۱۳۸۰ /۱۱/ ۱۵

بسم ا... الرحمن الرحیم

بررسی عددی انتقال حرارت جابجایی در اطراف پره های ضخیم موازی روی یک سطح

بوسیله
حسین امنیه

016015

پایان نامه

ارائه شده به دانشکده تحصیلات تکمیلی به عنوان بخشی از فعالیتهای تحصیلی لازم
برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته
مهندسی مکانیک-تبدیل انرژی
از
دانشگاه شیراز
شیراز ، ایران

ارزیابی و تصویب شده توسط کمیته پایان نامه با درجه : عالی
امضاء اعضاء کمیته پایان نامه :

دکتر محمود یعقوبی، استاد مهندسی مکانیک (رئیس کمیته).....

دکتر همایون امداد، استادیارمهندسی مکانیک.....

دکتر خسرو جعفرپور، استادیار مهندسی مکانیک.....

مهرماه ۱۳۸۰

۳۹۱۶۳

تقدیم به

پدر و مادر

فداکارم

۳۹۱۶۳

سپاسگزاری

اکنون که به یاری خداوند متعال این پژوهش به پایان رسیده است، برخود واجب می دانم از تمامی بزرگوارانی که در راه فراگیری علم و دانش مرا یاری نموده اند قدردانی نمایم. در انجام این تحقیق از نقطه نظرات، همکاری و مساعدت استاد ارجمند آقای دکتر محمود یعقوبی بسیار بهره بردم.

همچنین مراتب تشکر و سپاسگذاری خود را از آقایان دکتر همایون امداد و دکتر خسرو جعفرپور که در اتمام این تحقیق و در دوران تحصیل مرا یاری نموده اند، ابراز می دارم.

چکیده

بررسی عددی انتقال حرارت جابجایی در اطراف پره های ضخیم موازی روی یک سطح

توسط

حسین امنیه

در این پژوهش جریان سه بعدی آرام سیال غیرقابل تراکم همراه با انتقال حرارت در اطراف صفحات ضخیم با طول محدود مورد بررسی قرار گرفته است. هندسه مورد بررسی شامل بلوکهای یا پره های ضخیم موازی با مقطع مربع مستطیل با ابعاد محدود میباشد که میتواند در معرض جریان آرام هوا قرار گیرد. اینگونه بلوکها مانند پرهٔ ضخیم روی مبدلهای حرارتی، وجود بوردهای الکترونیکی و یا ساختمانهای موازی هستند که از جهت جریان و انتقال حرارت مورد توجه خواهند بود.

معادلات حاکم شامل معادلات بقاء جرم، ممنتم و انرژی در حالت دائمی بوده و سیال با خواص ثابت در نظر گرفته شده است. روش مجزا سازی معادلات بقاء ممنتم و انرژی روش Second Order Upwind و الگوریتم حل معادلات SIMPLC می باشد. معادلات حاکم به کمک نرم افزار FLUENT که یک نرم افزار قوی در زمینه دینامیک سیالات محاسباتی می باشد حل شده است. مطالعات انجام شده در محدوده نسبت منظری بین ۵ الی ۸ و نسبت مسدودیت بین ۸٪ الی ۲۰٪ و نسبت ارتفاع بین ۲۰٪ الی ۳۳٪ قرار دارند.

نتایج محاسبات نشان میدهد که در جریان آرام برای اعداد رینولدز بزرگتر از ۱۰۰ یک ناحیه حباب چرخشی در بالا و ابتدای صفحه عمودی پره ایجاد می شود که با افزایش عدد رینولدز این ناحیه به سمت پایین و پایین دست حرکت می کند. مکان چسبیدن مجدد سیال به سطح بستگی شدیدی به عدد رینولدز، نسبت مسدودیت و نسبت ارتفاع دارد. بطوریکه با افزایش نسبت مسدودیت و ارتفاع طول ناحیه بازگشتی کاهش می یابد. نسبت منظری تاثیر زیادی برروی مکان ناحیه بازگشتی ندارد. همچنین منحنی های خطوط فشار ثابت نشانگر وجود تغییرات شدید فشار در گوشه تیز صفحه و یک ناحیه فشار ثابت برروی صفحه عمودی پره در ناحیه چرخشی میباشد. همچنین

