

۳۲۳۹۷



دانشگاه شهید بهشتی گرگان

دانشکده فنی - بخش مکانیک

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد مکانیک

تحت عنوان:

انجام مطالعات پارامتری و شبیه سازی آلاینده های NO_x و CO در
موتورهای احتراق داخلی با شارژ چینه ای پاشش مستقیم (TCCS)

استاد راهنما:

دکتر سید حسین منصوری

۱۹۸۴۱

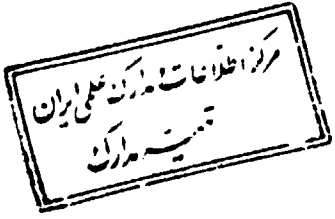
نگارش:

احسان کلانتری

خرداد ۱۳۷۵

ب

۳۲ ۳۹ ۷



۱۳۲۹ / ۷ / ۲۵

بسمه تعالی

این پایان نامه
به عنوان یکی از شرایط احراز درجه کارشناسی ارشد

به

بخش مهندسی مکانیک
دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی شود

دانشجو: احسان کلانتری

امضاء

استاد راهنما: آقای دکتر سید حسین منصوری

داور ۱ : آقای دکتر وهاب پیروزی

داور ۲ : آقای دکتر علی کشاورز



ج

تقدیم به:

عزیزانم

پدر گرامی

و

مادر مهربانم

تشکر و قدردانی:

خدای را سپاس می گویم که به این بنده حقیر توانایی به پایان رساندن این دوره تحصیلی را عنایت فرمود.

در اینجا لازم می دانم از کلیه اساتیدی که در این دوره تحصیلی اینجانب را یاری نموده اند، مخصوصاً جناب آقای دکتر سید حسین منصوری که راهنمایی و هدایت پایان نامه را بر عهده داشتند، آقایان دکتر وهاب پیروز پناه و دکتر علی کشاورز که زحمت داوری دفاع از پایان نامه را متقبل شدند و جناب آقای دکتر علی سینایی ریاست محترم بخش مکانیک که حسن توجهشان همواره مایه دلگرمی می باشد، نهایت سپاسگزاری را به عمل آورم.

همچنین از خانواده عزیزم که در تمامی دوره های تحصیلی مشوق و پشتیبان اینجانب بوده اند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

در اینجا جای دارد از صاحبخانه محترم و مهربانم خانم بهجت فکور بیات شیرازی که در مدت هشت سال اقامت اینجانب در کرمان همچون مادری مهربان و دلسوز برایم بودند، سپاسگزاری نمایم.

در خاتمه لازم است مراتب تشکر و قدردانی خود را از مرکز بین المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی که در تهیه این پژوهش همکاریهای لازم را مبذول فرمودند، اعلام دارم.

چکیده

در این پژوهش پیش بینی آلاینده های اکسید نیتروژن و مونواکسید کربن در موتورهای احتراق داخلی با شارژ چینه ای پاشش مستقیم (TCCS) شبیه سازی شده است. پیش بینی آلاینده های اکسید نیتروژن و مونواکسید کربن بترتیب بر اساس شبیه سازیهای توسعه یافته زلدویچ و استاندارد صورت گرفته است. معادلات حاصل از شبیه سازیهای فوق با در نظر گرفتن جزئیات هوای مکیده شده که دارای اکسید نیتروژن و مونواکسید کربن ناشی از گازهای باقی مانده سیکل قبل می باشد، برای نواحی سوخته المانهای جت سوختی اعمال گردیده اند. شبیه سازیها با استفاده از دو مدل مجزای انتقال حرارت (وشنی و $(k - \epsilon)$) و احتراق کک و بلیزارد اعمال شده اند. نتایج حاصل از پژوهش حاضر با مرجع [۵] که از مدل انتقال حرارت وشنی استفاده کرده و با نتایج تجربی تأیید گردیده است، تطابق خوبی دارند.

