

سوخت و احتراق

هدف های رفتاری : پس از آموزش این فصل از هنرجو انتظار می رود :

- ۱- سوخت ها را توضیح دهد.
- ۲- احتراق را توضیح دهد.
- ۳- آلاینده های موتور و نحوه کنترل آن را توضیح دهد.

۱-۳- سوخت

۱-۱-۳- مقدمه : مدت ها تصور می شد که سوخت ها فقط از یک جزء شیمیایی تشکیل شده اند. 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 سوخت ها، چگونگی تولید آنها و چگونگی عملکرد آنها در موتورهای احتراق داخلی توضیح داده می شود.

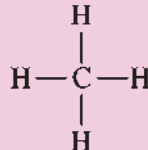
منبع اصلی سوخت های نفتی، نفت خام می باشد. مؤسسه نفت خام ایالات متحده، میزان نفت خام شناخته شده موجود در کره زمین را حدود یک تریلیون بشکه تخمین زده است، حدود ۶/۰ تریلیون بشکه از مخازن نفتی موجود در کره زمین کماکان ناشناخته باقی مانده است. در صورت ادامه مصرف با نرخ کنونی، پیش بینی می شود که حدود ۶۰ تا ۹۵ سال آینده، نفت خام در مخازن نفتی زمین به پایان برسد. پیشرفت های تکنولوژیکی در روش های بهره برداری مخازن نفتی باعث شده تا قابلیت استحصال نفت از میادین نفتی افزایش یابد. در سال ۱۹۵۰، میزان ذخایر شناسایی شده نفت خام جهان، تقریباً ۹۰٪ تریلیون بشکه تخمین زده می شد که در ۵۰ سال گذشته این مقدار ۱۰ برابر شده است. میزان مصرف نفت خام در سال های اخیر به گونه ای بوده است که تقریباً ۷۰٪ تریلیون بشکه از ابتدای انقلاب صنعتی تاکنون مصرف شده است. استحصال نفت خام از کک، زغال سنگ و شن های قیر اندود از لحاظ تکنیکی و تئوری ممکن است، لیکن از لحاظ اقتصادی به صرفه نمی باشد.

با توجه به اینکه در نفت خام کربن وجود دارد، مصرف آن باعث به وجود آمدن CO_2 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.

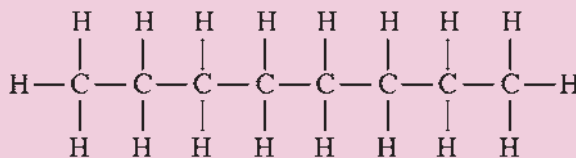
مطالعه آزاد

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.

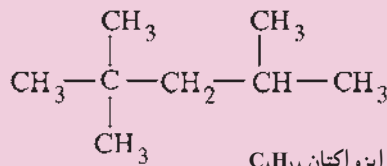
پارافین‌ها را با نام آلکان‌ها می‌شناسند. مثال‌هایی از این خانواده عبارتند از متان CH_4 و اکتان C_8H_{18} (شکل ۳-۱). ایزواکتان، از نظر تعداد کربن‌های آن همانند اکتان می‌باشد ولی چیدمان زنجیره آن با اکتان متفاوت است.



متان CH_4

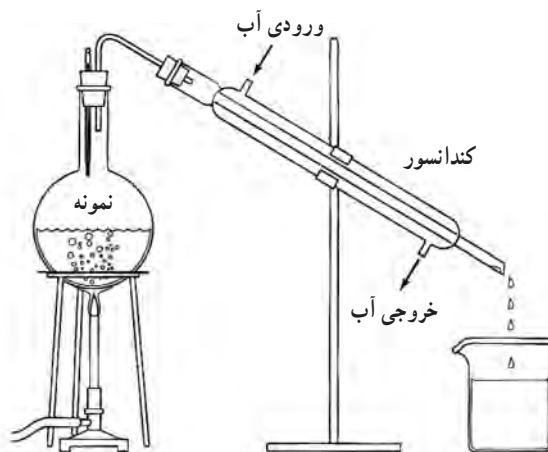


اکتان C_8H_{18}



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 فرایند^۱ شیمیایی به منظور تبدیل مواد حاصله به سوخت‌ها و دیگر فرآورده‌های نفتی می‌باشد. فرایند جداسازی اجزا را تقطیر^۲ می‌گویند که با دستگاه تقطیر انجام می‌شود.

شماتیک کلی یک دستگاه تقطیر در شکل ۳-۱ 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: نفتا^۳، 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^۴ یا عملیات مستقیم^۵ به اجزایی اطلاق می‌شود که هیچ واکنش شیمیایی روی آنها انجام نشده است. برای مثال نفتای سبک 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 ۳-۱- فرایند تقطیر، نفت خام را به اجزای مختلف تقسیم‌بندی می‌نماید.

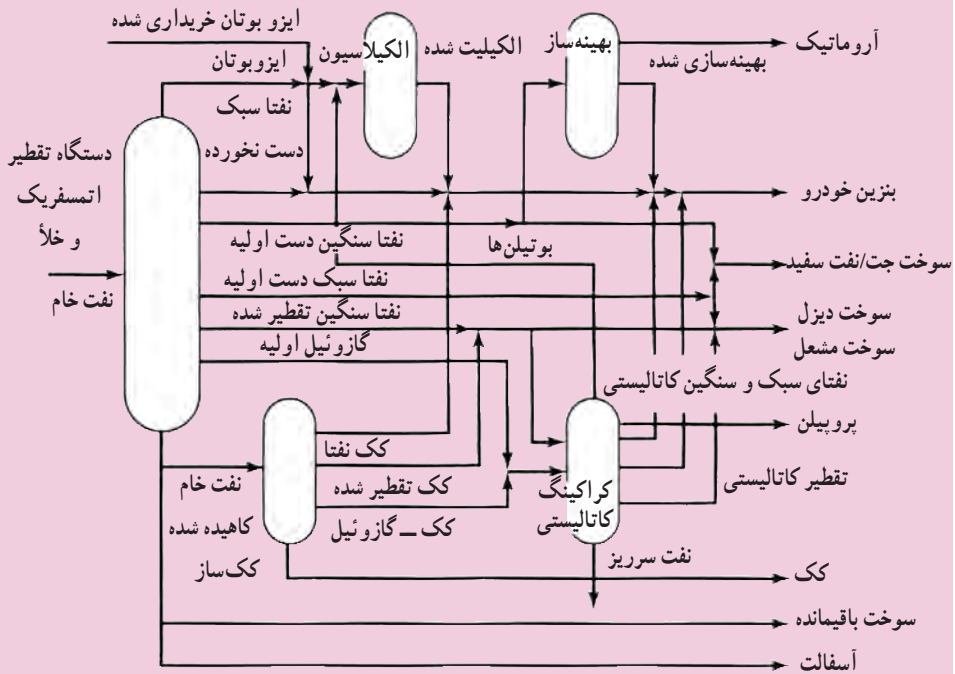
۱- Process

۲- Distillation

۳- Naphta

۴- Virgin

۵- Straight Run



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. به طور متوسط در یک عملیات تصفیه ۴۰٪ از نفت خام ورودی به بنزین، ۲۰٪ آن را به دیزل و سوخت حرارتی، ۱۵٪ به روغن سوختی باقیمانده، ۵۰٪ 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 180°C تا 360°C می‌باشد.

فرایندهای شیمیایی به منظور تبدیل یک جزء شیمیایی به جزئی دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند. به عنوان 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 ارتقای یک جزء به ماده‌ای بر مصرف‌تر و مفیدتر به کار می‌روند. برای مثال بنزین فرایند مستقیم دارای عدد اکتان ۷۰ می‌باشد در حالی که فرآورده آن دارای عدد اکتان ۹۰ می‌باشد. بنابراین در این مورد فرایند شیمیایی برای بالا بردن عدد اکتان از ۷۰ به ۹۰ 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_8H_{10} با وزن مولکولی ۱۱۱ می‌باشد. فرمول بنزین با هیدروژن فراوان C_7H_{12} می‌باشد.

۳-۱-۵ افزودنی‌های بنزین: افزودنی‌های بنزین شامل بهبوددهنده‌های عدد اکتان، ضدیخ برای جلوگیری از یخ‌زدگی سوخت، شوینده‌ها^۲ جهت کنترل رسوب روی اژکتورها 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 به‌طور عمومی به‌عنوان 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 به‌عنوان 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، چنانکه دیده می‌شود این دما بیشتر از دمای متناظر برای مواد تشکیل دهنده بنزین است. تخمین زده شده است که بیشتر از ۱۰۰۰۰۰ ایزومر در سوخت

۱- Gasoline

۲- Detergent

۳- Methyl-cyclopentadienyl Manganese Tricarbonyl (MMT)

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.

۷-۱-۳ 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 به 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. ضریب نفوذ سوخت‌های جایگزین در بازار، در حال حاضر فقط بین ۰/۵ تا ۱٪ است. بنا به گزارش وب^۴ و دلماس^۵ در سال ۱۹۹۰، تنها در ایالات متحده

۱- Cetane Number (CN)

۲- Compressed Natural Gas (CNG)

۳- Liquid Petroleum Gas (LPG)

۴- Webb

۵- Delmas

آمریکا، چهار میلیون خودرو با سوخت پروپان، سه میلیون خودرو با سوخت اتانول و حدود یک میلیون خودرو با سوخت گاز طبیعی وجود داشته است، این در حالی است که تعداد خودروهای بنزینی در آن زمان ۱۵ میلیون بوده است.

موتورهای دیزلی یا بنزینی موجود را می‌توان به سادگی به حالت سیستم سوخت جایگزین تبدیل کرد. با این حال برای انجام چنین تغییراتی باید شرایط مختلفی مدنظر قرار گیرد. ماهیت متفاوت احتراق این نوع سوخت‌ها، مستلزم تغییر در سیستم اژکتور (پاشش سوخت) و زمان‌بندی احتراق است. همچنین بسیاری از این سوخت‌ها و مخصوصاً انواع گازی آنها، خاصیت روان‌کاری کمی دارند و باعث افزایش سایش در اجزاء سیستم سوخت‌رسانی مانند اژکتورها و سوپاپ‌ها می‌شوند.

پروپان: پروپان با فرمول (C_3H_8) یک هیدروکربن پارافینی اشباع شده است. وقتی که با بوتان (C_4H_{10}) یا اتان (C_2H_6) ترکیب می‌شود، گاز نفتی مایع را تشکیل می‌دهد. متداول‌ترین گاز مایع مخلوط P92 می‌باشد. این سوخت حاوی ۹۲٪ پروپان و ۸٪ بوتان است. در ایالات متحده، تقریباً نیمی از LPG از اجزاء سبک‌تر هیدروکربن‌ها که در طول پالایش نفت خام به دست می‌آیند و نیمی دیگر از اجزاء سنگین گاز طبیعی سرچاه نفت تولید می‌شود.

پروپان از دهه ۱۹۳۰ به عنوان سوخت خودروها مورد استفاده قرار گرفت. در سال ۱۹۹۳ در جهان ۴ میلیون خودرو با این نوع سوخت وجود داشت که عمده آنها در هلند، ایتالیا، آمریکا و کانادا قرار داشتند. در حال حاضر جایگاه‌های متعدد مخصوص سوخت پروپان وجود دارد. برخی شرکت‌های خودروسازی، خودروهایی با این نوع سیستم سوخت‌رسانی از قبیل پیک آپ‌ها، کامیون و کامیونت‌ها تولید می‌کنند. همچنین کیت‌هایی برای تبدیل سیستم بنزینی به این نوع سوخت یا دوگانه‌سوز کردن خودروها وجود دارد.

در خودروها، پروپان به صورت مایع فشرده، تحت فشار بین ۰/۹ تا ۱/۴MPa ذخیره می‌شود. وقتی که سیستم به طور صحیح عایق‌بندی شده باشد، انتشارات بخار آن تقریباً صفر است. تنظیم‌کننده فشار^۱، میزان ورود پروپان به درون موتور را کنترل می‌کند. پروپان مایع در هنگام عبور از دریچه گاز به گاز تبدیل می‌شود. پروپان گازی شکل از درون محفظه ورودی به راهگاه ورودی یا مستقیماً به درون سیلندر پاشیده می‌شود. پروپان دارای عدد اکتان ۱۱۲ می‌باشد، لذا در هنگام استفاده‌های خودرویی معمولاً نسبت تراکم آن را افزایش می‌دهند.

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

آلاینده	پروپان	بنزین
HC	۰/۲۱	۰/۳۷
CO	۲/۵۵	۵/۴
NO _x	۰/۶۷	۰/۴۲

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

مواد سمی	پروپان	بنزین
بنزن	<۰/۱	۱۶/۷
۳،۱ بوتادین	<۰/۱	۲/۵
فرمالدهید	۱/۲	۳/۱
استالدهید	۰/۳	۱/۵
مجموع	۱/۵	۲۳/۸

۱-۳-۱-۸- 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 اتاق 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 20 MPa تحت فشار قرار می‌گیرد و بنابراین دارای $1/3$ دانسیته انرژی حجمی بنزین است. فشار ذخیره‌سازی آن 20° برابر فشار ذخیره‌سازی پروپان است. همانند پروپان، گاز طبیعی نیز پس از گذر از تنظیم کننده فشار، به وسیله سوپاپ مخلوط‌کننده و دریچه پاشش با فشاری در حدود 750 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 10% 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.

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 استوکیومتریک عمل نماید، نگاه داشتن احتراق گاز طبیعی در شرایط استوکیومتریک 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، زغال 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 زغال 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 HC، CO و CO_2 یافت نمی‌شود، پتانسیل گرمایش جهانی هیدروژن در مقایسه با سوخت‌های پایه هیدروکربنی قابل اغماض است.

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 آلاینده‌های 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°C - در مخازن برودتی؛ (۲) به صورت هیدرید فلزات، مانند هیدرید آهن - تیتانیوم FeTiH_x ؛ و (۳) به حالت گاز تحت فشار 20 MPa تا 70 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 سوخت 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 10° 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 بسیار گران 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 3% حجم مخلوط ورودی در شرایط استوکیومتری خواهد بود که باعث کاهش بازده تنفسی می‌شود. عدد اکتان هیدروژن 106 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، زغال سنگ یا فرایندهای بیوماس^۱ به دست می‌آید. متانول را همچنین الکل چوب می‌نامند. الکل در شرایط محیطی ماده‌ای مایع می‌باشد و ساختار شیمیایی آن به صورت مولکول هیدروکربنی با یک

رادیاال هیدروکسل (OH) می‌باشد. رادیکال هیدروکسل باعث افزایش قطبیت هیدروکربن می‌شود و بنابراین متانول می‌تواند در آب حل شود، این ماده همچنین 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 به‌عنوان سوخت خودروها و موتورهای دیزل و همچنین سلول‌های سوختی مورد استفاده قرار گرفته است.

