دانشگاه سیستان و بلوچستان

تحصیلات تکمیلی

پایان نامه کارشناسی ارشد در مهندسی مکانیک تبدیل انرژی

عنوان:

بررسی انتقال حرارت جریان هیدرودینامیک مغناطیسی روی صفحات در حال انبساط به روش آنالیز هموتپی

استاد راهنما:

دکتر سعید فراهت

استاد مشاور:

دکتر داوود دومیری گنجی

تحقیق و نگارش:

مقداد حسنی

(این پایان نامه از حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه سیستان و بلوچستان بهره مند شده است)

اسفند ۱۳۸۹

بسمه تعالی

این پایان نامه با عنـوان **بررسی انتقال حرارت جریان هیدرودینامیک مغناطیسی روی صفحات در حال انبساط به روش آنالیز هموتپی** قسمتی از برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد مهندسـی مکانیـک تبـدیل انرژی توسط دانشجو مقداد حسنی با راهنمایی استاد پایان نامه دکتر سعید فراهت تهیه شده است. اسـتفاده از مطالب آن به منظور اهداف آموزشی با ذکر مرجع و اطلاع کتبی به حوزه تحصیلات تکمیلی دانشگاه سیستان و بلوچستان مجاز می باشد.

مقداد حسنی

این پایان نامه ۸ واحد درسی شناخته می شود و در تاریخ ..... توسط هیئـت داوران بررسـی و درجـه ..... به آن تعلق گرفت.

	نام و نام خانوادگی	**امضاء**	**تاریخ**
استاد راهنما:	دکتر سعید فراهت		
استاد مشاور:	دکتر داوود دومیری گنجی		
داور ۱:	دکتر علیرضا حسین نژاد دوین		
داور ۲:	دکتر عبدالمحمود داور پناه		
نماینده تحصیلات تکمیلی:	دکتر صادقی		

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب مقداد حسنی تعهد می کنم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آن استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان نامه پیش از این برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه سیستان و بلوچستان می باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: مقداد حسنی

امضاء

تقدیم به آنان که اگر خدا نبودند

پدر

و

مادر

بودند

و تقدیم به برادران و خواهر مهربان و فداکارم

که همواره مشوق و حامی ام بوده اند

و

خواهرزاده عزیزتر از جانم کوروش

هدف و نقشه ای که خدا برایتان دارد، بهترین و بی نقص ترین است.

او می خواهد شما چیزهایی را بفهمید و درک کنید که تنها این زندگی و بودن در جایی که الان هستید شما را به آن خواهد رساند!

خداوند متعال را بواسطه نیل به درجه عالی تری از علم، بیش از پیش شاکرم. از کلیه انسان های وارسته ای که در تمامی مقاطع تحصیلی نور علم و معرفت را به بنده آموختند، سپاسگزارم.

از اساتید محترم جناب **آقای دکتر سعید فراهت** و جناب آقای دکتر دومیری گنجی که راهنمایی و مشاوره این پایان نامه را بر عهده گرفتند، و در مدت انجام این تحقیق از هر گونه کمکی دریغ نکردند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

و در پایان از دوستان عزیزم میثم و محمد هاشمیان، حسن نعمتی، امین داوری، نیما صداقتی زاده، حسن برارنیا، کیوان فلاح، علی و محمد محمد تبار، شهریار الله یاری، محسن افسری، محسن دربندی، امید غفاری، علیرضا رضانیا، وحید فتاحی، رشید عباس پور، عبدالله آغاسی، علی اعتسام، احسان بهادری، نوید علی زاده، محمدرضا مهرورزی، محمد حسینی صباغ و **او**

و دیگر عزیزانی که نامشان از قلم افتاد - اما یادشان هیچ گاه از خاطر نخواهد رفت - به پاس راهنمایی ها و یاری هایشان که باعث شد بهترین و شیرین ترین لحظات زندگی ام در این دو سال رقم بخورد تشکر می کنم.

