دانشکده مهندسی

گروه مکانیک

بررسی آزمایشگا هی تغییرمؤلفه های اگزرژی با استفاده از افزودنی اتانول در موتور دوزمانه بنزینی

پایان نامه کارشناسی ارشد

تهیه کننده: محمد حاتمی

استاد راهنما : دکتر قاضی خانی

تابستان ۹۰

پایان نامه حاضر تحت عنوان :

بررسی آزمایشگاهی تغییر مولفه های اگزرژی با استفاده از افزودنی اتانول در موتور دوزمانه بنزینی

که توسط آقای محمد حاتمی تهیه و به هیات داوران ارائه گردیده است، مورد تایید کمیته تحصیلات تکمیلی گروه مکانیک می باشد.

تاریخ دفاع : ۹۰/۶/۱۹ نمره: ۱۹ درجه ارزشیابی: عالی

اعضای هیات داوران:

۱- دکتر محسن قاضی خانی	استاد راهنما	دانشیار
۲- دکتر حمید نیازمند	استاد ممتحن	دانشیار
۳- دکتر مجتبی ماموریان	استاد ممتحن	استادیار
۴- دکتر محمد پسندیده فرد	نماینده تحصیلات تکمیلی	دانشیار

تاییدیه

گواهی می شود که این پایان نامه تاکنون برای احراز یک درجه علمی ارائه نشده است و تمامی مطالب آن بجز مواردی که نام مرجع آورده شده است، نتیجه کار پژوهشی دانشجو می باشد.

دانشجو : محمد حاتمی امضاء :

تاریخ :

استاد راهنما: آقای دکتر قاضی خانی امضاء :

تاریخ :

با تشکر از خانواده ام، بخصوص پدر و مادر مهربانم که با پشتیبانی و حمایت همه جانبه خودشان مرا در به اتمام رساندن این پایان نامه همواره امیدوار و دلگرم می کردند.

با تشکر از زحمات فراوان جناب آقای دکتر قاضی خانی که همچون پدری دلسوز و با وجدان مرا در تمامی مراحل آزمایشگاهی، تئوری، محاسباتی و تحلیل نتایج این پایان نامه راهنمایی و یاری کردند.

با تشکر از مهندس صفری که در راه اندازی موتور و کارهای آزمایشگاهی کمک زیادی به اینجانب کردند.

همچنین تشکر فراوانی دارم از تمامی اساتید و دوستانم که هریک به نحوی با نظرات و پیشنهادات خود مرا در پیشبرد این پایان نامه یاری دادند که بعلت کمبود جای کافی و جلوگیری از از قلم افتادن احتمالی نام برخی از این عزیزان، از ذکر نام تک تک آنها خودداری نمودم. امیدوارم روزی بتوانم زحمات همه ی این بزرگان و عزیزان را جبران نمایم.

والحمدلله رب العالمین

بسمه تعالی

مشخصات رساله /پایان نامه تحصیلی دانشجویان

دانشگاه فردوسی مشهد

عنوان رساله / پایان نامه : بررسی آزمایشگاهی تغییر مولفه های اگزرژی با استفاده از افزودنی اتانول در موتور دوزمانه بنزینی

نام نویسنده : محمد حاتمی

نام استاد راهنما : آقای دکتر قاضی خانی

دانشکده : مهندسی	**گروه : مکانیک**	**رشته تحصیلی : تبدیل انرژی**
تاریخ تصویب : تابستان ۸۹		**تاریخ دفاع: ۹۰/۶/۱۹**
مقطع تحصیلی : کارشناسی ارشد ●	**دکتری ○**	**تعداد صفحات: ۸۴**

چکیده رساله / پایان نامه:

نیاز مبرم به سوختهای پاک در وسائل حمل و نقل باعث شده است که در سالهای اخیر تحقیقات گسترده ای روی استفاده از افزودنیهای سوخت در موتورهای احتراق داخلی انجام شود. با توجه به اهمیت آلودگی محیط زیست و انتشار گازهای گلخانه ای، افزودنیهای الکلی به سوختهای موجود می تواند تلاشی در جهت تامین سوختهای پاک محسوب شود. از طرفی با توجه به قانون دوم ترمودینامیک که با "تشخیص میزان و منابع اتلاف اگزرژی در فرآیندها، و پیشنهاد راهکارهایی برای کم کردن افت ها جهت افزایش بازدهی و استفاده از این تلفات" بیان میشود، بدنبال این هستیم که بتوانیم با استفاده از افزودنیهای الکلی میزان بازگشت ناپذیری های احتراق را بررسی نموده و نقش این افزودنیها را نه تنها در کاهش آلودگی محیط بلکه در تاثیر جانبی آنها بر بازدهی واقعی موتورهای احتراق داخلی تحلیل و بررسی نمائیم.