۱۱-۱-۳- اتانول : اتانول با فرمول (C₂H₅OH)، 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)^۱ 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 نشکر 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 به‌عنوان 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.

۳-۲- احتراق

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

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

۱- Gasohol

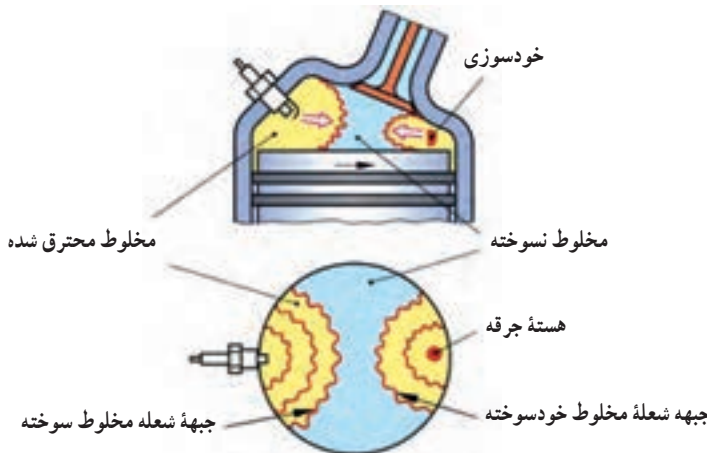
۲- Alcool



شکل ۲-۳- مخلوط بنزین و هوا به وسیله شمع محترق می‌گردد.

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.

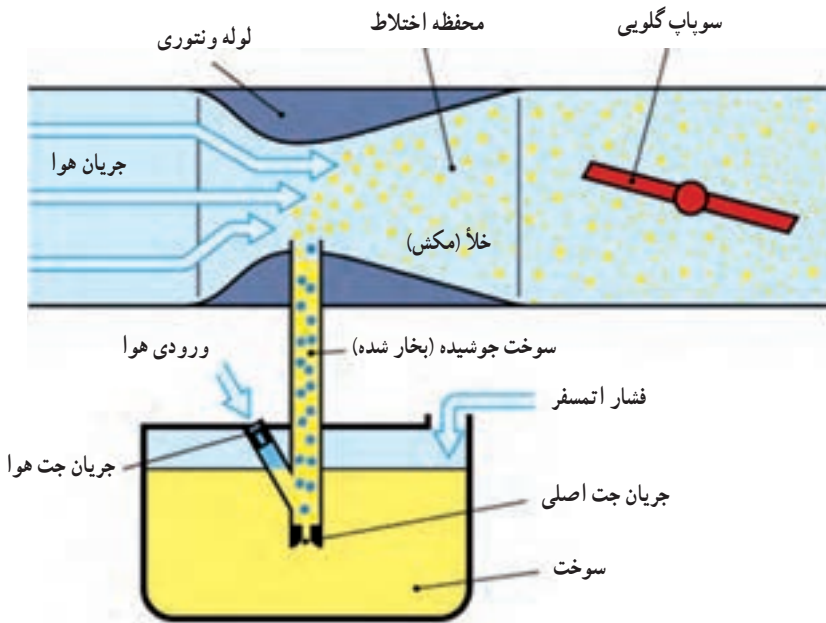
در احتراق بنزین که یک فعل و انفعال شیمیایی است، هیدروژن سوخت (H) در اثر ترکیب با اکسیژن، تولید بخار آب (OH_2) و کربن سوخت در اثر ترکیب با اکسیژن، تولید گاز دی‌اکسید کربن (CO_2) می‌کند. به علت نقص سیستم احتراقی، همیشه مقداری از کربن‌های سوخت نمی‌توانند اکسیژن لازم را به دست آورند، لذا تولید گاز سمی و 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 ۳-۳- 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 می شود. (فشار جو در کنار دریا برابر یک اتمسفر یا $14/7\text{psi}$ است) جریان سوخت از کاربراتور به سیلندر در اثر اختلاف ایجاد شده بین سوخت پاش و پیاله بنزین، به عمل می آید. فشار هوا نه تنها سوخت را از پیاله کاربراتور به داخل سیلندر می راند بلکه باعث پودر شدن ذرات بنزین نیز می شود. شکل ۳-۴ 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 می دهد.



شکل ۳-۴- فشار هوا سوخت را به صورت ذره در لوله کاربراتور درمی آورد.

