

## OPONENTNÍ POSUDEK DISERTAČNÍ PRÁCE

### **Snižování materiálové a energetické náročnosti v oblasti vulkanizačních lisů**

Ing. Petr Votápek

---

#### **a) zhodnocení významu tématu pro obor**

Téma disertační práce „Snižování materiálové a energetické náročnosti v oblasti vulkanizačních lisů“ skýtá velký prostor pro realizaci experimentálních teplotních a deformačních měření, počítačových simulací i konstrukčních optimalizací. Provoz vulkanizačních lisů je ze své podstaty velmi energeticky náročný a tudíž s ohledem na trvale rostoucí ceny energií by energetické aspekty provozu měly být středem zájmu jejich uživatelů i výrobců. Zvolené téma disertační práce tudíž představuje pro obor „Stavba strojů a zařízení“ zaměření správným směrem a bezesporu příslib zájmu o spolupráci ze strany průmyslu.

#### **b) vyjádření k postupu řešení problému, k použitým metodám, ke splnění stanoveného cíle**

Všechny stanovené cíle disertační práce byly naplněny beze zbytku.

V úvodní kapitole jsou představeny cíle disertační práce. Druhá kapitola představuje tepelnou bilanci vulkanizačního lisu. Třetí kapitola obsahuje popis teorie a měřících metod v rozsahu odpovídajícím potřebám následných kapitol. Ve čtvrté kapitole jsou prezentovány výsledky termovizních měření při provozu vulkanizačních lisů, které jsou východiskem pro definování teplotních okrajových podmínek numerických výpočtů. Pátá kapitola se věnuje detailnímu řešení prostupu tepla krytem komory s cílem stanovit tepelné ztráty v místech teplených mostů v krytu vulkanizačního lisu. Šestá kapitola je zaměřena na nestacionární numerické výpočty ohřevu pneumatiky při výrobním cyklu a analýzu vlivu konstrukce formy na teplotní pole v pneumatice během vulkanizace. Sedmá kapitola je věnována energetickým aspektům hlavního pohonu lisu. Osmá nejrozsáhlejší kapitola srovnává několik koncepcí vulkanizačních lisů z hlediska jejich konstrukce, tuhosti a napěťově kritických míst. V deváté kapitole je představena vlastní koncepce lisu s předepínatelnými bočnicemi. Poslední desátá kapitola shrnuje závěry a doporučení pro praxi.

#### **c) Stanovisko k výsledkům disertační práce a původního konkrétního přínosu předkladatele disertační práce**

Rozsah i výsledky disertační práce potvrzují, že disertant pojal zvolenou problematiku komplexně. Byly využity experimentální i výpočtové prostředky k vyhodnocení tepelných procesů při provozu vulkanizačních lisů. V předložené práci jsou obsaženy originální myšlenky jak v oblasti teplených výpočtů, tak v oblasti návrhu vlastní koncepce lisu dovedené až do fáze ochrany zápisem užitého vzoru. Oceňuji zejména netradiční přístupy v oblasti výpočtů teplotních polí s cílem stanovit

tepelné ztráty v místech teplených mostů v krytu vulkanizačního lisu. Běžně zadávaná okrajová podmínka přestupu tepla je zde nahrazena domodelováním mezní vrstvy, která je reprezentována několika vrstvami okolního vzduchu o různé tepelné vodivosti jednotlivých vrstev.

#### **d) Vyjádření k systematickosti, přehlednosti, formální úpravě a jazykové úrovni práce**

Jednotlivé kapitoly jsou vypracovány systematicky a ve vzájemné návaznosti. Jazykový projev, členění textu i grafická úprava jsou na vysoké úrovni.

#### **e) Vyjádření k publikacím disertanta**

Podle uvedeného přehledu byla publikační činnost disertant relativně bohatá, ikdyž přímo s tématem disertační práce úzce souvisí jen dvě publikace. Z formálního hlediska lze vytknout pouze neúplné citace některých publikací, v nichž chybí informace o druhu publikace.

#### **f) Vyjádření o doporučení disertační práce k obhajobě**

Disertant splnil stanovené cíle, a proto doporučuji předloženou disertační práci k obhajobě (dle zákona č.111/1998 Sb. §47).

