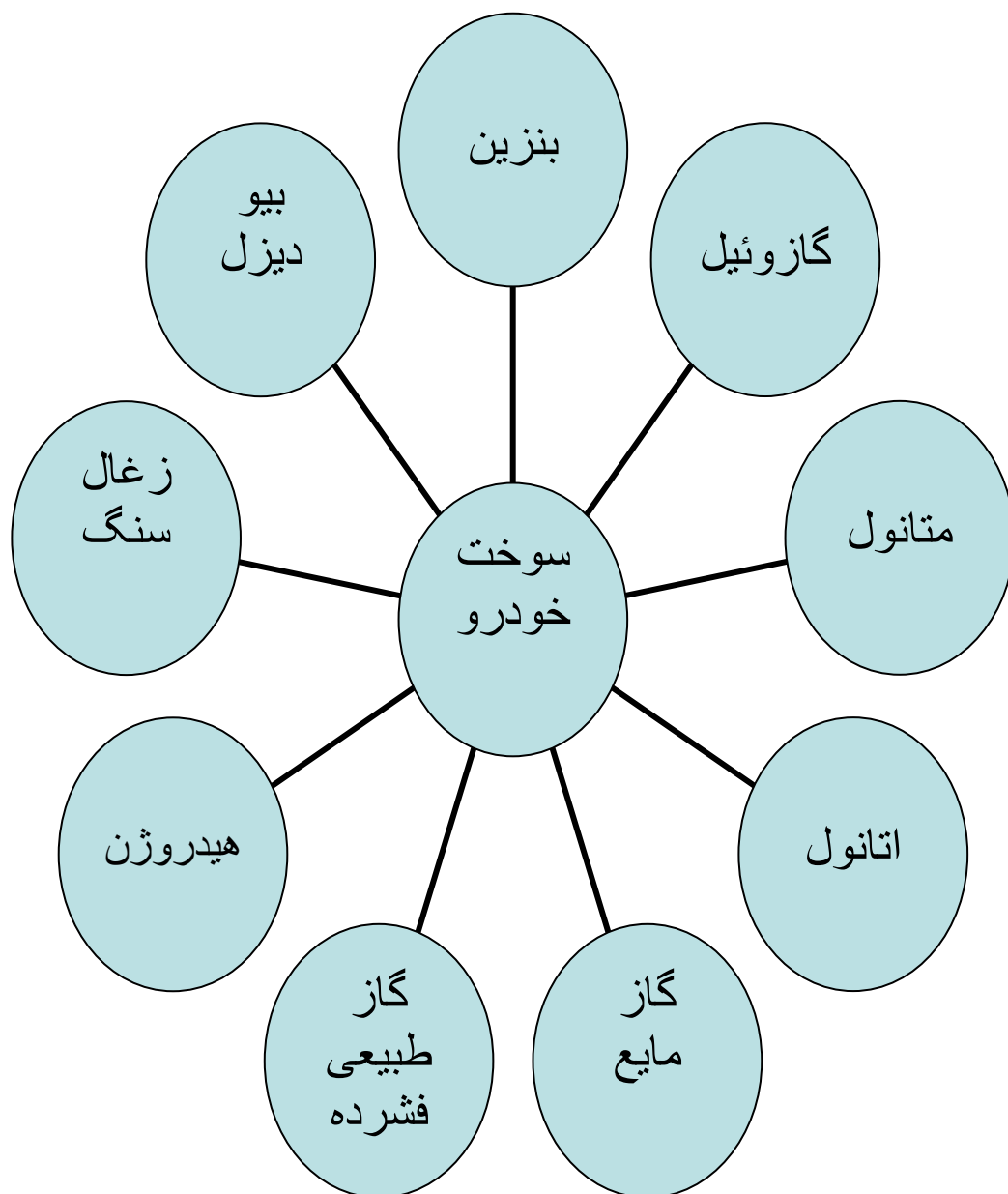


فصل اول-سوخت و احتراق



بخش اول - انواع سوخت

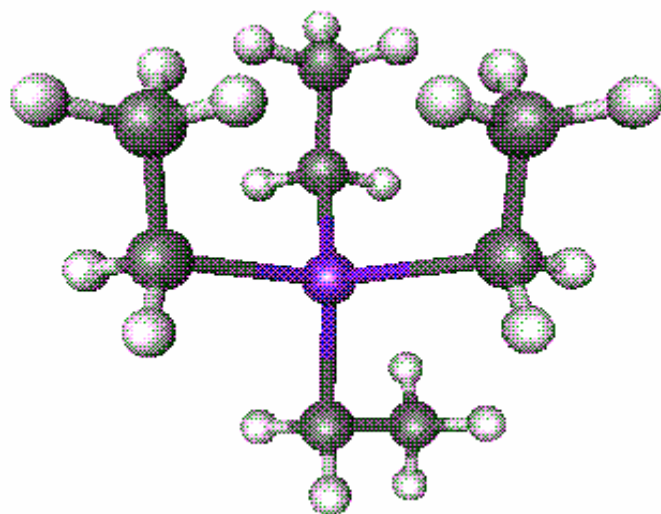
بنزین: رایجترین سوخت موتور خودروها بنزین مایع است. بنزین هیدروکربنی است که عمدتاً از هیدروژن و کربن تشکیل شده است.

بنزین از مشتقات نفت خام است. با حفاری چاه نفت؛ سنگ، نفت، گاز و مقداری آب در اثر فشار موجود به خارج هدایت می شوند و می بایستی حداکثر سعی در انتخاب چاه در ناحیه ای صورت گیرد که غنی ترین منبع نفت و گاز را دارد. این روش از خروج آب به همراه نفت و گاز جلوگیری می کند.

پس از خروج نفت خام و گاز از چاه آنها را از میان يك جدا کننده (separator) و یا تله (trap) عبور می دهند تا مایع و گاز را از هم جدا نمایند. پس از فرایندهای مقدماتی تصفیه؛ نفت خام را به وسیله لوله به پالایشگاه پمپ می کنند. در پالایشگاه نفت خام را پالایش می کنند و از آن بنزین، گازوئیل، روغن موتور، گریس و بسیاری فرآورده های دیگر به دست می آورند.

با توجه به نیاز زیاد به بنزین مقدار بنزین تولید شده از روش مستقیم کافی نمی باشد. لذا برای تامین مابقی احتیاجات از هیدروکربنهای دیگر استفاده می شود. اگر از هیدروکربنهای سنگین تر استفاده شود از مکانیزم شکستن مولکولهای بزرگتر استفاده می شود که به این روش کراکینگ (cracking) گفته می شود و اگر از هیدروکربنهای سبکتر استفاده شود عملی برعکس کراکینگ صورت می گیرد و آن درشت کردن مولکولهای ریز می باشد که به آن پلی مریزاسیون (polimerisation) می گویند. بنزین تولید شده از روش پلی مریزاسیون دارای درجه اکتان (معیار آرام سوزی بنزین) بالاتری نسبت به سایر بنزین ها است. البته بنزین تولید شده دارای درجه اکتان خوبی برای مصرف در موتورهای با نسبت تراکم (نسبت حجم ماکزیمم به حجم محفظه احتراق) متوسط و بالا نمی باشد، لذا درجه اکتان

بنزین را با افزودن تترا اتیل سرب بهبود می بخشند.



شکل ۱-۱ - ساختمان مولکولی تترا اتیل سرب

البته به علت مشکلاتی که تترا اتیل سرب برای محیط زیست ایجاد کرده است آن را با مواد دیگری مانند متانول جایگزین نموده اند. به طوری که با افزودن ده درصد متانول می توان اکتان بنزین را به اندازه سه درجه افزایش داد. ولی عمده مشکل این طریق، محدودیت اختلاط بنزین و متانول می باشد، که به آسانی از هم جدا می شوند و به صورت دو فاز در می آیند و اصولاً متانول سریعتر تبخیر می شود.

از مشکلات دیگر مصرف مخلوط بنزین و متانول در موتور آن است که مانند مخلوط بنزین و تترا اتیل سرب خاصیت روانکاری و ایزولاسیون ندارد. لذا باید قطعات اتاق احتراق از جنس با کیفیت بهتری انتخاب گردند.

برای کاهش اثرات زیان بار سرب بر قطعات موتور، برمید اتیلن نیز به سوخت اضافه می کنند تا تا سرب موجود در سوخت بعد احتراق به صورت برمید سرب از موتور خارج گردد.

ذکر این نکته ضروری است که چرخه اتو (چرخه موتورهای اشتعال - جرقه ای) با سوخت بنزین

تطابق دارد، یعنی سوخت مناسب موتورهای اشتعال- جرقه ای بنزین می باشد. لذا این سوخت را مبنا گرفته و سایر سوختهای مورد مصرف در این نوع موتورها را با آن مقایسه می کنند.

بنزین مناسب برای موتور خودرو باید دارای مشخصات زیر باشد:

۱. فراریت مناسب، که تعیین کننده سهولت تبخیر بنزین است.

۲. مقاومت در برابر انفجار.

۳. حاوی بازدارنده های اکسایش باشد که مانع تشکیل رسوب در سیستم سوخت رسانی شود.

۴. مواد ضد زنگ داشته باشد که مانع زنگ زدن قطعات فلزی در سیستم سوخت رسانی شوند.

۵. ضد یخ داشته باشد که مانع یخ زدن بنزین در بدنه دریچه گاز و سیستم سوخت رسانی می شود.

۶. پاک کننده داشته باشد تا کاربراتور یا انژکتور همواره پاکیزه بماند.

۷. رنگ شناسایی داشته باشد، مانند رنگ سرخ که بنزین سرب دار را به رنگ نارنجی در می آورد.

در گذشته جایگاههای فروش بنزین دو نوع بنزین سرب دار و بدون سرب عرضه می کردند. برای پیشگیری از مصرف سوخت نامناسب، دهانه باک خودروهایی که فقط بنزین بدون سرب مصرف می کنند، کوچکتر است. در پمپهایی که بنزین سرب دار می فروشند باید از سر لوله های قطور استفاده شود که نتوان آنها را به دهانه باک این اتومبیلها وارد کرد.

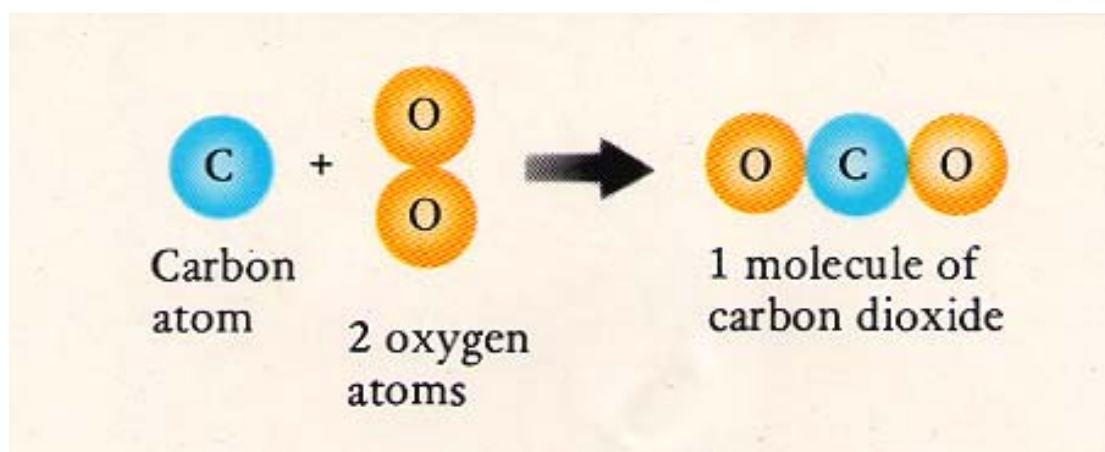
واکنش احتراق بنزین چنین است:



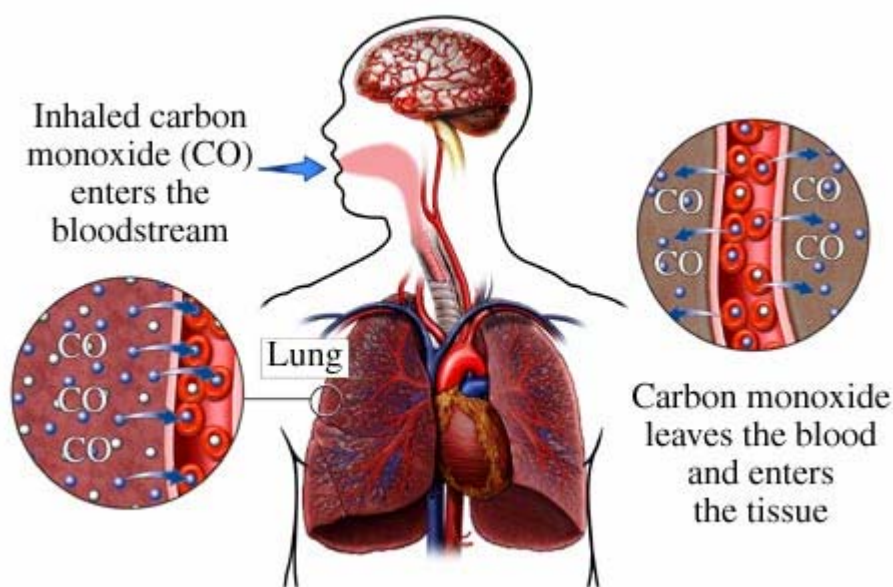
فرآیند احتراق با سوختن هیدروکربن (HC) در حضور نیتروژن (N) و اکسیژن (O_2) آغاز می شود.

در نتیجه احتراق بنزین، هوای حبس شده در سیلندر گرم و منبسط می شود و روی پیستون کار انجام می دهد. توجه کنید که HC در هر دو طرف معادله وجود دارد. یعنی مقداری از بنزین ورودی به محفظه احتراق سیلندر ها نسوخته خارج می شود. بنزین نسوخته به صورت بخار همراه دود از اگزوز بیرون می رود.

در سمت راست معادله، ترکیبهای تشکیل شده در حین احتراق نشان داده شده است. گاز خروجی از اگزوز علاوه بر HC همیشه حاوی مقداری منوکسید کربن (CO)، دی اکسید کربن (CO_2)، اکسیدهای نیتروژن (NO_x) و بخار آب (H_2O) می باشد. منوکسید کربن حاصل احتراق ناقص است. این گاز هنگامی تشکیل می شود که يك اتم کربن، به جای آنکه با دو اتم اکسیژن ترکیب شود، با يك اتم اکسیژن ترکیب شود. این کمبود اکسیژن مانع تشکیل دی اکسید کربن می شود. منوکسید کربن گازی سمی است که می تواند انسان را بکشد. گاز CO حاصل از سه دقیقه کار کردن موتور يك اتومبیل در فضای بسته گاراژ كوچك برای کشتن هر کس که در گاراژ حاضر باشد کافی است.



شکل ۱-۲ - ساختمان مولکولی دی اکسید کربن

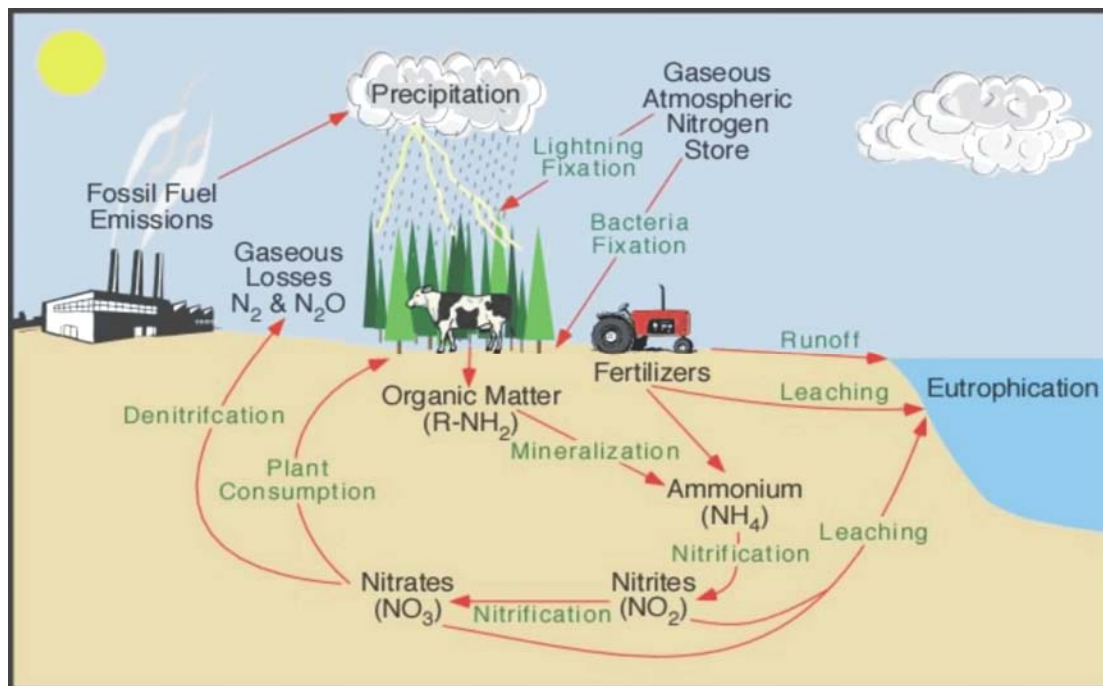


شکل ۳-۱- اثر منوکسید کربن بر بدن انسان

مه دود نوعی «هوای کثیف» است که در اثر احتراق بوجود می آید. یکی از دلایل پدید آمدن مه دود واکنشی است که بین هیدروکربنها (HC) و اکسیدهای نیتروژن (NO_x) در حضور نور خورشید انجام می شود. با جلوگیری از تشکیل اکسیدهای نیتروژن در موتور می توان مانع تشکیل مه دود شد. اکسیدهای نیتروژن بر اثر دمای بالای احتراق تشکیل می شوند. وقتی دما از 1370°C درجه سانتیگراد (2500°F درجه فارنهایت) بالاتر برود، گرما سبب می شود مقداری از نیتروژن و اکسیژن هوا با هم ترکیب شوند و اکسیدهای نیتروژن (NO_x) تشکیل دهند.