۳-۲-۳- اصلاح زمان کار سوپاپ ها (تایمینگ سوپاپ ها) : اگر سوپاپ های گاز و

دود، درست در نقاط مرگ بالا و پایین باز شوند، قدرت بازده موتور به حداکثر ممکن نمی رسد. بنابراین، زمان بندی (تایمینگ) سوپاپ ها در طراحی موتور دارای اهمیت زیادی است. اندازه زودتر یا دیرتر باز و بسته شدن سوپاپ ها در همه موتورها یکسان نمی باشد 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 می شود. (اوانس سوپاپ

گاز)

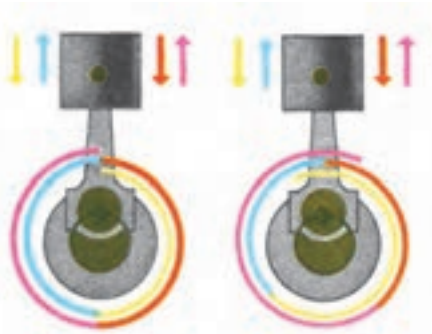
سوپاپ گاز ۴۵ درجه بعد از گذشتن از نقطه مرگ پایین بسته می‌شود. (ریتارد سوپاپ گاز) تایمینگ سوپاپ گاز ۷+۴۵ درجه افزایش می‌یابد و مجموع زمان مکش ۲۳۲° می‌شود که در شکل ۳-۵ با رنگ سبز نشان داده شده است.

سوپاپ دود ۵° درجه زودتر از رسیدن پیستون به نقطه مرگ پایین باز می‌شود. (آوانس سوپاپ دود)

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

تایمینگ سوپاپ دود ۹+۵° درجه افزایش می‌یابد و مجموع زمان تخلیه ۲۳۹° می‌شود که در شکل ۳-۶ 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 تئوری نمی‌باشد و کمتر از ۱۸۰° هستند. ترکیب احتراق موتور برای متعادل نمودن میل لنگ و کاهش تنش‌های ارتعاشی می‌باشد.



شکل ۳-۶- تایمینگ موتور برحسب درجه گردش میل لنگ



شکل ۳-۵- تایمینگ سوپاپ‌ها و زمان کار موتور

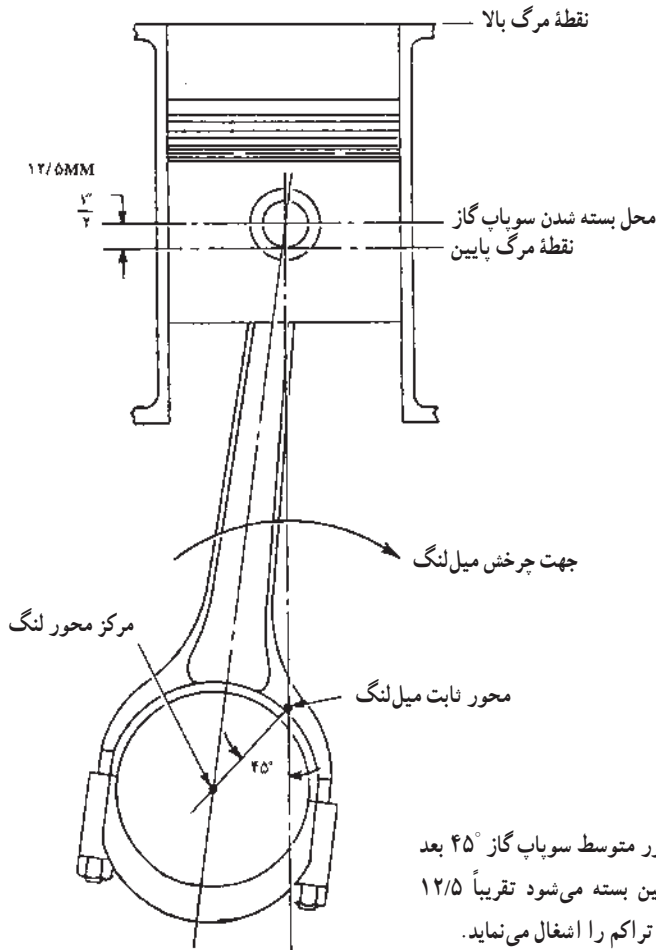
زمان قیچی کردن سوپاپ‌ها: با توجه به تایمینگ سوپاپ‌های موتور، می‌توان گفت در طی ۱۶°، هر دو سوپاپ گاز و دود باز می‌مانند. یعنی در حالی که دودها با شتاب زیاد در حال ترک کردن سیلندر می‌باشند گاز هم به طرف سیلندر شروع به حرکت می‌کند و شتاب می‌گیرد. به این حالت که هر دو سوپاپ باز هستند، قیچی کردن سوپاپ‌ها می‌گویند.

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.