#### **Dotazy k obhajobě:**

1. Budou konkrétní závěry a návrhy plynoucí z předkládané disertační práce konzultovány se zástupci českých uživatelů a výrobců vulkanizačních lisů? Případně kdy a jakou formou bude případná verifikace v praxi realizována?
2. Mohl by disertant rozvést přínosy a nevýhody nově navrženého přístupu v oblasti výpočtů teplotních polí s namodelovanou teplotní mezní vrstvou a shrnout kdy a proč je tento přístup vhodné použít?
3. Jaké vidí disertant možnosti pro měření rozložení teplot uvnitř vulkanizované pneumatiky a nad povrchem krytu vulkanizačního lisu v teplotní mezní vrstvě?

Praskačka, 5.6.2012



Ing. Luboš Řehounek, Ph.D.

**Oponentní posudek  
disertační práce na téma**

**„Snižování materiálové a energetické náročnosti v oblasti vulkanizačních lisů“**

**Autor :**       **Ing. Petr Votápek**

**Oponent:**     **Ing. Josef Chval**

Zadané téma je vhodné v každém oboru a rovněž i v oboru vulkanizačních lisů. Tato problematika v oboru vulkanizačních lisů již byla v nedávné minulosti řešena v diplomových pracích a v disertační práci. Bohužel o nich není v předložené práci žádná zmínka.

Ve zjednodušené formě je v Cílech disertační práce uvedeno:

1. Navrhnout a definovat výpočtové metody pro rozložení teplotních polí ve strojích v průběhu vulkanizace a vyhodnotit tepelné ztráty
2. Tyto metody využít pro konkrétní případ.
3. Analyzovat možnosti energetických úspor při výběru pohonů vulkanizačních lisů
4. Z hlediska pevnosti a tuhosti stroje najít u různých variant stroje materiálové úspory
5. Na základě provedených měření, rozborů a analýz definovat doporučení pro praktické aplikace a využití.

Na stránkách 21 až 62 se disertant zabývá bilancí tepelného toku vulkanizačního lisu, řešením úloh přenosu tepla, měřením teplotních polí při vulkanizaci, numerickým řešením prostupu tepla krytem komory a porovnáním stávající a optimalizované konstrukce. V této části práce je splněn bod č.1 Cílů disertační práce. V závěrech z měření jsou vyznačeny teplotní mosty na komoře (krytu) a tím úniky tepla. Chybí tu návrh na řešení. (str. 49) V závěrech výpočtu prostupu tepla krytem komory je uvedena odhadem nějaká úspora bez konkrétního návrhu.

Tato pasáž je velmi obsáhlá s velkým počtem obrázků, avšak bez konkrétních závěrů. Chybí návrh na konkrétní řešení.

V další části práce str. 63 až 80 je řešen numerický ohřev pneumatiky. Tento úkol si detailně řeší každá pneumatikárna sama, je to prakticky „know-how“ každého výrobce pneumatik.

Způsob ohřevu, komorový ohřev nebo ohřev pomocí topných desek zadává výrobci vulkanizačních lisů uživatel na základě provozních podmínek. V závěrech na str. 80 jsou uvedeny již známe skutečnosti.

V další části práce str. 81 až 87 je provedeno měření a výpočet pohonu s klikovým mechanismem lisu VL 90“, kde v závěru je doporučení na použití konkrétního motoru. Při konstrukčním řešení každého vulkanizačního lisu konstruktér provádí výpočet pohonu s cílem zvolit nejvhodnější motor.

V další části práce je analýza několika variant vulkanizačního lisu s využitím MKP. V závěru analýzy varianty VL 95“ je uvedeno, že z hlediska předepínání lisu klikovým mechanismem je jednoznačně výhodnější použít pro ohřev topné desky. Nejsem o tom přesvědčen.

V závěru práce je návrh řešení lisu s předepínatelnými bočnicemi obr. 156,157. Toto řešení má řadu úskalí, hlavně se zasouváním čepů do otvorů postranic. Horizontální vysunutí horní části lisu dozadu, jako u autoformu, zvětšuje zastavěný prostor lisu. Práce má za úkol snižovat energetickou náročnost, ale v tomto případě může být i větší, než u klikového mechanismu.

Otázky :

1. Proč nebyly využity na toto téma již vyřešené a zpracované diplomové a disertační práce?
2. Jaký je konkrétní návrh na snížení úniku tepla při vulkanizaci?
3. Zda při řešení ohřevu pneumatiky byla konzultace s technologem pneumatikárny?
4. Výpočet pohonu každého stroje řeší konstruktér, v čem je přínos této statě?
5. Proč je výhodnější použití topných desek pro ohřev oproti ohřevu v komoře, jednak pro vlastní ohřev a dále z hlediska předepínání lisu?
6. V čem je výhoda nového návrhu lisu s předepínatelnými bočnicemi?
7. Jak byly splněny cíle uvedené v bodě 4 a 5?