چکیده:

بررسی انتقال حرارت منجر به حل دستگاه معادلات غیر خطی می شود که برای حل آن می‌توان از روشهای تقریبی، تحلیلی و عددی استفاده نمود. با توجه به کوپل بودن و غیر خطی بودن این معادلات با درجه بالا حل عددی آنها در اکثر مواقع مشکل و پیچیده می باشد. در این پایان نامه دستگاه معادلات حاکم بر جریان هیدرودینامیک مغناطیسی ریز سیال قطبی روی صفحه ی در حال انبساط با سرعت خطی در حضور تشعشع، مکش یا تزریق شامل ۱) معادله پیوستگی ۲) معادله مومنتوم، ۳) معادله مومنتوم زاویه ای و ۴) معادله حرارت می باشد. ابتدا با روش تحلیلی آنالیز هموتپی حل شده است. روشهای تحلیلی فراوانی در این سالها ارائه شده ولی با توجه به محدودیت های آنها در همگرایی حل دارای ضعف هایی در جهت حل شرایط مرزی بینهایت می باشند. با توجه به تحقیق صورت گرفته در این پایان نامه مشخص شد روشی که آقای لیائو بیان کرده است و در سالهای اخیر توسط خود ایشان و بسیاری از محققان در زمینه مکانیک سیالات بخوبی مورد استفاده قرار گرفته است، جواب‌گوی اینچنین مسائل بوده است. در این پایان نامه مسائل انتقال حرارت جریان هیدرودینامیک مغناطیسی که دارای ویژگیهای مخصوص به خود می باشند با این روش حل گردیده، مزایا و محدودیتهای آن مورد بررسی قرار گرفته است. و سپس با استفاده از نتایج بدست آمده تاثیر پارامترهای موجود در مسائل بر روی پروفیل های سرعت، سرعت زاویه ای و دما نشان داده شده است. که با افزایش میدان مغناطیس، و اتلاف ویسکوز آهنگ انتقال حرارت کاهش یافته است ولی با افزایش عدد پرانتل، پارامتر تشعشع و تزریق یا مکش آهنگ انتقال حرارت افزایش یافته است.

کلمات کلیدی: هیدرودینامیک مغناطیسی – روش آنالیز هموتپی – انتقال حرارت – ریز سیالات قطبی

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- مروری بر کارهای گذشته ۳

۱-۳- ساختار پایان نامه ۴

فصل دوم: توصیف هیدرودینامیک مغناطیسی و کاربردهای آن ۵

۲-۱- مقدمه ۶

۲-۲- هیدرودینامیک مغناطیسیMHD چیست؟..... ۷

۲-۳- تاریخچه‌ای از هیدرودینامیک مغناطیسی..... ۸

۲-۴- یادآوری قوانین الکترودینامیک ۱۰

۲-۵- معادلات حاکم بر الکترودینامیک ۱۳

۲-۵-۱- میدان الکتریکی و نیروی لورنتز ۱۳

۲-۵-۲- قانون اهم و نیروی لورنتز حجمی ۱۴

۲-۵-۳- قانون آمپر ۱۶

۲-۵-۴- قانون فارادی..... ۱۷

۲-۵-۵- شکل کاهش یافتهٔ معادلات ماکسول در هیدرودینامیک مغناطیسی..... ۱۸

۲-۶- معادلات حاکم بر جریان سیال و انتقال حرارت ۱۹

۲-۷- مروری برکاربرد های هیدرودینامیک مغناطیسی ۲۱

۲-۷-۱- تولید شتاب با استفاده از پیشرانش یونی ۲۱

۲-۷-۲- ژنراتور MHD و تولید الکتریسیته ۲۴

۲-۷-۳- اثر مگنتوهیدرودینامیک روی سوخت، فرآیند احتراق ۲۷

۲-۷-۴- اثر مگنتوهیدرودینامیک روی فرآیند انجماد ۲۸

فصل سوم: روش آنالیز هموتپی..... ۳۱

۳-۱- مقدمه ای بر روش آنالیز هموتوپی..... ۳۲

۳-۲- روش آنالیز هموتوپی..... ۳۸

۳-۳- بعضی از قوانین اصلی..... ۳۹

۳-۴- کنترل ناحیه همگرایی..... ۴۰

۳-۵- تشریح روش آنالیز هموتپی با ذکر مثال..... ۴۱

۳-۵-۱- پخش حرارتی در یک پره ۴۱

۳-۵-۲- سرمایش جسمی با حرارت مخصوص متغیر ۴۵

فصل چهارم: تئوری ریز سیالات قطبی..... ۴۹

۳-۱- ریز سیالات قطبی..... ۵۰

فصل پنجم : بررسی انتقال حرارت جریان هیدرودینامیک مغناطیسی بر روی صفحه ی در حال انبساط با سرعت ثابت..... ۵۳
۵-۱- تعریف مساله ۵۴
۵-۱-۱- معادلات حاکم ۵۵
۵-۱-۲- شرایط مرزی ۵۵
۵-۱-۳- حل تشابهی ۵۶
۵-۱-۴- حل مسئله با استفاده از روش آنالیز هموتپی..... ۵۷
۵-۱-۵- نتایج ۶۷
فصل ششم : بررسی انتقال حرارت جریان هیدرودینامیک مغناطیسی بر روی صفحه ی منفذدار در حال انبساط با سرعت خطی..... ۶۸
۶-۱- تعریف مساله ۶۹
۶-۱-۱- معادلات حاکم ۷۰
۶-۱-۲- شرایط مرزی ۷۱
۶-۱-۳- حل تشابهی ۷۱
۶-۱-۴- حل مسئله با استفاده از روش آنالیز هموتپی..... ۷۳
۶-۱-۵- صحت حل..... ۷۷
۶-۱-۶- نتایج ۸۰
فصل هفتم: نتیجه گیری و پیشنهادات..... ۸۸
۷-۱- نتیجه گیری ۸۹
۷-۲- پیشنهادات ۹۰
مراجع ۹۱

فهرست جدول ها

عنوان جدول **صفحه**

جدول ۲-۱. معادلات الکترودینامیک ۱۳

جدول ۲-۲. معادلات الکترودینامیک نهایی ۱۴

جدول ۶-۱. رفتار ضریب اصطکاک دیواره $C_f(\mathrm{Re})^{\frac{1}{2}}$ ، تنش کوپل دیواره $g'(0)$ و عدد ناسلت محلی دیواره $Nu(\mathrm{Re})^{-\frac{1}{2}}$ برای مقادیر مختلف M ۷۷

جدول ۶-۲. رفتار ضریب اصطکاک دیواره $C_f(\mathrm{Re})^{\frac{1}{2}}$ ، تنش کوپل دیواره $g'(0)$ و عدد ناسلت محلی دیواره $Nu(\mathrm{Re})^{-\frac{1}{2}}$ برای مقادیر مختلف Pr ۷۸

جدول ۶-۳. رفتار ضریب اصطکاک دیواره $C_f(\mathrm{Re})^{\frac{1}{2}}$ ، تنش کوپل دیواره $g'(0)$ و عدد ناسلت محلی دیواره $Nu(\mathrm{Re})^{-\frac{1}{2}}$ برای مقادیر مختلف R ۷۸

جدول ۶-۴. رفتار ضریب اصطکاک دیواره $C_f(\mathrm{Re})^{\frac{1}{2}}$ ، تنش کوپل دیواره $g'(0)$ و عدد ناسلت محلی دیواره $Nu(\mathrm{Re})^{-\frac{1}{2}}$ برای مقادیر مختلف f_w ۷۹

جدول ۶-۵ رفتار ضریب اصطکاک دیواره $C_f(\mathrm{Re})^{\frac{1}{2}}$ ، تنش کوپل دیواره $g'(0)$ و عدد ناسلت محلی دیواره $Nu(\mathrm{Re})^{-\frac{1}{2}}$ برای مقادیر مختلف Ec ۷۹

فهرست شکل ها

عنوان شکل **صفحه**

شکل ۲-۱- نمایش قانون اهم برای (الف) رسانای ساکن (ب) رسانای متحرک ۱۱

شکل ۲-۲- نمایش قانون فارادی تولید نیروی محرکهٔ الکتریکی ۱۲

شکل ۲-۳- نمایش قانون آمپر بر روی یک سیم حامل جریان الکتریکی ۱۳

شکل ۲-۴- نیروی وارد بر ذرهٔ باردار متحرک در حضور یک میدان مغناطیسی ۱۳

شکل ۲-۵- مسیر بستهٔ ساکن درحضور یک میدان مغناطیسی وابسته به زمان ۱۷

شکل ۲-۶- سیال هادی الکتریسیته تحت اثر یک میدان مغناطیسی ثابت. ۲۰

شکل ۲-۷- قایق ام اچ دی یاموتو۲ ۲۲

شکل ۲-۸- ژنراتور ام اچ دی ۲۵

شکل ۲-۹- سه ناحیهٔ متمایز با ساختار دانه‌ای متفاوت در یک جامد بلورین ریخته‌گری شده ۲۸

شکل ۲-۱۰: تغییر ساختار یک قطعهٔ آلومینیومی خالص تحت تأثیر یک میدان مغناطیسی ۳۰

شکل ۳-۱- مقایسه روش آنالیز هموتپی با روش های تئوری قبلی جهت محاسبه ضریب درگ روی یک کره ۳۷

شکل ۳-۲- نمودار پارامتر کمکی در مرحله هفتم از حل بازاء $(\beta = 0, \psi = 0{,}5)$ ۴۴

شکل ۳-۳- مقایسه روش هموتپی آنالیز با جواب دقیق بازاء $(\beta = 0\ ,\ \psi = 0.5, \hbar = -0.9)$ ۴۴

شکل ۳-۴-نمودار‌دما در مرحله دهم از حل بازاء $(\varepsilon = 0.1, \varepsilon = 0.2, \varepsilon = 0.3, \varepsilon = 0.8)$ ۴۷

شکل ۳-۵-مقایسه روش آنالیز هموتپی با جواب دقیق بازاء $(\tau = 0.5)$ و $(\hbar = -0.6)$ ۴۸

شکل ۵-۱- نمودار جریان در مسئله اول ۵۴

شکل ۵-۲- نمودار $\hbar_1$ برای G=2, Ec=0.02, M=0.2 , Pr=0.71 ۶۱

شکل ۵-۳ نمودار $\hbar_2$ برای G=2, Ec=0.02, M=0.2 , Pr=0.71 ۶۱

شکل ۵-۴- نمودار $\hbar_3$ برای G=2, Ec=0.02, M=0.2, Pr=0.71 ۶۲

شکل ۵-۵- مقایسه حل عددی با حل تحلیلی هموتپی ۶۲

شکل ۵-۶- نمودار دما برای K=0.1,M=0.2,G=2 , Pr=0.71 به ازای مقادیر مختلف Ec ۶۳

شکل ۵-۷- نمودار سرعت برای $M=0.2,G=2, Ec=0.02 , Pr=0.71$ به ازای مقادیر مختلف K ۶۳

شکل ۵-۸- نمودار سرعت زاویه ای برای $M=0.2, G=2, Ec=0.02 , Pr=0.71$ به ازای مقادیر مختلف K. ۶۴

شکل ۵-۹- نمودار دما برای $M=0.2, G=2, Ec=0.02, Pr=0.71$ به ازای مقادیر مختلف K ۶۴

شکل ۵-۱۰- نمودار سرعت برای $K=0.1, G=2, Ec=0.02 , Pr=0.71$ به ازای مقادیر مختلف M ۶۵

شکل ۵-۱۱- نمودار سرعت زاویه ای برای $K=0.1, G=2, Ec=0.02 , Pr=0.71$ به ازای مقادیر مختلف M ۶۵

شکل ۵-۱۲- نمودار دما برای $K=0.1, G=2, Ec=0.02 , Pr=0.71$ به ازای مقادیر مختلف M ۶۶

شکل ۵-۱۳- نمودار دما برای $Ec=0.02. K=0.1,M=0.2,G=2,$ به ازای مقادیر مختلف Pr ۶۶

شکل ۶-۱- نمودار جریان در مسئله دوم ۶۹

شکل ۶-۲- نمودار $\hbar$ برای $G=2 , Pr=10, K=1 , Ec=0.02, f_w = 0 , M=2 , R=3$ ۷۶

شکل ۶-۳- نمودار سرعت برای $G=2 , Pr=10, Ec=0.02, f_w = 0 , M=2 ,$ $R=3$ به ازای مقادیر مختلف k ۸۰

شکل ۶-۴- نمودار سرعت زاویه ای برای $G=2 , Pr=10, Ec=0.02, M=2 f_w = 0 ,$ $R=3$ به ازای مقادیر مختلف k ۸۱

شکل ۶-۵- نمودار دما برای $G=2 , Pr=10, Ec=0.02, f_w = 0 , M=2 , R=3$ به ازای مقادیر مختلف k ۸۱

شکل ۶-۶- نمودار سرعت برای $G=2 , Pr=10, Ec=0.02, f_w = 0 , K=1, R=3$ به ازای مقادیر مختلفM ۸۲

شکل ۶-۷- نمودار سرعت زاویه ای برای $G=2 , Pr=10, Ec=0.02, f_w = 0 , K=1, R=3$ به ازای مقادیر مختلفM ۸۳

شکل ۶-۸- نمودار دما برای $G=2 , Pr=10, Ec=0.02, f_w = 0 , K=1, R=3$ به ازای مقادیر مختلفM ۸۳

شکل ۶-۹- نمودار دما برای$M=2 , f_w = 0 , Ec=0.02, K=1 , G=2 , R=3$ به ازای مقادیر مختلف Pr ۸۴

شکل ۶-۱۰- نمودار دما برای $Pr=10, G=2 , K=1 , Ec=0.02, f_w = 0 , M=2$ به ازای مقادیر مختلف R ۸۵

شکل ۶-۱۱- نمودار سرعت برای $G=2 , Pr=10, Ec=0.02, M=2 , K=1, R=3$ به ازای مقادیر مختلف f_w ۸۶

شکل ۶-۱۲- نمودار سرعت زاویه ای برای $G=2 , Pr=10, Ec=0.02, M=2 , K=1, R=3$ به ازای مقادیر مختلف f_w ۸۶

شکل ۶-۱۳- نمودار دما برای $G=2 , Pr=10, Ec=0.02, M=2 , K=1, R=3$ به ازای مقادیر مختلف f_w ۸۷

شکل ۶-۱۴- نمودار دما برای $Pr=0.71 , f_w = 0 , K=0.1,M=0.2,G=2$ به ازای مقادیر مختلف Ec ۸۷

فهرست علائم

علامت	نشانه
B_0	مولفه ی مغناطیس
C_f	ضریب اصطکاک دیواره
c_p	گرمای ویژه سیال در فشار ثابت
Ec	عدد اکرت
f_w	پارامتر خلل و فرج
g	شتاب گرانشی زمین
G	پارامتر میکروچرخش
G_1	ثابت میکروچرخش
$\hbar$	پارامتر کمکی
H	هموتپی تابع
HAM	روش انالیز هموتپی
$H(t)$	تابع کمکی
k	ضریب نفوذ پذیری اصلی
K_1	ثابت کوپلینگ
k^*	ضریب جذب روزلند
L	اپراتور خطی
M	پارامتر مغناطیس
N	سرعت زاویه ای
Nu	عدد ناسلت
o	نقطه مرجع
p	فشار

Pr	عدد پرانتل
q	پارامتر بسط
Q	پارامتر تولید حرارت موضعی
q_r	شار حرارتی تشعشع
q_w	شار حرارتی دیواره
R	پارامتر تشعشع
Re	عدد رینولدز
s	جامد
t	زمان
T_∞	دمای جریان آزاد
T_w	دما در دیواره
u	مولفه سرعت در راستای x
u_∞	سرعت جریان آزاد
U_w	سرعت دیواره
v	مولفه سرعت در راستای y
x, y	جهات مختصات

علائم یونانی	**نشانه**
σ	ضریب هدایت الکتریکی سیال
σ^*	ثابت استفان بولتزمان
υ	ویسکوزیته سینماتیک
τ_w	تنش برشی روی دیواره
β	ضریب انبساط حجمی حرارتی
ρ_f	دانسیته سیال
μ	ویسکوزیته

α	ضریب پخش حرارتی
ψ	تابع جریان
∇	اپراتور گرادیان

زیر نویس ها

علامت	**نشانه**
f	سیال
p	فشار ثابت
r	تشعشع
w	دیواره
∞	شرایط در خارج لایه مرزی

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

مطالعه لایه مرزی و انتقال حرارت سیال روی ورق های در حال کشیده شدن از چند دهه قبل مورد توجه قرار گرفته است، تحقیقات زیادی درباره رفتار لایه مرزی روی صفحات متحرک برای کاربردهای مهندسی و صنعتی انجام گرفته از جمله آنها میتوان به اکسترود کردن ورق های فلزی و پلیمری، پروسه ی رشته کردن فلزات مذاب، تولید فیلم پلاستیک و فیبرهای مصنوعی، اکسترود آیرودینامیک ورق های پلاستیکی، خنک کاری ورق های فلزی در حمام خنک کننده، پروسه ی چگالش فیلم سیال و همچنین صنعت نفت نام برد. بطور کلی کیفیت نهایی محصول وابستگی شدیدی به آهنگ انتقال حرارت و فاکتورهای کنترل دارد، دو فاکتور مهم که می‌شود از آن نام برد عبارتند از : ۱- سیال خنک کننده ۲- نرخ کشش و انبساط ورق. بطور خلاصه می توان به کارهای زیر در زمینه های مختلف اشاره نمود.

