

Recenze diplomové práce
Bc. Petra Brycha
Studijního programu: N2301 – Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T048 – Strojírenská technologie a materiály
Technická univerzita v Liberci, Fakulta strojní
Katedra strojírenské technologie
Oddělení tváření kovů a plastů

Téma diplomové práce: Struktura a vlastnosti biopolymeru PLA s nanokrystaly celulózy povrchově upravených ligninem a modifikátorem houževnatosti
Vedoucí práce: Ing. Luboš Běhálek, Ph.D.

Diplomová práce nás uvádí do problematiky biopolymeru a současnému celosvětovému trendu, kde se klade důraz na využití obnovitelných zdrojů a především biologickou rozložitelnost. Masovému využití biopolymeru v různých odvětvích, brání vysoká cena a nižší užité vlastnosti v porovnání se standardními polymery. Tyto nevýhody lze odstranit použitím tzv. „zelených kompozitů“ a modifikací vlastností pro konkrétní aplikace. Cíle diplomové práce, shrnuté v závěru úvodní kapitoly, podporují tyto tendence a zaměřují se na zvyšování užitečných vlastností biopolymeru modifikací matrice aditivu na bázi nanokrystalů celulózy povlakované ligninem a bio modifikátorem houževnatosti.

Teoretická část je logicky členěná. Diplomant nás nejdříve seznamuje s kompozity a bio kompozity, jejich výhody, nevýhody a využití v praxi. Autor popisuje přírodní vlákna rostlinného původu jejich chemické složení a mechanické vlastnosti, které jsou seřazeny v tabulkách a dávají přehled o možném použití v biokompozitech. Poukazuje na kritickou část přípravy každého kompozitu tj. adheze vláken a matrice, která je klíčová pro výsledné užité vlastnosti. V dalších kapitolách se věnuje podstatě biopolymerů a jejich přípravě, jsou zde také vysvětleny procesy a možnosti degradace polymeru a bio polymeru. Velká část rešeršní práce se zabývá vlastnostmi, výrobou a modifikacemi PLA. Ta byla zvolena jako matrice a bude předurčovat výsledné vlastnosti zkoumaného kompozitního systému. Největší výhodou tohoto biopolymeru je jeho dobrá zpracovatelnost různými technologiemi jako např. vstřikování, vytlačování, tvarování. Na konci teoretické části autor popisuje přípravu krystalu nanocelulózy a lignin, které budou vyztužujícím prvkem matrice i potenciální slabinu, která se naplno projeví v experimentu a to nehomogenní disperzi a distribuci CNC v polymerní matici

K této části diplomové práce mám následující připomínky a dotaz:

- 1) V překladu anotace je menší nepřesnost týkající se použití modifikátoru houževnatosti.
- 2) Pravděpodobně v důsledku použití automatické úpravy textu došlo k záměně Golgiho komplexu za Golkiho.
- 3) V teoretické části není popsána povrchová úprava CNC ligninem. Setkal se diplomant v rámci rešerše s popisem těchto úprav?

Cílem experimentální části práce je zjištění mechanicko-fyzikálních vlastností bio kompozitu na bázi PLA matrice s nanokrystaly celulózy povrchově upravené ligninem s nebo bez přídavku modifikátoru houževnatosti. Na počátku diplomant popisuje materiálové vlastnosti komerčně prodávaných složek, které tvoří kompozitní systém. Nejsložitější část celého experimentu je příprava vlastního bio kompozitu. Pro lepší dávkování a eliminaci nerovnoměrné disperze nanokrystalu celulózy byl vytvořen speciální masterbatch PLA/L-

CNC, který bude přidáván do výsledné směsi v různém hmotnostním poměru. Příprava standardizovaných vzorků pro mechanické zkoušky (tahem, ohybem a rázovou zkoušku houževnatosti) probíhají technologií vstřikování. Kromě zkoušek mechanických se zkoumaly vlastnosti tepelné a strukturní. Především DSC analýza je důležitá pro získání přechodových teplot a stupně krystalinity. Tyto hodnoty ovlivňují volbu zpracovatelské technologie a zjišťují, zda došlo ke zvýšení krystalických oblastí, které zlepšují mechanické vlastnosti. DMA analýza je nadstandardní a slouží spíše pro specifické aplikace s dynamickým průběhem zatěžování v určitých teplotních programech.

Nejdůležitější část diplomové práce je vyhodnocení a diskuse výsledku. V těchto kapitolách diplomant shrnuje naměřené výsledky do grafů, tabulek a vyvozuje závěry. Pro mechanické zkoušky nebyl prokázán synergický efekt nanokrystalu ani modifikátoru houževnatosti. Pokud došlo k nárůstu vlastností, pak byly zatíženy velkým rozptylem hodnot tzn., že jsou statisticky nevýznamné. Na základě mikroskopických snímků dochází diplomant k závěru, že možná příčina spočívá ve špatné dispergaci plniva a následnému nedostatečnému mezifázovému rozhraní, které vede k předčasnému porušení struktury. Další příčinu vidí v chemickém složení matrice, kde se nachází lubrikanty pro lepší zpracovatelské podmínky, které mohou bránit lepší homogenizaci výsledného produktu. Výsledkem DSC analýzy je mírný nárůst krystalických oblastí, který je způsoben především nanokrystalami celulozy. Co se týče DMA analýzy pak přestože vliv modifikátoru houževnatosti byl v jednotlivých složkách modulu pružnosti zaznamenán, v komplexním hodnocení modulu pružnosti je jeho vliv potlačen. Morfologie provedena mikroskopem podpořila teorii o nerovnoměrnou dispergaci CNC, vytváření shluků a špatnou adhezi k matrici.

K této části diplomové práce mám následující připomínky:

- 1) Dle technických listů zvolená matrice PLA je amorfní, což se prokázalo i na měření krystalického podílu, který byl cca 4%. Výšší podíl krystalického fáze matrice v interakci s L –CNC a MH by výrazně více ovlivnil houževnatost i mechanické vlastnosti.
 - Bylo cílem práce zvolit amorfní matici do výsledného kompozitního systému?
 - Proč byla zvolena forma L –CNC a ne standardní CNC? Jaká interakce se očekává od amorfního ligninu v kompozitním systému?
- 2) Proces tvorby másterbatche je poměrně složitý a ukázal, že nedošlo ke kýženému efektu rovnoměrného rozložení L-CNC krystalů.
 - Na základě čeho byl zvolen chloroform jako rozpouštědlo, nemohl ovlivnit výslednou strukturu?
 - Je proces finální homogenizace masterbatche v hnětači vhodná v případě, že proběhne ještě vstřikování? Obě technologie dohromady zatíží materiál smykovými silami a geometrie šneku hnětače může spolu s teplotním zatížením na vstřikovacím stroji negativně ovlivnit dispergaci krystalu a uspíšit degradaci materiálu.
- 3) Pro zvýšení krystalického podílu se u konvenčních polymeru používá kromě nukleačních činidel také změna procesních podmínek jako např. teplota formy nebo čas cyklu.
 - Proč byla zvolena teplota formy 25°C a čas cyklu 60s? Pomáhají tyto procesní parametry zvýšit krystalický podíl kompozitu?

V závěru práce autor shrnul poznatky, které vyplynuly z diskuse výsledků. Navrhl cíle dalšího výzkumu, které by se měly zaměřit na jiný způsob kompaundace zvoleného kompozitního materiálu, který by vedl k předpokládaným výsledkům.

Závěr posudku:

Předložená diplomová práce je po formální stránce v pořádku a není zatížena gramatickými chybami nebo nesrovnalostmi v textu. Kapitoly mají logické členění odpovídající probíranému tématu. Rozsah, použité symboly, SI jednotky i literární odkazy jsou v souladu s požadovanými nároky. Grafická úroveň je velmi dobrá. Obrázky, tabulky i grafy jsou čitelné a správně chronologicky popsány. Řešený problém vyžaduje hlubší znalosti vstupujících komponent a to nejenom jejich chemického složení a účinků, ale také proces výroby a jejich vzájemné interakce. V experimentální části práce bylo provedeno velké množství měření, které mapovalo nejenom mechanické, tepelné, ale i strukturní vlastnosti. Naměřené výsledky, přestože nedosáhli synergických efektů, můžeme považovat za správné. V diplomové práci nebylo zmíněno, na základě jakých podkladů byla provedena příprava masterbatche, která ovlivňuje adhezi matrice na L-CNC. Biokompozity na bázi PLA a CNC mají široké uplatnění v obalové technice, medicíně, hygieně,..., není zde uveden účel resp. finální aplikace, pro kterou daný výzkum provádíme. I přes uvedené připomínky předložená diplomová práce splnila zadané cíle a svým rozsahem i odbornou úrovní splnila požadavky na udělení akademického titulu. Doporučuji k obhajobě.

HODNOCENÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Předloženou diplomovou práci Petra Brycha hodnotím klasifikačním stupněm
-Výborně-

V Liberci, dne 8. 6. 2017


Ing. Jaroslav Loufek, Ph.D.