TUL 00/176761

Doc.Ing.Jozef Horváth, CSc-Plastes, Krajná 39, Nové Zámky 940 55 , SLOVENSKÁ REPUBLIKA

POSUDOK

Doktorskej dizertačnej práce spracovanej na tému :

„Úprava geometrie vtokového systému pro PC/ABS"

Autor dizertačnej práce: Ing. Jiří Technik

Školiteľ: Prof. Dr.Ing.Peter Lenfeld

Pracovisko: TU Liberec, Katedra strojírenské technologie, oddelení tváření kovů a plastů.

Dátum : 30.3.2015

Konštatujem, že autor má pripravené a v práci uvádzané hodnotné dielčie kapitoly z oblasti reologie polymérov na úrovni až analyticko-vedeckého prístupu k problematike zameranej na deje pri vstrekovacom procese, s využitím najnovších výsledkov aplikácii výpočtovej techniky/Moldflow, ANSYS/. O zložitosti a náročnej problematike svedčí obsah textu na str.119 až 120 , týkajúci sa nestability viskoelastického toku, ako faktor , ktorý má významný vplyv na akosť výslednej produkcie. Taktiež text na str. 91, 92 dokazuje náročnosť problematiky výpočtu tenzorov napätí / T1,T2/.

V predmetnej oblasti autor pracoval viac rokov o čom svedčia jeho publikačné aktivity v rozmedzí rokov 2009 až 2011 v počte 14 publikácii, z toho 8 zahraničných, ako aj počet 69 odvoláviek na aktuálnu literatúru z odboru.

Z dizertačnej práce vyplýva, že z pohľadu recenzenta v práci dochádza k prieniku dvoch odborov a to odbor súvisiaci s reologickým aspektom polymérov s odborom strojárskej technológie reprezentovanej nástrojmi pre technológie vstrekovania /formy/, nadväzne problematiky samotnej technológie vstrekovania, čo pri koncipovaní textu a rešpektovaní špecifík tohto odboru by mohlo priniesť elimináciu niektorých neistôt v orientácii sa v práci.

Pripomienky mám k skutočnosti, že celý úvod /str.10-12/ obsahuje odborný text, ktorý metodicky spadá do časti 2, 21 „studené vtokové soustavy", „Navrhování vtoku a dimenzování vtokového ústí" /str.15-26/. Ako medzev týchto odborných častí odborných častí sa nachádza na str.14 kap. „Cíle dizertační práce", ktorá by si hádam zaslúžila iné umiestnenie v práci.

Ako významná časť príspevku autora sa nachádza v časti 4, na str.26-28 „Návrh modifikované geometrie vtoku" , ktorá bude predmetom skúmania v práci /reologické aspekty, technológia vstrekovania.../

Str. 28 až do str.64 je text venovaný teoretickým základom a súvisí s témou riešenia dizertačnej práce.

Od str.64 pokračovanie práce súvisí s procesom simulácie deja v oblasti navrhovaného systému vtoku.

Na str.69 až 73 je rozvedená skúška doby pôsobenia dotlaku ,ktorú považujem za významnú a ktorá preukázala schopnosť nového návrhu vtoku riešiť problematiku dotlaku i pri hodnotách hraničných medzí. Túto pasáž považujem za vhodnú zaradiť ku ostatným technologickým skúškam.

<u>K dizertantovi mám nasledovné otázky:</u>

1. V celej práci sa uvádza materiál PP Mosten bez uvedenia jeho typu?
2. Aký je dôvod zmeny použitia materiálu PC pri výpočtoch tenzorových napätí/posudzujeme v práci materiál PC/ABS/?
3. Aké sú rozmery vstrekovaných skúšobných dielcov?
4. Str.120 Diskusia výsledkov z hľadiska nestability toku. Nestačí popis efekt povrchov vád, chýba obrazová dokumentácia pri posudzovaní celej diskusie/referenčné vzorky skúšobných telies,..atď/
5. Str.110-111 or.117, obr.176, obr179, obr178 je vhodné dať pod „lupu" zákmity tlaku u čidla č.2 a vysvetliť príčiny. A prípadné vplyvy na akosť výstrekov.
6. Str.73 obr.58,59 – aký bol dôvod zmien Tt u obidvoch skúšaných materiálov, pričom na str.69 sa v práci deklarujú rovnaké podmienky experimentov?

7. Z ekonomických aspektov, ako i aspektov ochrany životného prostredia je hmotnosť vtokových zbytkov v centre záujmu, hlavne pri vyšších sériach. Aký je názor na túto skutočnosť ovplyvňujúcu tieto aspekty na nový typ vtokového systému a do akej miery ?
8. Str.99 prosím upresniť význam použitého výrazu : „kanál vtoku“

K problematike diskusných záverov nemám pripomienky. Prínosy pre vedu a prax boli v práci preukázané a konštatujem, že v práci dosiahnuté výsledky splnili ciele vytýčené v práci.Uvádzam, že dizertant preukázal, že ovláda vedecké metódy, má hlboké teoretické znalosti a schopnosti tvorivej práce.

Záverom predkladám návrh o predloženie dizertačnej práce Ing.Jiřího Technika do pracovného programu komisie pre obhajobu dizertačných prác na FS TU v Liberci.

V Nových Zámkoch 15.8.2015

Doc. Ing.jozef Horváth, CSc

Recenzní posudek doktorské disertační práce

Název práce : **Úprava geometrie vtokového systému pro PC/ABS**

Doktorand : Ing. Jiří TECHNIK
Školitel: Prof. Dr. Ing. Petr LENFELD
Recenzent: Doc. Ing. Pavel RUMÍŠEK, CSc.

Předkládaná disertační práce obsahuje na 136 stranách textu a 9 listech výkresů a příloh kapitoly, týkající se teoretické, experimentální a tabulkové části, doplněné anotací s prohlášením, přehledem použitých symbolů a zkratek, seznamem literatury a příloh a rozsáhlým výčtem výstupů, užitného vzoru a 14 publikací autora, souvisejících převážně se zaměřením práce.

V disertační práci řešil doktorand úpravu geometrie vtokového systému pro polymerní materiál PC/ABS. Práce se zabývá především tokem Newtonské a viskoelastické kapaliny kontrakcí kanálu při smykových rychlostech, odpovídajících technologii vstřikování. Byla navržena a realizována rovněž modifikace filmového vtoku, zlepšující tok kapaliny ústím vtoku a práce se zaměřuje taktéž na tlakové poměry při plnění a nestabilitu toku – porovnání filmového vtoku se vtokem modifikovaným umožnila k tomuto účelu vyrobená vstřikovací forma a následná simulace toku taveniny při izotermických a neizotermických podmínkách.

Úvodem hodnocení musím konstatovat, že práce je zpracována pečlivě, logicky správně a je patrná rovněž dobrá orientace doktoranda v celé oblasti, týkající se této problematiky. Řešením doktorand prokázal, že ovládá nejen odbornou problematiku, týkající se daného oboru, ale jsou mu blízké i vědecké metody a jejich uplatnění, vedoucí cíleně k hodnotným závěrům, přinášejícím nové poznatky v oboru.

Práce je obecně koncipována dílčím provázáním teoretických a praktických či simulačních oddílů a kapitol, což však mimo menší přehlednosti není na závadu. Teoretické oddíly popisují jednak různé druhy a konstrukční varianty vtokových soustav a typy polymerních materiálů, které jsou jmenované v dizertační práci a poměrně rozsáhlá je i část, věnovaná rozboru jednotlivých druhů kapalin a tavenin polymerů a taktéž matematickému popisu laminárního toku, odvodu tepla a matematickému modelování viskoelastických kapalin.

Celá obsáhlá teoretická část práce je zpracována velmi pečlivě, dobře matematickými vztahy a literárními odkazy dokumentována, a mimo drobných formálních nedostatků a překlepů je obsahově i věcně správná a bez připomínek. Tyto nepřesnosti a překlepy však v žádném případě nesnižují obsahovou a odbornou úroveň obsáhlé a dobře zpracované literární rešerše a teoretické části práce (např.na str. 25 by správně mělo být „umístěného těsně před dutinou formy“, na str. 32 správně „projevujícímu se jako vizuální vada“ atd.).
Jako drobnou připomínku pouze uvádím, že podle platné směrnice, závazné pro zpracování disertačních prací a jejich obsahové členění, by měla být krátce samostatně rozvedena i část, pojednávající o současném stavu řešené problematiky.