اما در سالهای اخیر کاربرد های زیادی در متالوژی و همچنین خنک کاری صفحات متحرک در نیروگاه های هسته ای و صنعت نفت پیدا شده که حضور میدان مغناطیسی بسیار مفید می‌باشد. به دلیل حضور نیروی حجمی ناشی از میدان های الکترو مغناطیسی می‌توان میدان های سرعت و دمای سیال خنک کننده را روی این صفحات کنترل کرد. به خصوص برای پروسه ی خنک کاری ورق های پلیمری و فلزی که کاربرد آن ها در صنایع هوا فضا می‌باشد و برای استحکام بیشتر در مقابل حرارت و فشار و کشش نرخ خنک کاری آن ها در پروسه ی تولید از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد چون کیفیت نهایی محصول وابستگی شدیدی به نرخ خنک کاری دارد و با حضور میدان مغناطیسی کنترل ما به روی انتقال حرارت و جریان بیش از گذشته خواهد بود.

در بعضی از کاربردهای صنعتی اخیر از ریز سیالات قطبی برای خنک کاری این صفحات استفاده شده است. معادلات حاکم بر این سیالات به خاطر حضور ذرات ریز و اثرات میکروسکوپی ناشی از ریز چرخش ها دیگر از تئوری ناویر استوکس کلاسیک پیروی نمی‌کند و باید از تئوری ریز سیالات قطبی برای نوشتن معادلات حاکم بر میدان سرعت و دما استفاده کرد. اما با توجه به اضافه شدن معادله مومنتم زاویه ای و جملات غیر خطی دیگر به معادلات حاکم این سیال حل تحلیلی با روشهای قدیمی به دلیل محدودیت های این روش ها دشوار و در بعضی موارد غیر ممکن بود. ما در این پایان نامه سعی کردیم با استفاده از روش تحلیلی قوی و

جدید (آنالیز هموتپی) به حل معادلات غیر خطی حاکم بر جریان و بررسی انتقال حرارت جریان هیدرودینامیک مغناطیسی ریز سیال قطبی روی صفحه ی متحرک با سرعت ثابت و خطی بپردازیم و در نهایت اثرات شدت میدان مغناطیسی، تشعشع، تزریق یا مکش و اتلاف ویسکوز روی صفحه ی متحرک تحت میدان مغناطیسی ثابت بررسی خواهیم کرد.

۱-۲- مروری بر کارهای گذشته

ساکیادیس [۱] برای اولین بار لایه مرزی جریان سیال روی یک ورق در حال انبساط با سرعت ثابت را مورد مطالعه قرار داد البته ایشان سرعت دیواره را صفر در نظر گرفته بود در حالیکه در بیشتر شرایط فیزیکی و واقعی سرعت انبساط دیواره ها $U_w = Cx$ میباشد. کرین[۲] برای اولین بار جریان لایه مرزی روی یک سطح در حال انبساط که سرعت انبساط سطح متغیر خطی با فاصله آن از نقطه مرگ میباشد را مورد بررسی قرار داد. اثر تشعشع روی جریان و انتقال حرارت روی صفحه در حال انبساط غیر یکنواخت بررسی شده است [۳] و تاثیرات سه پارامتر غیر یکنواختی A ، تشعشع R و پرانتل Pr بررسی میشود و نتایج بدست آمده نشان داده است که با افزایش R , A و Pr آهنگ انتقال حرارت افزایش می یابد و همچنین اثر پارامتر تشعشع در غیر یکنواختی و پرانتل های بالا قابل توجه میباشد. همچنین عدد ناسلت[1] با افزایش R , A و Pr افزایش می یابد. مطالعه جریان و انتقال حرارت سیال ویسکو الاستیک در محیط متخلخل روی صفحه ی در حال انبساط نشت ناپذیر با در نظر گرفتن اتلاف ویسکوز[۴] از جمله کارهای انجام گرفته در این زمینه میباشد که اثرات پارامترهای ویسکوالاستیک، تخلخل و پرانتل مورد مطالعه قرار گرفته است. با افزایش پارامتر ویسکوالاستیک و تخلخل پرفیل سرعت کاهش و پروفیل دما در لایه مرزی افزایش می یابد و همچنین با افزایش پرانتل ضخامت لایه مرزی حرارت کاهش می یابد و همچنین برای بهبود انتقال حرارت در خنک کاری صفحات در حال انبساط باید سیال ویسکو الاستیک با حداقل اتلاف ویسکوز انتخاب گردد.

