

Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě
Univerzity Karlovy

- posudek vedoucího posudek oponenta
 bakalářské práce diplomové práce

Autor/ka: Tomáš Skřivan

Název práce: Shear and vorticity banding

Studijní program a obor: Matematické modelování ve fyzice a technice

Rok odevzdání: 2016

Jméno a tituly vedoucího/opponenta: Mgr. Vít Průša, PhD.

Pracoviště: Matematický ústav Univerzity Karlovy

Kontaktní e-mail: prusv@karlin.mff.cuni.cz

Odborná úroveň práce:

- vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Věcné chyby:

- téměř žádné vzhledem k rozsahu přiměřený počet méně podstatné četné závažné

Výsledky:

- originální původní i převzaté netriviální kompilace citované z literatury opsané

Rozsah práce:

- veliký standardní dostatečný nedostatečný

Grafická, jazyková a formální úroveň:

- vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Tiskové chyby:

- téměř žádné vzhledem k rozsahu a tématu přiměřený počet četné

Celková úroveň práce:

- vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Slovní vyjádření, komentáře a připomínky vedoucího/opponenta:

Viz příloha.

Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:

Viz příloha.

Práci

doporučuji

nedoporučuji

uznat jako diplomovou/bakalářskou.

Navrhuji hodnocení stupněm:

- výborně velmi dobře dobře neprospěl/a

Místo, datum a podpis vedoucího/opponenta: Praha, 1. září 2016, Vít Průša

SHEAR AND VORTICITY BANDING

TOMÁŠ SKŘIVAN

1. OBSAH PRÁCE

Práce je věnována problematice matematického modelování jevu *shear banding*, což je kvalitativně nový jev pozorovaný v řadě komplexních tekutin. Jev spočívá v spontánním vytvoření vrstev odlišných fyzikálních vlastností (zdánlivá viskozita) v proudící tekutině, viz například Divoux et al. (2016). V poslední době je tomuto jevu věnována značná pozornost, a to jak z pohledu matematického modelování, tak z pohledu experimentálního. **Cílem práce bylo vybudovat matematický model pro popis tohoto jevu.**

1.1. Dosažené výsledky. Standardním *mechanickým* modelem využívaným k popisu tekutin, které vykazují jev *shear banding*, je *mechanický* model viskoelastického typu *Johnson–Segalman*, který je obohacen o difúzní člen v evoluční rovnici pro doplňkový tenzor napětí, viz Fardin et al. (2012). Ačkoliv je přítomnost difúzního členu v evoluční rovnici pro doplňkový tenzor napětí motivována mikroskopickými úvahami, viz El-Kareh and Leal (1989), není jasné, že výsledný *makroskopický* model vede k termodynamicky konzistentnímu popisu chování daného materiálu ve smyslu kompatibility konstitutivního vztahu se zákony termodynamiky. Kromě toho dosavadní mechanický model neposkytuje žádnou charakterizaci termomechanických interakcí. Jelikož materiálové parametry včetně koeficientu u difúzního členu mohou záviset na teplotě, viz Mohammadigoushki and Muller (2016), je zřejmé, že dosavadní ryze *mechanický* model je v takovémto případě nepoužitelný, a že musí být vhodným způsobem rozšířen.

S použitím metodologie navržené Rajagopal and Srinivasa (2000), viz také Málek et al. (2015), jsou v práci odvozeny termodynamicky konzistentní modely typu Maxwell/Oldroyd-B, které obsahují difúzní člen v evoluční rovnici pro doplňkový tenzor napětí. (Hlavní myšlenkou je začlenění vyšších gradientů deformace do volné energie, která charakterizuje schopnost materiálu ukládat energii.) Stejná metodologie je pak použita pro odvození modelu typu *Johnson–Segalman* s difúzním členem. **Tento model představuje termodynamicky konzistentní model pro popis jevu *shear banding*.** Navržené modely přirozeně vedou k evoluční rovnici pro teplotu, přičemž tato rovnice je kompatibilní s *mechanickou* částí systému bilančních rovnic, což přirozeně vede k ucelenému popisu evoluce rychlostního, tlakového, napětového a teplotního pole v dané tekutině. **Cíle práce tedy bylo zjevně dosaženo.**

V závěru práce jsou prezentovány výsledky jednoduchých numerických experimentů, které (v čistě mechanickém případě) ukazují, že navržené modely skutečně mohou popsat jev *shear banding*.

1.2. Přínos autora. Všechny výše uvedené výsledky jsou, pokud není uvedeno jinak, původní a získané autorem v průběhu řešení diplomové práce.

2. HODNOCENÍ

2.1. Formální kvalita práce. Formální kvalita práce je dobrá. Množství překlepů či jazykových chyb je malé, grafická úprava je dostatečná. (Obrázek 3.1 by mohl být kvalitnější.) Jedinými výtkami hodnými zaznamenání je poněkud zmatečné nakládání s tlakem v Sekci 2.2, kdy není příliš jasné, zda autor pracuje se stlačitelným nebo nestlačitelným materiálem, což se projevuje zejména nekonzistentním střídáním notace p versus p_{th} pro tlak. Vztah pro volnou energii (3.39)₂ v Sekci 3.2.2 by měl být $\psi_d = \frac{1}{4} |\nabla \mathbb{B}_2|^2$ namísto $\psi_d = \frac{1}{4} |\nabla \text{Tr} \mathbb{B}_2|^2$, totéž platí pro vztah (3.61)₂. Transformace používaná v termodynamice je “Legendre transformation” nikoliv “Legandre transformation”.

2.2. Věcná kvalita práce. Dosažený výsledek—termodynamicky konzistentní model pro popis jevu *shear banding*—je **originální a představuje významný přínos k teorii** jevu *shear banding*, výsledek je publikovatelný v kvalitním časopise. Numerické výpočty je nutné chápat pouze jako ilustraci možností, které odvozené modely nabízí, nejsou podloženy žádnou formální analýzou.

2.3. Doporučení. Předloženou práci doporučuji uznat jako diplomovou práci.

Mgr. Vít Průša, Ph.D.
Matematický ústav Univerzity Karlovy

REFERENCE

- Divoux, T., M. A. Fardin, S. Manneville, and S. Lerouge (2016). Shear banding of complex fluids. *Annu. Rev. Fluid Mech.* *48*(1), 81–103.
- El-Kareh, A. W. and L. G. Leal (1989). Existence of solutions for all Deborah numbers for a non-Newtonian model modified to include diffusion. *J. Non-Newton. Fluid Mech.* *33*(3), 257–287.
- Fardin, M. A., T. J. Ober, C. Gay, G. Gregoire, G. H. McKinley, and S. Lerouge (2012). Potential “ways of thinking” about the shear-banding phenomenon. *Soft Matter* *8*, 910–922.
- Málek, J., K. R. Rajagopal, and K. Tůma (2015). On a variant of the Maxwell and Oldroyd-B models within the context of a thermodynamic basis. *Int. J. Non-Linear Mech.* *76*, 42–47.
- Mohammadigoushki, H. and S. J. Muller (2016). A flow visualization and superposition rheology study of shear-banding wormlike micelle solutions. *Soft Matter* *12*(4), 1051–1061.
- Rajagopal, K. R. and A. R. Srinivasa (2000). A thermodynamic frame work for rate type fluid models. *J. Non-Newton. Fluid Mech.* *88*(3), 207–227.