

Oponentský posudek

na disertační práci Mgr. Jany Karpíškové

SYNTÉZA A FUNKCIONALIZACE UHLÍKATÝCH NANOMATERIÁLŮ PRO TKÁŇOVÉ INŽENÝRSTVÍ

Předložená multidisciplinární disertační práce se zabývá několika tématy, která všechna souvisí s přípravou a charakterizací nových materiálů obsahujících uhlíkové nanostruktury.

Prvním tématem je chemická funkcionalizace povrchu uhlíkových nanočástic (CNP) – oxidací vzniklé karboxylové skupiny jsou převedeny na karbonylchloridové a následně na amidoaminové reakcí s aminy různých struktur. Série takto připravených nanočástic byla charakterizována pomocí TEM, XPS, elementární analýzy, určen specifický povrch a distribuce velikosti pórů (BET) a pomocí DSC studována jejich termální stabilita.

Takto modifikované CNP byly pak vázány na argonovým plazmatem aktivované povrchy polyethylentereftalátu (PET) a polyethylenu s vysokou hustotou (HDPE). Takto upravené povrchy byly pak charakterizovány za využití XPS, zeta potenciálu, AFM, měření kontaktního úhlu. Byla také sledována adheze a proliferace buněk na površích těchto materiálů pro případné využití ve tkáňovém inženýrství. Dále byly CNP za využití rozprašování integrovány do nanovláken polykaprolaktonu (PCL) připravovaných elektrospinningem a vzniklý materiál studován pomocí SEM, určen jeho specifický povrch a určena jeho kompatibilita s buňkami (viabilita, proliferace) za využití fluorescenční mikroskopie. Dalším tématem disertační práce byla příprava mesoporézních uhlíkových částic za využití metod soft- a hard-templatingu, chemická funkcionalizace (amidoaminové skupiny) a charakterizace jejich povrchu.

Práce je psána v anglickém jazyce, čtivě a srozumitelně. Po formální stránce dodržuje obvyklou strukturu. Úvodní přehled problematiky informuje o tkáňovém inženýrství a využití různých typů materiálů založených na uhlíku v této oblasti. Celkově práce obsahuje více než 200 relevantních literárních odkazů. V části Výsledky a diskuze pak popisuje výsledky ve výše uvedených oblastech, z nichž řadu je možné považovat za přínosné pro daný obor. Nechybí ani experimentální část s podrobnými popisy provedených experimentů, shrnutí výsledků, a seznamy zkratk a literatury.

Doktorandka je spoluautorkou čtyř publikací v impaktovaných časopisech. Objem práce, kterou odvedla, lze jistě považovat za dostatečný a je nutné ocenit i množství metod, které byla schopná se naučit a použít při své práci.

Několik nedostatků, převážně formálního charakteru, bych ale chtěl vytknout. V části Results and Discussion je popis metod používaných pro modifikace povrchu uhlíkových materiálů, který by spíše patřil do části Theoretical part. Několikrát je použit nesprávný sumární vzorec persíranu amonného. Grafy pro „pore size distribution“ jsou uváděny se dvěma osami Y, přičemž ale křivka, pro kterou je určena levá osa (Cumulative pore volume), je uvedena pouze ve Fig. 10. Na str. 59 jsou odkazy na Fig. G a Fig. H, které ale nikde v textu nejsou.

K autorce disertační práce mám dále následující dotazy:

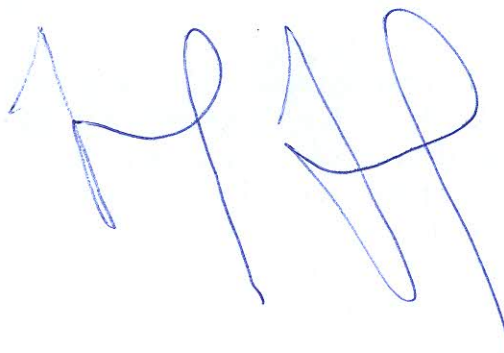
- Na straně 28 nazýváte konverzi karboxylové skupiny na karbonylchloridovou jako „chlorination“, což není úplně přesné. Jaké reakce se obvykle v organické chemii označují jako chlorace?