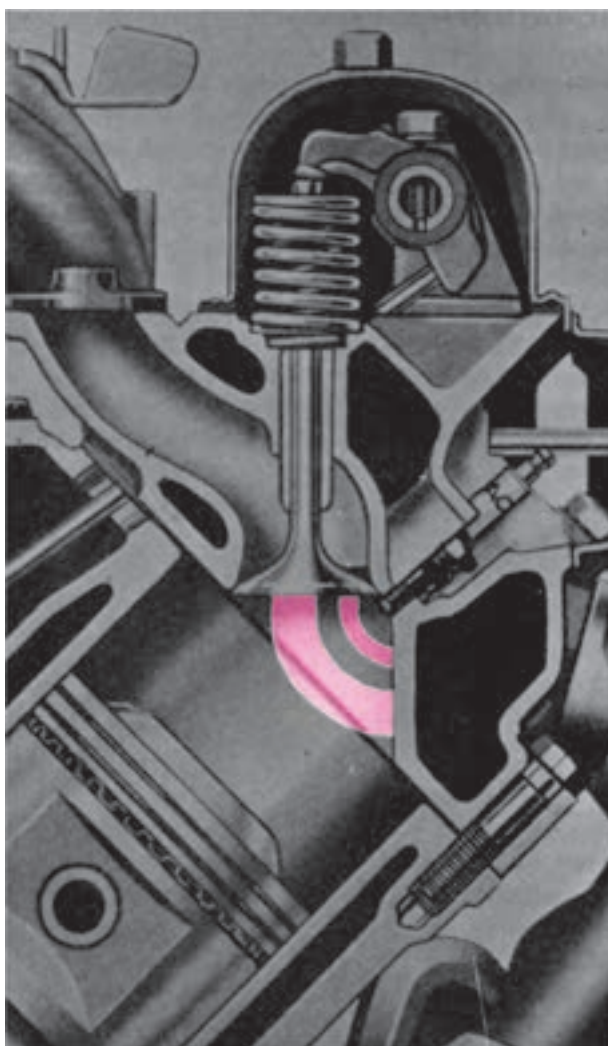
۲- دلیل مهم تر، اینرسی گاز است. در بیشتر موتورها، سوخت با سرعت تقریبی 5° متر بر ثانیه وارد سیلندر می‌شود. بنابراین با شتاب لازمی که گفته است با 45° تأخیر در بسته شدن سوپاپ گاز، سیلندرها بهتر پر می‌شوند. این تأخیر در پر شدن سوپاپ گاز (رتارد سوپاپ گاز) حدود $12/5$ میلی‌متر از کورس تراکم را می‌پوشانند.

۳- سوپاپ دود را هم 5° درجه زودتر از موقع لازم باز می‌کنند (آوانس سوپاپ دود) تا تخلیه سیلندر انجام شود (شکل ۷-۳).

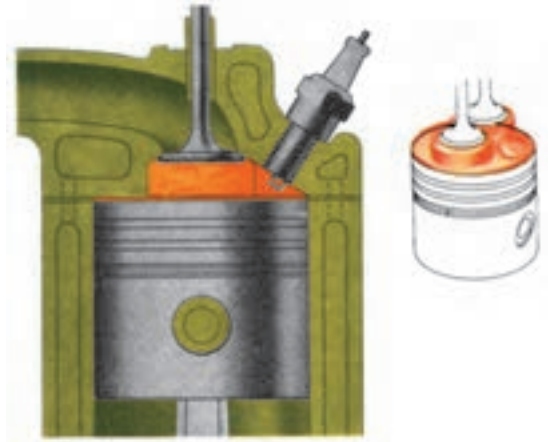


شکل ۷-۳- به طور متوسط سوپاپ گاز 45° بعد از نقطه مرگ پایین بسته می‌شود تقریباً $12/5$ میلی‌متر از کورس تراکم را اشغال می‌نماید.

۳-۲-۴- انفجار ضربه‌ای: پس از ایجاد جرقه، ممکن است سوخت به طور ناگهانی منفجر شود. موتوری که سوخت آن به طور 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 ۳-۸ تا ۳-۱۸).



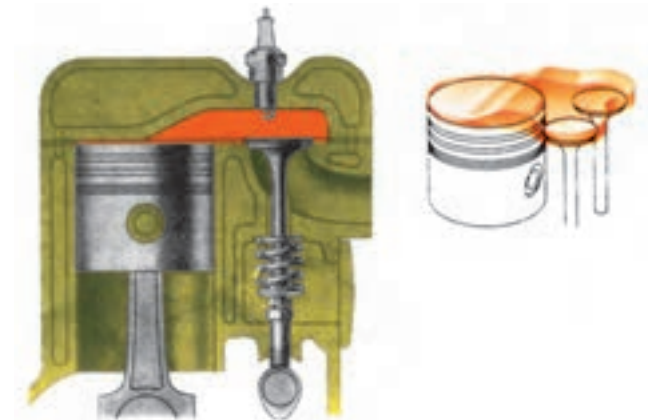
شکل ۳-۸- نمایش احتراق عادی که از طرف شمع شروع می‌شود.



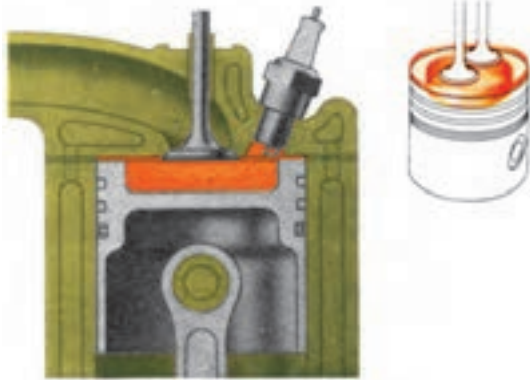
شکل ۹-۳- اتاق احتراق صاف، سرعت شعله را می‌کاهد.



