بسم الله الرحمن الرحیم

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه مدارک

دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده مهندسی مکانیک

پایان نامه دورهٔ کارشناسی ارشد
« گرایش حرارت وسیالات »

بررسی انتقال حرارت از سرسیلندر موتورهای هوائی

زیر نظر :
دکتر علی اصغر رستمی

توسط :
محمدرضا جوادی نژاد

۱۴۶۸۹

تیرماه ۱۳۶۸

۱۸۲

" بسم الله الرحمن الرحیم "

پایان نامهٔ آقای محمدرضا جوادی نژاد در جلسهٔ مورخ ۱۳۶۸/۴/۲۶ کمیتهٔ پایان نامه متشکل از اساتید ذیل مورد بررسی و تائید قرار گرفت.

۱ ـ آقای دکتر علی اصغررستمی ، استاد راهنمای رساله

۲ ـ آقای دکتر احمد صابونچی ، استاد کمیتهٔ تخصصی

۳ ـ آقای دکتر محمدسعید سعیدی مسئول کمیتهٔ کارشناسی ارشد دانشکده

** قـــدردا نـــــی

بدینوسیله‌ا زا ستا دا رجمندجنا ب‌آ قا ی دکترعلی‌ا صغر رستمی که‌درطی ا نجا م پروژه وتهیه‌ا ین رسا له‌را هنما ومشوق ا ینجا نب بوده‌ا ند ، تشکروقدردا نی می‌نما یم.

همچنین ا زا سا تیدگرا می آ قا ی دکترا حمدصا بونچی جهت مطا لعه‌وبا زبینی ا یـــــن رسا له‌وا زمسئول کمیته‌کا رشنا سی ا رشددا نشکده ، جنا ب‌آ قا ی دکترمحمدسعیدسعیدی بخاطر را هنما ئیها ی ا رزنده‌وجنا ب‌آ قا ی مهندس دیبا چی مدیرپروژه R & D صنا یع هواپیما سازی ا یرا ن (هسا) که‌مشوق ا ینجا نب درا نجا م ا ین پروژه‌بوده‌ا ند ، نها یت تشکروا متنـــان را دا رم.

** خلاصه

دریک موتوراحتراق داخلی سرسیلندریک عضو حساس بشمار می‌آیدزیرا طی مدت طولانی درمجاورت گازهای داغ داخل سیلندر بوده ودرجه‌حرارت آن علاوه‌براینکه‌باید کمترازدرجه‌حرارت بحرانی فلزموردنظرباشد، انتقال حرارت ازآن نیزیک فاکتورموثر دررانداندمان موتورمی‌باشد. وازعوامل مهم درمقدارآن دورموتور، میزان آدوانس موتور، دمای محیط و... می‌باشد.

برای بررسی انتقال حرارت ازسرسیلندرلازم است که‌ضریب انتقال حرارت جابجائی بین محصولات احتراق ودیواره‌سرسیلندر، همچنین ضریب انتقال حرارت جابجائی بین سیال خارجی ودیواره‌خارجی تعیین گردد. بدلیل ویژه‌گیهای خاص هندسه‌سرسیلندر، جریان (شتاب زیاد، تراکم پذیری و...) وا غتشاشی که‌دراثراحتراق درهرمرحله‌ازسیکل بوجود می‌آید، مسئله‌پیچیدگی زیادی پیدا می‌کند.

دراین پروژه‌بعنوان نمونه‌سرسیلندریک موتوردوزمانه‌هوائی که‌عامل پروازیک وسیله‌هوائی است رامورد‌بررسی قرارمی‌دهیم. پس‌ازمطالعه‌مختصری درموردماهیت مسئله‌وپیچیدگیهای موجودمدل مناسبی انتخاب شده‌است. دراین مدل طی هرلحظه‌درجه حرارت‌گازهای داخل سیلندرومحفظهٔ احتراق را بصورت یکنواخت فرض می‌کنیم، همچنین باتحلیلهای انجام شده‌روی نحوه‌انتقال حرارت بدنه‌سرسیلندر، پس‌ازآن بااستفاده‌از فرمول Nusselt [۸] معادلات انتقال حرارت درداخل، دیواره‌وخارج سرسیلندررا طی یک برنامه‌کامپیوتری که‌درضمیمه‌قرارگرفته‌حل کرده‌وضریب انتقال حرارت‌لحظه‌ای کل، درجه‌حرارت‌لحظه‌ای سرسیلندردرداخل وخارج، انتقال حرارت‌لحظه‌ای کل، جابجائی، تشعشعی و... را محاسبه‌می‌کنیم. سپس تمام مقادیرلحظه‌ای را متوسط زمانی گرفته و مقدارهای متوسط هریک را برحسب دورهای مختلف طی یک سیکل بدست می‌آوریم.

طبق بررسیهای تجربی انجام شده توسط Eckert-Drake [۳] مقدار انتقال حرارت تشعشعی درموتورهای احتراق داخلی باید درحدود ۵ درصد انتقال حرارت کلی به دیواره باشد، که با مقایسه نتایج حاصله در این پروژه در همان حدود مذکور قرار گرفته است. همچنین مقدار درجه حرارت سرسیلندر محاسبه شده با کاتالوگ موتور مربوطه سازگاری دارد.

** فهرست مطالب **

عنوان	صفحه
فهرست علائم	۱
فصل اول : مقدمه	۳
۱-۱ : کلیات	۳
۱-۲ : انتقال حرارت دریک مبدل حرارتی	۴
۱-۳ : انتقال حرارت درموتور	۶
۱-۴ : موتوردوزمانه	۸
۱-۴-۱ : پروسه Scavenging	۹
۱-۴-۲ : پروسه ایده آل Scavenging	۱۰
۱-۴-۳ : نسبت تراکم	۱۰
۱-۵ : چکیده‌ای از اهداف فصلهای آمده دراین پایان نامه	۱۱
فصل دوم : فیزیک مسئله ومدل بندی	۱۳
۲-۱ : واقعیت مسئله	۱۳
۲-۲ : مدل کردن مسئله وخطاهائی که مدل ممکنست ایجاد کند	۱۶
فصل سوم : نمونه‌فین‌ذوزنقه‌ای مورداستفاده ازنظرانتقال‌حرارت دوبعدی ومقایسه‌آن با یک بعدی	۲۰
۳-۱ : نمونه‌فین ذوزنقه‌ای مورداستفاده ازنظرانتقال حرارت دوبعدی	۲۰
۳-۲ : نمونه‌فین ذوزنقه‌ای مورداستفاده ازنظرانتقال حرارت یک بعدی	۲۵
۳-۳ : مقایسه‌نتایج ونتیجه‌گیری	۲۷
فصل‌چهارم : ضریب انتقال حرارت جابجائی روی فین‌ها برای‌مدل ارائه‌شده	۳۱
۴-۱ : مدل بندی مجرای پره‌ها	۳۱

عنوان | صفحه

۲ـ۴ : ضریب انتقال حرارت متوسط از یک سطح پره‌دار ۳۲

۳ـ۴ : بحث ونتیجه‌گیری ۳۹

فصل پنجم : بررسی درجه‌حرارت نقاط مختلف سیکل در داخل سیلندر ۴۰

۱ـ۵ : مدل احتراق ۴۰

۲ـ۵ : بررسی سیکل با زترمودینامیکی از لحاظ تئوری وعملی ۴۸

۱ـ۲ـ۵ : بررسی معادله بالانس حرارتی ۵۳

۳ـ۵ : بحث ونتیجه‌گیری ۶۲

فصل ششم : مدل گازومعادلات انتقال حرارت در داخل، خارج ودرجداره‌سرسیلندر وروش حل آنها ۶۳

۱ـ۶ : مدل گاز در هر مرحله از سیکل ۶۳

۲ـ۶ : معادله انتقال حرارت در داخل، خارج ودرجداره‌سرسیلندر وروش حل آنها ۷۴

۱ـ۲ـ۶ : معادله انتقال حرارت از محفظه احتراق ۷۴

۲ـ۲ـ۶ : معادله انتقال حرارت از جداره داخلی سرسیلندر ۷۵

۳ـ۲ـ۶ : معادله انتقال حرارت از سطح خارجی سرسیلندر ۷۵

۳ـ۶ : روش حل معادلات ۷۶

۴ـ۶ : بحث ونتیجه‌گیری نهائی ۱۰۲

ضمیمه (برنامه‌های کامپیوتری) ۱۰۶

مراجع ومأخذ ۱۲۱

** فهرست علائم **

A : سطح مقطع تبادل حرارتی

B : قطر پیستون

Bi : عدد بدون بعد بایوت

C : درصد جرمی کربن در سوخت

de : قطر هیدرولیکی

F : سطح ترشده توسط سیال

H : درصد جرمی هیدروژن در سوخت

h : ضریب انتقال حرارت جابجائی سیال

K : ضریب انتقال حرارت هدایتی

L : کورس پیستون ، طول فین

l : نسبت کیلوگرم هوا به کیلوگرم سوخت

M : جرم مولکولی

N : ضریب پلی تروپیک

Nu : عدد بدون بعد Nusselt

n : دور موتور

O : درصد جرمی اکسیژن در سوخت

P : فشار گاز

Pr : عدد بدون بعد پرانتل

Q̇ : نرخ انتقال حرارت

R : شعاع میل لنگ

Re : عددبدون بعدرینولدز (Reynolds)

r : شعاع رینگ وکره

s : فاصله‌پیستون تا نقطه‌مرگ بالا

T : درجه‌حرارت

U : انرژی داخلی

V : حجم

W : سرعت متوسط پیستون

X : پهنای فین

Y : ارتفاع فین

α : نسبت هوای واقعی به‌تئوریک

ε : نسبت تراکم

γ : کسرحجمی عناصردر مخلوط

Δ : اختلاف کوچک دریک کمیت

ξ : ضریب حرارتی

η : راندمان فین

λ : نسبت شعاع لنگ به‌شاطون

μ : لزجت سیال

ρ : دانسیته‌سیال

ϕ : زاویه‌میل لنگ

*** فصـــل اول

** مقـدمـــه **

۱-۱- کلیـــات :

هدف از ارائه این پایان نامه بررسی انتقال حرارت از سرسیلندر موتورهای هوائی می باشد. لذا بهتر است که قبل از هرچیز با تاریخچه مختصری از آن آشنا شویم.

موتور دستگاهی است که انرژی شیمیائی سوخت را به انرژی حرارتی تبدیل می کند و این انرژی محسوس کار مفید انجام می دهد. در موتورهای احتراق داخلی هردوی این اعمال در داخل سیلندر انجام می گیرد، که در آنجا محصولات داغ احتراق مستقیما" روی پیستون عمل می کنند. دیواره های محفظه احتراق یک موتور که با هوا خنک می شود ممکن است در دمای حدود ۲۰۵ درجه سانتیگراد کار کنند. درصورتیکه گازها در داخل سیلندر دارای دمای حدود ۲۲۰۰ درجه سانتیگراد یا بیشتر می باشد. این دمای بالای گاز سبب می شود راندمانهای بالا حاصل شود.

موتورهای احتراق داخلی یکی از مطمئن ترین دستگاههائی هستند که درخدمت بشر می باشند. آنها تقریبا" منبع قدرت منحصربفرد برای هواپیماها و وسایل نقلیه جاده ای و دریائی هستند، با آغاز سال ۱۸۰۰ میلادی بسیاری از موتورهای احتراق داخلی آزمایشی ساخته شدند. بهرحال اولین موتور موفق واقعی آماده نشد، تا اینکه در سال ۱۸۷۶ یک سازنده موتور آلمانی بنام N.A.Otto موتور مشهور بنزینی خود را ساخت و سیکل کار این موتور را اولین بار یک فرانسوی بنام Beau de Rochas بنا نهاد. عمدهٔ موتورهای احتراق داخلی مدرن طبق این اصل کار می کنند. از موتور اتو بنام جد موتورهای احتراق داخلی مدرن می توان یاد نمود.

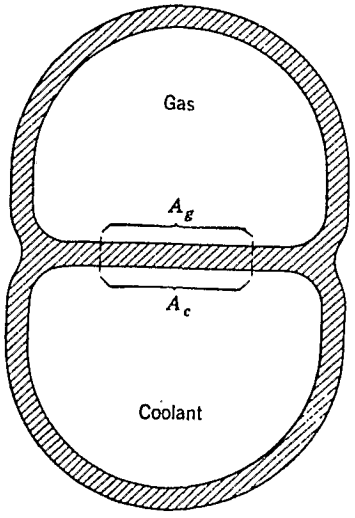
در این پروژه تنها یک عضو از موتور بنام سرسیلندر را از لحاظ حرارتی مورد مطالعه قرار می دهیم زیرا یکی از نقاط حساس در عملکرد یک موتور می باشد. از جهت موقعیت

قرارگرفتن بگونه‌ایستکه‌نسبت به‌بقیه‌اجزاء موتوردرتماس باگازهای داغ می‌باشد و در نتیجه‌دارای درجه‌حرارت بالائی بوده‌وبایستی بطریقی درجه‌حرارت آنرا پائین آوردواین امربیشتردرموردموتورهای هوائیستکه‌با محدودیت فضائی که‌دارندبایستی دقت درطراحی آن بعمل آیدتا درجه‌حرارت نسبت به‌دمای بحرانی فلزموردا ستفاده‌کمترگردد. همچنین اگرسرسیلندرزیادخنک گرددموجب کاهش دمای ماکزیمم سیکل شده‌ودرنتیجه‌ازمقدار راندمان موتورکاسته‌می‌شود.

بعنوان نمونه‌سرسیلندریک موتوردوزمانه‌که‌وسیله‌پروازیک هواپیمای بی‌سرنشین می‌باشد را موردبررسی قرارمی‌دهیم بفرمی‌که‌کلیه‌موتوراعم ازسیلندروبدنه‌آن درمحیطی آزادقرارگرفته‌وبا سرعتی که‌می‌تواندمتغیر باشددرحرکت است. همچنین دورموتورمتغیر بوده‌ولذاقدرت وحرارت تولیدشده‌دردورهای متفاوت تغییرخواهدکرد. سطح خارجی موتور بخصوص سرسیلندرازپره‌های متعددی پوشیده‌شده‌تا سطح تبادل حرارت‌آن با محیط بالا رود ودرنتیجه‌انتقال حرارت ازآن سهل‌تر وبیشترصورت‌گیرد.

۲-۱- انتقال حرارت دریک مبدل حرارتی:

قبل ازبررسی انتقال حرارت ازموتوربهترا ستکه‌با نحوه‌انتقال حرارت ازدوگذرگاه با دیواره‌های مشترک را موردبررسی قراردهیم. درواقع فرمی ازیک مبدل حرارتی است که‌گازهای داغ دریک سمت ودرطرف دیگرسیالی با درجه‌حرارت پائین‌تردرجریان است.



