

**I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE**

<b>Název práce:</b>	<b>Měření adheze tenkých vrstev</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>Lucie Šilingová</b>
<b>Typ práce:</b>	bakalářská
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta strojní (FS)
<b>Katedra/ústav:</b>	Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky
<b>Vedoucí práce:</b>	Ing. Josef Šepitka, Ph.D.
<b>Pracoviště vedoucího práce:</b>	Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky

**II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ**

<b>Zadání</b>	<b>průměrně náročné</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadáním bakalářské práce bylo charakterizovat mechanické vlastnosti a adhezi modifikovaných tenkých vrstev titanu.	

<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. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
Studentka splnila zadání práce i jednotlivé dílčí cíle práce, které si stanovila	

<b>Aktivita a samostatnost při zpracování práce</b>	<b>A - výborně</b>
<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 samostatné tvůrčí práce.</i>	
Studentka byla při řešení své práce velmi aktivní. Dodržovala všechny dohodnuté termíny a na konzultace byla vždy připravená.	

<b>Odborná úroveň</b>	<b>A - výborně</b>
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Odborná úroveň závěrečné práce splňuje požadavky na bakalářskou práci.	

<b>Formální a jazyková úroveň, rozsah práce</b>	<b>A - výborně</b>
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Práce je na dobré typografické úrovni.	

<b>Výběr zdrojů, korektnost citací</b>	<b>A - výborně</b>
<i>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.</i>	
Studentka se výběrem zdrojů držela zadání práce a vybrané citované články plně odpovídají tématu bakalářské práce. V práci jsou jednoznačně rozeznatelné citované pasáže a samostatné úvahy autorky.	

<b>Další komentáře a hodnocení</b>	
<i>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.</i>	
Vložte komentář (nepovinné hodnocení).	

### III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE

Předložená práce Lucie Šilingové je zaměřena na analýzu mechanických vlastností tenkých vrstev určených pro optimalizaci povrchů titanových dentálních implantátů. Analyzované titanové vrstvy o tloušťce 400 nm s různými koncentracemi beta fosforečnanu trivápenatého ( $\beta$ -TCP) a stříbra byly nanášeny použitím asistujícího iontového svazku (metoda IBAD). Nanášení bioaktivních vrstev na povrch implantátů je velmi důležité z hlediska osteointegrace implantátu do kosti. Modifikace nanosené vrstvy však může zásadně změnit její mechanické vlastnosti. V současné době je trend vytvářet implantáty s gradientními mechanickými vlastnostmi tak, aby implantát na rozhraní kosti měl obdobné mechanické vlastnosti, v našem případě lidské čelisti, tedy cca  $E_r \sim 14.5$ - $19.7$  GPa a  $H \sim 0.51$ - $0.61$  GPa, a poté postupně přecházel na mechanické vlastnosti materiálu titanového implantátu, tedy cca  $E_r \sim 125$  GPa a  $H \sim 8$  GPa. Co je ovšem naprosto klíčové v případě tenkých vrstev, je jejich adheze. Titanová vrstva nanosená na titanu má obecně vysokou míru adheze a k delaminaci této vrstvy je nutné využít veliké úsilí. V případě přidávání bioaktivních prvků do titanových vrstev je ovšem nutné sledovat vliv na adhezi, protože jakékoliv snížení přilnavosti vrstvy na povrchu implantátu může způsobit její delaminaci a tím selhání implantátu.

V rámci bakalářské práce bylo nutné provést nanoindentační a nanovrypový experiment na připravených vzorcích. Dále pak zvolit vhodné analytické modely pro vyhodnocení naměřených dat. Poté stanovit redukovaný modul pružnosti, tvrdost, koeficient tření a adhezní práci pro danou vrstvu. A konečně jednotlivé modifikace vrstev kvalitativně zhodnotit. Adhezní práce byla vyhodnocena dle 2 analytických modelů. Dle standardně používaného modelu Laugiera z roku 1984 a modelu Plichty publikovaném v roce 2020. Studentka v rámci práce modifikovala geometrickou část Plichtova modelu a tím rozšířila jeho aplikovatelnost na ostré hroty.

Z výsledků v bakalářské práci je evidentní, že ke zhoršení adheze došlo pouze v případě vrstev s 10% a 20% koncentrací beta fosforečnanu trivápenatého, tj. došlo v průběhu nanovrypové zkoušky k delaminaci vrstvy. U ostatních vzorků k delaminaci nedošlo. Z hodnot redukovaných elastických modulů, indentačních a vrypových tvrdostí je evidentní vliv koncentrace beta fosforečnanu trivápenatého a stříbra na tuhost a tvrdost vrstev. Je evidentní, že 10% koncentrace  $\beta$ -TCP zvyšuje mechanické vlastnosti, při 20% koncentraci jsou mechanické vlastnosti podobné referenčnímu vzorku a s vyšší koncentrací mechanické vlastnosti klesají až o 90% u  $E_r$  a o 95% u tvrdosti  $H$  v případě 100% koncentrace  $\beta$ -TCP. Vrstva obsahující stříbro oproti tomu zaznamenala nárůst  $E_r$  o 21% a propad tvrdosti  $H$  o 45%. Je tedy evidentní, že rostoucí koncentrace  $\beta$ -TCP od 40% do 100% nemá negativní vliv na adhezi vrstvy, přestože dochází k nezanedbatelnému poklesu mechanických vlastností. Stejně tak nemá negativní vliv na adhezi stříbro přidané do titanové vrstvy. Kdybychom tedy měli zvolit vhodnou modifikaci vrstvy z hlediska bioaktivních a mechanických vlastností, pak se nabízí 100% koncentrace  $\beta$ -TCP, kdy nejenom mechanické vlastnosti odpovídají lidské čelisti ( $E_r = 16.94 \pm 5.32$  GPa a  $H = 0.37 \pm 0.15$  GPa), ale zároveň obsahuje nejvyšší koncentraci bioaktivního beta fosforečnanu trivápenatého.

Závěrem rád konstatuji, že celkově bylo zadání splněno, úroveň práce odpovídá nárokům kladeným na bakalářskou práci a s ohledem na výše uvedené komentáře ji klasifikuji známkou

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

Datum: 19.8.2021

Podpis: