

POSUDEK OPONENTA DISERTAČNÍ PRÁCE

Assessment of the Dissertation

Titul, jméno a příjmení studenta:

Title, name, surname of student

Ing. Jan Hrbek

Doktorský studijní program:

Doctoral study programme

Elektrotechnika a informatika

Studijní obor:

Study branch

Elektroenergetika

Téma disertační práce:

Topic of the dissertation

Chování taveniny při tavení kovových a nekovových materiálů magnetickou indukcí ve studeném kelímku

Školitel:

Supervisor

prof. Ing. Jiří Kožený, CSc.

Oponent:

Opponent

prof. Ing. Ivo Doležel, CSc.

Zhodnocení významu disertační práce pro obor

Evaluation of the importance of the dissertation for the field

Práce je zaměřena na návrh a ověření nových metod pro měření fyzikálních vlastností vybraných elektricky vodivých materiálů při teplotách převyšujících 2000 °C. Cílem těchto metod je nalézt spolehlivý nástroj pro popis chování korie (směs oxidů uranu, zirkonu, železa a dalších prvků v jaderném reaktoru) ve stavech předcházejících jaderným haváriím či během nich, při nichž dochází k tavení aktivní zóny. A poněvadž jaderná energetika má v řadě zemí v důsledku nedostatku energie z obnovitelných zdrojů šanci rozvíjet se i v blízké budoucnosti, lze tento výzkum v oblasti její bezpečnosti pokládat za aktuální a vysoce relevantní.

Vyjádření k postupu řešení problému, použitým metodám a splnění určeného cíle

Evaluation of the problem-solving process, the methods used and the goal to be met

Poněvadž zmíněné metody v praxi nelze dost dobře verifikovat přímo na jaderném reaktoru, rozhodl se autor provádět jejich výzkum na studeném kelímku segmentového typu. Přes velkou řadu odlišností těchto zařízení ať už geometrických, materiálových a dalších lze v obou případech nalézt několik důležitých styčných bodů, jako například přítomnost vysokých teplot v rozsahu 2000–3000 °C a roztavené oxidy různých kovů. Autor si v zadání své práce stanovil tři základní cíle: návrh a otestování metody pro měření hustoty směsí těchto oxidů v kapalném stavu, zjišťování teploty takové taveniny pomocí vyhodnocování ochlazovacích křivek a konečně určení hustoty tepelného toku z taveniny oxidů stěnou kalorimetru. Aby tyto cíle mohly být splněny, musí být ještě stanoven příkon dodaný pomocí indukčního ohřevu do směsi oxidů, aby se ohřála na potřebnou teplotu a aby došlo k jejímu roztavení. Za tím účelem bylo nutno sestavit a numericky vyřešit příslušný matematický model elektromagnetického a teplotního pole v systému a provést návazné tepelné výpočty.

Metodika řešení, kterou si autor zvolil, není zcela dokonalá a podobně jako již existující způsoby má své výhody a nevýhody. Rovněž numerické řešení matematického modelu není zcela přesné (problémem je například zahrnutí složité geometrie studeného kelímku a jeho vymazání, rozmístění samotné vsázky v kelímku do doby, než se roztaví, její nehomogenita, nejistoty v teplotně závislých charakteristikách materiálů vsázky a podobně). Model dále nezahrnuje vliv proudění taveniny s volnou hranicí a nepodává informace o časovém průběhu tvaru a tloušťky tuhé (skull) vrstvy podél stěn kelímku.

16 pečlivě provedených experimentů s tavením směsi Fe_2O_3 a ZrO_2 nicméně prokazuje, že výsledky dosahují zcela přijatelné přesnosti. Ukazují, že rozšířená nejistota měření teploty je 30 °C a výsledky se od referenčních dat liší o 3 %. Pokud se jedná o hustotu, její velikost se

od referenčních dat se neliší více, než o cca 5 %, přičemž rozšířená nejistota činí 14 %. Během těchto experimentů navíc autor sofistikovaným způsobem odebíral vzorky z taveniny i z již zatuhlého ingotu a podrobil je vyšetření s využitím skenovací elektronové mikroskopie s disperzní spektroskopií a také pomocí rentgenové analýzy. Na základě jejich vyhodnocení byl pak schopen stanovit přesné složení jednotlivých směsí obou přítomných oxidů.

