بسم الله الرحمن الرحيم

٣٠٨٣٩

باسمه تعالی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

دانشکده فنـــی - بخش مهندسی مکـانیـک

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد مکانیک

تحت عنوان :

مطالعه عددی انتقال حرارت جابجایی آزاد در جریان آرام بین استوانه های هم مرکز با پره شعاعی

استاد راهنما :

دکتر محمد رهنما

نگارش :

کورش جعفرقلی

836

۳۰۸۳۹

تیر ۱۳۷۷

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تاریخ ثبت
۱۳۷۹/۸/۱

بسمه تعالی

این پایان نامه

به عنوان یکی از شرایط احراز درجه کارشناسی ارشد

به

بخش مکانیک

دانشکده فنی دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچ گونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی شود.

دانشجو : آقای کورش جعفر قلی **امضاء**

استاد راهنما: آقای دکتر محمد رهنما

داور ۱ : آقای دکتر سید حسین منصوری

داور ۲ : آقای دکتر محمود عرب یعقوبی

داور ۳ :

دانشگاه شهید باهنر
کرمان
اداره تحصیلات تکمیلی

حق چاپ محفوظ و مخصوص به مولف است

تقدیم به :

خانواده عزیزم که مشفقانه مرا در تمام
مراحل زندگی پشتیبان بوده اند و ...

" پدر دلسوز ، مادر مهربان ام"

و

کلیه اساتید بزرگواری که افتخار شاگردیشان را داشته ام .

تشکر و قدر دانی :

شکوه و افتخار لحظه موفقیت ، چنان غرور انگیز است که همه آثار رنج و مرارت و سختی هایی که در راه وصول به هدف کشیده شده بود ، در یک لحظه به فراموشی می سپارد و شهد کامیابی حنظل مشقات را از یاد می برد .

اکنون که به یاری خاوند متعال این رساله به پایان رسیده است ، لازم میدانم از تلاشهای بی دریغ استاد محترم جناب آقای دکتر محمد رهنما که عهده دار هدایت این رساله بوده اند و در امر راهنمایی ، بررسی ، تکمیل و به ثمر رسیدن آن زحمات بسیار متحمل شده اند ، صمیمانه قدر دانی نمایم .

راهنمایی ها و نظرات اعضای محترم کمیته داوری پایان نامه ، آقایان دکتر سید حسین منصوری و دکتر محمود عرب یعقوبی موجب کمال قدر دانی است .

همچنین از زحمات سایر اساتید گرامی خصوصا آقایان دکتر سینایی و دکتر کشاورز که در این دوره از کلاسهای درس ایشان بهره برده ام کمال تشکر را دارم .

در پایان مراتب تشکر و قدردانی خود را از همکاریهای مرکز بین المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته محیطی که اینجانب رادر انجام این پایان نامه یاری نموده اند ، اعلام می دارم .

کورش جعفرقلی

تیرماه ۱۳۷۷

چکیده :

انتقال حرارت جابجایی آزاد در ناحیه حلقوی بین دو استوانه هم مرکز یکی از مسائل مورد علاقه مهندسان در زمینه های تئوری و عملی می باشد .یکی از محدودیتهای موجود در میزان ماکزیمم انتقال حرارت بین لوله های هم مرکز افقی سطح انتقال حرارت است که در این هندسه محدود به استوانه های داخلی و خارجی است . برای افزایش میزان انتقال حرارت از سطح می توان پره شعاعی روی سطح استوانه ها نصب کرد . در انتقال حرارت جابجایی آزاد وجود پره های داخلی میدان جریان ، توزیع دما و عدد نوسلت را به میزان قابل ملاحظه ای تغییر می دهد . در این پژوهش انتقال حرارت جابجایی آزاد در جریان آرام بین دو استوانه هم مرکز همراه با پره شعاعی مورد مطالعه عددی قرار گرفته است .

