

Posudek doktorské disertační práce

Doktorská disertační práce **Ing. Jana DOLINY** se zabývá modifikací membrán s využitím nanotechnologií. Disertační práce v rozsahu 190 stran, vedle literární části, je rozdělena do čtyř částí, z nichž každá část je dělena na úvod, experimentální část, výsledky a diskuze a závěr.

Doktorská práce je zaměřena na povrchovou modifikaci komerčních ultrafiltračních membrán nanovláknennou vrstvou a na úpravu polyethersulfonových ultrafiltračních membrán s tzv. smíšenou matrací. Modifikace ultrafiltračních membrán spočívala jednak v difuzi iontového stříbra a jejich následnou redukci a tepelnou stabilizaci, jednak v imobilizaci nanočástic stříbra do polyethylen-iminové membrány a také v tepelně-tlakové laminaci nanovláknenné vrstvy s obsahem nanočástic stříbra.

Problém vyplavování stříbra z polyuretanových nanovláken byl řešen optimalizací podmínek přípravy, zejména volbou hodného prekursoru nanočástic stříbra, což vedlo ke zlepšení antimikrobiálních vlastností nanovláknenné vrstvy. Modifikace membránového povrchu nanovláknennou vrstvou způsobila pokles zanášení ultrafiltračních membrán, což je významné pro použití modifikovaných membrán při filtraci vod s obsahem organických látek a mikroorganismů. Při přípravě polyethersulfonových membrán se smíšenou matricí byl, kromě nanočástic stříbra, zkoumán také vliv přídavku nanočástic oxidu měďnatého a disperzních nanočástic oxidu titaničitého s přídavkem stříbra v polymerní matici na zanášení membránového povrchu.

Výsledky disertační práce přispívají k rozšíření aplikačních možností kompozitních a modifikovaných membrán při čištění odpadních vod díky snížené adhezaci organických látek i mikroorganismů vyvolané antimikrobiálních vlastností nanočástic stříbra.

Literární část práce je rozsáhlá a pečlivě vypracovaná. V rámci této disertační práce byl vykonán velký objem experimentálních prací se zajímavými výsledky. Doktorand je autorem nebo spoluautorem několika prací v impaktovaných časopisech, výsledky prezentoval také na několika tuzemských i zahraničních konferencích. Participoval také na několika projektech v oblasti membránové separace a nanovláken.

K vlastní práci nemám žádné podstatné připomínky. Rozsahem i obsahem rozhodně splňuje požadavky doktorské disertační práce. Mám jen několik dotazů. Jaká je stabilita takto modifikovaných komerčních ultrafiltračních membrán z hlediska jejich transportních vlastností? Bude v tomto výzkumu pokračováno? Uvažujete o použití těchto membrán také v jiné oblasti separačních procesů, např. při separaci par organických par nebo směsi plynů?

V posledních letech dochází v prudkém rozvoji a použití membránových separačních procesů, takže i z tohoto pohledu je předložená disertační práce velmi aktuální. Obecně jsou nanotechnologie předmětem velkého zájmu v celé řadě oborů. Doktorand svou prací prokázal schopnost samostatné vědecké práce.

V souladu se článkem 22, odstavce 3, Studijního a zkušebního řádu Technické univerzity v Liberci **d o p o r u č u j i** tuto doktorskou disertační k obhajobě.

V Praze 3.ledna 2017


Doc. Ing. Milan Šípek, CSc.

**Oponentský posudek disertační práce Ing. Jana Doliny
„Modifikace membrán s využitím nanotechnologií“**

Předložená disertační práce se věnuje experimentálnímu ověření možností modifikace stávajících membránových struktur postupy užívanými v nanotechnologiích. Příprava hybridních membránových struktur je současným vývojovým trendem vedoucím k novým materiálům a jejich aplikací k výkonným membránovým separacím, často s kumulovaným účinkem katalyzované chemické reakce. Takovým systémům je předpovídaná významná perspektiva v rámci ekologického pojetí výrobních technologií i ochrany životního prostředí. Jednou z podstatných zábran jejich aplikačního rozvoje je právě nedostatečné zpracování chemických a fyzikálních souvislostí transportu látek multifunkční membránou.

