

## Oponentní posudek disertační práce Mgr. Pavla Černého

V posledním desetiletí je věnována zvýšená pozornost hledání a vývoji nových průmyslových technologií, jež svými zplodinami, či odpadními látkami nezatěžují životní prostředí. Mezi tyto metody patří i plazmové technologie, kdy je v plazmochemickém reaktoru udržován elektrický výboj, v němž dochází k ionizaci pracovního plynu (tj. vzniku plazmatu) a následně při chemických reakcích plazmatu s vybranými kategoriemi materiálů a látek k úpravě jejich fyzikálně-chemických, převážně povrchových vlastností. Plazmové technologie se v technické praxi již úspěšně užívají, nicméně stále zůstávají nevyřešeny problémy související s optimalizací procesu úpravy, zvýšení jeho účinnosti i hledání dalších nových aplikací.

Předkládaná disertační „Plazmochemické úpravy za účelem funkcionalizace povrchu“ práce popisuje výsledky experimentálního studia vybraných parametrů charakterizujících plazmochemické úpravy přírodních celulózových vláken s cílem navázat na povrch vláken silanové skupiny. Tato vlákna byla následně užita při výrobě kompozitních materiálů na bázi termoplastů vyztužených přírodními vlákny. Práci lze ve výše naznačeném smyslu považovat za aktuální.

### Výsledky a vlastní přínos práce:

Práce je členěna do tří kapitol a má celkem 142 stran.

První kapitola „Teoretická část“ představuje stručný úvod do problematiky kompozitních materiálů. Seznamuje se základními pojmy, definicemi oboru, vlastnostmi kompozitních materiálů s termoplastovou maticí, dále obsahuje krátký přehled prací jiných autorů věnovaných úpravám kompozitů a velmi stručnou zmínku o plazmatu a plazmové funkcionalizaci.

Druhá kapitola „Užité materiály a metody“ vysvětluje principy autorem užitých experimentálních metod a základní charakteristiky autorem užitých materiálů.

Třetí kapitola „Přehled dosažených výsledků“ je přehledem výsledků autorovy práce a provedených experimentů.

Autor navrhl, zkonstruoval a sestavil zařízení k plazmochemickému ošetření práškové celulózy, optimalizoval jeho funkčnost, upravený celulózový prášek užil k přípravě několika kompozitních materiálů a následně porovnal jejich vybrané mechanické vlastnosti.

Získané výsledky naznačují vhodnost a použitelnost plazmochemických úprav celulózových vláken a polypropylenu i v průmyslovém měřítku. Užití těchto povrchově upravených materiálů v kompozitech vedlo k zvýšení hodnoty meze pevnosti.

### Struktura a grafická úroveň práce:

Členění práce do tří kapitol nepovažuji za šťastné, užití vyššího počtu navazujících kapitol se mi jeví vhodnější. Autor se snažil psát jasně a srozumitelně, nicméně při překladu z anglicky psaných originálů se dopustil mnoha nepřesností, je možné, že místy užívá hovorové výrazy, např.: gliding arc (např. kap. 1.2.) = klouzavý výboj, výboje provozované (str. 35, 6. ř. shora) = výboje udržované, „elektrony nestíhají.. (kap. 1.3.2, 4. ř. shora), „za vakua  $10^{-10}$  mbar“ (str. 51, 1. ř. zdola), „ musí být prostor.. vakuován.. (str. 52, 14. ř. zdola), Variována byla doba... (např. str. 57, 1. ř. zdola), „snímky sedících kapek.. na povrchu.. (str. 103, 6. ř. shora), „ Mez... byla

ztotožnitelná s mezí..(str.111. 5.ř.shora) aj. V textu lze najít i gramatické chyby, např. „..kontakt ..vyplívající..“ (2.2.1., 2ř. shora/str. 45).

### **Odborná úroveň práce**

Hlavním přínosem práce jsou výsledky z kapitoly 3.

Je zřejmé, že experimentální část studie byla autorem dobře a logicky navržena, ale zdá se, že některá měření byla pro daný soubor parametrů provedena jen jednou, takže výsledky lze chápat jen jako kvalitativní údaj (např. měření Tab. 1, str. 59; Tab. 3, str.77).

