بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فنی مهندسی

گروه مکانیک

تحلیل تولید آنتروپی مسائل انتقال حرارت جابجایی

استاد راهنما:

دکتر مرتضی یاری

توسط:

ساناز میرزاپریخانی

تابستان 1389

تحلیل تولید آنتروپی مسائل انتقال حرارت جابجایی

توسط:

ساناز میرزاپریخانی

پایان‌نامه برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی مکانیک – تبدیل انرژی

از

دانشگاه محقق اردبیلی

ایران – اردبیل

ارزیابی و تصویب شده توسط کمیته پایان‌نامه با درجه : .....

دکتر مرتضی یاری (استاد راهنما و رئیس کمیته) ..... دانشیار

دکترابراهیم عبدی اقدم (داور داخلی) ..... استادیار

دکتر فرامرز رنجبر (داور خارجی) ..... استادیار

تیر ماه 1389

تقدیم به :

همسرم

که

همواره پشتیبان و مشوقم هستند.

سپاسگزاری:

بر خود واجب می‌دانم که کتبا" نیز از جناب آقای دکتر یاری کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم. ایشان علاوه بر اینکه استاد راهنمای بنده بودند، در تمامی مراحل تحصیل کارشناسی و کارشناسی ارشد، راهنمای من در تمام موفقیت‌ها هستند. در ضمن بنده روش عددی و کد مربوطه را با تکیه بر آموخته‌های خود از درس محاسبات عددی پیشرفته که جناب آقای دکتر عبدی‌اقدم تدریس کرده‌اند، به کار برده‌ام. ایشان برنامه‌نویسی فرترن را خارج از کلاس محاسبات عددی پیشرفته به بنده آموخته بودند. از ایشان نیز به خاطر تدریس عالی "درس محاسبات عددی پیشرفته" و "آموزش کدنویسی فرترن" کمال تشکر را دارم.

نام خانوادگی دانشجو: میرزاپریخانی	**نام**: ساناز
عنوان پایان‌نامه: تحلیل تولید آنتروپی مسائل انتقال حرارت جابجایی	
استاد راهنما: دکتر مرتضی یاری	
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته**: مهندسی مکانیک **گرایش**: تبدیل انرژی **دانشکده**: فنی مهندسی **تاریخ فارغ التحصیلی**: 1389/4/23 **تعداد صفحه**:132	
کلید واژه: تولید آنتروپی، مگنتو هیدرودینامیک- MHD - میکروکانال – لغزش سرعت – اتلافات لزجتی	

چکیده:

در این پایان نامه تحلیل تولید آنتروپی جریان در میدان مغناطیسی و با در نظر داشتن تاثیرات لایه‌ی مرزی، یعنی سرعت لغزش و پرش دمایی روی سطح برای دو حالت صفحه‌ی دما ثابت و شار ثابت مورد مطالعه قرار گرفته است.گرچه در این مطالعه هدف تحلیل تولید آنتروپی جریان بود اما جریان به طور کامل مورد بررسی قرار گرفته است. معادلات دیفرانسیل جزئی حاکم بر جریان با نوشتن قوانین بقاء جرم، مومنتوم و انرژی برای حجم کنترل جزئی در لایه‌ی مرزی به دست آمدند و این معادلات دیفرانسیل جزئی با استفاده از روش تشابه به معادلات دیفرانسیل معمولی مرتبه‌ی بالا تبدیل شدند. این معادلات نیز بعد از تبدیل به دستگاه معادلات دیفرانسیل معمولی به روش عددی اولر و به صورت پیشگو- تصحیح کننده با کد فرترن حل شدند. تاثیر لغزش، اتلافات لزجتی، شدت میدان مغناطیسی و عدد پرانتل سیال بر روی پارامترهای جریان، مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در غیاب میدان مغناطیسی تولید آنتروپی بی‌بعد ، با لغزنده تر شدن جریان کاهش می‌یابد. ولی در حضور میدان مغناطیسی در حالت بدون لغزش، با افزایش شدت میدان مغناطیسی عدد تولید آنتروپی کاهش می‌یابد و با لغزنده تر شدن جریان افزایش شدت میدان باعث افزایش عدد تولید آنتروپی می‌گردد. با معکوس شدن جهت میدان مغناطیسی در جریان لغزنده افزایش شدت میدان مغناطیسی باعث کاهش تولید آنتروپی می‌گردد. همچنین تولید آنتروپی در جریان روی صفحه‌ی دما ثابت نسبت به صفحه‌ی شار ثابت کمتر می‌باشد که با لغزنده‌ترشدن جریان این اختلاف کمتر می‌شود.

فهرست مطالب

فصل 1 مقدمه و مروری بر پیشینه‌ی تحقیق 1

1-1 مقدمه 2

1-2 تحلیل جریان روی صفحه‌ی تخت 7

1-2-1 تحلیل هیدرودینامیک جریان 8

1-2-1-1 شکل کلی معادله‌ی بقاء جرم 9

1-2-1-2 شکل کلی معادله‌ی بقاء مومنتوم 10

1-2-2 بیان قانون اول ترمودینامیک 12

1-2-2-1 شکل کلی معادله‌ی بقاء انرژی برای حجم کنترل 12

1-2-3 بیان قانون دوم ترمودینامیک 14

1-2-3-1 مفهوم آنتروپی 14

1-2-3-2 شکل کلی قانون دوم ترمودینامیک 15

1-3 شرایط مرزی لغزش و پرش دمایی 16

1-3-1 تئوری جنبش برای سرعت لغزش 16

1-3-2 تئوری جنبش برای پرش دمایی روی سطح 18

فصل 2 روش تحقیق 19

2-1 مقدمه 20

2-2 جریان لایه‌ی مرزی روی صفحه‌ی تخت 20

2-2-1 معادله‌ی بقاء جرم 21

2-2-2 معادله‌ی بقاء مومنتوم..... 22
2-2-3 معادله‌ی بقاء انرژی 24
2-2-4 تولید آنتروپی جریان 26
2-3 معادلات لایه‌ی مرزی (تقریب لایه‌ی مرزی) 28
2-4 جریان در میدان مغناطیسی 30
2-4-1 نیروی میدان مغناطیسی 30
2-4-2 معادله‌ی بقاء مومنتوم در میدان مغناطیسی 32
2-4-3 معادله‌ی بقاء انرژی در میدان مغناطیسی 34
2-5 روش مطالعه 35
2-5-1 اعمال روش تشابه به معادلات بقاء جرم و بقاء مومنتوم 36
2-5-2 اعمال روش تشابه به معادلات بقاء انرژی 38
2-5-3 اعمال روش تشابه به معادلات جریان در میدان مغناطیسی..... 39
2-5-4 اعمال روش تشابه به قانون دوم ترمودینامیک 41
2-6 انتخاب روش 42
2-6-1 حل معادله‌ی دیفرانسیل مرتبه‌ی بالای صریح 43
2-6-2 حل دستگاه معادله‌ی دیفرانسیل مرتبه‌ی اول 44
2-7 تشریح کامل روش تحقیق 45
2-7-1 اعمال تغییر متغیر Z به معادله‌ی بقاء مومنتوم 45
2-7-2 اعمال تغییر متغیر Z به معادله‌ی بقاء انرژی 46
2-7-3 اعمال تغییر متغیر Z به معادلات حاکم بر جریان در میدان مغناطیسی..... 48
2-7-4 اعمال تغییر متغیر Z به شرایط مرزی جریان 49
2-7-5 اعمال تغییر متغیر Z به سایر پارامترهای مورد مطالعه..... 50

2-7-6 اعمال تغییر متغیر Z به قانون دوم ترمودینامیک 51

فصل 3 نتایج و تفسیر آن ها 52

3-1 مروری بر نتایج کارهای انجام شده 53

3-2 اعتبار سنجی مطالعه‌ی انجام شده 54

3-3 نتایج هیدرودینامیکی جریان در میکروکانال 60

3-4 نتایج حرارتی جریان در میکروکانال 65

3-5 نتایج ترمودینامیکی جریان در میکروکانال 81

3-6 نتایج هیدرودینامیکی جریان MHD در میکروکانال 89

3-7 نتایج حرارتی جریان MHD در میکروکانال 93

3-8 نتایج ترمودینامیکی جریان MHD در میکروکانال 100

فصل 4 جمع بندی و پیشنهادها 113

4-1 مروری اجمالی بر مراحل انجام تحقیق 114

4-2 دست آوردهای تحقیق 115

4-3 نوآوری‌های تحقیق 116

4-4 پیشنهادها 117

مراجع 118

پیوست الف اعمال روش تشابه به معادلات حاکم بر جریان 132

فهرست اشکال

شکل (۱-۱) پروفیل سرعت جریان آرام روی صفحه.....8

شکل (۱-۲) انعکاس آیینه ای و دیفیوز ذرات.....17

شکل (۲-۱) شرایط مرزی حرارتی مورد مطالعه در جریان روی صفحه ی تخت.....20

شکل (۲-۲) حجم کنترل جزئی با ترم های معادله ی بقاء جرم.....21

شکل (۲-۳) نیروهای لزجتی موثر روی حجم کنترل جزئی.....22

شکل (۲-۴) جریان گرما و آنتالپی از و به حجم کنترل جزئی.....23

شکل (۲-۵) لایه ی مرزی هیدرودینامیکی وحرارتی.....28

شکل (۲-۶) نیروهای لزجتی و نیروی میدان مغناطیسی موثر روی حجم کنترل دیفرانسیلی.....32

شکل (۳-۱) مقایسه ی عدد نوسلت حاصل از این مطالعه و نوسلت حاصل از معادلات بیان شده در مراجع [71] , [77] و [78] 56

شکل (۳-۲) مقایسه ی نتایج حل مطالعه ی حاضر در شرایط مطالعات عزیز [69] و آکل [73] برای سرعت بی بعد 57

شکل (۳-۳) مقایسه ی نتایج حل مطالعه ی حاضر در شرایط مطالعات عزیز [69] برای دمای بی بعد و گرادیان دمایی 58

شکل (۳-۴) مقایسه ی نتایج حل مطالعه ی حاضر در شرایط مطالعات آکل [73] برای دمای بی بعد و گرادیان دمایی.....59

شکل (۳-۵) تاثیر تغییر لغزش جریان بر روی تابع بی بعد جریان.....60

شکل (۳-۶) تاثیر تغییر لغزش جریان بر روی مولفه ی x سرعت بی بعد.....61

شکل (۳-۷) تاثیر تغییر لغزش جریان بر روی گرادیان مولفه ی x سرعت بی بعد.....61

شکل (۳-۸) تاثیر تغییر لغزش جریان بر روی مولفه ی y سرعت بی بعد.....62

شکل (۳-۹) تاثیر تغییر لغزش جریان بر روی سرعت لغزش و تنش برشی روی سطح.....63

شکل (۳-۱۰) تاثیر تغییر لغزش جریان بر روی توزیع دمای بی بعد در دو حالت صفحه ی شار ثابت و دما ثابت.....67

شکل (۳-۱۱) تاثیر تغییر عدد برینکمن بر روی توزیع دمای بی بعد در دو حالت صفحه ی شار ثابت و دما ثابت.....69

شکل (۳-۱۲) تاثیر تغییر عدد پرانتل بر روی توزیع دمای بی بعد در دو حالت صفحه ی شار ثابت و دما ثابت.....71

شکل (۳-۱۳) تاثیر تغییرلغزش جریان بر روی گرادیان دمای بی بعد در دو حالت صفحه ی شار ثابت و دما ثابت.....73

شکل (۳-۱۴) تاثیر تغییر عدد برینکمن بر روی گرادیان دمای بی بعد در دو حالت صفحه ی شار ثابت و دما ثابت.....75

شکل (۳-۱۵) تاثیر تغییر عدد پرانتل بر روی توزیع دمای بی بعد در دو حالت صفحه ی شار ثابت و دما ثابت.....77

شکل (۳-۱۶) تاثیر تغییر عدد برینکمن بر روی دمای بی بعد پرش روی سطح در دو حالت صفحه‌ی شار ثابت و دما ثابت.....79

شکل (۳-۱۷) تاثیر تغییر عدد برینکمن بر روی گرادیان دما روی سطح در دو حالت صفحه‌ی شار ثابت و دما ثابت.....80

شکل (۳-۱۸) تاثیر تغییر پارامتر Br/ϕ بر روی عدد تولید آنتروپی در جریان روی صفحه‌ی شار ثابت 83

شکل (۳-۱۹) تاثیر تغییر پارامتر Br/ϕ بر روی عدد تولید آنتروپی در جریان روی صفحه‌ی دما ثابت 84

شکل (۳-۲۰) تاثیر تغییر عدد نوسلت بر روی عدد تولید آنتروپی در جریان روی صفحه‌ی شار ثابت و دما ثابت.....85

شکل (۳-۲۱) تاثیر تغییر لغزش جریان بر روی عدد تولید آنتروپی حاصل از انتقال حرارت در صفحه ی شار ثابت و دما ثابت.....87

شکل (۳-۲۲) تاثیر تغییر پارامتر Br/ϕ و لغزش جریان بر روی عدد تولید آنتروپی حاصل از اتلافات در صفحه‌ی شار ثابت و دما ثابت 88

شکل (۳-۲۳) تاثیر تغییر پارامتر میدان مغناطیسی و عدد لغزش بر روی تابع جریان در جریان MHD 89

شکل (۳-۲٤) تاثیر تغییر پارامتر میدان مغناطیسی و عدد لغزش روی مولفه ی x سرعت بی بعد جریان MHD 93

شکل (۳-۲۵) تاثیر تغییر پارامتر میدان مغناطیسی و عدد لغزش روی گرادیان مولفه‌ی x سرعت بی-بعد جریان MHD 91

شکل (۳-۲۶) تاثیر تغییر پارامتر میدان مغناطیسی و عدد لغزش بر روی مولفه‌ی y سرعت بی بعد در جریان MHD 92

شکل (۳-۲۷) تاثیر تغییر پارامتر میدان مغناطیسی و عدد لغزش بر روی سرعت لغزش بی بعد و تنش برشی روی سطح در جریان MHD 92

شکل (۳-۲۸) تاثیر تغییر پارامتر میدان مغناطیسی و عدد لغزش بر روی دمای بی بعد در جریان MHD روی صفحه ی دما ثابت و شار ثابت 94

شکل (۳-۲۹) تاثیر تغییر پارامتر میدان مغناطیسی و عدد لغزش بر گرادیان دمای بی بعد در جریان MHD روی صفحه‌ی دما ثابت و شار ثابت 96

شکل (۳-۳۰) تاثیر تغییر پارامتر میدان مغناطیسی و عدد لغزش بر روی دمای پرش در جریان MHD روی صفحه‌ی دما ثابت و شار ثابت.....98

شکل (۳-۳۱) تاثیر تغییر پارامتر میدان مغناطیسی و عدد لغزش بر روی گرادیان دمایی روی سطح در جریان MHD روی صفحه‌ی دما ثابت و شار ثابت.....98

شکل (۳-۳۲) تاثیر تغییر پارامتر میدان مغناطیسی بر روی عدد تولید آنتروپی در حالت بدون لغزش سرعت و پرش دمایی روی سطح در جریان MHD روی صفحه‌ی دما ثابت و شار ثابت.....101

شکل (۳-۳۳) تاثیر تغییر پارامتر میدان مغناطیسی بر روی عدد تولید آنتروپی در حالت لغزش جریان و پرش دمایی روی سطح در جریان MHD روی صفحه‌ی دما ثابت و شار ثابت.....102

شکل (۳-۳۴) تاثیر تغییر پارامتر میدان مغناطیسی بر روی عدد تولید آنتروپی در حالت لغزش جریان و پرش دمایی روی سطح در جریان MHD روی صفحه‌ی دما ثابت و شارثابت 103