در این پژوهش آزمایشگاهی، به بررسی میزان مؤلفه های اگزرژی، بازگشت ناپذیری ها و میزان آلاینده ها در یک موتور دو زمانه با سوخت الکلی پرداخته ایم. افزودنی سوخت در این کار تحقیقاتی اتانول است. آزمایشات با درصد های ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد به سوخت بنزین اضافه شده و برای ۲۵٪ ،۵۰٪ و ۷۵٪ گشتاور اعمالی در سرعتهای ۲۵۰۰، ۳۰۰۰، ۳۵۰۰ و۴۵۰۰ دور بر دقیقه انجام شده است. نتایج نشان می دهد عموما زمانی که از سوخت الکلی استفاده می شود بازگشت ناپذیری های داخلی احتراق افزایش یافته است که علت آن افزایش اختلاف دمای مخلوط نسوخته ومحصولات احتراق است که باتبخیر سریعتر افزودنی الکل ایجاد شده است. افزایش بازگشت ناپذیری داخلی احتراق یکی از عوامل مهم کاهش بازدهی قانون دوم در صورت استفاده از افزودنی اتانول است. از دیگر نتایج و مزایای استفاده از افزودنی اتانول کاهش چشمگیر آلاینده های CO, CO_2, HC و NO_X است.

کلید واژه:

۱- اگزرژی

۲- بازگشت ناپذیری

۳- موتور دوزمانه

۴- اتانول

۵- آلاینده ها

امضای استاد راهنما:

تاریخ :

فهرست علایم

A	اگزرژی (J)
a	اگزرژی سوخت (kJ/kg)
b	اگزرژی جریان (J/kg)
bmep	فشار موثر متوسط ترمزی (Pa)
bsfc	مصرف مخصوص سوخت ترمزی (g/kW.h)
C	ظرفیت گرمایی ویژه (kJ/kg.K)
E	انرژی (J)
G	انتالپی آزاد گیبس (J)
h	انتالپی (kJ/kg)
I	بازگشت ناپذیری (J)
m	جرم (kg)
N	سرعت دورانی موتور (rpm)
P	توان (W)
p	فشار (pa)
Q	گرما (J)
R	ثابت گازها
r	نسبت تراکم
S	انتروپی (J/K)
T	دما(K)
t	زمان (s)
U	انرژی درونی (J)
V	حجم (m^3)
W	کار (J)
x	کسر مولی یک گونه

علایم یونانی

Φ	اگزرژی غیر جریانی (J/kg)
Λ	نسبت تحویل
ε	بازده قانون دوم ترمودینامیک
ϕ	نسبت هم ارزی سوخت به هوا
λ	فاکتور هوای اضافی
μ	پتانسیل شیمیایی(J/kg)
φ	زاویه میل لنگ (درجه یا رادیان)
ρ	چگالی (kg/m^3)
ψ	اگزرژی جریانی (J/kg)

زیر نویس ها

0	شرایط محیط
a	هوا
act	واقعی
b	ترمزی
c	احتراق
c.v	حجم کنترل
cyl	سیلندر
d	جابجایی
E	خروجی
Exh	اگزوز
f	سوخت
i	ورودی
im	اندیکاتوری در محیط اندازه گیری
In	ورودی
ind	اندیکاتوری
is	اندیکاتوری در شرایط استاندارد
j	منبع دمایی
kin	انرژی جنبشی
LHV	ارزش حرارتی پایین
Out	خروجی
Pot	انرژی پتانسیل
Sc	اسکونجینگ
Total	کلی
tr	ترپینگ
Water	آب

