

Posudek oponenta disertační práce

Název práce: Tvorba polykaprolaktonových vláknenných struktur technologií meltblown a studium jejich následných aplikací
Studijní obor: Textilní technika a materiálové inženýrství
Autor práce: Ing. Jakub Erben
Školitel: doc. Ing. Jiří Chvojka, Ph.D.

Předložená disertační práce je psána českým jazykem, obsahuje 206 stran textu (z toho je 89 stran vlastního textu disertační práce), je členěna do devíti kapitol a deseti příloh. Disertační práce byla koncipována jako komentovaný soubor vědeckých publikací členěný do tří vzájemně navazujících částí. Hlavním cílem práce bylo studium tvorby biodegradabilních polykaprolaktonových vláknenných struktur technologií meltblown a následný návrh způsobu výroby kompozitního materiálu využívající tato vlákna jako svou základní složku. Dalším cílem předložené práce bylo využití tohoto kompozitu jako základu pro vývoj tkáňových nosičů i extrakčních sorbentů a studium jejich využití v regeneraci kostní tkáně, respektive v předúpravě vzorků pro kapalinové chromatografie. Téma disertační práce považuji za velmi aktuální se zaměřením na vysoce specifickou oblast s možnou aplikací do tkáňového inženýrství pro klinickou praxi.

Teoretická část disertační práce byla členěna do čtyř tematických kapitol, popisující výrobní technologii, skupinu materiálů a aplikační oblasti, využití v experimentální části této práce. V této části své práce doktorand Ing. Erben provedl velmi podrobnou literární rešerši, kdy bohatě citoval z relevantních a aktuálních literárních zdrojů, které provázal s technologickými znalostmi a možnostmi pro využití v praxi. Čtenář tak může z této části disertační práce získat základní teoretické znalosti, které byly použity v experimentální části předložené práce. Experimentální část práce byla koncipována jako komentovaný soubor devíti publikovaných prací, zaměřujících se na zpracování biodegradabilního PCL technologií meltblown a následné využití vytvořených vláknenných struktur ve tkáňovém inženýrství a analytické chemii.

Formát předložené disertační práce, která byla koncipována jako komentovaný soubor vědeckých publikací disertanta považuji za velmi vhodný a příkladně zpracovaný. Ing. Erben publikoval jako první autor 3 články, jako člen autorského kolektivu pak 6 článků. Všechny články byly publikovány ve velice kvalitních odborných časopisech s IF (3 x D1, 3 x Q1 a 3 x Q2), kdy rozsah a kvalitu takové publikační činnosti u doktoranda považuji za vysoce nadstandardní. O kvalitě publikačních výstupů svědčí také jejich velmi vysoká citovanost odbornou komunitou. Disertant se jako člen řešitelského kolektivu také podílel na vývoji zařízení pro výrobu textilního kompozitního materiálu obsahujícího polymerní nanovláknna, z kterého vzešel národní patent CZ 306018 B6.

Je obtížné vyjadřovat se více k odborné kvalitě jednotlivých částí realizovaného výzkumu, kdy každá z publikací již prošla velmi kvalitním oponentním řízením redakce jednotlivých odborných časopisů. Jako oponent nemám k žádné významné připomínky, kdy disertant zvolil vhodné metody a potupy svého výzkumu, stejně tak dokázal výsledky svého výzkumu podrobit podrobné diskusi. Dále je v disertační práci naznačen možný směr dalšího výzkumu.

Předložená disertační práce reprezentuje ucelený soubor výsledků zabývajících se zpracováním biodegradabilního PCL technologií meltblown do podoby mikrovláken a následným návrhem způsobu výroby vláknenného kompozitu využívající tato vlákna jako svou základní složku. Disertant Ing. Erben ve své práci prezentoval soubor inovativních procesů, vedoucí k tvorbě vláknenného kompozitního materiálu s vysokým užitným potenciálem ve tkáňovém inženýrství i analytické chemii.