بدلیل وجود ناحیه جدایی تغییرات ضریب اصطکاک تفاوت محسوسی با حالت صفحه نازک دارد، بطوریکه در نزدیکی ناحیه تماس مجدد سیال به سطح ضریب اصطکاک سطحی نزدیک صفر می رسد. همچنین مقدار میانگین ضریب اصطکاک سطحی برروی پره بستگی به نسبتهای منظری، مسدویت و ارتفاع دارد. همچنین برای حالت پره های ضخیم با شار حرارتی ثابت، توزیع عدد نوسلت در رینولدزهای مختلف با تغییرات نسبتهای منظری، مسدودیت و ارتفاع ارائه شده است. تغییرات میانگین عدد نوسلت برروی پره نشاندهنده افزایش آن با عدد رینولدز و نسبت مسدودیت می باشد. در صورتیکه با افزایش نسبت ارتفاع تا عدد رینولدز حدود ۱۸۰ میانگین عدد نوسلت کاهش و از رینولدز بالاتر از ۱۸۰ با افزایش نسبت ارتفاع میانگین عدد نوسلت افزایش می یابد. افزایش نسبت منظری تا حدود رینولدز ۲۲۰ موجب کاهش میانگین عدد نوسلت و برای محدوده بیشتر عدد رینولدز موجب افزایش اعدد نوسلت می شود.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فهرست جداول	ح
فهرست اشکال	ط
فهرست علائم اختصاری	ل
فصل اول-جریانهای چرخشی اطراف پره های ضخیم	۱
۱-۱- مقدمه	۱
۱-۲- تقسیم بندی جریانهای چرخشی	۴
۱-۳- اهداف پژوهش	۵
فصل دوم-مروری بر مطالعات گذشته	۷
۲-۱- مقدمه	۷
۲-۲- مطالعات گذشته	۸
فصل سوم-معادلات حاکم	۱۸
۳-۱- لایه مرزی سرعت	۱۸
۳-۲- لایه مرزی گرمایی	۲۰
۳-۳- قانون بقاء جرم و معادله پیوستگی	۲۳
۳-۴- قانون بقاء اندازه حرکت و معادله ممنتم	۲۳
۳-۵- قانون بقاء انرژی و معادله انرژی	۲۴
۳-۷- شرایط مرزی	۲۵
فصل چهارم-روش حل معادلات حاکم	۲۷
۴-۱- مقدمه	۲۷
۴-۲- تولید شبکه	۲۹

