

Oponentský posudek disertační práce

Autor práce: Ing. Stefan Krebs
Téma práce: **VSTŘIKOVÁNÍ TERMOPLASTŮ VYZTUŽENÝCH KRÁTKÝMI SKLENĚNÝMI VLÁKNY – ANALÝZA ORIENTACE A HOMOGENIZACE VLÁKEN VE VÝSTŘIKU**
Školitel: doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D., IWE
Pracoviště: ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav strojírenské technologie

Odpovědi na předepsané body posudku:

- Stanovené cíle práce byly dosaženy.
- Rozbor současného stavu problematiky je dostatečný.
- V teoretické části práce je hlavním přínosem nalezení a aplikace metodiky stanovení orientace a distribuce vláken ve výlisku.
- Praktický přínos práce spočívá v prezentaci souvislosti tokových vlastností taveniny a mechanických vlastností výlisku, které je třeba brát v úvahu při konstrukčním a technologickém návrhu výrobku.
- Použité metody lze považovat za dostupné a vhodné pro řešení dané problematiky.
- Metody byly aplikovány v souladu s rozsahem jejich použitelnosti.
- Doktorand si osvojil dostatečné nové znalosti např. v oblasti reologie, které využil v rámci jeho specializace. Doktorand prokázal odpovídající znalosti v daném oboru.
- Formální stránka práce je její slabinou, nicméně jazykové nedostatky lze omluvit tím, že český jazyk není mateřským jazykem autora.

Věcná část posudku:

Disertační práce je zaměřena na studium příčin nehomogenní distribuce a natočení vláken v tavenině kompozitu termoplast-skleněná vlákna při procesu vstřikování do uzavřené formy. Cílem autora je poukázat a vysvětlit souvislost mezi anizotropními mechanickými vlastnostmi vyrobeného výlisku z kompozitu sestávajícího z termoplastu (konkrétně směsi polyamidů 6 a 66) a krátkých skleněných vláken (o hmotnostním podílu 30 %), a distribucí a natočením skleněných vláken ve výlisku. Ke stanovení rozložení vláken v objemu výlisku a statistickému vyhodnocení natočení vláken používá jak standardní techniky a metody pro tyto účely, tak měřicí metody převzaté či autorem upravené z jiných oblastí výzkumu a výroby.

Předložená práce je členěna do 10 kapitol. Je psána v českém jazyce a obsahuje množství překlepů a gramatických chyb zřejmě způsobených tím, že český jazyk není mateřským jazykem autora. Stejně tak je tomu u použité terminologie, kdy v některých případech není vhodná nebo, ačkoliv ji autor sám zavedl, nedodrжуje ji. Práce obsahuje také formální chyby, např. chybné odkazy či číslování obrázků, rovnic a literatury. Seznam literatury čítá 82 zdrojů, převážně vědeckých článků, ale i odkazů na internetové stránky, nevhodný zdroj wikipedii a obsahuje zdroje, na které v práci chybí odkaz v textu. Některé literární zdroje jsou označeny stejným odkazem (číslicí), což snižuje orientaci čtenáře v použitých zdrojích. U některých veličin jsou uvedeny špatné jednotky. Nenalezl jsem v tištěné verzi práce ani v elektronické verzi přílohy, na které se autor odkazuje. I přes výše uvedené obsahuje disertační práce vědecké přínosy jak po stránce teoretické, tak i praktické.

První kapitola je úvodem do dané problematiky zpracování a použití kompozitů, které nalézají uplatnění především v automobilovém průmyslu vzhledem k požadovaným vlastnostem výrobku.

Druhá kapitola představuje literární rešerši shrnující současný stav poznání v dané problematice zpracování vláknového kompozitu od lomové mechaniky výlisku a obecně mechanických vlastností výlisku, přes vliv orientace vláken na mechanické vlastnosti, reologii polymerní taveniny i suspenze až po motivaci autora pro vykonání vědecké práce na vybrané téma, tedy experimentální zjištění místa porušení tahového tělíska při tahové zkoušce. V této kapitole je zřejmé, že autor nemá zažitou terminologii v oblasti reologie, nicméně hlavní myšlenky, na které chtěl autor poukázat jsou srozumitelné. V rámci prezentace některých poznatků je popis příliš stručný a uvítal bych detailnější informace, typu matematický model, který autoři použili, výsledná závislost sledovaných veličin ve formě grafu atd.

Třetí kapitola definuje cíle disertační práce. Ty jsou čtyři a jsou jasně definovány. Co mi v kapitole 3 chybí jsou hypotézy, na které má disertační práce odpovědět a které by vysvětlovaly sledované skutečnosti. Nicméně dílčí hypotézy autora se vyskytují v dalších kapitolách v textu.