شکل ۱۰-۳- در این فرم اتاق احتراق (گوه‌ای شکل)، شعله بهتر پیشروی می‌کند.



شکل ۱۱-۳- اتاق احتراق جانبی، باعث چرخش بهتر گاز و جلوگیری از خودسوزی می‌شود.

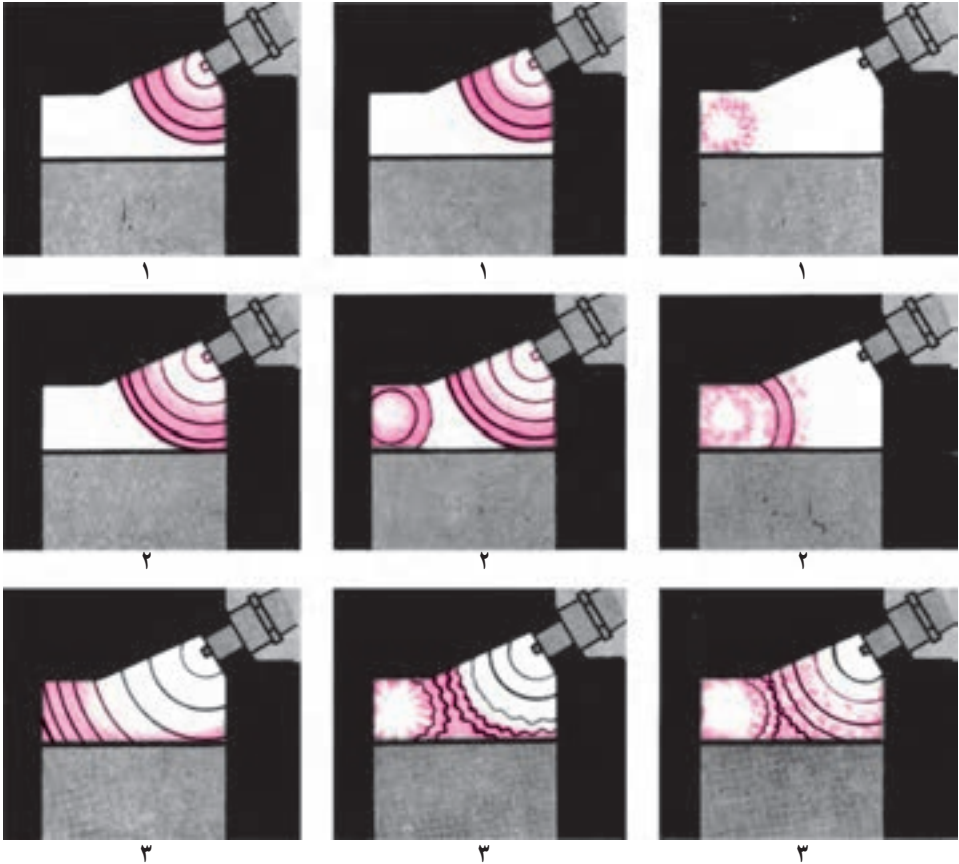


شکل ۱۲-۳- اتاق احتراق در کف پیستون، در این طرح موتور بهتر تنفس می‌کند.

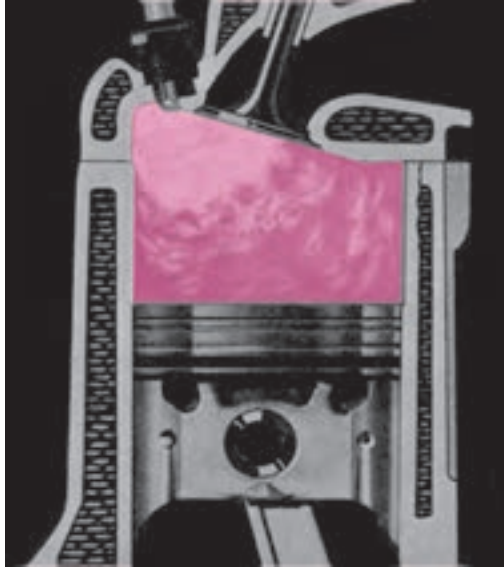
احتراق عادی

احتراق همراه خودسوزی

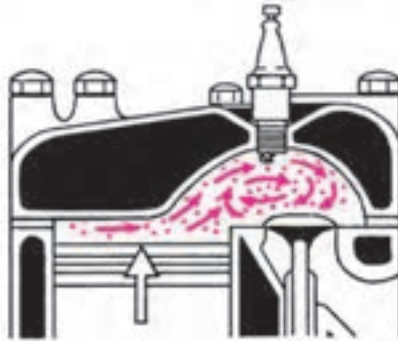
احتراق پیش‌رس



شکل ۱۳-۳- انواع احتراق در موتور



شکل ۱۴-۳- پیشروی جبهه شعله در اتاق



شکل ۱۵-۳- چرخش گاز در اتاق احتراق که اختلاط بهتری بین بنزین و هوا فراهم نموده، راندمان احتراق را افزایش می‌دهد.

