

Oponentní posudek disertační práce Ing. Jana Krčila Studium oxidických vrstev pro úpravu povrchu biomateriálů

Zvyšující se průměrná délka života, a tím stárnutí populace, má za následek nutnost řešit zajištění kvalitního způsobu života i v této etapě života. Jedním z cílů je dokázat nahradit opotřebované nebo poškozené orgány, ke kterým patří také tvrdé tkáně. Z celé řady materiálů, které mohou být k tomuto účelu používány, jsou to také kovové materiály. V současné době je celosvětový výzkum zaměřen zejména na titanové slitiny. Cílem je použití výhradně slitin obsahujících netoxické, nekarcinogenní a nealgerické prvky, tj. zajištění chemické biokompatibility. Kromě chemické biokompatibility je třeba dosáhnout také mechanické biokompatibility, tj. mechanických vlastností co nejbližších lidským kostem, zejména nízkého modulu pružnosti. V neposlední řadě je cílem dosažení oseointegrace vhodnou úpravou povrchu implantátů. Z výše uvedených důvodů je téma disertační práce dobře zvoleno a řešení této problematiky je vysoce aktuální.

Předložená práce je členěna na sedm základních kapitol, v závěrečné části práce je, vedle citace použitých literárních pramenů, souhrně uvedena dosavadní publikační činnost doktoranda. Obrazová dokumentace dosažených výsledků je, kromě grafů, tabulek a obrázků uvedených v textu, zařazena do závěrečné přílohy (kap. 13).

V teoretické části se autor nejdříve věnuje obecnému členění biomateriálů, konkrétně rozebírá kovové biomateriály v současné době používané jako náhrady pevných tkání v lidském těle. V souhlase se zaměřením práce jsou v kapitole 2.3 nejdříve zmíněny jednotlivé metody používané při modifikaci povrchů biomateriálů a v kapitole 2.4 a 2.5 pak podrobněji rozebrány možnosti úpravy povrchu titanových slitin termickou, resp. anodickou oxidací a vlastnosti takto upravených povrchů. Do teoretické části práce jsou zahrnuty i některé metody používané pro hodnocení oxidických vrstev (kap. 2.6). Cíl práce je uveden až za teoretickým rozbohem. Proklamované cíle práce logicky vycházejí z poznatků získaných studiem literárních pramenů, zároveň je jejich výběr zaměřením práce podřízen. Teoretická část práce je zpracovaná pečlivě a na dobré úrovni. Je podložena rozsáhlým studiem nejnovější literatury, převážně zahraničních autorů (kap. 8 obsahující 128 citací). Je velmi dobrým základem pro následující experimentální práci, pro správné vyhodnocení dosažených výsledků a jejich kvalifikovanou diskuzi.

V experimentální části práce (kap. 4) doktorand uvádí chemické složení studovaných materiálů (cp Ti, Ti6Al4V, Ti39Nb, Ti35Nb2Zr a TiNbZrSn) a způsob přípravy vzorků pro následnou termickou a anodickou oxidaci. V následné části práce jsou oba způsoby oxidace podrobně popsány. Po oxidaci vzorků byl vizuálně hodnocen jejich povrch, měřena drsnost povrchu, metalografickou metodou na připravených výbrusech stanovena tloušťka oxidických vrstev. Pomocí řádkovací mikroskopie (SEM) byl hodnocen povrch oxidických vrstev a jejich morfologie, metodou fotoelektronové spektroskopie (XS) chemické složení vrstev a Ramannovou

spektroskopií jejich struktura. Biologické vlastnosti byly hodnoceny stanovením koncentrace (Ca+P+Mg) ve vrstvě tvořené v průběhu expozice vzorků v Hankově roztoku a v menší míře hodnocením cytokompatibility. Z použití širokého rozsahu výše uvedených experimentálních metod je zřejmé, že doktorand zvládl jejich praktickou aplikaci pro studovanou problematiku i jejich teoretické základy.

Těžiště práce je ve výsledcích vlastních experimentů a jejich komentáři (kap. 5), v jejich zevrubné diskuzi a závěrech (kap. 6, 7). Experimentální výsledky jsou přehledně shrnuty v tabulkách a grafech a názorně dokumentovány v textu přiložených obrázcích, souhrně také v obrazové příloze. S provedenou diskuzí i předloženými závěry práce souhlasím. Diskuze a hodnocení výsledků je na velmi dobré úrovni a prokazuje schopnost doktoranda kriticky analyzovat experimentální poznatky. Práce je i po formální stránce přehledně a pečlivě zpracovaná.

K práci mám pouze několik připomínek týkajících se nepřesných formulací či údajů a několik dotazů.

- Na straně 24 autor uvádí „Jeden z důvodů je zaručená korozní odolnost, která je titanem poskytovaná proti všem korozní napadení.“ Ve stomatologii je třeba uvažovat napadení v prostředí s fluoridovými ionty.

- str. 41, 42 .. Je uváděna difúze O_2 ve struktuře slitin titanu. Je třeba uvažovat difúzi atomů O, tj. předchozí atomizaci molekul O_2 .

- str. 63 obr. 16 (str. 35) , obr. 16 je na str. 36

- str. 73 vzorek slitiny TNZ, má být slitiny TNTS

- str. 91 slitin T, TAV atd. je na obr. 51, má být na obr. 52

- str. 94 viz. obr. 24 a , str. 52, má být na str. 53
viz. obr. 21 , str. 39, má být na str. 40

- Jak ukazují výsledky studia oxidace u beta Ti slitin obsahujících Zn a Sn, způsob jejich oxidace závisí také na krystalografické struktuře těchto slitin. Bylo by proto vhodné uvést u všech slitin způsob jejich zpracování a s tím související strukturu. Jaká byla struktura slitin cp Ti a Ti6Al4V?

- Při experimentálním studiu byly porovnány metody termické a anodické oxidace. Která z těchto metod se vám jeví jako slibnější pro případné praktické využití?

- U beta titanových slitin s hlavním legujícím prvkem niobem, slouží legury zirkonia a případně cínu, při jejich vyváženém složení, jako prvky umožňující zlepšit jejich mechanické vlastnosti. Tj. dosáhnout vysoké pevnosti, dobré tažnosti při relativně

nízkém modulu pružnost. V práci připravené oxidické vrstvy vykazují ve srovnání s ostatními sledovanými materiály naopak vlastnosti nejhorsí. Dají se i u těchto materiálů připravit vrstvy se slibnějšími vlastnostmi z pohledu jejich využití jako implantátů.

Závěrečné shrnutí

Předložená kandidátská práce Ing. Jana Krčila svým zaměřením a kvalifikovaným způsobem zpracování představuje cenný příspěvek k dalšímu prohloubení představ a znalostí o možném způsobu úpravy povrchů zvyšujících oseointegraci biomateriálů z titanových slitin. Je zpracována pečlivě a splňuje po věcné i formální stránce všechny nároky kladené na doktorské disertace. Práce svědčí o schopnosti a teoretické i experimentální připravenosti k samostatné tvůrčí vědecké práci.

Cíle výtčené při řešení problematiky byly v plném rozsahu splněny a proto z výše uvedených důvodů práci doporučuji k obhajobě.

doc. RNDr. František Hnilica, CSc.