

Posudek recenzenta doktorské disertační práce

Jméno a příjmení řešitele: **Ing. Jaroslav Fábera**
Název disertační práce: **Přenosové jevy při sušení plošných textilních materiálů**
Oponent: **Doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.**

Aktuálnost zvoleného tématu:

Práce řeší zajímavé téma přenosových jevů při sušení plošných textilií. Přenosové jevy při transportu vlhkosti přes plošné textilie jsou důležitým aspektem sušení optimalizace a zefektivnění procesu sušení. Znalost této problematiky má význam i pro zcela jiné aplikace jako jsou přenosové jevy u funkčních oděvů, žehlení a tvarování, transport vlhkosti přes sendvičové struktury textilií. Proto řešení problematiky sušení a transportních jevů je důležité nejen pro konstrukci moderních sušiček, ale i pro prohloubení obecných znalostí pro další aplikace pro textilie a oděvy. Práci lze rozdělit na dvě etapy teoretická- řešení a aplikační v konstrukci experimentální sušičky a jejich testování. Aktuálnost zvoleného tématu je zcela prokazatelná a významná pro textil a konstrukci textilních strojů.

Cíl práce:

Cíl práce je definován poměrně netradičně neboť v úvodu předložené disertační práce je pouze definována rešerše fyzikálních metod použitelných při sušení včetně statiky a kinetiky procesu, dále rešerše současného stavu tryskových systémů s ohledem a intenzifikaci přenosových veličin a následuje již konstrukční řešení a návrh experimentální sušárny včetně aplikace mikrovlnného ohřevu a využití zbytkového tepla a ověření účinnosti. V cílech práce chybí jasná definice vědeckého problému, který autor chce vyřešit. V práci jsou sice uvedeny dále teoretické rozbory problematiky sušení na dobré úrovni, což lze považovat za vědecký přínos práce vyplývající z analýzy a syntézy dané problematiky, ale vědecké cíle práce definovány nejsou.

Zvolené metody zpracování a postup řešení:

Vlastní řešení práce má logickou strukturu a je na odpovídající grafické úrovni. Rešerše vyústí v konstrukční řešení a tvorbu sušárny. Drobnou připomínku mám k ne zcela

přesnému shrnutí výsledků řešební - teoretické práce v definování zadání pro následující konstrukční pasáž a ověření této konstrukce.

Zhodnocení výsledků dosažených disertantem:

Disertant vzhledem k zadání řeší v podstatě dvě rozdílné metody sušení a to při použití tryskových systémů a dále aplikaci mikrovlnného sušení rozšířené o impaktní část využívající pro ohřev vzduchu odpadní teplo z chladičů mikrovlnného záření. Přínosný považují oddíl mapující podstatu sušení, chybí závěr a shrnutí těchto poznatků. Při realizaci a ověření výsledků pomocí termokamery není uvedena použitá hodnota emisivity ani přesnost měření. Některé části disertační práce nesou až příliš velké stopy výzkumné činnosti při konstrukčním řešení v rámci projektu Výzkumného centra TEXTIL II např. návrh nové tryskové komory NK, což je pro disertační práci ne zcela významné.

Význam pro praxi nebo rozvoj vědního oboru:

Za podstatnou považují část týkající se teoretických aspektů problematiky sušení, dále je v disertační práci je popsána řada kroků konstrukčních řešení moderní sušárny s využitím tepla z mikrovlnného ohřevu. Některé údaje např. pulsní oscilátor není třeba v práci uvádět, přesto, že toto konstrukční řešení v sobě skrývá možný potenciál zvýšení výkonu sušáren. Jinak zejména praktické řešení a ověření experimentální sušárny naplňuje studijní obor konstrukce strojů a zařízení ve kterém disertant předkládá svoji práci.

Publikační aktivita disertanta:

Publikační činnost disertanta se týká zejména výzkumných zpráv: celkový podíl na 12-ti publikacích a dále účast na konferencích Strutex 3x a International Conference of Machine Design Departments -1x. Za nejdůležitější považují spoluúčast na 5-ti užitných vzorech, prototypch, poloprovozech či přiložených přihláškách patentů, což vzhledem k podání 2006, 2009 by mělo být už ve stádiu udělení patentů. Chybí samostatné publikace a zejména v recenzovaných či impatovaných časopisech. Publikační činnost přes výše uvedené připomínky je dostatečná, ale disertant by měl účast zpřesnit svůj podíl na publikovaných zprávách a příspěvcích.

Formální úprava disertační práce a jazyková úroveň:

Práce psána na dobré grafické a jazykové úrovni k formátu členění kapitol jsem se vyjádřil tj: absence přesnější definice cílů disertační práce (nejen řešerše). a přes připomínky k práci, které mají spíše formální charakter práci doporučuji k obhajobě.

Připomínky k disertační práci:

- cíle práce by měly být přesněji definovány a neměly by vycházet pouze z výzkumných zpráv
- není zcela zřejmý podíl disertanta na řešení části výzkumného úkolu či předložené vědecké práci disertanta a celého řešitelského kolektivu
- závěr práce se soustřeďuje zejména na hodnocení konstrukce stroje a jeho parametrů, možná by bylo vhodné uvést i teoretické výsledky disertační práce
- z hlediska vědecké práce považuji za přínosnou část str. 17-45 týkající se teoretického způsobu sušení,
- str. 49 nedostatečný popis a zdůraznění variant návrhu čtyř typových konstrukčních řešení tryskové komory.

Závěrečné hodnocení

Přes připomínky k práci, které mají spíše formální charakter práci doporučuji k obhajobě.

Konstatuji že předložená práce splňuje požadavky kladené na disertační práce a doporučuji po úspěšné obhajobě disertační práce udělení titulu Ph.D.

V Liberci dne 26. 2. 2014


Doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.

Fakulta textilní, Katedra oděvnictví TUL

Posudek disertační práce pana Ing. Jaroslava Fábery

Doktorská disertace ve studijním oboru 2302V010 Konstrukce strojů a zařízení na téma:

„Přenosové jevy při sušení plošných textilních materiálů“.

Předmětem doktorské disertační práce jsou energeticky náročné technologické pochody při výrobě plošných textilních materiálů, zaměřené na impaktní sušení, resp. kombinaci mikrovlnné a impaktní sušárny. Autor disertační práce se podílel na vývoji převážné části popisovaných technických řešení.

Práce má poskytnout teoretické podklady pro návrh a provozní ověření tryskové komory impaktní sušárny s ohledem na použití v impaktní části mikrovlnné sušárny. Základní rozdělení disertační práce spočívá v teoretické části, popisující děje probíhající při různých způsobech sušení textilních materiálů jak po stránce mechanické, tak po stránce energetické. V praktické části je realizace vlastních návrhů spojená s experimentálním ověřením.

Cíl práce spočívá v popisu a řešení samostatných úkolů vycházejících z návrhu zkušební testovací sušárny pro porovnání existujících tryskových systémů a návrhu nové tryskové komory. Práci lze rozdělit do následujících relativně samostatných celků, kterými jsou:

1. teoretická podstata impaktního sušení
2. současný stav tryskových systémů
3. návrh experimentální sušárny
4. návrh nové tryskové komory
5. zvýšení účinnosti mikrovlnné sušárny doplněním impaktní sušárny

V části 1. je popsán rozsah sušících procesů zaměřený na textilní materiály a fyzikální podstatu jednotlivých principů sušení, použitelný pro mikrovlnnou sušárnu, doplněnou impaktním prouděním sušícího vzduchu s využitím odpadního tepla mikrovlnné sušárny. Součástí je popis energetické bilance tepla a oběhy sušícího vzduchu, vyjádřené v Mollierově diagramu. Do této části práce jsou zahrnuty související vztahy ze sdílení tepla a přenosu hmoty.

V části 2. je popsán průzkum existujících tryskových systémů získaných od různých výrobců prostřednictvím technické dokumentace a prospektů z tematicky zaměřených výstav.

Porovnávána byla geometrie, výkonnost a rovnoměrnost sušení. Dalším hodnotícím kritériem je technologická náročnost výroby tryskových systémů. V práci nebyla sledována, ani hodnocena

vhodnost zařazení tryskového systému do technologického procesu s ohledem na provozní čištění a přístupnost obsluze.

V části 3. je navržena a popsána zkušební testovací sušárna pro porovnávací měření existujících tryskových systémů a nově konstruované tryskové komory. Je uzpůsobena ke snadné výměně tryskových komor s různými tryskovými systémy a možností relativně rychlé výměny prostřednictvím dvou rámu vytvářejících silonové síto k fixaci polohy měřeného vzorku. Měření nastavitelné výtokové rychlosti impaktního proudu pro střední trysku v komoře je provedeno pomocí Prandtlovy sondy. Rozhodnými sledovanými parametry je vliv geometrie trysky na zvýšení přenosových součinitelů, porovnání sušících výkonů, sušících křivek, měrné odpařivosti a vyhodnocení jednotlivých komor pomocí termovize.

