

# OPONENTSKÝ POSUDEK DISERTAČNÍ PRÁCE

**Autor: Mykhailo Vaidulych**

**Název práce: Plasma treatment of porous structures**

Oponent: Prof. RNDr. Milan Tichý, DrSc.

Doktorská disertační práce Mykhailo Vaidulycha přispívá k pochopení procesů probíhajících při modifikaci porézních materiálů pomocí nízkoteplotního plazmatu. Porozumění těmto procesům je nezbytné pro úspěšné zvládnutí problémů spojených s aplikací těchto plazmatických technologií do praxe. V práci jsou rozebírány dva hlavní přístupy: nanášení funkčních nanokompozitních vrstev a plazmové leptání. Nanokompozitní vrstvy se uplatnily na filtračních membránách, které mají vysoký rozsah smáčivosti. Práce studuje vliv depozičních parametrů, například magnetického pole nebo rychlosti depozice, na smáčivost membrán, do kterých jsou komponovány měděné částice pro antibakteriální účinek. V rámci druhé části disertace je studováno anizotropní plazmové leptání v atmosféře argonu, kyslíku nebo dusíku, zejména nanokompozitních vrstev Ag/a-C:H.

Depoziční proces a deponované vrstvy studoval disertant pomocí širokého spektra metod: využil krystalový systém QCM pro měření rychlosti depozice a optickou emisní spektroskopii (OES) pro studium průběhu depozice. Vlastní vrstvy byly studovány mikroskopií atomárních sil (AFM), řádkovacím elektronovým mikroskopem (SEM), transmisním elektronovým mikroskopem (TEM), rentgenovou fotoelektronovou spektroskopií (XPS), infračervenou spektroskopií (FTIR), spektrofotometrií v UV a viditelném oboru a elipsometricky. Smáčivost měřil autor metodou kontaktního úhlu a antibakteriální vlastnosti standardními mikrobiálními metodami. Během postgraduálního studia se proto disertant s těmito metodami seznámil, a byl schopen je ve své práci využít.

Cíle práce jsou jasně popsány na straně (vi) disertace. Hlavním cílem práce byl vývoj a aplikace metod využívajících nízkoteplotního plazmatu pro modifikaci povrchů porézních substrátů. To zahrnovalo výzkum v následujících oblastech:

- (i) studium depozice nanokompozitních vrstev kov/polymer metodami PECVD s ohledem na růst kovových nanočástic v systému umožňujícím agregaci částic (gas-aggregation source, GAS).
- (ii) Vývoj multifunkčních nanokompozitních vrstev s řízenou smáčivostí od superhydrofobní po superhydrofilní.
- (iii) Studium vlivu plazmového leptání nanokompozitních vrstev kov/polymer na jejich chemické složení, strukturu a antibakteriální vlastnosti.
- (iv) Implementace super-smáčivých nanokompozitů na porézní textilie s potenciální aplikací v oboru purifikace vody od olejových příměsí, a v biomedicíně.

Hodnocená písemná zpráva obsahuje celkem 5 částí a dále seznam literatury, seznam použitých zkratk, a seznam publikací se spoluautorstvím disertanta. V úvodu jsou definovány porézní materiály a jejich úprava v nízkoteplotním plazmatu. Ve druhé části je čtenář uveden do problematiky magnetronové depozice včetně PECVD, reaktivního iontového leptání (reactive ion etching, RIE) a tvorby nanočástic pomocí agregačního zdroje GAS. Diskutují se vlastnosti nanokompozitních vrstev a jejich aplikace při purifikaci vody a v biomedicíně. Použité experimentální metody jsou uvedeny ve třetí kapitole. Čtvrtá část předkládá čtenáři výsledky práce. V páté části, závěru práce, autor shrnuje výsledky disertace.

Následuje seznam literatury a přehled publikací disertanta v recenzovaných časopisech a na konferencích.

I když disertant přímo nespecifikuje části, za které byl v jednotlivých tématických úkolech zodpovědný, předpokládám, že to byla zejména experimentální práce, tj. sestavení experimentu a získání kvalitních experimentálních dat. Jednotlivým motivem disertace jako celku je tedy přispění k pochopení fyzikálních případně chemických procesů probíhajících v uvedeném systému při depozici zvolených vrstev a kvalitativní vysvětlení jejich vlivu na vlastnosti deponovaných vrstev. Rozsah experimentální práce je veliký a z tohoto hlediska je třeba hodnotu disertační práce ocenit. Disertace má včetně seznamů literatury a publikací disertanta 116 stran, a text je doprovázen řadou obrázků a jednou tabulkou. Seznam literatury má 136 odkazů.