Konstatuji proto, že zvolená metodika je vcelku korektní a cíle disertační práce byly podle mého názoru splněny.

Stanovisko k výsledkům disertační práce a k původnímu konkrétnímu přínosu předkladatele disertační práce

Statement to the results of the dissertation and on the original contribution of the submitter of the dissertation

Disertační práce vznikla na základě několikaleté spolupráce jejího autora s Ústavem jaderného výzkumu v Řeži, během níž se podílel na pracích souvisejících se simulací průběhů těžkých havárií jaderných reaktorů. Metodika určování vybraných parametrů taveniny, kterou autor navrhl, byla úspěšně využita při experimentálním zkoumání poměrů v tavenině dvou oxidů připravené ve studeném kelímku. Výsledky, které získal, vykazují při srovnání s referenčními daty dobrou přesnost a navržená metodika by se mohla začít využívat a ovšem i dále zdokonalovat.

Výsledky práce proto pokládám za hodnotné a použitelné jak v další vědecké, tak i aplikační praxi.

Vyjádření k systematice, přehlednosti, formální úpravě a jazykové úrovni disertační práce

Statement to the systematics, clarity, formal adaptation and language level of the dissertation

Práce je až nepřiměřeně obsažná (téměř 200 stran rukopisu), její odbornou kvalitu však pokládám za přijatelnou. Větší pozornost měl nicméně autor věnovat závěrečné redakci textu, v němž se objevují jednak typografické nedostatky, drobné chyby, překlepy a neobratné formulace. Na některé z nich poukazuji v pdf verzi předložené práce ve formě žlutých bublin.

Vyjádření k publikacím studenta

Statement to student's publications

Autor publikuje aktivně a do této doby vykazuje spoluautorství na třech článcích v časopisu indexovaném v databázi WoS s IF = 0.495 (v těchto článcích byly publikovány i některé části této DP), autorství a spoluautorství na 23 recenzovaných příspěvcích ve sbornících národních, mezinárodních a zahraničních konferencích, dále podíl na 7 výzkumných zprávách. Jádro jeho disertační práce bylo ve zcela dostatečném rozsahu publikováno.

Celkové zhodnocení a otázky k obhajobě

Total evaluation and questions for defence

Ing. Jan Hrbek zpracoval danou tematiku na kvalitní vědeckotechnické úrovni a výsledky jeho práce bezesporu představují přínos pro výzkum v dané oblasti. Přesvědčil, že je schopen samostatné vědecké práce a dalšího rozvoje své osobnosti. Předloženou práci pokládám za disertabilní, a přes jisté výhrady k jejímu formálnímu zpracování doporučuji, aby byla přijata k obhajobě, a aby mu po jejím úspěšném zakončení byl udělen titul Ph.D.

K práci mám následující dotazy a připomínky:

- Str. 38: Autor uvádí, že vytvořil dvě verze kódu pro modelování chování měřicího hrotu. Druhá z nich uvažuje i změnu jeho fáze. Zahrnuje tato změna i latentní teplo potřebné pro změnu fáze? Respektuje se přitom chemické složení použité nerezové oceli?
- Str. 40: Při určování nejistot měření může hrát roli i homogenita taveniny v místě měření. Lze tuto nejistotu nějakým způsobem odhadnout a zahrnout do výpočtů? Případně určit příslušný koeficient citlivosti? Různé nehomogenity v tuhé fázi plynou i z různých obrázků, např. 5.2 nebo fotografií prezentovaných v kapitolách 7 a 8 (nepravidelnosti, přítomnost plynných bublin a podobně). Lze ovšem předpokládat, že v kapalně fázi jsou tyto nehomogenity menší, ale přesto existují.

