

Oponentský posudek dizertační práce Ing. Stanislava Jiřince

## **Vysokoteplotní tavení nekovových materiálů elektromagnetickou indukcí ve studeném kelímku**

*Oponentka:* Prof. Ing. Zdeňka Benešová, CSc.

### ***Zhodnocení významu dizertační práce***

V předložené dizertační práci je komplexně řešena problematika tavení elektricky nevodivých materiálů ve studeném kelímku. Jedná se o moderní technologii, jejíž princip je sice znám již delší dobu, ale její hlubší studium umožnily až moderní metody numerického řešení sdružených úloh. Z tohoto hlediska je práce ing. Jiřince velmi aktuální a vzhledem k hloubce a rozsahu zkoumaných jevů přináší řadu zajímavých výsledků.

### ***Vyjádření k postupu řešení problému***

Dizertační práce je členěna do šesti kapitol, dvě úvodní kapitoly jsou věnovány základním informacím o procesu tavení ve studeném kelímku a stručnému popisu použitého matematického aparátu pro analýzu elektromagnetických a teplotních polí včetně formulace okrajových úloh pro dvě základní konfigurace studeného kelímku. V další části se věnoval rozboru některých faktorů, které mají vliv na průběh a účinnost procesu tavení. Dosažené výsledky dokázal kriticky zhodnotit a na jejich základě formulovat doporučení pro návrh konstrukce studeného kelímku. Oceňuji jeho snahu verifikovat získané výsledky nejen zjednodušeným analytickým výpočtem, ale i měřením. K tomuto účelu vybudoval v laboratoři Elektrického tepla experimentální zařízení a vytvořil řadu funkčních vzorků. Postup řešení svědčí o hlubokém zájmu ing. Jiřince o řešenou problematiku a o snaze skloubit získané teoretické znalosti se schopností porozumět zkoumanému jevu a realizovat dané zařízení. V tomto směru považuji předkládanou práci za nadprůměrnou.

### ***Stanovisko k výsledkům dizertační práce a k původnímu přínosu***

Ing. Jiřinec ve své práci dospěl k mnoha zajímavým závěrům, které jsou přínosem pro problematiku indukčního ohřevu ve studeném kelímku. Na základě rozboru vlivu polohy startovacího materiálu a porovnání vlivu tvaru a počtu segmentů na účinnost tavení získal cenné informace. Provedená analýza různých variant konstrukčního uspořádání segmentového kelímku s přihlédnutím k volbě vhodných materiálů přináší nové poznatky využitelné při návrhu nových zařízení. Důležité je rovněž, že podstatná část výsledků získaných simulacemi v ANSYSu byla ověřena na jím vybudovaném experimentálním pracovišti.

### ***Vyjádření k úrovni dizertační práce***

Dizertační práce podává ucelenou informaci o řešené problematice, má logickou strukturu a umožňuje čtenáři snadnou orientaci v textu. Na začátku každé kapitoly je stručně uveden předmět zkoumání a po provedení analýzy jsou získané výsledky kriticky zhodnoceny, tento přístup svědčí o promyšleném přístupu autora. Po formální stránce má práce vysokou úroveň, obrázky zkoumaných modelů a interpretující získané výsledky jsou názorné, přehledné a mají velmi dobrou grafickou úroveň. Některé obrázky z ANSYSu mají hůře čitelný text, ale v doprovodném textu jsou dostatečně popsány. Rovněž jazyková úroveň je velmi dobrá, svědčí o systematickosti a péči, kterou dizertant vypracování své práce věnoval.

## **Vyjádření k publikacím Ing. Jiřince**

Doktorand uvádí 19 publikací, většina z nich jsou příspěvky na mezinárodních konferencích konaných v České a Slovenské republice a jsou to vesměs práce autorského kolektivu 3-4 autorů. Se svým konzultantem vytvořil 8 funkčních vzorků, článek v impaktovaném časopise neuvádí.

### **Připomínky k práci a otázky:**

V části 1.3 shrnující současný stav řešené problematiky jsou zmíněna laboratorní zařízení na některých pracovištích a měření na nich prováděná. Velká část dizertační práce je věnována numerické analýze sdružených úloh, na základě dosažených výsledků pak doktorand formuluje různá doporučení.