- Na str. 32 v tabulce 6 je uvedena přítomnost S či Cl na modifikovaném povrchu, i když už by tam tyto prvky být neměly. Byly prováděny nějaké pokusy o optimalizace používaných reakcí, aby tyto prvky byly zcela odstraněny? Lze očekávat nějaký negativní vliv přítomnosti těchto prvků (funkčních skupin) při interakci s buňkami?
- Z kolika měření jsou údaje uváděné v tabulce 6? Kolikrát byly obvykle i ostatní experimenty opakovány?
- Na str. 35, tabulka 9 – jaký byl vlastně cíl zde popisované optimalizace oxidace povrchu. Jaký obsah C je považován za optimální a proč? Jaké byly teploty nechlazených reakčních směsí a jaká byla laboratorní teplota, na kterou byla reakční směs chlazená u chlazených reakčních směsí? Proč se S objevuje v nechlazených vzorcích, na rozdíl od chlazených?
- Na str. 41 je uvedeno „the wettability ... also increased, which can be indicated from the increase in water contact angle“. Je to správně?
- Na str. 69, příprava 5.1.1. – je uvedeno použití „sodium hydrogensulfite ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$)“. Tento název ale neodpovídá tomuto vzorci. Co bylo skutečně použito?
- Na straně 73 je uvedeno použití „a drop of sulfuric acid“. Jaký byl skutečně použitý objem? Na čem závisí objem kapky?
- Jaké vidí autorka potenciální využití pro nanovlákná získaná elektrospinningem, studovaná v disertaci?

Závěrem lze konstatovat, že cílů disertační práce bylo dosaženo a výše uvedené připomínky zásadním způsobem nesnižují celkový přínos práce. Proto práci doporučuji k obhajobě.

V Praze, dne 26. 2. 2017

Doc. RNDr. Jindřich Jindřich, CSc.
KOCH PřF UK, Praha



Oponentský posudek doktorské disertační práce

Mgr. Jany Karpíškové

„Synthesis and Functionalisation of Carbon Nanomaterials for Tissue Engineering“

Obor: Aplikované vědy v inženýrství

Oponent: doc. Ing. Jakub Siegel, Ph.D.,

Ústav inženýrství pevných látek, Fakulta chemicko-technologická, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze

Disertační práce Mgr. Jany Karpíškové shrnuje výsledky vědecko-výzkumné činnosti autorky v oblasti přípravy, charakterizace a vyhodnocení biologických účinků (cytocompatibility, antibakteriálních účinků) širokého spektra nanomateriálů na bázi uhlíku. Jádrem disertační práce je snaha autorky o funkcionalizaci komerčně dostupných uhlíkových nanočástic amid-aminovými skupinami a následné navázání takto upravených částic na povrchy polymerních fólií (PTFE, HDPE) či jejich implementace do polykaprolaktonových nanovláken. Z hlediska koncepce předložené disertační práce lze výsledky z oblasti mezoporézních uhlíkatých materiálů považovat za okrajové, neboť v této oblasti autorka popisuje pouze metodiku přípravy a charakterizaci těchto materiálů bez vyhodnocení připravených struktur v oblasti jejich biologické aktivity.

Obsah disertační práce sestává celkem z 9 kapitol (6 kapitol nosného textu a 3 doprovodné kapitoly odkazující na zkratky, reference a publikační aktivity autorky). V rešeršní části práce autorka velmi přehledně shrnuje současnou míru poznání v oblasti vývoje perspektivních uhlíkových nanomateriálů, podrobně diskutuje možné mechanismy buněčné adheze a dokladuje široký aplikační potenciál těchto materiálů. Teoretická část práce tak působí velmi kompaktním dojmem a připravuje výborný podklad pro samotnou výsledkovou část. Struktura disertační práce se ovšem poněkud vymyká zvyklostem řazení kapitol u závěrečných prací v technických oborech. Poukazují zejména na fakt, že experimentální část práce je uvedena až v závěrečné 5. kapitole, což na čtenáře působí poněkud matoucím dojmem, neboť nemá ucelenou představu o přípravě struktur, jejichž vlastnosti jsou v předchozím textu podrobně diskutovány. Tato skutečnost pak vede i k jistému zdvojení informací, kterých se čtenáři dostává např. v úvodu kapitoly 4 (Results and discussion), jelikož se autorka logicky snaží čtenáři přiblížit základní sled jednotlivých kroků chemické modifikace uhlíkových nanočástic.