عنوان	صفحه

۴-۳- روش حل ۳۳

فصل پنجم-نتایج ۳۷

۵-۱- مقدمه ۳۷

۵-۲- جریان برروی صفحه ضخیم نیمه بینهایت ۳۸

۵-۳- نتایج سه بعدی ۴۱

۵-۳-۱- همگرایی ۴۲

۵-۳-۲- اثرات شبکه ۴۳

۵-۳-۳- پایداری ۴۴

۵-۳-۴- میدان سرعت ۴۶

۵-۳-۵- میدان فشار ۵۱

۵-۳-۶- میدان دما ۵۴

۵-۳-۷- مکان ناحیه بازگشتی ۵۸

۵-۳-۸- توزیع ضریب اصطکاک سطحی ۶۳

۵-۳-۹- توزیع ضریب انتقال حرارت جابجایی ۷۱

۵-۳-۱۰- بررسی تاثیرات عدد پرانتل ۷۹

۵-۳-۱۱- صفحه ضخیم با لبه نیمدایره ۷۹

۵-۴- نتیجه گیری ۸۰

۵-۵- پیشنهادات ۸۰

مراجع ۸۱

چکیده و عنوان به زبان انگلیسی

فهرست جداول

جدول **صفحه**

جدول ۴-۱- ابعاد هندسه مسئله ۳۱
جدول ۵-۱- دامنه محاسبات انجام شده ۳۷

فهرست اشکال

شکل | صفحه

شکل ۱-۱- استقرار چند پره موازی یا یک پره ضخیم روی یک سطح ۳
شکل ۱-۲- جریان اطراف صفحه ضخیم نیمه بینهایت ۳
شکل ۱-۳- جریان اطراف یک صفحه ضخیم و محدود ۴
شکل ۱-۴- تقسیم بندی جریانهای چرخشی ۴
شکل ۱-۵- هندسه جریان روی صفحات موازی ۵
شکل ۳-۱- رشد لایه مرزی سرعت برروی یک صفحه تخت ۱۹
شکل ۳-۲- رشد لایه مرزی گرمایی برروی یک سطح همدما ۲۰
شکل ۳-۳- رشد لایه مرزی سرعت روی یک صفحه تخت ۲۲
شکل ۳-۴- دامنه محاسباتی جریان ۲۶
شکل ۳-۵- صفحات مرزی جریان ۲۶
شکل ۴-۱- قسمتی از شبکه محاسباتی سه بعدی ۳۱
شکل ۴-۲- دامنه محاسباتی برروی صفحه z=0 ۳۲
شکل ۴-۳- دامنه محاسباتی برروی صفحه y=0 ۳۲
شکل ۴-۴- دامنه محاسباتی برروی صفحه x=۱۵D ۳۲
شکل ۴-۵- مسیر اجرای برنامه فلوئنت ۳۶
شکل ۵-۱- هندسه دو بعدی ۳۸
شکل ۵-۲- شبکه دو بعدی اطراف صفحه نیمه بینهایت ۴۰
شکل ۵-۳- طول ناحیه بازگشتی برروی صفحه نیمه بینهایت ۴۰
شکل ۵-۴- نمودار همگرایی برای جریان دو بعدی ۴۱
شکل ۵-۵- نمودار همگرایی در حالت سه بعدی برای Re_D=۳۵۰ ۴۳
شکل ۵-۶- اثر شبکه های مختلف بر توزیع فشار در یک مقطع خاص ۴۴
شکل ۵-۷- نمودار همگرایی در حالتی با فرض جریان غیر دائمی ۴۵
شکل ۵-۸- توزیع فشار د حالت دائمی و غیر دائمی در یک مقطع خاص ۴۵
شکل ۵-۹- تغییرات بردارهای سرعت در ارتفاعهای مختلف Re_D=۱۰۰ ۴۷

