

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Mechanical and numerical analyses of titanium trabecular structures of dental implants formed by 3D printing
Jméno autora:	Bc. Luboš Řehounek
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta stavební (FSv)
Katedra/ústav:	Katedra mechaniky
Oponent práce:	doc. Ing. Jan Vorel, Ph.D.
Pracoviště oponenta práce:	ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra mechaniky

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání</b>	<b>náročnější</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Předložená práce se zabývá popisem chování nové biomateriálové struktury, vhodné pro výrobu protéz a implantátů. Popis chování materiálu je založen především na experimentech (nanoindentace, standardní jednoosá tahová a tlaková zkouška), na jejichž základech je vytvořen numerický model.	
<b>Splnění zadání</b>	<b>splněno</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.</i>	
Předložená práce splňuje zadání a je navíc rozšířena o kapitolu zabývající se biokompatibilitou zkoumané struktury.	
<b>Zvolený postup řešení</b>	<b>správný</b>
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Pro popis chování zkoumané materiálové struktury byly zvoleny standardní mechanické testy a nanoindentace, která je využita pro získání lokálních mechanických vlastností.	
<b>Odborná úroveň</b>	<b>B - velmi dobře</b>
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů. Posuďte též schopnost studenta vnímat řešenou problematiku v širších souvislostech a aplikovat inženýrský přístup při řešení</i>	
V práci bych vyzdvihl autorovu snahu o kombinaci experimentů a numerického modelování. V první části se podrobně věnuje popisu zubních implantátů, jejich třídění a používaným materiálům. Následující část práce je zaměřena na zkoumanou trabekulární strukturu a mechanické testy. Poslední kapitola práce se zaměřuje na numerické modelování trabekulární struktury. V této části spatřuji největší nedostatek zejména v oblasti studia literatury, která se týká obdobných materiálových struktur.	
<b>Formální a jazyková úroveň, srozumitelnost práce</b>	<b>B - velmi dobře</b>
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku práce a její celkovou srozumitelnost</i>	
Ocenil bych především, že předložená práce je napsána v anglickém jazyce, velmi srozumitelně a jednotlivé části na sebe dobře navazují. V práci se vyskytují drobné překlepy.	
<b>Výběr zdrojů, korektnost citací</b>	<b>B - velmi dobře</b>
<i>Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Posuďte výběr pramenů. Ověřte, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi.</i>	
Autor v práci uvádí použité zdroje. Zdroje týkající se numerického modelování se mi zdají poněkud nedostatečné s ohledem na rozsah kapitoly o numerickém modelování.	

**Další komentáře a hodnocení**

Vypracované téma obsahově převyšuje standardní náplň diplomových prací.

**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.*

Autor se zabývá velmi atraktivní oblastí implantologie, zaměřující se na vývoj a technologii výroby zubních implantátů. Zkoumaná trabekulární struktura je vyrobena inovativním způsobem za využití 3D tisku. Popis jednotlivých druhů a využívaných materiálů je dostatečně podrobný a přehledný. Bohužel, toto se nedá říci o popisu zkoumané 3D struktury, kde by bylo vhodné zobrazit u prezentovaných obrázků příslušné měřítko nebo schéma s rozměry. V kapitole zaměřené na numerické modelování se autor věnuje vývoji a popisu konečně prvkovému modelu, který je použit pro simulaci jednoosé tahové zkoušky. V této kapitole se mi zdá nedostatečná rešerše literatury. Autorovo tvrzení o chybějícím numerickém modelu této struktury se zdá značně přehnaný. V literatuře lze najít mnoho různých postupů využitých pro analýzu trabekulární struktury, porézních kovových pěn a obdobných materiálů.

V diskusi by se aspirant mohl vyjádřit k těmto problémům:

1. V kapitole 6.3 se autor zmiňuje, že kontakt zkoumaného implantátu s kostí je horší než u běžně používaných implantátů. Proč se autor zabývá touto strukturou a jejím využitím pro implantáty?
2. Jakým způsobem bylo řízeno zatěžování v jednoosém tahu a tlaku?
3. V práci chybí podrobnější popis materiálového modelu, který byl využit během numerických simulací. O jaký typ numerického modelu se jedná?
4. Jak je možné, že je překročena tahová/tlaková pevnost materiálu na obr. 45b?
5. Trabekulární struktura je diskretizována pomocí konečných prvků. Proč jsou parametry modelu uvedené v obr. 49 řádově jiné než parametry použitého materiálu?
6. Kolik uzlů je v použitém numerickém modelu? Diskretizace modelu pomocí tří prvků je poměrně hrubá, nedocházelo k velkým rozdílům výsledků při použití hrubé a jemné sítě? Jaký typ prvků byl použit?
7. U prezentovaného materiálového modelu chybí řádná validace. Zkoušel autor použít tento model i jiný typ úlohy, např. tlaková zkouška?

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **B - velmi dobře.**

Datum: 26.1.2017

Podpis: