

Obsah

Úvod	5
1 Současný stav poznání účinku magnetického pole na tekutiny	11
1.1 Vlastnosti magnetického pole	11
1.2 Magnetohydrodynamika v metalurgii a v technologických procesech	11
1.3 Experimentální studie	13
1.4 Teoretická studie	16
1.5 Dosavadní poznatky z oblasti numerických simulací	18
1.6 Materiálové vlastnosti ovlivňující magnetohydrodynamické procesy	21
2 Příklady použití magnetického pole ve slévarenství	24
3 Matematický model	27
3.1 Definice významných bezrozměrných parametrů	28
3.2 Matematický model pro uvažování nestlačitelné tekutiny	30
3.3 Popis obecného matematického modelu pro účinky magnetického pole	33
3.4 Základní rovnice a vztahy pro malé hodnoty magnetického Reynoldsova čísla	34
3.5 Zkrácený popis matematického modelu v případě rotujícího magnetické pole	36
3.6 Definice Lorentzových sil	38
3.6.1 Matematický model translačního magnetického pole	42
3.6.2 Platnost matematického modelu TMP	45

3.7	Simulace turbulentního proudění	46
3.8	RANS modely	47
3.9	Hybridní modely typu DES	51
4	Výpočetní software	55
4.1	Historie vývoje výpočetního programu	55
4.2	Motivace k programování NS-FEM3D	57
4.3	Paralelní výpočet	58
4.4	Verifikace programu NS-FEM3D	61
4.4.1	Poiseuilleovo proudění	61
4.4.2	Proudění v dutině	63
4.4.3	Rotující magnetické pole v nádobě nekonečné výšky	65
4.5	Struktura výpočetního programu NS-FEM3D	68
4.6	Post-processing - identifikace struktur	78
4.7	Start výpočetního programu	88
5	Rotující magnetické pole - laminární režim	94
5.1	Podkritická oblast magnetického Taylorova čísla - osově symetrická nádoba .	94
5.1.1	Vliv Taylorova čísla na sekundární proudění	95
5.1.2	Charakteristické vlastnosti proudění	96
5.2	Nadkritická oblast magnetického Taylorova čísla - osově symetrická nádoba .	97
5.2.1	Okamžité rychlostní pole	100
5.2.2	Časově zprůměrované rychlostní pole	103
5.2.3	Spektra	107
5.2.4	Vírové struktury	111
5.2.5	Vírové struktury a okamžité rychlostní pole	116
5.2.6	Charakteristické vlastnosti proudění	117
5.3	Osově nesymetrická nádoba	119

6	Rotující magnetické pole - turbulentní režim	121
6.1	Využití turbulentních modelů v magneticky poháněných proudech	121
6.1.1	Definice bezrozměrných veličin	122
6.1.2	Výpočetní síť	123
6.1.3	Časově středované rychlostní pole	123
6.1.4	Reynoldsovo napětí	128
6.1.5	Turbulentní kinetická energie	130
6.2	Osově nesymetrická nádoba	133
6.2.1	Rychlostní pole	133
6.2.2	Vlastnosti turbulentního proudění	138
7	Translační magnetické pole - laminární režim	143
7.1	Výsledky numerické simulace proudění vyvolaného TMP	143
8	Lineární a nelineární nestability v proudění	148
8.1	Teorie lineárních nestabilit	149
8.2	Dosavadní znalosti a publikace	152
8.3	Popis numerického testu lineárních nestabilit	153
8.4	Proudění vyvolané rotujícím magnetickým polem	155
8.4.1	Velikost nádoby $Z=1$	155
8.5	Proudění vyvolané účinkem translačního magnetického pole	159
8.5.1	Velikost nádoby $Z=1$	159
8.5.2	Velikost nádoby $Z=0.5$	163
8.5.3	Test hustoty sítě	166

9 Porovnání výsledků simulací s experimenty a teorií	168
9.1 Hrubá validace výsledků	169
9.2 Validace na základě Davidsonovy teorie	171
9.3 Validace v oblasti středu rotace proudění	173
9.4 Validace versus komerční software	175
9.5 Validace numerických výsledků s experimentem	177
Závěr	179
Použitá literatura	181
Rejstřík	188