بسم الله الرحمن الرحيم

١١٦٢٥١

دانشکده فنی مهندسی مکانیک

گروه مهندسی مکانیک

پایان‌نامه

برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک- سیستم محرکه خودرو

عنوان:

طراحی محفظه‌ی احتراق بهینه برای موتورهای دوسوختی با پایه گاز

Optimum Combustion Chamber Design of Bi-Fuel, Gas Based Engine

اساتید راهنما :

زنده یاد دکتر وهاب پیروزپناه

دکتر شروانی تبار- دکتر جوارشکیان

استاد مشاور:

دکتر سید اسماعیل رضوی

پژوهشگر:

سجاد رادمهر

۱۳۸۸/۵/۱۲

مرکز اطلاعات مدارک علمی

تشریح مدارک

تیر ۸۷

۱۱۶۲۵۱

با گرامیداشت یاد و خاطره استاد بزرگوارم، مرحوم دکتر وهاب پیروز پناه، از زحمات و راهنمایی‌های اساتید ارجمند آقایان؛ دکتر شروانی تبار، دکتر اسماعیل زاده، دکتر رضوی و جواد شکیان نهایت تشکر و قدردانی را دارند.

از دوستان گرامی آقایان مهندس محسن جعفری قاسم قشلاقی، مهندس مهدی محمدپور و مهندس داریوش

حاتمی که در انجام این پایان نامه اینجانب را یاری نمودند، سپاسگذارم.

ATAMA, ANAMA, AİLƏMƏ,

VƏTƏN, BAYRAQ, DUSTAQLANAN DÖYÜŞÇÜLƏRƏ,

98 İLLİK ULU YOLDAŞIM Q.ƏMANİYƏ,

SU VƏ SİLAHDAŞLARIMA.

نام خانوادگی: رادمهر **نام:** سجاد

عنوان پایاننامه : طراحی محفظه احتراق بهینه برای موتور اشتعال جرقه ای دو سوخته با پایه گاز

اساتید راهنما: زنده یاد دکتر پیروزپناه، دکتر شروانی تبار، دکتر جوارشکیان

استاد مشاور: دکتر رضوی

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته:** مهندسی مکانیک **گرایش:** سیستم محرکه خودرو

دانشگاه:تبریز **دانشکده:** فنی مهندسی مکانیک **تاریخ فارغ‌التحصیلی:** تیر ۸۷ **تعداد صفحه:** ۱۰۰

کلید واژه‌ها: محفظه احتراق - نرم‌افزار KIVA3V – موتور دو سوخته (Bi-fuel) - شبیه‌سازی

چکیده :

اگرچه تحقیقات نسبتا زیادی در مورد محفظه‌ی احتراق موتورهای دوسوخته و همچنین موتورهای گاز سوز انجام شده اما این تحقیقات عموما در مورد طرح تاج پیستون، محفظه‌ی پیش‌احتراق، نسبت تراکم و توربوشارژ کردن این موتورها بوده است. در این پایاننامه جهت بهینه‌سازی محفظه‌ی احتراق برای موتورهای دو سوخته (بنزین-گاز طبیعی فشرده)، تاثیر هندسه سرسیلندر محفظه‌ی احتراق در افزایش سرعت احتراق و افزایش بازده و کاهش افت توان در حالت گازسوز مطالعه شده است. به این منظور چهار طرح سرسیلندر موجود در ادبیات فن که عبارتند از طرح وانی شکل، طرح شبه‌کروی، طرح دولبه‌ای(گنبدی) و طرح لبه‌ای با استفاده از نرم‌افزار KIVA3V برای دو حالت گازسوز و بنزین‌سوز شبیه سازی و مطالعه شده و با مقایسه عملکرد آنها در دو حالت گازسوز و بنزین‌سوز، بهینه‌ترین آن از نظر حداقل افت توان معرفی می‌شود.

فهـــــرست

عنوان	صفحه
مقدمه	۱
فصل اول : بررسی منابع	
۱-۱سوخت های جایگزین و روش های گاز سوز کردن موتورها	۴
۱-۱-۱ سوخت های جایگزین	۴
۱-۱-۱-۱ سوخت های گازی جایگزین	۵
۱-۱-۱-۲ گاز طبیعی متراکم (Compressed Natural Gas)(CNG):	۷
۱-۱-۱- ۳مزایای استفاده از سوخت های گاز طبیعی	۸
۱-۱-۱-۴ محدودیت ها و معایب استفاده از سوختهای گازی (LPG ،CNG):	۹
۱-۱-۲ روشهای مختلف گاز سوز کردن موتور های احتراق داخلی :	۹
۱-۱-۳ جداول مربوط به مشخصات سوختهای جایگزین	۱۱
۱-۲ عوامل موثر در عملکرد موتورهای اشتعال جرقه‌ای	۱۳
۱-۲-۱ انتقال حرارت و نقش آن در موتورهای احتراق داخلی	۱۳
۱-۲-۱-۲ اثرات انتقال حرارت بر روی عملکرد موتور	۱۴
۱-۲-۱-۳ فرآیندهای اساسی انتقال حرارت در موتور	۱۶
۱-۲-۲ آشفتگی و چلانش سیال در موتورهای اشتعال جرقه ای	۱۹
۱-۲-۲-۱ آشفتگی	۲۰
۱-۲-۲-۲ چلانش سیال	۲۱
۱-۲-۲-۳ دیگر مولفه های حرکت سیال درون سیلندر	۲۲
۱-۲-۳ بررسی اثر پارامترهای مهم در عملکرد موتورهای گاز طبیعی سوز	۲۲
۱-۲-۳-۱ تأثیر نسبت تراکم	۲۳

۱-۲-۳-۲ تأثیر ضریب هوای اضافی ۲۴
۱-۲-۳-۳ تأثیر زمان جرقه زنی ۲۶
۱-۲-۳-۴ تأثیر سرعت موتور ۲۷
۱-۲-۳-۵ عملکرد در بار جزئی ۲۷
۱-۲-۴ ویژگیهای محفظه احتراق در موتورهای اشتعال جرقه‌ای ۲۸
۱-۳ پیشینه‌ی تحقیق ۳۰
فصل دوم : مواد و روشها ۴۰
۲-۱ شبیه سازی ۴۱
۲-۱-۱ انواع مدلهای مورد استفاده در شبیه سازی احتراق ۴۲
۲-۱-۲ انتخاب نرم افزار مناسب ۴۴
۲-۱-۳ معرفی کد KIVA ۴۵
۲-۲ روابط اساسی ۵۳
۲-۲-۱ معادله پیوستگی ۵۳
۲-۲-۲ معادله مومنتوم ۵۳
۲-۲-۳ معادله انرژی ۵۴
۲-۲-۴ معادله آشفتگی ۵۴
۲-۲-۵ معادله حالت ۵۵
۲-۲-۶ واکنش های شیمیایی ۵۴
۲-۲-۷ شبیه سازی افشانه سوخت ۵۶
۲-۲-۸ شبیه سازی سوخت ۵۹
۲-۳ روشهای عددی و گسسته سازی ۵۹

۲-۳-۱ گسسته سازی روابط ۶۰
۲-۳-۲ شبکه بندی ۶۱
۲-۳-۳ گام زمانی ۶۴
فصل سوم : بررسی نتایج ۶۷
۳-۱ موتور مورد تحقیق ۶۸
۳-۲ استقلال از شبکه و اعتباردهی به نتایج ۶۹
۳-۲-۱ استقلال از شبکه ۶۹
۳-۲-۲ اعتباردهی به نتایج شبیه سازی متغیرهای کارکردی موتور ۷۱
۳ -۳ بهینه‌سازی محفظه‌ی احتراق ۷۴
۳-۳-۱ محفظه های احتراق در نظر گرفته‌شده ۷۴
۳-۳-۲ اجرای شبیه سازی و مقایسه نتایج ۷۷
۳-۳-۲-۱ نحوه‌ی اجرای شبیه سازی ۷۷
۳-۳-۲-۲ مقایسه‌ی نتایج ۷۹
۳-۴ بحث و نتیجه گیری ۸۹
موضوعات قابل بررسی پیشنهادی ۹۲
مراجع ۹۳

مقـــــدمه

پیشرفت روز افزون علمی و تکنولوژیکی، انسان را به سمت زندگی راحت تر سوق می دهد و در این راستا بشر از انواع وسایط نقلیه‌ی مدرن بهره می برد. این وسایط مانند خودروهای دیزلی، بنزینی یا گازی بوده که عمدتا از سوخت های فسیلی استفاده می کنند و باعث آلودگی بیش از پیش محیط زیست می شوند. این آلاینده‌ها که عمدتا از گازهای خروجی موتور خودروها ناشی می‌شوند، باعث تخریب نباتات، لایه‌ی اوزون، گرم شدن دمای سطح زمین، شیوع هر چه بیشتر بیماریهای تنفسی و. . . شده است. از جمله ی این آلاینده ها می توان به CO، UHC، NOX، CO2، دوده (SOOT) و اوزون (O3) اشاره کرد.

در پی افزایش آلودگی شهرهای بزرگ که عمدتا ناشی از کارکرد موتورهای احتراق داخلی می باشد و همچنین افزایش قیمت نفت خام و کاهش ذخایر جهانی آن، در چند دهه‌ی اخیر پژوهشگران به استفاده از سوخت های گازی روی آورده‌اند. هر چند از ابتدای اختراع موتورهای دیزلی یعنی اوایل قرن بیستم میلادی این موتورها با سوخت گازی به کار رفته اند. ولی بعدها به دلیل مشکلات دسترسی به سوخت گازی و از طرفی فراوانی سوخت های فسیلی مایع و مسائل فنی، تمایل کمتری به استفاده از سوخت های گازی وجود داشت. با پیشرفت فناوری و استفاده طولانی از سوخت های فسیلی وگسترش علم احتراق، نشر آلاینده‌ها در موتورهای احتراق داخلی به حد کافی مطالعه و شناخته شده‌اند، ولی بدلیل کنار گذاشتن موتورهای گاز سوز، اطلاعات کمی وکیفی از عملکرد موتورهای گاز سوز به اندازه موتورهای احتراق داخلی متداول پیشرفت نکرده است. بعد از سال ۱۹۴۰ میلادی با توجه به قیمت ارزان سوخت های گازی و کشف منابع عظیم گاز، توجه به این سوخت ها افزایش یافت. همچنین از سال ۱۹۵۰ ابتدا در ایالات متحده و سپس در اروپا و ژاپن و اخیرا در ایران، استانداردهایی در جهت کنترل میزان آلاینده‌های خروجی موتورهای وسایط نقلیه وضع شده است که کارخانجات سازنده‌ی این نوع موتورها، ملزم به رعایت این استانداردها هستند. در این راستا دانشمندان و محققین زیادی در جهت کاهش آلاینده‌های خروجی از موتور خودروها کارکرده‌اند.

کشور ایران هم به دلیل دارا بودن مخازن عظیم گاز طبیعی، آلودگی بیش از حد شهرهای بزرگ و همچنین کاهش مصرف بنزین که مصرف روزانه آن در کشور حدود ۶۶ میلیون لیتر بوده و ۲۴ میلیون لیتر آن وارداتی است[۱]، چند سالیست که استراتژی مصرف گاز طبیعی در موتورهای احتراق داخلی را در دستور کار قرار داده است.