- Jak byl počítán elektromagnetický model systému se studeným kelímkem (str. 60). Podle obr. 6.8 to vypadá, že uspořádání se řešilo ve 2D (tedy v osově souměrném uspořádání), na druhé straně obrázky 6.9 a 6.11 naznačují výpočty ve 3D, což by bylo daleko korektnější. Jak se volila a testovala diskretizační síť? Byla sledována konvergence výsledků v závislosti na vysítování a poloze umělé hranice?

Doporučuji disertační práci k obhajobě

I recommend the dissertation for the defence

ano
yes

Datum
Date

3. 11. 2021

Podpis oponenta:
Signature of opponent



POSUDEK OPONENTA DISERTAČNÍ PRÁCE

Assessment of the Dissertation

Titul, jméno a příjmení studenta:

Title, name, surname of student

Doktorský studijní program:

Doctoral study programme

Studijní obor:

Study branch

Téma disertační práce:

Topic of the dissertation

Ing. Jan Hrbek

Elektrotechnika a informatika

Elektroenergetika

**Chování taveniny při tavení kovových
a nekovových materiálů
elektromagnetickou indukcí ve studeném
kelímku**

Školitel:

Supervisor

Konzultant specialista:

Specialist consultant

Oponent:

Opponent

prof. Ing. Jiří Kožený, CSc.

doc. Ing. David Rot, Ph.D.

doc. Ing. Dušan Medved', Ph.D.

Zhodnocení významu disertační práce pro obor

Evaluation of the importance of the dissertation for the field

Tematika dizertačnej práce Ing. Jana Hrbka je aktuálna ako z pohľadu merania fyzikálnych veličín, počítačového modelovania, experimentálneho merania na reálnom modeli, verifikovania experimentov s dostupnými literárnymi zdrojmi, tak aj z pohľadu spresnenia popisu procesu ohrevu materiálov pri vysokých teplotách.

Analýza fyzikálnych vlastností materiálov pri rôznych vonkajších podmienkach je kľúčovou pri návrhu nových zariadení, ktoré majú byť efektívnejšie ako predchádzajúce zariadenia. Takými zariadeniami sú rôzne elektroenergetické komponenty, na ktoré sa kladú zvýšené nároky na spoľahlivosť a efektívnosť pri rôznych podmienkach. A tu prichádza do kontextu úloha pre konštruktérov, ktorí sa stretávajú s absenciou materiálových dát, napr. pri zvýšenom tepelnom namáhaní, vysokom alebo nízkom tlaku, resp. vystaveniu materiálu štruktúrnym alebo fázovým zmenám.

Autor dizertačnej práce si preto zvolil tému, ktorá je svojou tematikou vysoko aktuálna a je predpoklad, že výsledky tejto práce budú tvoriť základ pre ďalšie práce s podobnou tematikou.

Vyjádření k postupu řešení problému, použitým metodám a splnění určeného cíle

Evaluation of the the problem-solving process, the methods used and the goal to be met

Dizertačná práca má jasne zadefinované ciele, ktoré autor v predkladanej 199-stranovej práci splnil. Vedecké metódy, ktoré boli využité v práci, sú vhodné a korešpondujú vedeckým postupom v danej problematike. Hlavnými zvolenými metódami skúmania boli predovšetkým experimentálne metódy, ktoré boli podporené overením získaných výsledkov na viacerých experimentoch. Metódu matematického modelovania, využitím metódy FEM v prostredí ANSYS Electromagnetic Suite, považujem tiež za veľmi hodnotnú.

Stanovisko k výsledkům disertační práce a

k původnímu konkrétnímu přínosu předkladatele disertační práce

Statement to the results of the dissertation and on the original contribution of the submitter of the dissertation

Svojim charakterom má predkladaná dizertačná práca logickú a jasne nadväzujúcu štruktúru. V úvodných kapitolách sa autor venuje analýze aktuálneho stavu problematiky. Nasledujúce kapitoly sú venované popisu indukčného tavenia oxidov v studenom tégliku (česky: kelímku), popisu použitých metód a prístrojového vybavenia, metodike stanovenia potrebného výkonu

v tavenine a zostaveniu matematického modelu. V ďalších kapitolách sú uvedené samotné experimenty, spektrálne analýzy a vyhodnotenie experimentov.