بالانویس ها

0	شرایط مرده واقعی
ch	شیمیایی
tm	ترمومکانیکی

فهرست مطالب

مقدمه ۱

فصل اول: تئوری و اصول کارکرد موتورهای دوزمانه ۳

۱- ۱ مقدمه ۴

۱-۲ سیکل موتورهای دو زمانه ۴

۱-۳ تفاوتهای بین موتورهای دو زمانه و چهار زمانه ۴

۱-۴ فرآیند اسکونجینگ ۵

۱-۵ فرآیند شارژ و تخلیه در موتورهای دو زمانه ۶

۱-۵-۱ نسبت تحویل ۷

۱-۵-۲ بازده اسکونجینگ ۷

۱-۵-۳ بازده ترپینگ ۷

۱-۶ توان ترمزی ۸

۱-۷ فشار موثر متوسط ۸

۱-۸ راندمان تبدیل سوخت ۸

۱-۹ مصرف مخصوص سوخت ترمزی ۹

۱-۱۰ راندمان روبشی ۹

۱-۱۱ ضریب تصحیح قدرت ۹

۱-۱۲ تعیین بازده اسکونجینگ، ترپینگ و نسبت تحویل ۱۰

۱-۱۳ سوخت موتور دوزمانه ۱۱

۱-۱۳-۱ بنزین ۱۱

۱-۱۳-۲ اتانول ۱۲

فصل دوم: پیشینه ی پژوهش اگزرژی و افزودنی های الکلی در موتورهای احتراق داخلی ۱۳

۲-۱ مقدمه ۱۴

۲-۲ مدلسازی و معادلات حاکم ۱۴

۲-۳ اگزرژی سوخت ۱۷

۲-۴ سوختهای جایگزین و افزودنی ها ۲۲

فصل سوم: معرفی بستر آزمایش، نحوه ی انجام آزمایشات و پردازش داده ها ۲۷

۳-۱ مقدمه ۲۸

۳-۲ مشخصات موتور ۲۸

۳-۳ دینامومتر ۲۸

۳-۴ سیستم سوخت رسانی ۲۹

۳-۵ سیستم خنک کننده ۲۹

۳-۶ سیستم اگزوز ۲۹

۳-۷ سلکتور سویچ ۲۹

۳-۸ پایه ی دستگاه ۲۹
۳-۹ تابلو برق دستگاه ۲۹
۳-۱۰ آلاینده سنج ۳۰
۳-۱۱ اندازه گیری دبی هوا ۳۰
۳-۱۲ اندازه گیری شرایط محیط آزمایشگاه ۳۱
۳-۱۳ آماده سازی بستر آزمون ۳۲
۳-۱۴ روش انجام آزمایشات ۳۶
۳-۱۴-۱ منحنی مشخصه ۳۶
۳-۱۴-۲ آزمایشات با درصد های مختلف سوخت بنزین و اتانول ۳۷
۳-۱۴-۳ تعیین آزمایشگاهی ویژگی های سوختهای مورد آزمایش ۴۰
۳-۱۵ نحوه ی پردازش داده های بدست آمده از آزمایش ۴۱
۳-۱۵-۱ تعیین نسبت هوا به سوخت ۴۱
۳-۱۵-۲ تعیین اگزرژی سوختهای مورد آزمایش ۴۱
۳-۱۵-۳ تعیین ضریب تصحیح توان ترمزی ۴۲
۳-۱۵-۴ حجم کنترل و بالانس اگزرژی در این پژوهش ۴۲
۳-۱۵-۵ نحوه ی محلسبه ی دمای احتراق ۴۴
فصل چهارم: بررسی و تحلیل نتایج ۴۵
۴-۱ مقدمه ۴۶
۴-۲ تاثیر افزودنی اتانول بر بنزین در بالانس اگزرژی ۴۶
۴-۲-۱ نتایج برای ۲۵ درصد بار ۴۶
۴-۲-۲ نتایج برای ۵۰ درصد بار ۵۴
۴-۲-۳ نتایج برای ۷۵ درصد بار ۶۲
۴-۳ اثر افزایش دور و سرعت بر بالانس اگزرژی ۶۹
۴-۴ تاثیر افزودنی اتانول بر آلاینده های موتور ۷۳
۴-۵ نتیجه گیری نهایی ۷۶
۴-۶ پیشنهاد برای پژوهش بیشتر ۷۷
مراجع ۷۸
پیوست داده های آزمایشگاهی ۸۱

مقدمه

در سال ۱۸۸۰ گروهی از مهندسان از جمله کلرک، جیمز رابسون و کارل بنز موتور احتراق داخلی دو زمانه را با موفقیت ساختند [1]. موتورهای دو زمانه بنزینی نسبت به چهار زمانه ارزانترند و قدرتی تقریباً ۱/۸ برابر موتورهای چهارزمانه دارند و شاید این تنها دلیلی باشد که هنوز هم از موتورهای دوزمانه استفاده می شود[2]. البته از ویژگی سبک و قابل حمل بودن موتور دوزمانه نیز نباید گذشت هرچند که آلاینده های آن بسیار بیشتر از موتورهای چهار زمانه است[1].

حداکثر پتانسیل کار مفید در یک سیستم در حالت مشخص قابلیت کاردهی یا اگزرژی خوانده می شود. مقدار اگزرژی به حالت سیستم و محیط اطراف آن بستگی دارد. سیستمی که در تعادل کامل دمایی و فشاری با محیط اطراف خود است قابلیت کاردهی برابر با صفر دارد و گفته می شود در حالت مرده به سر می برد. در سالهای اخیر توجه دانشمندان ترمودینامیک به یافتن مدلی که بتواند محدودیت های قانون اول و دوم ترمودینامیک را اعمال نماید می باشد، که این روش به نام اگزرژی معروف شده است.

عبارت قابلیت انجام کار در ایالات متحده در سال ۱۹۴۰ در دانشکده مهندسی MIT مصطلح شد. امروزه یک عبارت معادل، اگزرژی، که در اروپا در سال ۱۹۵۰ انتخاب شد نسبتا مورد قبول همگان قرار گرفته است. زیرا که این عبارت می توانست بدون نیاز به ترجمه بکار رود. مقدار اگزرژی به حالت سیستم و محیط اطراف آن بستگی دارد. تفاوت بین اگزرژی و کار واقعی خروجی، بازگشت ناپذیری نامیده می شود. اگزرژی یا قابلیت کاردهی یک سیستم می تواند به صورت ماکزیمم کار مفیدی که می تواند از طریق برهم کنش سیستم با محیطش تولید شود تا به تعادل ترمومکانیکی و شیمیایی برسد نیز، تعریف شود[7]. مهمترین اهداف قانون دوم را می توان به صورت زیر طبقه بندی کرد:

- سنجش فرایندهای مختلف موتور و محاسبه ی توانایی هر کدام از آنها برای تولید کار مفید.
- تشخیص میزان اتلافات اگزرژی در فرآیندها و شناسایی منابع این اتلافات.
- پیشنهاد راهکارهایی برای کم کردن افت ها، افزایش بازدهی و استفاده از این اتلافات[8].