بخار آب و دی اکسید کربن گازهایی بی زیان اند. اما منوکسیدکربن، هیدروکربنها و اکسیدهای نیتروژن آلاینده های هوا هستند. این گازها هوایی را که تنفس می کنیم آلوده می سازند. تنفس هوای آلوده برای انسان و جانوران زیان آور است. درختان و گیاهان نیز بر اثر قرار گرفتن در معرض هوای آلوده آسیب می بینند. امروزه قوانین شدید و استانداردهای زیادی برای میزان آلاینده های خروجی خودرو وضع شده است.

ارزش حرارتی بنزین در حدود ۱۰۵۰۰ کیلو کالری بر کیلو گرم می باشد. (۳۲۳۰۰ KJ/LIT)



شکل ۴-۱ - چرخه نیتروژن

گازوئیل: این سوخت از محصولات تقطیر نفت خام بوده و دارای دمای تبخیر بالاتری از بنزین

می باشد، و در موتورهای اشتعال- جرقه ای قابل مصرف نمی باشد. زیرا به کندی و در دمای بالایی تبخیر می شود. لذا نمی تواند يك مخلوط همگن را در خارج اتاق احتراق فراهم کند. علاوه بر این قابلیت خودسوزی بالایی دارد و در نسبت تراکم پایین، خودبخود مشتعل می شود. اما در فشار و دمای بالا سرعت احتراق خوبی دارد.

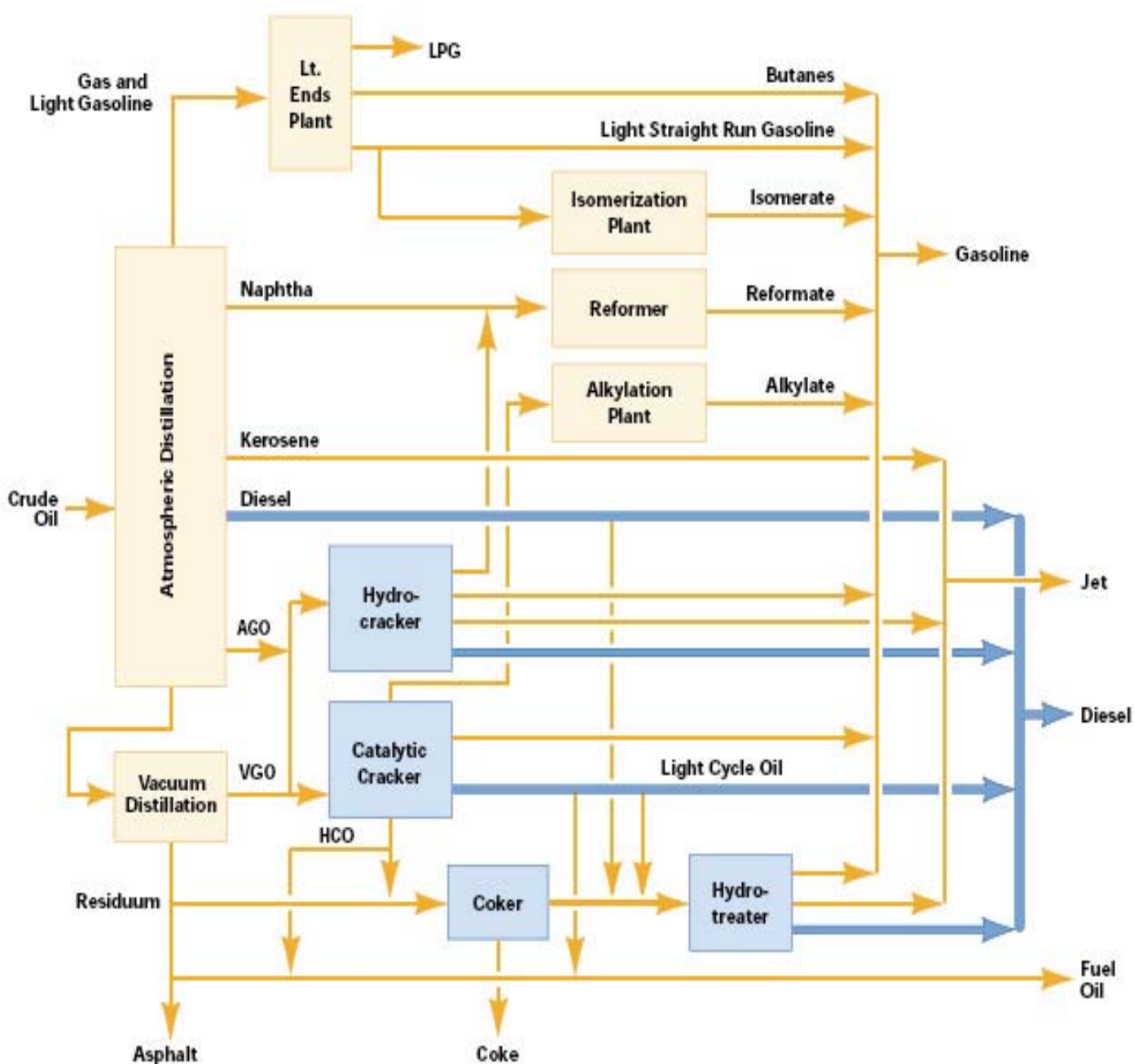
این سوخت را يك سوخت مناسب و مبنای سوخت موتورهای اشتعال- تراکمی قرار داده و سایر

سوخت ها را جهت مصرف در موتورهای دیزل با آن مقایسه می کنند.

ملاك کاربرد سوخت در موتورهای دیزل عدد ستان است و آن بیان کننده اشتعال سوخت در دما و فشار بالا در کوتاهترین مدت است.

باید توجه داشت در پیدا کردن سوخت جایگزین دیزل، سوختهای سنگین مناسبتر هستند. ولی عمده

مشکل مصرف آنها، لزجت بالای آنهاست که کار پمپ های سوخت رسانی را با مشکلاتی همراه می سازند. از معایب دیگر مصرف سوخت های سنگین در دیزل می توان به فساد پذیری آنها و از همه مهمتر افزایش آلودگی و بخصوص دوده اشاره کرد.



شکل ۵-۱ - تصفیه نفت خام

عددستان سوخت دیزل برای موتورهای اشتعال- تراکمی به اندازه عدد اکتان بنزین برای موتورهای اشتعال جرقه ای حاد نمی باشد. با این وجود خوب است برای اکثر طرحهای جدید موتور دیزل، سوختی داشته باشیم که عدد ستان آن بالاتر از ۴۰ باشد.

آب، رسوب و محتوی خاکستر سوختهای دیزل باید حداقل نگه داشته شوند. زیرا آلودگی ها یکی از علل اصلی مشکلات در موتورهای اشتعال- تراکمی می باشند. محتوی گوگرد می بایستی خیلی کم باشد تا از فرسایش و خوردگی سیلندر، سوپاپ و منیفولد خروجی جلوگیری کند.

در موتورهای دیزلی چون سوخت در انتهای کورس تراکم به داخل هوای متراکم و داغ محفظه احتراق پاشیده می شود و جرقه ای وجود ندارد که باعث اشتعال گردد، به همین خاطر کیفیت و ساختار

سوخت بایستی طوری باشد تا بصورت خودبخودی بلافاصله بعد از تزریق، مشتعل گردد. هرچه عدد

ستان سوخت دیزل بیشتر باشد، تاخیر در اشتعال سوخت کمتر خواهد بود. تاخیر در اشتعال (ignition

Delay) به فاصله زمانی بین شروع تزریق سوخت تا شروع احتراق سوخت گفته می شود. وجود

این فاصله زمانی به خاطر این است که، سوخت دیزل قبل از شروع احتراق بایستی يك سری فرآیند

های فیزیکی و شیمیایی را پشت سر بگذارد. این فرآیندها شامل: تمیزه شدن، تبخیر سوخت، مخلوط

شدن با هوا، کراکینگ سوخت و ایجاد واکنشهای پیش اشتعالی است. بالا بودن عدد ستان باعث کاهش

این تاخیر و اشتعال سریعتر سوخت می گردد. در صورتی که عدد ستان سوخت کم باشد، سوخت

تزریق شده بلافاصله بعد از پاشش مشتعل نشده و درون محفظه احتراق جمع می شود. حال اگر سوخت

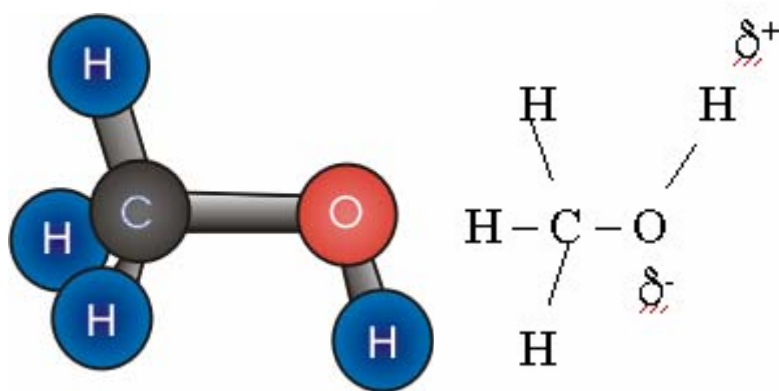
انباشته شده ناگهان مشتعل گردد، ضربه و صدای شدیدی را بنام ضربه دیزل (diesel knock) ایجاد

می نماید، که گاهی اوقات آسیبهای جدی را برای موتور به همراه خواهد داشت.

عدد ستان عکس عدد اکتان است، طوری که ساختار شیمیایی متفاوت بنزین و گازوئیل باعث شده که

نتوان در موتورهای دیزلی از بنزین و در موتورهای اشتعال جرقه ای از گازوئیل استفاده نمود. مهمترین خواص سوخت های دیزل عبارت است از: کیفیت احتراق (میل به اشتعال)، وزن مخصوص، گرمای احتراق، فراریت، درجه خلوص و خاصیت خوردندگی و چسبندگی. می دانیم که وزن مخصوص سوخت به اندازه مولکولهای آن بستگی دارد، اما خواصی مانند: فراریت، ویسکوزیته و کیفیت احتراق به آرایش اتمهای مولکول نیز وابسته بوده، این خواص با هم تغییر پیدا می کنند. ارزش حرارتی گازوئیل در حدود ۱۰۰۰۰ کیلو کالری بر کیلو گرم می باشد.

متانول: نوع دیگری از الکل که می توان آن را در موتور سوزاند متانول یا الکل چوب است. این سوخت به شدت سمی و خورنده است. انرژی این سوخت نصف انرژی بنزین است (۱۵۹۰۰ کیلو ژول در هر لیتر، در مقایسه با ۳۲۳۰۰ کیلو ژول در هر لیتر بنزین). نسبت هوا- سوخت برای متانول در حدود ۱۶٫۴ است. در نتیجه برای مصرف متانول باید تغییراتی در سیستم سوخت رسانی ایجاد کرد. چون متانول بسیار خورنده است، آلومینیوم، لحیم، پلاستیک و سایر مواد را از بین می برد. برای جلوگیری از آسیب دیدن سیستم سوخت رسانی باید اجزاء و قطعات این سیستم را از فولاد ضد زنگ و سایر فلزات و پلاستیکهای مقاوم در برابر متانول ساخت.



شکل ۶-۱- ساختمان مولکولی متانول

متانول خالص به سهولت بنزین تبخیر نمی شود. بنابراین با افزودن مقداری بنزین، موتور در حالت سرد آسانتر روشن و بهتر گرم می شود. یکی از مخلوطهای مورد استفاده M85 نام دارد که از ۸۵٪ متانول و ۱۵٪ بنزین تشکیل می شود. با افزودن بنزین این سوخت ایمن تر می شود. زیرا بنزین سریعتر تبخیر شده و در نتیجه بخار جمع شده در بالای سوخت مایع در باک نسبت به بنزین غلیظ می شود. در این حالت بخار و رای نقطه اشتعال یا دمایی است که می تواند در آن مشتعل شود و بسوزد. متانول خالص با شعله ای تقریباً نامرئی می سوزد. افزودن بنزین به شعله رنگ می دهد. این ویژگی در هنگام آتش سوزی اهمیت دارد.

عیب دیگر متانول این است که آب جذب می کند. اگر آب وارد مخلوط بنزین و متانول شود، این دو از هم جدا می شوند. در نتیجه موتور خاموش می شود. زیرا سیستم سوخت رسانی فقط می تواند مخلوط را به موتور برساند.

یکی از محاسن استفاده از متانول آن است که می توان متانول را از زغال سنگ، شیل نفتی، چوب، کود، زباله و سایر مواد آلی ساخت. سالهاست که در اتومبیلهای مسابقه ای از این سوخت استفاده می شود. متانول تنها سوخت مایع تمیز و قابل ذخیره سازی است که تاکنون از زغال سنگ استخراج شده است.



شکل ۷-۱- اتومبیل مسابقه ای با مصرف سوخت متانول

بعضی از سیستمهای سوخت رسانی خودروها يك حسگر سوخت انعطاف پذیر دارند. وجود این حسگر به خودرو امکان می دهد که با انواع سوختهای مخلوط (مخلوطهای مختلف بنزین و الکل) کار کند. این حسگر درصد متانول سوخت را تعیین کرده و آن را به اطلاع واحد کنترل الکترونیکی (ECU) می رساند. واحد کنترل الکترونیکی منحنی جرعه زدن شمع و تنظیم زمانی انژکتور را، متناسب با سوخت مصرفی، تغییر می دهد.

خودرویی که به این سیستم سوخت رسانی مجهز باشد، خودرو با سیستم سوخت رسانی انعطاف پذیر یا خودرو چند سوختی نامیده می شود. این نوع خودرو می تواند سوختهای مختلف از بنزین خالص تا متانول خالص را مصرف کند. به علاوه، با ایجاد تغییرات جزئی، می توان آن را با استفاده از اتانول هم به حرکت در آورد.

ارزش حرارتی متانول در حدود ۴۷۰۰ کیلو کالری بر کیلو گرم و دانسیته آن در حدود ۰,۷۹۹ گرم بر سانتیمتر مکعب می باشد.

از مصرف متانول در موتورها نکات زیر گزارش شده است:

۱. مصرف مخصوص شدیداً افزایش یافته است. حتی بعضی افزایش صد در صد را گزارش کرده اند.
۲. اختلاط X درصد متانول به بنزین باعث افزایش مصرف $0.3X$ درصد خواهد شد.
۳. اختلاط متانول به بنزین باعث گسترش حد احتراق بنزین می شود.
۴. به علت تبخیر زیاد باعث جذب دمای هوای ورودی به موتور شده که سبب افزایش دانسیته آن گردیده و منجر به افزایش راندمان حجمی (در حدود ۸ درصد) می شود.
۵. به علت داشتن سرعت شعله بالا، با آزاد کردن سریع حرارت در کورس قدرت، افزایش قدرتی در حدود ۱۲ درصد نسبت به بنزین خواهد داشت، که این رقم در موتورهای با تراکم بالا به ۲۰ درصد هم خواهد رسید.
۶. اختلاط X درصد متانول به بنزین باعث افزایش قدرت موتور به میزان $0.1X$ درصد خواهد شد.
۷. به علت اینکه متانول دارای ۸ درجه اکتان بالاتری نسبت به بنزین می باشد، لذا می توان متانول را در موتورهای با نسبت تراکم بالا استفاده نمود.
۸. افزایش حدود ۱۵ درصد متانول به بنزین باعث افزایش حدود ۳,۵ درجه اکتان سوخت خواهد شد.
۹. میزان منوکسید کربن در محصولات احتراق آن در قدرتهای بالا به مقدار جزئی کمتر از موتور بنزین سوز است. ولی در قدرتهای پایین کاهش منوکسید کربن زیاد می باشد.
۱۰. میزان هیدروکربنهای نسوخته (HC) در محصولات احتراق، با اختلاط ۲۵ درصد متانول

به بنزین دريك موتورك سيلندر ۹۰ درصد کاهش و در يك موتور چند سيلندر ۲۰ درصد کاهش داشته است.