در این پایاننامه به یکی از موارد جایگزینی گاز طبیعی با سوخت بنزین که موتور دو سوختی با پایه‌ی گازی است، پرداخته و در نظر دارد به روش شبیه‌سازی کامپیوتری با استفاده از نرم‌افزار KIVA3V، محفظه‌ی احتراق بهینه‌ای که افت توان در حالت گازی را به حداقل می‌رساند، طراحی کند.

با توجه به اینکه تحقیقات انجام شده در این زمینه بیشتر بر روی شکل تاج پیستون بوده است، این پایاننامه مطالعه بر روی شکل سرسیلندر را در دستور کار خود قرار داد و از بین چهار طرح متفاوت از شکل سرسیلندر که امکان ساخت عملی دارند، با آنالیزهای صورت‌گرفته، بهینه‌ترین آنرا انتخاب کرده است. لازم به ذکر است که موتور مورد تحقیق در این پایاننامه، موتور دوسوخته‌ی پایه‌ی بنزینی ROA، ساخت شرکت ایران‌خودرو بوده و این پایاننامه در واقع تحقیقی در جهت تبدیل موتور مذکور به پایه‌ی گازی، از نقطه‌نظر شکل محفظه احتراق است.

فصل اول

بررسی منـــــابع

فصل اول : بررسی منابع

۱-۱ سوخت های جایگزین و روش های گاز سوز کردن موتورها

با توجه به کاهش ذخایر جهانی نفت خام، در سالهای اخیر پژوهشگران به استفاده از سوخت های جایگزین برای موتورهای احتراق داخلی روی آورده‌اند. در ایران استفاده از سوخت های جایگزین در موتورها به جهت هزینه‌ی بالای تصفیه‌ی سوخت دیزلی و بنزینی و محدود بودن ظرفیت پالایشگاه-های داخلی (که حتی منجر به وارد کردن سوخت از خارج از کشور می شود.) و همین طور از نظر آالودگی محیط زیست، مناسب به نظر میرسد.

در انتخاب سوخت جایگزین، الویتهای زیر را باید در نظر گرفت:

۱-امکان دسترسی به منابع سوخت های جایگزین در داخل کشور.

۲- مقادیر منابع فوق.

۳- هزینه اقتصادی لازم جهت فرایند پالایش این سوخت ها.

۴- میزان هزینه‌های لازم جهت استفاده از این سوخت ها در موتور.

۵- مسایل عملکرد احتراق و آلایندگی ناشی از این سوخت ها در موتورهای احتراق داخلی.

از آنجا که عامل اصلی در کیفیت فرایندهای احتراق و آلایندگی در موتورهای احتراق داخلی، مرغوبیت سوخت مصرفی می باشد، لذا در انتخاب سوخت های جایگزین باید به کیفیت سوخت توجه عمده‌ای مبذول داشت. در ادامه، سوخت های جایگزین که در موتورهای احتراق داخلی به کار می روند، بررسی می شوند.

۱-۱-۱ سوخت های جایگزین

احساس نیاز به جایگزین کردن سوخت های متعارف و معمول با سوخت های جایگزین جدید در موتورهای احتراق داخلی، محققین را برانگیخته است تا به دنبال سوخت هایی باشند که به فراوانی در دسترس بوده و ضمن قابل استفاده بودن در موتورهای فوق از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه باشند. سوخت هایی که بتوانند تمامی شرایط فوق را ارضاء کنند، کمیاب هستند. برای مثال می توان به

سوخت های جدید از قبیل سوخت های مایع حاصل از زغال سنگ، اتانول، متانول، هیدروژن، بیوگاز و نظیر آنها اشاره کرد. در مورد این سوخت ها می توان گفت که واجد همه شرایط مطلوب نیستند. برای مثال هیدروژن که بعضی‌ها از آن به عنوان سوخت جایگزین نام می برند با اینکه سوخت خوبی است ولی از نظر اقتصادی هزینه‌ی تولید آن زیاد بوده و ذخیره سازی آن مشکل آفرین است، لذا در حال حاضر نمی توان از آن به عنوان یک منبع سوختی مطمئن یاد کرد.