Medzi hlavné prínosy predkladanej práce je možné zhrnúť nasledovné výsledky:

- návrh a otestovanie metódy pre meranie objemovej hustoty zmesi v kvapalnej fáze pri vysokej teplote (vyššej ako 2000°C);
- overenie použiteľnosti vyhodnocovania solidifikačných kriviek pre stanovenie teploty likvidu zmesi;
- určenie objemovej hustoty tepelného toku z taveniny stenou kalorimetra.

Medzi ďalšie prínosy je možné uviesť nasledovné výsledky:

- stanovenie približného výkonu dodaného tavenine a potrebného pre úspešné realizovanie experimentov;
- vytvorenie matematického modelu pre riešenie elektromagnetického poľa pri indukčnom tavení oxidov v studenom tégliku;
- overenie platnosti závislosti hrúbky tzv. skull vrstvy od teploty taveniny.

Vyjádření k systematice, přehlednosti, formální úpravě a jazykové úrovni disertační práce

Statement to the systematics, clarity, formal adaptation and language level of the dissertation

V predloženej dizertačnej práci preukázal autor dobrý prehľad a sčítanosť odbornej literatúry s tematikou presného merania fyzikálnych veličín, tak aj z oblasti počítačového modelovania. Zoznam použitých literárnych prameňov domácich a zahraničných autorov je adekvátny tematike práce.

Časový harmonogram vypracovania dizertačnej práce a rozsah dizertačnej práce (199 strán; 183 obrázkov; 27 tabuliek), zodpovedá svojim rozsahom prácam tohto typu. Teoretická časť, ako aj praktická časť sú svojim rozsahom vyvážené a deklarujú príslušnú časovú náročnosť a erudovanosť autora pre jej úspešné vypracovanie.

Vyjádření k publikacím studenta

Statement to student's publications

Autor uvádza v závere dizertačnej práce zoznam literárnych prameňov, ktorých počet zodpovedá náročnosti riešenej problematiky, ako aj dostatočnému zaničeniu autora pre jej vypracovanie. Zoznam vlastných publikácií autora reflektuje iniciatívu autora publikovať výsledky vedeckej komunity a konfrontovať ich s inými autormi na rôznych konferenciách. Počet tematických príspevkov autora tvorí 14 článkov v časopisoch alebo zborníkoch. Medzi ostatné publikácie autora je možné zaradiť 19 publikácií (časopisy, konferencie, výskumné správy), ktoré sa venujú problematike elektroenergetiky.

Celkové zhodnocení a otázky k obhajobě

Total evaluation and questions for defence

Predkladaná dizertačná práca Ing. Jana Hrbka je vysoko aktuálna a ponúka čitateľovi prehľad o meraní fyzikálnych vlastností materiálov pri vysokých teplotách rôznymi metódami, resp. postupmi.

Napriek veľmi dobre a prehľadne spracovanej problematike, mám k práci niekoľko pripomienok a otázok:

1. Autor miestami nerešpektoval normu ČSN ISO 80000-1: 2011-08 (011300) a preto sú niektoré veličiny, jednotky, konštanty písané nesprávnym typom písma (hlavne v obrázkoch).
2. Objem dvojkužeľa V_t je uvedený s jednotkou kg (str. 6).
3. V práci sa vyskytujú drobné gramatické chyby, resp. preklepy (napr. „Lorenzovy síla“; „odpovídacími rozměry“; ...).
4. Pri fyzikálnych veličinách je potrebné uviesť adjektívum, ktoré bližšie charakterizuje daný jav, nakoľko je potom význam vety nejasný (napr. měření hustoty (čoho? akej?); změna fáze (akej?); a pod.).
5. Z obr. 3.14 nie je možné odčítať teplotný rozdiel medzi teplotou likvidu a solidu 136°C a 52°C pre zmesi Z50, resp. Z60.