Výsledky všech popisovaných a porovnávaných tryskových komor, včetně výčtu zásad pro návrh nové tryskové komory je však nutno chápat jako výsledky vzájemných porovnávacích měření, ale za podmínek konstantní vzájemné polohy tryskových komor a sušeného textilního materiálu. Takovýto předpoklad však při normálním technologickém provozu nemusí být splněn. Geometrie vzájemné polohy trysek může jednotlivé sledované parametry měnit. Zejména výraznější je rozdíl vyjádřený grafem teplot ve svislém a vodorovném směru u komory 1, kde lze očekávat rozdílné nerovnosti jen ve směru kolmém na směr pohybu sušeného materiálu. To by však mohlo být podnětem k rozdílné geometrii i ostatním konstrukčním prvkům tryskové komory v závislosti na směru pohybu.

V části 4.a 5. je na základě analýzy v praxi ověřených tryskových komor navržena a realizována nová trysková komora. Současně byl brán zřetel na speciální použití nové tryskové komory na podmínky jejího použití v impaktní části mikrovlnné sušárny, kde ohřev vzduchu je zajišťován ochlazováním magnetronů v mikrovlnné části.

I v této části může mít na geometrii a uspořádání trysek vliv koncepce experimentální sušárny s neproměnnou polohou trysek a sušeného textilního materiálu během vlastního sušícího procesu.

Vlastní zjišťování měrné odpařivosti při kombinaci mikrovlnné sušárny a impaktního dosušování bylo prováděno odlišně od předcházejících porovnávacích měření a představovalo technologii blízkou skutečnému sušicímu provozu. Samostatná pozornost byla věnována rozlišení měrné odpařivosti mikrovlnné části a impaktní části sušárny. Vyhodnocené výsledky ukázaly, že připojením impaktní části k mikrovlnné sušárně lze dosáhnout vyšší účinnosti sušení.

Pozornost si zaslouží možnost zvýšení sušícího výkonu prostřednictvím pulzačního oscilátoru v oblasti vytváření mezní vrstvy v okolí stagnační části proudění. V práci je stručně popsán fluidický oscilátor, který se však pro dané impaktní sušení jevil z důvodu nepřiměřeně vysokého výkonu kompresoru jako energeticky nepřijatelný. Pro zjištění vlivu oscilací na sušící výkon byl navržen a použit mechanický oscilátor s proměnnou frekvencí oscilací pomocí změny otáček poháněcího

motoru oscilační soustavy. Po provedených laboratorních zkouškách nevykázal mechanický oscilátor dostatečné zvyšování celkového sušicího výkonu.

Připomínky a dotazy:

1. V práci byla několikrát uvedena technologická náročnost výroby jednotlivých dílů tryskových komor. Jak lze hodnotit vliv ceny výroby technologického zařízení ve vztahu k výsledné ceně výrobku?
2. Podstata a vliv oscilací na vytváření mezní vrstvy ve stagnační oblasti proudu sušicího vzduchu ?
3. Stručné vysvětlení a rozdělení pojmů : přestup tepla, přenos tepla, vedení tepla, prostup tepla, včetně příslušných součinitelů ?

Závěr:

Předložená disertační práce **pana Ing. Jaroslava Fábery** splnila vytčený cíl a odpovídá obecným požadavkům na disertační práci. **Doporučuji** disertační práci **pana Ing. Jaroslava Fábery** k obhajobě před komisí pro obhajoby disertačních prací.

V Liberci 15. 8. 2014



Doc. Ing. Josef Patočka, CSc.

Na Výběžku 291

460 15 Liberec 15

OPONENTSKÝ POSUDOK DOKTORANDSKEJ DIZERTAČNEJ PRÁCE

Doktorand: Ing. Jaroslav FÁBERA

Téma doktorandskej dizertačnej práce: **PŘENOSOVÉ JAVY PŘI SUŠENÍ PLOŠNÝCH TEXTILNÍCH MATERIÁLŮ**

Oponentský posudok som vypracoval na základe poverenia doc. Ing. Miroslava Malého, CSc., dekana Fakulty strojní, TU v Liberci. Predložená dizertačná práca má 130 strán textu. Práca je členená do štyroch kapitol.

Aktuálnosť dizertačnej práce.

V súčasnosti sa venuje značná pozornosť zvyšovaniu energetickej efektívnosti v rôznych technologických procesoch. Medzi veľmi energeticky náročné technológie patria rôzne technológie sušenia, medzi ktoré patria aj technológie sušenia textilných materiálov. Doktorand sa vo svojej doktorandskej práci venuje problematike energetického zefektívnenia mikrovlnového sušenia aplikáciou tryskových systémov sušenia plošných textilných materiálov. Riešenie uvedenej problematiky považujem za vysoko aktuálne.