V popisu vlastností nanosených vrstev (kap. 3.3.1.1.1.) postrádám zmínku o jejich pevnosti nebo tvrdosti.

Při měření hodnot kontaktního úhlu (kap. 3.3.1.1.2) bylo pravděpodobně pro každý soubor procesních parametrů též provedeno jen jedno měření. Naměřené hodnoty kontaktního úhlu jsou v mnoha případech velmi podobné a pro bližší zhodnocení by nepochybně byla užitečná znalost nejistoty metody, v práci jsem ji ale nenalezl.

Kapitola 3.3.4.3., opět postrádám popis vyhodnocování výsledků a způsob určení chyby.

V diskusi mi chybí i porovnání výsledků s údaji jiných autorů.

Text obsahuje obr. 3.9/str. 69, 3.10/str.70, 3.12./str.73, 3.14/str.76, jež nejsou zmíněny v textu.

V rámci obhajoby mám na doktoranda následující otázky:

1. Popište provedená měření z hlediska četnosti provedených pokusů, jejich opakovatelnosti a reprodukovatelnosti a zhodnoťte výsledky v Tab. 3.5-3.10 s přihlédnutím k určené nejistotě měření.

2. Jsou vaše výsledky v souladu s pracemi jiných autorů?

### **Závěr:**

Předložená disertační práce shrnuje výsledky autorem provedeného studia možnosti plazmochemického zušlechťení celulózových vláken a jejich následného užití při výrobě termoplastových kompozitů. Práce obsahuje mnohé zajímavé podněty, které však vyžadují hlubší analýzu. Přesto lze konstatovat, že doktorand prokázal schopnost samostatné vědecké práce a že jeho disertace obsahuje původní vědecké výsledky.

Práci doporučuji po zodpovězení doplňujících otázek uznat jako disertační a po úspěšné obhajobě pak doporučuji Mgr. Černému udělit titul Ph.D.

Praha 27.1.2018

341

## Plazmochemické úpravy za účelem funkcionalizace povrchu

**Autor:**

Mgr. Pavel Černý  
Fakulta strojní, Technická univerzita v Liberci

**Školitel:**

prof. RNDr. Petr Špatenka, CSc.  
Fakulta strojní, Technická univerzita v Liberci

**Recenzent:**

doc. Ing. Dora Kroisová, Ph.D.  
Fakulta strojní, Technická univerzita v Liberci

Předložená disertační práce pana Mgr. Pavla Černého se zabývá aktuální a perspektivní problematikou funkcionalizace povrchu.

Cílem práce bylo zvolit vhodnou metodu pro ošetření celulóзовých vláken, navrhnout a sestavit experimentální zařízení, optimalizovat procesní parametry pro povrchovou úpravu těchto vláken s cílem využít je v kompozitních materiálech s polypropylenovou maticí, navrhnout vhodnou metodiku prokázání povrchové úpravy vláken a připravit vzorky kompozitních materiálů z uvedených upravených materiálů a stanovit jejich základní mechanické parametry s ohledem na kvalitu mezifázového rozhraní.

Práce je rozsáhlá (142 stran) a je rozdělena na Úvod, 1 Teoretickou část, 2 Užité materiály a metody řešení, 3 Přehled dosažených výsledků, Zhodnocení dosažených výsledků, Závěr, Návrhy pro další směřování výzkumu, Seznam použité literatury, Seznam publikovaných prací a Projekty a granty.

Následující hodnocení předložené disertační práce je provedeno dle Studijního a zkušebního řádu Technické univerzity v Liberci ze dne 19. dubna 2017.

1) Zhodnocení významu disertační práce pro obor

Práce má interdisciplinární charakter, autor se nejen kvalifikovaně věnuje aktuální problematice kompozitních systémů s termoplastovou maticí plněných vláknou přírodního původu, ale je také autorem návrhu funkčního zařízení pro plazmovou funkcionalizaci povrchu organosilanovými skupinami, které následně sestavil. Výsledky získané v rámci této disertační práce jsou nejen na dobré mezinárodní úrovni (viz publikační aktivity autora), ale mají také vysoký potenciál praktického využití.