6. Chýba popis vzorky QS (str. 36, obr. 4.2). Táto vzorka je čiastočne popísaná až v kapitole 8.
7. Zo záveru experimentu I02 vyplýva, že ciele experimentu boli splnené, ale nie sú uvedené konkrétne výsledky, len grafický časový priebeh vybraných veličín z merania (str. 87).
8. Chýba legenda, resp. popis dejov v LT1 a LT2 odkazujúcich sa v grafe (str. 93, obr. 7.24). Ich popis je uvedený až v kapitole 9 na str. 158.
9. Rovnaké značenie 3 veličín (objemovej hustoty, rezistivity, objemovej hustoty náboja) by bolo vhodné odlišiť napríklad dolným indexom (str. 7).

Otázky k obhajobe:

1. Čo predstavuje konštanta C_s (str. 3)? Chýba adjektívum danej konštanty (nie je uvedené ani na strane 163 pri jej prvom zavedení).
2. Akú alternatívu merania objemovej hustoty materiálu pri vysokých teplotách by ste odporúčali, keď sa tvar materiálu (vzorky) počas merania mení (str. 14)?
3. Teploty čoho snímajú termočlánky T5 až T7, resp. kde boli umiestnené (str. 20, obr. 3.2)?
4. Čo predstavujú 4 po sebe nadväzujúce zmeny výkonu v tavenine od 6000 do 9000 s (str. 21, obr. 3.4, obr. 3.5)?
5. Má pasta Al_2O_3 (alebo ZrO_2) vplyv na zníženie (tlmenie) elektromagnetického poľa z induktora do vsádzky (ak je pasta nanosená z vonkajšej strany téglíka); resp. na tepelnoizolačné vlastnosti (ak je pasta nanosená z vnútornej strany téglíka) (str. 22)?
6. Prečo bola zvolená hodnota teploty likvidu pre výpočet $2027^\circ C$, keď teplota likvidu zmesi Z50 odpovedá hodnota $1945^\circ C$ (str. 27)?
7. Ako by ste popísali proces vylučovania pevnej fázy jednej zložky pri zmene teploty dvojzložkového kondenzovaného systému (str. 34)?
8. Dochádzalo pri experimente po pridaní Cr_2O_3 k ochladeniu ohrievaného materiálu (str. 35)?
9. Aký typ extrapolácií chýbajúcich častí kriviek teplotnej závislosti objemovej hustoty pre oceľ 304 boli použité (str. 38)?
10. Akým spôsobom boli stanovené (odhadnuté) rezistivity Al_2O_3 pri teplotách $2200^\circ C$ a $2710^\circ C$ (str. 62)?
11. Čím bol spôsobený náhly pokles teploty v čase 1700 s (str. 105, obr. 7.41, resp. aj v iných grafoch)?
12. Aký bol účel využitia XRD analýzy, keď z výsledkov spektrálnej analýzy je vidieť aj zastúpenie iných materiálov, resp. prvkov (str. 156)?
13. Aký jav je pripisovaný času 7 233 s (pri experimente I07), kedy dochádza k zmene smernice ochladzovania z $24,18^\circ C/s$ na strmšiu hodnotu smernice, a to $53,76^\circ C/s$ (str. 159, obr. 9.1)?
14. Čím je spôsobený pokles objemovej hustoty zmesi Z60 o $414 kg/m^3$ medzi teplotami $2200^\circ C$ a $2300^\circ C$ (str. 167, obr. 9.9)?
15. Aké podobnostné kritérium je možné aplikovať pre meranie objemovej hustoty pri vysokých teplotách koria (str. 173)?

Na základe skôr uvedeného si dovoľujem konštatovať, že Ing. Jan Hrbek vypracovanou dizertačnou prácou preukázal dostatočný prehľad v riešenej problematike, potrebnú erudovanosť a schopnosť vedecky pracovať. Preto túto prácu

odporúčam

k obhajobe pred príslušnou komisiou a po úspešnej obhajobe odporúčam udeliť titul PhD.