Otázka 1: Proč v části 1.3. není citována literatura, která se zabývá podobnými teoretickými problémy?

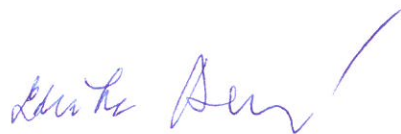
V kap.3.5 je zkoumán vliv polohy a tvaru startovacího materiálu. Výsledky jsou vyhodnocovány s ohledem na tepelný výkon absorbovaný startovacím materiálem a maximální teplotu při stejném objemu materiálu.

Otázka 2: Co je pro startovací fázi důležitější: absorbovaný výkon nebo maximální teplota? Jakou roli hraje rozložení měrných Jouleových ztát a teplot s ohledem na následující proces tavení?

### **Závěr**

Předložená dizertační práce má vysokou úroveň jak z hlediska odborného, tak z hlediska formálního. Doktorand prokázal hluboké znalosti řešené problematiky a schopnost komplexně řešit technický problém. Práci hodnotím velmi kladně, dle mého názoru splňuje požadavky na dizertační práce podle zákona č. 111/1998 Sb. §47 , **a proto ji doporučuji k obhajobě.**

V Plzni, dne 10.5.2017



Prof. Ing. Zdeňka Benešová, CSc.

## Posudek oponenta disertační práce

Autor práce: Ing. Stanislav Jiřinec

Téma práce: „Vysokoteplotní tavení nekovových materiálů elektromagnetickou indukcí ve studeném kelímku“

Oponent: Doc. Dr. Ing. Jan Kyncl

K práci mám následující dotazy a připomínky:

- Jak by se v modelu zohlednilo teplo potřebné na změnu skupenství?
- Jaká je celková účinnost ohřevu?
- Určení součinitele přestupu tepla mezi chladicí vodou a induktorem není příliš obtížné (proudění bývá obvykle turbulentní a korelačních vztahů je pro proudění v trubkách dostatek). Zvolená hodnota  $\alpha = 3000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$  je dobrým odhadem. Řešení však z hlediska průtoku vody induktorem není rotačně symetrické, jde v podstatě o topený výměník. Z celkových tepelných ztrát (Jouleovo teplo vznikající v induktoru plus sdílení tepla z teplejších částí vsázky a zařízení) by bylo při konstrukci reálného zařízení nutné určit oteplení chladicí vody a pro místo s nejvyšší (po průřezu) průměrnou teplotou vody a zkontrolovat, zda teplota induktoru nepřekročí teplotu varu vody při příslušném tlaku.
- Vzhledem k požadavkům na velmi čisté materiály bych doporučil zvážit možnosti bezkontaktního startovacího ohřevu, např. sáláním z indukčně ohřátého materiálu umístěného v blízkosti vsázky.
- Z autorova shrnutí vlastních přínosů práce považuji za přínosné body a), b), d) a f). Přestože je v ČR běžné, že doktorandi provádějí všechny potřebné práce, body c) a e) patří spíše do sféry pomocného personálu laboratoří.
- Autor uvádí, že při ostrém provozu bude možné ověřovat i výsledky modelování „zohledňující proudění“. Jaký SW nástroj by autor doporučil a jak dlouho by asi trvala simulace jedné tavby?
- Autor uvádí, že by bylo vhodné laboratoř zařízením, které by umožňovalo alespoň částečně měřit proudění uvnitř vsázky. Jsou taková zařízení dostupná na trhu a na jakém principu pracují?

Autor uvádí teoretický rozbor ukázky řešení konkrétních příkladů a závěry plynoucí z provedených numerických experimentů.

Z hlediska bezchybného popisu fyzikálních zákonitostí včetně jednotek a rozměrů veličin je práce příkladná. Grafická úroveň práce je dobrá, ostatně stejně jako úroveň jazyková, práce je zpracována systematicky.

Práci považuji pro obor za přínosnou, zejména studium vlivu počtu segmentů studeného kelímku na účinnost ohřevu. Jelikož jsou hodnoty účinnosti překvapivě vysoké, bude práce podkladem pro další výzkum.