2) Vyjádření k postupu řešení problému, použitým metodám a splnění stanoveného cíle  
Návrh postupu ukazuje na autorovu znalost široké problematiky, která byla v práci řešena, použité metody byly zvoleny vhodně, vytčených cílů bylo dosaženo.

3) Stanovisko k výsledkům disertační práce a významu původního přínosu autora disertační práce

Za nejvýznamnější výsledek této práce považuji navržení, optimalizaci a ověření jednoduché technologie hydrofobizace hydrofilního materiálu. Význam tohoto autorova přínosu spatřuji v možnosti snížení množství sloučenin fluoru v životním prostředí.

4) Vyjádření k systematičnosti, přehlednosti, formální úpravě a jazykové úrovni disertační práce

Práce má logickou stavbu, je přehledná, vysvětlující, čtivá, formální úprava je na vysoké úrovni. V práci je minimum pravopisných chyb a překlepů.

5) Vyjádření k publikacím studenta

Mgr. Černý je spoluautorem 6 publikovaných prací. Jedná se o 1 článek v impaktovaném časopisu, o 3 příspěvky ve sbornících a 2 posterová sdělení na prestižní mezinárodní konferenci.

6) Jednoznačné vyjádření oponenta, zda doporučuje nebo nedoporučuje disertační práci k obhajobě

Tématika práce je aktuální a zajímavá a dosažené výsledky mají vysoký potenciál následného využití v řadě aplikací. Z pečlivého zpracování a kultivovaného projevu lze usuzovat na vědecké a pedagogické předpoklady Mgr. Černého. Předloženou práci **doporučuji k obhajobě**.

K práci mám následující dotazy a připomínky. Po jejich zodpovězení a úspěšné obhajobě doporučuji udělení akademického titulu Ph.D.

- 1) Vyjádřete se prosím k finanční náročnosti plazmové modifikace celulózových vláken v případě dosažení nejlepších uvedených parametrů pro Vámi udávané množství vsázky. Je reálné převést tento způsob modifikace povrchů do technické praxe?
- 2) Bylo by technicky možné provádět daný způsob modifikace také pro vlákna jiných rozměrů, respektive vlákna delší?
- 3) V práci uvádíte, že funkcionalizace povrchu celulózových vláken je úpravou stabilní (100 dní). Byla v rámci Vaší práce nebo i mimo ni prováděna nějaká další hodnocení, která by se stabilitou této úpravy dále zabývala?



doc. Ing. Dora Kroisová, Ph.D.

## Recenzní posudek na doktorskou disertační práci

*Mgr. Pavel ČERNÝ*

### **PLAZMOCHEMICKÉ ÚPRAVY ZA ÚČELEM FUNKCIONALIZACE POVRCHU**

Předložená disertační práce se zbývá velice zajímavou tématikou plazmochemických úprav povrchů plniv na bázi celulózy a polypropylenové polymerní termoplastické matrice za účelem jejich funkcionalizace.

Cílem práce bylo vyvinout a optimalizovat proces funkcionalizace práškové celulózy silanovými skupinami v nízkotlakém mikrovlnném plazmovém výboji a následně vyrobit kompozitní materiály obsahující tuto celulózu. U ošetřené celulózy testovat smáčivost, morfologii a chemické složení povrchu, u vyrobených kompozitů pak zhodnotit rozložení a vliv plniva na výsledné tahové vlastnosti.

Práce je členěna celkem do jedenácti kapitol. Po krátkém úvodu následuje podrobná rešeršní část, v níž jsou uvedeny informace o kompozitních materiálech, jejich definice a základní vymezení včetně současné problematiky termoplastových kompozitů s přírodními vlákny, následovány kapitolami věnujícími se plazmě, plazmovým technologiím gliding arc a mikrovlnnému výboji a plazmové funkcionalizaci. Po rešeršní části následují explicitně stanovené cíle práce a kapitola věnovaná popisu použitých experimentálních metod. Vlastní dosažené výsledky jsou shrnuty v kapitole č. 3 a jejich zhodnocení je obsahem další kapitoly, po níž následuje Závěr, Návrh pro další směřování výzkumu, Seznam použité literatury a publikační a odborná činnost.