Doporučuji disertační práci k obhajobě
I recommend the dissertation for the defence

ano yes	x	ne no
------------	---	----------

Datum
Date

23.10.2021

Podpis oponenta:
Signature of opponent



POSUDEK Oponenta DISERTAČNÍ PRÁCE

Assessment of the Dissertation

Titul, jméno a příjmení studenta:

Title, name, surname of student

Ing. Jan Hrbek

Doktorský studijní program:

Doctoral study programme

Elektrotechnika a informatika

Studijní obor:

Study branch

Elektroenergetika

Téma disertační práce:

Topic of the dissertation

Chování taveniny při tavení kovových a
nekovových materiálů elektromagnetickou
indukcí ve studeném kelímku

Školitel:

Supervisor

Prof. Ing. Jiří Kožený, CSc.

Oponent:

Opponent

RNDr. Václav Tyrpekl, Ph.D.

Zhodnocení významu disertační práce pro obor

Evaluation of the importance of the dissertation for the field

Disertační práce Ing. Hrbka spadá do multidisciplinární tematiky, která spojuje problematiku elektrotechnického inženýrství, energetiky a vědy o materiálech. Práce představuje spojení praktického i teoretického výzkumu v oblasti technologie studeného kelímku, ze které těží především výzkum těžkých (nadprojektových) havárií jaderných reaktorů. Vzhledem k náročnosti a typu studia je každá nová disertační práce v tomto oboru vítaná. V České republice je jen málo odborníků v této konkrétní oblasti, proto hodnotím práci Ing. Hrbka jako svým způsobem unikátní a významnou pro obor a jeho rozvoj.

Vyjádření k postupu řešení problému, použitým metodám a splnění určeného cíle

Evaluation of the problem-solving process, the methods used and the goal to be met

Disertační práce je rozdělena do deseti kapitol, přičemž se první dvě kapitoly zabývají úvodem a shrnutím aktuální problematiky související s technologií studeného kelímku. Třetí kapitola nabízí přechod mezi teorií a praxí tavicích experimentů, s konkrétními příklady souvisejícími s provedenými experimenty v disertaci. Kapitola č. 4 představuje experimentální sekci, kde jsou popsány jednotlivé laboratorní přístupy. Dále (kap. č. 5 a 6) disertace diskutuje výpočty termických rovnováh pro stanovení výkonu v tavenině a simulace fyzikálních jevů v tavenině pomocí metody konečných prvků. Další kapitoly č. 7-9 se zabývají popisem praktických experimentů a výsledků především v systému $Al_2O_3 - ZrO_2$ jako neaktivních simulantů směsí při nadprojektových haváriích. Poslední kapitola shrnuje a uzavírá disertaci. Práce pečlivě zpracována, použité metody odpovídají současnému poznání a stavu vědy. Diskutované výsledky odpovídají cílům stanoveným v úvodu práce. Dále oceňuji fakt, že práce kombinuje přístup jak teoretický, tak praktický. Tedy, spojuje jak simulace, tak praktickou vědu, což není dnes častý jev.

Stanovisko k výsledkům disertační práce a

k původnímu konkrétnímu přínosu předkladatele disertační práce

Statement to the results of the dissertation and on the original contribution of the submitter of the dissertation

Předkládána práce popisuje množství původních výsledků, ať už teoretických předpovědí fyzikálních parametrů v tavenině ve studeném kelímku, hrubých výpočtů termických rovnováh pro tavicí experimenty, nebo post-test observací stavu materiálů v pevném stavu po ukončení experimentu. Není pochyb, že výsledky jsou originální a předkladatel má na nich klíčový podíl. Některé obrázky/části je možné považovat za marginální nebo méně významné (např. obr. 7.3, 7.9), nicméně jejich použití vzhledem k multidisciplinarní práci obohacuje

čtení pro odborníky z různých oblastí. Dle mého názoru mohl být závěr práce (kap. 10) více rozpracován, především výsledky termických výpočtů a modelování jsou upozaděny.