۱۱. در مصرف متانول دوده توليد نمی شود.

۱۲. مقدار NO_x (اکسیدهای ازت) در حدود ۲۰ تا ۶۰ درصد (بخصوص در نسبت رقيق سوخت- هوا) نسبت به مصرف بنزین کاهش نشان داده است.

۱۳. بعلت پایین بودن دمای شعله افت حرارتی توسط سیستم خنك کننده در حدود ۱۰ درصد کمتر است.

۱۴. به علت تبخیر پذیری شدید و جذب حرارت از هوای ورودی روشن شدن موتور در حالت سرد و در دمای زیر ۱۲- درجه سانتیگراد مشکل می باشد. در حالت متانول خالص این امر در دمای ۱۲- درجه سانتیگراد غیر ممکن می باشد، که با اضافه کردن ۳ درصد بوتان به متانول خالص به موتور اجازه می دهند تا در حدود ۱۲- درجه سانتیگراد روشن شود.

۱۵. مشکل فوق را تا دمای ۳۰- درجه سانتیگراد هم با اختلاط ۳۰ درصد بنزین به متانول حل کرده اند.

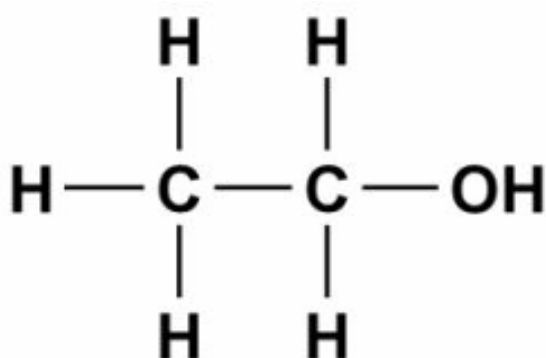
۱۶. اگرچه افزودن آب به متانول باعث کاهش آلودگی NO_x می شود (۲۰ درصد آب باعث کاهش ۲۵ درصد NO_x می شود) ولی آلودگی های دیگر را افزایش داده و نیز باعث کاهش راندمان می شود و بعلاوه باعث افت قدرت به میزان ۳۰ درصد به ازای افزایش هر ۱۰ درصد آب خواهد شد.

۱۷. چون سرعت شعله بالایی دارد، می توان زمان جرقه شمع را به تعویق انداخت و بدین ترتیب مقدار آلودگی NO_x را کاهش داد.



شکل ۸-۱- خودروی مرسدس بنز با مصرف سوخت متانول

اتانول: بنزین الکلی معمولاً مخلوطی از ۱۰٪ الکل اتیلیک یا اتانول و ۹۰٪ بنزین بدون سرب است. الکل اتیلیک از شکر، غلات یا سایر مواد آلی استخراج می‌شود. موتور خودرو می‌تواند بدون ایجاد تغییر در سیستم سوخت رسانی، با بنزین الکلی کار کند. در حقیقت بنزین الکلی مصرف بنزین و در نتیجه نیاز به نفت خام را کاهش می‌دهد.



شکل ۹-۱- ساختمان مولکولی اتانول

اگر بیش از ۱۰٪ الکل اتیلیک به بنزین اضافه شود، باید سیستم سوخت رسانی را اصلاح کرد تا

موتور بتواند با این نوع سوخت کار کند. برای مصرف الکل اتیلیک خالص باید از نسبت هوا- سوخت

۱:۹ استفاده کرد. نسبت هوا- سوخت ایده آل برای مصرف بنزین خالص ۷ / ۱۴:۱ است.

نتایج بدست آمده از مصرف اتانول در موتور عبارتند از:

۱. افزایش قدرت در حدود ۵٪ نسبت به سوخت بنزین.

۲. افزایش مصرف مخصوص در حدود ۴۵٪.

۳. درجه اکتان اتانول نسبت به بنزین معمولی ۱۳ واحد بیشتر بوده پس در موتورهای با تراکم

بالا قابل مصرف است.

۴. اختلاط ۱۰٪ اتانول به بنزین مقدار اکتان بنزین را ۵ واحد بالاتر می برد.

۵. اختلاط حدود ۳۰٪ اتانول به بنزین آلودگی از نوع منواکسید کربن (CO) را کاهش می دهد.



شکل ۱۰-۱- خودروی هیبریدی فورد با مصرف سوخت اتانول (E85)

گاز مایع LPG: گاز مایع را از نفت خام استخراج می کنند. این گاز تحت فشار مایع است و

وقتی فشار برطرف شود به حالت گاز در می آید. گاز مایع که در اغلب خودروهای گازسوز مصرف

می شود، پروپان است. خودرو باید به سیستم سوخت رسانی ویژه ای مجهز باشد، تا بتواند پروپان را

که تحت فشار ۱۳۸۰ کیلو پاسکال (۲۰۰ پوند بر اینچ مربع) در کیسولهایی در عقب خودرو ذخیره

می شود، مصرف کند.

یکی از محاسن گاز مایع مقدار نامی عدد اکتان آن است، که از ۱۰۰ بالاتر است. در نتیجه، موتور گازسوز می تواند نسبت تراکم بالاتری داشته باشد و با توان و بازده بیشتری کار کند. گاز مایع در محفظه احتراق نیز تمیز سوخته و در صورت مصرف گاز مایع سایش اجزای موتور کاهش می یابد. چون سیستم سوخت رسانی خودروهای گازسوز کاملاً درز بندی شده است، برای انتقال گاز مایع از مخزن به موتور، نیازی به پمپ نیست و از وسایل کنترل آلاینده‌گی کمتری استفاده می شود.

گاز مایع (Liquified Petrolume Gas) که به طور اختصار "LPG" گفته می شود مخلوطی از گازهای پروپان، بوتان، پروپیلن، بوتیلن و دیگر گازها می باشد، که به آسانی با افزایش فشار و کاهش دما به مایع تبدیل می گردد. این گاز معمولاً به صورت میان تقطیری و به هنگام تولید و پالایش نفت خام و عملیات پتروشیمی تولید می شود. همچنین می توان آنرا از طریق عملیات پالایش بین ۲۵ تا ۴۰ درصد تولید گازهای طبیعی که شامل متان می باشد به دست آورد. گاز مایع به عنوان يك سوخت جهت مصارف خانگی و تجاری و تولید گرما و نیز به عنوان سوخت پالایشگاهها مورد استفاده قرار می گیرد. ولی در چند سال اخیر در بسیاری از کشورها به عنوان سوخت خودرو نیز به کار برده شده است.

برای شناخت و بررسی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی گاز مایع کافی است ویژگی های بوتان و پروپان را که از اجزاء اصلی آن می باشد مورد بررسی قرار دهیم. این دو گاز از لحاظ فیزیکی بین گازهای طبیعی (مانند متان) و هیدروکربنهای مایع (مانند بنزین) قرار دارند.

گاز مایع خالص، بی رنگ و بی بومی باشد و هیچ مزه ای ندارد. این گاز برای سلامتی انسان بی ضرر بوده، ولی چنانچه مقادیر زیادی از آن را تنفس کنیم، می تواند موجب بیهوشی شود. گاز مایع معمولاً

دارای مقادیر ناچیزی از ناخالصی مانند گوگردهای آلی، نیتروژن و ترکیبات اکسیژن بوده واز اینرو ممکن است بوی مخصوصی از آن استشمام شود. در بیشتر کشورها به گاز مایع مواد بودار افزوده می گردد تا بدینوسیله بتوان نشتی های ناخواسته آنرا بوسیله بویایی احساس کرد.

وزن مخصوص: گاز مایع در حالت گاز و مایع دارای دو وزن مخصوص متفاوت می باشد. به همین دلیل وزن مخصوص گاز مایع را در حالت مایع نسبت به آب و در حالت گازی نسبت به هوا می سنجند.

وزن مخصوص پروپان نسبت به آب 0.51 و در حالت گازی نسبت به هوا 1.52 می باشد. این مقادیر برای بوتان نرمال بترتیب 0.58 و 2.01 می باشد. گاز مایع در حالت مایع از آب سبکتر بوده و در حالت گازی $1/5$ تا $2/0$ برابر از هوا سنگین تر است. این درحالی است که گاز طبیعی از هوا سبکتر بوده و در صورت بروز نشتی، در هوا به آسانی پراکنده خواهد شد. در حالیکه گاز مایع بدلیل آنکه از هوا سنگین تر می باشد بطرف سطوح پایین تر جریان یافته و این بزرگترین عیب آنست. زیرا در صورت نشت در محیط می تواند در سطح زمین تجمع کرده و باعث بروز حوادث ناشی از انفجار گردد.

با افزایش دما وزن مخصوص بیشتر سیالات کاهش خواهد یافت. از آنجا که وزن مخصوص و حجم گاز مایع شدیداً به دما بستگی دارد، چنانچه گاز مایع را در يك سيلندر انباشته کنیم، تغییرات حجمی آن نسبت به مایعات دیگر شدید خواهد بود. برای مثال ۱ لیتر گاز مایع در دمای 15°C درجه سانتیگراد حجمی برابر $1/5$ لیتر در دمای 50°C درجه سانتیگراد خواهد داشت. به عبارت دیگر با افزایش دما به میزان 35 درجه سانتیگراد حجم آن به اندازه 0.5 لیتر افزایش خواهد یافت.

این ویژگی گاز مایع در فصلها و شرایط کاری مختلف آن باید مورد توجه قرار گیرد. به همین دلیل

از لحاظ ایمنی باید از پر کردن کامل مخازن گاز مایع اجتناب گردد. علاوه بر آن در طراحی این مخازن نیز باید ملاحظات ایمنی مربوط به این ویژگی گاز مایع کاملاً در نظر گرفته شود.

نقطه جوش: نقطه جوش گاز مایع دمایی است که در فشار ۷۶۰ میلیمتر جیوه، گاز مایع از حالت مایع به حالت گازی شکل در می آید. مقدار این دما برای پروپان و بوتان به ترتیب ۴۲/۱- و ۵۰/۰- درجه سانتیگراد می باشد. با توجه به نقطه جوش بنزین می توان نتیجه گرفت که نقطه جوش گاز مایع حدود ۳۵ درجه سانتیگراد از نقطه جوش بنزین کمتر است.

همانگونه که می دانیم نقطه جوش همه مواد با افزایش فشار افزایش می یابد. به همین دلیل برای تبخیر گاز مایع لازم است فشار آن را به میزان معینی کاهش دهیم یا اینکه دمای آنرا به میزان معینی افزایش دهیم. به همین ترتیب برای مایع کردن آن باید فشار را افزایش داده و یا دمای آنرا به میزان معینی کاهش دهیم، که معمولاً روش اول به کار برده می شود.

در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد، پروپان تحت فشار ۸ کیلو گرم بر سانتیمتر مربع و بوتان نرمال تحت فشار ۲ کیلو گرم بر سانتیمتر مربع به مایع تبدیل خواهد شد. گاز مایع نیز در دمای محیط به آسانی به گاز تبدیل می شود و از اینرو می توان بسادگی آنرا درون مخزن ذخیره نمود و به عنوان سوخت خودرو مورد استفاده قرار داد.

چنانچه گاز مایع را در مخزنی ذخیره کنیم، حجم آنرا می توان کاهش داد و در هنگام استفاده از آن و پس از خارج شدن از مخزن در فشار و دمای معمولی حجم آن افزایش خواهد یافت.

حجم گازهای پروپان و بوتان در حالت مایع نسبت به حالت گازی به ترتیب ۲۴۰ و ۲۷۰ برابر کاهش می یابد. با توجه به این موضوع، چنانچه ۱ لیتر گاز مایع تبخیر گردد حجم آن ۲۷۰ برابر می شود. لذا می توان نتیجه گرفت که نشتی يك قطره از گاز مایع می تواند در دما و فشار معمولی به حجم

زیادی از گاز در محیط تبدیل گردد و از اینرو هر گونه نشتی آن بسیار خطرناک خواهد بود.

نقطه ذوب: نقطه ذوب يك ماده دمایی است که در آن از حالت جامد به حالت مایع تبدیل می شود. نقاط

ذوب پروپان و بوتان نرمال بترتیب برابر $188/7$ - و $138/4$ - درجه سانتیگراد می باشد.

فشار بخار: در فضای بالای يك مخزن، گاز مایع بصورت بخار و در فضای پایینی آن بصورت مایع

می باشد. بطوریکه شماری از مولکولها در اثر جنب و جوش و تحرک از سطح مایع می گریزند و در

برخی مواقع مولکولهای گاز وارد مایع می شوند. مولکولهای پرتلاطم در اثر برخورد با جداره مخزن

فشار معینی را ایجاد می کنند و موجب برقراری تعادل در يك دمای معین می گردند. بخشی از گاز

مایع تبخیر گردیده و فضای بالای مخزن را اشغال می نماید. این حالت مرتباً ادامه یافته و زمانی متوقف

می گردد که تعادل بین فشار مایع و گاز پدید آید. هنگامیکه فشار افزایش یابد بخشی از گاز تبدیل به

مایع می گردد و برعکس زمانی که این فشار کاهش یابد دوباره بخشی از مایع به گاز تبدیل خواهد شد.

بطوریکه همواره بین فاز گاز و فاز مایع تعادل ایجاد می شود. حال چنانچه حجم گاز کاهش یابد، فشار

گاز تا زمانی که مایع باقی است تغییری نخواهد کرد. این پایداری تعادل فشار اصطلاحاً "فشار بخار"

(vapor pressure) نامیده می شود.

گرمای نهان تبخیر: حتماً هنگام لمس کردن الکل یا بنزین احساس سردی کرده اید. این ویژگی بدلیل

نیاز اینگونه مواد به جذب مقدار معینی گرما جهت تبدیل از حالت مایع به گاز می باشد. اصطلاحاً این

گرما را گرمای نهان یا "گرمای نهان تبخیر" (heat of vaporization) می نامند.

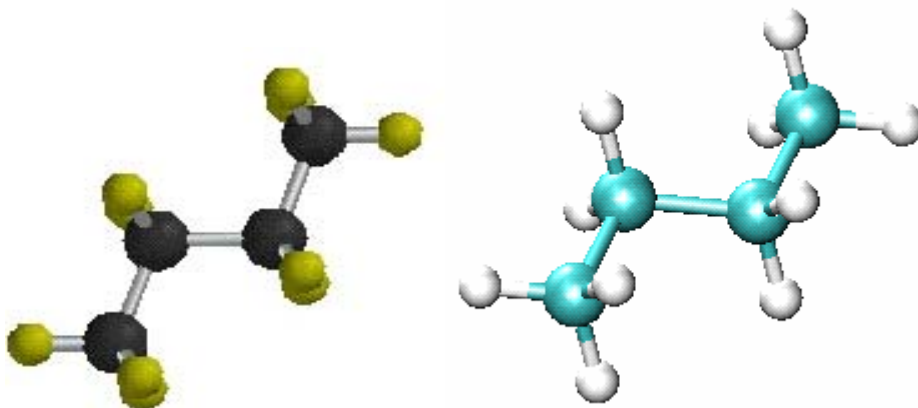
اساساً عمل تبخیر نیاز به دو گونه گرما خواهد داشت. یکی جهت افزایش دمای مشخص (sensible

Heat) و دیگری برای تغییر فاز از حالت مایع به گاز می باشد. این گرماها در خلال جریان تبخیر

شدن مایعات جذب گردیده و پس از مایع شدن آنها، مجدداً آزاد می شود.

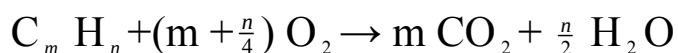
گرمای نهان تبخیر گاز مایع و بوتان نرمال بترتیب ۱۰۷/۱ و ۹۱/۵ کیلو کالری برکیلو گرم می باشد. مقدار گرمای نهان جذب شده بستگی به میزان دمای گاز مایع دارد و فشار بخار آن به هنگام تبخیر آن کاهش می یابد. در جریان تخلیه پروپان از سیلندر و به هنگام تبخیر شدن پروپان مایع، گرمای نهان تبخیر مورد نیاز آن جذب گردیده و می توان گفت دمای پروپان مایع کاهش یافته و از فشار درونی آن در مخزن کاسته می گردد. لازم به ذکر است که این ویژگی پروپان ایمنی مخزن گاز مایع را افزایش خواهد داد. برای بدست آوردن حجم زیادی از گاز درون مخزن یا باید مخزن را گرم کرد و یا اینکه گاز مایع را تخلیه و تبخیر نمود.

