci, panem doc. Ing. Josefem Černohorským, Ph.D., ze dne 7.3.2024. Přílohou byl text habilitační práce v pdf formátu a také zaslaná její tištěná verze.

Popis

Předložená habilitační práce se zabývá problematikou robotizované výroby kompozitních dílů a je rozdělena do 4 nosných kapitol (číslo 2 – 5) – přímo se týkajících robotizované výroby kompozitních dílů, respektive konstrukcí, jak je uvedeno v názvu habilitační práce. První kapitola je úvod, poslední šestá je zhodnocení a závěr.

Text práce je poměrně rozsáhlý – celkem 155 stran.

Druhá kapitola popisuje danou problematiku výroby kompozitních dílů/konstrukcí, současný stav, včetně zdůvodnění potřeby a vymezení robotizace této činnosti. Některá tvrzení jsou však nepřesná – např. str. 20:

„...Tyto roboty jsou vybaveny senzory momentu ve všech svých osách a jsou schopny přepočítávat momenty sil působící na jednotlivá ramena robota do složek síly...“. – Těmito senzory nejsou vybaveny všechny kolaborativní roboty – z důvodu ceny. Je jimi např. vybaven robot LBR iiwa výrobce KUKA – ale je poměrně drahý. Moment v jednotlivých kloubech se nejčastěji zjišťuje pomocí měření proudu v jednotlivých motorech a silově momentovým senzorem bývá osazeno pouze zápěstí.

Následně je níže uvedeno „Díky tomu je možné omezit jejich sílu a tím zajistit dostatečnou bezpečnost pro kooperaci robota s člověkem ve společném prostoru bez nutnosti použití ochranných plotů.“ Toto je poměrně časté tvrzení – ale je potřeba vždy v konceptu bezpečnosti zohlednit nástroj a objekt manipulace. Nestačí tedy prohlásit, že pracoviště je bezpečné díky kolaborativnímu robotu.

Mimo zde uvedené připomínky je však tato kapitola zajímavá a velice čtivě napsaná.



Fax:



VŠB-TU Ostrava
FS, Děkanát FS - 300
17. listopadu 15
708 33 Ostrava-Poruba

Kód org.: 333 3700
IČO: 619 891 00
DIČ: CZ 619 891 00

Následující třetí kapitola se věnuje výrobě kompozitních dílů technologií robotického ovíjení. Je zde popsáno pracoviště na kterém probíhal vlastní vývoj a testování ovíjecích hlav – dvě generace. Je zde také popsána definice a výpočet potřebné trajektorie s jeho algoritmizací. Je použit vlastní navržený algoritmus MMP – spoluautorem je autor této práce a je zde také podrobně popsán.

V pořadí čtvrtá kapitola se týká pokládání UD pásek s využitím robotů a zohledněním jejich vlastností a možností, což je prezentováno na konkrétním příkladu výroby autosedačky (na tomto vývoji se autor také podílel). Následně jsou definovány požadavky na funkcionalitu vyvíjeného programu robotizovaného 3D tisku a jsou zde popsány navržené třídy a jejich metody programu RTPW, popis antikolizního systému a uživatelského rozhraní. Část mohla být uvedena jako příloha, nicméně zde autor demonstruje své programátorské dovednosti.

Důležitá je také kapitola pátá, věnující se přesnosti polohování průmyslových robotů, což má podstatný vliv na použitelnost celé technologie v reálných podmínkách. Kapitola je velice dobře a také čtivě (opakuji se ...) napsaná, svědčí o praktických zkušenostech autora. Jsou zde uvedeny metody měření přesnosti a také možné korekce nepřesností. Nicméně – s tvrzením, že vliv teplotní roztažnosti lze zanedbat nelze úplně souhlasit. Toto autor v práci zdůvodňuje základním výpočtem pro konstrukční oceli. Roboty jsou ve větší míře z hliníkových slitin a především, na roztažnost netrpí ani tak změnou teploty okolí (o +/-1°C v klimatizované hale) ale i na změnu teplot konstrukce vlastním pohybem – což při změně o běžných 10°C způsobí drift, který by u přesných aplikací neměl být zanedbán. Zejména pokud se věnuje pozornost ne-kinematickým chybám, které mají podstatně menší vliv (strana 113). Viz například článek *Vocetka, M., Bobovský, Z., Babjak, J., Suder, J., Grushko, S., Mlotek, J., Krys, V., Hagara, M. Influence of Drift on Robot Repeatability and Its Compensation. Applied sciences. 2021.*

Témata k diskusi

1. Str. 64, obrázky 3.28 a 3.29 – jaký vliv měla tuhost jádra rámu na jeho postupnou výrobu? Byl zde problém?

2. Str. 65 - jaká jsou tvarová případně rozměrová omezení výrobku s ohledem na rozměry hlavy?

3. Jaký je současný stav této vámi vyvíjené technologie? Je případně nasazena v praxi?

Závěr

Habilitační práce se zabývá zajímavým a v praxi uplatnitelným tématem a je velice aktuální. Autor zde demonstruje kvalitní teoretické tak i praktické znalosti a dovednosti, které získal na základě dlouhodobému věnování se této problematice, což demonstruje mimo jiné spoluprací jak s průmyslem tak i prestižními pracovišti jako je např. Fraunhofer IWU. Řada výsledků uvedených v habilitační práci je původní autorův přínos a přináší nové poznatky. Po formální stránce je práce napsána srozumitelně, čtivě a zajímavě, jednotlivé kapitoly mají logickou návaznost. Autor má také řadu kvalitních publikací zabývajících se touto problematikou. Výše uvedené připomínky nesnižují její kvalitu.

Předložená habilitační práce, vědecká a pedagogická způsobilost autora odpovídají požadavkům na habilitační řízení k udělení vědecko-pedagogického titulu docenta.

V Ostravě, 6.4.2024

s přátelským pozdravem,

prof. Dr. Ing. Petr Novák
vedoucí Katedry robotiky
VŠB-TUO