شکل (۳-۳۵) تاثیر تغییر پارامتر میدان مغناطیسی بر روی عدد تولید آنتروپی اتلافی در حالت بدون لغزش جریان و پرش دمایی روی سطح در جریان MHD روی صفحه‌ی دما ثابت و شار ثابت 104

شکل (۳-۳۶) تاثیر تغییر پارامتر میدان مغناطیسی بر روی عدد تولید آنتروپی اتلافی در حالت لغزش جریان و پرش دمایی روی سطح در جریان MHD روی صفحه‌ی دما ثابت و شار ثابت 105

شکل (۳-۳۷) تاثیر تغییر پارامتر میدان مغناطیسی بر روی عدد تولید آنتروپی ناشی از انتقال حرارت در حالت بدون لغزش جریان و پرش دمایی روی سطح در جریان MHD روی صفحه‌ی دما ثابت و شار ثابت 106

شکل (۳-۳۸) تاثیر تغییر پارامتر میدان مغناطیسی بر روی عدد تولید آنتروپی ناشی از انتقال حرارت در حالت لغزش جریان و پرش دمایی روی سطح در جریان MHD روی صفحه-ی دما ثابت و شار ثابت 107

شکل (۳-۳۹) تاثیر جهت میدان مغناطیسی بر روی گرادیان مولفه‌ی x سرعت بی بعد در جریان MHD 109

شکل (۳-۴۰) تاثیرتغییرجهت میدان مغناطیسی بر گرادیان دمای بی بعد در جریان MHD روی صفحه‌ی دما ثابت و شار ثابت 110

شکل (۳-۴۱) تاثیر تغییر جهت میدان مغناطیسی بر روی عدد تولید آنتروپی در حالت بدون لغزش جریان و پرش دمایی روی سطح در جریان MHD روی صفحه‌ی دما ثابت و شارثابت 111

شکل (۳-۴۲) تاثیر تغییر جهت میدان مغناطیسی بر روی عدد تولید آنتروپی در حالت لغزش جریان و پرش دمایی روی سطح در جریان MHD روی صفحه‌ی دما ثابت و شار ثابت.....112

فهرست علائم اختصاری

حروفات انگلیسی

سطح مقطع	A
شدت میدان مغناطیسی	B
عدد بیژن	Be
عدد برینکمن	Br
گرمای ویژه در فشار ثابت	C_p
گرمای ویژه درحجم ثابت	C_v
انرژی کل سیال	E
شدت میدان الکتریکی	E
نیرو	F
چگالی جریان الکتریکی	J
آنتالپی سیال	H
عدد لغزش	K
عدد نادسن	Kn
بعد مشخصه	L
عدد میدان مغناطیسی	M
آهنگ تولید آنتروپی بی‌بعد(عدد تولید آنتروپی)	N_S
عدد تولید آنتروپی انتقال حرارتی	N_H
عدد تولید آنتروپی اتلافی	N_F
عدد نوسلت	Nu
فشار	P
عدد پرانتل	Pr
حرارت وارد شده به سیال	Q
عدد رینولدز	Re
آنتروپی سیال	S
دما	T
سرعت	V
حجم	V

کار انجام شده روی سیال	w
ارتفاع	Z
بردارتغییر متغیر حل مسئله	Z
شتاب	a
انرژی سیال در واحد جرم	e
نیرو در واحد حجم	f
شتاب گرانش	g
آنتالپی سیال در واحد جرم	h
ضریب انتقال حرارت جابجایی	h
ضریب انتقال حرارت هدایتی	k
جرم	m
حرارت وارد شده به سیال در واحد جرم	q
آنتروپی سیال در واحد جرم	s
زمان	t
انرژی داخلی در واحد جرم سیال	u
مولفه ی سرعت افقی جریان	u
مولفه ی سرعت عمودی جریان	v
کار انجام شده روی سیال در واحد جرم	w
جهت جریان	x
جهت عمود بر جریان	y
تغییر متغیر حل مسئله	z