نفت حاصل از منابع نفتی جدید، نظیر سنگ های نفتی، قیمتی بیش از قیمت نفت در بازارهای جهانی نخواهد داشت ولی حصول آن احتیاج به ایجاد تاسیسات جداگانه ای جهت بهره برداری از آنها و در دراز مدت منابع عظیمی از آن وجود ندارد. سوخت های مایع حاصل از زغال سنگ نیز به همان دلایل ذکر شده، تنها در کوتاه مدت مناسب هستند و نمی توان از آن به عنوان یک سوخت جایگزین مناسب استفاده کرد. برای مثال آلمانی ها در طی جنگ جهانی دوم از آنجا که از نظر مواد نفتی در مضیقه بودند، انرژی تانکها و هواپیماهای خود را از این سوخت تهیه می کردند. در حال حاضر نیز آفریقای جنوبی به همین دلیل تنها کشوری است که تاسیسات جهت استفاده از این سوخت را دارد. سوخت های الکلی نظیر اتانول و متانول نیز از دیگر سوخت های جایگزین هستند که می توان بدانها اشاره کرد. اتانول از مواد آلی و متانول از زغال سنگ یا گاز طبیعی به دست می آید. میزان تولید این سوخت ها میتواند به گونه ای باشد که براحتی بتوان آنها را جایگزین نفت کرد. ولی قیمت آن از کشوری به کشور دیگر متفاوت است و در همه جا مقرون به صرفه نیست. متانول نیز گرچه در حال حاضر به مقدار زیادی تولید می شود، ولی تاکنون هیچ موتور اتومبیلی به صورت تجاری و کامل برای بهره گیری از آن ساخته نشده است[۲].

۱-۱-۱-۱ سوخت های گازی جایگزین

یکی از بهترین سوخت های جایگزین، سوخت های گازی است. این سوخت ها در بعضی از مناطق جهان به میزان کافی در دسترس هستند و استفاده از آنها اقتصادی بوده و نیز این سوخت ها مزایای جانبی دیگری همچون کاهش آلودگی محیط زیست را بهمراه دارند. با توجه به توسعه‌ای که در میزان

استفاده از این سوخت ها مشاهده می شود، به نظر می‌رسد که طی سال های آینده سوخت های گازی بعنوان یک منبع سوخت پرمصرف از اهمیت بیشتری برخوردار گردند.

سوخت های گازی متداول عبارتند از [۳]:

- **گاز طبیعی صنعتی،** (Synthetic natural gas)(SNG):

این گاز عمدتا از متان تشکیل شده است وبا محصولات سبک نفتی، پروپان، بوتان و نظایر آن نیز همراه است و می توان آن را از زغال سنگ هم بدست آورد.

- **گاز طبیعی مایع،** (Liquified Natural Gas)(LNG):

قسمت اعظم این گاز را متان تشکیل می دهد و برای ذخیره و حمل ونقل آن، تحت شرایط فشار محیط و دمای مادون سرد (۱۶۱°C-) به مایع تبدیل می کنند.

- **گاز طبیعی متراکم،** (Compressed Natural Gas)(CNG):

این گاز عمدتا از متان و کمی اتان تشکیل می شود. در بعضی از کشورها این گاز بنام « گاز طبیعی برای خودروها» (Natural Gas for Vehicles) (NGV) مرسوم است. گاز طبیعی مایع (LNG) وگاز طبیعی متراکم (CNG) از گاز طبیعی موجود در چاه های گاز طبیعی استخراج شده پس از شیرین سازی و پالایش، بصورت گاز طبیعی تحت فشار و همچنین بصورت گاز مایع شده با استفاده از کاهش دما، ذخیره سازی و مورد استفاده قرار می گیرد.