Textová část disertační práce je zpracována netradičním způsobem, jednotlivé tématické celky jsou uvedeny v 5-ti částech jako oddělené samostatné studie zahrnuté do řešení komplexního membránového projektu. Společná vstupní charakteristika cílů práce přehledně charakterizuje záměr autora, literární část podává základní informace o membránové problematice i nanotechnologiích a o materiálech a jejich funkci v přípravě separačních membrán pro tlakové membránové procesy. Pozornost je věnována antibakteriálním úpravám membrán zajišťujícím ochranu povrchu membrán při zpracování biologických substrátů. Obsah této části práce odpovídá záměru autora upravit separační vlastnosti mikrofiltračních nebo ultrafiltračních membrán pro efektivní zpracování odpadních vod.

Experimentální i výsledkové kapitoly jsou souhrnem velkého množství údajů charakterizujících vlivy jednotlivých modifikačních přístupů na fyzikální strukturu a aplikační vlastnosti připravených membrán. Jednotlivé části na sebe navazují v logickém postupu ke konečné membráně se smíšenou maticí připravované v jednom výrobním kroku bez následných modifikačních reakcí. V prvním sdělení byly ultrafiltrační komerční membrány modifikovány laminací polyurethanových nanovláken s obsahem stříbra. Uvolňování stříbra z připravených kompozitů vedlo ke studiu metod jeho depozice v membránové struktuře v následující druhé části studie. Chelátová struktura behenátu stříbrného v polyurethanových nanovlákních prokázala vysokou odolnost proti vyplavování stříbra. Třetí část studie je věnována přípravě nanovláknenné kompozitní mikrofiltrační membrány a porovnání všech měřených charakteristik s komerčními vláknennými mikrofiltry. Výsledky ukazují na perspektivu jejich využití v bioreaktorech. Zmenšení kontaminace ultrafiltračních membrán povrchovým zanášením řeší čtvrtá část studie zaváděním nanočástic stříbra do profilu membrány. Některé výsledky naznačují zlepšené průtokové charakteristiky modifikovaných membrán i v porovnání s použitím nanovláken. Poslední rozsáhlá část studie (60 stran) je věnována možnosti přípravy hybridní membrány obsahující nanočástice, s dobrými antimikrobiálními vlastnostmi i zvýšenou hydrofilitou, odolné biologickému zanášení. Byly testovány membrány s obsahem již studovaných i komerčních nanočástic připravené inverzí fází, tedy průmyslově zvládnutou výrobní technologií. Minimální uvolňování přidaných látek a snížené biologické zanášení spojené s dobrou antimikrobiální charakteristikou při použití nanočástic CuO a TiO₂-Ag předurčuje tyto materiály k dalšímu studiu i využití.

Volba tématu a stylu disertační práce, navzdory kvalitnímu a rozsáhlému zpracování, vyvolává některé otázky či připomínky převážně diskusního charakteru. Úvodní popis membránových procesů (str.2) a do jisté míry i nanotechnologií považuji za základní informaci, která by mohla být zřejmá všem absolventům vysoké školy chemického směru. Specifikace současného stavu výzkumu multifunkčních membrán i separací biologického

substrátu je uvedena v úvodu jednotlivých částí a práce tak postrádá ucelený náhled na problematiku separací biologicky kontaminovaných odpadových vod. S tím souvisí i citace literárních odkazů k jednotlivým částem, která se stává v celkovém pojetí problému nepřehlednou. Experimentální i výsledková kapitola je u všech částí studie podrobně popsána a použité hodnotící metody odpovídají současným potřebám výzkumu funkcionalizovaných membrán. Texty vycházejí z recenzovaných prací publikovaných v impaktovaných časopisech a jsou zpracovány přehledně s dobře formulovanými závěry. V práci je zavedena terminologie „drsň“, „hrubý“ povrch membrány v diskuzi propustnosti membrán. Není podstatným faktorem ovlivňující tok membránou polarita vytvářené vrstvy na povrchu membrány a detekované AFM mikroskopií? V poslední části studie je v kapitole 3.5 (str.141) zmíněna referenční poresní (0,2 μ m) membrána na bázi Nylonu. Je známa její bližší specifikace?

Závěry disertační práce jsou poslední částí předložené práce. Vycházejí z dílčích závěrů řešených problémů v částech studie I – V. Byly potvrzeny zlepšené aplikační vlastnosti membrán a je posouzena i perspektiva dalšího vývoje či využití modifikovaných membrán. Dosažené hodnoty jsou v souladu s obecnými poznatky a autorem zvolený přístup řešení je možné akceptovat.

Disertační práci Modifikace membrán s využitím nanotechnologií Ing. J. Doliny jsem prostudoval a doporučuji její obhajobu v rámci doktorského studijního programu Technické university v Liberci.

V Praze dne 5. ledna 2017



Ing. Miroslav Bleha, CSc.