همچنین در این پژوهش مطالعات پارامتری بر روی موتور مذکور انجام شده که در آن تأثیر تغییر پارامترهای کلیدی طراحی از قبیل دور موتور، مدت زمان پاشش سوخت، درصد گازهای برگشتی، شعاع کاسه پیستون و انحراف مرکز کاسه پیستون نسبت به مرکز سیلندر بر روی پارامترهای عملکردی و آلاینده گی بررسی شده اند.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان	
ط	فهرست علائم	
۱	مفاهیم اساسی در طراحی موتورها	فصل ۱
۲	تاریخچه	۱-۱
۷	مقدمه	۲-۱
۱۰	پارامترهای عملکردی در طراحی موتور	۳-۱
۱۱	گشتاور و قدرت ترمزی	۱-۳-۱
۱۲	کار اندیکاتور در هر سیکل	۲-۳-۱
۱۲	راندمان مکانیکی	۳-۳-۱
۱۳	توان بار جاده	۴-۳-۱
۱۴	فشار موثر متوسط	۵-۳-۱
۱۵	مروری بر سیکل‌های استاندارد هوا	۴-۱
۱۶	سیکل اتو	۱-۴-۱
۱۷	سیکل دیزل	۲-۴-۱
۲۱	شبیه سازی ریاضی موتورهای احتراق داخلی	فصل ۲
۲۲	هدف از شبیه سازی	۱-۲
۲۳	شبیه سازی فرایندهای فیزیکی	۲-۲
۲۳	شبیه سازی چند بعدی	۱-۲-۲
۲۴	شبیه سازی پدیده ای	۲-۲-۲
۲۵	سیستم احتراق کنترل شده نگزاکو (TCCS)	۳-۲
۲۶	مدل شبیه سازی موتور احتراقی با پاشش مستقیم	۱-۳-۲
۲۹	سیستمهای ترمودینامیکی و معادلات حاکم بر مدل (TCCS)	فصل ۳
۳۰	شبیه سازی فرایندهای مکش، تخلیه و جرم داخل سیلندر	۱-۳

	معادلات حاکم بر سیستم های المانهای سوختی و	۲-۳
۳۳	محاسبه پارامترهای عملکردی المانها	
۳۶	تحلیل حرکت جت سوختی در داخل سیلندر	۳-۳
۴۰	تحلیل میدان جریان سیال در داخل سیلندر	۵-۳
	شبیه سازی آلاینده های اکسیدنیترژن و	فصل ۴
۲۹	مونواکسید کربن	
۵۰	مقدمه	۱-۴
۵۱	مکانیزم تشکیل اکسیدنیترژن	۲-۴
۵۵	مکانیزم تشکیل و اکسیده شدن مونواکسید کربن	۳-۴
۵۸	مقایسه و بررسی نتایج	فصل ۵
۵۹	مقدمه	۱-۵
۶۰	بررسی آلاینده اکسیدنیترژن (NO)	۲-۵
۶۲	بررسی آلاینده مونواکسید کربن (CO)	۳-۵
	مطالعه تاثیر پارامترهای طراحی بر روی پارامترهای	۴-۵
	عملکردی موتور و آلاینده های اکسیدنیترژن و	
۶۴	مونواکسید کربن	
۶۴	بررسی تاثیر تغییر دور	۱-۳-۵
۶۵	بررسی تاثیر تغییر مدت زمان پاشش سوخت	۲-۴-۵
۶۵	بررسی تاثیر تغییر گازهای خروجی برگشتی (EGR)	۳-۴-۵
۶۶	بررسی تاثیر تغییر شعاع کاسه پیستون (Rcup)	۴-۴-۵
	بررسی تاثیر افزایش انحراف مرکز کاسه پیستون نسبت به	۵-۴-۵
۶۶	مرکز سیلندر (offset)	
۸۷	بحث و نتیجه گیری	۵-۵
۸۸		ضمیمه
۹۲	مراجع	