- **گاز نفتی مایع،** (Liquified Petroleum Gas)(LPG)

مخلوطی از پروپان و بوتان است و در دمای محیط در فشار ۴ تا ۷ اتمسفر به صورت مایع در می آید، این گاز از تصفیه‌ی نفت خام در برج تقطیر پالایشگاه و یا از جدا کردن فراورده‌های نفتی سنگین ازگاز طبیعی در سر چاههای گاز به دست می آید.

- **بیوگاز** (Bio Gas)

علاوه بر سوخت های گازی فوق‌الذکر میتوان به «بیوگاز» نیز اشاره کرد، متان ۶۰ الی ۷۰ درصد بیوگاز را تشکیل میدهد که از متلاشی شدن مواد آلی (ارگانیک) در غیاب هوا تولید می شود. البته

گاز حاصل از این عمل باید قبل از مصرف به عنوان سوخت، عاری از مواد خورنده و غیر قابل اشتعال باشد که حدودا ۳۰ درصد بوده و شامل دی اکسید کربن (CO_2) و بخار آب و اندکی آب است. علت اشاره به بیوگاز این است که از اواسط سال ۱۹۸۶ آزمایش ها و تحقیقات موفقیت آمیزی برای به دست آوردن متان از بیو گاز انجام گرفته است.

از آنجا که کاربرد سوخت گاز طبیعی متراکم در موتورهای دوسوخته، برای این پایاننامه اهمیت بسیار دارد، به معرفی گاز طبیعی متراکم شده (CNG) می‌پردازیم.

۱-۱-۱-۲ گاز طبیعی متراکم (CNG)(Compressed Natural Gas)

عناصر اصلی تشکیل دهنده‌یCNG متان (CH_4) و تاحدی اتان (C_2H_6) است و تقریبا همیشه بصورت گازی می‌باشد. از آنجا که در فشار اتمسفر انرژی موجود در گاز نسبت به حجم آن پایین است، بنابراین به منظور استفاده از این سوخت در قوای محرکه باید متراکم گردد تا انرژی کافی برای به حرکت در آوردن خودرو در آن ذخیره شود. برای بهره گیری از گاز طبیعی باید انرژی آن در واحد حجم بحدی برسد که مخزن موجود در خودرو بتواند برای طی مسافت معقولی کفایت نماید، لذا با متراکم نمودن گاز طبیعی، گاز CNG حاصل می شود که حتی در فشارهای بالا نیز بصورت گاز باقی می ماند. برای مثال اگر مخزن ذخیره‌ی گاز خودرویی حدود ۵۰ لیتر آب گنجایش داشته باشد، مقدار CNG موجود در این مخزن معادل ۱۵ لیتر بنزین خواهد بود، بنابراین اتومبیلی که مصرف آن در هر یکصد کیلومتر برابر ۱۰لیتر بنزین است، با این مقدار CNG می تواند ۱۵۰ کیلومتر راه را طی نماید.

گاز طبیعی در منابع زیر زمینی یافت می شود. این گاز ممکن است بصورت محلول در نفت خام یا در زیر کلاهک های بالای لایه های نفت خام و یا به شکل مستقل وجود داشته باشد. گاز تولید شده از چاه و یا دستگاه های جداساز ممکن است شامل شن ریزه، گل رس، هیدروکربن های مایع، سولفید هیدروژن و یا گازهای غیرقابل اشتعال باشد که این ناخالصی‌ها باید قبل از انتقال تصفیه شود. گاز طبیعی از چاه ها و مناطق مختلف بوسیله‌ی سیستم جداساز جمع آوری به واحد مرکزی پالایشگاه برده و پس از تصفیه، گاز طبیعی قابل مصرف بدست می آید.