شکل **صفحه**

شکل ۵-۱۰- تغییرات بردارهای سرعت در ارتفاعهای مختلف Re_D=۲۰۰ ۴۸
شکل ۵-۱۱- تغییرات بردارهای سرعت در ارتفاعهای مختلف Re_D=۳۰۰ ۴۹
شکل ۵-۱۲- تغییرات بردارهای سرعت در ارتفاعهای مختلف Re_D=۳۵۰ ۵۰
شکل ۵-۱۳- توزیع سه بعدی فشار در Re_D=۱۰۰ ۵۱
شکل ۵-۱۴- توزیع سه بعدی فشار در Re_D=۱۵۰ ۵۱
شکل ۵-۱۵- توزیع سه بعدی فشار در Re_D=۲۰۰ ۵۲
شکل ۵-۱۶- توزیع سه بعدی فشار در Re_D=۲۵۰ ۵۲
شکل ۵-۱۷- خطوط فشار ثابت برروی صفحات عمودی صفحه ضخیم ۵۳
شکل ۵-۱۸- توزیع دما برروی صفحه ضخیم و صفحه پایه ۵۴
شکل ۵-۱۹-توزیع دما برروی صفحه ضخیم ۵۵
شکل ۵-۲۰- خطوط دما ثابت برروی صفحه ضخیم ۵۷
شکل ۵-۲۱- اثر نسبت مسدودیت بر طول مکان ناحیه بازگشتی ۶۰
شکل ۵-۲۲- اثر نسبت ارتفاع بر طول مکان ناحیه بازگشتی ۶۰
شکل ۵-۲۳- اثر نسبت منظری بر طول مکان ناحیه بازگشتی ۶۱
شکل ۵-۲۴- اثر نسبت ارتفاع بر ارتفاع مکان ناحیه بازگشتی ۶۱
شکل ۵-۲۵- اثر نسبت مسدودیت بر ارتفاع مکان ناحیه بازگشتی ۶۲
شکل ۵-۲۶- اثر نسبت منظری بر ارتفاع مکان ناحیه بازگشتی ۶۲
شکل ۵-۲۷- تنش برشی برروی صفحه عمودی پره ضخیم ۶۴
شکل ۵-۲۸- توزیع ضریب اصطکاک سطحی روی سطح پره ۶۵
شکل ۵-۲۹- خطوط ضریب اصطکاک سطحی ثابت ۶۷
شکل ۵-۳۰- تغییرات ضریب اصطکاک سطحی با نسبت مسدودیت ۶۸
شکل ۵-۳۱- تغییرات ضریب اصطکاک سطحی با نسبت ارتفاع ۶۹
شکل ۵-۳۲- تغییرات ضریب اصطکاک سطحی با نسبت منظری ۷۰
شکل ۵-۳۳- توزیع عدد نوسلت برروی صفحه ضخیم ۷۲
شکل ۵-۳۴- تغییرات عدد نوسلت روی صفحه ضخیم ۷۴
شکل ۵-۳۵- تغییرات ضریب انتقال حرارت جابجایی با نسبت مسدودیت ۷۵
شکل ۵-۳۶- تغییرات ضریب انتقال حرارت جابجایی با نسبت ارتفاع ۷۶

شکل **صفحه**

شکل ۵-۳۷- تغییرات ضریب انتقال حرارت جابجایی با نسبت منظری ۷۷
شکل ۵-۳۸- تغییرات عدد نوسلت با پرانتل ۷۹
شکل ۵-۳۹- شکل جریان برروی صفحه ضخیم با لبه گرد ۷۹

فهرست علائم اختصاری

توضیح	علامت
نسبت منظری	Ar
نسبت مسدودیت	Br
ضخامت صفحه ضخیم	D
ارتفاع صفحات ضخیم	H
آنتالپی	h
نسبت ارتفاع	Hr
طول صفحات ضخیم	L
فشار	P
عدد رینولدز بر حسب ضخامت صفحه	Re_D
دما	T
دمای جریان آزاد	T_∞
مولفه سرعت در جهت X	u
سرعت جریان آزاد	U_∞
مولفه سرعت در جهت Y	v
فاصله بین دو صفحه موازی	W
مولفه سرعت در جهت Z	w
طول ناحیه بازگشتی	Xr
ارتفاع ناحیه بازگشتی	Yr
ضریب پخش گرمایی	α
لزجت سینماتیکی	ν
دانسیته	ρ
تابع تلفات لزجت	Φ

فصل اول

جریانهای چرخشی اطراف پرهای ضخیم

۱-۱- مقدمه

یکی ازمسائل عمده مکانیک سیالات و انتقال حرارت، جریان سیال مربوط به هندسه هایی است که به دلیل شکل خاص مرزها در آنها جدایی جریان و احیاناً برگشتن سیال و چسبیدن مجدد آن بر سطح اتفاق می افتد. وجود این نواحی تاثیر مهمی در میزان نیروی وارده از طرف سیال به سطح و افت فشار سیال دارد. همچنین از لحاظ مقدار انتقال حرارت وجود این نواحی برگشتی باعث تغییر ضریب انتقال حرارت جابجایی شده بطوریکه به یک ماکزیمم نسبی در نزدیکی محل چسبیدن مجدد سیال به سطح یعنی به نقطه برگشتی (Reattachment Point) می رسد.