شکل(۱-۱): تصویری ازتبادل حرارت بین‌دو سیال با دیواره‌مشترک (سیال درامتدادعمودی حرکت می‌کند)

اندیس g را به‌سیال سمت گاز داغ اختصاص می‌دهیم و اندیس c را برای سیال خنک کننده درنظر می‌گیریم. اکنون سطحی که گاز داغ با آن تبادل حرارت انجام می‌دهد را با A_g وسطح سیال طرف مقابل را با A_c معرفی می‌کنیم وهمانگونه‌که درشکل (۱-۱) نشان داده‌شد، انتقال حرارت از بقیه‌سطوح را صفرفرض می‌کنیم. جهت آنالیزحرارت، کمیتهای زیر ارائه‌می‌گردد:

$\dot{Q}$: مقدارحرارت جاری بروا حدزمان که از سطوح A_g و A_c می‌گذرد

T_c : درجه‌حرارت متوسط سیال خنک کننده عبوری که از سطح موردنظرمی‌گذرد

T_g : درجه‌حرارت متوسط گازعبوری که از سطح موردنظرخودمی‌گذرد

T_{sg} : درجه‌حرارت متوسط دیواره‌درسمت گاز

T_{sc} : درجه‌حرارت متوسط دیواره‌درسمت سیال خنک کننده

K_w : ضریب انتقال حرارت هدایتی دیواره‌بین دوسیال

h : ضریب انتقال حرارت جابجائی

t : ضخامت دیواره‌بین دوسیال

برای حرارت جاری ازگاز به‌سطح A_g می‌توان نوشت:

$$\dot{Q}/A_g = h_g(T_g - T_{sg}) \qquad (1\text{-}1)$$

حرارت انتقالی ازمیان دیواره‌بین دوسیال که از طریق هدایت انجام می‌گیرد با ضخامت دیواره‌یکسان با فرض یک بعدی بودن حرارت خواهدشد.

$$\dot{Q}/A_g = \frac{K_w}{t}(T_{sg} - T_{sc}) \qquad (1\text{-}2)$$

وبالاخره‌برای انتقال حرارت ازدیواره‌به‌سیال خنک کننده‌داریم:

$$\dot{Q}/A_c = h_c(T_{sc} - T_c) \qquad (1\text{-}3)$$

اکنون معادلات (۱-۱)، (۱-۲) و (۱-۳) همگی مقادیرانتقال حرارت از دوطرف دیواره‌را مشخص می‌کنندکه‌با ترکیب‌کردن آنها نتایج زیررا می‌توان اتخاذ نمود:

الف) حرارت انتقالی بروا حدسطح از سطح داخلی:

$$\frac{\dot{Q}}{A_g(T_g - T_c)} = \frac{1}{1/h_g + t/K_w + A_g/h_c A_c} \qquad (1\text{-}4)$$

ب) درجه‌حرارت سطح داخلی (گازداغ) :

$$\frac{T_{sg} - T_c}{T_g - T_c} = \frac{t/k_w + A_g/h_c A_c}{1/h_g + t/K_w + A_g/h_c A_c} \qquad (1\text{-}5)$$

ج) اختلاف درجه‌حرارت بین سطوح دیواره‌داخلی :

$$\frac{T_{sg} - T_{sc}}{T_g - T_c} = \frac{t/k_w}{1/h_g + t/K_w + A_g/h_c A_c} \qquad (1\text{-}6)$$

اکنون با استفاده ازمطالب ذکرشده‌دربالا مسئله انتقال حرارت درداخل سیلندر را موردبررسی قرارمی‌دهیم.

۳-۱- انتقال حرارت درموتور:

پروسه‌انتقال حرارت بین سیال عامل وسیال خنک کننده‌دریک‌موتوراحتراق داخلی را می‌توان همانند آنالیزحرارتی دریک مبدل حرارتی که‌قبلا" ذکرشددرنظرگرفت . بطوری که‌اختلاف درعملکردآنها را بصورت زیربیان می‌کنیم :

۱- میزان تشعشع درداخل سیلندرودرنظرگرفتن آن درسهمی ازحرارت‌کلی انتقالی به‌دیواره‌ها لازم است .