#### i. Zhodnocení významu disertační práce pro obor

Téma disertační práce je vysoce aktuální a použitá metodika odpovídá nejmodernějším trendům vědecké práce. Autor navrhl a zkonstruoval plazmovou aparaturu a provedl řadu experimentů, které směřovaly k posouzení vlivu funkcionalizace povrchu práškové celulózy silanovými skupinami v nízkotlakém mikrovlnném plazmovém výboji a následné výrobě kompozitů obsahující takto upravenou celulózu. Význam a přínosy předložené disertační práce pro obor jsou uvedeny autorem v porovnání vlastních výsledků s výsledky z odborné literatury v kapitole Zhodnocení dosažených výsledků. Z práce je tedy zřejmé, že bylo dosaženo výsledků srovnatelných nebo lepších.

#### ii. Vyjádření k postupu řešení problému, použitým metodám a splnění stanoveného cíle

Návrh postupu řešení problému má logickou strukturu stejně jako metody použité k dosažení vytčených cílů. Z výsledků práce je vidět, že autor je schopen navržené experimenty realizovat.

#### iii. Stanovisko k výsledkům disertační práce a významu původního přínosu autora disertační práce

Autor navrhl, sestavil a odzkoušel nízkotlakou mikrovlnnou plazmovou aparaturu pro funkcionalizaci povrchů různých materiálů. Následně celý proces optimalizoval pro plazmové ošetření povrchů vzorků z práškové celulózy za účelem navázání silanových skupin ve směsi s parami hexametyldisiloxanu a provedl řadu měření, jejichž výsledky pak zpracoval a náležitě popsal.



iv. Vyjádření k systematičnosti, přehlednosti, formální úpravě a jazykové úrovni disertační práce  
Práce s pěknou grafickou úpravou je napsána velmi pečlivě s minimem překlepů. Při závěrečné redakci se přesto autor nevyhnul několika nevhodně zvoleným formulacím a drobným formálními chybám, jako např.: uvedené chemické vzorce a prvky v Seznamu zkratk (str. 7); nevhodné rozdělení materiálu disperzí (str. 17); nesprávně použitý termín teplota rozkladu celulózy (str. 26); chybný odkaz na vzorek v obrázku 3.17 (str. 79); nebo chybějící měřítko u mikrofotografií (str. 108). Tyto drobné formální nedostatky však nesnižují celkovou vysokou úroveň předložené práce.

v. Vyjádření k publikacím studenta  
Řada původních výsledků je mezinárodně srovnatelná o čemž svědčí publikace v mezinárodním časopise, v níž je Mgr. Černý uveden jako spoluautor a tři příspěvky ve sbornících, kde je prvním autorem.

vi. Jednoznačné vyjádření oponenta, zda doporučuje nebo nedoporučuje disertační práci k obhajobě  
Na závěr konstatuji, že předložená práce má vysokou úroveň a splňuje všechny požadavky na doktorskou disertační práci. Autor prokázal schopnost samostatné vědecké práce.

**Doporučuji proto práci k obhajobě.**

K vlastnímu obsahu práce mám následující dotazy:

- 1) Na str. 62 výsledek SEM pozorování – proč jste nezkusil zobrazit vzorky i v BSE modu? A podobně str. 80 – zvažoval jste použít EDX analýzu jako potvrzení dosažených výsledků z IR spektrofotometrie, když zde uvádíte cituji: „Deponovaná vrstva patrně obsahuje křemík,...“?
- 2) Závislost smáčivosti na výkonu budícího mikrovlnného zdroje (Tabulka 3.7, str. 85) – čím si vysvětlujete rozdíl v rychlosti vsakování u vzorků 22 a 23, tj.  $P_{MW} = 400$  a  $500$  W.
- 3) Vzhledem k výsledkům funkcionalizace celulózy, proč jste polarizoval polypropylenovou matici?

V Praze, 13.12.2017

  
Ing. Bc. Taťana Vacková, Ph.D.