همه تحقیقات بالا محدود به تحلیل جریان و انتقال حرارت در غیاب میدان مغناطیسی می باشد. اثر خصوصیات متغیر سیال جریان هیدرودینامیک مغناطیسی روی صفحه ی در حال انبساط با سرعت غیر خطی [۵] مورد بررسی قرار گرفته است که در آن میدان مغناطیسی و سرعت انبساط تابعی از فاصله تا نقطه مرگ میباشد و همچنین ضریب هدایتی حرارتی و ویسکوزیته سیال به ترتیب تابع خطی و معکوس با دما می باشد.

1- Nusselt number

نتایج بدست آمده نشان داد که با کاهش پارامتر مغناطیس و ویسکوزیته متغیر سرعت و ضریب اصطکاک دیواره کاهش می یابد ولی دما و آهنگ انتقال حرارت افزایش می یابد و همچنین با کاهش پارامتر انبساط صفحه دما و نرخ انتقال حرارت افزایش می یابد در صورتیکه سرعت و ضریب اصطکاک دیواره کاهش می یابد. با کاهش پرانتل ضخامت لایه مرزی حرارتی و گرادیان دمای سطح کاهش می یابد. جریان هیدرودینامیک مغناطیسی و انتقال حرارت سیال غیر نیوتنی توانی روی صفحه ی در حال انبساط عمودی [۶] مورد بررسی قرار گرفته که سرعت انبساط صفحه و دمای سطح رابطه خطی با فاصله از نقطه مرگ دارد. مشاهده شد که ضریب اصطکاک دیواره Cf و ناسلت Nu با افزایش پارامتر مغناطیس در پارامتر های شناوری ثابت کاهش می یابد و همچنین با افزایش ایندکس پاور لا n و پارامتر بویانسی ضریب اصطکاک دیواره Cf افزایش می یابد ولی ناسلت Nu کاهش می یابد.

انتقال حرارت ریز سیال قطبی روی صفحات متحرک تحت میدان مغناطیسی ثابت به روش عددی [۷] مورد بررسی قرار گرفته است. اثرات پارامتر مغناطیس و ویسکوزیته چرخشی مورد مطالعه قرار گرفته است که با افزایش میدان مغناطیسی سرعت زاویه ای کاهش یافته است.

۱-۳-ساختار پایان نامه :

در فصل دوم به توصیف هیدرودینامیک مغناطیسی و معادلات حاکم و بررسی اثرات میدان مغناطیسی روی میدان سرعت سیال هادی الکتریسیته در حال حرکت پرداخته‌ایم. در فصل سوم مروری بر روش های تحلیلی و معرفی روش آنالیز هموتپی برای حل معادلات غیر خطی خواهیم داشت. در فصل چهارم تئوری ریز سیالات قطبی و معادلات حاکم بر آن مورد بررسی قرار گرفته است. و در فصل پنجم به بررسی انتقال حرارت جریان هیدرودینامیک مغناطیسی ریز سیال قطبی روی صفحات متحرک با سرعت ثابت تحت میدان مغناطیسی یکنواخت با روش آنالیز هموتپی خواهیم پرداخت. و در فصل ششم به بررسی انتقال حرارت جریان هیدرودینامیک مغناطیسی ریز سیال قطبی روی صفحات منفذ دار متحرک با سرعت خطی تحت میدان مغناطیسی یکنواخت با روش آنالیز هموتپی پرداخته‌ایم. و در نهایت در فصل هفتم نتیجه گیری و پیشنهادات لازم برای توسعه کار داده شده است.

فصل دوم

توصیف هیدرودینامیک مغناطیسی

و کاربردهای آن