بسم الله الرحمن الرحيم

٣١٠٤٩

دانشگاه تهران

مطالعه توزیع دما و راندمان حرارتی در پره‌های منقطع (Segmented Fins) با ضریب جابجایی متغیر و بهینه‌سازی هندسی آن در بویلرهای بازیافت حرارتی

۱۳۷۹ /۷/ ۱۰

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تصمیت مدارک

دانشجو
محمد رضا ملاآرانی

استاد راهنما
دکتر حسین شکوهمند

8431

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
مهندسی مکانیک – تبدیل انرژی

جمهوری اسلامی ایران
دانشگاه تهران
واحد مرکزی دانشکده مهندسی

دانشکده فنی-گروه مهندسی مکانیک
تابستان ۷۹

۳۱۰ ۴۹

تقدیم به :

پدر و مادر
و
همسر عزیزم

تقدیر و تشکر :

سپاس و قدردانی خود را نسبت به استاد گرامی **جناب آقای دکتر شکوهمند** بخاطر راهنماییهای ارزشمند و پیشنهادات و انتقادات ارزنده ایشان در رابطه با انجام این پروه ابراز می‌دارم. همچنین از **جناب آقای دکتر اشجعی و جناب آقای دکتر کهربائیان** که زحمت نظارت و بازخوانی این پروژه را برعهده داشتند نیز تشکر و قدردانی می‌نمایم.

در انتها لازم می‌دانم از تمام عزیزانی که ما را در انجام این پروژه یاری نمودند بخصوص **آقایان مهندس محسن احمدیان ، مهندس حیدر خامه‌چیان و مهندس عادل پیرمحمدی** کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم.

دانشگاه تهران

دانشکده فنی-گروه مهندسی مکانیک

مطالعه توزیع دما و راندمان حرارتی در پره‌های منقطع (Segmented Fins) با ضریب جابجایی متغیر و بهینه‌سازی هندسی آن در بویلرهای بازیافت حرارتی

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

مهندسی مکانیک – تبدیل انرژی

از این پایان‌نامه در تاریخ ۷۹/۶/۱۵ در مقابل هیأت داوران دفاع بعمل آمد و مورد تصویب قرار گرفت.

محل امضاء

۱- سرپرست کمیته تحصیلات تکمیلی دانشکده

۲- مدیر گروه آموزشی : دکتر سید احمد نوربخش

۳- نماینده تحصیلات تکمیلی : دکتر منصور نیکخواه بهرامی

۴- استاد راهنما: دکتر حسین شکوهمند

۵- عضو هیأت داوران : دکتر مهدی اشجعی

۶- عضو هیأت داوران: دکتر احمد کهربائیان

مطالعهٔ توزیع دما و راندمان حرارتی در پره‌های منقطع با ضریب جابجایی متغیر و بهینه‌سازی هندسی آن در بویلرهای بازیافت حرارتی

نام و نام خانوادگی : محمدرضا ملاآرانی

رشته تحصیلی و گرایش : مکانیک - تبدیل انرژی

تاریخ دفاع : ۷۹/۶/۱۵

استاد راهنما : دکتر حسین شکوهمند

چکیده پایان نامه:

یکی از مسائل مهم در جامعهٔ بشری امروز استفاده بهینه از انرژی و بازیافت انرژی می‌باشد یکی از مهمترین تولید کنندگان انرژی در عصر ما نیروگاههای سیکل بخار و نیروگاههای سیکل ترکیبی می‌باشند. یکی از اجزاء نیروگاههای سیکل ترکیبی بویلرهای بازیافت اتلاف حرارتی می‌باشند که بین توربین گاز و توربین بخار قرار می‌گیرند و گازهای داغ خروجی از توربین گاز بجای اینکه به دودکش بروند وارد بویلرهای بازیافت اتلاف حرارتی می‌شوند.