Přestože celá práce je zpracována velmi kvalitně, rád bych vyzvedl alespoň některé části, které dokumentují přehled doktoranda v celé oblasti, týkající se nejen řešení problematiky stanovené zadáním, ale i problematiky simulace a modelování obecně. Velmi hodnotná je zde především kap. 9, pojednávající o matematickém modelování viskoelastických kapalin s uvedením CFD programů a univerzálních řešičů a programů, využívaných především pro řešení problematiky vstřikování plastů. Z teoretické části jsou velmi hodnotné rovněž pasáže, přinášející výčet matematických modelů, nahrazujících tokové křivky, s širokým využitím v simulačních analýzách, dále modely viskoelastického chování roztoků a tavenin polymerů

a taktéž přehledný výčet modelů, zohledňujících strukturu materiálu a modelů, nahrazujících termodynamické vztahy. K uvedeným výčtům musím konstatovat, že tak dobře a přehledně zpracovaná teoretická a literární podpora řešení je v obdobných typech prací skutečně ojedinělá a svědčí nejen o vynikajících odborných kvalitách doktoranda, ale i o dobrém vedení ze strany školitele.

Zcela bez připomínek je taktéž kapitola 10, týkající se numerického výpočtu toku s užitím GNF a PTT modelů a softwaru Moldflow a Ansys Polyflow. Celá velmi obsáhlá kapitola je dokumentovaná u obou typů analýzy okrajovými podmínkami, materiály, teplotními průběhy a hmotnostními tabulkami u obou typů vtoků. Rovněž zde je nutno hodnotit i diskuzi výsledků z hlediska tokových vlastností. Velmi hodnotnou částí této kapitoly je však i pasáž, analyzující na 26 stranách druhy napětí a výpočty tenzoru napětí u viskózního i viskoelastického toku včetně závěrečné diskuze u obou typů toku.

V dizertační práci byly dále měřeny i hodnoty tlaku taveniny (v ose kolmé na směr toku) a též povrchové teploty (před a za ústím vtoku) a získané hodnoty byly pak porovnány s numerickou analýzou. Pro daný účel byla navržena a vyrobena vstřikovací forma pro filmový a modifikovaný vtok (obr.168). Konstrukce nástroje a popis konkrétních typů měření včetně výsledků a simulačního srovnání je uveden a obrazově i tabulkově dokumentován v kap. 11, kde jsou uvedeny i diskuze výsledků z různých hledisek (tlakové ztráty, různé vstřikovací rychlosti, povrchové teploty).

Komplexní pojetí celé práce dotváří i kap. 12, týkající se nestability viskoelastického toku. Zde je nutno poukázat na důležitost této pasáže, neboť tato nestabilita má v průmyslových aplikacích (vytlačování, vyfukování, vstřikování) velmi negativní dopad na kvalitu výroby a následně na celou ekonomiku procesu.

Závěrem mého hodnocení je nutno opakovaně poukázat na to, že předložená práce je zpracována logicky, věcně i obsahově správně, navržená metodika zkoušek využívá moderních metod a dosažené výsledky jsou vyhodnoceny se statistickou průkazností (viz. např. měření tlaku v dutině formy na str.108 - 109). Téma celé práce je aktuální a práce splnila ve všech směrech stanovené cíle. Rovněž grafická úprava je včetně přiložených výkresů modifikované geometrie vtoku a výkresů vstřikovací formy na vysoké úrovni a k práci nemám mimo uvedených formálních připomínek žádné další výhrady.

Celkovou kompozicí, obsahovou náplní, volbou cílů a metodiky, jakož i pečlivým provedením a dokumentováním výsledků experimentů, byl dostatečně prokázán též vlastní vědecký přínos doktoranda a jeho orientace v dané problematice, na základě dostačujících teoretických znalostí, svědčící o jeho schopnosti samostatně vědecky pracovat.
Byl prokázán též velký podíl práce na rozšíření poznatků, důležitých nejen pro rozvoj vědního oboru, ale lze předpokládat i jejich následné využití v praxi.

