

OPONENTNÍ POSUDEK DISERTAČNÍ PRÁCE

Student: **Ing. Nikola Mikušová**
Oponent: **prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.**
Téma: **The influence of surface properties of materials on biofilm formation**

Povrch je pohledem materiálové vědy místo, které je fázově odděleno od svého okolí a dochází na něm tudíž k interakci dvou rozdílných materiálů, nebo materiálu a okolního prostředí, případně materiálu s živými organismy, přičemž v mnoha případech se jedná o kombinaci těchto jevů. Studium povrchových vlastností polymerních materiálů, resp. v širším pojetí studium fázových rozhraní makromolekulárních látek a jevů s nimi spojených má svou zřejmou pozici na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně, která je dokumentována výraznou publikační stopou v renomovaných impaktovaných časopisech. Předložená disertační práce Ing. Nikoly Mikušové toto široké téma vhodně rozvíjí. Předmětem jejího studia se stala povrchová interakce polymerních materiálů s mikroorganismy. Právě osídlování polymerních povrchů mikroorganismy představuje limit pro mnoho aplikací, ať už se předvídatelně jedná o výrobky vystavené kontaktu s živočišnou tkání, kde právě povrch může představovat kritické místo infekce, nebo běžné výrobky, kde povrch osídlený mikroorganismy ztrácí svou barvu, výrobek průhlednost či dlouhodobou odolnost vůči stárnutí. Mikroorganismy přitom mají schopnost na povrchu tvořit tzv. biofilm, který z pohledu stavby a hierarchie představuje komplexní společenství schopné přežít i v podmínkách, které by pro izolované bakterie představovaly limitní překážku pro život.

Členění disertační práce je tradiční – obecný úvod následuje teoretická část, poté formulace cílů a záměrů, dále pak experimentální část, výsledky a diskuse a vše je shrnuto v závěru, včetně přínosu pro vědecké poznání a praxi a dalšího možného směru rozvoje studované oblasti. Vyjma českého abstraktu je práce napsána v jazyce anglickém, a to na velmi dobré úrovni s nízkým výskytem překlepů, gramatických chyb a neobratných formulací. Co se grafického zpracování týče, nelze se vyhnout kritice obrazového doprovodu textu. Jednotlivé obrázky jsou zpravidla velmi špatně čitelné, a zdaleka ne vždy napomáhají celkovému pochopení textu.

Teoretická část je rozdělena do tří celků. První je věnován polymerním materiálům, přičemž zvláštní pozornost je zaměřena na vodivé polymery, jejich syntézu a vlastnosti, dále pak antikorozivní vlastnosti polymerních materiálů a povrchové úpravy, které tyto vlastnosti mohou vylepšit a konečně na modifikaci vodivých polymerů, ať již chemickou nebo fyzikální cestou. Druhý celek se věnuje biologickým vlastnostem polymerních materiálů a logicky přináší důkladný popis biofilmu, jeho struktury a tvorby, rozdílů mezi bakteriálním a fungálním a jeho odolnosti vůči rozličným prostředím a jevům. Poslední celek je zaměřen na povrchové vlastnosti materiálů, které ovlivňují tvorbu biofilmu, zejména pak na povrchovou energii, hrubost, topografii a strukturu. Celá teoretická část je napsána srozumitelně a řádně odcitována. Studentka jednoznačně dokázala, že se v dané problematice výborně orientuje a je schopna zkompilevat přehledný text.

V experimentální části je nejprve popsána syntéza polyanilinových filmů a jejich modifikace chemickou cestou či plazmatem, poté příprava polymerních povlaků a nanostrukturovaných povrchů na bázi oxidu titaničitého. Další text se věnuje charakterizačním metodám fyzikálně-chemických a biologických povrchových vlastností materiálů. Tato část je sepsána s vhodnou mírou detailu, který dává možnost jednotlivé experimenty jednoznačně zopakovat.

Kapitola přinášející samotné výsledky a diskusi je rozčleněna do čtyř logických celků, které korelují s publikační činností Ing. Nikoly Mikušové. První celek se věnuje tvorbě biofilmu na polyanilinových fóliích, které byly modifikovány jednak chemickou cestou, ale i plazmatem. Je zde dokladováno, že některé z chemických modifikací mohou výrazně snížit tvorbu biofilmu, zatímco plazmatická modifikace nepřinesla jednoznačné vylepšení. Druhý celek se týká polymerních povlaků a možnosti jejich úprav za účelem potlačení tvorby biofilmu, zejména aplikací pigmentů s vrstvou vodivých polymerů, čehož bylo v některých případech dosaženo. Třetí celek se zaměřuje na nanostrukturované povrchy na bázi oxidu titaničitého a jejich odolnosti vůči tvorbě biofilmu. Výsledky zde uvedené ukazují významné rozdíly, které respektují odlišnosti ve struktuře biofilmu. Poslední celek se věnuje metodologii, která byla v rámci disertační práce zavedena na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně.

Závěr práce přináší shrnutí hlavních výsledků, ale taktéž další perspektivy studia v dané oblasti, které studentka vidí zejména v nanostrukturovaných površích a jejich modifikaci pomocí vodivých polymerů.

K celé práci mám následující dotazy a komentáře:

1. Jelikož je podstatná část práce věnována elektricky vodivým polymerům, doporučuji, aby studentka při obhajobě fundamentálně popsala princip elektrické vodivosti u makromolekulárních látek.
2. Elektricky vodivé polymery, zejména polyanilin, jsou v práci popsány jako materiály mnoha výhod. Jejich limity jsou zde často shrnuty do jedné věty, případně zcela vynechány. V rámci obhajoby bych se rád dozvěděl i nevýhody těchto organických látek.
3. Na několika místech je v práci zmíněno, že tvorba biofilmu je podporována nepolárním (hydrofobním) charakterem povrchu. Z hlediska mezifázové adheze však velmi často nepolární charakter povrchu představuje nepřekonatelný limit. Ocením, pokud tento zjevný rozpor bude vysvětlen.
4. V případě chemicky modifikovaných polyanilinových fólií je odolnost vůči tvorbě biofilmu spojována s nízkou povrchovou energií. Ovšem povrchová energie referenčních povrchů z polypropylenu a polystyrenu je ještě nižší, přesto zde tvorba biofilmu probíhá. Můžete tento jev vysvětlit?
5. Poněkud rozpačitě působí kombinace dvou různých veličin popisujících stejný jev při charakterizaci povrchů. V některých výsledcích je použita povrchová energie, v jiných smáčivost či úhel smáčení. Studentka by při obhajobě měla vysvětlit vzájemný vztah mezi těmito veličinami.

Zmíněné dotazy a komentáře se nesnaží zpochybnit kvalitu předložené disertační práce, nýbrž pomoci studentce v přípravě obhajoby. Závěrem mohu jednoznačně konstatovat, že doporučuji přijmout práci k obhajobě.

Ve Zlíně, 10. 6. 2020

Roman Čermák