

Doc. Ing. ROMAN ČERMÁK, Ph.D.
Univerzita Tomáše Bati ze Zlíně
Fakulta technologická
Vavrečkova 275, 760 01 Zlín

V Praze dne 17. 7. 2019
čj. 3001-01/19/16118/KYTY

Posudek disertační práce Ing. Filipa Tomance

Vážený pane děkane,

na základě Vaší žádosti Vám zasílám posudek disertační práce Ing. Filipa Tomance.

Disertační práce "The development of composite orthopedic devices" se zabývá vývojem optimalizované verze Ilizarova zevního fixátoru pro léčbu zlomeniny dolní končetiny. Trendem posledních deseti let je náhrada prstenců fixátoru (tradičně vyráběných z kovových materiálů) optimalizovanými kompozitními díly. Použití moderních kompozitních materiálů umožňuje výrobu odlehčené verze při zachování životnosti fixátoru. Další podstatnou výhodou je pak menší útlum rentgenového záření a tím pádem usnadnění snímkovacích procedur během hojení. Z pohledu aplikovaného výzkumu se jednoznačně jedná o téma aktuální. Autor si jako cíle práce vytýčil modifikovat fixátor s kompozitními prstenci a vyvinout spolehlivou testovací metodiku pro vzájemné porovnání různých variant fixátoru.

Práci v základním členění lze rozdělit na tři základní části o přibližně stejném rozsahu - rešeršní část, vlastní vědeckou práci a formální náležitosti s přílohami. V tomto ohledu a dalším členění odpovídá standardům kvalifikačních prací, nicméně v některých částech práce (např. kapitola 9.3.) je členění příliš časté a objevují se zde podkapitoly o délce jedné či dvou vět. Zdroje použité v práci jsou velmi pečlivě referencovány. Typograficky je práce na podprůměrné úrovni, objevují se zde chyby v křížových odkazech. Na některé obrázky chybí odkaz v textu. Grafická kvalita obrázků, zejména výsledků FEM analýzy je velmi nízká a tím obrázky ztrácí vypovídající schopnost. Také některé vzorce (3.1, 4.13) jsou špatně čitelné. Pro násobení se zde objevuje znak "*" a je používána desetinná čárka místo tečky. Velkou výhradu mám v nekompletním seznamu zkratk, zejména z důvodu, že v textu není uveden význam používaných fyzikálních veličin.

Práce je napsaná v anglickém jazyce. Angličtina bohužel neodpovídá standardům odborných textů jak po stránce gramatiky, tak z hlediska větné stavby a odborného

názvosloví. Text je pak pro čtenáře těžko uchopitelný a místy zcela nesrozumitelný. V těchto místech je pak těžké rozhodnout, zda se jedná o nevhodný překlad nebo chybné tvrzení.

V rešeršní části se autor postupně věnuje historii zevních fixátorů a jejich konstrukci, kompozitním materiálům, numerickým simulacím a experimentálnímu testování. Kapitola 2 hodnotím jednoznačně pozitivně. Kapitola 3 má vhodnou strukturu i obsah, ale vyskytují se v ní chyby a nejasnosti. Autor používá výraz "rigidity", ve většině případů má předpokládám na mysli "stiffness". Výraz 3.1. je dle mého názoru chybný. V kapitole 3.1.2 píše "... strain of the wires is 1000 N ...". Význam podkapitoly 3.1.4. mi zůstal utajen. Část 3.4. je pak zpracována velmi kvalitně. Kapitola 4 věnovaná kompozitním materiálům je přiměřeně strukturovaná, ale obsahuje chyby. Výrazy 4.11. a 4.12. nemají reálný fyzikální význam. U charakterizace vláken pro vláknové kompozity je použit výraz "very good density", což je nevhodná kvantifikace. Dále nerozumím výrazu "tension value". Všechny hlavní výhody kompozitních materiálů uvedených v 4.3. jsou diskutabilní. V části 4.5. je zmiňován nízký útlum rentgenových paprsků při průchodu kompozitními materiály. V případě kompozitů s uhlíkovými vlákny toto jistě platí, ale vzhledem k tomu, že byl finálně použit kompozit se skleněnými vlákny s výrazně vyšším útlumem, chybí mi v práci porovnání útlumů těchto materiálů, jakožto dle autora třetího nejvýznamnějšího parametru. Kapitola 5 je věnována numerickým simulacím. Numerické simulace autor označuje jako "deformation analysis". Toto označení považuji za zavádějící. Souhlasím s autorem, že numerické simulace v této oblasti jsou publikovány s nedostatečným počtem detailů a v tomto ohledu je zmiňovaná práce Zdeňka Padovce vyjimečná, ale struktura této kapitoly mi přijde vytržená z kontextu. Poslední kapitola rešeršní části je věnována experimentálním metodám. Tato kapitola je po obsahové stránce nedostatečná. Otázky únavy a životnosti jsou zde zmíněny velmi okrajově. Zcela zde chybí zmínka o pokročilejších testovacích metodách stejně jako o vyhodnocování naměřených dat.