Formální zpracování textu disertační práce je na velmi vysoké úrovni, která odpovídá standardům obvyklým pro tento typ kvalifikační práce. Disertant Ing. Erben prokázal při svém studiu schopnost řešit dané téma samostatně, na velmi dobré odborné i formální úrovni, kdy vše dokázal vtělit do textu odborných článků a své disertační práce. Předloženou disertační práci doporučuji k obhajobě a navrhuji její hodnocení stupněm

A - výborně

Otázky oponenta

Při obhajobě disertační práce prosím o zodpovězení následujících dotazů:

1. Jednou z možných aplikací je využití vlákných struktur jako kompozitních scaffoldů pro využití v medicíně. Ke klinickému využití ještě vede „dlouhá cesta“, kdy bude nezbytné prokázat zdravotní nezávadnost. S tím se pojí má otázka týkající se opakovatelnosti a zajištění standardů kvality výroby scaffoldů. Je možné u výroby těchto vláken dodržet unifikovanost výroby resp. výrobní technologie tak, aby byla použitelná i pro výrobu *medical device*, nebo léčiv?
2. Ve své práci navrhuje provést další parametrické studie při vyšším rozsahu průtokového objemu primárního vzduchu a stabilnějších dodávkách polymerní taveniny, resp. zhodnocení vlivu geometrie trysky či otvorů zvláknovacích otvorů. Tento výzkum je nezbytné provádět pouze experimentálně metodou „pokus - omyl“, nebo lze využít např. možnosti numerických simulací či analytických modelů? Pokud ano, uveďte některé z možností.
3. Podle Vašeho vyjádření by měl být další výzkum zaměřen na nové kombinace polymerních materiálů jednotlivých složek kompozitu, a to biodegradabilních i nedegradabilních. Máte v tomto směru na mysli nějaké konkrétní kombinace či materiály, které se jeví jako potenciálně „nadějně“?

V Praze dne 13. listopadu 2023



.....
doc. Ing. Zdeněk Horák, Ph.D.

Oponentní posudek disertační práce

Předkladatel: **Ing. Jakub Erben**

Oponent: **prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.**

Název: **Tvorba polykaprolaktonových vláknenných struktur technologií meltblown a studium jejich následných aplikací**

Polymerní materiály obecně na základě své molekulární struktury splňují předpoklady pro tvorbu vláknenných útvarů, které mohou mít díky svému specifickému tvaru celou škálu pozoruhodných vlastností využitelných pro řadu unikátních aplikací. Nicméně, nalezení vhodné technologie zpracování a podmínek, které by umožnily výrobu vláken z daného polymerního materiálu, není zdaleka triviální záležitostí. Dosud proto existuje jen omezená skupina polymerních materiálů, které lze ve formě vláken nalézt na trhu. Samotnou kapitolou je pak příprava netkaných textilií, tedy plošných vláknenných struktur z náhodně orientovaných a propletených vláken. Předložená disertační práce se zabývá právě takovými vláknennými strukturami a rozšiřuje materiálové portfolio o polykaprolakton, spolu s návrhy aplikací vytvořených netkaných polykaprolaktonových textilií do oblasti tkáňového inženýrství a analytické chemie.

Student zvolil jako formu svojí disertační práce soubor uveřejněných vědeckých a inženýrských prací doplněný komentářem, což je plně v souladu s čl. 23 odst. 4 Studijního a zkušebního řádu Technické univerzity v Liberci.

Úvod spolu s Cíly práce velmi srozumitelně na dvou stranách představuje problematiku, které se uchazeč hodlá v práci věnovat a definuje jednoznačné cíle, jejichž naplnění lze posoudit jak po kvalitativní, tak i kvantitativní stránce.