Vyjádření k systematice, přehlednosti, formální úpravě a jazykové úrovni disertační práce

Statement to the systematics, clarity, formal adaptation and language level of the dissertation

Práce je sepsaná pečlivě, je prakticky prosta gramatických i stylistických chyb. Je psaná formou monografie, která je logicky sestavena a obsahuje standardní členění. K jazykové stránce a formální úpravě práce nemám výhrad. Osobně bych uvítal hlubší úvod do kontextu práce, tedy oblasti těžkých havárií, která by práci dodala výraznější zvučnost aplikace. Dále bych striktněji odděloval teoretický úvod a experimentální část (tady dle zvyklostí školy/pracoviště), kdy např. v kapitole č. 3 autor zmiňuje provedené experimenty, které jsou ale definovány později v textu.

Vyjádření k publikacím studenta

Statement to student's publications

Ing. Hrbek uvádí jako výstupy disertační práce tři publikace v časopise Journal of Nuclear Engineering and Radiation Science, dále dva rozšířená abstrakta indexované na WOS a Scopus a devět konferenčních příspěvků. Dle mého názoru publikační činnost Ing. Hrbka splňuje požadavky kladené na doktorské studium.

Celkové zhodnocení a otázky k obhajobě

Total evaluation and questions for defence

Předkládaná práce Ing. Hrbka ukazuje na fakt, že doktorand je schopen klást si vědecké otázky a zároveň navrhopvat a vykonávat postupy, aby tyto otázky byly zodpovězeny. Práce, dle mého názoru, splňuje nároky kladené na disertační práci, a tedy ji podstupuji k dalšímu řízení a doporučuji ji k obhajobě.

Dotazy k obhajobě:

- 1) Ve výpočtech v kap. 5 (a na Obr. 5.3.) uvádíte použití vzduchové mezery mezi skull vrstvou a stěnou trubice studeného kelímku, vedení tepla uvažujete pouze sáláním. Není tento část modelu příliš radikální a nemá pak následky na odvod tepla především při nižších teplotách, kdy sálání ztrácí výkon. Nebylo by možné obdržet stejnou „tepelnou brzdu“ zavedením porozity do skull vrstvy?
- 2) Obr. 9.7 a 9.9 mi připadají identické, jen proložení dat je jiné, můžete toto okomentovat? Není dobré datové body lineárně spojovat, což budí dojem určitého trendu. Dále, na str. 161 uvádíte k témuž výsledku, že skoková změna je dána pravděpodobně chybou měření, což považuji za zbytečné podceňování experimentálních výsledků, když jsou chybové úsečky dat řádně uvedeny.
- 3) Na str. 149 uvádíte, že výsledky analýzy pomocí práškové difrakce (nikoliv spektrum, ale difraktogram) mohou být ovlivněné přítomností amorfní fáze. Co Vás k tomuto tvrzení vede? Ani rychlost chladnutí, ani typ materiálu o tom nevyovídá.
- 4) Na Obr. 9.1 ukazujete solidifikační křivku pro určení teploty likvidu směsi. Na obrázku je evidentní, že hodnoty směrnice neodpovídají klasickým změnám pro solidifikační křivky, ale teploty likvidu takto odečtené odpovídají dobře fázovému diagramu. Je to zajímavý úkaz, můžete toto okomentovat?

5) V závěru píšete „...tvorba skull vrstvy je proces nahodilý,...“. V následující větě věci sice rozvádíte, ale pokud definujete vztah pro průměrnou tloušťku vrstvy a tento vztah experimentálně potvrdíte, tak bych to takto neformuloval.

Doporučuji disertační práci k obhajobě
I recommend the dissertation for the defence

ano yes	X	ne no
------------	---	----------

Datum
Date

25.11.2021

Podpis oponenta:
Signature of opponent