فهرست علائم

	علائم اختصاری
جرم هوا، مساحت	A
نسبت هوا به سوخت استوکیومتری	$(A/F)_s$
شعاع جریان آزاد جت سوختی	b
شعاع جت برخوردی	b_c
قطر سیلندر	B
شعاع جت، طول بازو	b
نقطه مرگ پایین	BDC
لقی	C
نسبت تراکم	CR
حجم کنترل	cv
فاکتور تولید توربولانس	C_p
ضریب تخلیه، ضریب نیروی مقاوم آیرودینامیکی	C_D
فاکتور تضعیف چرخش	C_{DE}
گرمای ویژه در فشار ثابت	C_p
ضریب نیروی مقاوم استاتیکی	C_R
گرمای ویژه در حجم ثابت	C_v
آهنگ انتقال انرژی	\dot{E}
جرم سوخت	F
نسبت سوخت به هوا	(F/A)
نسبت سوخت به هوا استوکیومتری	$(F/A)_s$
فشار موثر متوسط اصطکاکی	FMEP
شتاب جاذبه	g
مومنم زاویه ای	H
آنتالپی ویژه، فاصله بین سرسیلندر و بالای پیستون	h
میانگین انرژی جنبشی سیال	K
میانگین انرژی توربولانس سیال	k
ثابت شدت واکنش در جهت رفت	k^+
ثابت شدت واکنش در جهت برگشت	k^-

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

زیر نویس و بالا نویس

هوا	a
ترمزی، سوخته	b
سیکل، محل برخورد با دیواره	c
دیزل	D

جابجا شده	d
غوطه ور در شعله	e
اصطکاک، سوخت	f
اینرسی	I
اندیکاتور، شماره المان	i
مکانیکی	m
اتو	o
کلی	ov
پیستون	p
مختصات شعاعی	r
استوکیومتری	s
نسوخته	u

سمبل

پارامتر برای نفوذ جریان موازی با خط مرکزی جت	α
پارامتر برای نفوذ جریان عمود بر جریان برخوردی	β
میزان پخش انرژی جنبشی توربولانسی در واحد جرم	ε
نسبت اکی والانس	ϕ
نسبت گرماهای ویژه	γ
راندمان	η
ضریب هدایت حرارتی	λ
ویسکوزیته سینماتیکی	ν
زاویه میل لنگ	θ
دانسیته	ρ
زمان مشخصه	τ
زمان مشخصه سوختی برای مدل احتراق	τ_c
سرعت زاویه ای	ω

فصل ۱

مفاهیم اساسی در طراحی موتورها

۱-۱ تاریخچه

موتورهای احتراق داخلی با شارژ چینه‌ای بخاطر عملکرد بهتر، آلایندگی کمتر و توانایی استفاده از سوخت‌های چندگانه، جایگزین مناسبی برای موتورهای فعلی می‌باشد.

اگنیو^۱ [۱] مشاهده کرد که کنترل دقیق فرآیند احتراق برای عملکرد موتورهای احتراق داخلی با شارژ چینه‌ای بحرانی است و بدست آوردن یک شارژ چینه‌ای بهینه تحت یک محدوده از سرعت، بار، دما و شرایط پاشش تا حد زیادی مشکل می‌باشد.

میشل و آلپرستین^۲ [۲] با مطالعات روی موتور تگزاگر نشان دادند موتورهای با پاشش سوخت بنزین دارای راندمان بالا، آلایندگی کمتر و توانایی استفاده از سوخت چندگانه می‌باشند.

میزوتانی و ماتسوشیتا^۳ [۳] سوخت سبک دیزل را به داخل سیلندرهای موتورهای احتراق با اشتعال جرقه‌ای پاشیدند و بهبود عملکرد موتور و کاهش آلایندگی‌های CO و NO را مشاهده کردند.

آلمامار^۴ [۴] مشاهده کرد که احتراق در محفظه دوگانه سریعتر از موتورهای با اشتعال جرقه‌ای دارای محفظه باز بوده و آهنگ احتراق با سرعت جریان در اریفیس مطابق با اغتشاش تولیدی در آن افزایش می‌یابد.

جیوانتی، اکچیان و هی‌وود^۵ [۵] فرایندهای مختلف سیکل کاری موتور احتراق داخلی با شارژ چینه‌ای پاشش مستقیم (TCCS) را جهت یافتن پارامترهای عملکردی و آلایندگی NO_x شبیه‌سازی کردند و به نتایج رضایت‌بخشی رسیدند.

المسیری و نیوهال^۶ [۶] از یک مدل ترمودینامیکی دو منطقه‌ای برای تحلیل احتراق در موتورهای با

Agnew^۱

Michell and Alperstein^۲

Mizutani and Matsushita^۳

Almamar^۴

Giovanetti, Ekcion and Heywood^۵

El-Messiri and Newhall^۶

محفظه احتراق تقسیم شده استفاده کردند. در این مدل محفظه احتراق اولیه شامل سوخت و هوا و محفظه ثانویه فقط شامل هوا می‌باشد. 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 مطبق کردن سوخت کاهش می‌یابد.

