بنام

خداوند

بخشنده و مهربان

۳۳۲۵۳

۱۳۷۹ /۷/ ۲۶

دانشگاه شهید باهنر کرمان
دانشکده فنی - بخش مکانیک

پایان نامه برای تکمیل دوره کارشناسی ارشد

پاشش دو و سه مرحله ای سوخت در موتورهای شارژ چینه ای و کاهش آلاینده NOx

۱۰۲۹۵

نگارش:
کاوه سلیمی دارستانی

استاد راهنما:
دکتر سید حسین منصوری

بهمن ۱۳۷۶

۳۳۲۵۳

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 کاوه سلیمی دارستانی **امضاء**

استاد راهنما: آقای دکتر سید حسین منصوری

داور ۱ : آقای دکتر محمد رهنما

داور ۲ : آقای دکتر علی کشاورز

داور ۳ :

حق چاپ محفوظ و مخصوص به مولف است

تقدیم به :

پدر مهربان

مادر فداکار

خواهران عزیزم

و دکتر منوچهر دوایی

تشکر و قدردانی:

در انجام این پایان نامه از راهنمایی ها و همکاریهای آقای دکتر سید حسین منصوری کمال تشکر را دارم.همچنین از داوران محترم آقای دکتر محمد رهنما و آقای دکتر علی کشاورز و خواهر عزیزم شادی سلیمی که زحمت تایپ پایان نامه را کشید ، سپاسگزارم.

در خاتمه از مساعدتهای مرکز بین المللی تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی و شرکت طراحی ومهندسی قطعات کرمان خودرو(کادک) تشکر و قدردانی مینمایم.

چکیده

در این پژوهش سعی شده است که به وسیله یک برنامه کامپیوتری برای موتور احتراق داخلی با شارژ چینه ای اثرات پاشش دو و سه مرحله ای بررسی و نتایج بدست آمده با نتایج یک آزمایش تجربی [۳۱] مقایسه شود.در این شبیه سازی محاسبات کامل سیکلی شامل مکش ، تراکم ، تزریق دو و یا سه مرحله ای سوخت ، احتراق ، انبساط و تخلیه انجام میشود.پاشش دو و سه مرحله ای سوخت به عنوان وسیله ای جهت کنترل افزایش دما و فشار داخل سیلندر بکار گرفته میشود و به دلیل کاهش دما و فشار ، میزان آلاینده اکسید نیتروژن به طور قابل ملاحظه ای کاهش می یابد نتایج بدست آمده تطابق خوبی با نتایج تجربی دارند . پیش بینی ها بر اساس شبیه سازی توسعه یافته زلدویچ برای آلاینده اکسید نیتروژن، مدل کک و بیزارد برای محاسبات مربوط به احتراق و مدل تجربی وشنی برای انتقال حرارت در کل سیکل کاری موتور صورت گرفته است .

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فهرست علائم	
فصل ۱ مفاهیم اساسی در طراحی موتورها	
۱-۱ تاریخچه	۱
۱-۲ مقدمه	۵
۱-۳ پارامترهای عملکردی درطراحی موتور	۱۰
۱-۳-۱ گشتاور وقدرت ترمزی	۱۱
۱-۳-۲ کار اندیکارتور درهرسیکل	۱۲
۱-۳-۳ راندمان مکانیکی	۱۲
۱-۳-٤ توان بار جاده	۱۳
۱-۳-٥ فشار موثر متوسط	۱٤
۱-٤ مروری بر سیکلهای استاندارد هوا	۱٥
۱-٤-۱ سیکل اتو	۱٦
۱-٤-۲ سیکل دیزل	۱۸
فصل۲ شبیه سازی ریاضی موتورهای احتراق داخلی	
۲-۱ هدف از شبیه سازی	۲۳
۲-۲ شبیه سازی فرایندهای فیزیکی	۲٤
۲-۲-۱ شبیه سازی چند بعدی	۲٤
۲-۲-۲ شبیه سازی پدیده ای	۲٥
۲-۳ سیستم احتراق کنترل شده تگزاکو TCCS	۲٦
۲-۳-۱ مدل شبیه سازی موتور احتراقی با پاشش مستقیم	۲۷
فصل۳ سیستمهای ترمودینامیکی ومعادلات حاکم برمدل TCCS	
۳-۱ شبیه سازی فرایندهای مکش،تخلیه وجرم داخل سیلندر	۳۱
۳-۲ معادلات حاکم بر سیستم های المانهای سوختی و محاسبه پارامترهای عملکردی المانها	۳۳
۳-۳ تحلیل حرکت جت سوختی درداخل سیلندر	۳٦
۳-٤ تحلیل میدان جریان سیال در داخل سیلندر	٤۰
۳-٥ شبیه سازی احتراق المانهای سوختی	٤٤
فصل٤ پاشش دو و سه مرحله ای ، نتایج و بحث	٤۹
نمودارها	٦۰
نتیجه گیری	۷٤
ضمیمه	۷٥
مراجع	۸۰

فهرست علائم

علائم اختصاری

A	جرم هوا،مساحت
$(A/F)_s$	نسبت هوا به سوخت استوکیومتری
b	شعاع جریان آزادجت سوختی
b_2	شعاع جت بر خوردی
B	قطر سیلندر
b	شعاع جت، طول بازو
BDC	نقطه مرگ پایین
C	لقی
CR	نسبت تراکم
cv	حجم کنترل
$C\beta$	فاکتور تولید توربولانس
C_D	ضریب تخلیه،ضریب نیروی مقاوم آیرودینامیکی
C_{DE}	فاکتور تضعیف چرخش
C_p	گرمای ویژه در فشار ثابت
C_s	ضریب نیروی مقاوم استاتیکی
C_v	گرمای ویژه در حجم ثابت
$\dot{E}$	آهنگ انتقال انرژی
F	جرم سوخت
(F/A)	نسبت سوخت به هوا
$(F/A)_s$	نسبت سوخت به هوا استوکیومتری
BMEP	فشار موثر متوسط اصطکاکی
g	شتاب جاذبه
H	مومنتم زاویه ای
h	آنتالپی ویژه، فاصله بین سرسیلندروبالای پیستون
K	میانگین انرژی جنبشی سیال
k	میانگین انرژی توربولانس سیال
k^+	ثابت شدت واکنش در جهت رفت
k^-	ثابت شدت واکنش درجهت برگشت
l	طول دسته شاتون،مقیاس توربولانسی
L	طول مشخصه هندسی، آرام
m	جرم

mep	فشار موثر متوسط
M	وزن مولکولی، جرم
N	سرعت موتور
n_R	چرخش میل لنگ برای هر کورس قدرت
p	فشار سیلندر،قدرت
Q	انتقال حرارت
Q_{HV}	گرمای نهان تبخیر
r	موقعیت شعاعی جت سوختی نسبت به محور سیلندر
R	ثابت گازها
$\bar{R}$	ثابت جهانی گازها
R_c	نسبت تراکم،شعاع کاسه پیستون
R_p	شعاع سیلندر
s	فاصله در طول مسیر جت سوختی
sfc	مصرف ویژه سوخت
T	گشتاور، درجه حرارت
t	زمان
TDC	نقطه مرگ بالا
u	پروفیل سرعت جت
V	حجم ، سرعت
W	کار
X	کسر جرمی

زیرنویس و بالانویس

a	هوا
b	ترمزی ، سوخته
c	سیکل ، محل برخورد با دیواره
D	دیزل
d	جابجا شده
e	غوطه وردرشعله
f	اصطکاک ، سوخت
I	اینرسی
i	اندیکاتور، شماره المان
m	مکانیکی

o	اتو
ov	کلی
p	پیستون
r	مختصات شعاعی
s	استوکیومتری
u	نسوخته

سمبل

α	پارامتربرای نفوذ جریان موازی با خط مرکزی جت
β	پارامتربرای نفوذجریان عمودبرجریان برخوردی
ε	میزان پخش انرژی جنبشی توربولانسی درواحد جرم
ϕ	نسبت اکی والانس
γ	نسبت گرماهای ویژه
μ	راندمان
$\hat{\lambda}$	ضریب هدایت حرارتی
ν	ویسکوزیته سینماتیکی
θ	زاویه میل لنگ
ρ	دانسیته
τ	زمان مشخصه
τ_c	زمان مشخصه سوختی برای مدل احتراق
ϖ	سرعت زاویه ای

۱-۱ تاریخچـــه

مونورهـای احـتراق داخلـی بـا شـارژ چینـه ای بخـاطر عملکـرد بهـتر، آلایندگـی کمـتر و توانـایی استفاده از سـوختهای چندگانـه ، جـایگزین مناسـبی بـرای مونورهـای فعلـی مـی باشـد.

اگنیـو[1] [۱] مشـاهده کـرد کـه کنتـرل دقیـق فرآینـد احـتراق بـرای عملکـرد مونورهـای احـتراق داخلـی بـا شـارژ چینـه ای بحرانـی اسـت و بدسـت آوردن یـک شـارژ چینـه ای بهینـه تحـت یـک محـدوده از سرعت ، بـار ، دمـا و شرایط پاشـش تـا حـد زیـادی مشـکل مـی باشـد.

میشـل و آلپرسـتین[2] [۲] بـا مطالعـات روی مونـور تکزاکـو نشـان دادنـد موتورهـای بـا پاشـش سـوخت بـنزین دارای راندمـان بـالا، آلایندگـی کمـتر و توانـایی اسـتفاده از سـوخت چندگانـه مـی باشـند.

میزوتـانی و ماتسوشـیتا[3] [۳] سـوخت سـبک دیـزل را بـه داخـل سـیلندرهای مونورهـای احـتراق بـا اشـتعال جرقـه ای پاشـیدند و بهـبود عملکـرد موتـور و کـاهش آلاینـده هـا CO و NO را مشـاهده کردنـد.

آل مامـار[4] [٤] مشـاهده کـرد کـه احـتراق در محفظـه دوگانـه سـریعتر از مونورهـای بـا اشـتعال جرقـه ای دارای محفظـه بـاز بـوده وآهنـگ احـتراق بـا سـرعت جریـان در اریفیـس مطـابق بـا اغتشـاش تولیـدی در آن افزایـش مـی یـابد.

---

[1] Agnew

[2] Michell and Alperstein

[3] M izutani and Matsushita

[4] Almamar

جیووانتی، اکچیان و هیوود [۵] فرایندهای مختلف سیکل کاری موتور احتراق داخلی با شارژ چینه ای پاشش مستقیم (TCCS) را جهت یافتن پارامترهای عملکردی و آلاینده NO_x شبیه سازی کردند و به نتایج رضایت بخشی رسیدند.

ال مسیری و نیوهال [۶] از یک مدل ترمودینامیکی دو منطقه ای برای تحلیل احتراق در موتورهای با محفظه احتراق تقسیم شده استفاده کردند.

در این مدل محفظه احتراق اولیه شامل سوخت و هوا و محفظه ثانویه فقط شامل هوا می باشد. همچنین نشان دادند که در موتور با محفظه دوگانه آنها ، محصولات گرم احتراق خفه شده مانند NO ، تحت تاثیر حجم محفظه اولیه و مساحت اریفیس قرار گرفته و تشکیل NO با مطیق کردن سوخت کاهش می یابد.

ریشتر [۷] در پیش محفظه یک موتور احتراقی با اشتعال جرقه ای از یک فعال ساز استفاده کرد و نشان داد که فعال ساز اشتعال را سهولت بخشیده و شعله را در طبقات اولیه اش گسترش می دهد. همچنین زمان تاخیر در اشتعال مربوط به تغییر در شیمی احتراق و تغییر سیکلی (پراکندگی سیکلی) را کاهش داده و حد فقیری را افزایش می دهد.

هریس و پیترز [۸] نشان دادند که حد فقیری کاری موتورهای احتراقی با اشتعال جرقه ای با افزایش پرواکسید (di-t-butyl) به محفظه احتراق گسترش می یابد. پرواکسید مذکور تجزیه شده و رادیکالهای بیوکسی (tertiary) با بنزین بدون سرب عمل کرده و آهنگ اکسیداسیون سوخت را افزایش می دهد.

---

[۵] Giovanetti , Ekcian and Heywood

[۶] El-Messiri and Newhall

[۷] Richter

[۸] Harris and Peters

کـــوادر[9] [۹] نشـــان داد کـــه افزایـــش اکـــسیژن بـــه جریـــان هـــوای ورودی دمـــای شـــعله، ســـرعت شـــعله و آلاینـــده NO را افزایـــش داده و آلاینـــده هیدروکربنهـــای نـــسوخته (HC) و راندمـــان حرارتـی موتـور را کـاهش داده و اجـازه کـار بـا سـوخت فقیرتر را مهیـا می کنـد.

راکپـــس و مـــک لـــین [10] [۱۰] از یـــک مـــدل ترمودینـــامیکی دو منطقـــه ای و رابطـــه انتقـــال حـرارت وشـــنی بـــرای تحلیـــل اثـــرات افزایـــش هیـــدروژن روی نفـــوذ شـــعله در موتورهـــای احـــتراقی بـــا اشـتعال جرقـه ای اسـتفاده کردنـد و نتـایج آنهـا نشـان داد کـه بـا افزایـش H_2 زمـان تاخـیر در اشـتعال یـا زمـان القـا، را بویـژه در مخلوطهـای فقیر کـاهش داده و راندمـان حرارتـی موتـور را بهبـود مـی بخشـد.

کاســیدی [11] [۱۱] عملکـرد موتورهـــای بـــا اشـــتعال جرقـــه ای چنـــد ســـیلندر را بـــا ســـوخت هـــای بـنزینی و بـنزین - هیـدروژن مطالعـه کـردو نشـان داد کـه :

۱) افزایـش مقـدار کمـی هیـدروژن بـه بـنزین بـاعث افزایـش سـرعت شـعله گردیـده و در نتیجـه زمـان تاخـیر در اشـتعال را کـاهش مـی دهـد.

۲) موتورهـــای هیـــدروژن-بـــنزین آلاینـــده NOx بیـشتری از موتورهـــای بـــنزینی بـــه دلیـــل دمـــای بیشـینه بـالاتر تولیـد میکننـد.