Teoretická část v rozsahu 37 stran představuje zejména shrnutí současného stavu poznání v oblastech, které mají být dále rozvinuty v rámci experimentální osy disertační práce. S patřičným detailem je zde popsána technologie meltblown sloužící k přípravě netkaných

textilií, spolu s požadavky na vlastnosti zpracovávaných polymerních materiálů a jejich vztahu k technologickým proměnným a výsledným vlastnostem produktu. V kratším rozsahu je rešerše doplněna o technologie pro přípravu nanovláknenných struktur. Dále se tato část věnuje biodegradabilním polymerním materiálům, zejména alifatickým polyesterům a polykaprolaktonu jako jejich významnému představiteli. Zhodnocen je zde i současný stav v možnosti zpracování biopolymerních materiálů technologií meltblown. S patřičnou pozorností jsou zde diskutovány možnosti aplikací netkaných textilií do dvou principiálních oblastí, tkáňového inženýrství, zejména kostního, a analytické chemie, kde mohou netkané textilie představovat vhodné sorbenty pro kapalinovou chromatografii. Teoretická část ústí do shrnutí a stanovení tezí pro experiment. Celý text Teoretické části je srozumitelný, jasně strukturovaný a tvoří výbornou výchozí pozici pro experimentální práci. Nicméně, některé pojmy, zřejmě vlivem překladu, se značně odchyľují od zavedeného pojmosloví ve vědecké a technické praxi. Zejména mechanické vlastnosti, stejně tak interpretace molárních hmotností, jsou zde uváděny velmi neobratně a v rozporu s ustálenou praxí. Očekávám, že v rámci obhajoby disertační práce budou dané materiálové vlastnosti nazývány v souladu s příslušnými normami.

Experimentální část pokrývá 39 stran předložené práce. Jelikož samotná disertační práce představuje soubor uveřejněných vědeckých a inženýrských prací (jednoho patentu a osmi článků v kvalitních impaktovaných časopisech), je zde podrobně stanoven studentův přínos pro každou zařazenou práci. Z uvedeného výčtu vyplývá, že student přispěl ke všem pracím esenciálním způsobem a je až s podivem, že je jako první a/nebo korespondenční autor uveden pouze u třech z nich. Ke všem pracím student zpracoval velmi kvalitně komentář a shrnutí, na základě čehož lze jednoznačně konstatovat, že disertační práce přispívá významným způsobem k dané vědní oblasti a výsledky jsou nositelem značné originality s rozsáhlým aplikačním potenciálem. Velmi oceňuji srozumitelný popis optimalizace přípravy netkaných textilií z polykaprolaktonu pomocí technologie meltblown a mám k této části následující otázky:

1. Na str. 59 je vyslovena hypotéza vzájemného vztahu mezi délkou makromolekul a vznikem vláknenných fragmentů při výrobě netkané textilie. Reologie zná pojem „pevnost taveniny“ a její vztah

k molekulární struktuře polymerního materiálu. Lze na základě tohoto fenoménu potvrdit uvedenou hypotézu?

2. Na str. 60 jsou uvedeny výsledky z DSC, ze kterých je patrné, že připravené vlákenné struktury měly teplotu tání a krystalinitu srovnatelnou s granulátem, který byl na jejich přípravu použit. Nicméně, druhý ohřev, kde se již neprojevuje zpracovatelská historie, ukázal na podstatně nižší hodnoty teploty tání i krystalinity. Jak lze tyto rozdíly vysvětlit?
3. Na str. 61 je uvedeno, že při výrobě vlákenných struktur „nedocházelo k výraznému dloužení vláken během jejich formování“, neboť se nezvyšovala jejich krystalinita oproti vstupnímu granulátu. Lze toto tvrzení opřít o některou z obecných teorií fyziky polymerů?

Závěr práce přináší jednoznačné shrnutí teoretických východisek a experimentální a publikační činnosti studenta spolu s perspektivami pro další možný vědecký rozvoj získaných poznatků. Stejně jako v předešlém textu, i zde je znát značná vyzrálost studenta a můžu vyslovit jen naději, že student bude i nadále spojovat svůj profesní život s vědou a výzkumem, neboť jeho přístup k řešené problematice vykazuje patřičný zápal, mimořádnou originalitu a schopnost organizace práce s jasnou orientací na kvalitní výsledek.

Domnívám se, že Ing. Jakub Erben je vyzrálou vědeckou a inženýrskou osobností schopnou definovat problémy, jejichž řešení je zajímavé pro vědu užitečné pro společnost. Disertační práci proto doporučuji k obhajobě.

Ve Zlíně, 19. 11. 2023



Roman Čermák