

OPONENTSKÝ POSUDEK DISERTAČNÍ PRÁCE

Ing. Lubomíra Klimeše

Téma: Optimalizace parametrů sekundárního chlazení plynulého odlévání ocelí.

V úvodu svého posudku zodpovím, základní otázky ke kterým se musí posudek vyjádřit a dál se budu věnovat komentářům, případně otázkám, které by bylo vhodné diskutovat při obhajobě.

Základní posouzení

Obecně je možno konstatovat, že předložená disertační práce má vynikající úroveň a obsahuje řadu výsledků, které jsou přínosem jak pro teorii (numerická simulace tepelných procesů), tak pro praxi (kontinuální lití oceli).

Téma je bezesporu aktuální, i když v tomto budu je to vždy spíš otázka pro školitele než pro disertanta. Práce navíc ukazuje, že v tomto aktuálním a široce ve světě studovaném tématu je možné dosáhnout výrazných pokroků.

Práce uvádí na páté straně seznam šesti dílčích cílů, které považuji za splněné. Přitom čtvrtý a pátý bod se týká implementace výsledků v průmyslových podmínkách. Tyto části práce umožňují odpovědět na otázku významu práce pro praxi a rozvoj vědního oboru. Zde vidím zásadní pozitivní (a již ověřený) dopad práce. Extrémní zvýšení rychlosti výpočtů jejich paralelizací a využitím výpočtů na grafických kartách umožňuje přechod od přesných ale relativně pomalých tepelných numerických modelů kontinuálního lití k modelům, které je možno požívat online přímo při řízení procesu. Výsledky uváděné v kapitole 5 dokumentují zrychlení výpočtů ne o jednotky, ale o stovky procent. Podobně přínosné jsou výsledky týkající se optimalizace sekundárního chlazení a způsobu řízení lícího stroje s využitím on-line pracujících modelů. K významu pro praxi bych ještě dodal, že doktorand většinu svých výsledků publikoval a vytvořil tak podmínky pro jejich široké užití v technice.

Postup řešení ukazuje podrobně jednotlivé kroky a to v pořadí, jak jsou vymezeny dílčí cíle práce. Postup řešení vytváří logickou posloupnost a po teoretických kapitolách, verifikaci modelu a zjištění výpočetních možností nově vyvinutých přístupů pokračuje k náročné části, kterou je srovnání výsledků výpočtů s měřeními na lícím stroji a implementaci systému pro optimální řízení provozu zařízení.

Oponent se také má vyjádřit k formální stránce práce a její jazykové úrovni. Práce je zpracovaná na velmi dobré, spíše vynikající, úrovni. Nemohu vyjádřit nespokojenost s úpravou a dokonce ani úrovní češtiny, která bývá v poslední době u většiny prací velmi nízká.

V práci je často používán termín solidifikace, který mi nezní tak tak příjemně česky jako termín tuhnutí. Možná i termín tranzientní by mohl být nahrazen něčím češtějším.

Velmi kriticky se musím vyjádřit o rozsahu práce. Práce s rozsahem 180 stran je příliš dlouhá. Technik musí mít schopnost se vyjádřit přesně, ale také stručně. V úvodních kapitolách se spíše jedná o monografii, která shrnuje veškeré poznatky o modelování v kontinuálním lití.

Například kapitola 4.4 by mohla být výrazně redukována, princip termočlánu je už asi dostatečně objasněn výzkumníky z předchozích generací...podobně kapitola 7.1 a 7.2 se snaží nahradit knihu o optimalizaci.

Naopak některé výsledky z kapitoly 4.5.2, které jsou uvedeny v příloze bych uvítal přímo v textu, protože se velmi úzce váží k tématu práce. Navíc se text musí v mnoha případech odvolávat na obrázky v příloze, takže pak text bez přílohy nemá smysl.

3D obrázky uvedené na například na stranách 88-90, 93, 94 vypadají sice pěkně barevně a efektně ale mají velmi nízkou technickou vypovídací schopnost. Pro poskytnutí technické informace a to zejména při srovnání několika případů, nebo ukázání trendu by bylo vhodnější kumulovat informaci do jednoduchých 2D obrázků.

Následuje několik komentářů případně dotazů.

Kapitola 3.5.3 (stabilita) je velmi zajímavá a je v každém případě zásadní pro numerické řešení. Je pochopitelné, že se hledá nejdelší časový krok, při kterém je výpočet ještě stabilní. Zkracování kroku by mělo vést ke zpřesňování výsledků. Bylo by možné hledat na druhém protipólu ještě nejmenší přípustný časový krok? Tato otázka by souvisela s počtem desetinných míst, na kterých je výpočet prováděn. V případě kontinuálního lití jistě není nutné jít na extrémně krátké časové kroky, ale v jiných oblastech techniky při extrémně dynamických teplotních dějích by to mohlo být důležité.

Dvě použité metody – Metoda entalpie a Metoda efektivní kapacity jsou srovnány v kapitole 3.6. Srovnání vyznívá ve prospěch Metody efektivní kapacity zejména s ohledem na rychlost výpočtů. Jako nevýhoda je však u této metody uváděna nižší přesnost. Je možné kvantifikovat tuto důležitou informaci?

Rovnice 3.65 v kapitole 3.8 jsou poněkud obtížně interpretovatelné, protože některé použité indexované symboly nejsou vysvětleny ani uvedeny v Seznamu použitých symbolů. Navíc by bylo vhodné, aby autor uvedl, který přístup používá on a případně i proč.

V kapitole 3.9, str. 53 nahoře je uvedeno, že v režimu varu povrchového filmu dochází ke krátkému kontaktu kapek (1-10ms) s chlazeným povrchem. V navazujícím textu je však uvedeno, že parní vrstva brání kapkám smáčet povrch. Běžně je také v literatuře uváděno, že v tomto režimu nedochází k přímému kontaktu kapek s povrchem a přenos tepla je zde do značné míry nezávislý i na drsnosti povrchu. Je možné vysvětlit informaci o kontaktu kapek s povrchem?

V kapitole 3.11 je u komentáře vztahu 3.73 a obr. 3.26 pravděpodobně přehlédnutím uvedeno, že „teplota má na emisivitu povrchu malý vliv“, když se vztah váže k intenzitě přenosu tepla při přirozené konvekci. Jako komentář oponenta bych uvedl, že by podmínky skutečně přirozené konvekce, s hodnotami součinitele přestupu tepla do $10 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$, bylo na licím stroji obtížné hledat.

Kapitola 4, a zejména část 4.1 ukazuje velmi pěkně závislosti termofyzikálních veličin na teplotě. V části 4.2 autor uvádí „je možné (při výpočtu vlastností) volit rychlost ochlazování“. Otázka: Jak výrazné jsou tyto závislosti při modelování kontinuálního lití oceli a jak by pak bylo vhodné přistupovat k problému, kde rychlost ochlazování je v různých místech tělesa různá?

V kapitole 7.4 jsou uvedeny ukázky reakce řídicího systému na několik modelových situací. Třetí případová studie ukazuje reakci na krátké, ale výrazné snížení licí rychlosti. Na obrázku 7.15 jsou zobrazeny průtoky přes jednotlivé chladicí okruhy. Simulovaná „porucha“ je velmi dynamická, ovšem změny průtoků jsou prováděny s časovým krokem jedna minuta – tedy krokem velmi dlouhým. Jedná se o problém regulace licího stroje, problém regulačního programu nebo jen o způsob zobrazení dat v těchto obrázcích?

Vyjádření k tezím

Při jmenování oponentem je v materiálu děkanátu FSI uvedeno, abych se vyjádřil k tomu, zda PhD teze mají následující členění: Obsah, současný stav řešené problematiky, cíl práce, zvolené metody zpracování, hlavní výsledky práce, závěr, literatura a autorův životopis.

Z pohledu toho požadavku je možné konstatovat, že teze obsahují většinu z těchto údajů, ne však v požadovaném členění. V tezích chybí explicitně uvedený cíl práce. Zvolené metody zpracování je možné vyvozovat z kapitol 2 a 3 nejsou však samostatně uvedeny. Stejně tak hlavní výsledky práce nejsou samostatně uvedeny a je možné je hledat v rozsáhlém závěru, který je totožný se závěrem disertační práce.

Z tohoto pohledu by bylo vhodné teze upravit před jejich tiskem v Edici PhD Thesis.

Závěrem posudku doporučuji udělení akademického titulu Ph. D. Ing. L. Klimešovi. Jeho práce je velmi kvalitní a obsahuje význačné přínosy jak pro teorii, tak pro průmyslovou praxi.

Posudek zpracoval

Prof. Ing. Miroslav Raudenský, CSc.

Brno, 7. října, 2014