

Posudek oponenta disertační práce

Ing. Pavel Hrbáček: Vliv technologie výroby materiálů na jejich světelně technické vlastnosti

Studijní program P0788D270012 / Nástroje a procesy

Školitel: doc. Ing. Martin Vašina, Ph.D.

Oponent: doc. Ing. Ondřej Bílek, Ph.D.

Disertační práce Ing. Pavla Hrbáčka se zabývá komplexním hodnocením světelných charakteristik širokého spektra materiálových systémů – od konvenčních okenních skel přes 3D-tištěné polymerní desky až po nově navržené kompozity s matricí epoxidové či polyesterové pryskyřice plněné odpadní ovčí vlnou. Téma je nepochybně aktuální: propojuje požadavky udržitelnosti, cirkulární ekonomiky a energeticky úsporného denního osvětlení budov. Autor zvolil vědecky ambiciózní, avšak prakticky dobře využitelný cíl – poskytnout soubor měřených dat a ověřit jejich dopady pomocí simulací osvětlenosti interiéru.

Práce je koncipována jako monografie v logickém sledu – od abstraktu k závěru – a obsahuje všechny náležitosti disertačního textu. Oceňuji pečlivé formální zpracování s minimem typografických či stylistických chyb, promyšlenou hierarchii nadpisů a věcně komentované tabulky a obrázky. Domnívám se však, že kapitolám věnovaným základům fotometrie a popisu světelných veličin by prospělo dřívější umístění: v podobě jaké jsou, je vysvětlení klíčových pojmů rozptýleno mezi kapitolu „Současného stavu řešené problematiky“ a kapitolu „Teoretické části“, což místy narušuje souvislost textu.

Rešerše zahrnuje 79 zdrojů, z toho 40 k teoretickému rozboru. To představuje solidní základ, přesto bych vzhledem k rychlé evoluci aditivních technologií očekával hlubší diskusi nedávných prací vztahujících se k optickým vlastnostem FFF/FDM výtisků. Zvláště postrádám systematické shrnutí studií, jež kvantifikují vazbu mezi parametry tisku (teplota, výška vrstvy, tryska) a hodnotami prostupu či rozptylu světla. V textu se navíc opakovaně objevuje zkratka FDM; při akademickém psaní považuji za vhodnější používat obecné označení z open-source komunity FFF „*Fused Filament Fabrication*“.

Autor sestavil rozsáhlý soubor vzorků: dvanáct typů skel, různé perforované desky z PET-G, série FFF vzorků se dvěma tryskami a dvěma výškami vrstvy pro 3 materiály; dále kompozity EP/PES s až 5 hm.% ovčí vlny. Volba technik testování (měření propustnosti luxmetrem dle ČSN, průřezová mikroskopie, doplňkové simulace WDLS 5.0) odpovídá cílům práce.

Nicméně musím upozornit na dvě metodologické slabiny. Za první, výběr skleněných vzorků není podložen plánem experimentu; kombinace rozdílných tloušťek, povlaků a inertních plynů v komoře komplikuje srovnatelnost výsledků. Za druhé, u vícefaktorových studií (perforace vs. tloušťka, parametry tisku) by bylo žádoucí využít metodiku DOE – autor by tak získal kompaktnější model a mohl by statisticky testovat interakce faktorů.

Považuji za velmi cenné, že autor provádí násobná měření a uvádí chybu výsledku. Chybí však jasné vysvětlení, jak byl počet replik stanoven a jaké testy (ANOVA, t-test) byly použity k

posouzení významnosti rozdílů. U mikroskopického hodnocení vnitřních dutin tištěných vzorků by kvantifikace procentuální porozity umožnila nalézt korelaci mezi dutinami a absorbancí.

Za vyloženě přínosné pokládám napojení měřených optických parametrů na výpočet činitele denní osvětlenosti modelové místnosti. Uvítal bych však podrobnější popis softwaru, validaci zadaných reflexních parametrů povrchů, a především konzistentní volbu geometrie místností: jednotlivé podsoubory simulací (kap. 6.5.2–6.5.4) pracují s odlišnými dispozicemi, což ztěžuje přímé srovnání výsledků.

Disertace ovšem přináší několik originálních aspektů:

- komplexní databázi τ a α pro skla, polymerní deskové materiály a nové kompozity,
- jedno z prvních soustavných sledování vlivu parametrů FFF tisku na světelnou propustnost,
- využití odpadní ovčí vlny jako funkční příměsi k polotransparentním kompozitním panelům,
- demonstraci propojení experimentu a simulací denního světla v návrhové praxi.

Tyto výstupy považuji za relevantní pro stavební fyziku i pro komunitu aditivní výroby.

Naopak limitní se v práci jeví tyto skutečnosti:

- práce se zabývá pouze integrální propustností; spektrální měření by odhalilo barevné posuny a UV/IR selektivitu.
- problematika stárnutí materiálů je zmíněna pouze v perspektivách; doporučuji budoucí výzkum odolnosti vůči UV, vlhkosti a tepelným cyklům běžným vnějšmu prostředí.
- bezpečnostní aspekty (hořlavost, emise kouře) nejsou experimentálně ověřeny, což je klíčové pro reálné nasazení navržených kompozitních tabulí.
- ekonomické a energetické souvislosti výroby vzorků, zejména epoxidových systémů, zůstávají mimo rámec práce; stručná LCA analýza životního cyklu by zvýšila přesvědčivost „udržitelného“ tvrzení.

Na základě podrobné analýzy disertační práce Ing. Pavla Hrbáčka a výše uvedených připomínek oponenta se vymezují následující tematické okruhy, které by měl doktorand při obhajobě podrobně objasnit:

1. Jaké limity plnění ovčí vlnou předpokládáte z hlediska homogenity, adheze a výsledných optických vlastností kompozitu?
2. Můžete kvantitativně doložit významnost vlivu klíčových parametrů 3D tisku na propustnost (např. výška vrstvy vs. tryska) statistikou vyššího řádu?
3. Jak by navržené kompozitní výplně obstály při požárních zkouškách (ISO 9772, 9773, ČSN EN 13501-1 a jiné) a jaké retardéry by bylo třeba doplnit?
4. Vyhodnotil jste energeticko-ekonomickou bilanci výroby jednotlivých typů vzorků? Který z materiálů je z tohoto hlediska nejperspektivnější pro praxi?

Navzdory uvedeným nedostatkům považuji práci za poctivě provedené a tematicky významné dílo, jež rozšiřuje hranice poznání na rozhraní materiálového inženýrství, výrobních procesů a světelné techniky. Experimentální část přináší uživatelsky cenná data a simulační kontrola demonstruje bezprostřední přínos pro architektonickou a projekční praxi. Práce formálně splňuje požadavky Směrnice PD/01/2022 a Studijního a zkušebního řádu UTB ve Zlíně.

Dovoluji si **doporučit** disertační práci Ing. Pavla Hrbáčka k obhajobě a navrhuji udělení akademického titulu „doktor“ (Ph.D.), přičemž žádám, aby se doktorand při obhajobě vyjádřil k výše formulovaným otázkám a zvažoval navržená vylepšení v dalším výzkumu.

Ve Zlíně, 23. 5. 2025

doc. Ing. Ondřej Bílek, Ph.D.