Jazyková úroveň práce je velmi vysoká s minimem překlepů a formálních nedostatků. Grafická úroveň obrázků je dobrá, avšak v mnoha případech je nevhodně voleno měřítko os u grafů, což zásadním způsobem znesnadňuje ověření některých tvrzení autorky. Zejména v případě křivek distribuce velikosti pórů (Obr. 26, 31, 34-36) by bylo účelné logaritmické měřítko osy x. Z hlediska úpravy textu je neobvyklé, aby se popis nacházel pod tabulkou. Přestože autorka zařadila kapitolu 7 (Abbreviations), vyskytují se v textu zkratky, které nejsou explicitně vysvětleny ani v textu ani v seznamu zkratek (např. OEA, str. 34) a čtenář si je musí domýšlet z kontextu. Nejpalčivějším překlepem je chybně uvedený vzorec peroxidisíranu amonného na str. 28 a str. 30. Za nešťastné lze považovat formátování kapitoly použité literatury. Absence odsazení mezi jednotlivými tituly naprosto znemožňuje orientaci v seznamu.

Publikační činnost autorky zahrnuje 4 práce v impaktovaných časopisech, 1 práci v neimpaktovaném časopise, dále 6 ústních sdělení a postery, což lze v kontextu ostatních uchazečů

považovat za mírně podprůměrný až průměrný výsledek. Za zmínku stojí, že uchazečka není hlavní autorkou ani jedné publikace.

K předložené práci mám několik připomínek a dotazů:

1. Pro čtenáře by bylo velmi užitečné, kdyby autorka poskytla průběh adsorpčně-desorpčních izoterm u CNPs, případně jejich funkcionalizovaných derivátů.
2. Je známo, že v případě průběhu adsorpčně-desorpční izotermy (ADI) odpovídající typu H2 je struktura tvořena tzv. neuspořádanými póry s náhodnou orientací a tvarem. Autorka ovšem tvrdí, že při výpočtu distribuce velikosti pórů metodou DFT použila jako nejvhodnější model tzv. nezávislého, cylindrického tvaru pórů. Co ji vedlo k tomuto zjednodušení? Nemohla být takto získaná data zatížena velkou chybou?
3. Vzhledem k hystereznímu typu ADI H2 a typu pórů v CNPs je vhodnější použít pro výpočet objemu pórů spíše než BJJ model, metodu spinodální kondenzace NLDFT. Navíc, autorkou vypočtená data objemu pórů mohou být silně zkreslena, neboť BJJ model je obvykle aplikován na data z desorpční části větve hysterezní křivky, naopak NLDFT model spinodální kondenzace využívá data z větve adsorpční (data z desorpční části ADI lze oprávněně použít pouze v případě metody rovnovážného přechodu NLDFT, ta však v tomto případě vhodná nejsou, protože u neuspořádaných materiálů vykazujících hysterezní typ H2 data z desorpční větve hysterezní křivky s velikostí pórů nekorelují). Minimální rozdíl mezi výsledky získanými metodou NLDFT z desorpční a adsorpční části křivky existuje pouze při výpočtech aplikovaných na data hysterezního typu H1. Co vedlo autorku k aplikaci modelu BJJ při výpočtu velikosti pórů CNPs? Je správné aplikovat tento model na vysoce neuspořádaný materiál typu CNPs? Jaká data byla při výpočtech velikosti pórů metodou BJJ použita, z desorpční či adsorpční části adsorpčně-desorpční izotermy?

I přes drobné výhrady a připomínky lze konstatovat, že cíle disertační práce byly naplněny a autorka prokázala dobrou orientaci v problematice přípravy a charakterizace pokročilých materiálů na bázi uhlíku aplikovatelných v tkáňovém inženýrství.

Závěrem konstatuji, že předložená disertační práce Mgr. Jany Karpíškové je přínosem k rozvoji poznání v oblasti studia uhlíkových nanomateriálů. Disertační práci **doporučuji k obhajobě**.

V Praze 1. 2. 2017



doc. Ing. Jakub Siegel, Ph.D.