

به نام خداوند بخشنده مهربان



دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

دانشکده مکانیک

موضوع پایان نامه:

بررسی تحلیلی فین با سطح مقطع غیر یکنواخت و رسانش گرمایی وابسته به دما

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

مهندسی مکانیک-گرایش تبدیل انرژی

استاد راهنما:

آقای دکتر داود دومیری گنجی

استاد مشاور:

آقای دکتر مفید گرجی

نگارش:

مازیار رستمیان

شهریور ۱۳۸۸

تقدیر و تشکر

بر خود لازم می‌دانم از تمامی کسانی که در انجام این پروژه مرا یاری داده‌اند تقدیر و تشکر کنم، بخصوص از:

همسر و مادر مهربانم که همواره پشتوانه محکمی برایم بوده‌اند،

جناب آقای دکتر داود دومیری گنجی که همیشه از کمک و مساعدتشان برخوردار بوده‌ام و در طول انجام دادن

این پروژه از مشاوره‌های اندیشمندان ایشان بهره جستم،

و

جناب آقایان مهدی فاموری و حسن برارنیا به خاطر مشاوره دلسوزانه‌شان.

تقدیم به پدرم که یادش همواره با ماست، مادرم دلسوزم و همسر مهربانم.

چکیده

با توجه به اینکه انتقال حرارت کاربرد زیادی در رشته های مختلف علوم دارد، مانند کاربرد اساسی آن در سینک حرارتی الکتریکی، لازم است به دلیل محدودیت های فضایی و فیزیکی در سیستم های الکتریکی، از سطوح گسترده فرورفته و یا برجسته استفاده شود. هدف اصلی استفاده از این سطوح، افزایش انتقال حرارت از طریق افزایش سطح است. در نتیجه بهترین سطح گسترده (فین) آن است که بیشترین انتقال حرارت یا به عبارتی بیشترین اختلاف دما را فراهم سازد. نکته بسیار مهم این است که در عمل، فین مناسب باید همزمان با قابلیت انتقال حرارت بالا که بستگی به جنس و شکل آن دارد، دارای کمترین مقدار ماده مصرفی باشد تا ساخت و در نتیجه کاربرد آن کمترین هزینه ممکن را داشته باشد. این دو نکته در مورد یک فین به صورت ساده قابل بررسی نیست، بلکه باید بهینه ترین حالتی را پیدا کرد که در آن این شرایط به طور همزمان لحاظ گردد.

در این پروژه، فین هایی به شکل مخروطی با سطح پایه و طول ثابت مورد بررسی قرار گرفته اند. معادله سطح جانبی و سطح مقطع فین به صورت توابعی تعریف شده اند که فین های گوناگونی را در برمی گیرند. از طرفی ضریب انتقال حرارت هدایتی وابسته به دما در نظر گرفته شده و در طول فین با دما تغییر می کند. بعد از بی بعد سازی، معادله دیفرانسیل کلی یک بعدی که دارای درجه غیر خطی بالایی می باشد، به روش اغتشاشی هموتوپی حل تحلیلی شده است. برای تحقیق صحت و دقت این حل، جواب ها در چند حالت خاص با جواب حاصل از حل عددی به روش رانژ- کوتا مقایسه شده است. بعد از بدست آوردن معادله دیفرانسیل دما و حل تحلیلی- پارامتری آن، معادله کلی دما حاصل گردید. این معادله به صورت پارامتری و برحسب متغیر مستقل طول، ضریب انتقال حرارت هدایتی، ضریب انتقال حرارت جابجایی از سطح فین و مهمتر از همه پارامتر نمایانگر پروفایل فین بیان شده است. با استفاده از معادله دما انتقال حرارت کلی فین محاسبه شد و سپس با محاسبه انتقال حرارت در پایه فین و همچنین حجم آن، بهینه ترین

پروفایل برای فین تعیین گردید. این پروفایل بهینه معرف هندسه‌ای است که در آن کمینه بودن حجم و بیشینه بودن انتقال حرارت به طور همزمان لحاظ شده‌اند. در انتها بازده فین نیز بر حسب متغیر مستقل طول، ضریب انتقال حرارت هدایتی متغیر، ضریب انتقال حرارت جابجایی از سطح فین و پارامتر شکل فین بدست آمد. یکی از مهمترین یافته های این تحقیق آن است که پروفایل بهینه، که البته به مشخصات حرارتی فین و دیگر پارامترهای آن بستگی دارد، پروفایل فین سهموی کاو است.

فهرست

i.....	فهرست علائم.....
iv.....	فهرست اشکال.....
vi.....	فهرست جداول.....
۱.....	فصل نخست - معرفی انواع فین و کاربرد آنها.....
۲.....	۱-۱- مقدمه.....
۳.....	۲-۱- انواع فین.....
۴.....	۳-۱- کاربرد فین ها.....
۷.....	فصل دوم - پیشینه موضوع و تعریف مسأله.....
۸.....	۱-۲- پیشینه موضوع.....
۹.....	۲-۲- تعریف مسأله.....
۱۱.....	فصل سوم - تئوری فین های حرارتی.....
۱۲.....	۱-۳- تحلیل رسانش.....
۱۵.....	۲-۳- بی بعدسازی معادله دیفرانسیلی پارامتری.....
۱۶.....	فصل چهارم - حل تحلیلی.....
۱۷.....	۱-۴- هندسه مساله.....
۱۸.....	۲-۴- روش تحلیلی.....
۱۸.....	۱-۲-۴- مقدمه.....

- ۱۹.....۲-۲-۴- تشریح روش هموتویی اغتشاشی HPM
- ۲۰.....۳-۴- حل تحلیلی
- ۲۰.....۱-۳-۴- تکمیل بی بعد سازی و استخراج کامل معادله دیفرانسیل
- ۲۴.....۲-۳-۴- اعمال روش هموتویی اغتشاشی به معادله دیفرانسیل
- ۲۸.....۳-۳-۴- تحقیق پایداری و یکتایی حل تحلیلی
- ۲۹.....۴-۴- بررسی دقت حل تحلیلی
- ۲۹.....۱-۴-۴- روش عددی رانژ-کوتا
- ۳۰.....۲-۴-۴- روش کار $RK4$
- ۳۴.....۵-۴- انتقال حرارت و بازده فین
- ۳۴.....۱-۵-۴- انتقال حرارت
- ۳۶.....۲-۵-۴- بازده فین
- ۴۰..... فصل پنجم - بهینه سازی
- ۴۱.....۱-۵- مقدمه
- ۴۱.....۲-۵- هم مقیاس کردن حجم، انتقال حرارت و بازده
- ۴۲.....۳-۵- بهینه یابی
- ۴۶..... فصل ششم - تحلیل نتایج
- ۴۷.....۱-۶- مقدمه
- ۴۷.....۲-۶- تاثیر پارامترهای مختلف بر توزیع دما

۴۷	۱-۲-۶- بررسی اثر پارامترهای فین (ψ).....
۵۱	۲-۲-۶- بررسی اثر تغییرات ضریب رسانشی بی بعد (β).....
۵۴	۳-۶- تاثیر پارامترهای مختلف بر انتقال حرارت.....
۵۴	۱-۳-۶- بررسی اثر پارامترهای فین (ψ).....
۵۶	۲-۳-۶- بررسی اثر تغییر هندسه (b).....
۵۷	فصل هفتم - جمع بندی نتایج و ارایه پیشنهادات.....
۵۸	۱-۷- جمع بندی نتایج.....
۵۹	۲-۷- ارایه پیشنهادات.....
۶۰	مراجع.....
۶۴	پیوست الف- معادله دمای بی بعد به صورت پارامتری.....
۷۶	پیوست ب-مقاله پذیرفته شده در مجله فیزیک مدرن B.....

فهرست علائم

m^2 - یک عملگر دیفرانسیلی کلی	A
m^2 - تابع سطح مقطع بی بعد	A_C
m^2 - تابع سطح جانبی بی بعد	A_S
پارامتر نمایانگر شکل فین	b
یک عملگر مرزی - نمایانگر شرایط مرزی	B
یک تابع تحلیلی خطی معلوم	$f(s)$
معادله خط تولید کننده فین بر اساس طول بی بعد	$f(x)$
معادله خط تولید کننده فین	$f(x)$
هموتوبی	$H(v, p)$
$Wm^{-2}K$ - ضریب انتقال حرارت هدایتی	h
$Wm^{-1}K$ - ضریب انتقال حرارت هدایتی در دمای پایه	k
$Wm^{-1}K$ - ضریب انتقال حرارت هدایتی وابسته به دما	K
طول فین - m	L
قسمت خطی معادله دیفرانسیل	$L(u)$
قسمت خطی معادله دیفرانسیل در پایه فین	$L(u_0)$
قسمت غیر خطی معادله دیفرانسیل	$N(u)$
پارامتر پرتریشن	p

انتقال حرارت رسانشی - W	q
تابع انتقال حرارت بی بعد فین - W	Q
انتقال حرارت بی بعد در پایه - W	Q_0
مقدار کسری انتقال حرارت بی بعد در پایه - W	Q_p
انتقال حرارت جابجایی - W	q_{conv}
شعاع فین - m	r
شعاع انتهای فین - m	r_a
شعاع پایه فین - m	r_b
تابع توزیع دما - K	T
دمای پایه فین - K	T_b
دمای محیط - K	T_a
معدله دیفرانسیل معمولی یک بعدی	u
حجم بی بعد فین - m^3	V
مقدار کسری حجم بی بعد فین - m^3	V_p
متغیر مستقل طول بی بعد - m	x'
متغیر مستقل طول - m	x

حروف یونانی

α	ضریب مشخص کننده شعال نوک فین
β	رسانش بی بعد
γ	شیب تغییر ضریب انتقال حرارت رسانش وابسته به دما - K^{-1}
η	بازده فین
ν_i	متغیر وابسته بی بعد در روش تحلیلی
θ	تابع دمای بی بعد - K
θ_b	دمای بی بعد در پایه فین - K
θ_a	دمای پیرامون بی بعد - K
Γ	مرز دامنه جواب ها
Ω	دامنه جواب ها

فهرست اشکال

فصل نخست

- شکل ۱-۱- انواع فین..... ۴
- شکل ۱-۲- هشت نمونه از لوله های فین دار..... ۵
- شکل ۱-۳- نمایشی از انواع لوله های فین دار از داخل..... ۶

فصل سوم

- شکل ۱-۳- موازنه انرژی برای سطح گسترش یافته..... ۱۴

فصل چهارم

- شکل ۱-۴- منحنی های تولید کننده انواع فین های سوزنی (الف) کاو، (ب) مثلثی، (ج) کوژ..... ۱۷
- شکل ۲-۴- نمودار دمای بی بعد در $\beta = 0.5$ و $\psi = 1$ ۲۶
- شکل ۳-۴- نمودار حل جمله خطی معادله دیفرانسیل در ψ های مختلف..... ۲۹
- شکل ۴-۴- نمودار دمای بی بعد در $\beta = -0.1$ و $\psi = 0.6$ برای فین سوزنی کوژ..... ۳۱
- شکل ۵-۴- نمودار دمای بی بعد در $\beta = -0.5$ و $\psi = 1$ بروش HPM و VIM..... ۳۳
- شکل ۶-۴- نمودار خطای بین جواب HPM ارایه شده در این مطالعه و VIM..... ۳۳
- شکل ۷-۴- نمودار انتقال حرارت در β ها و ψ های مختلف..... ۳۵
- شکل ۸-۴- نمودار بازده فین سوزنی در مقادیر مختلفی از ضریب هدایت بی بعد (β)، بر حسب ψ به طوریکه $\psi \in [0.1/62]$ ۳۷

فصل پنجم

شکل ۵-۱- فین بهینه برای $\beta = 0$ و $\psi = 1/15$ ۴۲

شکل ۵-۲- فین بهینه برای $\beta = 0$ و $\psi = 1/225$ ۴۳

شکل ۵-۳- فین بهینه برای $\beta = 0$ و $\psi = 1$ ۴۴

شکل ۵-۴- فین بهینه برای $\beta = 0/1$ و $\psi = 1$ ۴۵

فصل ششم

شکل ۶-۱- نمودار دمای بی بعد در $\beta = -0/5$ برای فین کاو ۴۸

شکل ۶-۲- نمودار دمای بی بعد در $\beta = -0/5$ برای فین مثلثی (الف) و کوژ (ب) ۵۰

شکل ۶-۳- نمودار دمای بی بعد در $\psi = 1$ برای فین کاو ۵۱

شکل ۶-۴- نمودار دمای بی بعد در $\psi = 1$ برای فین مثلثی (الف) و کوژ (ب) ۵۳

شکل ۶-۵- نمودار تغییرات انتقال حرارت با ψ و β ۵۵

شکل ۶-۶- تغییرات انتقال حرارت برای اشکال مختلف فین در ψ های متفاوت ۵۶

فهرست جداول

- جدول ۱-۴-دمای بی بعد در $\beta = 0.5$ و $\psi = 1$ ۲۷
- جدول ۲-۴-مقایسه جواب های تحلیلی، عددی و خطای نسبی آنها، برای دمای بی بعد در $\beta = -0.1$ و $\psi = 0.6$ برای فین سوزنی کوژ..... ۳۲
- جدول ۳-۴-انتقال حرارت در β ها و ψ های مختلف..... ۳۶
- جدول ۴-۴-بازده فین سوزنی در مقادیر مختلفی از ضریب هدایت بی بعد (β)، بر حسب ψ به طوریکه $\psi \in [0.1/62]$ ۳۹
- جدول ۱-۶-دمای بی بعد در $\beta = -0.5$ برای فین کاو..... ۴۹
- جدول ۲-۶-دمای بی بعد در $\psi = 1$ برای فین کاو..... ۵۲

فصل اول

معرفی انواع فنین و کاربرد آنها

معرفی انواع فین و کاربرد آنها

۱-۱- مقدمه

فین ها سطوح گسترش یافته ای هستند که معمولاً به منظور افزایش سطح انتقال حرارت به کار می روند. واژه سطح گسترش یافته معمولاً برای نمایش حالت خاصی به کار می رود که در آن انتقال گرمای رسانشی در داخل جسم و انتقال گرمای جابجایی (یا تشعشعی) از مرزهای آن روی می دهد. ترکیب انتقال حرارت رسانشی و جابجایی در بسیاری از موارد روی می دهد. اما بیشترین کاربرد آن در حالتی است که برای تقویت انتقال حرارت بین یک جسم و سیال مجاور آن به کار می رود. معمولاً سه راه برای افزایش انتقال حرارت وجود دارد:

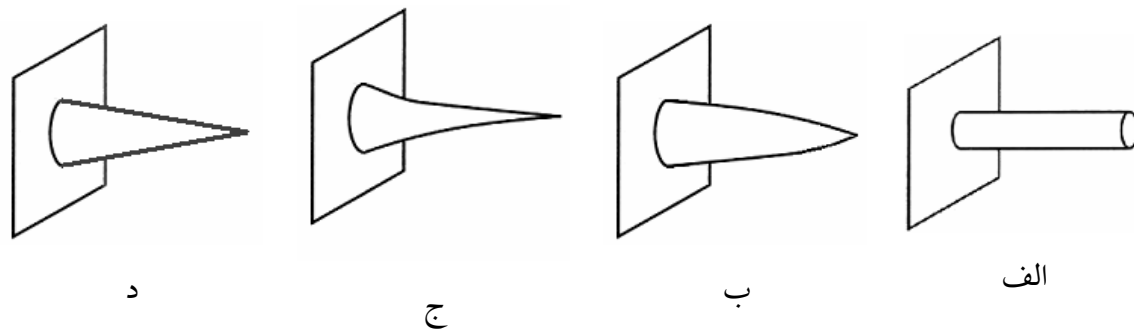
- افزایش سرعت سیال
 - کاهش دمای محیط (افزایش اختلاف دمای محیط و جسم)
 - افزایش سطحی که از آن حرارت انتقال می یابد.
- در توضیح مورد اول باید دقت کرد که افزایش سرعت سیال موجب افزایش ضریب جابجایی می شود، ولی در بعضی موارد هزینه های مربوط به افزایش ضریب جابجایی خود مانعی برای عملی شدن طرح است (این هزینه ها مربوط به دمنده ها و یا پمپ هایی می شوند که با افزایش حرکت سیال، ضریب جابجایی را افزایش می دهند).

راه دوم جهت افزایش انتقال حرارت مربوط به کاهش دمای محیط است که اغلب غیرعملی بوده و بنابراین بهترین روش همان افزایش مساحت سطحی است که از آن انتقال گرما رخ می دهد. با افزایش مساحت سطحی که جابجایی در آن روی می دهد می توان آهنگ انتقال حرارت را افزایش داد. این کار را با استفاده از فین هایی که از دیوار به داخل سیال اطراف گسترش یافته اند می توان انجام داد. رسانندگی گرمایی فین تاثیر زیادی بر توزیع دما در امتداد فین دارد و بنابراین بر مقدار افزایش آهنگ انتقال گرما تاثیر می گذارد. در حالت ایده آل، فین باید دارای رسانندگی گرمایی بزرگی باشد تا تغییرات دما از پایه فین تا نوک آن به حداقل برسد. در حالت حدی رسانندگی گرمایی بینهایت، تمام فین در دمای سطح پایه قرار دارد، و لذا افزایش انتقال گرما به ماکسیمم مقدار ممکن می رسد.

۱-۲- انواع فین

در این بخش، انواعی از سطوح گسترده یا فین که عبارتند از فین های مستقیم و سوزنی در شکل نشان داده شده اند. با توجه به اینکه بیشتر مطالعات انجام شده بر روی فین های مستقیم بوده است، در این تحقیق فین های سوزنی سهموی کوژ، مثلثی و سهموی کاو مورد بررسی قرار گرفته اند.

در شکل ۱-۱، انواع مختلف فین های سوزنی نمایش داده شده است [۱].



شکل ۱-۱- فین های سوزنی: الف- مستطیلی ب- سهموی کوژ ج- سهموی کاو د- مثلثی

۱-۳- کاربرد فین ها

فین ها کاربرد زیادی در صنعت دارند، از آن جمله می توان به فین های خنک کن روی بدنه موتور در موتورسیکلت ها و چمن زنها، فین های خنک کن ترانسفورماتورهای برق، لوله های پره داری که برای تقویت تبادل گرما بین هوا و سیال عامل در دستگاه های تهویه به کار می رود، همچنین پره های خنک کن قطعات مختلف کامپیوتری و غیره اشاره کرد [۲]. این سطوح گسترش یافته در مبدل های حرارتی برای تبادل گرمای بیشینه نیز بکار می روند [۳]. طبیعت نیز از پدیده فین بهره برده است؛ گوش های موش صحرائی و روباه صحرائی به عنوان فین هایی عمل می کنند تا گرمای خون را که در آن جریان دارد به هوا انتقال دهند.

اگرچه استفاده از فین های سوزنی در بعضی از انواع مبدل های حرارتی (در اتومبیل ها، تهویه مطبوع و صنایع فضاوردی) معمول نشده است، این نوع از سطوح گسترش یافته به طور وسیعی در صنایع الکترونیک به کار رفته اند. در صنایع الکترونیک به علت بالا رفتن سرعت و کارایی قطعات و در نتیجه افزایش حرارت تولید شده و همچنین محدودیت در فضا (در کامپیوترها و نوت بوک ها) کاربرد فین ها بسیار حایز اهمیت