ارزش حرارتی: ارزش حرارتی بنا به تعریف مقدار گرمایی است که در هنگام احتراق کامل یک واحد حجم از هر نوع سوخت آزاد می گردد. ارزش حرارتی بر حسب دو واحد (kcal/kg) و (kcal/cm^3) بیان می گردد. بنا به تعریف یک کیلو کالری عبارت است از مقدار گرمایی که لازم است تا دمای یک کیلو گرم آب را به اندازه یک درجه سانتیگراد افزایش دهد. ارزش حرارتی پروپان و بوتان به ترتیب (kcal/kg) ۱۱۰۸۰ و (kcal/kg) ۱۰۹۲۰ می باشد. این مقادیر کمی بیش از ارزش حرارتی بنزین است که (kcal/kg) ۱۰۵۰۰ می باشد. به عبارت دیگر برای بدست آوردن انرژی گرمایی یکسان از گاز مایع و بنزین به مقدار کمتری از گاز مایع نسبت به بنزین نیازمندیم.

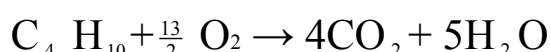
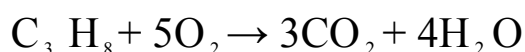


شکل ۱-۱۱ - ساختمان مولکولی بوتان

نسبت هوا به سوخت احتراق: گاز مایع مشابه بنزین پس از احتراق کامل به آب و دی اکسیدکربن تبدیل می شود. فرمول عمومی این واکنش شیمیایی به شکل زیر می باشد:



این فرمول برای پروپان و بوتان عبارت است از:



با توجه به روابط بالا، میزان اکسیژن مورد نیاز جهت احتراق کامل، پنج برابر پروپان و ۶/۵ برابر میزان بوتان می باشد. چنانچه احتراق کامل نباشد، مشابه بنزین پس از احتراق، منوکسید کربن و احتمالاً دوده نیز تولید خواهد شد. از آنجا که نسبت حجمی اکسیژن موجود در هوا حدوداً ۲۱٪ می باشد می توان نتیجه گرفت میزان حجم هوای لازم جهت احتراق يك مترمکعب از گازهای پروپان و بوتان بترتیب برابر ۲۴ و ۳۱ متر مکعب خواهد بود. از لحاظ وزنی نیز هوای لازم جهت احتراق يك کیلوگرم پروپان و بوتان برابر ۱۵/۷۱ و ۱۵/۴۹ کیلوگرم می باشد. بدیهی است که مقادیر فوق نسبت هوا به سوخت مورد نظر جهت احتراق کامل پروپان می باشد.

حد احتراق: میزان نسبت هوا به سوخت جهت احتراق مناسب و متناوب يك سوخت به نوع سوخت بستگی دارد. حد احتراق پروپان بین ۲/۴ تا ۹/۵ درصد بوده و این مقدار برای گاز مایع بین ۱/۸ تا ۹/۵ درصد می باشد. باید توجه داشت که احتراق متناوب در شرایطی انجام می گردد که حد احتراق در يك محدوده خاصی قرار داشته باشد. عبارت دیگر چنانچه چگالی پروپان کمتر از ۲/۴ درصد باشد (یعنی کمترین حد) احتراق انجام نخواهد شد و اگر این مقدار از ۹/۵ درصد بیشتر شود بدلیل کمبود مقدار هوا باز احتراقی صورت نخواهد گرفت. بنا به تعریف محدوده ای که در آن مخلوط مناسب هوا

و گاز مورد نظر عمل احتراق انجام می دهد "حد انفجار" (explosive limit) نامیده می شود.

محدوده احتراق پروپان و بوتان نسبت به بنزین بسیار کوچکتر می باشد که در نتیجه دارای ضریب ایمنی بالاتری خواهد بود.

سرعت اشتعال (flame speed): بنا به تعریف سرعت اشتعال به سرعت انتشار شعله احتراق درون

یک گاز قابل انفجار گفته می شود. سرعت اشتعال به عواملی مانند نوع مواد ترکیبی، فشار و دمای گاز بستگی دارد. عموماً سرعت اشتعال با افزایش فشار و دما افزایش می یابد. میزان سرعت اشتعال برای گاز مایع نسبت به اکسیژن یا گاز شهری بسیار کمتر و نسبت به بنزین به میزان ناچیزی کمتر است. باید توجه کنیم سرعت اشتعال بر روی زمان جرقه (ignition timing) یا اصطلاحاً تایمینگ موتور تاثیر می گذارد. زمان جرقه در احتراق گاز مایع باید نسبت به بنزین کمی آوانس باشد.

نقطه اشتعال (flash point): همانگونه که قبلاً گفتیم هر سوختی محدوده احتراق ویژه ای دارد. بنا به

تعریف نقطه اشتعال به پایین ترین دمایی گفته می شود که در آن دما، بخارات یک سوخت در هوا شعله ور می گردد. البته باید به این نکته توجه کنیم که یک سوخت بدون وجود یک منبع جرقه در نقطه اشتعال خود شعله ور نمی گردد. گاز مایع در دمای معمولی همواره می تواند شعله ور گردد.

نقطه جرقه (ignition point): هنگامیکه یک سوخت بتدریج تا نقطه شعله وری گرم می شود، احتراق

بدون وجود منبع جرقه می تواند انجام شود. بنا به تعریف نقطه احتراق به پایینترین دمایی گفته می شود که در آن عمل احتراق بخودی خود انجام می گیرد. نقطه احتراق پروپان و بوتان بترتیب برابر ۵۵۰ و ۴۹۰ درجه سانتیگراد می باشد که کمی بیشتر از نقطه احتراق بنزین (۳۸۰-۳۶۰ درجه سانتیگراد) است. به همین دلیل می توان گفت که گاز مایع نسبت به بنزین از ایمنی بیشتری برخوردار است.

میل ترکیب با مواد دیگر: پروپان و بوتان که هیدروکربنهای اصلی تشکیل دهنده گاز مایع هستند،

ترکیبات آلی بسیار پایدار با میل ترکیبی کم می باشند. این مواد مشابه بنزین به آسانی موجب تجزیه لاستیک طبیعی و رنگ می شود. از اینرو به مواد ضد نشت ویژه ای جهت گاز بندی نیاز می باشد.

کاربرد گاز مایع به عنوان سوخت خودروها: گاز مایع مصرفی خودروها باید دارای ویژگیهای زیر باشد:

۱. بدون ناخالصی باشد.

۲. فشار بخار مناسبی داشته باشد. یعنی در هنگام احتراق دارای فشار مناسبی جهت شعله ور شدن باشد.

۳. دارای هیدروکربنهای اولفینی نباشد.

مزایای گاز مایع به عنوان سوخت خودرو:

۱. از لحاظ اقتصادی هزینه سوخت آن کمتر است.

۲. از آنجا که گاز مایع به حالت تبخیر شده درون موتور تزریق می گردد، عمل احتراق کاملتر

بوده و دوده کمتری درون سیلندر ایجاد می نماید. از اینرو عمر مفید قطعات افزایش یافته و روغن موتور و شمعها دیرتر فرسوده می شوند.

۳. بدلیل آنکه گاز مایع دارای فشار مناسبی است، نیازی به استفاده از پمپ سوخت نمی باشد.

۴. عدد اکتان بالا و ارزش حرارتی مناسب گاز مایع بازده موتور را افزایش می دهد و بعبارت دیگر اثر کوبش موتور را کاهش می دهد.

در مناطق سردسیر به دلیل پایین بودن دمای مخزن، گاز مایعی که تنها شامل بوتان باشد، نمی تواند بطور مناسبی موتور را تغذیه کرده و آنرا روشن نماید. هنگام زمستان در اوایل صبح که هوا بسیار

سرد می باشد فشار بخار بوتان به قدری پایین است که نمی تواند به تبخیر کننده وارد شود. برای حل این مشکل به بوتان مقداری پروپان افزوده می گردد. و از آنجا که پروپان دارای نقطه جوش بسیار پایینی است، می تواند گاز مایع را با فشار مناسب برای موتور تامین نماید. ولی در تابستان که هوا گرم است، بوتان به تنهایی می تواند موتور را روشن کند.

هیدروکربنهای اولفینی مواد آلی مهمی هستند که جهت کاهش پدیده ضربه (knock) در موتور و پیش گیری از تشکیل رسوبات نامطلوب بکار برده می شوند. البته مقدار آن از حد معینی نباید تجاوز کند. زیرا موجب کاهش عدد اکتان گردیده و از کارایی موتور می کاهد.

اساساً پروپیلن و بوتیلن دو هیدرو کربن اولفینی با میل ترکیبی بسیار بالا بوده و به آسانی به پلیمرهای قیری شکل (tar polymers) تبدیل می شوند. این مواد موجب بروز اشکال در کارکرد درست تبخیر کننده گردیده و در اثر خوردگی سریع دیافراگم تبخیر کننده، موجب کاهش عمر آن می شوند.

گاز طبیعی فشرده (CNG): این گاز را از چاههای حفر شده جهت استخراج نفت خام و به همراه

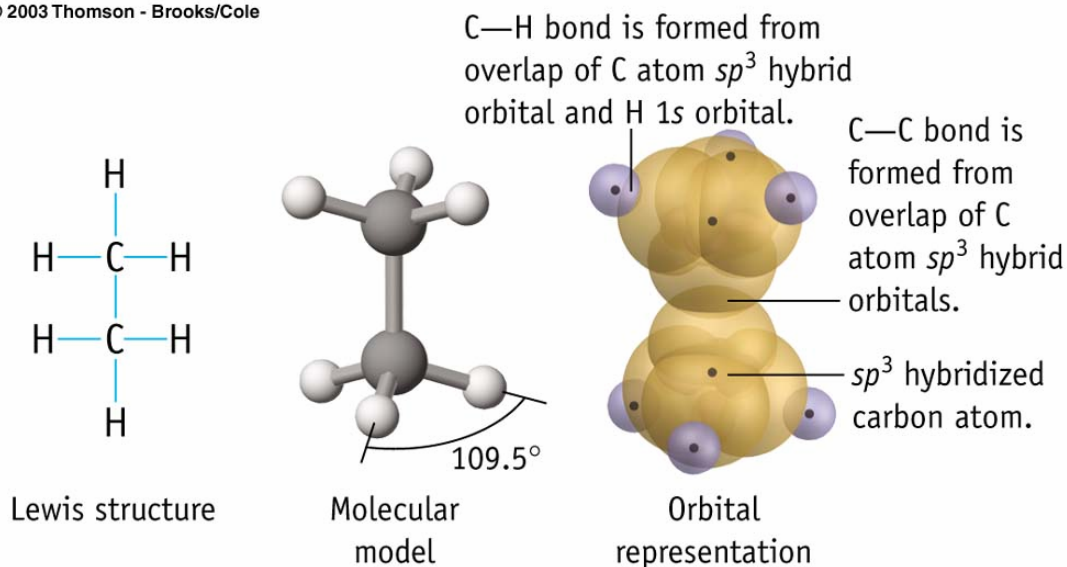
نفت خام بدست می آید و یا از چاههایی که فقط گاز طبیعی از آن خارج می شود بدست می آید.

لذا چون بطور طبیعی بدست می آید به آن گاز طبیعی می گویند (NG) natural gas و چون آن را تحت فشار بالایی قرار داده و بصورت گاز فشرده در می آورند به آن گاز طبیعی فشرده می گویند، که در خودروها بصورت اخیر عرضه می شود و بنام (CNG) compressed natural gas می باشد. عمده ترکیب آن متان (۸۰-۹۰ درصد) و اتان (۱۰-۲۰ درصد) می باشد، و البته مقداری هم شامل هیدرو کربنهای دیگر است.

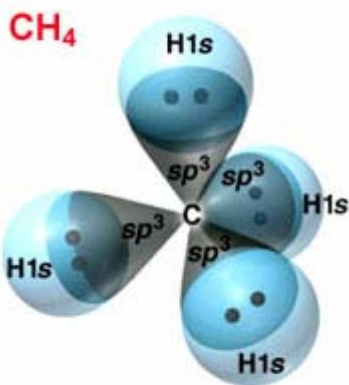
ارزش حرارتی اتان ۱۱۵۰۰ کیلو کالری بر کیلو گرم و ارزش حرارتی متان ۱۲۰۰۰ کیلو کالری بر کیلو گرم می باشد.

حداحتراق گاز طبیعی فشرده برحسب درصد حجمی با هوا برای متان ۱۵-۵ و برای اتان ۱۴-۳ است.

© 2003 Thomson - Brooks/Cole



شکل ۱۲-۱ - ساختمان مولکولی اتان



شکل ۱۳-۱ - ساختمان مولکولی متان

یکی از مشکلات موجود در کشور، مصرف زیاد سوخت‌های بنزین و گازوئیل است که علاوه بر آلوده کردن هوای شهرها، سالانه هزینه‌های ارزی بسیاری بر اقتصاد ما تحمیل می‌کند. در صورتی که خودروها با همین کیفیت ساخته شوند و هیچ گونه بهینه‌سازی در موتورها و در مصرف سوخت صورت نگیرد، تا چند سال آینده که تعداد خودروها به چند برابر افزایش خواهد یافت، هزینه‌های ارزی برای تامین انرژی موردنیاز خودروها و میزان آلودگی هوای شهرها رشد سرسام‌آوری خواهد کرد. اگر بتوان گاز طبیعی را در خودروها (به خصوص خودروهای عمومی) جایگزین سوخت‌هایی مانند

بنزین و گازوئیل کرد، سالانه صرفه‌جویی ارزی قابل ملاحظه‌ای به عمل خواهد آمد.

به علاوه از آنجا که در يك دهه گذشته، رویکرد جهانی به کاهش آلاینده‌های محیط زیست وارد مرحله نوینی شده، گسترش استفاده از گاز طبیعی به عنوان سوختی پاک، در دستور کار بیشتر کشورهای جهان قرار گرفته است. به این ترتیب و براساس پیش‌بینی ها، نرخ رشد مصرف گاز طبیعی در قرن ۲۱ بالاترین نرخ رشد را در مقایسه با نرخ رشد مصرف سایر حامل‌های انرژی خواهد داشت، تا آنجا که قرن ۲۱، قرن گاز نامیده شده است.

در حال حاضر مهمترین محور گسترش مصرف گاز طبیعی در داخل کشور، توسعه انتقال گاز به شهرها و روستاهاست. به موازات آن، اتفاق مهم دیگر، ایجاد زیرساخت و ساختارهای لازم برای استفاده از سوخت گاز طبیعی در بخش حمل و نقل است. به این ترتیب که سوختی نسبتاً ارزان به نام CNG در اختیار مصرف‌کنندگان قرار گیرد که در کاهش سطح آلودگی هوا نیز نقش مهمی خواهد داشت.

سابقه استفاده از موتورهای گازسوز به چند دهه قبل برمی گردد. اولین فعالیت مهم برای گازسوز کردن موتورهای درو نسوز در سال ۱۹۳۰ در امریکا انجام شد. از آن زمان تاکنون طرح‌های متنوعی برای گازسوز کردن موتورهای احتراق داخلی ارائه شده است.

مهمترین مزایای استفاده از سوخت‌های گازی در موتورهای احتراقی عبارتند از:

۱. صرفه‌جویی در سوخت و روغن موتور

۲. کاهش آلودگی محیط زیست

۳. کاهش هزینه‌های نگهداری موتور

در کشور ما نیز CNG جایگزین بسیار مناسبی است زیرا:

۱. در بیشتر مناطق کشور در دسترس است.

۲. پاك می سوزد و آلاینده‌گی کمی دارد.

۳. بسیار ارزان و باصرفه است.

۴. هزینه مصرفی کمتری بر اقتصاد تحمیل می کند.

در طول چهار دهه گذشته به علت افزایش جمعیت و مصرف روزافزون انرژی، آلودگی هوای شهرهای بزرگ، اتکای بیش از حد به نفت و کاهش ذخایر نفتی، تلاش‌های بسیاری برای تنوع بخشیدن به انرژی و سوخت‌های جایگزین در جهان صورت گرفته است.

گاز طبیعی بعنوان یکی از انواع منابع انرژی، به دلیل داشتن کیفیت مناسب و ویژگی های خاص به عنوان یکی از سوخت‌های جایگزین شناخته شد.

خودروهایی که موتور آنها فقط با گاز CNG کار می کند، مواد آلاینده کمتری نسبت به خودروهای تبدیل شده به وجود می آورند اما هزینه آنها بیشتر است.

یکی از مشکلات اساسی کشورهای در حال توسعه، تبدیل و CNG سوز کردن نادرست خودروها و استفاده از کیت و سیلندر ذخیره گاز نامرغوب است.

در طرح قبلی گازسوز کردن خودروها، از گاز مایع به عنوان سوخت خودروها استفاده می شد که این سوخت به لحاظ آلاینده‌گی زیست محیطی و همچنین هزینه حمل و انتقال آن از بنادر به نقاط

مصرف، شرایطی همانند بنزین داشت، بنابراین اجرای این طرح متوقف شد. در طرح جدید، از گاز طبیعی CNG به جای بنزین در خودروها استفاده می شود. که این روش دارای تکنولوژی ۲۵ ساله است.