باید یادآور شد که منابع گاز طبیعی ایران بسیار گسترده است از این لحاظ ایران دومین کشور جهان می باشد. این منابع عمدتا در جنوب کشور قرار دارند و در شمال شرقی کشور نیز منابع عظیم گاز، اکتشاف و مورد بهره برداری قرار گرفته اند. ترکیبات گاز سرخس (شمال شرق) با ترکیبات گاز جنوب تفاوت داشته و در آن گاز مایع وجود ندارد. بعلاوه قسمت اعظم آن از متان تشکیل شده و سولفید هیدروژن آن نیز بیش از گاز جنوب است. مشخصات فیزیکی، شیمیایی و کاربردی گاز طبیعی جنوب ایران، در جدول (۱-۱) و(۱-۲) درج شده است.

بدین ترتیب ملاحظه می شود که CNG گازی سبک است که درمخازن تحت فشار بالا نگهداری می شود و نقطه اشتعال بالایی دارد و از این نظر مثل بنزین خطرناک نیست. عدد اکتان CNG حدود ۱۳۰ است در حالیکه عدد اکتان بهترین بنزین (سوپر) حدود ۹۶ است. بعلاوه درCNG از افزودنیهای ضد کوبش نظیر تتراتیل سرب که اثرات مخرب آن بر محیط زیست، امروزه روشن است، وجود ندارد. برای مقایسه خواص فیزیکی و شیمیایی سوخت های جایگزین دیگر با CNG در جدول (۱-۳)، این ویژگیها برای چند سوخت دیگر نیز ارائه شده است.

۱-۱-۱-۳ مزایای استفاده از سوخت های گاز طبیعی

در بیان برتری سوخت های گازی نسبت به سوخت ها به موارد زیر می توان اشاره کرد:

- سوخت های گاز طبیعی ارزانتر هستند و همچنین ذخایر کشف شده آنها برای سالهای متمادی پاسخگوی احتیاجات خواهد بود.

- به لحاظ بالا بودن عدد اکتان این سوخت ها، از خاصیت ضد کوبش بهتری برخوردار می باشند و بعلت گازی شکل بودن احتراق کامل و بدون دود امکان پذیر است.

- حمل ونقل آن آسان بوده و در اغلب موارد براحتی با لوله کشی به محل مصرف می رسد (در موتورهای ساکن).

- از انجا که سوخت های گازی فاقد خاکستر و دیگر مواد زائد هستند و احتراق آنها کاملتر است، انتظار میرود که آلودگی هوا کمتر شود. در جدول (۱-۴) مقایسه گازها و ذرات خروجی یک موتور نمونه با سه سوخت مختلف آورده شده است.

در هنگام راه‌اندازی موتور ار حالت سرد، سوخت های گازی بهتر عمل میکنند، زیرا بر خلاف سوخت های مایع نیازی به تبخیر آنها نیست و از سوی دیگر وقتی که موتور سرد میشود بر روی قطعات میعان نمیگردد.

گاز سوز کردن موتورهای دیزل در روش استفاده کامل از گاز موجب حذف سیستم سوخت رسانی دیزل که نسبتا پیچیده و گران قیمت است، میشود.

با استفاده از سوخت های گازی، زمان تعویض روغن افزایش می یابد زیرا گاز در روغن قابل حل نیست و در نتیجه روغن خواص خود را به مدت طولانی حفظ میکند.

۱-۱-۱-۴ محدودیت ها و معایب استفاده از سوخت های گازی (LPG ،CNG)

- مخزن گاز جای اضافی اشغال می کند و بر وزن کل خودرو می افزاید. استفاده از گازها به دلیل دمای اشتعال بالای این سوخت ها معمولا باعث کوچکتر شدن محدوده عمل میشود. با این وجود استفاده از گاز در موتورها بدون هیچگونه تغییر اساسی صورت میگیرد. بنابراین محدوده عمل را می-توان با استفاده توام از هردو سوخت بهبود بخشید.