V části práce zabývající se návrhem a testováním fixátoru je nejprve navržena unifikovaná testovací procedura. V úvodu kapitoly je kladen důraz na finanční a časovou náročnost testování. Ikdyž tuto stránku nelze opomenout, nepovažuji tento přístup v oblasti vývoje a inovací za nejvhodnější. V textu je nastíněn experimentální postup, ale je zde uvedeno nedostatečné množství informací, jak přesně testovací proceduru provést. Považoval bych za vhodné poskytnout všechny potřebné informace například formou přiloženého protokolu. Dále se zde vyskytují výrazy "stress test" - pravděpodobně

myšleno "loading experiment/procedure" a "pressure loading" - pravděpodobně myšleno "compression loading". Kapitola 10 je jedna ze stěžejních v celé práci. Je zde popsán proces vývoje finálního produktu včetně postupných vývojových verzí. Kapitola je zpracována kvalitně, nicméně by bylo přínosné přiložit část výkresové dokumentace. V části 10.1.4. (a i v částech následujících) uvádí autor chybně deformaci v délkových jednotkách a dále Poissonovo číslo větší než 0,5. Kapitola 11 je věnována experimentálnímu ověřování vlastností fixátoru. Opět zde chybí detaily ohledně provádění experimentů a jejich vyhodnocování. V tabulkách 13 a 14 jsou uvedeny veličiny "Xa", "s" a "v" které nejsou nikde popsány. Zcela chybí postup vyhodnocení Youngova modulu. Na obrázku 11.10 je znázorněn experiment jehož geometrie je naprosto nevhodná z důvodu umístění střední podpory pro provádění materiálových testů. Následující kapitola je věnována numerickým simulacím. Bližší informace o způsobu provedení analýzy chybí a z důvodu nízké kvality nemá prezentovaná grafická forma potřebnou vypovídající hodnotu. Kapitulu 13 popisující experimentální proceduru celého fixátoru považuji za nejpovedenější zejména z důvodu použití celého produktu a vlastního experimentálního vybavení. Z dlouhodobého testování fixátoru vyplývá, že po simulované zátěži odpovídající devíti týdnům od aplikace dochází k degradaci fixátoru na hranici jeho životnosti z hlediska správné funkcionality.

Na základě výše uvedeného, zejména množství faktických chyb a nedostatečnému množství detailů hodnotím disertační práci jako lehce podprůměrnou, nicméně ji **doporučuji k obhajobě.**

K práci mám následující otázky:

- 1) Jak bylo určeno / čemu fyziologicky odpovídá zatížení 53 N?
- 2) Jakým způsobem byl vyhodnocen modul pružnosti uváděný v kapitole 11.3.?
- 3) Jak byl řízen cyklický test a bylo by možné provádět v tomto zařízení a kvazistatické testy?

S pozdravem

doc. Ing.  Kytýř, Ph.D.