Cílem disertace bylo akumulovat co největší množství experimentálních dat v širokém rozsahu experimentálních podmínek a využít je pro charakterizaci procesů probíhajících jednak ve výboji, jednak na povrchu substrátu při depozici nanokompozitních vrstev. Byla využita řada výše uvedených diagnostických metod, se kterými se disertant musel seznámit a naučit se je aktivně využívat. Během práce na úkolech disertace zvládl proto Mykhailo Vaidulych široké spektrum metodik měření jak parametrů depozičního procesu, tak i vytvořených nanokompozitních vrstev.

Studované plazmové procesy i vlastnosti deponovaných vrstev, a zejména pak pochopení vzájemných vztahů mezi nimi mají značnou perspektivu uplatnění v praxi. Nicméně nejen proto má disertace značný význam pro studovaný obor. Disertant v rámci svého postgraduálního studia sestavil dobře fungující aparaturu, provedl množství měření, a zpracoval a interpretoval výsledky experimentů. Prokázal tak, že je schopen porozumět vybraným fyzikálním mechanismům, které probíhají ve studovaných plazmatických a chemických procesech. Přitom je třeba vyzdvihnout pečlivost a systematičnost, s jakou disertant experimenty prováděl, a přehlednost, s jakou prezentoval experimentální výsledky.

Práce je psána v anglickém jazyce uspokojivé kvality. Obsahuje obecný úvod, cíle práce, tři hlavní kapitoly vtahující se k uvedeným třem tématům, závěr, seznam publikací disertanta a abstrakt. Závěr obsahuje diskusi dosažených výsledků ve vztahu k vytýčeným cílům. Disertant přiložil do práce seznam publikací se svým spoluautorstvím, které se k disertaci vztahují; na první pohled je tak zřejmé, že věnoval svému postgraduálnímu studiu značné úsilí, které bylo korunováno publikační aktivitou. Ze seznamu je zřejmé, že disertant je prvním autorem tří publikací v zahraničních impaktovaných časopisech, a spoluautorem dalších 10 publikací. Spolu se třemi články ve sbornících mezinárodních konferencích a 8 konferenčními prezentacemi je možné konstatovat, že publikační aktivita Mykhailo Vaidulycha uvedená v disertaci překračuje požadovaný standard.

Disertace je orientována z velké části experimentálně. Jsou popsány experimentální systémy, principy použitých diagnostických metod, a podmínky a způsob provádění experimentů. Z popisu je zřejmá snaha disertanta o dokonalost a čtenář tak získává dojem, že předkládaná data byla získána s patřičnou péčí. Rovněž mohu konstatovat, že jsem v písemné zprávě našel jen několik málo překlepů, resp. gramatických chyb; i to svědčí o pečlivosti a zodpovědnosti autora i z hlediska formální úpravy práce.

Disertační práce má široký záběr a autor se v ní musel seznámit s řadou experimentálních metod, nastudovat množství specializované literatury, a získat praktické experimentální dovednosti. Ze všech těchto hledisek je nutné práci autora hodnocené doktorské disertační práce ocenit.

K hodnocené práci mám následující připomínky/dotazy:

1. Prosím, aby disertant stručně specifikoval svůj příspěvek v pracích, kde není uveden jako první autor.
2. Str. 31: Jaká byla agregační délka pro depozice nanočástic?
3. Str. 61-62: Jaká je vaše představa o teplotě nanočástic v oblasti plazmatu a její vliv na proces růstu?
4. Str. 69: „The films prepared at the power of 90 W revealed poor adhesion to the glass or Silicon substrates due to the high compressive stress of hard coatings, as it was already reported elsewhere [116]. Therefore, the power of 30 and 70W was chosen for the matrix deposition...” Prosím o názor disertanta, zda a případně jak by bylo možné zlepšit adheze povlaku k substrátům? Podle kapitoly 3.1.4. byly vrstvy byly naprášeny také na Ti destičky (Ti disc). Jaká byla adheze v tomto případě?
5. Str. 90: „... functionalized fabric placed into the water/oil mixture effectively repels water from its surface, whereas silicone oil easily penetrates into the structure.” Jaká je rychlost procesu selektivní absorpce pro různé typy olejů?
6. Str. 95: „... the same membrane was used for the filtration of benzene, n-hexane, sunflower oil/water mixtures for 10 separation cycles each ...” Jaký je potenciální účinek dlouhodobého působení vody na vlastnosti membrány?
7. Str. 104: Jsou membrány vhodné pro filtraci emulze voda/olej?

Závěr:

Disertaci Mykhailo Vaidulycha hodnotím jako kvalitní. Není pochyb o tom, že během postgraduálního studia vykonal velký kus experimentální práce a přispěl tak významně k rozvoji poznání ve studovaném vědním oboru. Publikáční aktivita disertanta překračuje požadovaný standard. Disertaci Mykhailo Vaidulycha „Plasma Treatment of Porous Structures“ proto doporučuji k obhajobě.

V Praze, dne 10. listopadu 2019

Prof. RNDr. Milan Tichý, DrSc.