

Formulár ZK - Záverečná karta projektu

Riešiteľ: Doc. Mgr. Peter Guba, PhD.	Evidenčné číslo projektu: APVV-0247-06
Názov projektu: Teoretické štúdium interakcie prúdenia a štruktúry v anizotropných dendritických zónach	

Na ktorých pracoviskách bol projekt riešený:	Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Univerzita Komenského, Bratislava
Ktoré zahraničné pracoviská spolupracovali pri riešení (názov, štát):	Department of Applied Mathematics and Theoretical Physics, University of Cambridge, Cambridge, United Kingdom
	Department of Mathematics, Faculty of Nuclear Sciences and Physical Engineering, Czech Technical University, Prague, Czech Republic
	Department of Mathematics, Slovak University of Technology, Slovak Republic

Udelené patenty alebo podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory vychádzajúce z výsledkov projektu:	
Publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu (uved'te i publikácie prijaté do tlače): Uvádzajte maximálne päť najvýznamnejších publikácií.	Guba, P., Worster, M. G., Interactions between steady and oscillatory convection in mushy layers, J. Fluid Mech. 645, 411–434, 2010
	Guba, P., Worster, M. G., Nonlinear oscillatory convection in mushy layers, J. Fluid Mech. 553, 419–443, 2006
	Guba, P., Worster, M. G., Free convection in laterally solidifying mushy layers, J. Fluid Mech. 558, 69–78, 2006
	Mikula, K., Ševčovič, D. and Balažovjeh, M., A simple, fast and stabilized flowing finite volume method for solving general curve evolution equations, Commun. Comput. Phys. 7, 195–211, 2010
	Beneš, M., Mikula, K., Oberhuber, T., Ševčovič, D., Comparison study for Level set and Direct Lagrangian methods for computing Willmore flow of closed planar curves, Comput. Visual. Sci. 12, 307–317, 2009
V čom vidíte uplatnenie výsledkov projektu:	Získané teoretické výsledky môžu nájsť aplikácie v materiálovom inžinierstve a metalurgii v kontexte tuhnutia zliatín, ako aj v geofyzike v kontexte dynamiky rovníkovej oblasti rozhrania medzi vnútorným a vonkajším jadrom Zeme.

Charakteristika výsledkov

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu (max. 20 riadkov) - slovensky:

Analyzovali sme problém nelineárnej, dvojrozsmernej konvekcie v dendritickej zóne počas tuhnutia binárnej zmesi. Uvažovali sme špecifický limitný prípad, v ktorom nástup oscilačnej konvekcie predchádza nástupu ustáleného prúdenia pri fixovanom horizontálnom rozmere konvektívnych útvarov. Táto asymptotická limita nám umožnila určiť nelineárne riešenia analyticky. Výsledky poskytujú úplný opis stability a prechodov medzi ustálenou a oscilačnou konvekciou v závislosti na Rayleighovom čísle a bezrozmernom kompozičnom

pomere. Osobitnú pozornosť sme venovali efektom asymetrie základného stavu a nehomogenity v priepustnosti dendritickej zóny, ktoré vedú ku skokovým (hysteréznym) prechodom v systéme. Zistili sme, že prechod medzi postupujúcimi a stojatými konvektívnymi vlnami, ako aj medzi stojatými vlnami a ustáleným prúdením, môže byť hysterézný. Naše teoretické predpovede sme porovnali s výsledkami nedávnych laboratórnych experimentov.

Previedli sme lokálnu asymptotickú analýzu prirodzenej konvekcie v dendritickej zóne pri veľkých hodnotách Rayleighovho čísla, generovanú uvoľnením prímеси pri ochladzovaní binárnej zmesi z vertikálnej hranice. Hlavným cieľom bolo osvetliť podstatné fyzikálne procesy, ktoré riadia laterálne tuhnutie dendritických zón. Pomocou redukcie úplného systému riadiacich parciálnych diferenciálnych rovníc sme určili ustálené, dvojrozmerné, sebe-podobné riešenia pre dynamické polia v dendritickej zóne. Skúmali sme tiež časový vývoj objemového zlomku tuhej fázy smerom k ustálenému stavu. Jedným z najdôležitejších výsledkov bola kvantifikácia vertikálneho rozsahu advektívnej makrosegregácie prímеси vo vznikajúcej tuhej fáze.

Summary of the project results and the fulfillments of the project goals (max. 20 lines) -english:

We study nonlinear, two-dimensional convection in a mushy layer during solidification of a binary mixture. We consider a particular limit in which the onset of oscillatory convection just precedes the onset of steady overturning convection, at a prescribed aspect ratio of convection patterns. This asymptotic limit allows us to determine nonlinear solutions analytically. The results provide a complete description of the stability of and transitions between steady and oscillatory convection as functions of the Rayleigh number and the compositional ratio. Of particular focus are the effects of the basic-state asymmetries and non-uniformity in the permeability of the mushy layer, which give rise to abrupt (hysteretic) transitions in the system. We find that the transition between travelling and standing waves, as well as that between standing waves and steady convection, can be hysteretic. The relevance of our theoretical predictions to recent experiments on directionally solidifying mushy layers is also discussed.

A local analysis has been performed of free convection flow at high Rayleigh numbers within a mushy region, induced by release of a buoyant residual as a binary alloy is cooled from a vertical sidewall. The free-convection boundary-layer equations for the mushy region are derived for a distinguished parameter regime corresponding to the limits of large Stefan number and of large compositional ratio. In this regime, the thermal and flow fields are steady, whilst some transient growth of the solid dendrites can still occur. Steady-state, self-similar solutions for the temperature, flow and solid-fraction fields within the mushy region are obtained. The development of the solid fraction towards the steady state is also examined. Among other results is the quantification of the vertical extent of macrosegregation associated with free convection in mushy regions.

Podpisom záverečnej karty riešiteľ vyjadruje svoj súhlas so zverejnením údajov v nej uvedených.

Podpis zodp. riešiteľa:

Podpis štatutárneho zástupcu:

Dátum:

Pečiatka: