

سوخت و احتراق

هدف‌های رفتاری : پس از آموزش این فصل از هنرجو انتظار می‌رود :

- ۱- سوخت‌ها را توضیح دهد.
- ۲- احتراق را توضیح دهد.
- ۳- آلاینده‌های موتور و نحوه کنترل آن را توضیح دهد.

۱-۳ سوخت

۱-۱-۳ مقدمه : مدت‌ها تصور می‌شد که سوخت‌ها فقط از یک جزء شیمیایی تشکیل شده‌اند. با این حال، ممکن است یک سوخت بنزینی یا دیزل خاص، شامل ۱۰۰ هیدروکربن و صدها جزء دیگر با مقادیری ناچیز باشد. در این بخش علت پیچیده بودن ترکیبات سوخت‌ها، چگونگی تولید آن‌ها و چگونگی عملکرد آن‌ها در موتورهای احتراق داخلی توضیح داده می‌شود.

منبع اصلی سوخت‌های نفتی، نفت خام می‌باشد. مؤسسه نفت خام ایالات متحده، میزان نفت خام شناخته شده موجود در کره زمین را حدود یک تریلیون بشکه تخمین زده است، حدود ۶/۰ تریلیون بشکه از مخازن نفتی موجود در کره زمین کماکان ناشناخته باقی مانده است. در صورت ادامه مصرف با نرخ کنونی، پیش بینی می‌شود که حدود ۶۰ تا ۹۵ سال آینده، نفت خام در مخازن نفتی زمین به پایان برسد. پیشرفت‌های تکنولوژیکی در روش‌های بهره برداری مخازن نفتی باعث شده تا قابلیت استحصال نفت از میدین نفتی افزایش یابد. در سال ۱۹۵۰، میزان ذخایر شناسایی شده نفت خام جهان، تقریباً ۹۰٪ تریلیون بشکه تخمین زده می‌شد که در ۵۰ سال گذشته این مقدار ۱۰ برابر شده است. میزان مصرف نفت خام در سال‌های اخیر به گونه‌ای بوده است که تقریباً ۷/۰ تریلیون بشکه از ابتدای انقلاب صنعتی تا کنون مصرف شده است. استحصال نفت خام از کک، ذغال سنگ و شن‌های قیر اندود از لحاظ تکنیکی و تئوری ممکن است، لیکن از لحاظ اقتصادی به صرفه نمی‌باشد.

با توجه به اینکه در نفت خام کربن وجود دارد، مصرف آن باعث به وجود CO₂ می‌شود، این گاز گل‌خانه‌ای باعث گرم شدن زمین می‌شود. به منظور کاهش میزان انتشار گازهای گل‌خانه‌ای راه‌های پیش‌گیرانه‌ای اندیشیده شده است. این پیش‌گیری‌ها شامل افزایش بازده احتراق و افزایش میزان استفاده از سوخت‌های جایگزین می‌باشد.

مطالعه آزاد

۲-۱-۳- شیمی هیدروکربن‌ها: بنزین و سوخت‌های دیزل از ترکیبات هیدروکربنی به وجود آمده‌اند، هیدروکربن‌ها به گروه‌های پارافین‌ها، اولفین‌ها، نفتالین‌ها و آروماتیک‌ها تقسیم‌بندی می‌شوند خانواده‌های هیدروکربن‌ها دارای پیوند کربن-هیدروژن بوده و دارای فرمول شیمیایی مختص به خود می‌باشند. پارافین‌ها (آلکان‌ها)، مولکول‌هایی هستند که در آن‌ها اتم‌های کربن با یک پیوند یگانه به صورت زنجیروار در کنار هم قرار گرفته‌اند. پیوندهای دیگر کربن‌ها با هیدروژن صورت می‌پذیرد از آنجا که آلکان‌ها فاقد پیوندهای دوگانه و سه‌گانه می‌باشند، به این مواد، هیدروکربن‌های اشباع شده^۱ نیز اطلاق می‌شود. تعداد کربن‌ها با پیشوندهای زیر شناخته می‌شوند:

| | | |
|----------------|---------------|------------------|
| ۱- مت (meth) | ۵- پنت (pent) | ۹- نون (non) |
| ۲- ات (eth) | ۶- هگز (hex) | ۱۰- دک (dec) |
| ۳- پروپ (prop) | ۷- هپت (hept) | ۱۱- اندک (undec) |
| ۴- بوت (but) | ۸- اکت (oct) | ۱۲- دودک (dodec) |

پارافین‌ها را با نام آلکان‌ها و با پسوند «آن» می‌شناسند. فرمول عمومی آن‌ها C_nH_{2n+2} می‌باشد. مثال‌هایی از این خانواده عبارتند از متان، CH_4 و اکتان C_8H_{18} که در شکل ۳-۱ نشان داده شده است. گاهی اکتان را با نام نرمال اکتان یا n-octane می‌شناسند. ایزواکتان، همان‌طور که در شکل ۳-۱ نیز نشان داده شده است، ایزومر^۲ اکتان می‌باشد، بدین معنا که تعداد کربن‌های آن همانند اکتان می‌باشد ولی چیدمان زنجیره آن با اکتان متفاوت است. گروه CH_3 که به کربن‌های دوم و چهارم از سمت راست متصل می‌شود، رادیکال متیل^۳ نام دارد که در آن مت به علت داشتن یک کربن و یل به دلیل آن است که این رادیکال از خانواده رادیکال‌های آلکیل^۴ با فرمول C_nH_{2n+1} می‌باشد. ایزواکتان را ۲، ۲، ۴ تری متیل پنتان نیز می‌نامند ۲، ۲، ۴ به علت گروه‌های متیلی بوده که به کربن‌های دوم و چهارم متصل است و تری متیل به علت وجود سه رادیکال متیل چسبیده به آن‌ها می‌باشد و کلمه پنتان به علت آن است که زنجیره مستقیم شامل ۵ اتم کربن می‌باشد.

۱- Saturated hydrocarbons

۲- Isomer

۳- Methyl radical

۴- Alkyl

اولفین‌ها^۱ (آلکن‌ها) مولکول‌هایی با یک یا چند پیوند دوگانه کربن-کربن می‌باشند. مونو اولفین‌ها یک باند دوتایی کربن با فرمول عمومی C_nH_{2n} دارند و انتهای نام آن‌ها «ان» قرار می‌گیرد. برای مثال یک-اکتن (1-octene)، C_8H_{16} در شکل ۱-۳ نشان داده شده است. ایزومرها، نه تنها با شکستن زنجیره توسط اضافه کردن یک رادیکال متیل، که با جا به جا کردن موقعیت پیوند دوگانه در اسلکت زنجیره کربن، به دست می‌آیند. اولفین‌هایی با بیش از یک پیوند دوگانه کربن-کربن، ترکیبات ناخواسته‌ای هستند که باعث ایجاد مشکل می‌شوند. بنابراین غیرقابل استفاده می‌باشند و اولفین‌های موجود در سوخت‌های دیزل یا بنزینی فقط از نوع مونو اولفین می‌باشند.

نفتن‌ها^۲ یا سیلکوالکان‌ها^۲، فرمول عمومی همانند اولفین‌ها C_nH_{2n} دارند، اما در آنها هیچ باند دوگانه‌ای وجود ندارد. از آنجا که اتم‌های کربن در این مولکول‌ها آرایش حلقوی دارند، به این هیدروکربن‌ها سیکلو اطلاق می‌شود. دو نمونه سیکلو پروبان و سیکلوبوتان در شکل ۱-۳ نشان داده شده است. حلقه‌های سیکلو آلکان‌ها با تعداد کربن بیش از ۶، به صورت نشان داده شده در شکل نمی‌باشند.

آروماتیک‌ها^۴، هیدروکربن‌هایی با پیوند دوگانه داخلی کربن-کربن با ساختار حلقوی هستند. متداول‌ترین عضو خانواده آروماتیک‌ها، بنزن^۵ می‌باشد که ساختار آن در شکل ۲-۳ نمایش داده شده است. بنزن دارای یک ساختار منظم سمی می‌باشد به گونه‌ای که به عنوان یک ماده سرطان زای معروف شناخته شده است.

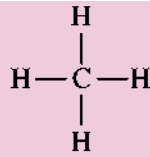
۱- Olefins

۲- Naphthene

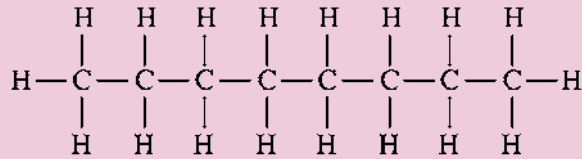
۳- Cycloalkane

۴- Aromatic

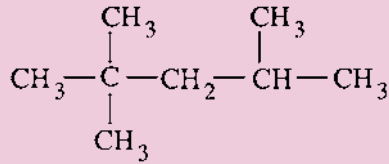
۵- Benzene



متان CH_4

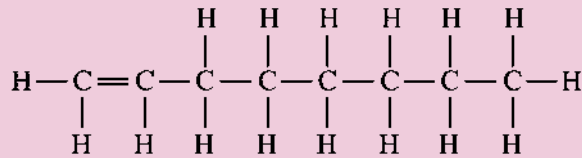


اکتان C_8H_{18}



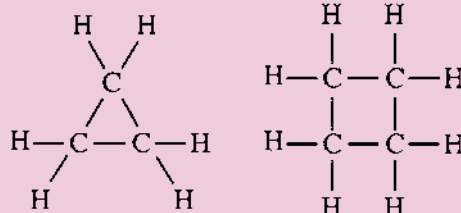
ایزواکتان، C_8H_{18} یا ۲،۲،۴-تری‌متیل پنتان

(الف)



۱-اکتن، C_8H_{16}

(ب)

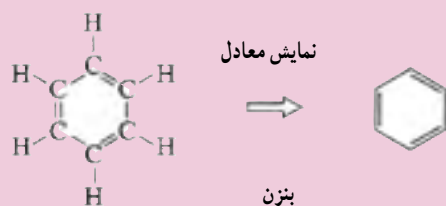


سیکلوپروبان

سیکلو بوتان

(ج)

شکل ۱-۳- (الف) پارافین‌ها (ب) اولفین‌ها (ج) نفتان‌ها

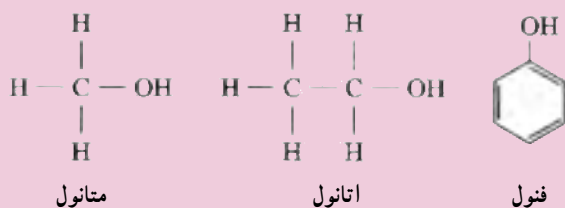


شکل ۲-۳- آروماتیک‌ها

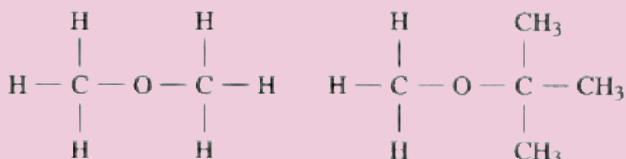
این نکته قابل توجه است که باند دوگانه بین دو موقعیت اتم‌های کربن همواره در حال تغییر مکان است این امر باعث سخت شدن شکستن مولکول بنزن می‌شود بنابراین برای شروع احتراق این ماده به درجه حرارت‌های بالاتری نیاز خواهد بود. با توجه به مطالب فوق، استفاده از آروماتیک‌ها در بنزین مطلوب است چرا که باعث افزایش عدد اکتان می‌شوند. لیکن وجود آروماتیک‌ها در سوخت‌های دیزلی نامطلوب است. برخی از آروماتیک‌های معمول (تولوئن، اتیل بنزن و استیرن) دارای گروه رادیکال‌های متیل هستند که جایگزین اتم هیدروژن می‌شوند و بقیه (بی فنیل)^۱ بیش از یک حلقه در ساختار خود دارند. نهایتاً هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای^۲ وجود دارند که در این ترکیبات، دو اتم کربن بین دو (یا بیشتر از دو) حلقه به اشتراک گذاشته می‌شوند (در دو یا چند حلقه مشترکاً وجود دارند) مانند نفتالین و آنتراسن.

^۱ - B phenyl

^۲ - Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH)



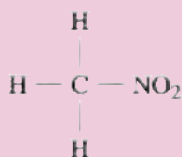
(الف)



متیل اتر

متیل تری بوتیل اتر (MTBE)

(ب)



نیترومتان

(ج)

شکل ۳-۳- الف) الکلها (ب) اترها (ج) نیترو پارافینها

الکل، هیدروکربن اکسیداسیون شده‌ای است که در آن اتم هیدروژن با اتم هیدروکسیل (OH) جایگزین شده است. اگر اتم هیدروژن که به یک حلقه آروماتیک متصل شده است با یک رادیکال OH جایگزین شود، مولکول فنول^۱ به دست می‌آید. اترها از ایزومرهای الکل می‌باشند. برخی از انواع آن که در شکل ۳-۳ آورده شده‌اند، عبارتند از متانول، اتانول، فنل و متیل اتر.

متیل تری بوتیل اتر^۲ که در شکل ۳-۳ نشان داده شده است، اتری با یک اتم کربن به عنوان پایه گروه متیل و اتم کربن دیگر به عنوان اتم مرکزی گروه بوتیل تری‌تاری C(CH₃)₃ می‌باشد. در دمای محیط MTBE یک مایع فرار، قابل اشتعال و بدون رنگ است. MTBE از واکنش شیمیایی بین متانول و ایزوبوتیلن به وجود

۱- Pheno

۲- Methy Tertiary Buty Ether (MTBE)

می‌آید MTBE از دهه ۱۹۷۰ در تولید بنزین استفاده شده است. در ابتدا این ماده برای بالا بردن اکتان بنزین به جای سرب مورد استفاده قرار گرفت، اما بعداً استفاده از آن با سوخت‌های اکسید شده و بنزین‌هایی که در فرمول آن‌ها تجدیدنظر صورت گرفته شده بود، افزایش یافت. MTBE در آب بسیار قابل حل بوده و جاذب ضعیف آلودگی می‌باشد، بنابراین تقریباً هم‌نرخ با حرکت آب، در آلودگی حرکت می‌کند. اخیراً مواردی در خصوص وجود آلودگی MTBE در آب شرب دیده شده است که عمدتاً به دلیل نشتی مخزن ذخیره زیرزمینی بنزین بوده است. از این‌رو استفاده از آن محدود و حتی در مواردی کاملاً ممنوع شده است.

نیترومتان (CH_3NO_2) از هیدروکربن‌های پارافینی به دست می‌آید که در آن یک گروه NO_2 با اتم هیدروژن جایگزین شده است. این مولکول مانند الکل‌های مونوهیدریک^۱ دارای یک پیوند دوگانه اکسیژن می‌باشد که می‌تواند بدون وجود هوا نیز مشتعل شود و در دمای محیط به صورت مایع است.

۳-۱-۳- عملیات تصفیه: در ترکیب نفت خام هیدروکربن‌های گوناگونی وجود دارد. به‌عنوان مثال در بنزین، ۲۵۰۰۰ ماده مختلف که از مشتقات نفت خام است، یافت می‌شود. این مواد در گستره‌ای از حالت بین گازها تا مایعات لزج و حتی مایعات گریس مانند موجود هستند. هدف از تصفیه، جدا کردن فیزیکی نفت خام به اجزاء مختلف آن در فازهای مختلف و سپس اجرای فرآیند^۲ شیمیایی به منظور تبدیل مواد حاصله به سوخت‌ها و دیگر فرآورده‌های نفتی می‌باشد. فرایند جداسازی اجزا را تقطیر^۳ می‌گویند که با دستگاه تقطیر انجام می‌شود.

شماتیک کلی یک دستگاه تقطیر در شکل ۳-۴ نشان داده شده است. وقتی که یک نمونه ماده گرم می‌شود، هر یک از اجزای آن به نقطه جوش خود می‌رسند. دسته‌بندی مواد مختلف کاملاً اختیاری است. دسته‌بندی مواد بر پایه زمان خروج آن‌ها از دستگاه تقطیر عموماً به ترتیب زیر است: نفتاً، مواد مقطر، نفت گاز و نفت باقی مانده. در یک دسته‌بندی دیگر از عناوین سبک، متوسط و سنگین برای دسته‌بندی مواد حاصل از برج تقطیر استفاده می‌شود. صفت دست نخورده^۵ یا عملیات مستقیم^۶ به اجزایی اطلاق می‌شود که هیچ واکنش شیمیایی روی آن‌ها انجام نشده است. برای مثال نفتای سبک

۱- Monohydr c a coh

۲- Process

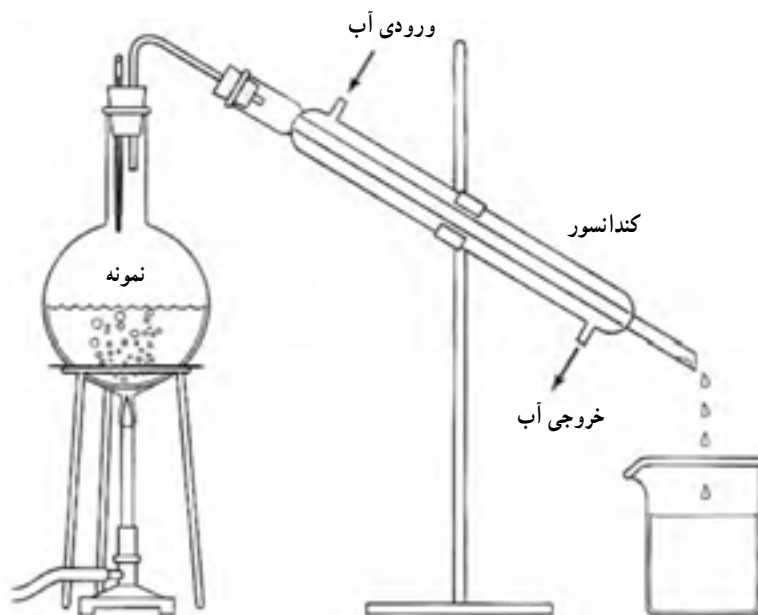
۳- D st at on

۴- Naphta

۵- V rg n

۶- Stra ght Run

دست نخورده به عنوان بنزین استفاده می‌شود که گاهی به آن بنزین واکنش مستقیم نیز گفته می‌شود. ویژگی‌های فیزیکی هر جزء به دمای تقطیر آن بستگی دارد.



شکل ۴-۳- فرایند تقطیر نفت خام را به اجزای مختلف تقسیم بندی می‌نماید.

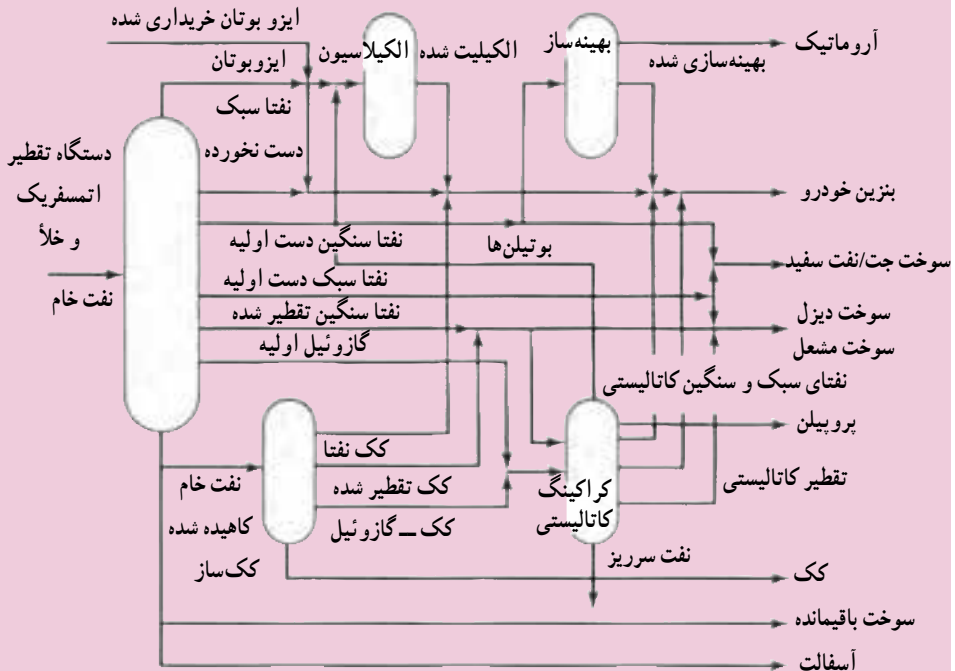
مطالعه آزاد

یک مثال از نمودار عملیات تصفیه در شکل ۵-۳ آورده شده است. فرایندهای شیمیایی آن عبارتند از آلکیلاسیون^۱، تغییر شکل^۲، شکستن کاتالیستی و ککینگ^۳. یک عملیات تصفیه واقعی شامل فرایندهای بسیار زیادی است، اما ما در اینجا به موارد مهم آن اشاره خواهیم نمود.

۱- Alkylation

۲- Reforming

۳- Coking



شکل ۳-۵- نمایش کلی یک پالایشگاه

در عملیات تصفیه، فرآورده‌های دیگری مازاد بر آنچه که در دیاگرام آورده شده نیز تولید می‌شود. عملیات تصفیه فرآورده‌هایی نظیر سوخت موتورها (بنزین، گازوئیل دیزل و سوخت جت)، سوخت‌هایی برای مقاصد گرمایشی (کک، مواد آتش‌زا و نفت سفید^۱ و)، فرآورده‌های شیمیایی (آروماتیک‌ها، پروپیلن) و آسفالت را تولید می‌کند. به‌طور متوسط در یک عملیات تصفیه ۴٪ از نفت خام ورودی به بنزین، ۲٪ آن را به دیزل و سوخت حرارتی، ۱۵٪ به روغن سوختی باقی‌مانده، ۵٪ آن به سوخت جت و بقیه آن به هیدروکربن‌های دیگر تبدیل می‌شود.

اجزاء سبک در دماهای کم و اجزاء سنگین در دماهای بالاتر تقطیر می‌شوند. سوخت بنزینی از ترکیب هیدروکربن‌هایی که در بازه دمایی 25°C تا 225°C تقطیر می‌شوند (به جوش می‌آیند) تشکیل می‌شود و سوخت دیزل ترکیبی از هیدروکربن‌هایی است که نقطه جوش آن‌ها بین 18°C تا 36°C می‌باشد. فرایندهای شیمیایی به منظور تبدیل یک جزء شیمیایی به جزئی دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند. به‌عنوان مثال بنزین تولید شده از نفت خام باید ۵٪ انرژی موجود در نفت خام را داشته باشد، ولی بنزین

تولید شده در برج تقطیر حاوی ۲۵٪ انرژی نفت می‌باشد. در این شرایط ۲۵٪ دیگر انرژی به وسیله فرایند شیمیایی بنزین با برخی اجزاء دیگر تولید می‌شود. فرایندهای شیمیایی همچنین جهت ارتقاء یک جزء به ماده‌ای پرمصرف‌تر و مفیدتر به کار می‌روند. برای مثال بنزین فرایند مستقیم دارای عدد اکتان ۷ می‌باشد در حالی که فرآورده آن دارای عدد اکتان ۹ می‌باشند. بنابراین در این مورد فرایند شیمیایی برای بالا بردن عدد اکتان از ۷ به ۹ به کار برده می‌شود.

۳-۱-۴- سوخت‌های بنزینی^۱: از اوایل دهه ۱۹۰۰، بنزین سوخت غالب خودروها بوده است. این سوخت اولین بار در موتور چهار زمانه نیکلاس اتو در سال ۱۸۷۶ استفاده شد. این سوخت دارای چگالی انرژی بالا بوده و در عین حال ارزان قیمت است. بنزین از ترکیب هیدروکربن‌های سبک شامل پارافین‌ها، اولفین‌ها، نفتالین‌ها و آروماتیک‌ها تشکیل شده است. نسبت هیدروژن به کربن آن بین ۱/۶ تا ۲/۴ متغیر است. فرمول عمده بنزین C_6H_6 با وزن مولکولی ۱۱۱ می‌باشد. فرمول بنزین با هیدروژن فراوان C_7H_{14} می‌باشد.

۳-۱-۵- افزودنی‌های بنزین: افزودنی‌های بنزین شامل بهبود دهنده‌های عدد اکتان، ضد یخ برای جلوگیری از یخ‌زدگی سوخت، شوینده‌ها^۲ جهت کنترل رسوب روی انژکتورها و سوپاپ‌ها، زنگ بر و آنتی اکسیدان جهت کاهش تشکیل چسبندگی در بنزین ذخیره شده در باک می‌باشند. مواد بسیاری برای بالا بردن عدد اکتان بنزین مورد آزمایش قرار گرفته‌اند. در سال‌های ۱۹۲۳ تا ۱۹۷۵ ترا اتیل سرب اولین ماده‌ای بود که به طور عمومی به عنوان بهبوددهنده عدد اکتان به کار برده می‌شد. استفاده از این ماده از سال ۱۹۹۵ به دلیل سمی بودن آن و اثر نامطلوبش بر مبدل‌های کاتالیستی و حسگرهای اکسیژن، ممنوع شد. در حال حاضر، سرب فقط برای بنزین هواپیما استفاده می‌شود و در بنزین خودروهای سواری مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. الکل‌ها، اترها و متیل سیکلو پنتا دی نیل منگنز تری کربونیل^۳ هم اکنون به عنوان بهبوددهنده‌های عدد اکتان استفاده می‌شوند.

۳-۱-۶- سوخت‌های دیزل: سوخت دیزل مشتمل بر مخلوط هیدروکربن‌های سبکی است که نقطه جوش آن‌ها بین $180^{\circ}C$ تا $360^{\circ}C$ بوده، چنان که دیده می‌شود این دما بیشتر از دمای متناظر برای مواد تشکیل دهنده بنزین است می‌باشد. تخمین زده شده است که بیشتر از 10000° ایزومر در

۱- Gasoline

۲- Detergent

۳- Methyl cyclopentadienyl Manganese tricarbonyl (MMT)

سوخت دیزل یافت می‌شود. همانند بنزین، سوخت‌های دیزل، مخلوطی از هیدروکربن‌های پارافین، اولفین، نفتالین و آروماتیک است، اما ارتباط خواص آن‌ها با هم متفاوت است. وزن مولکولی سوخت دیزل بین ۱۷۰ تا ۲۰۰ متغیر است. چگالی انرژی سوخت‌های دیزل ۸٪ بیشتر از سوخت‌های بنزینی می‌باشد و قابلیت اشتعال‌پذیری کمتری دارند و به عنوان اولین سوخت جهت خودروهای سنگین به کار برده شده‌اند.

کیفیت اشتعال سوخت دیزل با عدد ستان^۱ سنجیده می‌شود. هر چه این عدد بالاتر باشد، سوخت راحت‌تر مشتعل می‌شود. عدد ستان متداول برای مصارف وسائط نقلیه بین ۴۰ تا ۵۵ می‌باشد.

۱-۳- سوخت‌های جایگزین: مهمترین سوخت در سوخت‌های جایگزین، متان یا گاز طبیعی فشرده^۲، پروپان یا همان گاز نفتی مایع^۳، الکل‌ها و هیدروژن می‌باشد. آلودگی مواد منتشر شده از احتراق این سوخت‌ها به مراتب کمتر از مقادیر مشابه برای بنزین و سوخت‌های دیزلی می‌باشد. با توجه به مشکلات موجودی که در رابطه با نفت خام وجود دارد و با توجه مسائل سیاسی، این سوخت‌ها می‌توانند به عنوان سوخت‌های جایگزین استفاده شوند. از سال ۲۰۰۰ میلادی متداول‌ترین سوخت برای مصرف وسائط نقلیه پس از گاز طبیعی و متانول، پروپان می‌باشد.

این نوع سوخت‌ها چه از لحاظ ملاحظات مهندسی و چه از لحاظ مسائل اقتصادی به طور وسیع در خودرو مورد استفاده قرار نگرفته‌اند. هزینه این نوع سوخت‌ها به ازاء واحد انرژی تولیدی از سوخت دیزل و بنزین گران‌تر است. با توجه به چگالی انرژی پایین آن‌ها برای پیمایش برابر با خودروهای بنزینی به ذخیره حجم سوخت ذخیره بالاتری نیاز است. این مسأله می‌تواند مخصوصاً برای ماشین‌های دوگانه‌سوز که قسمت قابل توجهی از فضای اتومبیل برای مخزن ذخیره‌سازی سوخت جایگزین استفاده می‌شود مضر و نامطلوب باشد. در سیستم گازسوز، فقدان سیستم توزیع و سوخت‌رسانی نسبت به سیستم‌های متداول وجود دارد. در سال‌های اخیر، سیستم جایگزین روی وسائط نقلیه ناوگانی مانند اتوبوس‌ها، کامیون‌ها و ون‌ها قرار گرفته است، استفاده از این نوع قوای محرکه در خودروهای مذکور موفقیت آمیز بوده است. ضربه نفوذ سوخت‌های جایگزین در بازار، در حال حاضر فقط بین ۵٪ تا ۱٪ است. بنا به گزارش وب^۴ و دلماس^۵ در سال ۱۹۹۰، تنها در ایالات

۱- Cetane Number (CN)

۲- Compressed Natural Gas (CNG)

۳- Liquefied Petroleum Gas (LPG)

۴- Webb

۵- Demas

متحدہ آمریکا، چہار میلیون خودرو با سوخت پروپان، سہ میلیون خودرو با سوخت اتانول و حدود یک میلیون خودرو با سوخت گاز طبیعی وجود داشتہ است، این درحالی است کہ تعداد خودروہای بنزینی در آن زمان ۱۵۰ میلیون بودہ است.

موتورہای دیزلی یا بنزینی موجود را می توان بہ سادگی بہ حالت سیستم سوخت جایگزین تبدیل کرد. با این حال برای انجام چنین تغییراتی باید شرایط مختلفی مدنظر قرار گیرد. ماہیت متفاوت احتراق این نوع سوختہا، مستلزم تغییر در سیستم انژکتور (پاشش سوخت) و زمان بندی احتراق است. همچنین بسیاری از این سوختہا و مخصوصاً انواع گازی آنہا، خاصیت روان کاری کمی دارند و باعث افزایش سایش در اجزاء سیستم سوخت رسانی مانند انژکتورہا و سوپاپہا می شوند.

پروپان: پروپان با فرمول (C_3H_8) یک ہیدروکربن پارافینی اشباع شدہ است. وقتی کہ با بوتان (C_4H_{10}) یا اتان (C_2H_6) ترکیب می شود، گاز نفتی مایع را تشکیل می دہد. متداول ترین گاز مایع مخلوط P۹۲ می باشد. این سوخت حاوی ۹۲٪ پروپان و ۸٪ بوتان است. در ایالات متحدہ، تقریباً نیمی از LPG از اجزاء سبک تر ہیدروکربنہا کہ در طول پالایش نفت خام بہ دست می آیند و نیمی دیگر از اجزاء سنگین گاز طبیعی سر چاہ نفت تولید می شود.

پروپان از دہہ ۱۹۳۰ بہ عنوان سوخت خودروہا مورد استفادہ قرار گرفت. در سال ۱۹۹۳ در جہان ۴ میلیون خودرو با این نوع سوخت وجود داشت کہ عمدہ آنہا در ہلند، ایتالیا، آمریکا و کانادا قرار داشتند. در حال حاضر جایگاہہای متعدد مخصوص سوخت پروپان وجود دارد. برخی شرکتہای خودروسازی، خودروہایی با این نوع سیستم سوخت رسانی از قبیل پیک آپہا، کامیون و کامیونتہا تولید می کنند. همچنین کیتہایی برای تبدیل سیستم بنزینی بہ این نوع سوخت یا دوگانہ سوز کردن خودروہا وجود دارد.

در خودروہا، پروپان بہ صورت مایع فشرودہ، تحت فشار بین ۹/۰ تا ۱/۴MPa ذخیرہ می شود. وقتی کہ سیستم بہ طور صحیح عایق بندی شدہ باشد، انتشارات بخار آن تقریباً صفر است. تنظیم کنندہ فشار، میزان ورود پروپان بہ درون موتور را کنترل می کند. پروپان مایع در هنگام عبور از دریچہ گاز بہ گاز تبدیل می شود. پروپان گازی شکل از درون محافظہ ورودی بہ راہگاہ ورودی یا مستقیماً بہ درون سیلندر پاشیدہ می شود. پروپان دارای عدد اکتان ۱۱۲ می باشد، لذا در هنگام استفادہای خودروی معمولاً نسبت تراکم آن را افزایش می دہند.

جدول ۳-۱- آلاینده‌های مجاز خودروی LPG موتور ۳/۱ لیتری

| آلاینده | پروپان | بنزین |
|-----------------|--------|-------|
| HC | /۲۱ | /۳۷ |
| CO | ۲/۵۵ | ۵/۴ |
| NO _x | /۶۷ | /۴۲ |

جدول ۳-۲- آلاینده‌های سمی خودروهای LPG با واحد (mg/mile)

| مواد سمی | پروپان | بنزین |
|-------------|--------|-------|
| بنزن | < /۱ | ۱۶/۷ |
| ۳،۱ بوتادین | < /۱ | ۲/۵ |
| فرمالدهید | ۱/۲ | ۳/۱ |
| استالدهید | /۳ | ۱/۵ |
| مجموع | ۱/۵ | ۲۳/۸ |

۳-۱-۸- گاز طبیعی: گاز طبیعی سوختی است که به صورت طبیعی در زمین‌های نفت‌خیز یافت می‌شود. ماده اصلی این گاز که حدود ۹۰ تا ۹۵٪ آن را تشکیل می‌دهد گاز متان (CH_۴) می‌باشد، این گاز به همراه مواد دیگری از قبیل ۴٪ نیتروژن، ۴٪ اتان و ۱ تا ۲٪ پروپان می‌باشد. متان گازی گل‌خانه‌ای با پتانسیل گرم کردن زمین به میزان ده برابر CO_۲ است.

گاز طبیعی سالیان متمادی است که به‌عنوان سوخت موتورهای ثابت کمپرسورهای گازی و ژنراتورهای مولد برق مورد استفاده قرار می‌گیرد. شبکه گسترده توزیع و خطوط انتقال گاز طبیعی بزرگی جهت مصارف صنعتی و سیستم‌های گرمایشی وجود دارد. خودروهایی با سوخت گاز طبیعی از سال ۱۹۵۰ ظهور کردند و کیت‌های تبدیل آن‌ها برای هر دو نوع موتورهای اشتعال تراکمی و اشتعال جرقه‌ای موجود است. تحقیقات زیادی برای توسعه خودروهای دوگانه‌سوز که هم می‌توانند با گاز طبیعی و هم با بنزین یا سوخت دیزل کار کنند، در حال انجام است. یک مزیت خودروهای دوگانه‌سوز آن است که گستره عملکرد آن از خودروهایی که تنها با گاز طبیعی کار می‌کنند بیشتر است. در حال

حاضر تولیدکنندگان تجهیزات اصلی این سیستم‌ها در حال فروختن محصولات خود به شرکت‌های خودروسازی، به‌ویژه وسائط نقلیه ناوگانی هستند.

مطالعه آزاد

گاز طبیعی در دمای اطاق به صورت فشرده و در دمای 16°C - به صورت مایع نگهداری می‌شود این سوخت دارای عدد اکتان ۱۲۷ می‌باشد و بنابراین موتورهایی که با گاز طبیعی کار می‌کنند می‌توانند با نسبت تراکم ۱:۱۱ کار کنند، که این مقدار بیشتر از موتورهای بنزینی است. گاز طبیعی در مخزن ذخیره خودرو تا 2 MPa تحت فشار قرار می‌گیرد و بنابراین دارای $1/3$ دانسیته انرژی حجمی بنزین است. فشار ذخیره‌سازی آن ۲ برابر فشار ذخیره‌سازی پروپان است. همانند پروپان، گاز طبیعی نیز پس از گذر از تنظیم‌کننده فشار، به وسیله سوپاپ مخلوط‌کننده و دریچه پاشش با فشاری در حدود 75 KPa به داخل مانی فولد ورودی تزریق می‌شود و یا به صورت پاشش مستقیم وارد محفظه سیلندر می‌شود. با استفاده از سیستم تزریق در چندراهه ورودی یا دریچه پاشش سوخت، بازده تنفسی و توان به دلیل جایگزینی 1% از هوای ورودی با گاز طبیعی کاهش پیدا می‌کند. گاز طبیعی برای شروع سرد موتور نیاز به مخلوط غنی ندارد و بنابراین در مرحله شروع میزان آلاینده‌های CO و HC کاهش می‌یابد.

احتراق متان متفاوت از احتراق هیدروکربن مایع است، چرا که فقط پیوند کربن - هیدروژن داشته و پیوند کربن - کربن ندارد، بنابراین فرایند احتراق کامل‌تر از سایر سوخت‌ها انجام می‌شود و هیدروکربن‌های غیر متانی کمتری تولید می‌شوند. بازده حرارتی بهینه در شرایط مخلوط رقیق و در نسبت تعادل سوخت و هوای $1/3$ تا $1/5$ اتفاق می‌افتد. سطوح کل آلاینده‌های هیدروکربن در این سوخت به علت وجود متان نسوخته، بالاتر از موتورهای بنزینی است. فرایند احتراق متان مولکول‌های پیچیده‌تری از جمله فرمالدهید که مولکولی بسیار آلاینده است را تولید می‌کند. ذرات مخصوص آلاینده گاز طبیعی نسبت به سوخت دیزل بسیار کمتر است. گاز طبیعی دمای شعله آدیاباتیک کمتری (تقریباً 224 k) نسبت به بنزین (تقریباً 231 k) دارد که این امر به سبب وجود آب در محصولات احتراق آن می‌باشد. کارکردن در شرایط رقیق، باعث کمتر بودن دمای بیشینه احتراق می‌شود. این پایین‌تر بودن دمای بیشینه، باعث کمتر شدن نرخ تشکیل NO و در نتیجه کمتر شدن NO_x در خروجی موتور می‌شود.

برای دستیابی به استاندارد آلاینده‌های خودرو در موتورهایی با سوخت گاز طبیعی، از مبدل‌های کاتالیستی استفاده می‌شود. به دلیل استفاده از مبدل‌های کاتالیستی، موتور باید در شرایط استوکیومتریکی عمل نماید، نگه داشتن احتراق گاز طبیعی در شرایط استوکیومتریکی و بازخورانی گازهای سوخته جهت کاهش دمای بیشینه احتراق و بنابراین کاهش سطح تولید اکسید نیتروژن، دلایل

کارآمد بودن این نوع سوخت است.

۹-۱-۳- هیدروژن: هیدروژن (H_2) از برخی مواد خام نظیر گاز طبیعی، ذغال سنگ و آب به دست می‌آیند. فرایندهای مختلفی برای تولید هیدروژن انجام می‌شود، یکی از این روش‌ها بازساخت بخار گاز طبیعی است که در حال حاضر اقتصادی‌ترین راه تولید هیدروژن می‌باشد، الکترولیز آب و تبدیل ذغال سنگ به گاز که در نتیجه آن CO_2 نیز تولید می‌شود از راه‌های دیگر تولید هیدروژن می‌باشد. هیدروژن گازی بی‌رنگ، بی‌بو و غیرسمی است، شعله‌های هیدروژن نامرئی و بدون دود هستند. از آنجا که در محصولات احتراق هیدروژن همانند هیدروکربن‌ها مواد کربن‌دار از قبیل CO ، HC و CO_2 یافت نمی‌شود، پتانسیل گرمایش جهانی هیدروژن در مقایسه با سوخت‌های پایه هیدروکربنی قابل اغماض است.

مطالعه آزاد

در حال حاضر بیشترین مصرف سوخت هیدروژنی در صنایع فضایی برای سوخت راکت می‌باشد هیدروژن همچنین می‌تواند به عنوان سوخت در سلول‌های سوختی استفاده شود جهت استفاده از سوخت هیدروژنی در خودروها تمهیداتی در نظر گرفته شده است، با این وجود بالا بودن هزینه مصرفی آن مانع از آن شده است که هیدروژن به عنوان یک سوخت جایگزین به کار گرفته شود. موتورهای دوگانه‌سوزی وجود دارند که در آن‌ها جهت کاهش آلایندگی‌های استارت سرد، از هیدروژن برای استارت موتور و کارکرد موتور در دوره‌های پایین و از بنزین در شرایط تمام بار استفاده می‌شود.

یکی از موانع بزرگ در حوزه استفاده از سوخت هیدروژنی، فقدان تولید، توزیع و منبع ذخیره آن می‌باشد. اقتصادی‌ترین روش توزیع این ماده همانند گاز طبیعی، استفاده از خطوط انتقال لوله‌ای می‌باشد. سه روش ذخیره‌سازی هیدروژن عبارتند از: (۱) نگهداری به صورت مایع در دمای $253^\circ C$ - در مخازن برودتی؛ (۲) به صورت هیدرید فلزات، مانند هیدرید آهن - تیتانیوم ($FeTiH_2$)؛ و (۳) به حالت گاز تحت فشار ۲ تا 7 MPa هیدرید به محض گرم شدن توسط یک منبع حرارتی، از خود هیدروژن آزاد می‌کند، مانند سیستم آگروز خودروها. متداول‌ترین روش‌های ذخیره‌سازی ذخیره به صورت مایع و نیز استفاده از هیدرید فلزات می‌باشد، قابلیت ذخیره‌سازی حجمی این دو روش همانند یکدیگر است. حجم مورد نیاز برای ذخیره انرژی یکسان در این دو روش حدود ۱ برابر فضایی است که ۵ گالن بنزین اشتعال می‌کند. بنابراین برای استحصال انرژی معادل ۵ گالن بنزین، ۵۵ گالن هیدروژن فشرده مورد نیاز است.

هیدروژن فشرده تحت فشار 70 MPa دارای یک سوم چگالی انرژی گاز طبیعی فشرده است، همچنین چگالی انرژی حجمی هیدروژن مایع، یک چهارم بنزین است. استفاده از هیدروژن مایع

بسیارگران است، چرا که مایع کردن هیدروژن تا دمای 2°K نیازمند صرف انرژی‌ای تقریباً برابر با انرژی هیدروژن مایع است. اگر در چندراهه ورودی هیدروژن با هوا ترکیب شود، حجم هیدروژن ۳٪ حجم مخلوط ورودی در شرایط استوکیومتری خواهد بود که باعث کاهش بازده تنفسی می‌شود. عدد اکتان هیدروژن ۱۰۶ است، این عدد اکتان اجازه می‌دهد از نسبت‌های تراکم بالاتر نیز استفاده کنیم.

۱-۱-۳- متانول: متانول (CH_3OH) سوخت الکلی است که از واکنش‌های گاز طبیعی، ذغال سنگ یا فرآیندهای بیوماس^۱ به دست می‌آید. متانول را همچینین الکل چوب می‌نامند. الکل در شرایط محیطی ماده‌ای مایع می‌باشد و ساختار شیمیایی آن به صورت مولکول هیدروکربنی با یک رادیکال هیدروکسل (OH) می‌باشد. رادیکال هیدروکسل باعث افزایش قطبیت هیدروکربن می‌شود و بنابراین متانول می‌تواند در آب حل شود، این ماده همچینین فشار بخار نسبتاً کمی دارد. با توجه به وجود اکسیژن در این مولکول، هوای کمتری جهت احتراق کامل آن مورد نیاز است. متانول سمی بوده و خوردن آن باعث کوری و مرگ می‌شود. متانول از دهه ۱۹۰۰ به عنوان سوخت خودروها و موتورهای دیزل و همچینین سلول‌های سوختی مورد استفاده قرار گرفته است.

مطالعه آزاد

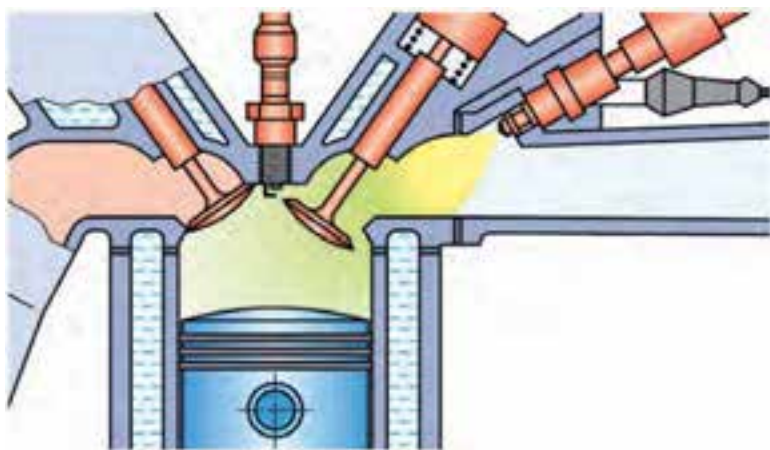
متانول خالص را با نام M۱ و مخلوط ۸۵٪ متانول و ۱۵٪ بنزین را با M۸۵ می‌شناسند عدد اکتان M۸۵ برابر ۲ می‌باشد با افزودن بنزین به متانول ماده‌ای فرار تشکیل می‌شود که باعث تبخیر آسان‌تر این ترکیب در دماهای پایین خواهد شد. متانول هم به جهت ایمنی و هم به جهت عملکرد، سوخت سریعی است. آتش متانول با آب خاموش می‌شود، اتفاقی که در احتراق بنزین هرگز رخ نمی‌دهد. عدد اکتان این ماده ۱۱۱ است، این عدد اکتان بالا، اجازه می‌دهد که از نسبت‌های تراکم بالاتری استفاده کنیم.

۱-۱-۳- اتانول: اتانول با فرمول ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)، یک سوخت الکلی است که از تخمیر ذرات شکر، نشکر و کله قند که منابع تهی‌ناپذیر انرژی هستند، تولید می‌شود. مشخصات و ویژگی‌های احتراق آن بسیار شبیه متانول است. متانول را الکل دانه‌ای نیز می‌نامند. اتانول در شرایط محیط مایع بوده و در غلظت‌های پایین غیر سمی است.

گازوئل (E10) ترکیبی از اتانول و بنزین با تقریباً ۱۰٪ حجمی اتانول است. E85 ترکیبی از ۸۵٪ اتانول و ۱۵٪ بنزین است. در برزیل تقریباً نیمی از خودروها از سوخت پایه اتانول با نام «آلکول»^۲ استفاده می‌کنند. E93 از نیشکر تولید می‌شود. در ایالات متحده مهمترین منبع اتانول از واکنش‌های حالات نشاسته همچون ذرت است. در حال حاضر در ایالات متحده تلاش‌هایی برای تولید این ماده از مواد سلولزی مانند فیبرهای ذرت، پسماندهای جنگلی، علف‌ها و درخت‌های صنوبر در حال انجام است. چگالی انرژی حجمی اتانول به عنوان یک سوخت جایگزین، نسبتاً بالا است (تقریباً ۲/۳ بنزین). عدد اکتان این ماده ۱۱۱ بوده که باعث می‌شود بتواند در نسبت تراکم بالا عمل کند. عدد ستان آن کوچک و در حدود ۸ می‌باشد، اما همانند متانول می‌تواند در موتورهای اشتعال تراکمی با سوخت دیزل احتراق کمکی عمل نماید.

۲-۳- احتراق

۱-۲-۳- مقدمه: قدرت در موتورهای احتراق داخلی بنزین، بر اثر اشتعال مخلوط بنزین و هوا به وجود می‌آید. عمل احتراق پس از تراکم شدن، بنزین و هوا به وسیله جرقه الکتریکی آغاز می‌گردد (شکل ۳-۶).



شکل ۳-۶- مخلوط بنزین و هوا به وسیله شمع محترق می‌گردد.

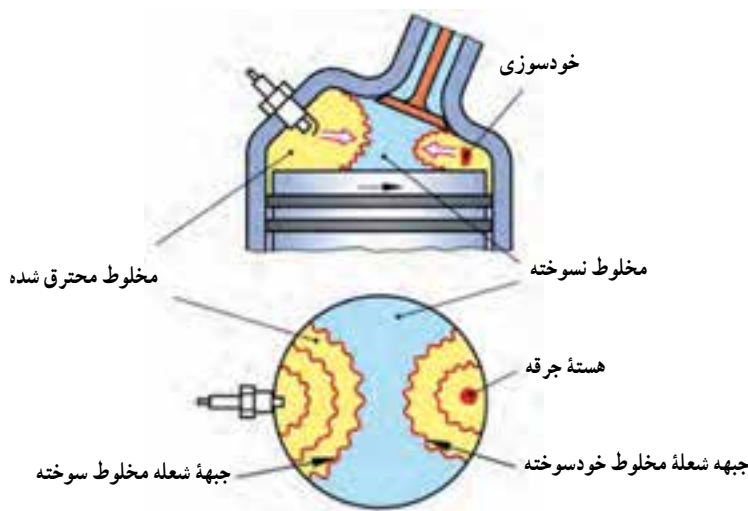
۱- Gasoho

۲- A coo

پس از شروع احتراق، جبهه شعله به سرعت در تمام فضای اتاق احتراق گسترش می‌یابد تا تمام مخلوط بنزین و هوا محترق شود (شکل ۷-۳).

عمل احتراق سوخت در زمان حدود $\frac{3}{1000}$ ثانیه تکمیل می‌شود و علت کوتاهی مدت، به آن انفجار نیز می‌گویند. هر چند که این عمل در مقابل انفجار باروت تفنگ یا دینامیت آهسته‌تر است (سرعت انفجار باروت تفنگ یا دینامیت $\frac{1}{5000}$ ثانیه است) با این حال، انرژی موجود در بنزین به مراتب بیشتر می‌باشد.

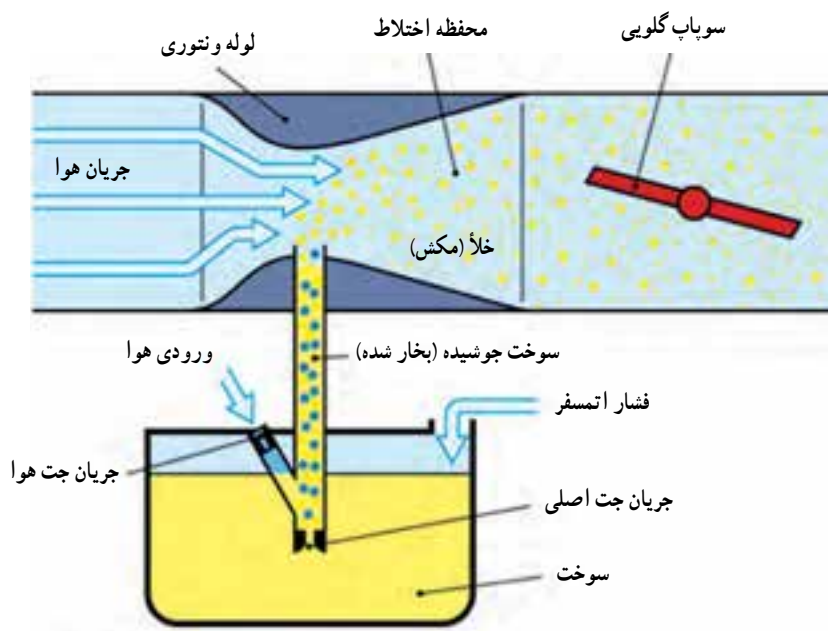
در احتراق بنزین که یک فعل و انفعال شیمیایی است، هیدروژن سوخت (H) در اثر ترکیب با اکسیژن، تولید بخار آب (OH_2) و کربن سوخت در اثر ترکیب با اکسیژن، تولید گاز دی‌اکسید کربن (CO_2) می‌کند. به علت نقص سیستم احتراقی، همیشه مقداری از کربن‌های سوخت نمی‌توانند اکسیژن لازم را به دست آورند، لذا تولید گاز سمی و خطرناک منو اکسید کربن می‌کنند (CO). مقدار مونواکسید کربن را باید با وسیله‌ای به حداقل رسانید تا در بحرانی‌ترین موقع خام‌سوزی، که دور آرام می‌باشد، مقدار بیشتر از ۴٪ نباشد.



شکل ۷-۳- گسترش شعله در فضای احتراق

۲-۲-۳- چگونگی تغذیه سیلندر : در موقع پایین رفتن پیستون در کورس مکش، مخلوط سوخت و هوا به علت ایجاد خلأ در سیلندر از دریچه گاز وارد سیلندر می‌شود. (فشار جو در کنار

دریا برابر یک اتمسفر یا ۱۴/۷psi است) جریان سوخت از کاربراتور به سیلندر در اثر اختلاف ایجاد شده بین سوخت پاش و پیاله بنزین، به عمل می‌آید. فشار هوا نه تنها سوخت را از پیاله کاربراتور به داخل سیلندر می‌راند بلکه باعث پودر شدن ذرات بنزین نیز می‌شود. شکل ۸-۳ نحوه اعمال فشار در باک بنزین و جریان هوا در لوله کاربراتور و سرلوله سوخت پاش و چگونگی جریان یافتن و توزیع سوخت در مانیفولد گاز را نشان می‌دهد.



شکل ۸-۳- فشار هوا سوخت را به صورت ذره در لوله کاربراتور درمی‌آورد.

۳-۲-۳- اصلاح زمان کار سوپاپ‌ها (تایمینگ سوپاپ‌ها): اگر سوپاپ‌های گاز و دود، درست در نقاط مرگ بالا و پایین باز شوند، قدرت بازده موتور به حداکثر ممکن نمی‌رسد. بنابراین، زمان بندی (تایمینگ) سوپاپ‌ها در طراحی موتور دارای اهمیت زیادی است. اندازه زودتر یا دیرتر باز و بسته شدن سوپاپ‌ها در همه موتورها یکسان نمی‌باشد و دقیقاً به شرایط هر موتور بستگی دارد. ولی میانگین آن چنین است:

سوپاپ گاز ۷ درجه زودتر از رسیدن پیستون به نقطه مرگ بالا باز می‌شود. (آوانس سوپاپ

گاز)

سوپاپ گاز ۴۵ درجه بعد از گذشتن از نقطه مرگ پایین بسته می شود. (ریتارد سوپاپ گاز) تایمینگ سوپاپ گاز ۴۵ ۷ درجه افزایش می یابد و مجموع زمان مکش 232° می شود که در شکل ۳-۹ با رنگ سبز نشان داده شده است.

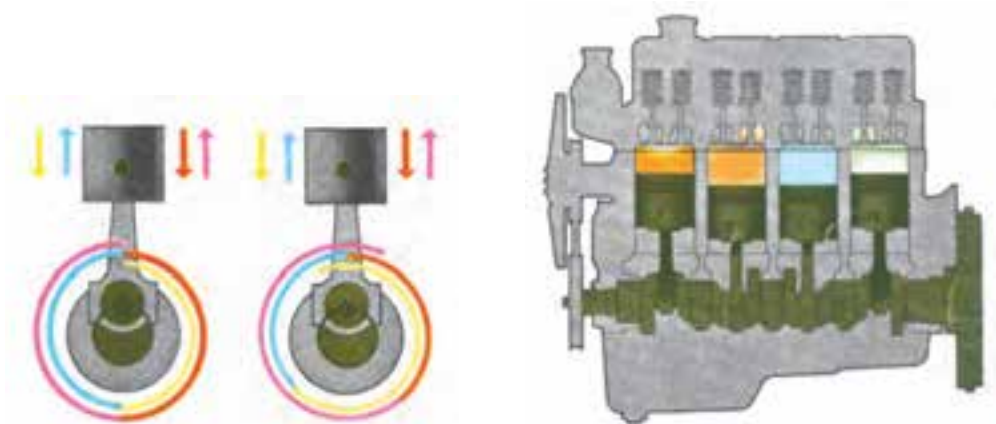
سوپاپ دود 5° درجه زودتر از رسیدن پیستون به نقطه مرگ پایین باز می شود. (آوانس سوپاپ دود)

سوپاپ دود ۹ درجه بعد از گذشتن پیستون به نقطه مرگ بالا بسته می شود. (ریتارد سوپاپ دود)

تایمینگ سوپاپ دود ۹ 5° درجه افزایش می یابد و مجموع زمان تخلیه 239° می شود که در شکل ۳-۱۰ با رنگ بنفش نشان داده شده است.

بدیهی است زمان تراکم که با رنگ آبی و زمان قدرت که با رنگ قرمز نشان داده شده است به اندازه زمان تنوری نمی باشد و کمتر از 18° هستند.

ترکیب احتراق موتور برای متعادل نمودن میل لنگ و کاهش تنش های ارتعاشی می باشد.



شکل ۳-۱۰- تایمینگ موتور بر حسب درجه گردش میل لنگ

شکل ۳-۹- تایمینگ سوپاپ ها و زمان کار موتور

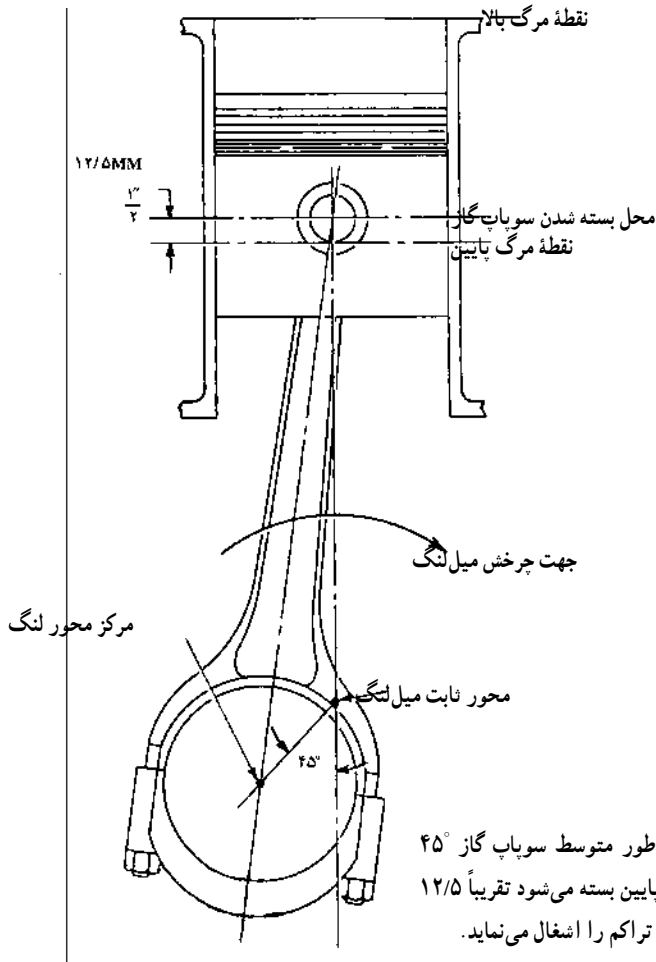
زمان قیچی کردن سوپاپ ها: با توجه به تایمینگ سوپاپ های موتور، می توان گفت در طی 16° هر دو سوپاپ گاز و دود باز می مانند. یعنی در حالی که دودها با شتاب زیاد در حال ترک کردن سیلندر می باشند گاز هم به طرف سیلندر شروع به حرکت می کند و شتاب می گیرد. به این حالت که هر دو سوپاپ باز هستند، قیچی کردن سوپاپ ها می گویند.

دلایل اصلاح زمان کار سوپاپ‌ها (تایمینگ):

۱- دلایل مهم تایمینگ سوپاپ‌ها آن است که در زمان حقیقی (18°) هر مرحله عملیات به طور کامل انجام نمی‌گیرد.

۲- دلیل مهم تر، اینرسی گاز است. در بیشتر موتورها، سوخت با سرعت تقریبی 5° متر بر ثانیه وارد سیلندر می‌شود. بنابراین با شتاب لازمی که گفته است با 45° تأخیر در بسته شدن سوپاپ گاز، سیلندرها بهتر می‌شوند. این تأخیر در پر شدن سوپاپ گاز (ریتارد سوپاپ گاز) حدود $12/5$ میلی‌متر از کورس تراکم را می‌پوشانند.

۳- سوپاپ دود را هم 5° درجه زودتر از موقع لازم باز می‌کنند (آوانس سوپاپ دود) تا تخلیه سیلندر انجام شود (شکل ۱۱-۳).

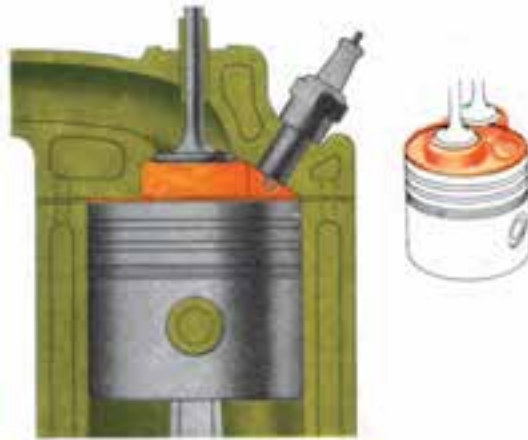


شکل ۱۱-۳- به طور متوسط سوپاپ گاز 45° بعد از نقطه مرگ پایین بسته می‌شود تقریباً $12/5$ میلی‌متر از کورس تراکم را اشغال می‌نماید.

۳-۲-۴- انفجار ضربه‌ای: پس از ایجاد جرقه، ممکن است سوخت به‌طور ناگهانی منفجر شود. موتوری که سوخت آن به‌طور نامناسب محترق شود، صدایی ناهنجار ایجاد می‌کند. انفجار ضربه‌ای، به دلیل کمبود اکتان در بنزین و یا نامناسب بودن شکل هندسی محفظه احتراق و یا زیاد بودن نسبت تراکم موتور است (شکل‌های ۳-۱۲ تا ۳-۲۲).



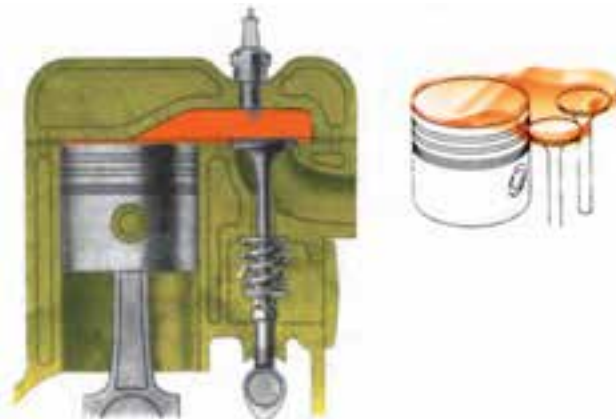
شکل ۳-۱۲- نمایش احتراق عادی که از طرف شمع شروع می‌شود.



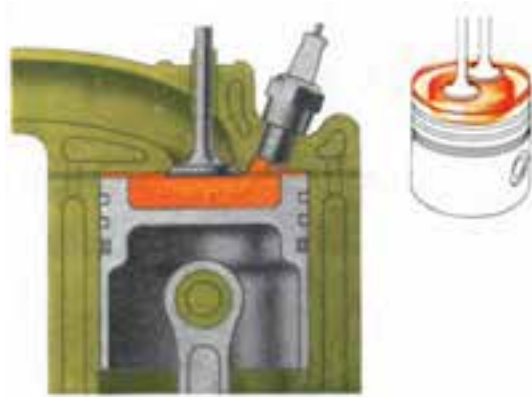
شکل ۳-۱۳- اتاق احتراق صاف، سرعت شعله را می‌کاهد.



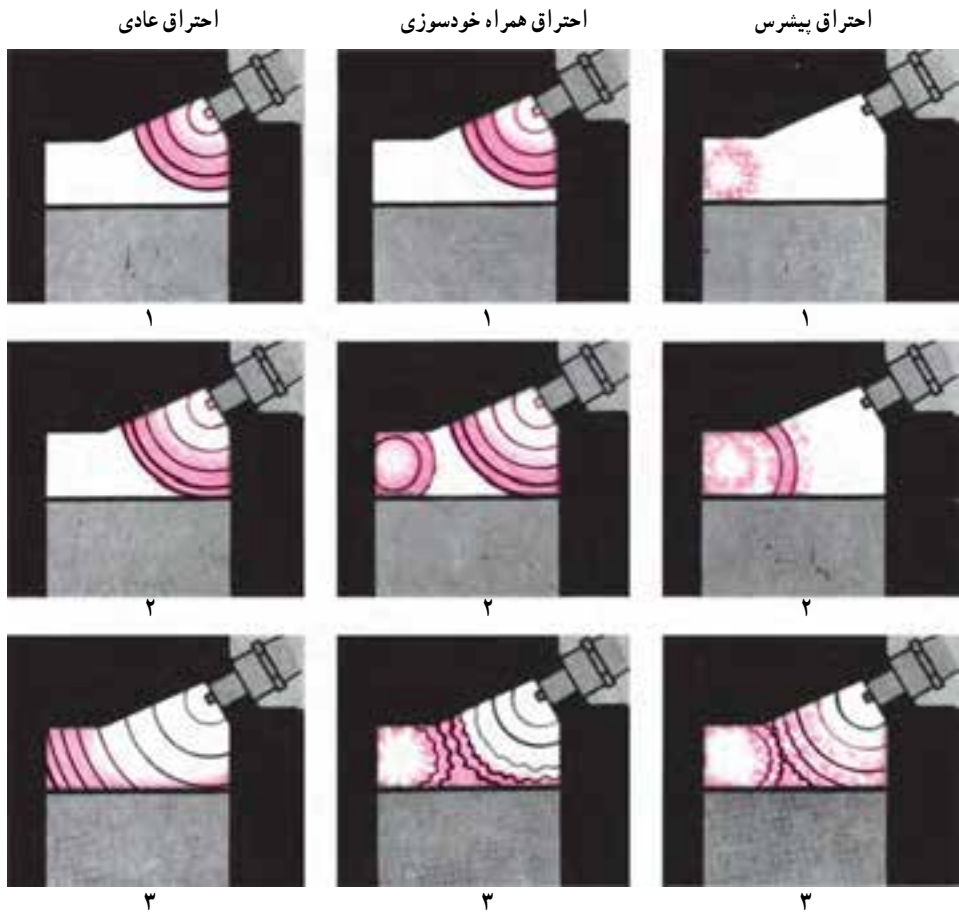
شکل ۳-۱۴- در این اتاق احتراق (گوه‌ای شکل)، شعله بهتر پیشروی می‌کند.



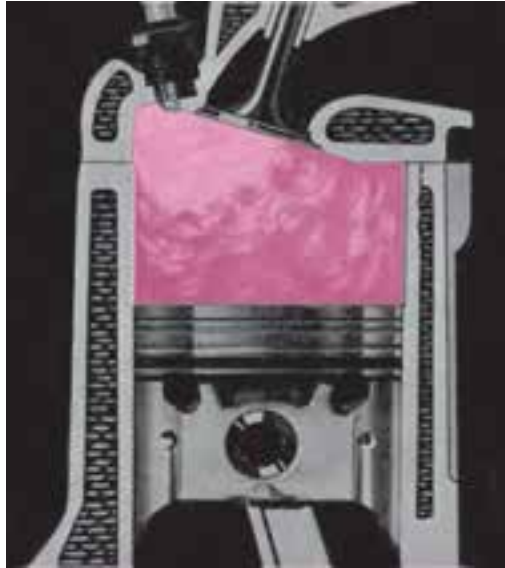
شکل ۳-۱۵- اتاق احتراق جانبی، باعث چرخش بهتر گاز و جلوگیری از خودسوزی می‌شود.



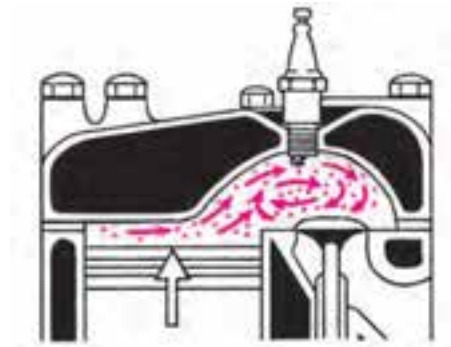
شکل ۱۶-۳- اتاق احتراق در کف پیستون، در این طرح موتور بهتر تنفس می‌کند.



شکل ۱۷-۳- انواع احتراق در موتور



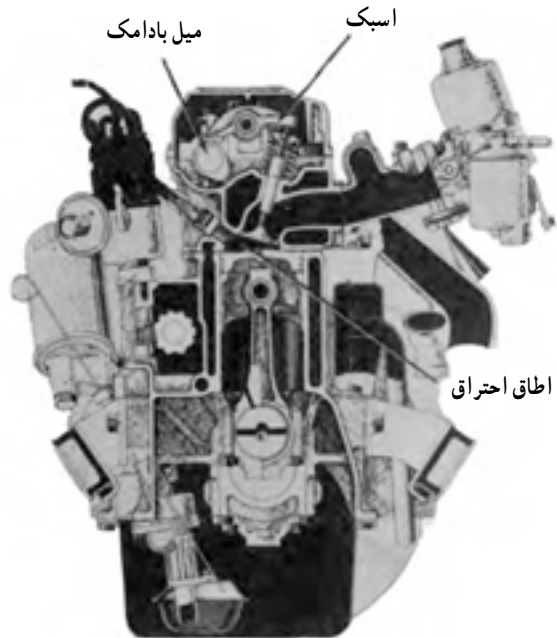
شکل ۱۸-۳- پیشروی جبهه شعله در اتاق



شکل ۱۹-۳- چرخش گاز در اتاق احتراق که اختلاط بهتری بین بنزین و هوا فراهم نموده، راندمان احتراق را افزایش می دهد.

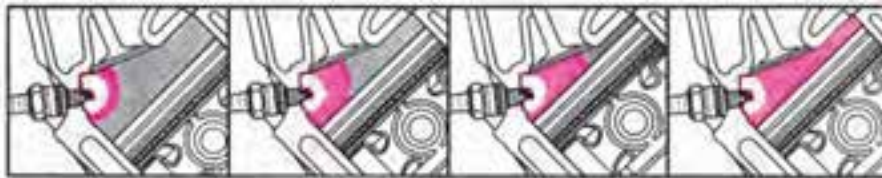


شکل ۲۰-۳- اتاق احتراق نیمکروه ای و گوه ای



شکل ۲۱-۳- شکل اتاق احتراق در موتور تویوتا

احتراق عادی



تمام مخلوط سوخت محترق می‌گردد. جبهه شعله به سرعت پیشروی می‌کند. احتراق آغاز می‌گردد. جرقه شروع می‌شود. خودسوزی



از نقطه دیگری هم احتراق آغاز می‌شود. جبهه شعله پیشروی می‌کند. احتراق آغاز می‌شود. جرقه شروع می‌شود. احتراق پیش‌رس



باقیمانده سوخت نیز بی‌موقع می‌سوزد. دو جبهه شعله از دو طرف برخورد می‌کند. شمع جرقه می‌زند. احتراق از رسوب داغ آغاز می‌شود.

شکل ۲۲-۳- احتراق معمولی، احتراق همراه با خودسوزی، احتراق همراه با پیش‌سوزی

۵-۲-۳- راندمان حرارتی : نسبت بین انرژی تولیدی موتور به انرژی مصرفی را راندمان حرارتی گویند.

$$\eta_t \quad (\text{انرژی تولیدی موتور در داخل سیلندر})$$

$$(\text{انرژی حرارتی سوخت مصرفی موتور})$$

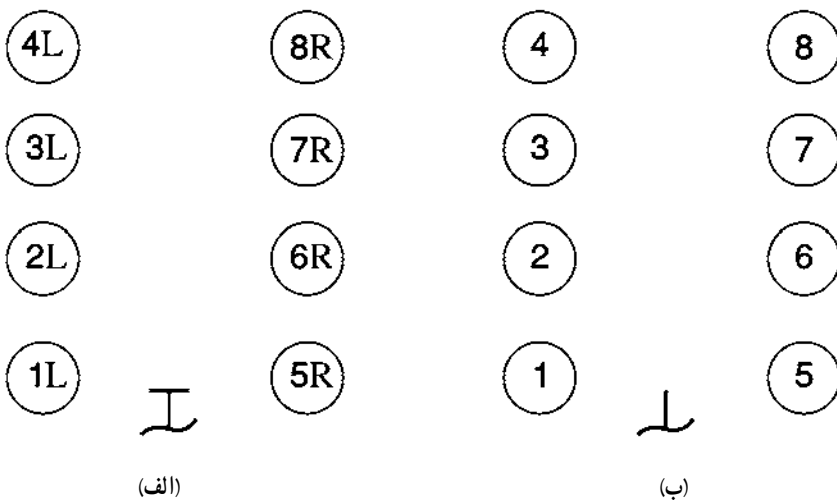
۶-۲-۳- شماره گذاری سیلندرها : وقتی صحبت از سیلندره‌های مختلف موتوری می‌شود به ناچار باید روشی برای شناسایی سیلندره‌های موتور با طرح‌های گوناگون وجود داشته باشد تا برای همگان آشنا و مفهوم گردد.

در موتورهای ردیفی : در یک موتور ردیفی وقتی از جلو نگاه می‌کنیم، شماره‌های سیلندر از جلو نام گذاری می‌شود یعنی سیلندری که به پروانه نزدیک تر است شماره یک و سیلندری که به فلاپویل نزدیک تر است، شماره آخر را به خود اختصاص می‌دهد. به جز در اتومبیل پژو که سیلندرها از عقب شماره گذاری می‌شوند.

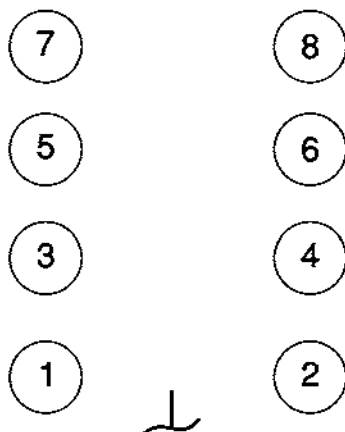
در موتورهای V شکل : در این موتورها سه روش به کار می‌رود :

الف) بلوک طرف راست را از دید جلو با اندیس R تعیین نموده، از جلو به عقب شماره گذاری می‌کنند و بلوک طرف چپ را با اندیس L تعیین نموده، از جلو به عقب شماره گذاری می‌نمایند. مثلاً در موتور ۸ سیلندر V شکل، اغلب چنین شماره گذاری می‌شود.

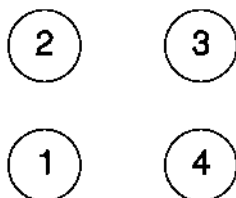
ب) بلوک طرف چپ را شماره‌های اولین و بلوک طرف راست را شماره‌های بعدی می‌زنند.



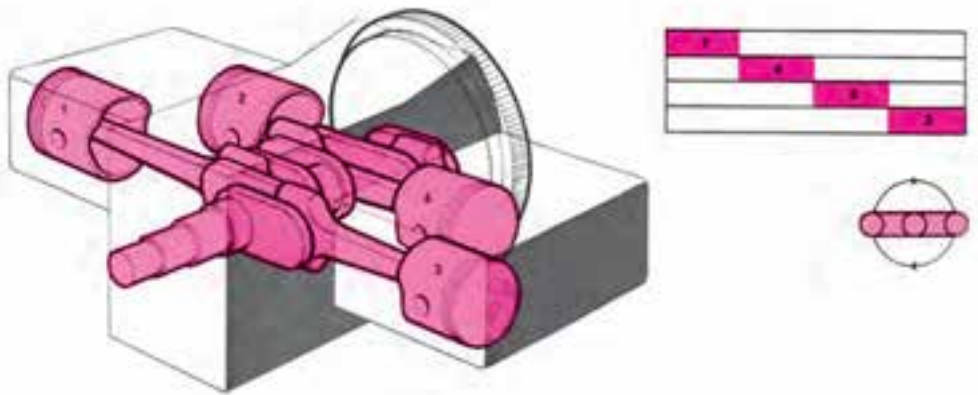
ج) طرف راست را با شماره‌های زوج و طرف چپ را با شماره‌های فرد مشخص می‌کنند.



در موتورهای *خوابیده* : سیلندرها را از سمت جلو و چپ طوری شماره‌گذاری می‌کنند که به سمت راست و جلو خاتمه یابد.



۲-۳-۷- ترتیب احتراق در موتورها : ترتیب احتراق یک موتور یعنی نوبت کارهای انجام شده در آن، در موتور چهار سیلندر ردیفی، یکی از دو ترتیب ۱-۲-۴-۳ و ۱-۳-۴-۲ معمول است. ولی روش اول متداول تر می‌باشد. در موتور چهار سیلندر خوابیده، ترتیب احتراق ۱-۴-۳-۲ معمول است.



شکل ۲۳-۳- ترتیب احتراق در موتور خوابیده

دلایل انتخاب ترتیب احتراق:

دانستن ترتیب احتراق، علاوه بر وایرچینی شمع‌ها، برای فیلرگیری سوپاپ‌های موتور نیز ضروری است. در یک موتور چهار سیلندر، انتخاب روش احتراق در طراحی موتور چندان تأثیر نمی‌گذارد ولی در سیلندرها بیشتر توجه به توزیع صحیح و کامل تر سوخت بین سیلندرهاى مختلف، یک مسأله می‌باشد.

دلیل این موضوع آن است که سوخت داخل مانیفولد گاز، دارای اینرسی معینی است و در جهت مشخصی در حال حرکت می‌باشد. حال اگر دفعتاً سوپاپ گازی در نقطه مقابل باز شود، سوخت باید جهت خویش را عوض کند و وارد سیلندر که در حال مکش است گردد.

بنابراین، تمام سعی طراحان موتور بر آن است که نظم و سرعت مناسبی به ماده سوخت بدهند تا از بالا رفتن اینرسی گاز جلوگیری شود.

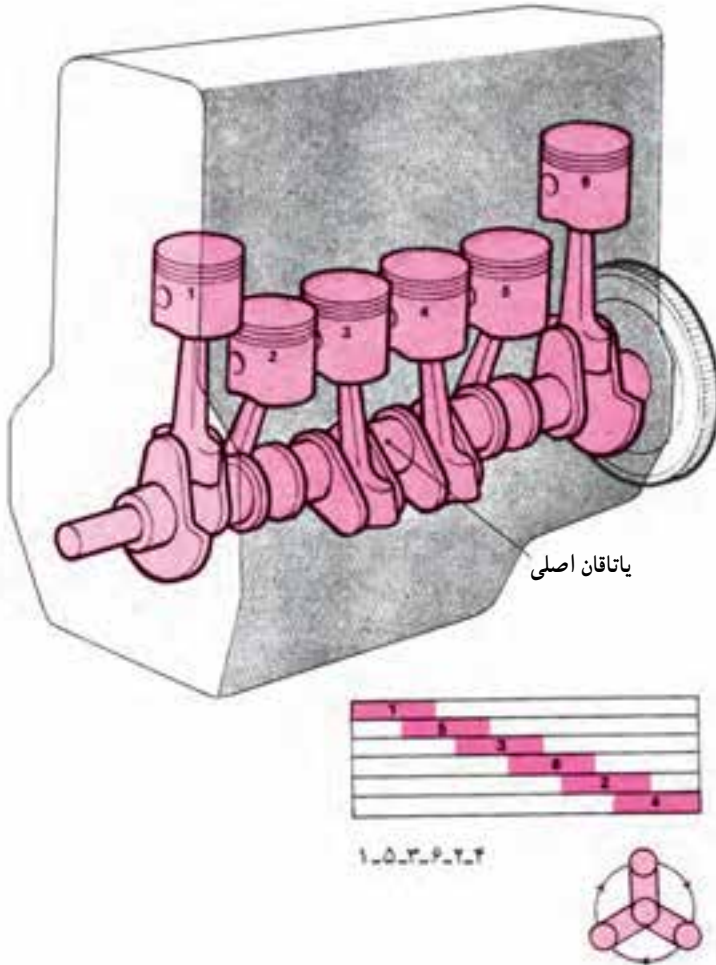
در مورد لوله‌های دود هم، چنین وضعی صادق است. اگر لوله‌های دود درست طرح شوند، فشار داخل سیلندر در پایان زمان تخلیه به حداقل ممکن می‌رسد. در نتیجه در زمان مکش راندمان حجمی موتور افزایش یافته، قدرت مفید موتور بالا می‌رود.

از دلایل اصلی انتخاب ترتیب احتراق، متعادل کار کردن میل‌لنگ و کاهش ارتعاشات آن است.

ترتیب احتراق در موتورهای ۶ سیلندر ردیفی: در اغلب موتورهای شش سیلندر، ترتیب

احتراق ۴-۲-۶-۳-۵-۱ می‌باشد. در اتومبیل جاگوار ۶ سیلندر، همین ترتیب احتراق وجود دارد. فقط شماره‌گذاری آن از طرف عقب به جلو می‌باشد (شکل ۲۴-۳).

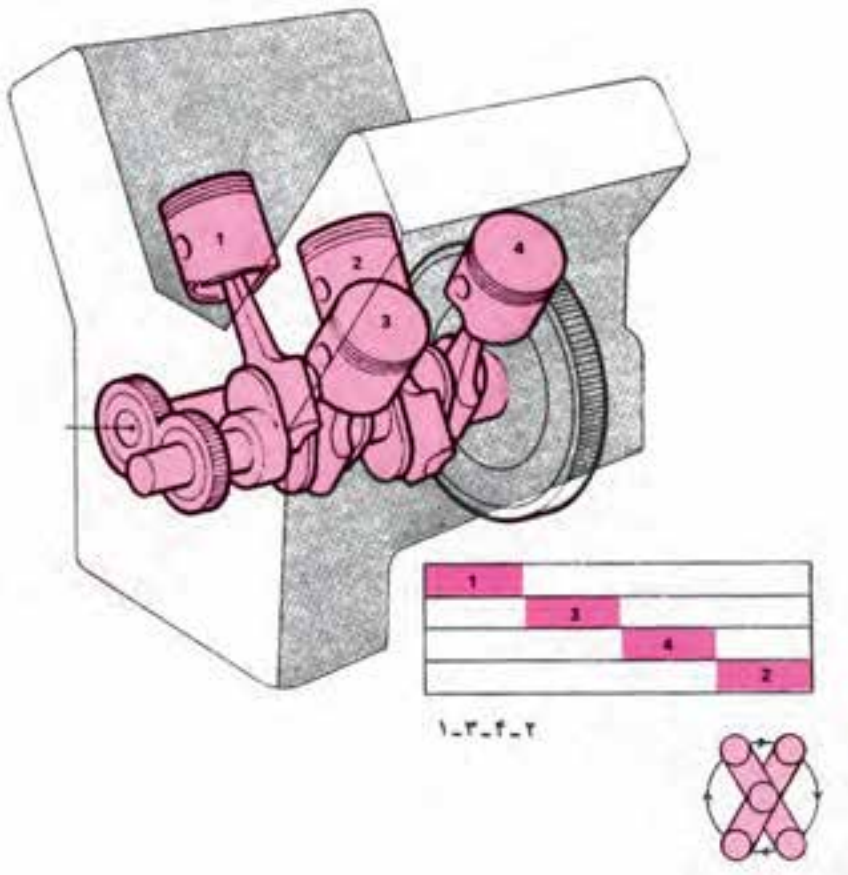
ترتیب احتراق موتور ۸ سیلندر ردیفی ۴-۷-۳-۸-۵-۲-۶-۱ می باشد.



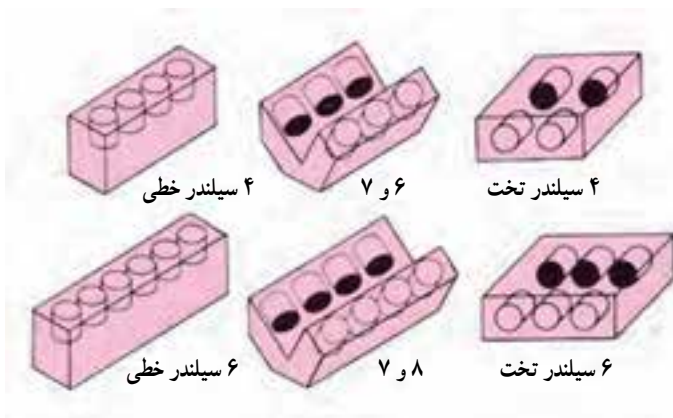
شکل ۲۴-۳- ترتیب احتراق در موتور ۶ سیلندر ردیفی

ترتیب احتراق در موتورهای V شکل

الف) موتور V شکل ۴ سیلندر: موتور V شکل چهار سیلندر به ترتیب دارای احتراق ۲-۴-۳-۱ می باشد (شکل ۲۵-۳).

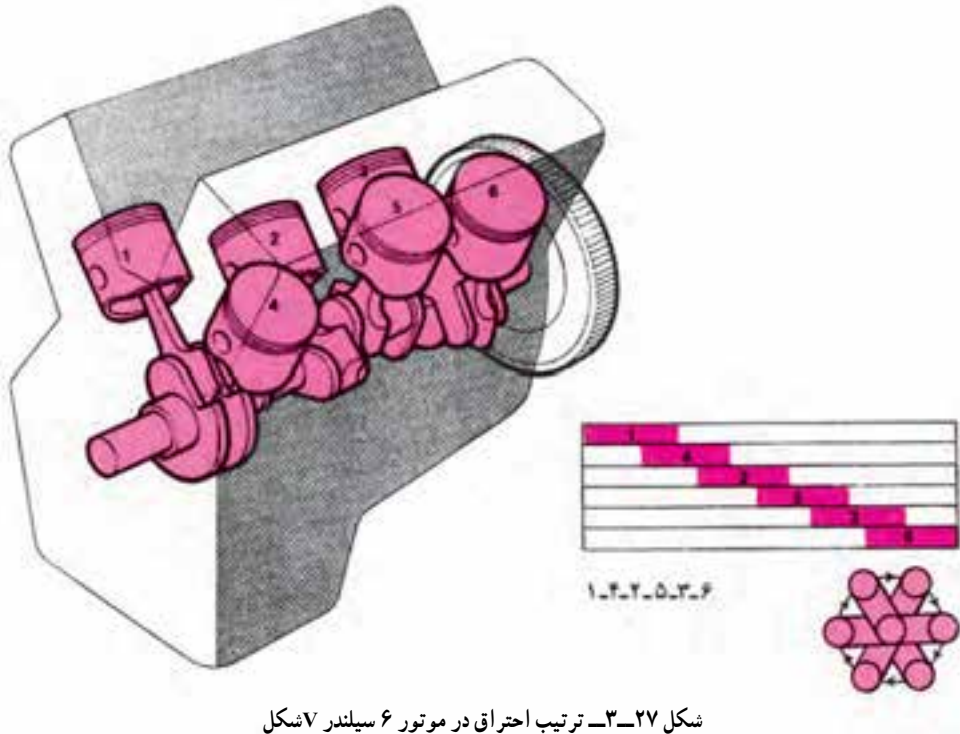


شکل ۲۵-۳- ترتیب احتراق در موتور ۷ شکل چهار سیلندر



شکل ۲۶-۳- آرایش سیلندرها

ب) موتور ۷ شکل ۶ سیلندر: ترتیب احتراق موتور ۷ شکل ۶ سیلندر، ۱-۴-۲-۵-۳-۶ می باشد (شکل ۲۷-۳).



شکل ۲۷-۳- ترتیب احتراق در موتور ۶ سیلندر ۷ شکل

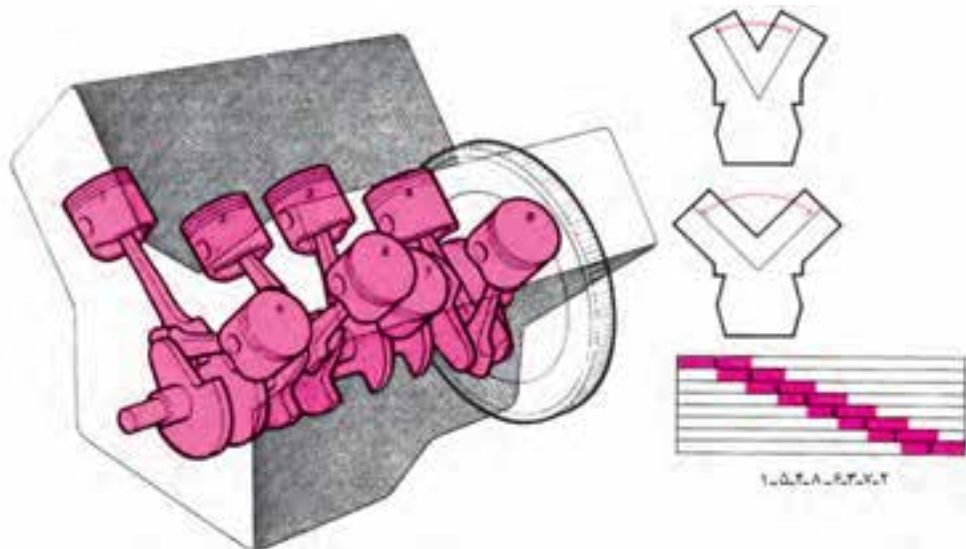
ج) موتور ۷ شکل ۸ سیلندر: در موتوره‌های ۷ شکل ۸ سیلندر، ترتیب احتراق به صورت:

$$\begin{cases} 1-5-4-2-6-3-7-8 \\ 1-5-4-8-6-3-7-2 \end{cases}$$

است، وقتی که سیلندره‌های طرف چپ ۱ تا ۴ و سیلندره‌های طرف راست ۵ تا ۸ می باشد. و یا به صورت:

$$\begin{cases} 1-2-7-8-4-5-6-3 \\ 1-8-7-2-6-5-4-3 \end{cases}$$

است، در حالی که سیلندره‌های طرف چپ اعداد فرد ۱-۳-۵-۷ و سیلندر طرف راست اعداد زوج ۲-۴-۶-۸ می باشد.



شکل ۲۸-۳- ترتیب احتراق در موتور ۷ شکل ۸ سیلندر

۳-۳- آلاینده‌های موتور و نحوه کنترل آن

۳-۳-۱- اکسیدهای ازت: به دلیل واکنش اتمی اکسیژن و نیتروژن در حین فرایند احتراق، اکسیدهای ازت (NO_x) در تمام محفظه احتراق تشکیل می‌شوند. واکنش‌های تشکیل‌دهنده NO_x به شدت وابسته به دما هستند، بنابراین خروجی NO_x از یک موتور نسبتاً به بارگذاری موتور بستگی دارد. میزان تولید NO_x در هنگام راه اندازی و مرحله گرم شدن موتور، نسبتاً پایین است. در موتورهای اشتعال جرقه‌ای، جزء مشهود NO_x ، اکسیدنیتروژن (NO) می‌باشد، این در حالی است که غلظت دی‌اکسیدنیتروژن، NO_2 فقط در حدود ۱ تا ۲٪ باشد.

۳-۳-۲- مونواکسیدکربن: مونواکسیدکربن در گازهای خروجی موتورهایی که به صورت غلیظ کار می‌کنند ظاهر می‌شود، زیرا در این حالت اکسیژن کافی برای تبدیل تمام سوخت به دی‌اکسیدکربن وجود ندارد. مهم‌ترین پارامتر موتور که بیشترین تأثیر را روی آلاینده‌های مونواکسیدکربن دارد، نسبت هم ارزی سوخت به هوا است، دیگر متغیرها تأثیری از مرتبه دوم دارند. بدین ترتیب نتایج به دست آمده از تغییر نسبت سوخت - هوا کم و بیش در خصوص تمامی موتورها صحت دارد. توجه داشته باشید که در شرایط نزدیک به مقادیر استوکیومتریکی، آلاینده مونواکسیدکربن یک تابع غیرخطی از نسبت هم ارزی می‌باشد. تحت این شرایط، در موتورهای چند سیلندر، لازم است تا اطمینان حاصل شود

که نسبت سوخت به هوای یکسانی به هر سیلندر وارد می‌شود. اگر نیمی از موتورها به صورت رقیق و نیمی دیگر به صورت غلیظ کار کنند، آنگاه سیلندره‌های رقیق CO بسیار کمتری نسبت به سیلندره‌های غلیظ تولید می‌کنند. میانگین آلاینده CO برای چنین موتوری متناظر با نسبت هم ارزی میانگین خواهد بود بلکه متناظر با نسبت هم ارزی میانگین غلیظ تری خواهد بود که متعاقباً منجر به تولید CO بیشتر از حد معمول می‌شود.

۳-۳-۳ هیدروکربن‌ها

موتورهای اشتعال جرقه‌ای: آلاینده‌های هیدروکربنی به واسطه حضور سوخت نسوخته در سیستم اگزوز موتور به وجود می‌آیند. سوخت‌های هیدروکربنی از ۱۰ تا ۲۰ گونه اصلی و حدود ۱۰۰ تا ۲۰۰ گونه فرعی تشکیل شده‌اند. بیشتر این گونه‌ها در گازهای خروجی یافت می‌شوند. البته، برخی از هیدروکربن‌های موجود در گازهای خروجی، در سوخت مادر (اولیه) دیده نمی‌شوند. این گونه‌های هیدروکربنی ناشی از سوختی است که درون سیلندر و طی واکنش‌هایی که کامل نشده‌اند، تغییر ساختار داده‌اند. این مواد حدود ۵۰٪ کل هیدروکربن‌های انتشار یافته می‌باشد.

مطالعه آزاد

این محصولات واکنش ناقص شامل استالدئید، فرمالدئید، ۳ و ۱ بوتادین و بنزین می‌باشد این محصولات در مؤسسه حفاظت از محیط‌زیست امریکا، به‌عنوان آلاینده‌های سمی شناخته می‌شوند به منظور سامان‌دهی آلاینده‌های موتورهای درونسوز، آلاینده‌های هیدروکربنی ناشی از موتور، به گروه‌های مختلف تقسیم‌بندی می‌شوند در طبقه‌بندی که به شکل وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد، هیدروکربن‌های کلی^۱ و هیدروکربن‌های بی‌متان^۲ می‌باشند حدود ۹٪ سوخت تأمین شده طی فاز احتراق موجود در مرحله انبساط به شکل نسوخته باقی می‌ماند روش‌هایی وجود دارد که به وسیله آن ۷٪ هیدروکربن‌ها، طی سه مرحله از چهار مرحله کاری یک موتور اشتعال جرقه‌ای چهار زمانه مصرف می‌شوند در این سیستم‌ها حدود ۲٪ هیدروکربن‌ها از طریق سیستم خروجی خارج می‌شود می‌توان گفت آلاینده‌های هیدروکربنی باعث کاهش بازده شده و همچنین آلوده‌کننده هوا نیز می‌باشند بیشترین مقدار تولید آلاینده‌های هیدروکربنی در حالت راه‌اندازی و مرحله گرم شدن موتور است دلیل افزایش آلاینده‌گی موتور در این حالات کاهش تبخیر و اکسیداسیون سوخت می‌باشد

همان‌طور که در جدول ۳-۳ بیان شده است، مسیرهای جایگزین اکسیداسیون و حضور هیدروکربن‌ها در سیستم خروجی از ۶ طریق اصلی صورت می‌پذیرد، این ۶ روش عبارتند از: ۱- شکاف و درزها^۳

۱- Tota Hydrocarbons (THC)

۲- Non Methane Hydrocarbons (NMHC)

۳- Crev ce

۲- لایه‌های روغن ۳- رسوبات کربن ۴- سوخت مایع ۴- خاموشی شعله روی دیواره سیلندر^۱ ۶- نشستی سوپاپ دود روش‌های درز و شکاف بیشترین تأثیر را داشته و حدود ۴٪ از آلاینده‌های هیدروکربنی موتور از این راه انجام می‌شود

جدول ۳-۳ منابع تولید آلاینده‌های هیدروکربنی

| منبع | درصد سوخت فرار کرده از احتراق | درصد آلاینده‌های هیدروکربنی نسوخته |
|-------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| درزها | ۵/۲ | ۳۸ |
| لایه روغن | ۱ | ۱۶ |
| رسوبات | ۱ | ۱۶ |
| سوخت مایع | ۱/۲ | ۲ |
| خاموش شدن شعله | /۵ | ۵ |
| نشستی سوپاپ خروجی | /۱ | ۵ |
| مجموع | ۹ | ۱ |

درز و شکاف‌ها مناطق نازکی در محفظه احتراق هستند که شعله نمی‌تواند در آن‌ها نفوذ کند زمانی که شعله تلاش می‌کند وارد کانال نازک شود، می‌تواند بسته به ابعاد کانال و فاصله خاموشی^۲ که یکی از مشخصه مخلوط‌های سوخت و هوا است، در این راه موفق یا ناموفق باشد درز و شکاف‌ها دارای یک اندازه مشخصه می‌باشند که از فاصله خاموشی کمتر است این شکاف‌ها در نزدیکی پیستون، واشر سر سیلندر، شمع و نشیمنگاه‌های سوپاپ وجود دارند و حدود ۱ تا ۲ درصد کل حجم فضای مرده را تشکیل می‌دهند بزرگترین شکاف، ناحیه بین رینگ پیستون و دیواره سیلندر است در مراحل تراکم و مراحل اولیه احتراق، فشار سیلندر افزایش یافته و درصد کوچکی از مخلوط سوخت و هوا را به داخل شکاف‌ها وارد می‌کند دمای شکاف تقریباً برابر با دمای دیواره خنک شده سیلندر است و در نتیجه چگالی مخلوط سوخت و هوا در شکاف بیشتر از داخل سیلندر است زمانی که فشار سیلندر در بخش انتهایی مرحله تراکم کاهش می‌یابد، گازهای نسوخته داخل شکاف دو مرتبه به سمت داخل سیلندر جریان می‌یابند

۱- Quench ng

۲- Quench ng d stance

لایه‌های روغن در یک موتور نیز می‌توانند مقداری از سوخت را حبس و سپس طی مرحله انبساط آن را آزاد نمایند کایسترو همکاری در سال ۱۹۸۲ به سیلندر، روغن اضافه کردند و دریافتند که هیدروکربن‌های موجود در گازهای خروجی متناسب با مقدار روغن اضافه شده به موتوری با سوخت ایزواکتان کار می‌کند، افزایش می‌یابد آن‌ها همچنین دریافتند که آلاینده‌های افزایش یافته، گازهای نسوخته و گونه‌های حاصل از اکسیداسیون سوخت می‌باشند و نه روغن سوخته و یا گونه‌های حاصل از اکسیداسیون روغن آن‌ها همچنین آزمایشاتی را که طی آن‌ها موتور توسط پروپان تغذیه می‌شد انجام دادند و با افزودن روغن هیچ افزایشی در هیدروکربن‌های موجود در آگروز مشاهده نکردند از آنجا که پروپان در روغن حل نمی‌شود، کایسترو همکاری نتیجه‌گیری کردند که افزایش مشاهده شده به دلیل جذب در لایه روغن طی تراکم و آزادسازی آن در گازهای سوخته خنک طی مراحل انبساط می‌باشد بنابراین می‌توان نتیجه گرفت آلاینده‌های هیدروکربنی از موتور وابسته به مقدار روغن داخل سیلندر و قابلیت حل شدن سوخت در روغن نیز می‌باشد

موتورهای اشتعال تراکمی: تحقیقات صورت گرفته توسط گریوز و همکاری در سال ۱۹۷۷ و یو و همکاری در سال ۱۹۸۰ نشان می‌دهد که هیدروکربن‌های موجود در گازهای خروجی موتورهای دیزل عمدتاً از سه راه ایجاد می‌شوند: ۱- سوخت حبس شده در پاششگر در انتهای تزریق که پس از مدتی به بیرون نفوذ می‌کند. ۲- سوخت مخلوط شده با هوا که افشانه در حال سوختن را محاصره کرده و به دلیل رقیق بودن بیش از حد توانایی سوختن ندارد و ۳- سوخت حبس شده در طول دیواره که در درزها و شکاف‌ها، رسوبات و یا روغنی که در معرض افشانه سوخت حبس شده است.

مطالعه آزاد

فرایند احتراق دیزل بر اساس اختلاط سوخت و هوا در زمانی که می‌بایست بسوزند شکل می‌گیرد همان طور که قبلاً گفته شد یک زمان مشخصه برای تشکیل مخلوط جدید مورد نیاز است تا خود اشتعالی رخ دهد زمان مشخصه یک تابع قوی از نسبت هم ارزی است این مقدار در نسبت‌های نزدیک به استوکیومتریک سوخت و هوا، حداقل مقدار را دارد البته از آنجا که زمان مشخصه محدود می‌باشد، یک ناحیه سوخت و هوا می‌تواند با نسبت استوکیومتریک مخلوط شده و پیش از آنکه خود اشتعالی رخ دهد به وسیله هوای بیشتر رقیق شود در نتیجه فواصلی برای نسبت‌های هم ارزی فقیر وجود دارد و زمانی که خود اشتعالی رخ می‌دهد، نسبت هم ارزی سوخت و هوای موجود در این مناطق کمتر از حد پایین شعله‌وری است در نتیجه این مخلوط سوخت محلی نمی‌سوزد و سطح آلاینده‌های هیدروکربنی را افزایش می‌دهد

در زمان خود اشتعالی، مخلوط بیش از حد غلیظ سوخت و هوا نیز وجود دارد. البته، در صورتی که گازها به اندازه کافی داغ باشند این مخلوط به وسیله اختلاط‌های اضافی می‌سوزند. از آنجا که مقداری از مخلوط سوخت و هوا تا اواخر مرحله انبساط به نسبت سوخت به هوای استوکیومتریکی نمی‌رسند، برخی هیدروکربن‌ها نیز تولید می‌شوند.

۳-۳-۴ ذرات معلق^۱ : دود مرئی یا دوده در گازهای خروجی نشان دهنده غلظت بالای ذرات معلق (PM) در گازهای خروجی است. از آنجا که استنشاق ذرات معلق می‌تواند مشکلات تنفسی ایجاد کند، لذا این گونه آلاینده‌ها به شدت کنترل می‌شود. آلاینده‌های ذرات معلق یک مشکل بزرگ در موتورهای دیزل هستند و عملکرد آن‌ها را در هنگام تولید دوده با محدودیت مواجه می‌سازد. از آنجا که در موتورهای بنزینی از سوخت بدون سرب استفاده می‌شود، ذرات معلق در موتورهای اشتعال جرقه‌ای مشکل جدی به‌شمار نمی‌آیند.

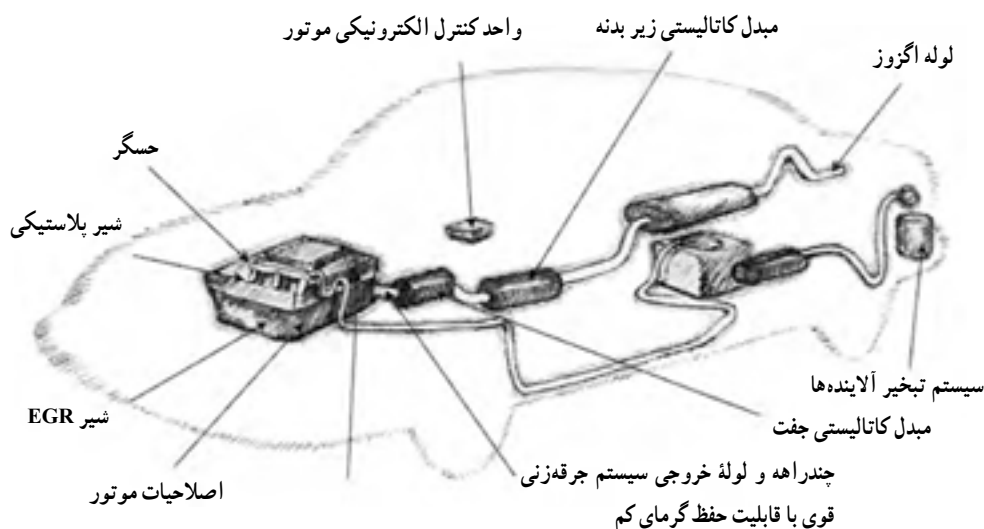
به هر ماده‌ای غیر از آب که بتواند در آگروز به وسیله فیلتر کردن جمع‌آوری شود، ذرات معلق می‌گویند. ذرات معلق جمع‌آوری شده روی یک فیلتر را می‌توان به دو مؤلفه کلی تقسیم نمود. یک مؤلفه، کربن جامد یا دوده است و مؤلفه دیگر، یک ماده آلی است که شامل هیدروکربن و محصولات اکسیداسیون ناقص آن‌ها می‌باشد. این مواد آلی روی فیلتر، افزایش چگالی پیدا کرده‌اند و یا جذب دوده می‌شوند. بخش آلی به وسیله فرآیندهایی که گازهای خروجی را با هوای خروجی از موتور رقیق می‌کند تحت تأثیر قرار می‌گیرد. روش‌های استفاده شده برای اندازه‌گیری آلاینده‌های ذرات معلق از قبیل تونل‌های رقیق‌سازی، جذب نور، تغییر رنگ فیلتر و جرم حبس شده کاغذ فیلتر در فصل ۵ مورد بحث قرار گرفته است.

۳-۳-۵ کنترل آلاینده‌گی : از دهه ۱۹۶۰ آلاینده‌های خروجی از موتورها توسط آژانس حفاظت از محیط‌زیست آمریکا کنترل شده است. تا پیش از ۱۹۶۰ آلاینده‌های تولیدی خودروهای سواری مورد کنترل قرار نمی‌گرفت. ایالت کالیفرنیا در سال ۱۹۶۶ در پاسخ به مشکلات کیفیت هوا، محدودیت‌هایی را برای آلاینده‌های CO و هیدروکربن معرفی نمود. در سال ۱۹۶۸ تنظیمات آلاینده‌ها را در سطح کشور آمریکا به اجرا گذاشته شد. با گذشت زمان این محدودیت‌ها سخت‌گیرانه‌تر شدند و امروزه خودروها اجازه تولید آلودگی بسیار کمتری نسبت به مقدار مجاز سال ۱۹۶۸ دارند. این مسئله از طرفی یک چالش اصلی پیش روی خودروسازان است و از طرف دیگر به‌عنوان یک فرصت برای مهندسان خودرو مطرح می‌باشد.

سه روش اساسی برای کنترل آلاینده‌های موتور وجود دارد :

- مهندسی فرآیند احتراق
- بهینه‌سازی انتخاب پارامترهای عملگرها
- استفاده از دستگاه‌های پس پالایش^۱ در سیستم اگزوز.

کاربرد پیشرفت‌های تکنولوژیکی در پاشش‌گرها، سنسورهای اکسیژن، و رایانه‌های مورد استفاده در موتور، باعث افزایش کنترل و بهینه‌سازی فرآیند احتراق شده است. دو اقدام در جهت کنترل NO_x که از سال ۱۹۷۰ در موتور خودروها مورد استفاده قرار گرفته‌اند، تأخیر در جرقه و بازگردانی گازهای خروجی می‌باشند. هدف از به‌کارگیری این اقدامات کاهش دمای بیشینه و در نتیجه کاهش تشکیل NO_x می‌باشد. مطالعه روش‌های کنترل آلاینده‌ها که توسط سازندگان خودرو گسترش یافته‌اند در مرجع مونت^۲ گردآوری شده است.



شکل ۲۹-۳- روش‌های کنترل آلاینده‌های خودرو

تأخیر در زمان جرقه‌زنی، NO_x را کاهش می‌دهد، زیرا بخش عظیمی از احتراق در یک حجم در حال انبساط رخ می‌دهد و این باعث کاهش فشار و دمای بیشینه می‌شود. البته این مسئله باعث

۱- After Treatment

۲- Mondt (2000)

کاهش بازده حرارتی نیز می‌شود. با استفاده از بازیابی گازهای خروجی مقداری از گاز خروجی وارد چندراهه ورودی می‌شود. گازهای خروجی به صورت یک رقیق‌کننده در مخلوط هوا- سوخت عمل کرده و دمای احتراق را کاهش می‌دهد. رقیق‌سازی مخلوط با استفاده از EGR باعث کاهش نرخ احتراق نیز خواهد شد. بنابراین برای نگهداشتن بازده حرارتی در حالت بهینه، زمان‌بندی جرعه پیش انداخته می‌شود. نسبت EGR مورد نیاز با بار وارد بر موتور و تا حدی با افزایش رقت مخلوط، افزایش می‌یابد. محدوده نسبت بازگردانی گازهای خروجی، حدود ۱۵٪ تا ۲۰٪ نرخ جریان سوخت و هواست.

در حال حاضر مهم‌ترین دستگاه پس پالایش، مبدل کاتالیستی سه راهه است. این سیستم در سال ۱۹۷۵ برای اولین بار بر روی سیستم خروجی خودروهای سواری نصب شد. این دستگاه نام خود را از این واقعیت گرفته است که بر روی هر سه آلاینده مورد توجه یعنی اکسیدهای ازت، مونواکسیدکربن و هیدروکربن‌ها تأثیر می‌گذارد. سرب و گوگرد از جمله موادی می‌باشند که شدیداً بر عملکرد مبدل کاتالیستی تأثیر نامطلوب می‌گذارند. بنابراین سوخت‌های خودرویی دوباره فرمول‌بندی شده‌اند تا سرب و گوگرد کمتری داشته باشند.

چنان که در شکل ۳-۳۰ دیده می‌شود، مبدل‌های کاتالیزوری به شکل لانه زنبوری^۱ و یا ساجمه‌ای^۲ ساخته می‌شوند تا گازهای خروجی در معرض سطح بزرگتر ایجاد شده توسط ذرات یکی از فلزات نجیب یعنی پلاتین (Pt)، پالادیوم (Pd) و رودیوم (Rh) که کمتر از ۵۰ nm قطر دارند، قرار گیرند. رودیوم فلز اصلی مورد استفاده برای از بین بردن NO است. همچنین پلاتین فلز اصلی جهت از بین بردن CO و HC می‌باشد.

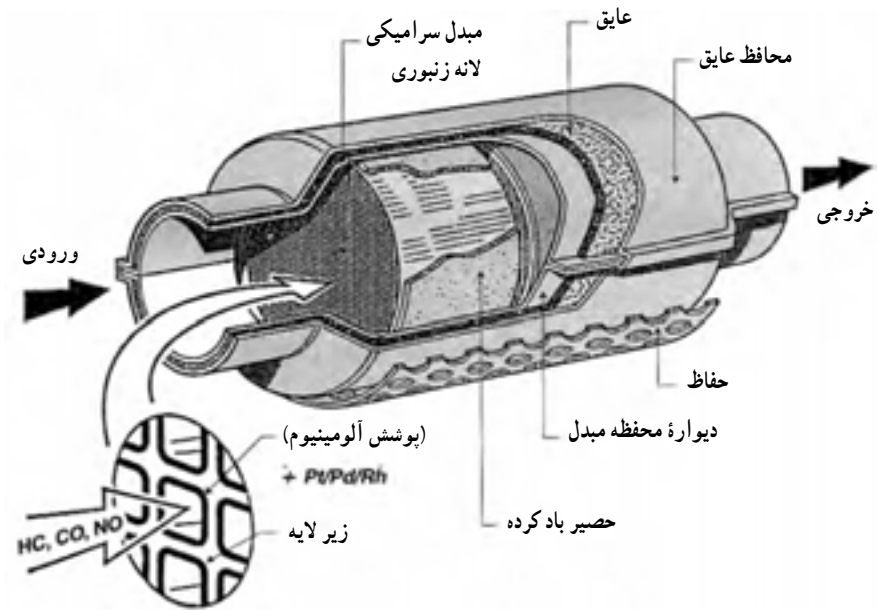
شکل ۳-۳۱ یک مبدل کاتالیستی سه راهه لانه زنبوری را نشان می‌دهد. با جریان یافتن گازهای خروجی به داخل کاتالیزور، NO از طریق یک واکنش کاهشی روی سطح کاتالیزور با CO، هیدروکربن‌ها و H_۲ واکنش می‌دهد. هیدروکربن‌ها و CO باقیمانده از طریق یک واکنش اکسیداسیون و با تشکیل H_۲O و CO_۲ از بین می‌روند. نرخ اکسیداسیون هیدروکربن‌ها متناسب با وزن مولکولی افزایش می‌یابد، در نتیجه اکسیداسیون سوخت‌های با وزن مولکولی سبک مثل متان در کاتالیزور بسیار آهسته صورت می‌گیرد.

۱- Honeycomb

۲- Pe et



شکل ۳-۳۰- تصویر برش خورده یک مبدل کاتالیستی



شکل ۳-۳۱- اجزای یک مبدل کاتالیستی

یک مبدل سه راهه تنها زمانی به درستی عمل می‌کند که ترکیب گازهای خروجی، در حدود $(\pm 1\%)$ احتراق استوکیومتریک باشد. اگر بیش از حد رقیق باشد اکسیدهای ازت از بین نمی‌روند و اگر بیش از حد غنی باشد مونواکسیدکربن و هیدروکربن‌ها از بین نمی‌روند. این باعث می‌شود که یک محدودیت بر روی عملکرد موتور قرار گیرد: برای استفاده از مبدل سه راهه لازم است موتور در یک محدوده باریک حول نسبت استوکیومتریک سوخت – هوا عمل کند. برای ایجاد چنین حالتی از یک سیستم کنترل حلقه بسته به همراه یک سنسور اکسیژن استفاده می‌شود تا نسبت سوخت – هوای واقعی را تعیین نمایند و پاشش‌گر را به گونه‌ای تنظیم کند که موتور در محدوده باریک حول نقطه استوکیومتریک عمل نمایند. کاربراتورهای معمولی قادر نیستند نسبت سوخت – هوا را در یک محدوده باریک حول یک نقطه معین نگه دارند.

سوالات

- چرا مانیفولد گاز را باید گرم نگهداری کرد و چگونه گرمای آن را کنترل می‌کنند؟
- انفجار بنزین را در مقایسه با انفجار باروت تفنگ یا دینامیت، بیان کنید.
- تایمینگ سوپاپ‌ها به چه منظوری صورت می‌گیرد؟
- چرا منواکسیدکربن (CO) تولید می‌شود و تا چه مقدار آن قابل قبول است؟
- زمان قیچی کردن سوپاپ‌ها یعنی چه؟ مقدار تقریبی آن چقدر است؟
- خودسوزی و انفجار ضربه‌ای احتراق چگونه ایجاد می‌شود و چگونه قابل تشخیص است؟
- روش شماره‌گذاری سیلندرهای ردیفی V شکل و خوابیده را در موتورهای ۲ تا ۸ سیلندر

بنویسید.

- ترتیب احتراق موتور یعنی چه؟ و در موتورهای ۴ و ۶ سیلندر، ترتیب احتراق چگونه است؟