Práce je obsáhlá a obsahuje velké množství obrázků. V některých pasážích postrádám konkrétní závěry, viz otázky. V obsahu práce nelze najít jednoznačné návrhy na snižování materiálové a energetické náročnosti vulkanizačního lisu. K publikační činnosti nemám připomínek. Je nezbytné úspěšně zodpovědět předložené otázky.

I přes uvedené kritické připomínky předloženou disertační práci doporučuji k obhajobě.

V Plzni dne 12.6.2012



Ing. Josef Chval  
oponent

## OPONENTNÍ POSUDEK DISERTAČNÍ PRÁCE

### **Snižování materiálové a energetické náročnosti v oblasti vulkanizačních lisů**

Ing. Petr Votápek

---

#### **a) Zhodnocení významu tématu pro obor**

Tématem disertační práce je "Snižování materiálové a energetické náročnosti v oblasti vulkanizačních lisů". Vulkanizační lisy představují relativně velké energetické spotřebiče a složitá mechanická zařízení, kde je stále velký potenciál k hmotnostní optimalizaci i optimalizaci spotřeby energií při provozu. Zvolené téma nabízí poměrně široké pole pro výzkumně-vývojové práce ve spojení počítačového modelování a měření. V návaznosti na výrobce i provozovatele vulkanizačních lisů v ČR lze předpokládat i využití výsledků v průmyslové výrobě. Jedná se proto o významné téma pro obor stavba strojů a zařízení.

#### **b) Vyjádření k postupu řešení problému, k použitým metodám, ke splnění stanoveného cíle**

V úvodní kapitole disertační práce jsou definovány její cíle v následujících pěti bodech:

- (1) Navrhnout a definovat vhodné výpočtové postupy a metody, kterými bude možno analyzovat rozložení teplotních polí v konstrukcích a vyhodnotit tepelné ztráty.
- (2) Výzkum v oblasti rozložení teplotních polí při vulkanizaci, tzn. vývoj metod, jež umožňují definovat a analyzovat tyto operace a vyvodit doporučení pro konstrukci. Tyto metody verifikovat na reálné úloze.
- (3) Analyzovat možnosti energetických úspor ověřením vhodnosti výběru pohonů při zajištění funkčnosti vulkanizačních lisů a případně navrhnout konstrukční změny vedoucí ke snížení energetické náročnosti provozu lisů.
- (4) Z pevnostního a tuhostního pohledu identifikovat kritická místa konstrukce různých variant vulkanizačních lisů a najít možnosti materiálových úspor.
- (5) Na základě provedených měření, rozborů a analýz definovat doporučení pro praktické aplikace.

Další dvě kapitoly se pak věnují energetické bilanci vulkanizačního lisu a řešení úloh přenosu tepla. Tyto kapitoly představují především teoretický rozbor výpočetních i experimentálních metod, které jsou pak použity v dalších částech práce. Hlavními částmi práce, které dokládají splnění vytyčených cílů a původní přínosy předkladatele disertační práce jsou kapitoly 4, 5, 6, 8 a 9. Text obsahuje vždy konkrétní závěry shrnující každou kapitolu.

Kapitola 4 se soustřeďuje na termovizní měření teplotních polí lisů při vulkanizaci. Výsledkem je identifikace teplot a částí lisů, které má smysl energeticky optimalizovat.

Kapitola 5 uvádí výsledky numerických simulací rozložení teplot na stávající a optimalizované konstrukci krytu lisu. Tyto výsledky naznačují, že vhodnější konstrukční řešení by mohlo snížit tepelné ztráty přes hlavní válcovou část krytu až o deset procent. Výsledky simulací (rozložení teplot) jsou přitom v dobré shodě s výsledky měření.

Kapitola 6 se věnuje numerickým simulacím ohřevu pneumatiky při vulkanizaci. Hlavním závěrem této části je potvrzení, že lisy s parní komorou mají rovnoměrnější prohřátí formy i

pneumatiky než lisů s topnými deskami. Dodatečným použitím lokálních zdrojů tepla lze zajistit rovnoměrné teplotní pole i u lisů této konstrukce.

Kapitola 8 shrnuje provedené práce v oblasti MKP analýz s cílem identifikovat kritická místa konstrukce lisu a najít možnosti k materiálové úspoře. Uvedeno je několik variant, u každé je popsán model, výsledky výpočtů a konkrétní závěry. Výrazně větší prostor pro materiálovou úsporu je u lisů s topnými deskami.

Kapitola 9 představuje návrh vulkanizačního lisu s předepínatelnými bočnicemi, jež bylo předmětem ochrany duševního vlastnictví formou užitého vzoru.