V průběhu obhajoby by bylo vhodné položit doktorandovi ještě následující dva dotazy:

1) U prstencového vtoku (str.23) je uvedeno, že tento typ vtoku poskytuje rovnoměrné plnění a minimalizuje deformaci jádra. Dále je ovšem uvedeno, že nevýhodou tohoto vtoku je obtížné oddělení vtoku od dílu a naopak nesouměrné plnění. Bylo by to nutno vysvětlit.
2) Jak si vysvětlujete skutečnost, že plasty mají největší tepelnou vodivost v oblasti přechodové teploty?

Na základě uvedených závěrů doporučuji předloženou práci jednoznačně k obhajobě, a po jejím úspěšném ukončení doporučuji, aby doktorandovi byla udělena vědecko – akademická hodnost a titul PhD.

Doc. Ing. Pavel Rumíšek, CSc.

V Brně dne 19.8.2015

Oponentní posudek doktorské disertační práce

Doktorand: **Ing. Jiří Technik**

Název: **Úprava geometrie vtokového systému pro PC/ABS**

Obor: **Strojírenská technologie 2303V002**
Školící pracoviště: **Fakulta strojní, Technická univerzita v Liberci**
Školitel: **prof. Dr. Ing. Petr Lendfeld**

Oponent: **doc. Ing. David Maňas, Ph.D., Ústav výrobního inženýrství, Fakulta technologická, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně**

Předložená disertační práce p. Jiřího Technika obsahuje celkem 146 stran, 192 obrázků, 16 tabulek a 2 přílohy s výkresovou dokumentaci nového návrhu řešení vtoku a testovací formy. Práce je rozčleněna do patnácti kapitol a doplněna seznamem použité literatury a seznamem vlastních publikací autora.

V prvních dvou kapitolách jsou v dostatečném rozsahu popsány vtokové soustavy a různé řešení vtoků a základní polymerní materiály. Zatímco popis vtoků je zpracován velmi pečlivě s množstvím názorných obrázků, polymerní materiály jsou popsány velmi povrchně a úsporně. Návrh nového uspořádání vtoku v kapitole čtvrté, společně s přílohou A, je dostatečně podrobný a vysvětlující. Pátá a šestá kapitola se věnují definicím a popisům chování Newtonovských a Ne- newtonovských kapalin. K rozdělení Ne newtonovských kapalin (str. 30) by podle mého názoru více prospělo grafické vyjádření než uvedený popis. Další části této kapitoly a kapitoly následující jsou pro popis teoretických základů vztahujících se k řešenému problému stěžejními. Obsahují podrobný popis chování polymerních tavenin zejména s ohledem na tokové vlastnosti včetně používaných matematických modelů. I zde bych v mnoha případech považoval za prospěšné použití více grafických vyjádření než slovních popisů. Celkově lze konstatovat, že uvedené části předložené disertační práce jsou zpracovány s dostatečnou hloubkou a pozorností odpovídající řešené problematice.

Desátá kapitola je věnována výpočtům a simulacím s využitím komerčně dostupných SW jako např. Moldflow používaný při řešení praktických simulačních úloh vstřikovacího procesu a obecnější SW Ansys- Polyflow umožňující širší specifikaci okrajových a počátečních podmínek a podrobnější analýzu toků. Je zřejmé, že analýza v programu Moldflow má řadu omezení pokud se týká výpočtových možností. Tato vlastnost však umožnila obrovské rozšíření simulačních a SW do běžné konstruktérské praxe. SW Polyflow je určen spíše pro hlubší popis tokového chování a pro výpočet tenzorů napětí je jeho použití nezbytné. Použití

SW Polyflow považuji v tomto případě za adekvátní řešení. Velmi zajímavé by však bylo srovnání výsledků teplotních polí získanými řešením v obou produktech. Výsledky výpočtů jsou presentovány názorným způsobem. V práci je shrnuto velké množství výsledků doprovozených více či méně zdařilými komentáři.

Kapitola jedenáctá je věnována měřením a porovnání výsledků naměřených parametrů klasického a modifikovaného vtoku.