استفاده از گاز طبیعی به عنوان سوخت خودروها دارای مزیت‌های بسیاری است. قیمت گاز طبیعی در مقایسه با بنزین بسیار پایین بوده و به لحاظ ایجاد آلاینده‌های زیست محیطی، سوختی استاندارد است و آلودگی زیست محیطی کمی ایجاد می‌کند. دولت سالانه بیش از یک میلیارد دلار بنزین وارد می‌کند، که اگر این میزان سرمایه‌گذاری در بخش گاز طبیعی صورت گیرد، از یک سو به دلیل وفور آن در کشور و مزایای فراوان این طرح و از سوی دیگر به دلیل شرایط دشوار صادرات گاز کشور، می‌تواند کمک بزرگی به اقتصاد مملکت باشد.

گاز طبیعی در مقایسه با سایر سوخت‌های فسیلی متداول، ارزش حرارتی پایینی دارد و برخلاف سایر هیدروکربورها قابل تبدیل به مواد با ارزش افزوده بالا نیست. گاز طبیعی به صورت مستقل و یا همراه با نفت خام یا مایعات گازی از چاه‌ها استحصال می‌شود و به طور عمده از متان تشکیل شده و حاوی مقادیر ناچیزی اتان، پروپان، بوتان و پنتان است. در حال حاضر عمده‌ترین مصرف آن در شبکه گازرسانی شهری است و برای استفاده در بخش حمل و نقل بسیار به صرفه است. علاوه بر این با استفاده از گاز طبیعی به جای سوخت‌های فسیلی، انتشار آلودگی‌های ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی قطع می‌شود و در هزینه‌ها نیز صرفه‌جویی خواهد شد.

سوخت CNG در ایران :

ایران به لحاظ ویژگی‌های زیر، یکی از گزینه‌های مناسب برای به کارگیری CNG به عنوان سوخت

مورد استفاده در خودروهاست:

۱. دارای دومین ذخایر گاز جهان است.

۲. جزء تولیدکنندگان عمده گاز جهان است.
۳. دارای شبکه گسترده خط لوله گاز است که نصب جایگاه سوخت رسانی در سرتاسر کشور را میسر می کند.

۴. نرخ داخلی گاز طبیعی ایران بسیار ارزان است.

۵. بالاترین نسبت مصرف گاز به کل سوخت ها را در جهان دارد.

خودروهایی با سوخت گاز طبیعی (NGV Natural Gas Vehicles):

تفاوت اصلی میان خودروهای گازسوز و خودروهای معمولی، در سیستم سوخت رسانی آنهاست. گاز طبیعی در ایستگاه های سوخت گیری به میزان مناسب متراکم و در مخزن ذخیره سوخت خودرو ذخیره می شود.

سیستم سوخت رسانی در خودروهای گازسوز به این گونه است که ابتدا گاز با عبور از شیر ایمنی مخزن وارد سیستم سوخت رسانی می شود، پس از ورود به رگولاتور و کاهش فشار برای اختلاط با درصد مناسبی از هوا، به میکسر انتقال می یابد و بعد از اختلاط، به درون محفظه احتراق هدایت می شود. استفاده از گاز طبیعی به عنوان سوخت در خودروهای گازسوز به صورت دوگانه سوز (CNG و بنزین) تک سوخته (CNG سوز) و دوسوخته (CNG و گازوئیل) است.

۱. خودروهای دوگانه سوز:

این خودروها دارای دو سیستم جداگانه سوخت رسانی بنزین و گاز طبیعی اند که به صورت اختیاری امکان استفاده از يك سوخت را دارند.

۲. خودروهای تک سوخته:

این خودروها صرفاً توانایی استفاده از يك سوخت را دارند، و به دلیل عملکرد بهتر موتور از لحاظ

بازده، شتاب و صدای آرام موتور در مقایسه با نوع دوگانه‌سوز، بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند.
۳. خودروهای دوسوخته:

موتورهای دیزل فاقد سیستم جرقه‌زنی اند و در صورتی قابلیت استفاده از گاز طبیعی را خواهند داشت که سیستم جرقه‌زنی روی موتور تعبیه شود یا مخلوط گاز طبیعی و گازوئیل به عنوان سوخت مورد استفاده قرار گیرد.

اثرات استفاده از CNG در کاهش آلودگی هوا :

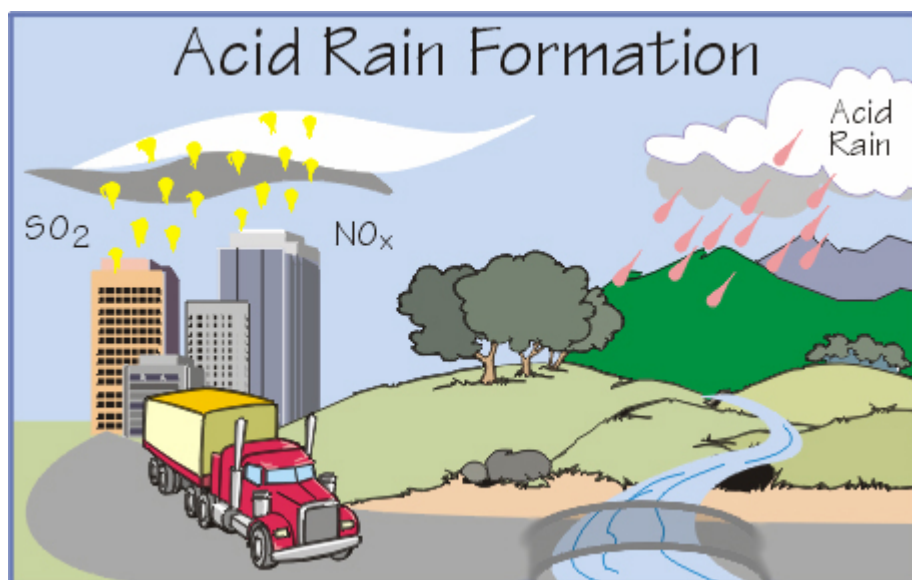
از آنجا که وسایل نقلیه موتوری در ایجاد آلودگی هوا نقش اصلی را به عهده دارند، یکی از راه‌های کاهش آلودگی هوا گازسوز کردن آنهاست. سوخت‌های مصرفی بنزین و گازوئیل که وزن مخصوص آنها به ترتیب ۷۵ درصد و ۸۴ درصد است، در مقایسه با گاز مایع به وزن مخصوص ۵۵ درصد و گاز طبیعی، سوخت‌های سنگین‌تری به حساب می‌آیند.

هر چه مولکول‌های تشکیل‌دهنده سوخت از هیدروکربن‌های بزرگتری ساخته شده باشد، به هنگام مصرف، احتراق ناقص‌تری انجام می‌شود و در نتیجه منوکسید کربن و هیدروکربن‌های نسوخته بیشتری وارد هوا می‌شود. گاز طبیعی فشرده یا متان (CH_4) مزایای بسیاری نسبت به بنزین دارد. گاز طبیعی به طور یکنواخت تری با هوا مخلوط شده و بنابراین تمیزتر می‌سوزد و هیدروکربنهای نسوخته کمتری تولید می‌کند.

همچنین نسبت کربن به هیدروژن در گاز طبیعی از بنزین کمتر است؛ در نتیجه میزان منوکسید کربن تولیدی آن حدود یک سوم کمتر از بنزین است و به علت خوش سوزی، نسبت تولید CO_2 بیشتر از CO خواهد بود.

در خصوص مقایسه گاز طبیعی با سوخت دیزلها باید گفت، هیدروکربن‌های متان و پروپان و بوتان

هیدروکربن های شناخته شده تروبی ضررتری نسبت به گازوئیل هستند که دارای هیدروکربن های سنگین و خطرناک مثل آرومات ها و هیدروکربن های حلقوی است. درضمن در مصرف گاز طبیعی منواکسید کربن بسیار کمتری تولید می شود.



شکل ۱۴-۱- شکل گیری بارانهای اسیدی

ایمنی بیشتر خودروها:

گاز طبیعی از هوا سبکتر است و به همین دلیل در صورت نشت گاز از مخزن ذخیره سوخت و دیگر اجزاء سیستم سوخت رسانی، به سرعت به سمت بالا حرکت می کند.

دمای اشتعال گاز طبیعی تقریباً دو برابر بنزین است که همین امر باعث می شود خطر انفجار یا آتش سوزی خودروهای گازسوز به شدت کاهش یابد. جدا از مشخصات فیزیکی و شیمیایی گاز طبیعی، مخازن ذخیره گاز طبیعی CNG نیز در مقایسه با باک های معمولی خودروها استحکام بیشتری دارند. استفاده از گاز طبیعی فشرده دارای محاسن و معایبی است.

مهمترین محاسن آن عبارتند از:

انتشار آلاینده های کمتر، قیمت ارزانتر، عملیات آرام و بی سروصدای موتور نسبت به موتورهای

دیزلی و کاهش انتشار دی اکسید گوگرد. **معایب گازسوز کردن خودروها شامل:**

هزینه پخش و ذخیره سازی گاز، ایجاد جایگاه های سوخت گیری، هزینه بیشتر خودرو، کوتاه تر شدن مسافت پیمایش خودرو، نیاز به تانک سوخت بسیار سنگین و مشکلات عملیاتی و کاری بیشتر نسبت به خودروهای با سوخت فسیلی .

برای تبدیل و گازسوز کردن خودروهای دیزلی و تهیه تجهیزات سوخت گیری به سرمایه گذاری زیادی نیاز است. اما به علت ارزانی و فراوانی سوخت گاز طبیعی در کشور و کاهش آلاینده های زیست محیطی، توجیه فنی و اقتصادی دارد.

ساختار موتور خودروها برای استفاده از گاز مناسب نیست، و راننده ها می گویند پس از مدتی سوپاپ ها و موتور با مشکلاتی روبه رو می شوند و در اصطلاح به دلیل خشکی گاز، فرسایش موتور بیشتر می شود و هزینه تعمیر آن افزایش می یابد و عملاً صرفه جویی استفاده از گاز با این هزینه ها از بین می رود. بنابراین خودروسازان باید با سخت کاری قطعات و استفاده از آلیاژهای مناسب در قطعات موتور، امکان استفاده از گاز طبیعی را ایجاد کنند.

با توجه به این که خودروهای عمومی در مقایسه با خودروهای شخصی سوخت بیشتری مصرف می کنند، تجهیز این خودروها به سیستم گاز طبیعی از دو جنبه در اولویت قرار گرفت: اولاً با تجهیز این خودروها به سیستم گاز طبیعی، از مصرف بیش از حد بنزین و گازوئیل جلوگیری می شود و از طرف دیگر وضعیت آلودگی شهرهای بزرگ بهبود می یابد.



شکل ۱-۱- اتوبوس با مصرف سوخت گاز طبیعی فشرده (CNG)

شایان ذکر است که وجود شبکه گسترده خط لوله گاز در کشور نیز شرایط نصب جایگاه گازرسانی را در اغلب نقاط کشور فراهم آورده است.

گفته می شود بنزین که امروزه سوخت غالب خودروهای سواری در جهان است، هزینه تولید بسیار بالایی دارد و استفاده از این سوخت در درازمدت غیرممکن است و صرفه اقتصادی ندارد.

استراتژی استفاده از سوخت گاز طبیعی به جای بنزین هم معضل آلودگی را مهار می کند و هم از هزینه ها می کاهد.

باتوجه به عملکرد قابل قبول موتورهای CNG سوز انتظار می رود که این سیستم بتواند در آینده پاسخگوی نیاز ما باشد.

از طرفی افزایش روزافزون خودروها و بالطبع افزایش آلودگی شهرها به خصوص شهرهای بزرگ، پرداختن به مقوله CNG سوز شدن خودروها را نه تنها يك انتخاب بلکه يك ضرورت کرده

است. همچنین مزایای اقتصادی این طرح در سطح کلان کمک شایانی به اقتصاد کشور خواهد کرد.

هیدروژن: وسایل نقلیه هیدروژنی به اتومبیل، هواپیما و سایر وسایل نقلیه ای گفته می شود که از

هیدروژن به عنوان سوخت و منبع تغذیه خود استفاده می کنند.

برای استفاده از هیدروژن به عنوان سوخت در خودروها دو روش اصلی و کاربردی وجود دارد که عبارتند از:

۱. احتراق هیدروژن در محفظه احتراق موتور

۲. بکارگیری سلول سوختی

در روش اول هیدروژن بمانند سایر سوختهای مورد مصرف در موتورهای احتراق داخلی بکار گرفته

می شود. و در روش دوم هیدروژن به واسطه بکارگیری از سلول سوختی به انرژی الکتریکی ای

تبدیل می شود که موتورهای الکتریکی بکار رفته در خودرو را تغذیه می کند .

هیدروژن را می توان از روشهای مختلف ترموشیمیایی از مواد گوناگون از قبیل متان، زغال سنگ،

گاز نفتی مایع (LPG)، آب و... استحصال کرد.

نکات قابل توجه در مصرف هیدروژن به عنوان سوخت جایگزین در موتورهای احتراق داخلی

عبارتند از:

۱. هیدروژن در نسبتهای خیلی رقیق تر از نسبت اختلاط استوکیومتریك قابل اشتعال است.

۲. هیدروژن کلیه مسائل احتراق غیر عادی را دارا است که عبارتند از: احتراق زودرس یا

احتراق قبل از جرقه شمع (preignition)، پس زدن آتش به داخل مسیر ورودی مخلوط تازه

(منیفولد ورودی) (back firing) و ضربه (knock) .

۳. دارای سرعت شعله بالایی بوده (تقریباً ۳ برابر بنزین) که حتی می توان اجازه داد که شمع در

نقطه مرگ بالا جرقه بزند.

۴. قدرت بدست آمده از يك موتور با سوخت هیدروژن با قدرت بدست آمده از سوخت بنزین

قابل مقایسه می باشد. ولی مصرف مخصوص آن مقداری بالاتر است.

۵. آلودگی از انواع منوکسید کربن (CO) و هیدرو کربنهای نسوخته (HC) در احتراق هیدروژن

صفر است.

۶. تزریق آب باعث کاهش NO_x و نیز باعث کاهش راندمان و قدرت موتور می شود.

۷. در مقایسه با سوختهای گازی مانند LPG و CNG آلودگی کمتری دارد.

۸. اختلاط هیدروژن و متانول باعث افزایش قدرت موتور تا حدود ۵۰٪ می شود.

۹. دمای تبخیر آن ۲۵۳- درجه سانتیگراد می باشد .



شکل ۱۶-۱- خودرویی که در حال سوخت گیری هیدروژن می باشد

هیدروژن گازی بی رنگ و بی بو است که از سوختن آن فقط بخار آب حاصل می شود که سریع و

بدون هیچ خطری توسط محیط اطراف جذب می شود. يك کیلوگرم از هیدروژن تقریباً سه برابر

همین میزان بنزین انرژی آزاد می کند. و این در حالی است که هیدروژن یکی از عناصر فراوان

طبیعت محسوب می شود. پس جای تعجب نیست که چرا دانشمندان در تلاش اند تا راهی بیابند که

بتوان از هیدروژن به عنوان سوخت در خودروها استفاده کرد.

سلول های سوختی (یکی دیگر از منابع ممکن برای تولید نیرو در خودروها) نیز از هیدروژن استفاده می کنند. برای آنکه استفاده از این فناوری ها در زندگی روزمره ممکن شود، لازم است دانشمندان راهی برای ذخیره سازی و انتقال ایمن هیدروژن بیابند که از لحاظ هزینه به صرفه بوده و با هزینه های استفاده از بنزین قابل مقایسه باشد.

اما انجام این کار چندان هم آسان نیست. گاز هیدروژن سبک و فرار است. مولکول های کوچک H_2 از طریق روزنه ها و شکاف ها و همچنین از طریق بست ها و شیرها بسیار سریع نشت می کنند و هنگامی که از این طریق خارج شدند خیلی زود تبخیر می شوند. هیدروژن چهار برابر سریع تر از متان و ده برابر سریع تر از بخارهای بنزین نفوذ می کند. این مسئله در مورد حفظ ایمنی خودرو از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است چرا که قطرات هیدروژن بسیار سریع تبخیر شده و در محیط پراکنده می شوند و می توانند ایمنی سیستم را به خطر اندازند. هر چند که هیدروژن مایع، بسیار متراکم است و ذخیره سازی آن آسان به نظر می رسد، اما در عین حال ذخیره کردن آن می تواند مشکلاتی را نیز به همراه داشته باشد. هیدروژن حدوداً در دمای $253^{\circ}C$ - درجه سانتی گراد مایع می شود.