ریشر^۷ [۷] در پیش محفظه یک موتور احتراقی با اشتعال جرقه‌ای از یک فعال‌ساز استفاده کرد و نشان داد که فعال‌ساز اشتعال را سهولت بخشیده و شعله را در طبقات اولیه‌اش گسترش می‌دهد. همچنین زمان تاخیر در اشتعال مربوط به تغییر در شیمی احتراق و تغییر سیکنی (پراکندگی سیکنی) را کاهش داده و حد فقیری را افزایش می‌دهد.

هریس و پترز^۸ [۸] حد فقیری کاری موتورهای احتراقی با اشتعال جرقه‌ای با افزایش پرواکسید ($di-t$) ($butyl$) به محفظه احتراق گسترش می‌یابد. پرواکسید مذکور تجزیه شده و رادیکالهای بیوکسی ($tertiary$) با بنزین بدون سرب عمل کرده و آهنگ اکسیداسیون سوخت را افزایش می‌دهد.

کوادر^۹ [۹] نشان داد که افزایش اکسیژن به جریان هوای ورودی دمای شعله، سرعت شعله و آلایندگی NO را افزایش داده و آلایندگی هیدروکربنهای نسوخته (HC) و راندمان حرارتی موتور را کاهش داده و اجازه کار با سوخت فقیرتر را مهیا می‌کند.

راکس و مک‌لین^{۱۰} [۱۰] از یک مدل ترمودینامیکی دو منطقه‌ای و رابطه انتقال حرارت و شنی برای تحلیل اثرات افزایش هیدروژن روی نفوذ شعله در موتورهای احتراقی با اشتعال جرقه‌ای استفاده کردند و نتایج آنها نشان داد که با افزایش H_2 زمان تاخیر در اشتعال یا زمان القاء را بویژه در مخلوطهای فقیر کاهش داده و راندمان حرارتی موتور را بهبود می‌بخشد.

Richter^۷

Harris and Peters^۸

Quader^۹

Ruckis and Mclean^{۱۰}

کاسیدی^{۱۱} [۱۱] عملکرد موتورهای با اشتعال جرقه‌ای چند سیلندر را با سوخت‌های بنزینی و

بنزین-هیدروژن مطالعه کرد و نشان داد که:

(۱) افزایش مقدار کمی هیدروژن به بنزین باعث افزایش سرعت شعله گردیده و در نتیجه زمان تاخیر در اشتعال را کاهش می‌دهد.

(۲) موتورهای با سوخت هیدروژن-بنزین، آلایند NO_x زیادتری از موتورهای با سوخت بنزین بخاطر دماهای بیشینه بالا، تولید می‌کنند.

(۳) آلایند هیدروکربنهای نسوخته (HC) از موتورهای با سوخت هیدروژن-بنزین در مقایسه با موتورهای بنزینی در نسبت‌های اکی‌والانس بیشتر از $0/8$ پایین می‌باشد و در نسبت‌های اکی‌والانس که مصرف سوخت کمترین مقدار را دارا می‌باشد بالاتر می‌باشد.

(۴) موتورهای با سوخت بنزین آلایند CO را بیشتر از موتورهای با سوخت هیدروژن-بنزین تولید می‌کند.

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

(۱) احتراق و تشکیل آلاینده‌ها توسط شعله جت رشد کرده از پیش اتاقک و گازهای اطراف شعله جت اندازه‌گیری می‌شود.

(۲) با افزایش چینه‌ای کردن، افزایش زیادی در آلایند CO حاصل از گازهای پیش اتاقک ظاهر می‌شود.

(۳) شعله جت، هنگامیکه موتور با شرایط چینه‌ای قوی مخلوط سوخت و هوا کار می‌کند منبع اصلی آلایند NO_x می‌باشد.

(۴) کاهش آلایند HC در موتورهای با اشتعال جرقه‌ای با افزایش چینه‌ای کردن، به مقدار کمی مربوط به

بالا بودن دماهای خروجی می‌باشد.

Cassidy^{۱۱}

Krieger and Davis^{۱۲}