در جریانهای معمولی روی صفحات نازک تشکیل لایه مرزی از ابتدای صفحات یکی از متداولترین پدیدههای جریان سیال بوده و بررسی انتقال حرارت بین سیال و دیوار با مطالعه لایه مرزی انجام میگیرد. اما در شرایطی که سیال دچار جدایی شده و تشکیل لایه مرزی به پایین دست جریان انتقال پیدا کند , محاسبه انتقال حرارت حالت متفاوتی خواهد داشت. جریانهای چرخشی اغلب هنگامی تشکیل میشود که سیال آزاد به یک مانع یا یک صفحه ضخیم برخورد کند.

مدل سازی عددی و بررسی جریان و انتقال حرارت بر روی صفحات ضخیم کاربردهای صنعتی فراوانی در طراحی مبدلهای حرارتی که پره دار هستند، سیستمهای تهویه و مطبوع، طراحی ساختمانها و سازه ها و خنک کردن قطعات الکترونیکی دارد. علاوه بر جریان در موارد ذکر شده حرکت چرخشی در اطراف اتومبیلها و پلها نیز مشاهده میشود.

جریان سیال پیرامون صفحات ضخیم تابعی از عدد رینولدز و زبری سطح است. در اعداد رینولدز خیلی کم جریان چه روی صفحه و چه در پشت آن به صورت دائمی است.

اگر عدد رینولدز افزایش یابد، این جریان به جریان غیر دائمی تبدیل می گردد. این تغییر از ناحیه پشت صفحه آغاز شده و جریان اطرف صفحه را از خود متاثر می سازد. اگر عدد رینولدز بیشتر گردد جریان مغشوش و در هم شده و حرکت فرمهای مختلفی به خود خواهد گرفت و در بعضی شرایط جریان دائمی خواهد شد.

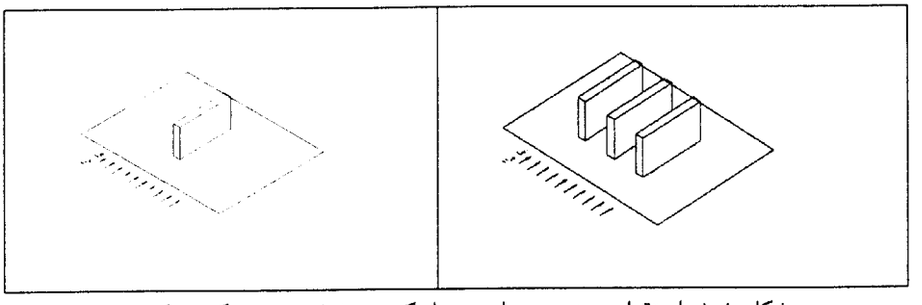
برای صفحات ضخیم عدد رینولدز بر مبنای سرعت سیال در پایین دست و ضخامت دیوار $\mathrm{Re}_D = \frac{U_\infty D}{\upsilon}$ که υ لزجت سینماتیکی سیال میباشد تعریف میگردد. عدد رینولدزهای پایین یعنی درمحدوده $\mathrm{Re_D}<۱۰۰$ و عددهای رینولد بالا یعنی $\mathrm{Re_D}>۱۰۰۰$ جریانهای پایدار فرم خاصی در اطراف صفحه خواهند داشت، بعبارت دیگر توزیع سرعت وتوزیع فشار ثابت می ماند و در جریان نوسانهایی مشاهده نمیشود. در جریانهای ناپایدار، سرعت در هر نقطه نسبت به جریان ثابت نبوده و در یک پریود زمانی تکرار میشود. اینگونه جریانها اغلب برای حالتی صورت می گیرد که جریان آرام باشد.