- در برخی موارد قدرت خروجی و بازده حرارتی اندکی افت می کند.

- تبدیل موتورها به گاز سوز، هزینه‌ی اولیه را افزایش داده و در برخی موارد باید تغییرات اساسی برروی موتور صورت گیرد. البته در اثر صرفه جویی های بعدی بخاطر دو سوختی شدن موتور، این مخارج اضافی جبران خواهد شد.

- مراکز سوخت گیری گازی (ایستگاه های گازCNG) نسبتا کم است.

۱-۱-۲ روشهای مختلف گاز سوز کردن موتورهای احتراق داخلی

- **موتورهای دو سوختی(Bi -Fuel)**

این موتورها می توانند با هر یک از دو سوختی که به آن مجهز است کار کنند. اکثرا موتورهای دو سوختی با دو سوخت بنزین وگاز طبیعی فشرده کار می کنند به این صورت که امکان تغییر سوخت از

بنزین به گاز طبیعی و یا لعکس وجود دارد. معمولا این موتورها بگونه ای طراحی می شوند که با اتمام یکی از سوخت ها، منبع تغذیه بصورت اتوماتیک به سوخت دیگر منتقل می شود.

موتورهای دو سوختی بنزین- گاز طبیعی فشرده به دو صورت پایه‌ی گازی و پایه‌ی بنزینی طراحی می‌شوند.

- **موتورهای دو گانه سوز (Dual-Fuel)**

این گونه موتورها از نوع موتورهای دیزل بوده و در آنها هردو سوخت دیزل و گاز طبیعی بصورت همزمان بکار برده می شوند.

عمدتا سه روش عمده برای گاز سوز کردن موتورهای دیزلی وجود دارد که عبارتند از:

۱. استفاده کامل از گاز بجای گاروئیل (تبدیل موتور با سیکل دیزل به موتور با سیکل اتو).
۲. استفاده از سوخت مخلوط (مصرف مخلوط گازوئیل و گاز در موتور دیزلی).
۳. استفاده از سوخت آتشزا (پاشش مقدار اندکی گازوئیل جهت اشتعال سوخت گاز در موتور دیزلی).

- **موتورهای (Dedicated)**

این موتور فقط با گاز طبیعی کار می کند. این موتورها معمولا موتورهای بنزین سوزی هستند که در آنها با کمی تغییرات، گاز طبیعی با بنزین جایگزین می شود. این موتورها هم اکنون در کارخانجات معتبری چون فورد، جنرال موتور، هوندای آمریکایی ساخته می‌شود.

- **موتوهای تک‌سوخته (Mono fuel)**

در این گونه موتورها که در چند سال اخیر مطرح شده‌اند، اساس طراحی موتور برای حالت گازی بوده و سوخت اصلی موتور نیز گاز طبیعی فشرده می باشد. فقط برای مواقع ضروری باک کوچک پنج لیتری از بنزین در نظر می‌گیرند.

۱-۱-۳جداول مربوط به مشخصات سوخت های جایگزین[۳و۴]

جدول (۱-۱) عناصر گازي در CNG و LPG [۳]

عناصر گازي	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	C_4H_{10} normal	C_5H_{12}	C_5H_{12} normal	N_2	CO_2
CNG	۸۱/۸۴	۱/۵	۳/۱۶	۰/۳۷	۰/۶۶	۰/۱	۰/۰۸	۰/۵	۰/۳۷
LPG	–	–	۳۰	–	۷۰	–	–	–	–

جدول(۱-۲) خصوصيات فيزيكي و شيميايي LPG،CNG [۳]

خصوصيات نوع گاز	جرم مولكولي	ارزش حرارتي	چگالي	حد بالاي اشتعال	حد پايين اشتعال
CNG	۱۸/۹۳	۳۸_۵۰	۰/۶۵۸۷	%۱۵	%۵
LPG	۵۳	۴۶	۱/۵_۲	%۹/۵	%۲