

OPONENTSKÝ POSUDEK DIPLOMOVÉ PRÁCE

Autor práce: Bc. Jakub Mencl

Název práce: *Vývoj technologie pro zavádění kontinuální výztuže do 3D tištěných dílů za účelem jejich zpevnění*

Studijní program: Technologie výroby a zpracování polymerů

Vedoucí práce: Ing. Luboš Prokůpek, Dr.

Oponent: Ing. Jan Prokeš, Ph.D., Ředitel úseku vývoje a inovací, PREFA KOMPOZITY, a.s.

Na základě prostudování diplomové práce "Vývoj technologie pro zavádění kontinuální výztuže do 3D tištěných dílů za účelem jejich zpevnění" autora Bc. Jakuba Mencla, vypracovávám následující posudek:

Stručný popis práce:

Práce se zabývá koncepčním návrhem a realizací technologie pro zavádění kontinuální výztuže (skleněná a uhlíková vlákna) do dílů vytištěných 3D tiskem technologií FFF, za účelem zvýšení jejich mechanických vlastností. Díly předtištěné z PETG v nichž byly během tisku vytvořeny kanály, byly dodatečně vyztuženy kompozitem z uhlíkových vláken a epoxidové matrice. V rámci práce byl navržen, sestaven a odzkoušen celý systém, včetně jeho klíčových komponent (injekční pumpa, odvíječ, upínací systém aj.). Byly provedeny tahové zkoušky na vzorcích a porovnány vlastnosti s nevyztuženými díly.

Téma je vhodně zvolené, technicky náročné a má výrazný aplikační potenciál zejména v oblastech, kde je potřeba zvyšovat pevnost 3D tištěných dílů bez dramatického navýšení hmotnosti. Zvolený cíl práce je z pohledu aktuálních potřeb v oblasti aditivní výroby velmi relevantní. Autor zvolil komplexní přístup – od rešerše, přes návrh zařízení, jeho realizaci, až po praktické testování.

V Teoretické části jsou popsány hlavní 3D tiskové technologie a samostatné kapitoly jsou věnovány FFF technologii, kterou diplomant používá ve své práci a typům používaných termoplastických materiálů. Rovněž jsou popsány v současnosti známé metody vyztužování tištěných dílů a typy vyztužujících vláken. V Praktické části jsou pak popsány všechny použité materiály, koncept technologie vyztužování v paralelním nebo sériovém provedení, komponenty zařízení, příprava zkušebních vzorků a zkušební metody.

V části Výsledky a diskuze jsou popsány technické potíže a omezení, které byly zjištěny v průběhu vývoje technologie a výroby vzorků a ověřeny mechanické vlastnosti zkušebních těles. Diplomant zde rovněž uvádí řadu návrhů na další optimalizaci technologie.

Hodnocení metodiky a odborné úrovně

Práce přináší prakticky orientovaný přínos v oblasti postprocesního vyztužování 3D tištěných dílů, což je aktuální téma s průmyslovým potenciálem. Autor úspěšně provedl vývoj technologie od úplných základů do fáze „Proof of Concept“ včetně jeho realizace a testování na vzorcích, což je nad rámec běžných očekávání diplomové práce.

Autor pracuje s technologiemi FFF 3D tisku, kontinuální výztuží (uhlíkové a skelné vlákno), epoxidovou matricí a navrhuje vlastní postprocesní metodu zavádění výztuže. Metodika vývoje zařízení je logicky strukturovaná, výběr komponent a jejich konstrukce odpovídá požadovaným vlastnostem. Autor také reflektuje komplikace, které během vývoje nastaly, a návrh dále optimalizuje.

V praktické části kladně hodnotím nejen samotné testování, ale i způsob interpretace výsledků – srovnání vyztužených a nevyztužených vzorků pomocí tahové zkoušky, určení obsahu popela apod. Metodika je přehledná, experimentální část je detailně popsána, vývoj jednotlivých komponent je dobře dokumentován. Práce obsahuje i reálné problémy a komplikace při vývoji, což svědčí o praktickém přístupu autora.

Formální stránka a jazyk: Práce je po formální stránce velmi dobře strukturována, rozsáhlá, obsahuje ilustrace, tabulky i odkazy na literaturu. Jazyk je srozumitelný, technicky přesný a stylisticky na dobré úrovni.

Otázky pro obhajobu

1. Bylo uvažováno o možnosti integrace výztuže již během samotného 3D tisku, např. modifikací extruderu? Pokud ano, proč byla zvolena postprocesní metoda?
2. Má diplomant nějaké vysvětlení, čím byly způsobeny potíže při zavádění skleněných vláken? Ve srovnání s uhlíkovými vlákny, kde bylo zavádění úspěšnější.
3. Jaké jsou limity technologie z hlediska geometrie tištěného dílu (např. složitější vnitřní struktury, tenčí stěny nebo kanálky menšího průměru)?
4. Do jaké míry lze výsledky práce aplikovat na jiné typy termoplastů používaných v FFF tisku než PETG?
5. Jak by vypadalo škálování zařízení pro průmyslové využití? Jaké technické překážky je třeba překonat, kromě těch již uvedených v kapitole 3.6?
6. Jakým způsobem by bylo možné technologii modifikovat pro automatizované vyztužování složitějších (např. zakřivených) tvarů?

Celkové hodnocení

Práce je po odborné i technické stránce velmi kvalitní. Autor prokázal schopnost samostatně řešit komplexní úlohu, vyvinout funkční prototyp a ověřit jeho funkčnost. Výsledky mají potenciál dalšího rozvoje a aplikace v průmyslové praxi.

Doporučuji práci k obhajobě.

Navrhovaná klasifikační známka: A (výborně)

V Brně 21. 5. 2025


Ing. Jan Prokeš, Ph.D.