۲- جریان سیال درسمت‌گازغیردائم است .

۳- هندسه‌جریان سیال داخل سیستم نامرتب وبازمان برحسب دورموتوربصورت پریودیک تغییرمی‌کند .

۴- درجه‌حرارت‌گازبا تغییرات زیادی برحسب مکان پیستون بصورت پریودیک ومکان میل لنگ تغییرمی‌کند .

۵- هدایت ازدیواره‌ها با مکان ومقداراروغن، کربن ویا عوامل دیگردرسمت داخلی و خارجی سیلندرتغییرمی‌نماید .

۶- درجه‌حرارت هردوسطح داخلی وخارجی گازوسیال خنک کننده‌نقطه‌به‌نقطه‌متغیرو نامرتب ، اما با یک رنج کوچک ، ولی برحسب زاویه‌های مختلف میل لنگ با زمان تغییر

مـی کنـد .

۷ـ مقدا ری ا زحرا رت ا نتقا لی ا زسیلندربرا ثرا صطکا ک پیستون می با شد .

۸ـ حرا رت ا نتقا لی درطول دیوا ره ها ی سیلندروسرسیلندرا زسمت سیا ل گرمتربـــه سمت سیا ل سردترمی با شد .

لذا با درنظرگرفتن تغییرا ت فوق می توا ن مثل مدل قبلی حرا رت ا نتقالی ازسرسیلندر یا موتوررا موردبررسی قرا ردا دولی ا بتدا بهترا ست که مسا ئل بالا را بصورت دقیق تروبرحسب آ زما یشا ت دیگرا ن موردتجزیه وتحلیل قرا ردهیم .

تشعشع : درنظرگرفتن سهم تشعشع دردا خل سیلندرموتورفقط درطی ا حترا ق وانبساط خوا هدبود . درحا لتیکه گا زبا شعله کوتا ه می سوزد برا سا س پیشنها دی ا ز Eckert-Drake [۳] تشعشع ا زشعله یک موتورا حترا ق دا خلی با ضریب صدورمتفا وتی ا زشدت کلی وتوزیع طـــول موج با زما ن، نسبت سوخت به هوا ، موقعیت سوخت ومقدا ردرصددتونیشن دردا خل موتـــور صورت می گیرد .

برا سا س ا ندا زه گیریها ی ا نجا م شده توسط وی میـزا ن تشعشع درحدودیک ا لی پنـــج درصـــد ا نتقـال حرا رت ا زموتورمی با شد .

هندسـه : فرم گا زوسیستم خنک کننده درموتوریک مجموعه ا ی را تشکیل می دهند کـــه تئوری درتحلیل جریا ن وفرم درجه حرا رت نا توا ن می ما ند ولی خوشبختا نه تجربه وآ زمایش نشا ن دا ده که مدل نمودن فرم جریا ن بصورت دا ئم وتبدیل یک هندسه نا منظم به فرم یـک هندسه متشا به منظم چندا ن تفا وتی با نتا یج وا قعی ندا رندوا ین را ه گشا ئی جهت تحلیـــل مسا ئل موجوددرموتورها ی ا حترا ق دا خلی می با شد .

درجه حرا رت : برا سا س درجه حرا رت متغیرکه با زما ن ومکا ن تغییرمی کند می توان یک درجه حرا رت متوسط موٴثررا تعریف نمودکه بصورت یکنوا خت وبفرم متدتشا بهی که بعـــــدا" تعریف می شود (فصل ششم) درجه حرا رت گا زرا مـدل نمود .

دربررسی ا نتقا ل حرا رت ا زسرسیلندرحرا رت تولیدی نا شی ا زا صطکا ک را موردتوجـه قرا رنخوا هیم دا د . ا کنون با ا ین آ شنا ئی مختصرجهت بررسی بیشترفصل ششم معرفی می گردد .