### **c) Stanovisko k výsledkům disertační práce a původního konkrétního přínosu předkladatele disertační práce**

Výsledkem disertační práce je řada konkrétních původních poznatků o chování vulkanizačních lisů i metodách pro optimalizaci jejich konstrukce. Zastavil bych se u použité metody pro simulaci rozložení teplot na krytu vulkanizačního lisu, která není v podobných typech tepelných výpočtů často používána. Její princip spočívá v náhradě zadávané okrajové podmínky přestupu tepla pomocí uvažování několika vrstev okolního vzduchu a vyjádření procesu pomocí různé tepelné vodivosti jednotlivých vrstev. Toto modelové vyjádření je principiálně v pořádku. Některé formulace v jeho popisu (str. 39) jsou však diskutabilní.

Souhlasím s tím, že použití okrajové podmínky se zadáním hodnoty součinitele přestupu tepla na povrchu krycího plechu výrazně ovlivní hodnoty tepelného toku a i dopočtené povrchové teploty. Stejný vliv bude ale dle mého názoru mít i definice vlastností mezní vzduchové vrstvy. Navíc místo jedné "neznámé" hodnoty součinitele přestupu tepla, je nutné definovat  $N$  efektivních tepelných vodivostí pro jednotlivé vzduchové vrstvy, tak aby vhodně postihly procesy přenosu tepla zářením i konvekcí. Tvrzení, že zvolený způsob je vhodnější pro porovnání jednotlivých konstrukčních řešení než zadání stejné okrajové podmínky přestupu tepla, není z mého pohledu úplně objasněno. V následující kapitole, kde je tepelně řešen celý lis, se pak uvedený způsob pravděpodobně nepoužívá a přestup tepla z vnějšího povrchu krytu je vyjádřen okrajovou podmínkou přestupu tepla. Mohl by se disertant k uvedeným připomínkám v rámci obhajoby práce vyjádřit?

Na zvolený způsob modelování procesu přestupu tepla mohou být různé názory. Podstatné však je, zda zvolený model je v dostatečné shodě s realitou zjištěnou pomocí měření. To v tomto případě platí, a proto výše uvedená diskuse je spíše akademická.

Navržené změny v konstrukčním uspořádání vulkanizačního lisu přicházejí s poměrně zajímavými úsporami energií či materiálů. V rámci diskuse k výsledkům disertační práce se proto nabízí otázka na disertanta, aby se vyjádřil k tomu, zda některé výsledky již našly nebo naleznou uplatnění v průmyslu.

### **d) Vyjádření k systematičnosti, přehlednosti, formální úpravě a jazykové úrovni práce**

Práce je zpracována systematicky, strukturovaně s dobrou grafickou úpravou. V textu lze nalézt překlepy, jejich množství však nepřekračuje obvyklý stav a neruší dobrý dojem z úrovně práce.

Pouze v úvodu autoreferátu jsem našel jeden rušivý údaj, kdy se uchazeč Ing. Petr Votápek "vydává" za Ing. Zdeňka Raaba.

#### **e) Vyjádření k publikacím disertanta**

Vzhledem k zaměření práce na průmyslový aplikovaný výzkum nelze očekávat, že výsledky budou publikovatelné v impaktovaných mezinárodních časopisech. Výsledky disertanta byly uveřejněny v několika sbornících konferencí a jsou také součástí prací publikovaných ZČU. Důležitým výsledkem je úspěšné podání přihlášky užitého vzoru.

K seznamu publikační aktivity disertanta (str. 132 a 133), je však potřeba dodat, že citace některých publikací jsou neúplné, např. celý rok 2009, a není z nich proto patrné, o jaký typ výstupu se jedná. Mohl by disertant k této poznámce zaujmout stanovisko a upřesnit uvedený seznam jako součást obhajoby disertační práce ?

#### **f) Vyjádření o doporučení disertační práce k obhajobě**

Předložená disertační práce jednoznačně přináší nové poznatky, konkrétně v oblasti konstrukce a provozu vulkanizačních lisů. Stanovené cíle byly splněny. Jsem přesvědčen, že práce prokázala schopnost disertanta k samostatné tvořivé práci a dokládá i schopnost disertanta analyzovat a prezentovat dosažené výsledky. Doporučuji proto práci k obhajobě.

Plzeň, 7. června 2012



Doc. Ing. Milan Honner, Ph.D.  
odbor Termomechanika technologických procesů  
Nové technologie – výzkumné centrum  
Západočeská univerzita v Plzni