



Praha, 20. 10. 2016

## Oponentský posudek disertační práce

Autor práce: **Ing. Lenka Dohnalová**

Název práce: **Studium tepelných vlastností materiálů vhodných k chlazení fotovoltaických panelů**

Školitel: prof. Ing. Oldřich Zmeškal, CSc.

Oponent: prof. Ing. Zbyšek Pavlík, Ph.D.

Disertační práce se zabývá experimentálním studiem tepelných vlastností materiálů, které by mohly najít uplatnění při chlazení fotovoltaických systémů, jejichž účinnost se snižuje se vzrůstající teplotou. Problematika efektivního chlazení fotovoltaických článků je aktuálním tématem materiálového výzkumu, neboť chlazení významně ovlivňuje výkon fotovoltaických systémů a jejich životnost. Aplikace PCM materiálů, které v závislosti na teplotě pohlcují či naopak uvolňují teplo, se jeví jako slibná alternativa k dnes běžně používaným systémům chlazení, jako pasivní či aktivní principy chlazení.

Disertační práce má rozsah 77 stran, včetně literatury a přehledu vlastních publikačních aktivit autorky práce. Práce je psána v českém jazyce, má standardní formální a grafickou úroveň odpovídající tématu práce. Autorka se nevyhnula několika překlepům, což je ale u obdobných prací běžné. Formulace jsou nicméně zcela srozumitelné a jednoznačné. Obrázky, tabulky a grafy uvedené v práci jsou přehledně zpracované, kvalita rozlišení je však v některých případech nízká (např. Obr. 8.4, 9.4, 9.5, 9.25).

Výhradu mám k formátování textu práce. Zde by bylo vhodné nepřerušovat tok textu a nevynechávat volná místa na konci stran, která někdy narušují orientaci v textu (např. str. 12, 16, 17, 22, 24, 25 atd.) Autorka cituje celkem 50 prací, z nichž je řada publikována v zahraničních impaktovaných časopisech.

Práce je logicky členěna na část úvodní – teoretickou, experimentální, diskuzi a závěr. Kladem teoretické části práce je popis základních termofyzikálních veličin, způsobů přenosu tepla a principů měření teploty. Dále se autorka podrobně věnuje popisu metod pro měření termofyzikálních parametrů a nově uvádí tranzitní modifikovanou metodu rampy. Zde není zcela jasně uvedeno, zda se jedná o metodu vyvinutou v rámci řešení disertační práce, nebo metodu přejatou z literatury či na pracovišti autorky běžně používanou. Na konci teoretické části práce jsou popsány fraktální modely transportu tepla. Na základě ideálních fraktálních modelů byl odvozen obecný fraktální model transportu tepla. Přestože opět není zcela jasně uvedeno, zda se na formulaci tohoto modelu autorka práce podílela, na základě citované literatury předpokládám, že autorka na formulaci a aplikaci tohoto modelu v rámci disertační práce pracovala a aplikovala ho při praktických měření termofyzikálních parametrů PCM materiálů.

V rámci experimentální části práce se autorka zabývala stanovením termofyzikálních parametrů tří typů materiálů, konkrétně PMMA, izolačním materiálem Aerotherm a materiálem Micronal, který patří do skupiny mikrojemných práškových PCM na bázi parafinových vosků. Jelikož se jedná o komerčně vyráběné materiály, bylo by vhodné uvést výrobce jednotlivých materiálů a u materiálu Aerotherm uvést více informací, aby čtenatel práce získal podrobnější informace o studovaném materiálu. Postupy měření, principy vyhodnocení experimentálních dat a stanovení studovaných termofyzikálních parametrů jsou v disertační práci podrobně popsány a následně využity pro stanovení

teplotní vodivosti, tepelné vodivosti a měrné tepelné kapacity studovaných materiálů jako funkce teploty.

Závěry odpovídají realizovaným pracím a získaným výsledkům. Shrnují v podstatě provedené práce, jsou formulovány konkrétně. Připomínku mám k vhodnosti studovaného Micronalu jako materiálu vhodného k chlazení fotovoltaických článků. Teplota fázové změny Micronalu se na základě typu materiálu pohybuje dle výrobce v intervalu 21 – 26°C. Zde studovaný materiál vykazuje na základě získaných výsledků fázovou změnu v oblasti přibližně 21 – 25°C, což jsou ale hodnoty, které pro chlazení fotovoltaických článků nejsou vhodné. Bude tedy nezbytné zvolit jiný PCM, který bude vykazovat vyšší hodnoty fázových změn. To je sice v práci naznačeno, ale jistě by bylo vhodné tuto otázku detailněji rozebrat případně doporučit jiný materiál, který by byl pro aplikaci ve fotovoltaických člancích lepší. Třeba jen na základě informací poskytnutými výrobcem PCM.

Na základě získaných výsledků je možné konstatovat, že cíle stanovené v disertační práci byly splněny a že obsah disertační práce koresponduje s jejím zadáním. K práci mám několik následujících dotazů a připomínek, které ovšem nikterak nesnižují její celkovou kvalitu:

1. V práci jste realizovala experimentální měření pro různé typy materiálů. Postrádám informaci o počtu vzorků pro jednotlivá měření a materiály. Tato informace je nezbytná pro odhad nejistoty měření pomocí aplikovaných metod a pro porovnání získaných výsledků s daty publikovanými v literatuře.
2. Zabývala jste se nejistotou měření studovaných termofyzikálních parametrů?
3. Jaký typ Micronalu jste v experimentech použila? Firma BASF v současnosti produkuje tři typy práškového Micronalu, konkrétně DS 5001, DS 5008 a DS 5029.

4. Jak byl připraven vzorek pro měření materiálu Micronal? Jedná se o práškový materiál, který se běžně aplikuje do struktury vápenných a cementových kompozitů, sádrokartonu apod. V textu uvádíte, že jste měřila kruhové vzorky o průměru 30 mm. Z čeho tedy byly složeny, či jak probíhalo jejich hutnění do požadovaného tvaru (Obr. 8.6)?
5. Z výsledků je patrný vliv délky pulzu a teploty na výsledné hodnoty tepelných materiálových parametrů. Projeví se tato závislost také při praktické aplikaci PCM v reálných podmínkách fotovoltaického panelu?
6. Na Obr. 9.23 a 9.24 uvádíte teplotní závislosti tepelné vodivosti a měrné tepelné kapacity Micronalu. V oblasti fázové změny oba studované parametry klesají. Nemělo by to být naopak? Při přechodu na kapalně skupenství dochází přeci k nárůstu tepelné kapacity a kapalná forma PCM má jistě vyšší tepelnou vodivost než její pevná fáze.

**Závěr: Doktorandka prokázala tvůrčí schopnosti pro rozvoj oboru. Předložená práce splňuje požadavky kladené na doktorskou disertační práci. Práci doporučuji k obhajobě a v případě jejího úspěšného absolvování udělit Ing. Lence Dohnalové titul Ph.D.**



prof. Ing. Zbyšek Pavlík, Ph.D.