

Formulár ZK - Záverečná karta projektu

Riešiteľ: Doc. Mgr. Peter Guba, PhD.	Evidenčné číslo projektu: ESF-EC-0002-06
Názov projektu: Growth of the Inner Core: Structure and Dynamics (GRICO)	

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
	University of Regensburg, Regensburg, Germany
	Hokkaido University, Hokkaido, Japan

Udelené patenty alebo podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory vychádzajúce z výsledkov projektu:	
Publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu (uveďte i publikácie prijaté do tlače): <i>Uvádzajte maximálne päť najvýznamnejších publikácií.</i>	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
	Guba, P., Worster, M. G., Interactions between steady and oscillatory convection in mushy layers, J. Fluid Mech. 645, 411–434, 2010
	Garcke, G., Kohsaka, Y., Ševčovič, D., Nonlinear stability of stationary solutions for curvature flow with triple junction, Hokkaido Math. J. 38, 721–769, 2009
	Ševčovič, D., Yazaki, S., A curvature adjusted tangential redistribution algorithm for computation of plane interface evolution, submitted, 2010
V čom vidíte uplatnenie výsledkov projektu:	Získané teoretické výsledky môžu nájsť aplikácie v materiálovom inžinierstve a metalurgii v kontexte tuhnutia zliatin, 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:

Študovali sme problém nelineárneho vývoja oscilačnej konvektívnej nestability v dvojrozmernej izotropnej dendritickej zone počas tuhnutia binárnej zmesi. Uvažovali sme blízko-eutektickú limitu, ktorá umožnila nájsť asymptotické riešenie problému použitím perturbačných metód. Navyše, uvažovali sme režim veľkých hodnôt Stefanovho čísla, ktorý umožnil destabilizáciu systému vzhľadom na oscilačný (vlnový) typ konvekcie. Zistili sme, že postupné a stojaté vlnové prúdenie môže byť superkriticky stabilné. Stabilita konvektívnych stavov závisí predovšetkým od citlivosti izotropnej permeability dendritickej zóny na variáciách v lokálnom zlomku tuhej fázy: systémy s relatívne nízkou citlivosťou uprednostňujú v nelineárnom režime konvekciu vo forme postupných vln. Pokles permeability je spojený s prechodom ku subkritickým, a preto nestabilným, primárnym

oscilačným stavom. Okrem zmapovania relevantného parametrického priestoru z pohľadu stability oscilačných stavov sme určili detailnú časo-priestorovú štruktúru teplotného poľa, rýchlostného poľa a zlomku tuhej fázy v dendritickej zóne.

Previedli sme lokálnu asymptotickú analýzu prirodzenej konvekcie v izotropnej 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 the problem of nonlinear development of oscillatory convective instability in a two-dimensional mushy layer during solidification of a binary mixture. We adopt the near-eutectic limit, making the problem analytically tractable using standard perturbation techniques. We consider also a distinguished limit of large Stefan number, which allows a destabilization of the system to an oscillatory mode of convection. We find that either travelling waves or standing waves can be supercritically stable, depending strongly on the sensitivity of permeability of the mushy layer to variations in the local solid fraction: mushy-layer systems with relatively weak sensitivity are more likely to select travelling waves rather than standing waves in the nonlinear regime. Furthermore, the decrease in permeability is found to promote the subcritical primary oscillatory states. In addition to mapping out the location of different stable oscillatory patterns in the available parameter space, we give the detailed spatio-temporal structure of the corresponding thermal, flow and solid-fraction fields within the mushy layer, as well as the bulk composition in the resulting eutectic solid.

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: