

doc. Dr. Ing. René Pyszko
Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství
VŠB – TU Ostrava
17. listopadu 15
708 33 Ostrava - Poruba

OPONENTSKÝ POSUDEK DISERTAČNÍ PRÁCE

Název: **Optimalizace parametrů sekundárního chlazení plynulého odlévání oceli**
Autor: **Ing. Lubomír KLIMEŠ**

Pan Ing. Lubomír Klimeš předložil k oponování disertační práci, která se zabývá modelováním tuhnutí a chladnutí plynule litého předlitku a optimálním prediktivním dynamickým řízením chlazení s využitím numerického modelu. Práce má celkem 207 stran a je logicky členěna do 7 hlavních kapitol (kromě úvodu a závěru), za nimiž následuje seznam použité literatury s 207 odkazy na publikace jiných autorů, 22 odkazy na vlastní publikace autora, které se vztahují k řešenému tématu, a 21 odkazy na ostatní autorovy publikace. Práce obsahuje 136 obrázků, 30 tabulek a 2 přílohy.

Aktuálnost zvoleného tématu

Řízení technologického procesu plynulého odlévání oceli (ZPO) je v současnosti předmětem intenzivního výzkumu. Současná ZPO jsou totiž stále řízena převážně statickými algoritmy, které nezvládají správně reagovat na dynamické změny v lícím stroji. Vývoj a implementace optimálních dynamických řídicích strategií je nezbytný, pokud se má dosahovat vysoké kvality a výrobnosti lícího stroje. Z tohoto důvodu **je téma posuzované práce pana inženýra Klimeše vysoce aktuální.**

Hodnocení použité metody řešení, výsledky a přínos pro praxi

Řízení procesu plynulého odlévání je obtížné zejména z důvodů nelinearity a dopravního zpoždění v systému s rozloženými parametry, kde regulované veličiny (metalurgická délka, tloušťka a teplotní pole lící kůry) nelze přímo měřit. Hodnoty regulovaných veličin je však možno získávat použitím „softwarového snímače“ (modelu), který ale vyžaduje vysoký výpočetní výkon. **Zvolená metoda řešení**, založená na využití numerického modelu pro prediktivní řízení a na implementaci výpočtů na grafických kartách, **je proto jednoznačně správná.**

Autor použil v modelu metodu kontrolních objemů a provedl implementaci v prostředí MATLAB a C++ s využitím výpočetního potenciálu grafické karty. Přehledně a přesně popsal v práci algoritmus výpočtu na grafické kartě a správně vytipoval úlohy, které bylo možno paralelizovat. Zajímavé je provedené srovnání výpočetních výkonů v prostředí Matlab (m-file a MEX funkce) s výpočty na grafické kartě. Přínosná je provedená analýza vlivnosti chemického složení oceli na teplotní pole a interval tuhnutí předlitku. Správným krokem bylo provedení verifikací počítačového modelu. Souhlasím s autorem, že přesnost jeho modelu je dostatečná, uvažíme-li množství parametrů, které simulaci ovlivňují, stejně jako nejistotu měření povrchové teploty v provozních podmínkách.

Logickým vyústěním výzkumu je návrh a realizace úlohy optimálního řízení lícího stroje. Autor vyvinul metodu prediktivního řízení, která reaguje na dynamické změny parametrů lití, zejména lící rychlosti. Funkci algoritmu otestoval na pěti případech, ze kterých vyplývá

výhoda vyvinutého řídicího algoritmu oproti dosud používanému statickému řízení. Je proto možno s vysokou pravděpodobností očekávat efekt ve zlepšení kvality výroby i bezpečnosti proti průvalům po implementaci systému řízení v praxi.

Připomínky a dotazy k obhajobě

- Na str. 15 se hovoří o „vzduchové mezeře“, avšak mezera není vyplněná čistým vzduchem.
- Připomínka k používání dlouhého „í“ v slovech typu „řídící“, „chladící“, „vodící“ apod.
- Jako doplnění k tvrzení „*Metalurgická délka je přímo úměrná licí rychlosti a nepřímo úměrná součiniteli tepelné vodivosti oceli*“ na str. 20 prosím autora, aby se pokusil odhadnout a porovnat vnitřní a vnější tepelné odpory a jejich vliv na intenzitu odvodu tepla z předlitku v jednotlivých zónách chlazení, a tedy i na metalurgickou délku.
- Použil autor ve svém modelu cylindrické souřadnice v licím oblouku nebo je tvar nahrazen rovným úsekem?
- Používá autor v modelu konstantní nebo proměnný časový výpočtový krok? Jakým způsobem je výpočtový krok stanoven?
- Je Gaussovská pravděpodobnostní funkce vhodná pro aproximaci rozložení součinitele přestupu tepla kuželové trysky, uvážíme-li častý případ funkce rozložení ve tvaru „kráteru“ u těchto typů trysek?

Závěrečné hodnocení

Předložená disertační práce vykazuje všechny znaky pro splnění podmínek samostatné tvůrčí vědecké práce. Vědecký přínos práce je možno členit do dvou logicky navazujících původních výsledků, a to:

1. Výzkum a implementace numerického modelu ZPO, využívajícího procesory grafické karty,
2. Výzkum a implementace softwarového nástroje prediktivního řízení licího stroje.

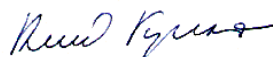
Předložená práce navazuje na současný stav znalostí, je moderní a kvalitní. V práci bylo dosaženo výsledku, který je originální, patentovatelný a využitelný v praxi.

Konstatuji, že disertační práce má vysokou úroveň jak po stránce vědecké, tak i formální. Text i matematické formule jsou napsány precizně. V textu se vyskytuje jen několik překlepů. Grafická úroveň práce je příkladná.

Ing. Lubomír Klimeš prokázal, že se dobře orientuje v oblasti technologie plynulého odlévání, numerického modelování a řízení. Předvedl schopnost tvůrčího a vědeckého přístupu k řešení problému a prokázal široké mezioborové znalosti. Vysoce oceňuji, že autor zvládl řešený problém jak po teoretické, tak i praktické stránce a realizoval vyvinuté algoritmy ve formě počítačových programů.

Kladně hodnotím také publikační aktivitu autora.

Disertační práce dle mého názoru splňuje podmínky pro závěrečné práce doktorského studia zákona o vysokých školách č. 111/98 Sb, a proto doporučuji, aby byla přijata komisí k obhajobě. Souhlasím, aby po úspěšném obhájení byla Ing. Lubomíru Klimešovi udělena vědecká hodnost Ph.D.



doc. Dr. Ing. René Pyszko
oponent

V Ostravě dne 14. 10. 2014