حروفات یونانی

تابع اتلافات	Φ
عملگر دلتا	Δ
دمای بی بعد مرجع	ϕ
تابع جریان	ψ
تابع جریان بی بعد	f
سرعت بی بعد	f'
گرادیان سرعت بی بعد	f''
نسبت گرماهای ویژه	γ
ضخامت لایه ی مرزی	δ
تابع کرونکل	δ_{ij}
پارامتر تشابه	η
دمای بی بعد	θ'
گرادیان دمای بی بعد	θ
مسیر آزاد متوسط گاز	λ
لزجت مطلق	μ
حجم ویژه	υ
ازجت سینماتیکی	μ
چگالی	ρ
تنش عمودی	σ
هدایت الکتریکی سیال	σ
ضریب انعکاس دیفیوز	σ_F
ضریب همراهی حرارتی	σ_T
تنش برشی	τ

زیرنویس‌ها

حجم کنترل	$c.v.$
سطحی	$surr.$
حجمی	$body$
ورودی	i
خروجی	e
شرایط آزاد جریان	∞
شرایط جریان آزاد	o
روی سطح / دیواره	w
تولید شده	gen
جریان	$flow$
آنتروپی کل	s
آنتروپی بر اثر انتقال حرارت	H
آنتروپی بر اثر اتلافات	F

بالا نویس‌ها

کل	o
در واحد حجم	$'''$

فصل 1

مقدمه

و

مروری بر پیشینه‌ی تحقیق

1-1 مقدمه

جریان سیال در میکروکانال‌ها نقش اساسی در کاربردهای مهندسی دارد؛ مثل میکرو پمپ‌ها، میکرو ولوها، میکرو سنسورها و همچنین سیستم‌های میکرو الکترو مکانیکی (MEMS)[1]، کاربردهای بیومکانیکی مثل تهیه‌ی دارو، بیو MEMS. میکروکانال‌ها در ارتباط با وسایل مختلف در محفظه‌های بیوشیمیایی، در تفکیک ذرات ریز، هد پرینترها، موج یاب‌های مادون قرمز، لیزرهای دیودی و مبدل‌های حرارتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین دانستن خواص جریان سیال و انتقال حرارت برای طراحی، بهینه سازی و استفاده از وسایل میکرو الکترو مکانیکی ضروری می‌باشد. بعلاوه برای طراحی و عملکرد بهتر MEMS، باید تولید آنتروپی و یا بازگشت‌ناپذیری آن تعیین شود. در رابطه با تحلیل جریان در میکروکانال‌ها مطالعات زیادی انجام گرفته است[1-9].

مارکوس و همکاران[2] [10] جریان کوئت با شرط مرزی لغزش و پرش دمایی را تحلیل کرده است. وی معادلات بقاء جرم، مومنتوم و انرژی را برای جریان آرام یک گاز ایده آل حل کرده است. برخورداری و اعتمادی [11] انتقال حرارت جابجایی اجباری یک سیال غیر نیوتنی در میکروکانال دایروی با شرایط مرزی گرمایی دما ثابت و شار ثابت را مورد مطالعه قرار داده اند. فرض لغزش، جریان آرام، سیال غیر قابل تراکم برای جریان در نظر گرفته شده است. سان و همکاران[3] [12] جریان آرام، پایا و دو بعدی گاز غیرقابل تراکم را با در نظر داشتن شرط لغزش سرعت، پرش دمایی و شرایط مرزی گرمایی دما ثابت، شار ثابت، تغییر خطی دما، در ناحیه‌ی ورودی گرمایی در یک تیوب مورد مطالعه قرار داده اند.

اخیرا" چندین مطالعه‌ی تئوری روی تاثیر اتلافات لزجتی در ناحیه‌ی لغزش جریان انجام گرفته است [13-18]. همه‌ی این مطالعه‌ها برای صفحات موازی می‌باشد به جز [14] که تاثیر اتلافات لزجتی را در جریان درون میکروکانال مستطیلی مطالعه کرده است.

---

[1] Micro Electro Mechanical Systems
[2] Marques et al
[3] Sun et al