از آنجا که اتلافات اگزرژی و بازگشت ناپذیری ها می توانند منبعی برای تبدیل به کار مفید در موتورها باشند و کاهش آنها منجر به ایجاد موتوری با بازدهی بیشتر می گردد ابتدا می بایست آنها را بشناسیم تا مقدار آنها را به کمک قانون دوم تعیین کنیم. در موتور های احتراق داخلی عوامل زیادی بر بازدهی قانون دوم تاثیر می گذارند، برای نمونه تزریق زودتر سوخت، بالا بردن دمای احتراق و افزایش نسبت تراکم بازگشت ناپذیری های احتراق را کاهش می دهد اما افزایش سرعت موتور، افزایش حجم گازهای EGR و

افزایش حجم پریچمبر[1] بازگشت ناپذیری ها را افزایش می دهد[6] . هرچند که از سال ۱۸۶۸ افراد زیادی به مفهوم اگزرژی توجه کرده اند اما انتشار مقاله ای توسط گوی در سال ۱۸۸۹ اولین سند به ثبت رسیده در این زمینه می باشد. پس از آن مطالعات زیادی انجام شده که اولین مرور کلی بر آنها توسط کاتن [10] و سپس توسط راکوپولس [8] انجام شد در فصل دوم این پایان نامه نیز کلیه ی مطالعات انجام شده در این زمینه تا سال ۲۰۱۰ جمع آوری شده و تاثیر پارامترهای مختلف بر بازدهی قانون دوم بررسی شده است.

کاهش آشکار در ذخایر نفتی و افزایش قیمت آنها و همچنین نیاز مبرم به سوختهای پاک باعث شده است که در سالهای اخیر تحقیقات گسترده ای روی سوختهای جایگزین انجام شود که مرجع [5] به بررسی این سوختهای جایگزین پرداخته است. البته استفاده از سوختهای جایگزین نیازمند تغییراتی در هندسه موتور و تغییر برخی شرایط است [4] به همین دلیل بیشتر تمرکز محققین به استفاده از افزودنی هایی است که به سوختهای فسیلی اضافه می شود تا بدون تغییر در هندسه موتور بتوانند هم آلاینده ها را کاهش دهند و هم کمکی در جهت از بین نرفتن سوختهای فسیلی کرده باشند. در فصل دوم این پایان نامه به تحلیل کارهای تجربی که در این زمینه انجام داده اند، پرداخته ایم برای نمونه ایدوگان و همکارانش تاثیر افزودن سوخت اتانول و متانول را در درصدهای ۵ و ۱۰ درصد بر سوخت بنزین در یک موتور SI چهار زمانه بررسی کرده اند و به این نتیجه رسیده اند که استفاده از اتانول bsfc را افزایش می دهد که دلیل آن ارزش حرارتی کمتر نسبت به بنزین می باشد. همچنین فشار داخل سیلندر دیرتر افزایش می یابد و گشتاور خروجی و عدد اکتان نیز بالا می رود.

با تحقیقات و مطالعات صورت گرفته به این نتیجه رسیدیم که تحلیل اگزرژی در سوخت های افزودنی برای موتورهای دوزمانه بطور گسترده صورت نگرفته است. بخصوص چون موتورهای دوزمانه آلاینده بالایی دارند و انسان بطور مستقیم با آنها سروکار دارد نیاز به افزودنی هایی احساس می شود که آلاینده ها را کاهش دهد به همین منظور افزودنی اتانول انتخاب شد و تحلیل اگزرژی برای آن در موتور دوزمانه انجام شد. در فصل اول پایان نامه به تئوری عملکردی موتور دوزمانه پرداخته شده است و پارامترهای ارزیابی عملکرد موتور از جمله بازدهی اسکونجینگ، ترپینگ، نسبت تحویل و... معرفی شده اند. در فصل دوم به پیشینه ی پژوهش در زمینه ی اگزرژی، سوختهای جایگزین و افزودنی های الکلی پرداخته ایم. فصل سوم از این پایان نامه به معرفی موتور مورد آزمایش، تجهیزات و روش آزمایشها و همچنین نحوه ی پردازش داده ها از جمله بررسی حجم کنترل و معادلات بالانس اگزرژی پرداخته است و در نهایت در فصل آخر، فصل چهارم، نتایج، نمودارها و تحلیل آنها آمده است.