Hodnocená disertační práce je relativně rozsáhlá, pokud se týká popisu a použití jednotlivých výpočtových modelů. V mnoha případech mi chyběly odkazy na použité vztahy a ne vždy se objevil důsledný popis. Orientaci navíc ztěžovalo i příliš „volné" nakládání se symboly a označeními. Pro některé parametry bylo použito stejné označení, jiné nejsou vysvětleny ani v textu, ani uvedeny v seznamu symbolů a označení (např. u vztahů 22 a 42). Nedůsledně jsou používány zavedená označení (např. pro tepelnou vodivost, přestup tepla, např. vztah 52, 53 a další). Nejednotně jsou používány zápisy jednotek (např.$Wm^{-1}K^{-1}$, ms-2, J.mol-1.K-1, $W/(m^2K)$), jsou používány anglické výrazy, kde pro to není důvod a měly by se objevovat české (např. označení polymerů). Z hlediska formálního považuji za velmi nešťastné provedení obrázků, zejména pokud se týká jejich velikosti a rozdílného písma. Na první pohled zajímavé členění působilo obrovské problémy při prohlížení obrázků. Některé texty v obrazcích jsou obtížně čitelné až nečitelné (např. popis teplotní škály Obr. 55 aj., Obr. 170, Obr. 171), což zhoršuje orientaci a kontrolu. Přičteme-li k tomu někdy velmi úsporné komentáře, bylo v některých případech obtížné se v textu orientovat. Názvy obrázků se někdy měnily v komentáře a vysvětlování (např. Obr. 23). Navíc, v práci, kterou jsem měl k dispozici, chyběla elektronická verze práce, která by mi mohla pomoci alespoň v případě prohlížení některých obrázků. Stránky 50 až 59 se v práci objevují dvakrát.

Diskuse je s ohledem na velký rozsah prací a to jak v oblasti experimentů, tak v oblasti výpočtů (simulací) příliš stručná a hodně nekonkrétní. Vyjmenování řady vlastností vtoku, které mohou ovlivňovat finální vlastnosti vstřikovaného výrobku nijak nekonkretizuje jejich význam a závažnost. Práce by si zasloužila věcnější diskuzi výsledků vedoucí ke konkretizaci podmínek pro zabezpečení vyšší kvality vstřikovaných dílů. To se týká především konkrétního podílu nově navrženého vtoku. Tento významný přínos nebyl v práci presentován způsobem odpovídajícím jeho významu, přitom se jedná o originální řešení autora. Rozsah realizovaných prací by si rozhodně zasloužil podrobnou a koncentrovanou diskusi výsledků řešení dané problematiky, i když souhlasím s tím, že některé odpovědi lze nalézt v textové a obrazové části předložené disertační práce.

K práci mám následující dotazy:

- Prosím, aby doktorand v průběhu obhajoby vysvětlil pojmy a označení vč. definování případných jednotek pro: tepelná vodivost, teplotní vodivost, přestup tepla, prostup tepla
- Jak je definována vstřikovací rychlost
- Z Obr. 190 a 191 na první pohled vyplývá, že k e vzhledovým vadám dochází při vstřikování dílů oběma vtoky. V čem vidíte zásadní rozdíly z hlediska jakosti výrobku (možnosti odstranění pohledových vad)?

Přes uvedené překlepy a další formální i faktické kolize považuji disertační práci pana Ing. Technika za přínosnou. Práce přináší nový pohled na analýzu vtokových systémů. Oceňuji, že práce přináší originální řešení "z dílny" doktoranda a školitele chráněné užitným vzorem. S ohledem na složitost problému by možná bylo účelnější provést důkladné porovnání obou vtokových systémů pomocí běžných, komerčně dostupných simulačních SW. Pokud byl použit obecnější, avšak pro zpracování mnohem náročnější postup výpočtu pomocí SW Fluent/Polyflow, bylo by zajímavé vzájemné srovnání výsledků pomocí tohoto SW a některého z komerčně dostupných SW využívaných pro simulaci vstřikování polymerů, zejména pokud se týká rozdílů naměřených hodnot (absolutně i v procentním vyjádření).

Předložená práce představuje rozsáhlý soubor měření, výpočtů a simulací. Disertační práce Ing. Technika řeší aktuální problematiku. Doktorand prokázal schopnost samostatné tvůrčí práce, ovládá vědecké metody a má hluboké teoretické znalosti v daném oboru. Výsledky práce přinášejí nové poznatky v oboru, ukazují na složitost studovaných problémů, jsou přínosem pro daný vědní obor a mohou být uplatněny v praxi.

Doporučuji disertační práci Ing. Jiřího Technika k obhajobě a po úspěšném obhájení udělení titulu Ph.D.

Ve Zlíně 25. 7. 2015