Pro zadané geometrické uspořádání, frekvenci, materiál induktoru a studeného kelímku musí být účinnost ohřevu závislá na konduktivitě taveného materiálu (pro nekonečnou vodivost a pro nulovou vodivost musí být účinnost nulová). Bylo by zajímavé zjistit, nakolik se uvažované vodivosti blíží vodivosti odpovídající maximální účinnosti.

Zvolená metodika výzkumu je správná a vhodná.

Publikace doktoranda považuji za dostačující pro udělení titulu Ph.D.  
Práci doporučuji k obhajobě.

V Praze 6. 6. 2014

doc. Dr. Ing. Jan Kyncl



## Oponentský posudek disertační práce Ing. Stanislava Jiřince

s názvem

# Vysokoteplotní tavení nekovových materiálů elektromagnetickou indukcí ve studeném kelímku

Ing. Stanislav Jiřinec předložil k oponentuře disertační práci, která se zabývá tavením nekovových materiálů ve studeném kelímku. Práce působí kompaktním dojmem, je přehledná a čtivá. Pan Jiřinec na 114 stranách předložené práce zpracoval zadané téma systematicky a velmi srozumitelně.

### 1. Aktuálnost daného tématu

Oblast zkoumání a sledování procesů tavby elektromagnetickou indukcí ve studeném kelímku je aktuální. Stav techniky se dostal do bodu, kdy využití této technologie tavby dostává rámeček industriální podoby. Reálné využití je v oblastech laserové techniky, v oblasti speciálních velmi čistých materiálů a nebo i v oblastech jako je šperkařství.

Seznam literatury, ze kterého autor v celé práci vychází, obsahuje významné základní práce z oboru. Předložená práce je tak dobře zasazena do dnešního kontextu stavu techniky.

### 2. Cíle disertační práce, zvolené metody, výsledky a přínos pro praxi

Disertační práce vytyčuje cíl prozkoumat závislosti a principy, které lze využít v nasazení technologie tavby nekovových materiálů ve studeném kelímku v běžné průmyslové praxi. Lze konstatovat, že disertant vhodně definoval strukturu své disertační práce tak, aby popisovala všechny potřebné kroky od teoretického modelování až po reálné výsledky. Celkem v 6 kapitolách disertační práce jsou přehledně zpracovány dílčí cíle práce a naplňují tak vytčenou podstatu celého úkolu. Autor při řešení jednotlivých dílčích cílů postupoval od důkladné rešeršní práce, přes výběr metod až po jejich implementaci.

Oceňuji velmi zajímavé výsledky zpracované v kapitole 4. S ohledem na a.) spínací ztráty vf. zdroje nebo b.) na různé hydraulické ztráty (tím i různé výkony čerpadel chladicího systému) pro různé průměry segmentů kelímku nemusí být však celková účinnost celé sestavy tak jednoznačná. Toto by mohl být směr pro další návaznou vědeckou práci.

Autor se velmi okrajově zmínil v kapitole 3.1. o smíšené okrajové podmínce vektorového potenciálu. Touto cestou bych rád položil otázku, zda-li by bylo vhodné a za jakých podmínek použít smíšenou okrajovou podmínku.

### 3. Splnění podmínek samostatné tvůrčí vědecké práce

Předložená disertační práce vykazuje všechny znaky pro splnění podmínek samostatné tvůrčí vědecké práce a obsahuje některé původní autorské výsledky obecně aplikovatelné v praxi.

Publikační činnost aspiranta splňuje požadavky v plném rozsahu.

### 4. Závěr

Na základě rozboru disertační práce, posouzení její vědecké úrovně, původnosti teoretických i aplikovaných řešení, ale také didaktického hlediska, konstatuji, že práce splňuje obecné požadavky kladené na disertační práce v technických oborech. Oceňuji zejména schopnost disertanta komplexně pojmut rozsáhlou interdisciplinární tematiku. V předložené práci prokázal schopnost detailně a systematicky zpracovat jednotlivé dílčí problémy.

Z výše uvedených důvodů doporučuji disertační práci Ing. Stanislava Jiřince k obhajobě.

V Plzni 06. 06. 2017

A handwritten signature in blue ink, consisting of several fluid, overlapping strokes that form a stylized name, likely 'Stanislav Jiřinec'.