1 Prechamber

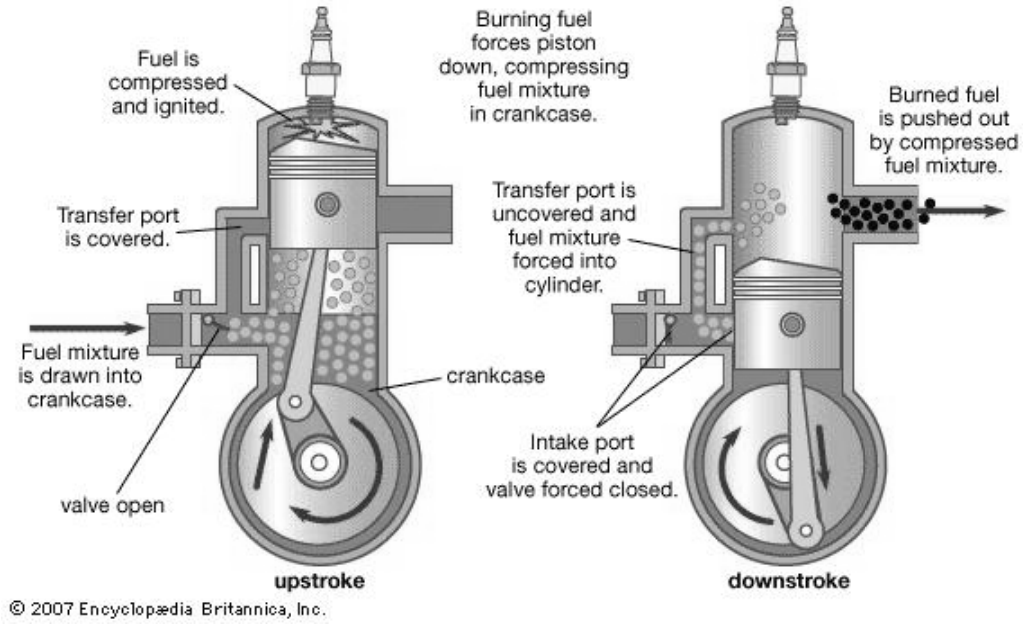
فصل اول

تئوری و اصول کارکرد موتورهای دوزمانه

۱– ۱ مقدمه

در سال ۱۸۸۰ گروهی از مهندسان از جمله کلرک، جیمز رابسون و کارل بنز موتور احتراق داخلی دو زمانه را با موفقیت ساختند [1]. پس از آن با پیشرفت علم و تکنولوژی صنعت خودرو روز به روز رشد کرد تا به مرحله ای هم اکنون می بینیم رسیده است. امروزه موتورهای دوزمانه انژکتوری به بازار آمده است و کاربردهایی از جمله در تجهیزات باغبانی و چمن زنی، جت اسکی ها و هواپیماهای بدون سرنشین دارد.

۱–۲ سیکل موتورهای دو زمانه



شکل۱-۱ مراحل عملکرد یک موتور دو زمانه بنزینی

مراحل عملکرد موتور دوزمانه به دوقسمت کلی تقسیم بندی می شود: مرحله اول اشتعال و ایجاد توان، مرحله دوم تراکم و تخلیه که در شکل ۱-۱ مشاهده می شود[1].

۱–۳ تفاوتهای بین موتورهای دو زمانه و چهار زمانه

۱. اکثرموتور های دو زمانه سوپاپ ندارند ، که همین امر ساختمان آنها را ساده تر و وزنشان را کمتر کرده است.

۲. در موتور های دوزمانه به ازای هر دور چرخش میل لنگ یک حرکت انبساط داریم در حالیکه در موتور های چهار زمانه به ازای دو دور چرخش میل لنگ یک حرکت انبساط داریم که این به موتور های دوزمانه قدرت فزآینده قابل توجهی می دهد.

۳. موتور های دوزمانه در هر جهتی می توانند کار کنند که آن می تواند در بعضی دستگاه ها مانند اره های زنجیری مهم باشد.

۴. موتور های دو زمانه تقریبا به اندازه موتورهای چهار زمانه عمر نمی کنند. (فقدان سیستم روغن کاری اختصاصی دلیل سایش بیشتر قسمتهای موتور های دو زمانه می باشد)

۵. موتور های دو زمانه به طور پر بازده از سوخت استفاده نمی کنند بنابراین مصرف سوخت آنها بالاست.

۶. موتورهای دو زمانه بنزینی نسبت به چهار زمانه ارزانترند و قدرتی تقریباً ۱/۸ برابر موتور چهارزمانه دارند [2].

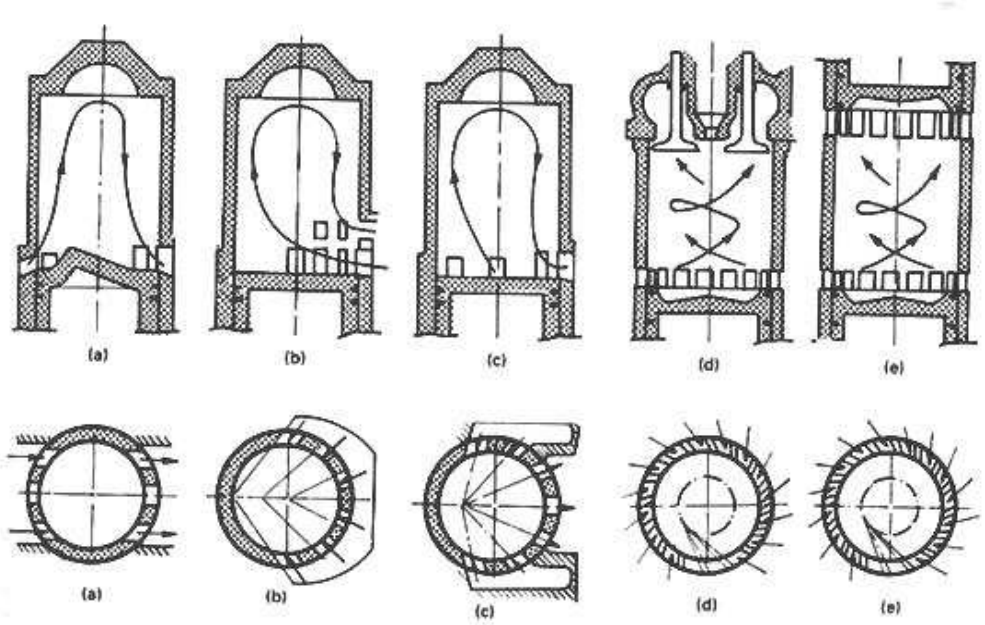
۷. آلودگی که در موتور های دو زمانه تولید می شود از دو منبع است که اولی از احتراق روغن است.احتراق روغن باعث می شود که همه موتور های دوزمانه به اندازه قابل ملاحظه ای دود تولید کنند و متاسفانه موتور های دو زمانه به دلیل سایش قطعات توده های عظیمی از دوده های روغنی در هوا تولید می کنند. دلیل دوم که آشکار است این است که هر بار که شارژ جدیدی از مخلوط بنزین و هوا وارد محفظه احتراق می شود، قسمتی از آن از دریچه تخلیه به بیرون نشت می کند.