اهمیت استفادهٔ پره‌های منقطع در بویلرهای بازیافت اتلاف حرارتی ما را بر آن داشت تا بررسی‌هایی را در مورد این پره‌ها انجام دهیم. در این پروژه انتقال حرارت در پره‌های منقطع مورد مطالعه قرارگرفته است که هدف از این بررسی یافتن شکل بهینه مقطع اینگونه پره‌ها با ضریب جابجایی متغیر می‌باشد. برای این منظور معادله هدایت حرارتی در حالت سه‌بعدی و برای پروفیلهای مستطیلی ، مثلثی ، هذلولی و سهموی نوشته و با روش عددی اختلاف محدود حل شده است. به کمک نتایج بدست آمده توزیع درجه حرارت و راندمان حرارتی پره‌های منقطع با پروفیل‌های مختلف فوق‌الذکر محاسبه و مقایسه شده‌اند. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که راندمان حرارتی پره‌های منقطع با مقطع مستطیلی از دیگر پروفیلها بیشتر بوده و همچنین مقطع سهموی وضعیت بهینه برای این نوع پره‌ها با جرم ثابت را تشکیل می‌دهد.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول – مقدمه

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- تحقیقات انجام شده ۴

۱-۳- ساده‌ترین حالت ممکن ۵

۱-۴- سابقه تاریخی ۶

فصل دوم – معادلات حاکم

۲-۱- معادله هدایت داخل پره ۱۲

۲-۱-۱- شرط مرزی روی دیواره لوله ($r=R_1$) ۱۴

۲-۱-۲- شرط مرزی روی بیشترین شعاع پره ($r=R_2$) ۱۵

۲-۱-۳- شرط مرزی در $\theta = 0^{\circ}$ و $\theta = 13^{\circ}$ ۱۵

۲-۱-۴- شرط مرزی در $Z = 0$, $Z = t$ ۱۶

۲-۱-۵- شرط ایزوله بودن نوک پره ۱۶

۲-۲- بهینه سازی عملکردی و اقتصادی پره ۱۷

۲-۳- تعیین معادله راندمان پره ۱۸

فصل سوم – روش حل

۳-۱- شبکه بندی ۲۴

۳-۲- طرح تفاضلی مورد استفاده ۲۷

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۳-۳- معادله هدایت تفاضلی شده ۲۹

۳-۴- فرم تفاضلی شرایط مرزی ۳۰

۳-۵- روش تکرار جهت حل ۳۱

فصل چهارم - بهینه سازی

۴-۱- بهینه سازی ۳۴

۴-۲- بهینه سازی پره‌های حلقوی با روش Ullmann و Kalman ۳۵

۴-۲-۱- پروفیل دما ۳۵

۴-۲-۲- راندمان پره ۳۸

۴-۲-۳- پره بهینه شده ۳۹

۴-۳- بهینه سازی پره‌های حلقوی با روش Razelos و Imre ۴۰

۴-۳-۱- نحوهٔ بهینه سازی ۴۰

۴-۳-۲- روش حل مسئله ۴۴

فصل پنجم - بحث و نتیجه گیری

۵-۱- نتایج مربوط به توزیع دما در پره‌های منقطع ۴۹

۵-۲- نتایج مربوط به راندمان در پره‌های منقطع ۵۲

۵-۳- نتایج مربوط به بهینه‌سازی پره‌های منقطع ۵۳

فهرست منابع

علائم اختصاری :

- حروف انگلیسی

A	سطح انتقال حرارت $[m^2]$
Bi	عدد بیو
C_p	ضریب گرمای ویژه [W/kg.k]
h	ضریب انتقال حرارت جابجایی $[W/m^2.k]$
$\bar{h}$	ضریب جابجایی متوسط $[W/m^2.k]$
k	ضریب هدایتی حرارتی [W/m.k]
m_f	پارامتر پره
M	جرم بی بعد پره
n	مقدار ثابت جهت مشخص کردن شکل پره
P	محیط [m]
q	اتلاف حرارتی [W]
q_{max}	ماکزیمم اتلاف حرارتی [W]
$\bar{q}$	اتلاف حرارت بی بعد
Q	انتقال حرارت کل [W]
r,q,z	مختصات استوانه‌ای
R_f	مقدار ثابت جهت مشخص کردن شکل پره
$\bar{R}$	شعاع بی‌بعد لبهٔ خارجی R_1/R_0

R_1 شعاع داخلی [m]

R_2 شعاع خارجی [m]

t ضخامت پره [m]

T دما [k]

T_b دمای پایهٔ پره [k]

T_s دمای سطح پره [k]

T_∞ دمای محیط [k]

W پهنای پره [m]

x شعاع بی‌بعد r/R_0

- حروف یونانی

δ ضخامت پره [m]

$\bar{\delta}$ ضخامت بی‌بعد پره δ/δ_0

η راندمان پره

ϕ دمای بی‌بعد T/T_0

ξ شعاع بی‌بعد

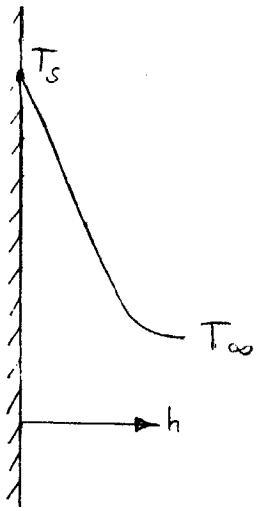
فصل اول

مقدمه

بمنظور افزایش نرخ انتقال حرارت مبادله شده بین یک سطح جامد و سیال مجاور آن، استفاده از سطح گسترش یافته همواره مورد توجه بوده است. این سطوح که اصطلاحاً پره نامیده می‌شوند کاربردهای فراوانی در صنعت دارند. انتخاب شکل و آرایش پره‌های مورد نظر بمنظور دستیابی به شرایط انتقال حرارت بهینه از مباحث مهم انتقال حرارت می‌باشد. پره‌ها عموماً مواقعی استفاده می‌شوند که در خارج لوله یک گاز با ضریب انتقال حرارت کم وجود داشته باشد و بعنوان مثال در مبدلهای حرارتی که ضریب انتقال حرارت پایین است (مانند طرف هوا در یک کویل هوا - خنک) نصب می‌شود تا با افزایش سطح انتقال حرارت موجب افزایش انتقال حرارت شوند. از جمله تحقیقات انجام شده، مقایسه پره‌های مستقیم با پره‌های دایروی با مقاطع مستطیلی و مثلثی، همچنین مقایسه پره‌های یکپارچه با پره‌های منقطع، و پره‌های دارای پروفیل یکنواخت با پره‌های پروفیل غیریکنواخت می‌باشد. لیکن تأمین نرخ انتقال حرارت مطلوب همزمان با مینیمم کردن وزن پره (و در نتیجه هزینه) از جمله مسائل بهینه‌سازی در این زمینه محسوب می‌شود. بهینه‌سازی معمولاً به دو روش انجام می‌گیرد انتقال مقدار معینی گرما با حداقل وزن پره و دوم ماکزیمم نمودن انتقال حرارت از یک پره با ابعاد معین.

سطوح گسترش یافته یا پره‌ها، یکی از اجزای بسیار مهم در فرایند انتقال حرارت هستندو از اینرو طراحی این اجزاء مورد بررسی محققان زیادی بوده است. قبل از آنکه به بررسی فرمولاسیون پره‌ها بپردازیم، لازمست آنها را بطور خلاصه بررسی کنیم. دیواری مطابق شکل (۱-۱) را در نظر می‌گیریم، که در دمای T_s قرار دارد و با محیط به دمای T_∞ و ضریب انتقال حرارت جابجایی h تبادل حرارتی دارد. نرخ انتقال حرارت برابر است با:

$$q = hA\ (T_s - T_\infty) \qquad (۱-۱)$$



شکل (۱-۱)

با توجه به اهمیت میزان انتقال حرارت q در سیستمهای حرارتی، می‌توان با افزایش اختلاف دمای بین دیوار و محیط، ضریب انتقال حرارت و سطح انتقال حرارت (رابطه ۱-۱) مقدار انتقال حرارت را افزایش داد. در این صورت با ثابت بودن دمای دیوار برای افزایش انتقال حرارت دمای سیال باید کاهش یابد و همچنین با نصب پره‌ها می‌توان سطح انتقال حرارت را افزایش داد. پره‌ها

عموماً بوسیلهٔ ماشین‌کاری، جوش، لحیم و یا روشهای دیگر به سطح دیواره متصل می‌شوند.