۳) آلاینـــده هیدروکربنهـــای نـــسوخته (HC) از موتورهـــای بـــا ســـوخت هیـــدروژن_ بـــنزین در مقایسـه بـا موتورهـای بـنزینی در نسـبت هـای اکـی والانـس بیشـتر از ۰،۸ پـایین مـی باشـد و در نسـبت هـای اکـی والانـس کـه مصرف سـوخت کمـترین مقـدار را دارا مـی باشـد بـالاتر مـی باشـد.

٤) موتورهـــای بـــا ســـوخت بـــنزین آلاینـــده CO را بیشـتر از موتورهـــای بـــا ســـوخت هیـــدروژن _ بـــنزین تولیـد مـی کنـد.

---

[9] Quader

[10] Ruckis and Mclean

[11] Cassidy

کرایگر و دیویس[۱۲] [۱۲] اثرات افزایش مخلوط تغذیه شده به پیش اتاقک در یک استوکیومتری کلی ثابت در موتور احتراق داخلی با شارژ چینه ای تک سیلندر را آزمایش کردند و نتایج زیر را به دست آوردند:

۱) احتراق و تشکیل آلاینده ها توسط شعله جت رشد کرده از پیش اتاقک و کازهای اطراف شعله جت اندازه گیری می شود.

۲) با افزایش چینه ای کردن، افزایش زیادی در آلاینده CO حاصل از کازهای پیش اتاقک ظاهر می شود.

۳) شعله جت ،هنگامیکه موتور با شرایط چینه ای قوی مخلوط سوخت و هوا کار می کند منبع اصلی آلاینده NO می باشد .

٤) کاهش آلاینده HC در موتورهای با اشتعال جرقه ای با افزایش چینه ای کردن، به مقدار کمی مربوط به بالا بودن دماهای خروجی می باشد.

جیووانتی[۱۳] [۱۳] نشان داد که موتورهای با اشتعال جرقه ای و پاشش مستقیم با استفاده از یک محدوده ای از انواع سوختها می توانند بازدهی مساوی با بازده موتورهای دیزلی داشته باشند، بنابراین آنها دارای راندمان احتراق پایینی بوده و مقدار زیادی هیدروکربنهای نسوخته در بارهای سبک تولید می کنند. پیش بینی های دقیق پدیده احتراق در موتورهای احتراق داخلی با شارژ چینه ای و اهمیت حرکت سیال تنها با مدلهای چند بعدی قابل دسترسی می باشد.

استارک من[۱٤] [۱٤] نشان داد که بر محصولات NO وCO_2 علی الخصوص در سوختهای فقیر فرایندهای غیر تعادلی حاکم است .

---

[۱۲] Krieger and Davis

[۱۳] Giovanetti

[۱٤] Starkman

نیوهال ۱۵[۱۵] نشان داد که غلظت تعادلی NO وCO در طی انبساط کوچکتر از مقادیر تعادلی آنها که از معادلات سینتیکی به دست می آیند، می باشد.

بیلی۱۶[۱۶] تاثیرات تغییر نسبت اکی والانس کلی بر رویNO خروجی را برای موتور با اشتعال جرقه ای بررسی نمود و دریافت که مقدار بیشینه آن در مخلوط سوخت به هوای کمی کوچکتر از استوکیومتری به دست می آید.

کومی یاما و هی وود۱۷[۱۷] ، تاثیرات تغییر EGR و نسبت اکی والانس کلی را بر روی میزان NO خروجی در موتورهای اشتعال جرقه ای بررسی کردند و نشان دادند که بازای تمامی نسبتهای اکی والانس با افزایش EGR میزان NO خروجی کاهش می یابد.

ماتورو گاجندرابابو۱۸[۱۸] نشان دادند که CO خروجی در سوختهای فقیر با افزایش نسبت اکی والانس تغییر زیادی نمی کند ولی با ورود به سوختهای غنی تر بصورت دالمی میزان CO خروجی افزایش می یابد. همچنین دریافتند که با افزایش دور میزان CO خروجی تقریبا ثابت مانده و NO خروجی کاهش می یابد.

هی وود۱۹[۱۹] نشان داد که موتور با شارژ چینه ای(PROCO) از یک نسبت اکی والانس به بعد، تولید NO کمتری نسبت به موتور با اشتعال جرقه ای دارد.

۱-۲ مقدمه

گرچه سالیان درازی از اختراع موتورهای احتراق داخلی می گذرد لیکن فعالیتهای تحقیق و توسعه در رابطه با اینگونه موتورها هنوز در نیمه راه توسعه خود قرار گرفته و محدودیتهای زیست

---

[۱۵] Newhall

[۱۶] Billi

[۱۷] Komiyama and Heywood

[۱۸] Mathur and Gagendra Babu

[۱۹] Heywood