Splnenie cieľov dizertačnej práce

Hlavným cieľom doktorandskej práce je návrh a výskum tryskovej komory impaktnej sušiarne pre mikrovlnnú sušiareň. Tento výskum bol realizovaný na základe teoretického ako experimentálneho výskumu.

V rámci riešenia hlavného cieľa práce doktorand vo svojej práci analyzoval súčasný stav riešenej problematiky z knižnej a časopiseckej literatúry, ako je podstata sušenia, sušiace krivky, energetické bilancie sušenia, prenosu tepla a hmoty pri sušení textilných materiálov a súčasný stav tryskových impaktných systémov. Nosnou časťou práce je tretia kapitola „Praktická časť“, v ktorej doktorand porovnával štyri tryskové systémy na základe merania výtokových rýchlostí, merania mernej odparivosti, merania teplotných polí po sušení v experimentálnej sušiarni a na základe vypočítaných teplotných polí CFD metódou v programe Fluent. Z uvedenia analýzy vyplynulo, že najvhodnejšia trysková komora je komora číslo 4, avšak je náročná z hľadiska technológie výroby. Preto doktorand vyhodnotil ako najvhodnejšiu komoru číslo 3. V ďalšej časti práce sa doktorand venoval návrhu novej tryskovej komory pre využitie v mikrovlnnej sušiarni ImpactWave, pre ktorú navrhol tri druhy vyustenia trysiek a tri druhy odvodov vzduchu z tryskovej komory, z ktorých doktorand vybral najvhodnejšie usporiadanie. Pre navrhnutú tryskovú komoru a pôvodnú tryskovú komoru 3 doktorand relizoval merania sušiacich kriviek, na základe ktorých sa ukázala ako vhodnejšia novo navrhnutá komora. Pre zvýšenie rýchlosti sušenia doktorand následne navrhol mechanické oscilátory s dvoma druhmi oscilačných kotúčov, ktoré porovnal na základe experimentálnych meraní. Následne doktorand porovnával mernú odparivosť mikrovlnnej sušiarne s novo navrhnutou impaktnou tryskovou komorou, ktorá využívala teplo z chladenia magnetrónu. Z meraní vyplynulo, že využívanie uvedeného tepla pre sušenie v impaktnnej sušiarni prináša veľmi zaujímavé zvýšenie mernej odparivosti a tým aj energetickej efektívnosti sušenia.

V záverečnej časti doktorandskej práce doktorand zhodnotil dosiahnuté výsledky a zhrnul prínosy svojej doktorandskej práce.

Z vyššie uvedeného možno konštatovať, že ciele práce, tak ako boli stanovené v práci boli splnené.

Zvolená metóda spracovania

Pre stanovené ciele práce doktorand zvolil vhodnú metodiku spracovania, pričom využil teoretický ako i experimentálny výskum. Z môjho pohľadu mal byť však tento výskum hlbšie teoreticky a experimentálne prepracovaný. V práci by mohla byť uskutočnená hlbšia analýza dosiahnutých výsledkov. Vyzdvihujem realizovanie pomerne širokého spektra experimentálnych meraní, na základe ktorých doktorand analyzoval rôzne varianty vlastných návrhov, a v konečnom dôsledku dosiahol aj patričného požadovaného efektu t.j. zvýšenie mernej odparivosti mikrovlnnej sušiarne a tým aj zvýšenie energetickej efektívnosti sušenia.

Výsledky dizertačnej práce

Z výsledkov dizertačnej práce je potrebné vyzdvihnúť hlavne, analýzu rôznych konštrukcií impaktných tryskových sušiarenských komôr, návrh novej tryskovej komory pre využitie v mikrovlnnej sušiarne ImpactWave, analýze možnosti zvýšenia mernej odparivosti vplyvom oscilátorov prúdu sušiaceho vzduchu a zvýšenie mernej odparivosti mikrovlnnej sušiarne aplikáciou novo navrhutej impaktnej tryskovej komory využívajúcej teplo z chladenia magnetrónu.