۱-۲- تحقیقات انجام شده

اولین بررسی کامل پره‌ها در سال ۱۹۲۲ میلادی توسط Harper [۱] و سپس در سال ۱۹۴۵ میلادی توسط Gardner [۲] انجام شده‌است. در بررسیهایی که تا بحال انجام شده فرضیات زیر وجود دارند:

۱- جریان حرارت و توزیع دما در پره تابعی از زمان نیست، یعنی شرایط دائمی‌اند.

۲- جنس پره هموژن و ایزوتروپ است.

۳- چشمه حرارتی در پره وجود ندارد.

۴- جریان حرارت به ویا از سطح پره در هرنقطه بطور مستقیم متناسب با اختلاف دمای سطح در آن نقطه و دمای محیط است.

۵- ضریب هدایتی حرارت پره ثابت است.

۶- ضریب انتقال حرارت جابجایی در سرتاسر پره ثابت است.

۷- دمای سیال مجاور پره یکنواخت است.

۸- دمای پایه پره یکنواخت است.

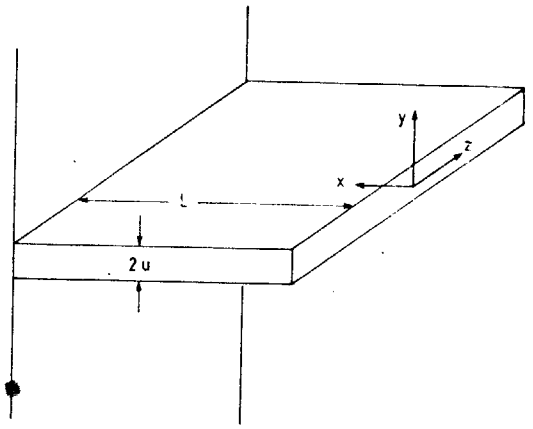
۹- اتصال بین پره و سطح پایه دارای مقاومت تماس نیست.

۱۰- ضخامت پره در مقابل ارتفاع آن بقدری ناچیز است که ازگرادیان دمای عمود بر سطح صرفنظر می‌شود.

۱۱- انتقال حرارت از انتهای پره در مقابل انتقال حرارت از سطح دیگر آن ناچیز است.

۱-۳- ساده‌ترین حالت ممکن

با توجه به شکل (۱-۲) پره‌ای یک بعدی در نظر می‌گیریم :



شکل (۱-۲)

با نوشتن موازنه انرژی در شرایط دائمی بر روی المانی به ضخامت dx خواهیم داشت:

$$\frac{d}{dx}\left(kA_c \frac{dT}{dx} \right) - h \frac{ds}{dx}\left(T - T_\infty \right) = 0 \qquad (۱-۲)$$

این معادله در شرایط خاصی که مقادیر k و h ثابت باشند و با فرض $\theta(x) = T(x) - T_\infty$ و

همچنین $\frac{ds}{dx} = P$ معادله بصورت زیر در می‌آید:

$$\frac{d}{dx}\left(A_c \frac{d\theta}{dx} \right) - \frac{hp}{k}\theta = 0 \qquad (۱-۳)$$

برای پره‌های فوق A_c ثابت می‌باشد و در اینصورت معادله فوق را بصورت زیر می‌نویسیم :

$$\frac{d^2\theta}{dx} - m^2\theta = 0 \quad , \quad m^2 = \frac{hp}{kA_c} \qquad (۱-۴)$$

معادلهٔ (۱-۴) یک معادلهٔ دیفرانسیلی درجهٔ دوم خطی، همگن با ضریب ثابت می‌باشد. حل