معادلات اصلی حاکم بر جریان سیال شامل معادلات بقاء جرم ، ممنتوم و انرژی با استفاده از روش احجام محدود به فرم جبری تبدیل شده اند. در انتقال حرارت اجباری سیال با خواص ثابت معادلات ممنتوم و انرژی بطور مستقل قابل حل می باشند . اما در حالت جابجایی طبیعی چون دانسیته در جمله نیروی شناوری معادله ممنتوم تابعی از دما می باشد ، معادلات ممنتوم و انرژی به یکدیگر وابسته بوده وباید همزمان حل شوند .در معادلات ممنتوم جمله مجهول فشار نیز وجود دارد که با استفاده از الگوریتم سیمپلر مقدار آن طوری محاسبه میگردد که معادله پیوستگی ارضا شود .دستگاه معادلات جبری بدست آمده با استفاده از روش ضمنی خط به خط و الگوریتم توماس (TDMA) حل می شوند . نتایج محاسبات بصورت میدان جریان و توزیع دما از بردارهای سرعت ، خطوط جریان و خطوط همدما حاصل شده است . اثر عدد رایلی و طول پره بر عدد نوسلت متوسط برای دو نوع آرایش پره بررسی شده است . تغییرات عدد نوسلت موضعی نیز مورد بررسی قرار گرفته است . با بررسی نتایج حاصل از دو نوع آرایش پره ، مشاهده می شود که آرایش پره ها تأثیر نا چیزی بر روی مقدار عدد نوسلت متوسط دارد . همچنین با مقایسه نتایج حاصله با حالتیکه پره وجود ندارد ، کاهش عدد نوسلت متوسط مشاهده می شود . دراین بررسی نشان داده شده است که افزایش طول پره اثر جابجایی آزاد را کاهش می دهد . لذا با افزایش طول پره عدد نوسلت کاهش می یابد .

فهرست مطالب

عنـــوان	صفحـــه
فصل ۱ : تاریخچه	۱
۱.۱ مقدمه	۲
۲.۱ تاریخچه مقالات	۳
فصل ۲ : معادلات حاکم	۷
۱.۲ مقدمه	۸
۲.۲ معادلات بقا	۹
۳.۲ شرائط مرزی	۱۵
٤.۲ دامنه محاسبات	۱۵
فصل ۳ : روش انفصال	۱۷
۱.۳ مفهوم انفصال	۱۸
۲.۳ ساختمان معادله انفصال	۱۸
۳.۳ روشهای بدست آ و ردن معادله انفصال	۱۹
٤.۳ بدست آ و ردن معادله انفصال با استفاده از حجم کنترل	۱۹
۱.٤.۳ معادله دیفرانسیل کلی	۲۰
۵.۳ طرحهای تفاضل مرکزی ، بالا دست ، نمایی ، پیوندی و توانی	۲۱
۱.۵.۳ طرح تفاضل مرکزی	۲۱
۲.۵.۳ طرح بالا دست (آپ ویند)	۲۳
۳.۵.۳ طرح نمایی	۲٤
٤.۵.۳ طرح پیوندی	۲۷

۳ . ۵ . ۵ طرح قاعده توانی ۲۹
۳ . ۶ شکل تفاضل محدود معادله کلی φ ۳۰
۳ . ۶ . ۱ خطی کردن جمله چشمه ۳۴
۳ . ۶ . ۲ ضریب زیر تخفیف ۳۵
۳ . ۷ شکل نهایی معادله انفصال ۳۶

فصل ٤ : حل عددی معادلات دیفرانسیل ۳۷
٤ . ۱ برنامه کامپیو تری ۳۸
٤ . ۲ شبکه نقاط ۳۸
٤ . ۳ لزوم استفاده از شبکه جابجا شده ۳۹
٤ . ٤ چاره جویی شبکه جابجا شده ٤۲
٤ . ۵ معادلات مو منتم ٤۳
٤ . ۶ تصحیح فشار و سرعت ٤۵
٤ . ۶ . ۱ معادله تصحیح فشار ٤۶
٤ . ۶ . ۲ معادله فشار ٤۸
٤ . ۶ . ۳ الگوریتم سیمپلر ٤۹

فصل ۵ : بحث و نتیجه گیری ۵۰
۵ . ۱ حل عددی جریان بین استوانه های هم مرکز افقی ۵۱
۵ . ۲ حل عددی جریان بین استوانه های هم مرکز افقی همراه با پره شعاعی داخلی ۵۵
۵ . ۲ . ۱ هندسه ۱ (میدان سرعت و دما) ۵۶
۵ . ۲ . ۲ هندسه ۲ (میدان سرعت و دما) ۵۹
۵ . ۲ . ۳ عدد نوسلت ۶۲
۵ . ۳ حل عددی جریان بین استوانه های هم مرکز افقی همراه با پره شعاعی خارجی ۶۷

۵ . ٤ میدان سرعت و دما	٦٧
۵ . ٤ . ۱ هندسه ۱	٦٨
۵ . ٤ . ۲ هندسه ۲	٧٤
۵ . ۵ عدد نوسلت موضعی	۸۱
۵ . ٦ عدد نوسلت متوسط	۸۵
فهرست منابع و مراجع	۸٦
چکیده	۸۸

فهرست علائم

ظرفیت حرارتی	C_p
قطر هیدرولیکی	$D_h = 2\left(r_o - r_i\right)$
نیروی جاذبه	g
ضریب انتقال حرارت موضعی	$h = \frac{q}{T_i - T_o}$
ضریب انتقال حرارت متوسط	$\bar{h} = \frac{\bar{q}}{T_i - T_o}$
هدایت حرارتی	k
هدایت حرارتی دیواره	K_w
فاصله بین دو استوانه	L
عدد نوسلت متوسط	$\overline{NU} = \frac{\bar{h}\, Dh}{Ka}$
عدد نوسلت موضعی	$NU = \frac{h\, Dh}{Ka}$
فشار	P
تصحیح فشار	P'
عدد پرانتل	$Pr = \frac{\nu}{\alpha}$
شارانتقال حرارت موضعی	$q = -K_w \frac{\partial T}{\partial R}$
شار انتقال حرارت متوسط	$\bar{q} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} -K_w \frac{\partial T}{\partial R}\, d\theta$
شعاع	r
شعاع داخلی و خارجی	r_i ، r_o
عدد رایلی	$Ra = \frac{g \beta \Delta T R^3_i}{\nu \alpha}$
دما	T
بترتیب ، دمای سطح داخلی و خارجی	T_i ، T_o

سرعت در راستای θ	U_θ
سرعت در راستای شعاع	V_r

حروف یونانی

نسبت ارتفاع پره به فاصله دو استوانه	α
ضریب انبساط حرارتی	β
مختصات دایروی	θ
دانسیته	ρ
دانسیته در دمای مرجع	ρ_{ref}
ضریب زیر تخفیف	α
متغیر عمومی	ϕ
لزجت دینامیکی	μ
لزجت سینماتیکی	ν
ضریب نفوذ	Γ
تنش برشی	τ

زیر نویس

سطح داخلی	i
کمیت برای حالت هدایت	o
حالت مرجع	ref
گره شرقی	E
گره غربی	W
گره شمالی	N
گره جنوبی	S
گره وسطی	P
وجه شرقی حجم کنترل	e

وجه غربی حجم کنترل	w
وجه شمالی حجم کنترل	n
وجه جنوبی حجم کنترل	s
همسایه	nb

بالا نویس

مقدار حدسی یا تکرار قبلی	*
مقدار تصحیح	'
مقدار کاذب	^

فصل اول

تـــاریـخچـــه

۱ . ۱ مقدمه

تبادل حرارت بین یک سطح و یک سیال در مبدلهای حرارتی در المانهای سوخت رآکتورهای هسته ای ، کلکتور های خورشیدی ، عایق بندی بدنه کابین خلبان هواپیما و دیگر سیستمهای حرارتی، از جمله مواردی است که در آنها هندسه شکل مشابه دو استوانه هم مرکز افقی می باشد . تلاش مداوم محققین بر آنست که بتوانند انتقال حرارت از واحد سطح را افزایش داده و باکوچکتر نمودن ابعاد مبدلها در هزینه ساخت ، استفاده و تعمیر و نگهداری این سیستمهای حرارتی صرفه جویی نمایند .مسئله یافتن راه حلهایی برای افزایش انتقال حرارت از سطوح و یا کاهش آن از ویژگی خاصی در تحقیقات انجام شده در زمینه علوم حرارتی برخوردار است و مجموعه نسبتا" بزرگی از کارهای تئوری و تجربی انجام شده در این زمینه در کارنامه مهندسین و پژوهشگران نیم قرن گذشته وجود دارد .

روشهای زیادی برای افزایش میزان انتقال حرارت ازسطوح وکانالها وجود دارد که هر کدام انتقال حرارت را بهبود می بخشد . یکی از این روشها اضافه نمودن قطعاتی به سطوح و یا تغییر شکل سطوح می باشد که میزان تبادل حرارت را افزایش میدهد .بعنوان نمونه ، اضافه نمودن پره به سطح سبب بهم خوردن جریان شده و در نتیجه لایه آرام مجاور سطح را به هم زده واز این طریق ، افزایش میزان انتقال حرارت صورت می گیرد .

موضوع مورد بحث در این تحقیق بررسی اثرات وجود پره شعاعی و ارائه اثرات ارتفاع و آرایش پره ها روی جابجایی طبیعی بین لوله های هم مرکز افقی می باشد .نتایج حاصل از تحلیل چنین مسئله ای اطلاعات لازم را برای طراحی در سیستم های خنک سازی داخلی در المانهای سوخت رآکتورهای هسته ای و کلکتورهای خورشیدی که شباهت هندسی مذکور را دارند فراهم می نماید .

۲.۱ تاریخچه مقالات :

برای حل مسائل مکانیک سیالات و انتقال حرارت سه روش تجربی ، نظری و عددی وجود دارد . روش تجربی واقعی ترین روش و روش نظری یا تئوریک حل دقیق مسئله که غالبا" بصورت فرمول بیان شده است را ارائه میدهد . روش عددی علاوه بر عدم محدودیت در خطی بودن مسئله ، فیزیکهای پیچیده را در بر می گیرد و می توانیم تحولات زمانی جریان را مورد بررسی قرار دهیم . پیشرفت وگسترش کامپیوترهای باسرعت بالا تأ ثیر عمیقی بر چگونگی اعمال مبانی علوم مکانیک سیالات و انتقال حرارت در مسائل کاربردی و طراحی عملی مهندسی جدید داشته است .

امروزه استفاده از روشهای عددی در محاسبات کامپیوتری از اهمیت زیادی برخوردار بوده و به عنوان ابزاری کارآمد در طراحی وسائل مهندسی مورد استفاده قرار می گیرد .بدون شک ، قسمت عمده ای از پیشرفت تکنولوژی در سالهای اخیر مدیون کامپیوتر و گسترش و تکامل روشهای عددی می باشد . در زمینه انتقال حرارت و مکانیک سیالات نیز محاسبات عددی مورد استفاده بسیاری از محققان وطراحان قرارگرفته و حل بسیاری از مسائل پیچیده بدون استفاده از روشهای عددی و کامپیوتری امکان پذیرنیست .

در زمینه جابجایی آزاد در لوله های هم مرکز افقی تاکنون بررسیهای عددی و تجربی زیادی انجام شده است . در ادامه این بخش به چند مورد از تحقیقهای انجام شده در این زمینه اشاره کرده و خلاصه نتایج بدست آمده را ارائه می کنیم .

Bishop & Carley [۱] ، در سال ۱۹٦٦ جابجایی آزاد در استوانه های هم مرکز افقی را بررسی کرده اند . طبق گزارشاتی که آنها ارائه نموده اند دو الگوی متفاوت برای جریان مشاهده شده است . الگوی هلالی شکل برای نسبت قطرهای کوچک و الگوی قلوه ای (Kidney-shaped) برای نسبت قطرهای بزرگتر از 3.6 . همچنین Bishop & Mack [۲] ، در سال ۱۹٦۸ معادلات حاکم بر جریان جابجایی آزاد بین استوانه های هم مرکز افقی را برای اعداد رایلی کوچک با بکار بردن سه جمله اول سری توانی عدد رایلی بر اساس شعاع داخلی لوله حل کرده اند . آنها سلولهای ثانویه ای در بالا و پایین لوله ها در اعداد خیلی کوچک پرانتل مشاهده کرده اند .

اولین مطالعات تجربی در مورد انتقال حرارت دائمی و آرام در لوله های هم مرکز افقی توسط گلدشتین و کوهن [۳]، در سال ۱۹۷٦ انجام شده است. آنها نتایج تجربی و عددی خود را تا عدد رایلی $5 * 10^4$ ارائه کرده اند .آنهانتایج تجربی وعددی خودرا برای