۸. دو عیب مهم موتورهای دو زمانه را می توان کوتاه شدن جریان[1] و ناحیه ی مرده[2] (ناحیه ای که در آن اسکونجینگ رخ نمی دهد) دانست که در موتورهای چهارزمانه وجود ندارد. در ناحیه مرده ، اسکونجینگ نمی تواند این منطقه را فرا بگیرد. چه دفلکتور باشد و چه نباشد ناحیه ی کوتاه شدن جریان وجود دارد و راندمان اسکونجینگ را کاهش می دهد[2].

۱-۴ فرآیند اسکونجینگ[3]

به روبش گازهای سوخته شده توسط شارژ سیکل جدید اسکونجینگ گفته می شود ، از آنجایی که این پدیده نقش بسزایی در میزان آلودگی در موتورهای دو زمانه را ایفا می کند، بسیار اهمیت پیدا کرده و همواره به دنبال بهبود دادن این فرآیند می باشیم.کارهای بسیار زیادی در این زمینه انجام شده است که ابتدایی ترین آن استفاده از دفلکتور بر روی پیستون است تا مسیر شارژ ورودی را هدایت کند. روشهای دیگری که برای بهبود اسکونجینگ در روی پیستون انجام شده است در شکل ۱-۲ آمده است.

1 Short circuiting
2 Dead state
3 Scavenging



شکل۱-۲ طراحی های متفاوت برای اسکونجینگ،a) عرضیb) حلقویc)اسکونجینگ حلقوی نوع schnurle d)اسکونجینگ جریان یکنواخت با سوپاپ خروجیe)اسکونجینگ جریان یکنواخت با پیستونهای مقابل هم.

البته راهکارهای دیگری برای بهبود دادن این فرآیند و رفع عیوب آنها از جمله تغییر در هندسه پورتهای ورودی و خروجی، تغییر در زاویه ی پاشش، استفاده از سیستم EGR ، استفاده از موتورهای دو پیستونه و موتور های u شکل و... پیشنهاد شده است که برای اطلاعات بیشتر در این زمینه به [1] مراجعه شود.

۱–۵ فرآیند شارژ و تخلیه[1] در موتورهای دو زمانه

پریود یا دوره ی تناوبی که محصولات احتراق از سیلندر خارج می شوند و گاز تازه وارد میشود را فرایند شارژ و تخلیه گویند. این زمان از لحظه ی باز شدن پورت یا شیر خروجی (EO) شروع شده و زمانی که هر دو پورت اسکونجینگ و خروجی بسته میشوند به اتمام میرسد. برای راحتی کار این فرایند را به دو زیر مجموعه تقسیم کنند:

۱- دوره ی بلوداون اگزوز[2] : از باز شدن پورت خروجی EO تا باز شدن پورت اسکونج SO.
۲- دوره ی اسکونجینگ[3] : که شامل باقیمانده ی زمان می باشد.

برای بررسی دقیق فرآیند شارژ و تخلیه در موتور دوزمانه برخی پارامترها نیاز است که در زیر آمده است[1].

1 Gas exchange
2 The exhaust blowdown period
3 Scavenging period

۱-۵-۱ نسبت تحویل[1]

نسبت تحویل، در واقع مقایسه بین جرم شارژ تازه وارد شده در هر لحظه با جرم لازم برای فرایندی ایده آل (جرم مرجع) میباشد که بصورت زیر تعریف می شود.

$$\Lambda = \frac{mass\ of\ delivered\ charge}{Displaced\ volume \times Ambient\ density} \qquad (1\text{-}1)$$

۱-۵-۲ بازده اسکونجینگ[2]

$$\eta_{sc} = \frac{mass\ of\ delivered\ charge\ retained}{mass\ of\ trapped\ cylinder\ charge} \qquad (1\text{-}2)$$

که نشان میدهد چه مقدار از گازهای سوخته شده در هر لحظه با شارژ تازه جایگزین میشود.

۱-۵-۳ بازده ترپینگ

$$\eta_{tr} = \frac{mass\ of\ delivered\ charge\ retained}{mass\ of\ delivered\ charge} \qquad (1\text{-}3)$$

دو مدل ایده آل شده ی اسکونجینگ برای بیان رابطه ی بین این پارامترها مفید است:

۱-مدل جابجایی کامل ایزوترمال[3]

۲- مدل اختلاط کامل ایزوترمال[4]

برای مدل جابجایی کامل ایزوترمال فرض میشود که هوای تازه وارد شده گازهای سوخته شده را از طریق یک مکانیزم جابجایی کامل به بیرون میراند که طی این عمل که در شرایط دما ،حجم و فشار ثابت انجام میشود، فرض میکنیم که هیچگونه گرما یا جرم از مرز بین گازهای سوخته شده و گازهای تازه عبور نکندو سیلندر نیز آدیاباتیک است. فرضیات کامل این روش در [1,2] بیان شده است، روابط بین پارامترهای معرفی شده در این مدل بصورت زیر است.

$$\Lambda \leq 1 \quad \eta_{sc}=\Lambda \quad \eta_{tr}=1 \qquad (1\text{-}4)$$

$$\Lambda > 1 \quad \eta_{sc}=1 \quad \eta_{tr}=1/\Lambda$$

مدل جابجایی کامل حد بالایی فرایند اسکونجینگ است و در عمل هیچگاه به آن نخواهیم رسید.

---

1 Delivery ratio
2 Scavenging efficiency
3 Perfect displacement model
4 Complete mixing model

در مدل اختلاط کامل فرض میشود که شارژ تازه وارد شده به سیلندر با شارژ داخل سیلندر مخلوط شـده و ترکیبی همگن را تشکیل میدهد[1,2]. معادلات حاصل برای این مدل بصورت زیر است :

$$\eta_{tr}= (1-e^{-\Lambda})/\Lambda \qquad \eta_{sc}=1- e^{-\Lambda} \qquad (1\text{-}5)$$

در موتورهای مدرن، عملکرد شارژ و تخلیه به طور قابل توجهی کارامـد تـر و پـر بـازده تـر از ایـن مـدل ایزوترمال ایده آل میباشد بنابراین حد پایینی را برای فرایند اسکونجینگ عملی شکل میدهند. در ادامـه بـه معرفی پارامترهای عملکردی موتور دوزمانه می پردازیم.

۱–۶ توان ترمزی[1]

توان ترمزی برابر است با قدرت خارج شده و در دسترس در میل لنگ که به صورت زیر محاسبه می شود.

$$P_b = T \times \omega = 2\pi NT \qquad (1\text{-}6)$$

۱–۷ فشار موثر متوسط[2]

فشار موثر متوسط کار یک سیکل موتور را به ازای واحد حجم جابجایی محاسبه می کند.

$$bmep = \frac{Pn_R}{V_d N} \qquad (1\text{-}7)$$

در فرمول ۱-۷، P توان بر حسب کیلو وات، V_d حجم جابجایی بر حسب dm^3، N بر حسب دور بر ثانیه است که در این صورت مقدار bmep بر حسب پاسکال بدست می آید .

۱–۸ راندمان تبدیل سوخت[3]

نسبت کار تولید شده در هر سیکل به میزان انرژی فراهم شده در هر سیکل طی فرایند احتـراق را رانـدمان تبدیل سوخت گویند.

$$\eta_f = \frac{W_c}{m_f Q_{LHV}} = \frac{(P\not{n}_R / \not{N})}{(\dot{m}_f \not{n}_R / \not{N}) Q_{LHV}} = \frac{P}{\dot{m}_f Q_{LHV}}$$
$$\eta_{fb} = \frac{P_b}{\dot{m}_f Q_{LHV}} \qquad (1\text{-}8)$$

1 Brake power
2 Mean effective pressure
3 Fuel conversion efficiency

در عبارت بالا Q_{LHV} مقدار انرژی حرارتی نهفته در سوخت است که در یک مجموعه آزمون استاندارد شده تعیین می شود که طی آن یک جرم مشخص از سوخت به طور کامل با هوا می سوزد و انرژی گرمایی آزاد شده در یک کالریمتر به گونه ای جذب می شود که محصولات احتراق تا دمای اولیه خود سرد می شوند.

۱-۹ مصرف مخصوص سوخت ترمزی

مقدار سوخت مصرفی به ازای واحد توان تولید شده را مصرف مخصوص سوخت ترمزی گویند که به صورت زیر محاسبه می شود.

$$bsfc = \frac{\dot{m}_f}{P_b} \tag{1-9}$$

رابطه ی بین بازده ی تبدیل سوخت و مصرف مخصوص سوخت ترمزی بصورت زیر است.

$$\eta_{fb} = \frac{\frac{\dot{m}_f}{bsfc}}{\dot{m}_f . Q_{LHV}} = \frac{1}{bsfc . Q_{LHV}} \tag{1-10}$$

۱-۱۰ راندمان روبشی

برای موتورهای دو زمانه به جای راندمان حجمی از عبارت دیگری به نام راندمان روبشی استفاده می شود. راندمان روبشی به صورت نسبت میزان مخلوط هوا-گاز که در شروع تراکم در سیلندر باقی می ماند به حاصلضرب حجم کل و چگالی هوای ورودی تعریف می شود.

$$\eta_{sc} = \frac{m_a}{m} = \frac{m_a}{\rho(V_d + V_c)} \tag{1-11}$$

در معادله بالا ρ جرم مخصوص هوا یا مخلوط در شرایط فشار و دمای استاندارد،V_c حجم محفظه احتراق،V_d حجم جابجایی پیستون می باشد.

۱-۱۱ ضریب تصحیح قدرت

با توجه به اینکه قدرت تابعی از دما و فشار است پس نیاز دارد تا آنرا با تاثیر دادن ضریبی تصحیح نماییم. این ضریب از تقسیم توان اندیکاتوری در محیط استاندارد به توان اندیکاتوری در محیط اندازه گیری بدست می آید.

$$C_F = \frac{P_{is}}{P_{im}} \tag{1-12}$$

مقدار ضریب تصحیح قدرت با استفاده از فرمول زیر محاسبه می شود.

$$\Rightarrow C_F = \frac{\frac{P_s}{\sqrt{T_s}}}{\frac{P_{0m}}{\sqrt{T_{0m}}}} \Rightarrow C_F = \frac{P_{sd}}{P_{0m} - P_{mv}} \times \frac{\sqrt{T_{0m}}}{\sqrt{T_s}} \quad (1\text{-}13)$$

مقدار ضریب تصحیح قدرت را می توان بر حسب توان ترمزی نیز نوشت که بصورت زیر است.

$$C_F = \frac{P_{is}}{P_{im}} = \frac{P_{bs} + P_{fs}}{P_{bm} + P_{fm}} \approx \frac{P_{bs}}{P_{bm}} \quad (1\text{-}14)$$

۱-۱۲ تعیین بازده اسکونجینگ، ترپینگ [1] و نسبت تحویل [2]

یک روش خوب از این نوع، اندازه گیری بازده ی اسکونجینگ و ترپینگ با اندازه گیری اکسیژن در گاز خروجی است. هنگامی که موتور غنی کار می کند، با شارژ سوخت-هوای پری میکس، اکسیژن ناچیزی در گازهای سوخته شده وجود دارد بنابراین جریان اکسیژن در گازهای خروجی از گازهای اسکونجینگ که بطور مستقیم از موتور عبور می کند، بدست می آید. با فرض اینکه هوای مسیرکوتاه[3] و گازهای سوخته شده بطور غیر یکنواخت درخروجی ترکیب شوند و غلظت اکسیژن در گازهای خروجی $[O_2]_{exh}$ باشد بازده ترپینگ بطور مستقیم با فرمول زیر بدست می آید[1]:

$$\eta_{tr} = 1 - [O_2]_{exh} / [O_2]_{atm} \quad (1\text{-}15)$$

که در آن $[O_2]_{atm}$ غلظت اکسیژن در هوا،۲۱ ٪، است. موقعیت نمونه در خروجی باید انتخاب شود تا ترکیبی مناسب ایجاد شود .داده ها بیان می کنند که ۰,۵ متر پایین تر از صفحه خروجی سیلندر اختلاطی مناسب رخ می دهد. غلظت اکسیژن همچنین مقدار کمی به نسبت (سوخت/هوا) موتور و زمان جرقه از طریق اثر این متغیرها برη_{tr} ،و واکنش احتمالی بین گازهای خروجی غنی و هوای مسیر کوتاه بستگی دارد.

یک روش متفاوت برای تعیین بازده اسکونجینگ در طراحی یک موتور خاص خارج کردن دو نمونه گاز از سیلندر است. یکی زمانی که پورت خروجی باز می شود و دیگری زمانی که پورت خروجی بسته می شود .سپس نمونه ها برای ترکیبات شیمیایی شان آنالیز می شوند[1].

$$\eta_{sc} = \frac{[CO_2]_b - [CO_2]_u}{[CO_2]_b - [CO_2]_a} \quad (1\text{-}16)$$

1 Trapping Efficiency
2 Delivery ratio
3 Short circuiting

که در آن u و b به شرایط پیش از احتراق و پس از احتراق و a به شرایط محیط اشاره دارد و بدین ترتیب بازده ی اسکونجیگ محاسبه می شود.

معادله ی دیگری برای تعیین بازده ی اسکونجینگ توسط گانسان [3] پیشنهاد شده است که بصورت زیر است:

$$\eta_{sc} = \frac{\dot{m}_a(kg/\min)}{N(rpm)\times\rho_{sc}\times V_{total}} = \frac{\dot{m}_a(kg/\min)}{N(rpm)\times\frac{p_{exh}}{287\times T_0}\times V_d\times\frac{r}{r-1}} \quad (1\text{-}17)$$

و با محاسبه ی بازده اسکونجینگ از رابطه ی ۱-۱۷ و استفاده از مدل اختلاط کامل (معادله ۱-۵) مقدار نسبت تحویل قابل محاسبه است.

۱-۱۳ سوخت موتور دوزمانه

موتور دوزمانه SI از سوخت بنزین استفاده می کند که برای کاهش میزان آلاینده های آن می توان از افزودنی هایی از جمله افزودنی های الکلی مانند متانول و اتانول استفاده کرد.

۱-۱۳-۱ بنزین

بنزین موتور اساساً مخلوط پیچیده ای از هیدرو کربن هایی است که نقطه جوش آنها از ۳۰ تا ۲۲۵ درجه سانتیگراد بوده و متشکل از ترکیباتی است که دارای کربن های از C4 تا C12 می باشند.. معمولاً ترکیبات متشکله بنزین های تولیدی پالایشگاه های مختلف مخصوصاً در کشور های مختلف به دلیل عملیات پالایشی متفاوت با هم اختلاف داشته هر چند که اکتان آنها یکسان باشد. البته در کشور ما به دلیل یکسان بودن فرآیند بنزین موتور های تولیدی پالایشگاهها عمدتاً شبیه به هم هستند و تنها تفاوت در حال حاضر مربوط به پالایشگاههایی است که درفرمول خود از MTBE جهت افزایش عدداکتان استفاده می کنند . هیدروکربن هایی که بنزین موتور را تشکیل می دهند به سه گروه عمده پارافین ها ، نفتنها (الفین ها) و آروماتیکها تقسیم می شوند. فراریت[1] بنزین موتور نقش حیاتی در نحوه کار موتور و وسیله نقلیه دارد . این ویژگی موثر در زمان روشن شدن و زمان گرم شدن و حتی یخ زدن کاربراتور و در نتیجه خفه کردن موتور و سایر مسایل می باشد [4].

1 Volatility