Prínos pre ďalší rozvoj vedy a techniky

Prínos doktorandskej práce pre rozvoj vedy a techniky vidím v nasledovnom:

- Analýze súčasného stavu riešenej problematiky z knižnej a časopiseckej literatúry.
- Analýze rôznych konštrukcií impaktných tryskových sušiarenských komôr.
- Návrhu novej konštrukcie impaktnej tryskovej sušiarenskej komory.
- Experimentálnom stanovení parametrov novej impaktnej tryskovej sušiarenskej komory
- Experimentálnom stanovení sušiacich kriviek novej impaktnej tryskovej sušiarenskej komory a komory K3.
- Možnosti zvýšenia mernej odparivosti vplyvom oscilátorov prúdu sušiaceho vzduchu.
- Zvýšenie mernej odparivosti mikrovlnnej sušiarne aplikáciou novo navrhutej impaktnej tryskovej komory využívajúcej teplo z chladenia magnetrónu.
- V riadení a zvládnutí experimentálneho výskumu.
- V možnosti využitia dosiahnutých výsledkov v praxi

Pripomienky resp. otázky.

K predloženej práci mám niekoľko pripomienok resp. otázok :

- V práci je viacero formálnych nedostatkov, ako napríklad na str. 67 popis parametrov v rovnici 60 a 61, viditeľnosť legend v grafoch, viditeľnosť merítok v obrázkoch 33 až 36, rozlíšiteľnosť obrázkov....
- Pri porovnávaní tryskových systémov na str. 51 mohli byť uvedené bližšie detaily jednotlivých komôr.
- V práci bolo vhodné bližšie popísať zapojenia experimentálnych zariadení, typy snímačov, spôsobov zapojenia snímačov a metodiky merania.
- Na základe čoho doktorand zvolil výtokovú rýchlosť z trysiek 49 m.s^{-1} , str. 59?
- Prosím o bližšie vysvetlenie jednotlivých priebehov na obrázkoch 33 až 36.

- Prečo doktorand pri zobrazovaní jednotlivých tepelných polí neuvažoval zhodné teplotné rozsahy, obrázky 33 až 36. Prečo neboli zvolené zhodné teplotné rozsahy pre výstupy z programu Fluent a z merania, aby sa dosiahla lepšia rozlíšiteľnosť?
- Aký súčiniteľ emisivity doktorand používal pri termovíznom meraní teplotných polí?
- Pri optimalizácii geometrie sústavy trysiek doktorand používal viaceré vzťahy bez odvodenia. Tieto vzťahy sú odvodené resp. sú experimentálne získané?
- Prečo doktorand zvolil vo vzťahu 64 súčiniteľ kontrakcie 0,9 a vo vzťahu 68 0,95?
- Pri návrhu vyústenia obr. 43 až 45 by bolo vhodné uviesť konkrétne konštrukcie s rozmermi.
- Na str. 79 doktorand uvádza, že niektoré trysky K3 boli zaslepené plastovými zátkami. Prečo a ktoré? Na základe čoho urobil doktorand ich výber?
- Aký je názor doktoranda na zvýšenie mernej odparivosti mikrovlnnej sušiarne aplikáciou tryskovej sušiacej komory využívajúcej odpadové teplo z chladenia magnetrónu ďalšími úpravami resp. jej optimalizáciou? Kde vidí doktorand ďalšie možnosti?
- Aké je uplatnenie uvedeného návrhu v praxi?

Záver:

Riešená téma predkladanej dizertačnej práce je aktuálna. Doktorand zvolil vhodnú metodiku riešenia stanoveného cieľa doktorandskej práce. Stanovené ciele doktorandskej práce boli splnené. Prínos doktorandskej práce vidím hlavne v návrhu novej impaktnej tryskovej komory využívajúcej teplo z chladenia magnetrónu pre mikrovlnnú sušiareň, čím sa dosiahlo zvýšenie mernej odparivosti a tým aj energetickej efektívnosti sušenia.

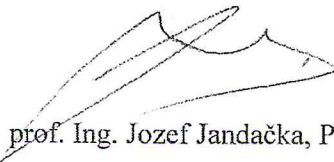
Celková úroveň ako i formálna úroveň doktorandskej práce je na dobrej úrovni. Práca je spracovaná prehľadne a na veľmi dobrej estetickú úrovni. Výsledky doktorandskej práce boli publikované.

Na základe posúdenia predloženej dizertačnej práce môžem konštatovať, že práca spĺňa vedeckú a odbornú úroveň požadovanú zákonom č. 111/1998 Z.z o vysokých školách v znení niektorých ďalších zákonov.

Z vyššie uvedeného **odporúčam**, aby doktorandskú prácu Ing. Jaroslava Fáberu komisia prijala k obhajobe v študijnom odbore 23002V010 Konštrukcia strojov a zariadení, a aby mu v prípade úspešnej obhajoby bol udelený titul

„philosophiae doctor (Ph.D.)“

V Žiline, 26.3. 2014



prof. Ing. Jozef Jandačka, PhD.