نگهداری از يك مخزن پر از هیدروژن مایع نیازمند استفاده از يك سیستم خنك کننده جانبی سنگین است، فعلاً استفاده از این سیستم ها در خودروهای مسافربری معمولی مقدور نیست. هیدروژن مایع چنان سرد است که حتی می تواند باعث منجمد شدن هوا نیز شود.

این امر می تواند به مسدود شدن شیرها و اتصالات منجر شود که افزایش ناخواسته فشار را به همراه دارد. البته ممکن است گفته شود برای مقابله با انجماد هوا از سیستم های عایق کاری استفاده شود،

اما این کار نیز مشکلاتی را در پی دارد که از جمله آنها می توان به افزایش وزن سیستم ذخیره سازی سوخت اشاره کرد.

یکی از روشهای ذخیره هیدروژن که در مرحله آزمایش است استفاده از نوعی سنگ بنام زئولیت (Zeolite) است. در تشریح خواص این سنگ ها می گویند: زئولیت ها موادی از جنس سنگ هستند

که بسیار متخلخلند و به همین دلیل می توانند به عنوان اسفنج های مولکولی عمل کنند.

زئولیت ها در شکل کریستالی خود به صورت شبکه گسترده ای از حفره ها و شکاف های به هم پیوسته در نظر گرفته می شوند که بسیار شبیه کندوی زنبور عسل است. يك مخزن سوخت که در ساختار آن از این مواد کریستالی استفاده شده است، می تواند گاز هیدروژن را در حالت شبه مایع و بدون نیاز به سیستم های خنك کننده سنگین به دام انداخته و در خود ذخیره کند. در نظر دارند، با استفاده از كمك های برنامه توسعه تولیدات فضایی ناسا که در مرکز پرواز های فضایی مارشال مستقر است، ایده استفاده از زئولیت ها در مخزن سوخت را عملی سازند. نام زئولیت از کلمات یونانی «Zeo» به معنای سنگ و «lithos» به معنای جوشیدن مشتق شده است و معنای تحت اللفظی آن سنگی که می جوشد است. این نام را به این دلیل به این سنگ ها اطلاق می کنند که هنگامی که تحت تاثیر حرارت قرار می گیرند، محتویات خود را خارج می کنند. محققان طرز کار مخزن های سوخت زئولیت دار که با دما کنترل می شود را این گونه شرح می دهند: در ابتدا باید مقداری یون های با بار منفی را به این زئولیت ها بیافزاییم. این یون ها مثل تشتك عمل کرده ، و حفره های موجود در شبکه کریستالی زئولیت را مسدود می کنند. می توان با حرارت دادن زئولیت به میزان بسیار جزیی، یون ها را از مقابل این حفره ها به کناری راند.

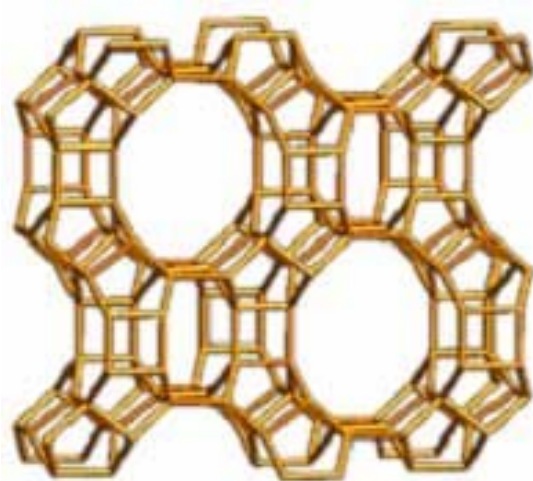
بنابراین با حرارت دادن زئولیتها یونهای منفی را از مقابل حفره ها به کناری رانده و سپس آنها را از هیدروژن انباشته کرده و در انتها با قطع حرارت و کاهش دما یونها را به جای اولیه برمی گردانیم تا هیدروژن در حفره ها ذخیره شود.

حدود پنجاه نوع زئولیت مختلف با ترکیب شیمیایی و ساختار کریستالی متفاوت در طبیعت یافت می شود، گذشته از این شیمیدان ها روش ساخت مصنوعی تعداد دیگری از آنها را دریافته اند. تصور کنید دیواره مخزن سوخت خودروی شما توسط سنگ های متخلخل و کریستالی پوشیده شده است و این سنگ ها حدود ۴۰ کیلوگرم وزن دارد. به جایگاه سوخت گیری مراجعه می کنید و متصدی جایگاه حدود ۳/۵ کیلوگرم هیدروژن را به مخزن پوشیده از زئولیت خودروی شما تزریق می کند. از لحاظ نظری این مقدار هیدروژن، هم از لحاظ وزنی و هم از لحاظ مقدار انرژی ذخیره شده در آن برابر مخزنی پر از بنزین است. اگر بتوان یک مخزن زئولیتی تولید کرد که بتواند حدود ۶ درصد از وزن خود را، هیدروژن ذخیره کند، آن وقت یک مخزن از هیدروژن می تواند با یک مخزن معمولی پر از بنزین رقابت کند. با این همه بهترین زئولیت های موجود می توانند فقط ۲ تا ۳ درصد از وزن خود را هیدروژن ذخیره کنند.

در سال ۱۹۹۵ یکی از متخصصین یک مأموریت به وسیله شاتل فضایی کلمبیا (sts-73) به فضا انجام داد. هدف وی از این مأموریت این بود که بتواند زئولیت هایی با کیفیت بهتر را در فضا تولید کند. در محیط های با گرانش کم، مواد با سرعت بسیار کمتری گرد هم مجتمع می شوند و این اثر باعث می شود که کریستال های زئولیت به وجود آمده هم بزرگ تر و هم از نظم بیشتری برخوردار شوند.

کریستال های زئولیت تولید شده در زمین بسیار کوچک هستند و ضخامت آنها در حدود ۲ تا ۸ میکرون

است. این مقدار حدود يك دهم ضخامت موی انسان است. اما کریستال هایی را که توانستند در فضا تهیه کنند هم ده مرتبه بزرگ تر بودند و هم ساختار داخلی مناسب تری داشتند.



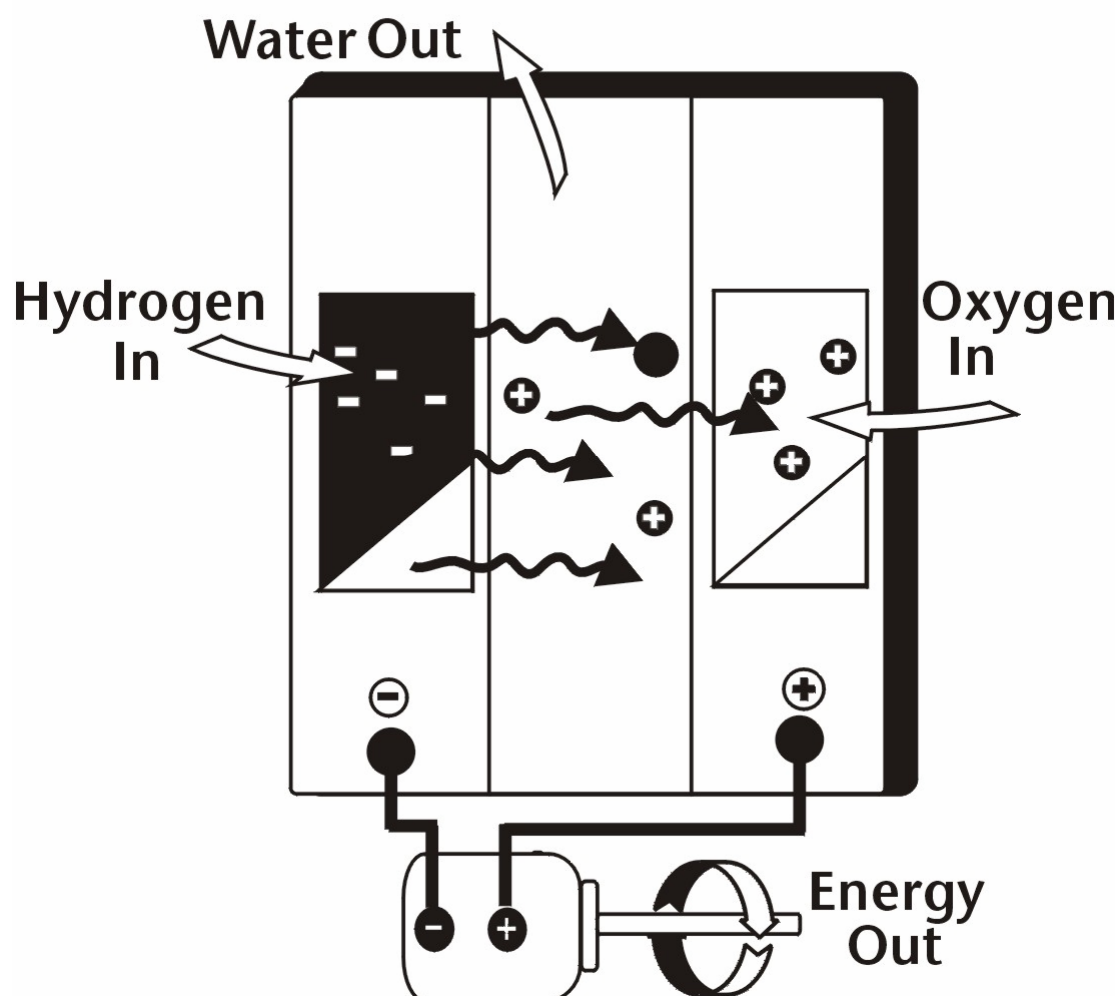
شکل ۱۷-۱ - ساختمان کریستالی زئولیت

استفاده از انرژی هیدروژن به عنوان سوخت خودرو ایده جدیدی نیست و در حقیقت در کشورهای پیشرفته اکثر کارخانجات خودروسازیکی از محصولات خود را به خودرویی اختصاص داده اند که با هیدروژن توان حرکت می یابد.

این نسل جدید خودروها در اصل خودروهای الکتریکی ای می باشند که از سلول سوختی بجای باتری برای رانش موتور الکتریکی خود بهره می برند.

با استفاده از يك پروسه شیمیایی، سلولهای سوختی در این خودروهای جدید، هیدروژن و اکسیژن را مستقیماً به جریان الکتریکی ای تبدیل می کنند که تواندهی موتورهای الکتریکی آنها را بر عهده دارد.

Hydrogen Fuel Cell



شکل ۱۸-۱ - شمای کلی سلول سوختی

این خودروهای الکتریکی جدید که از هیدروژن نیرو می گیرند، بازده خوبی دارند و کارآمد هستند، و در حقیقت از خودروهای احتراق داخلی بازده بیشتری دارند. اما مشکلی که باعث شده این خودروها به تولیدانبوه نرسند قیمت بالای آنهاست و تبدیل مصرف سوخت خودرو به هیدروژن نیازمند تجهیزات

گران قیمتی است که بمانند خرید يك خودروی جدید گران قیمت می باشد.

در این سیستم سوخت رسانی شما می توانید با استفاده از يك ژنراتور در منزل خود اقدام به سوخت گیری مجدد هیدروژن با هزینه های نزدیک به صفر نمایید. (صحت این مسئله بعداً بررسی می شود)



شکل ۱۹-۱- ژنراتور برای سوخت گیری مخازن هیدروژن
تعبیه شده در خودرو

کیت سیستم سوخت رسانی هیدروژن واسطه ای است که می تواند وضعیت سوخت گیری خودروی شما را برای استفاده از هیدروژن یا سوخت های فسیلی دیگر به سادگی تغییر دهد.

چون گاز هیدروژن بسیار سریعتر از سوخت های فسیلی نظیر بنزین می سوزد، استفاده از هیدروژن در موتورهای با نسبت تراکم بالاتر از ۹/۵ باعث ایجاد پدیده ضربه (knock) در موتور می شود. و به همین دلیل برای خودروهای مجهز به توربوشارژر و سوپرشارژر و با نسبت تراکم بالاتر از ۹/۵، سوخت هیدروژن چندان مناسب نیست. همچنین بدلیل تراکم بسیار بالا و سیستم احتراق متفاوت و بسیاری از فاکتورهای دیگر موتورهای دیزل، سوخت هیدروژن برای این موتورها مناسب نیست.

سیستم سوخت هیدروژنی دوجزء اصلی دارد یکی سیستم سوخت رسانی هیدروژن که بر روی خودرو

نصب می شود و دیگری سیستم شارژ و سوخت گیری هیدروژن است که توسط ژنراتوری که در گاراژ منزل شما قرار دارد انجام می شود.

ژنراتور هیدروژن رامی توان توسط صفحات الکتریکی خورشیدی یا توربینهای بادی بکار انداخت تا به سوخت گیری مجدد بدون هزینه دست یافت.

(حال به بررسی استفاده از هیدروژن به عنوان سوخت خودرو با دید سختگیرانه تری می پردازیم) مطالب زیادی درباره خودروهایی که از هیدروژن نیرو می گیرند وجود دارد که متاسفانه بسیاری از آنها درست نمی باشد.

این ادعاها که با آب، خودرویتان را سوخت گیری نمایید یا مبدلی داشته باشید که به سرعت از آب برای شما هیدروژن کافی برای حرکت خودرو فراهم کند از قبیل این ادّهاست.

در حقیقت برای بدست آوردن هیدروژن خالص از آب نیاز به انرژی الکتریکی ای داریم که تمام این فرایند زمان بر است. از طرفی تولید گاز هیدروژن کافی از آب ذخیره شده برای حرکت کوچکترین خودروی مسافری هم امکانپذیر نمی باشد.

شما می توانید بوسیله ژنراتوری که از سلولهای خورشیدی انرژی می گیرند، هیدروژن مورد نیاز خود را با هزینه خیلی کم تولید نمایید. اگرچه در این روش برای تولید هیدروژن کافی برای ذخیره در يك مخزن كوچك زمان زیادی باید صرف كنید.

از آنجایی که شما نمی توانید هیدروژن کافی برای حرکت خودروی خود را در زمان کوتاهی فراهم کنید، شما باید هیدروژن را بطور جداگانه تولید و آن را همانند سوختهای دیگر نظیر بنزین مصرف کنید.

برای انجام این روش سه پیشنهاد وجود دارد:
۱. هیدروژن را بصورت گاز فشرده ذخیره کرد.

۲. هیدروژن را بصورت مایع ذخیره کرد.

۳. هیدروژن را درون مواد شیمیایی مناسب ذخیره کرد.

اگر شما روش ذخیره هیدروژن بصورت گاز فشرده را انتخاب کنید، نیاز به تعداد زیادی مخزن دارید. زیرا گاز هیدروژن چگالی زیادی ندارد و مخزنها نمی توانند هیدروژن زیادی در خود ذخیره کنند. علاوه بر این انفجار این مخازن در اثر حوادث می تواند بسیار خطر آفرین باشد.

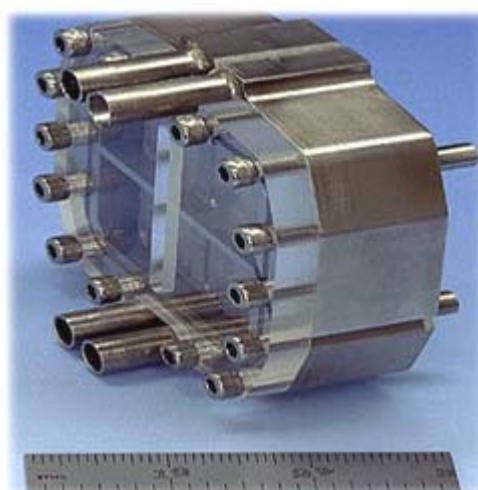


شکل ۲۰-۱- خودروی شورلت با مصرف سوخت هیدروژن



شکل ۲۱-۱- نمونه ای از مخازن گاز هیدروژن

انتخاب روش ذخیره هیدروژن بصورت مایع، مشکل چگالی کم گاز هیدروژن را برطرف می کند، زیرا مایعات چگالی بیشتری از گازها دارند. بنابراین شما می توانید تعداد و اندازه مخزنهای مورد نیاز برای حرکت خودرو را کاهش دهید. ولی مشکل جدیدی که پیش می آید، دمای بسیار پایینی است که گاز هیدروژن را در آن دما می توان به مایع تبدیل کرد ، که برای نگهداری از هیدروژن به صورت مایع به مخزنهای ویژه ای نیاز داریم. از طرفی در صورت انفجار این مخزنها خطرات زیادی بوجود می آید.



شکل ۲۲-۱- تبخیرکننده هیدروژن (hydrogen vaporizer)

در روش سوّم از موادی بنام هیدرید استفاده می شود که این مواد می توانند همانطوری که يك اسفنج آب را جذب می کند، هیدروژن را در خود ذخیره کند.

به عنوان نمونه می توان هیدروژن را وارد مخزنی پر از هیدریدهای خرد شده کرد.

استفاده از هیدریدها برای ذخیره هیدروژن مزایای زیادی نسبت به استفاده از هیدروژن بصورت گاز و مایع دارد. چگالی هیدروژن ذخیره شده در هیدریدها می تواند بسیار بیشتر از هیدروژن مایع باشد که این امر باعث استفاده از مخزنهای کوچکتر و کمتری در خودرو می شود.

یکبار که هیدریدها توسط هیدروژن شارژ شدند، هیدروژن در آنها ذخیره می شود، بطوریکه اگر این مخازن را باز کنیم یا آنها را از وسط برش دهیم، هیدروژن این مخازن آزاد نمی شود، و علاوه بر این اگر يك گلوله آتش را به میان مخزن بزنید، هیدریدها فقط بمانند سیگار بصورت خفیف شروع به سوختن می کنند، که این نشانه دهنده سیستم ذخیره امنتری نسبت به باک های بنزین است.

بنابراین ما چگونه می توانیم از هیدروژن این مخازن استفاده نماییم ؟

برای آزاد کردن گاز هیدروژن ذخیره شده در هیدریدها فقط نیازمند گرم کردن آنها هستیم، که این امر می تواند بصورت الکتریکی، استفاده از گرمای گازهای خروجی موتور یا با استفاده از گرمای آب در گردش موتور انجام گیرد.

کیت این سیستم، فشار هیدروژن را با استفاده از سنسور کنترل می کند بطوریکه سیستم سوخت رسانی تا زمان افت فشار مخازن هیدروژن در حالت استفاده از هیدروژن باقی می ماند و به محض اینکه مخازن خالی شدند، موتور می تواند بطور خودکار بر روی استفاده از بنزین سوئیچ شود، تا زمانی که مجدداً مخزنهای هیدروژن شارژ شوند.

در پایان می توان توصیه کرد از هیدروژن استفاده کنید، زیرا تنها خروجی آن بخار آب و مقدار بسیار

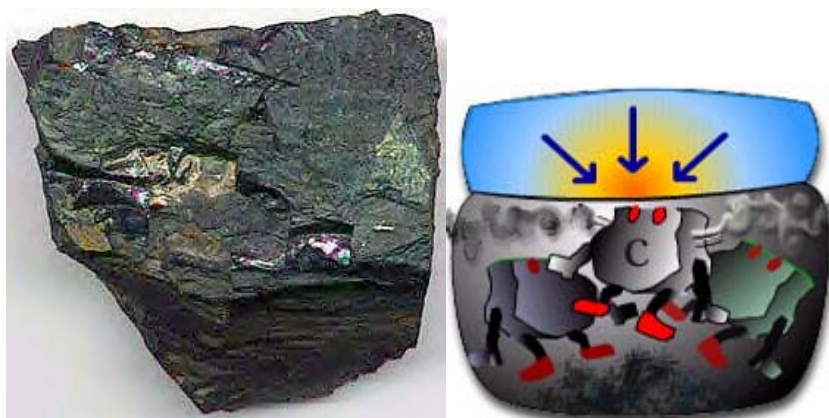
کمی اکسیدهای نیتروژن است، که این یکی از پاکترین سوخت‌های جایگزین در خودروها می باشد.



شکل ۲۳-۱- محل قرارگیری مخازن هیدروژن در خودروی میتسوبیشی

زغال سنگ: از بین سوخته‌های جامد، مهمترین و پرکاربردترین سوخت، زغال سنگ است. زغال

سنگ منشأ گیاهی دارد. میلیون‌ها سال قبل در اثر تغییرات ایجاد شده در سطح زمین، گیاهان موجود در زیر لایه‌های ضخیمی از سنگ و خاک مدفون شده و در اثر فشار و حرارت زیاد به تدریج به زغال سنگ تبدیل شده‌اند.



شکل ۲۴-۱. زغال سنگ

تا پیش از کشف نفت و استفاده روز افزون از فرآورده‌های نفتی، زغال سنگ به عنوان سوخت اصلی صنایع مطرح بود. لکن امروزه مصرف آن به عنوان یک سوخت محدود است. علت اصلی این امر آن است که به علت قرارگیری معادن زغال سنگ در اعماق زمین استخراج آن دشوار و پرهزینه است. علاوه بر آن آلودگی زغال سنگ نسبت به سوخته‌های مایع و گاز بیشتر است. با این حال هنوز زغال سنگ کاربردهای زیادی در صنعت دارد. می‌توان با انجام عملیاتی بر روی زغال سنگ از آن مواد گوناگونی چون بنزین، گازوئیل، الکل، روغن و گاز بدست آورد. به علت وجود ناخالصی‌ها در زغال سنگ شستشوی آن ضروری است. دو نوع ناخالصی ممکن است در زغال سنگ موجود باشد:

۱. ناخالصی مخلوط که با شستشو جدا می‌شود.

۲. ناخالصی غیرمخلوط که به راحتی قابل جدا کردن نیست.

جهت شستشوی ناخالصی های مخلوط، زغال سنگ را در مایع سنگینی مثل محلول کلرید سدیم غوطه ور می کنند. در نتیجه نمک ها و سنگ ها که سنگین تر هستند ته نشین شده و زغال سنگ سبك بالا می رود. برای زدودن ناخالصی های غیر مخلوط ابتدا زغال سنگ را به صورت پودر در آورده، سپس با آب مخلوط می کنند تا مواد معدنی از زغال سنگ جدا شوند.

زغال سنگها از نظر نوع ساختمانی به دو نوع لایه ای (banded) و بی لایه (unbanded) تقسیم می شوند. زغال سنگ لایه ای از يك جنس همگن تشکیل نشده بلکه متشکل از لایه های روشن و تیره متفاوتی می باشد. زغال سنگهای لایه ای در درجات مختلف از زغال سنگ چوب نما گرفته تا زغال سنگ خشك وجود دارند. وجود لایه های متفاوت مربوط به گیاهان متفاوتی است که در مراحل مختلف زمانی پوسیده و فاسد شده اند.

زغال سنگهای لایه ای خود به سه دسته روشن (bright)، نیمه چوبی (semi splint) و چوبی (splint) بر حسب نوع نباتاتی که از آن بوجود آمده اند تقسیم می گردند.

زغال سنگ بی لایه دارای ساختمان یکنواخت و عاری از لایه های مختلف می باشد. معمولاً اینگونه از زغال سنگها با سطوح صاف، ظاهر سیاه روغنی دارند.

زغال سنگهای بی لایه خود به دو نوع کانکوال (cannel) و بوگد (boghead) تقسیم می شوند. این زغال سنگها دارای مواد فرار زیادی بوده و در نتیجه عمل تقطیر، تولید قطران و سوختهای سبك فراوانی می کند.

به دو روش مواد تشکیل دهنده زغال سنگ را اندازه گیری می کنند:

۱. آنالیز تقریبی یا ابتدایی: در این روش درصد وزنی چهار جزء تشکیل دهنده زغال سنگ را

بدست می آورند. این اجزاء عبارتند از: رطوبت، مواد فرار، کربن ثابت و خاکستر.

۲. آنالیز نهایی یا شیمیایی: در این روش در صد وزنی شش ماده اصلی تشکیل دهنده زغال سنگ را بدست می آورند. این اجزاء عبارتند از: کربن، هیدروژن، اکسیژن، نیتروژن، خاکستر و گوگرد. ارزش حرارتی زغال سنگ بستگی به نوع زغال سنگ داشته و از ۱۰۰۰ تا ۹۰۰۰ کیلو کالری بر کیلو گرم تغییر می کند. برای اندازه گیری ارزش حرارتی زغال سنگ يك گرم از آن را در محفظه ای بنام بمب کالری متر (bomb calorimeter) قرار می دهند و در مجاورت مقدار زیادی اکسیژن آن را می سوزانند. با اندازه گیری حرارت ایجاد شده در اثر احتراق، ارزش حرارتی محاسبه می شود. کوششهای زیادی صورت گرفته، تا بتوانند سوخت گازی، از زغال سنگ موجود در زیر زمین تولید کنند تا احتیاجی به استخراج زغال سنگ برای تبدیل آن به گاز زغال سنگ نباشد. طرح کلی برای این منظور، وارد کردن هوا یا اکسیژن بداخل يك رگه زغال سنگ در حال سوختن می باشد. در جایی که زمین بصورت يك مولد گاز عمل کرده و گاز تولیدی از نقطه ای که هوا وارد شده خارج می گردد. در مورد استفاده از زغال سنگ به عنوان سوخت خودرو می توان گفت اگر بتوان مسئله خارج کردن خاکستر حاصل احتراق را از داخل سیلندر بصورت مطلوبی حل نمود، آنگاه می توان از زغال سنگ (پودر زغال سنگ) بصورت جدی به عنوان سوخت جایگزین قابل مصرف در موتورهای احتراق داخلی نام برد.

روغنهای گیاهی و بیو دیزل: هدف از سوختهای گیاهی تولید سوختهای مایع از محصولات کشاورزی می باشد. این سوختها می توانند بصورت روغنهای طبیعی نظیر روغن ذرت، تخم پنبه و غیره مورد استفاده قرار گیرند و یا با انجام يك سری مراحل شیمیایی بر روی همین روغنهای گیاهی می توان آنها را به بیو دیزل مورد مصرف در موتورهای اشتعال- تراکمی تبدیل کرد.

ابتدا با يك سری از واژه های کاربردی در این بخش آشنا می شویم:

SVO =straight vegetable oil

روغن گیاهی خالص که به عنوان سوخت دیزل مصرف می شود. که معمولاً روغنهای تازه و روغن های آشپزی را شامل می شود.

PPO=pure plant oil

روغن گیاهی خالص بمانند SVO که از این واژه (PPO) در اروپا استفاده می شود.

WVO=waste vegetable oil

ضایعات روغنهای گیاهی (روغنهای گیاهی مستعمل و از کار افتاده) مانند روغن پخت و پز و سرخ کردنی.

UCO=used cooking oil

روغن پخت و پز (فرق آن با WVO این است که لزوماً آن را از همه گیاهان تهیه نمی کنند)

IDI=indirect injection diesel engines

موتورهای با پاشش غیر مستقیم سوخت که سوخت ابتدا در محفظه اولیه یا گردابی پاشش می شود و سپس به محفظه احتراق اصلی سرایت می کند.

موتورهای با محفظه اولیه نسبت به موتورهای با محفظه گردابی مقاومت و هماهنگی بیشتری در مصرف سوخت SVO نشان می دهند.

DI=direct injection diesel engines

موتورهای با پاشش مستقیم که سوخت مستقیماً داخل محفظه احتراق پاشیده می شود.

موتورهای IDI نسبت به موتورهای DI پایداری و تطابق بیشتری در مصرف سوخت SVO دارند.

یکی از مشکلات اساسی در مصرف سوختهای گیاهی ویسکوزیته بالای آنها می باشد. در روزهای سرد سوختهای گیاهی به شکل واکس کریستال ماندنی درمی آیند که می توانند فیلترهای سوخت رسانی را مسدود نمایند. که البته برای رفع این مشکل یا از افزودنی هایی استفاده می کنند که مانع جامد شدن سوختهای گیاهی می شود و یا از يك گرم کننده برای حرارت دادن به سوختهای گیاهی در روزهای سرد سال بهره می برند. البته استفاده از هردو روش بطور همزمان نیز می تواند سودمند باشد.

روغنهای گیاهی سرد با ویسکوزیته بالا انژکتورها را مسدود می کنند و بطور کامل نمی سوزند و در طولانی مدت می توانند سبب جمع شدن رسوبات در محفظه احتراق شوند.

برای استفاده از سوختهای گیاهی تجهیزاتی فراهم شده است که بر روی خودروها نصب می شوند و استفاده از این سوختها را برای ما ساده تر و برای خودرو بی ضررتر می کنند.

از جمله این تجهیزات می توان به باک اضافی سوخت، واحد سوئیچینگ الکتریکی، گرم کننده و کنترلر الکترونیکی اشاره کرد.

باک اضافی سوخت در فرمها و سایزهای متفاوتی مهیا شده است و می تواند در هر جای مناسبی از خودرو نصب گردد. باک سوخت اصلی با سوخت دیزل پر شده و در باک سوخت اضافی روغن گیاهی قرار می گیرد.



شکل ۲۵-۱- باک اضافی سوخت از جنس پلاستیک (additional fuel tank)

واحد سوئیچینگ الکتریکی برای عوض کردن سوخت خودرو بکار می رود.

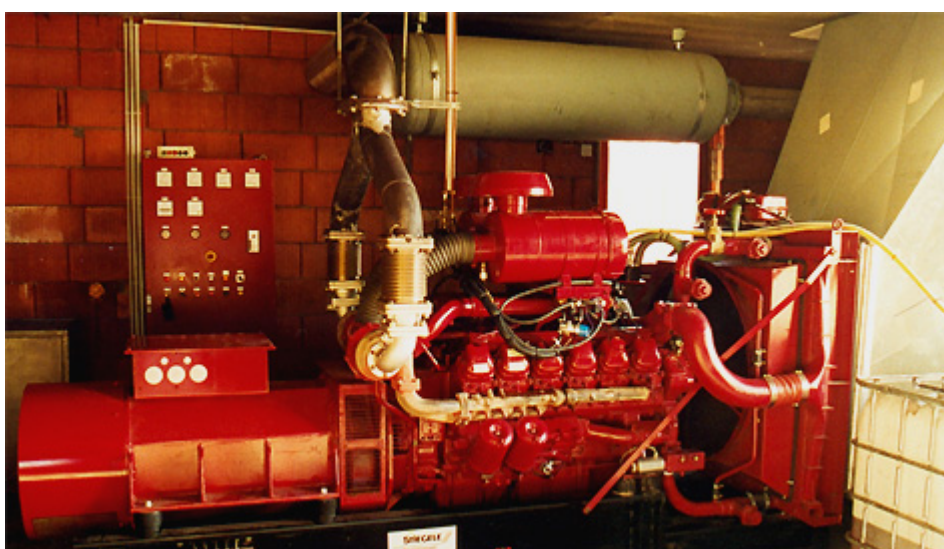
برای محافظت از موتور و سیستم پاشش سوخت در هوای سرد، موتور را با سوخت دیزل روشن می کنیم. به محض اینکه موتور به دمای کارکرد مناسب خود رسید آن وقت سوخت مصرفی را از سوخت دیزل به روغن گیاهی عوض می کنیم و قبل از پایان سفر دوباره مصرف سوخت خودرو را از روغن گیاهی به سوخت دیزل تغییر می دهیم و پایان کار موتور با سوخت دیزل خواهد بود. با این روش خودرو به سادگی با سوخت دیزل معمول روشن می شود، با سوخت گیاهی دلخواه ما به حرکت خود ادامه می دهد و در نهایت برای پاك کردن سیستم سوخت و به ویژه فیلترها با سوخت دیزل به کار خود پایان می دهد.



شکل ۲۶-۱- اجزاء کیت سوخت گیاهی



شکل ۲۷-۱- خودروی گلف دو مخزنه



شکل ۲۸-۱- موتور ۱۲ سیلندر با ۷۰۰ اسب بخار قدرت (محرک با سوخت گیاهی SVO)

برای مصرف سوختهای گیاهی لزوماً نیاز به نصب مخزن اضافی نیست بلکه سیستمهای تانک مخزنه ای وجود دارد که خودرو را برای مصرف سوخت گیاهی مهیا می کند و دیگر نیازی به سوئیچینگ میان دو مخزن نیست.

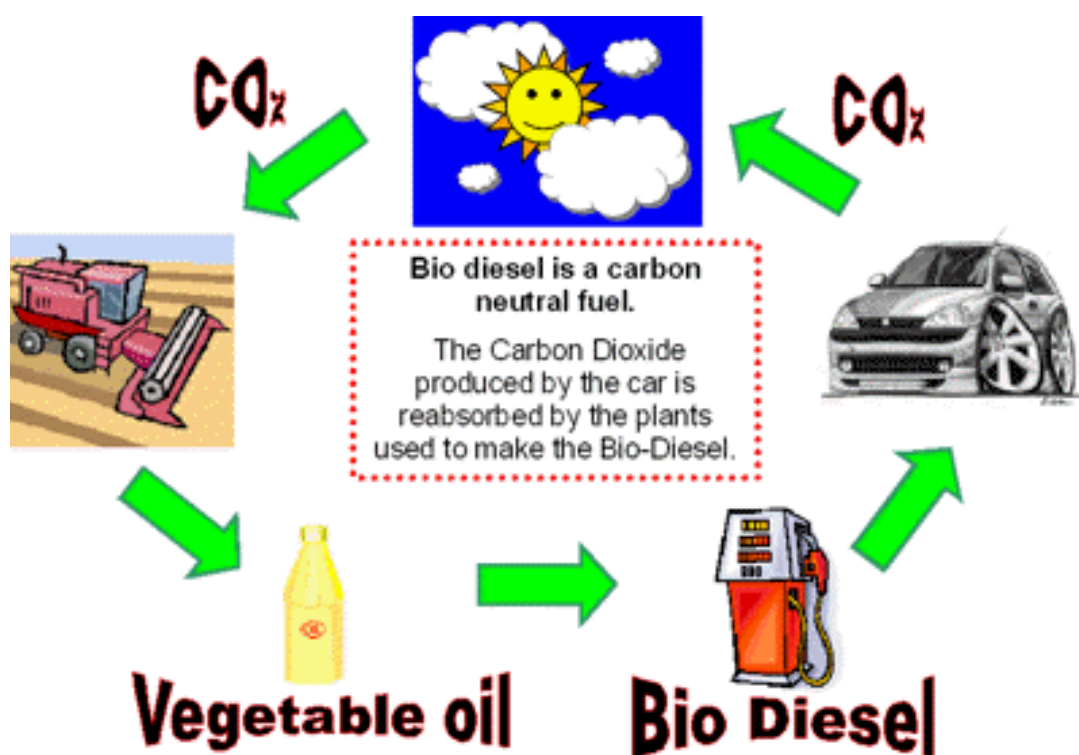
در این سیستم با سوخت گیاهی استارت می زنیم، با سوخت گیاهی شروع به حرکت می کنیم و با سوخت گیاهی خودرو را خاموش می کنیم. درست شبیه سایر خودروها.