پدیده ناپایداری یکی از مسائل فیزیکی عمده بوده و میتواند ویژگیهای خاصی داشته باشد. با افزایش ناپایداری، جریان درهم شده و البته اگر سیال از پایین دست دارای ویژگیهای متلاطم باشد جریان درهم تشدید خواهد شد. البته تاکنون مرزهای خاصی از اعدد رینولدز و پدیدههای فیزیکی مربوطه شناسایی نشده است، بخصوص مرز جریان درهم و ناپایدار نامشخص است.

عده ایی از محققان معتقدند که در $\mathrm{Re_D}=۵۰۰$ جریان آرام تبدیل به جریان در هم می شود [۱] ولی اکثر پژوهشگران از جمله دیوس و مور[۲] این مرز را در $\mathrm{Re_D}=۱۰۰۰$ متذکر شده اند.

صفحات ضخیم هندسهای مختلفی را شامل میشوند. در مواردی طول صفحه آنقدر زیاد است که در بررسیها بعنوان صفحه نیمه بینهایت مطرح میشوند. در مواردی دیگر طول صفحات کم بوده که صفحه با طول محدود نامبرده میشود. اگر در بعد سوم طول زیاد باشد جریان میتواند دو بعدی در نظر گرفته شود. ولی اگر بعد سوم در محدوده سایر ابعاد باشد یعنی صفحه مانند یک پره، یک بلوک، یک ساختمان یا یک تیغه روی یک سطح مسطح قرار گرفته باشد جریان باید به صورت سه بعدی بررسی گردد.

تقسیم بندی دیگری که در این خصوص وجود دارد مربوط به قرار گرفتن یک پره به تنهایی در مقابل جریان و نوع دیگر حضور چندین صفحه موازی در مقابل جریـان اسـت که در اشکال زیر نشان داده شده اند.

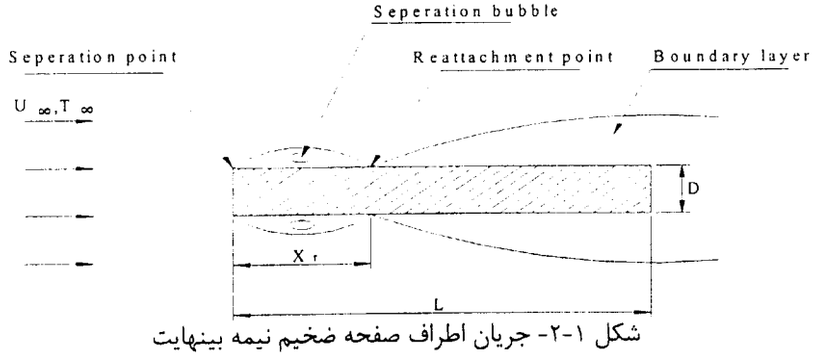


شکل ۱-۱- استقرار چند پره موازی و یا یک پره ضخیم روی یک سطح

به طور کلی جریان سیال بر روی یک منشـورکه ارتبـاط نزدیکـی بـا مسـئله مـورد بررسی در این تحقیق دارد از لحاظ شکل جریان به دو نوع تقسیم بندی می شود :

الف- صفحات نیمه بینهایت ضخیم

در صورتیکه نسبت منظری صفحه (Ar=L/D) بزرگتر از ۱۰ باشد می توانیم صفحه را نیمه بی نهایت فرض کرده [۳] که در این صورت دو ناحیه بر روی صفحه داریـم. یـک ناحیه برگشتی جریان (Separation Bubble) و دیگری ناحیه لایه مـرزی (Boundary Layer)که بعد از ناحیه برگشتی تشکیل می شود. شکل(۱-۲) شمای کلی از این حالت را نشان می دهد.



شکل ۱-۲- جریان اطراف صفحه ضخیم نیمه بینهایت