Čtvrtá kapitola pojednává o použitém materiálu a jeho vlastnostech. Jedná se o kompozit jehož matrice je tvořena směsí polyamidu 6 a 66. Jako výztuž jsou použita krátká skleněná vlákna o hmotnostní koncentraci 30 %. Zde mi chybí hlavní důvody použitelnosti polyamidů pro kompozity, proto se obracím na autora s dotazem o doplnění těchto informací. Důležité pro dosažení cílů disertační práce jsou uvedené informace o vlastnostech suspenze taveniny a vláken, reologie a definice materiálu, který bude použit v disertační práci.

Pátá kapitola popisuje stroje a zařízení použité pro výrobu zkušebních vzorků, pro tahové zkoušky, analýzy struktury a povrchu lomu. Uvádí provozní parametry a nastavení a parametry strojů a měřicích zařízení. Dle mého názoru je použitá instrumentace vhodná.

Šestá kapitola navazuje popisem metodik stanovení vlastností vyrobených výlisků. Autor překládá seznam použitelných metod, porovnává je z hlediska nákladů, vhodnosti, přesnosti a dostupnosti a uvádí, které z těchto metod byly použity v práci a jak. V rámci tahové zkoušky byly sledovány mechanické vlastnosti vzorku, ačkoliv vlivem místa přerušení vzorku jsou tyto hodnoty pouze orientační. Dále autor uvádí a popisuje postupy analýzy distribuce a směru vláken ve výlisku, resp. řezu výlisku. Zde oceňuji nesmírnou ruční práci spojenou s kalibrací každého snímku řezu vzorku před jeho obrazovým zpracováním. V rámci kapitoly šest mi ovšem chybí výkres s rozměry tahového tělíska pro přibližnou představu čtenáře o jeho velikosti.

Kapitola sedmá předkládá výsledky měření a analýz. Tyto výsledky jsou doplněny diskusí. Bylo provedeno celkem 64 tahových zkoušek, ale jen 17 z nich bylo úspěšných. Pro plastografii byly použity tři tahová tělíska. Bohužel nerozumím, proč jsou výsledky orientace vláken prezentovány ve formě bodů, které představují sumu poměrné efektivity natočení vláken ve směru osy x a y, pro snímky označené stejným číslem. V uvedených grafem navíc chybí označení os. Prezentace výsledků vypalování matrice (ash test) je matoucí. V grafu prezentována odchylka není nikde definována. Stejně tak je matoucí maximální odchylka v tabulce 21. Stejně je to u označení vzorků v tabulce 20. Oceňuji výsledky simulací v programu CADmould, se kterým se doktorand musel naučit zacházet, aby obdržel věrohodné výsledky. Chybí mi však vysvětlení parametru, na který se odkazuje, a to Stupeň orientace vláken (Filling Orientation Degree).

Kapitoly osm, devět a deset představují shrnutí výsledků práce a odpovědi na cíle disertační práce.

Závěrečné shrnutí:

Práci **doporučuji** k obhajobě, neboť dle mého názoru doktorand splnil veškeré požadavky kladené na disertační práci.

K práci mám níže uvedené dotazy, jejichž zodpovězení předpokládám v rámci veřejné obhajoby disertační práce.

- 1) Rovnice (2.3) a (2.4) jsou stejné, proč? Rovnice (2.2) platí vyjma okrajové podmínky nulové rychlosti na stěně.
- 2) Jaké jsou hlavní důvody použití polyamidu pro kompozity?
- 3) Odvoďte vztah mezi úhlem natočení vlákna – beta a poměrem délek hlavní a vedlejší osy elipsy. V čem je nevýhoda použití metody vyhodnocení sklonu vlákna úhlem beta z roviny řezu?
- 4) Nesouhlasím s rovnicí (6.5), tedy přepočtem mezi objemovým a hmotnostní podílem. Uveďte správný tvar a správnou hodnotu objemového zlomku vláken.
- 5) Jak byl stanoven koeficient k v tabulce 14? Má souvislost s obrázkem 9?
- 6) Je správně uvedena rovnice (6.7)? Nemá být první suma v čitateli?
- 7) Co znamená označení vzorků suchý, vlhký a mokrá v experimentu 1, tedy tahové zkoušce, viz tabulka 15?
- 8) Vysvětlete výpočet maximální odchylky uvedené v tabulce 17 a 18.
- 9) Jakou rychlostí vstřikování (S/M/L) byly vyrobeny vzorky použité pro experiment 2, tedy orientace vláken, experiment 3, tedy ash test a experiment 4, tedy konfokální laserová mikroskopie?
- 10) Jaký postup byste doporučil při návrhu geometrie výlisku z polymerního kompozitu termoplast-skleněná vlákna vzhledem k Vámi zjištěným poznatkům?

V Praze 15. 7. 2022

doc. Ing. Jan Skočilas, Ph.D.