بیودیزلها را می توان بدون تغییرات زیادی در خودروها، مورد مصرف قرار داد. کاهش آلاینده های

زیست محیطی، کاهش هزینه سوخت و افزایش عمر خودروها را از مزایای آن ذکر می کنند.

بیودیزلها را می توان از مواد معمولی دورریز (روغن پخت و پز پس از مصرف) تهیه کرد، و برای تولید آن در مقیاس کم نیاز به تجهیزات خاصی نمی باشد و با دانستن پروسه تولید آن، می توان در آشپزخانه منزل هم به درست کردن آن اقدام کرد.

لازم به ذکر است که فساد پذیری قطعات پلاستیکی سیستم سوخت رسانی با مصرف بیودیزلها افزایش می یابد. مخصوصاً در حالتی که سوخت ما ۱۰۰٪ بیو دیزل باشد (B100). بنابراین برای مصرف بیو دیزل باید از قطعات مقاومتری در سیستم سوخت بهره گرفته شود.



شکل ۲۹-۱- چرخه تولید بیو دیزل

بخش دوم – احتراق

احتراق (combustion): احتراق، اکسیداسیون سریع سوختها در دمای بالا می باشد. از آنجایی که اکثر سوختها شامل کربن و هیدروژن می باشند، سوختن شامل اکسیداسیون سریع کربن به دی اکسید کربن یا منو اکسید کربن و هیدروژن به بخار آب می باشد. واکنش احتراق در فاز گازی صورت می گیرد. حتی در احتراق سوختهای جامد نیز اکسیژن و محصولات احتراق به حالت گازی وجود دارند و فقط کربن به صورت جامد است.

شعله می تواند به صورت گاز درخشان حاصل از آزاد شدن انرژی شیمیایی تعریف شود. جبهه شعله سطح بین ناحیه درخشان گازهای در حال سوختن و سطح تاریک گازهای سوخته نشده می باشد که در تمام واکنشهای شیمیایی در فاز گازی وجود دارد. از آنجایی که گازها در یک لحظه درخشان نمی شوند، می توان ناحیه در حال سوختن (Burning Zone) را به صورت دو ناحیه درخشان (Luminous Zone) و ناحیه واکنش (Reaction Zone) مشاهده کرد. اشتعال (Ignition) و اکثر اکسیداسیون در ناحیه واکنش اتفاق می افتد در حالیکه تکمیل سوختن و انتشار نور در ناحیه درخشان صورت می گیرد. بطور کلی اکثر اکسیژن موجود در ناحیه واکنش مصرف می شود. مشکل است که تمایز آشکاری بین این نواحی گذاشت زیرا ضخامت سوختن ممکن است از چند صدم اینچ تا ضخامت نامعینی بسته به مقدار اغتشاش و همگنی گاز تغییر کند.

ادامه روشنایی را پس سوزی (After burning) گویند که در انواع مختلف احتراق بخصوص در موتورهای اشتعال جرقه ای صورت می گیرد.

مخلوطی که سریع بسوزد، دارای ناحیه واکنش خیلی باریکی می باشد، و اشتعال، احتراق و روشنایی

تقریباً همزمان اتفاق می افتد.

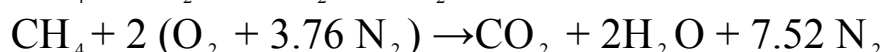
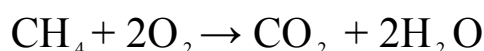
سه جزء اصلی احتراق، سوخت (Fuel) ، اکسید کننده (Oxidizer) و محصولات احتراق (Combustion products) می باشد که در مورد سوخت در بخش اول توضیحات لازم ارائه شد. حال دو جزء دیگر واکنش احتراقی معرفی می شوند.

اکسید کننده ها: مهمترین اکسید کننده ها در احتراق اکسیژن است. اما در شرایط عادی اکسیژن خالص وجود ندارد و از هوا به عنوان اکسید کننده ها استفاده می شود. ترکیب شیمیایی هوای خشک به شکل زیر است:

$$N_2 = \% 78/1 \quad O_2 = \% 20/9 \quad Ar = \% 0/9 \quad \text{سایر گازها} = \% 0/1$$

در عمل چون گاز آرگون يك گاز بی اثر بوده و در احتراق نقشی ندارد و بعلت ناچیز بودن مقدار سایر گاز ها، این دو بخش از هوا نادیده گرفته شده و هوا را متشکل از 79% نیتروژن و 21% اکسیژن در نظر می گیرند. علت اضافه شدن درصد آرگون به نیتروژن آن است که در دماهای پایین، نیتروژن مانند يك گاز بی اثر عمل کرده و وارد واکنش نمی شود. ولی وجود مقدار زیاد از این گاز در محفظه های احتراق موجب جذب مقدار زیادی از حرارت تولید شده می شود. در دماهای بالا اندکی از نیتروژن با اکسیژن ترکیب شده و گاز سمی NO تولید می کند. بنابر آنچه گفته شد به ازاء هر مول اکسیژن موجود در هوا که در احتراق شرکت می کند، $\frac{0.79}{0.21} = 3.76$ مول نیتروژن نیز وارد می شود. لذا در هنگام نوشتن معادله واکنش يك سوخت با هوا، برای هوا از نماد $(O_2 + 3.76 N_2)$ استفاده می کنند.

واکنش ترکیب گاز متان با اکسیژن و هوا در زیر مشاهده می شود:



محصولات احتراق: محصولات احتراق متشکل از ترکیبات مختلفی هستند که به شکل گاز از محل

احتراق خارج می شوند و اصطلاحاً دود (smoke) نامیده می شوند. در عمل، دود به محصولات ذکر شده در واکنش های فوق محدود نمی شود، بلکه شامل طیف وسیعی از محصولات واسطه، مقداری سوخت مصرف نشده و مقداری اکسیژن است.

احتراق کامل و ناقص: احتراق کامل (complete combustion) آن است که در آن همه کربن و

هیدروژن موجود در سوخت به CO_2 و H_2O تبدیل شود و در نتیجه حداکثر حرارت ممکن تولید شود. در احتراق ناقص (incomplete combustion) معمولاً تمام سوخت موجود نمی سوزد، ولی اگر هم تمام آن بسوزد به محصولات نهایی مثل CO_2 و H_2O به طور کامل تبدیل نمی شود، بلکه تعداد زیادی ترکیبات واسطه مانند CO و غیره در محصولات احتراق موجود می باشد. احتراق کامل صرفاً يك حالت ایده آل است و در عمل، احتراق به طور ناقص رخ می دهد. برخی از علل مهم ناقص بودن احتراق عبارتند از کافی نبودن مقدار اکسیژن، مخلوط نشدن کامل سوخت و اکسیژن و تجزیه محصولات احتراق در دمای بالا. لذا با افزایش مقدار اکسیژن و بهبود اختلاط سوخت و هوا می توان در جهت کاملتر شدن احتراق گام برداشت.

شرایط احتراق: سه شرط مهم برای ایجاد احتراق وجود دارد؛ که عبارتند از:

۱. وجود سوخت و اکسید کننده به نسبت مناسب.

۲. اختلاط سوخت و اکسید کننده.

۳. رسیدن مخلوط فوق به دمای اشتعال.

مشخصات و طبقه بندی شعله:

۱. شعله پیش آمیخته (premixed flame): اگر سوخت و اکسید کننده قبلاً از احتراق و در خارج از محفظه احتراق به صورت یکنواخت با یکدیگر مخلوط شوند و سپس مشتعل گردند، شعله پیش آمیخته حاصل می شود.
 ۲. شعله انتشاری یا نفوذی (Diffusion flame): اگر واکنش دهندگان (سوخت و اکسید کننده) از پیش با یکدیگر مخلوط نشده باشند و بایستی در همان ناحیه ای که واکنش انجام می گیرد، مخلوط شوند، شعله تولید شده از نوع انتشاری خواهد بود. زیرا اختلاط (mixing) بایستی توسط فرایند انتشاری کامل گردد. برای ادامه داشتن شعله، سوخت بایستی از یک طرف و هوا به عنوان واکنش دهنده از سوی دیگر وارد ناحیه سوختن شوند. احتراق نفوذی آهسته تر و ملایم تر از احتراق پیش آمیخته است.
 ۳. شعله ورقه ای (Laminar flame): در این حالت جریان گاز در ناحیه واکنش و اختلاط و انتقال توسط فرایند های مولکولی صورت می گیرد. این گونه فعل و انفعال ها در عدد رینولدز پایین اتفاق می افتد.
 ۴. شعله متلاطم (Turbulent flame): اختلاط و انتقال توسط حرکت نسبی و ماکروسکوپی جریان های گردابی با عدد رینولدز بالایی صورت می گیرد.
 ۵. شعله پایدار (steady) و شعله ناپایدار (unsteady): تشخیص این نوع شعله ها بستگی به ساختار شعله و تغییر حرکت با زمان دارد.
- طبقه بندی نهایی شعله نیز به لحاظ فاز اولیه واکنش دهندگان است که به صورت گاز، مایع یا جامد باشند.
- پدیده احتراق در موتورهای احتراق داخلی به صورت ناپایدار و توربولنت است. در موتورهای اشتعال

جرقه ای شعله از نوع پیش آمیخته بوده و مخلوط سوخت و هوا در تمامی مدتی که شعله پیش می رود در حالت گازی قرار دارد. فرایند احتراق موتورهای دیزلی غالباً يك شعله توربولنت ناپایدار انتشاری است و سوخت در ابتدا در فاز مایع قرار دارد و مخلوط ناهمگون (heterogeneous) می باشد. شعله هر دو نوع موتور، بسیار پیچیده است. زیرا همراه با مکانیزمهای پیچیده شیمیایی و انتقال گرما به صورت توربولنت است. فرایند احتراق دیزل حتی پیچیده تر از فرایند احتراق موتور اشتعال- جرقه ای است، زیرا تبخیر سوخت مایع و فرایندهای اختلاط هوا و سوخت را نیز شامل شده است.

عدد اکتان (octane No): عدد اکتان میزان تمایل يك سوخت برای خوداشتعالی (autoignition) و در نتیجه ایجاد ضربه (knock) در يك موتور احتراق- جرقه ای است. خود اشتعالی عبارت است از احتراق خود به خود قسمتی از مخلوط سوخت و هوا در سیلندر.

پس از جرقه شمع، شعله به صورت کروی در همه جهات با سرعت زیاد منتشر می شود. مخلوط سوخته نشده در قسمتهایی از سیلندر که دور از شمع قرار دارند، در اثر انبساط محصولات احتراق به شدت متراکم شده و دما در برخی از نقاط آن ممکن است به دمای اشتعال برسد. این نقاط خود به مراکزی برای ایجاد جبهه های جدید شعله تبدیل می شوند و این جبهه ها در نهایت به جبهه اصلی برخورد می کنند. این امر موجب افزایش ناگهانی فشار در سیلندر می شود که توأم با صدایی مثل ضربه چکش است.

انواع سوختها بسته به ترکیبات آنها دارای اعداد اکتان مختلفی می باشند. مبنای درجه بندی اکتان، دو سوخت هپتان نرمال و ایزواکتان می باشند که اولی تمایل شدید به خود اشتعالی دارد و دومی در برابر آن مقاوم است. عدد اکتان اولی صفر و دومی ۱۰۰ در نظر گرفته می شود.

عدد ستان (cetane No): عدد ستان نمایشگر میزان تأخیر در اشتعال يك سوخت در يك موتور

احتراق تراکمی یا دیزل است. چنانکه می دانید در سیلندرهای يك موتور دیزل ، فقط هوا متراکم می شود و سوخت توسط انژکتور به هوای متراکم و داغ تزریق می گردد. این سوخت که به صورت ذرات بسیار ریز مایع است، به سرعت تبخیر شده و مشتعل می گردد. زمان بین شروع پاشش سوخت و شروع اشتعال آن را زمان تأخیر اشتعال می نامند. هرچه این زمان کوتاه تر باشد مطلوبتر است، زیرا در این صورت احتراق و در نتیجه افزایش فشار در سیلندر تدریجی تر می باشد. اما اگر تأخیر زیاد باشد، احتراق و افزایش فشار سیلندر ناگهانی بوده و ضربه و صدای بیشتری در سیلندر ایجاد می شود. هیدروکربن ستان به عنوان سوخت ایده آل برای این درجه بندی تعیین شده است که عدد ستان آن ۱۰۰ است. اما آلفا متیل نفتالین $C_{11}H_{10}$ دارای عدد ستان صفر است. درجه ستان سایر سوختها از مقایسه آنها با این دو سوخت اندازه گیری می شود.

خود سوزی: در اثر افزایش نسبت تراکم موتور، بازده تئوری به طور نامحدود بهبود می یابد ولی از نقطه نظر عملی، دو محدودیت وجود دارد:

۱. حداکثر فشار سیکل به شدت با نسبت تراکم افزایش می یابد ولی افزایش وزن بلوکه سیلندر که بتواند چنین فشاری را تحمل کند، مزایای افزایش بازده را از بین می برد.
 ۲. با افزایش نسبت تراکم، امکان بروز پدیده خودسوزی افزایش می یابد.
- از نظر تئوری، با افزایش فشار مخلوط قابل احتراق ورودی به موتور، توان يك موتور مشخص به صورت نامحدود افزایش می یابد. لیکن از نظر عملی، محدودیتهایی برای این فرضیه وجود دارد:
۱. افزایش فشار ورودی، سبب افزایش حرارت انتقالی به دیواره های سیلندر می شود که سیستم خنک کننده موتور توانایی دفع این حرارت زیاد را ندارد.
 ۲. افزایش فشار ورودی سبب افزایش فشار مرحله قدرت شده که بالطبع باعث افزایش وزن موتور

می شود.

۳. فشار ورودی بالا سبب بروز پدیده مخرب خودسوزی می شود.

لذا خودسوزی می تواند موجب محدود شدن نسبت تراکم و مقدار شارژ گاز قابل احتراق ورودی (پرخورانی) به موتور شود.

بجز کاهش نسبت تراکم یا مقدار پرخورانی، روشهای دیگری نیز وجود دارند که می توانند مقدار خود سوزی را تا حد از بین بردن اثرات مخرب آن کاهش دهند، اما اغلب این روشها منجر به افت بازده، افت توان یا هر دو می شوند.

به علت افتهای ناشی از روشهای کنترل خودسوزی، موتورها خیلی نزدیک به نقطه خودسوزی کار می کنند. با این کنترل مرزی و حدی، تغییرات کوچکی در شرایط عملکرد موتور و یا اختلال کوچکی در عملکرد موتور، می تواند موجب بروز حالت خودسوزی مخرب شود.

يك موج فشار قوی از ناحیه خودسوزی شروع می شود، از فضای احتراق عبور می کند، و بطور متوالی توسط دیواره های سیلندر به جلو و عقب منعکس می شود. مشخصه ضربه یا غرّش ناشی از خود سوزی، بخاطر موج فشاری است که بطور متناوب با دیواره های سیلندر برخورد می کند.

علل بروز خودسوزی در موتورهاى اشتعال- جرقه ای:

۱. سوخت ضعیف کاربراتور

۲. بنزین با عداکتن پایین

۳. آوانس زیاد زمان جرقه

۴. رسوبات جمع شده در کف پیستون یا در محفظه احتراق

۵. بار زیاد وارده بر موتور

بطورکلی، عوارض خودسوزی را می توان بصورت زیر برشمرد:

۱. افزایش دمای موتور

۲. افزایش مصرف سوخت

۳. وارد آمدن فشار ناگهانی بر قطعات موتور

۴. کاهش توان موتور

۵. نا آرام کارکردن موتور

۶. سوختن و کج شدن سوپاپها