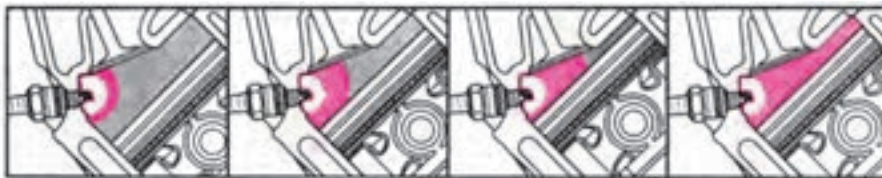


شکل ۱۶-۳- اتاق احتراق نیمکره‌ای و گوه‌ای

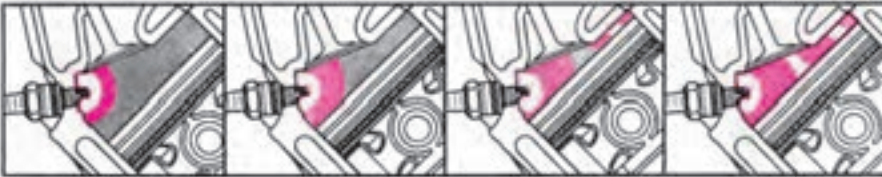


شکل ۱۷-۳- شکل اتاق احتراق در موتور تویوتا

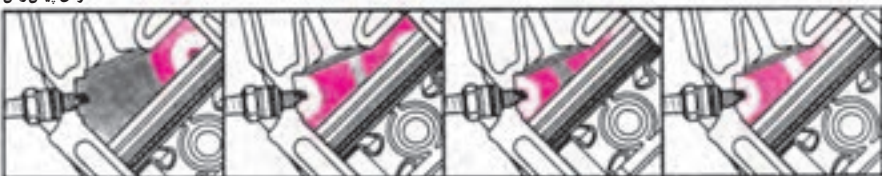
احتراق عادی



تمام مخلوط سوخت از نقطه دیگری هم احتراق می‌شود. 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 ۱۸-۳- 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.

$$\eta_t = \frac{\text{(انرژی تولیدی موتور در داخل سیلندر)}}{\text{(انرژی حرارتی سوخت مصرفی موتور)}}$$

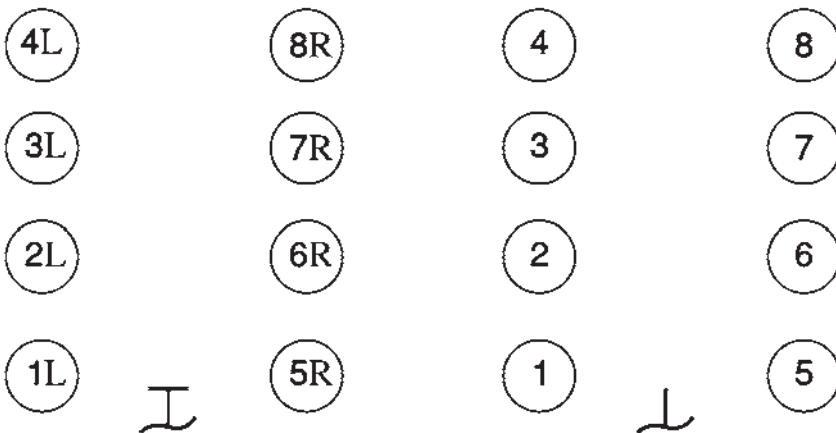
۶-۲-۳- شماره گذاری سیلندرها : وقتی صحبت از سیلندرهاى مختلف موتوری می شود به ناچار باید روشی برای شناسایی سیلندرهاى موتور با طرح های گوناگون وجود داشته باشد تا برای همگان آشنا و مفهوم گردد.

در موتورهای ردیفی : در یک موتور ردیفی وقتی از جلو نگاه می کنیم، شماره های سیلندر از جلو نام گذاری می شود یعنی سیلندری که به پروانه نزدیک تر است شماره یک و سیلندری که به فلاپویل نزدیک تر است، شماره آخر را به خود اختصاص می دهد. به جز در اتومبیل پژو که سیلندرها از عقب شماره گذاری می شوند.

در موتورهای V شکل : در این موتورها سه روش به کار می رود :

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

ب) بلوک طرف چپ را شماره های اولین و بلوک طرف راست را شماره های بعدی می زنند.

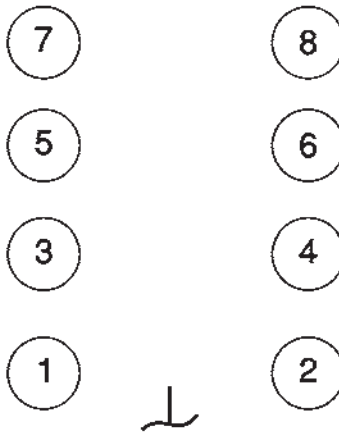


(الف)

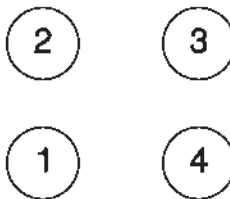


(ب)

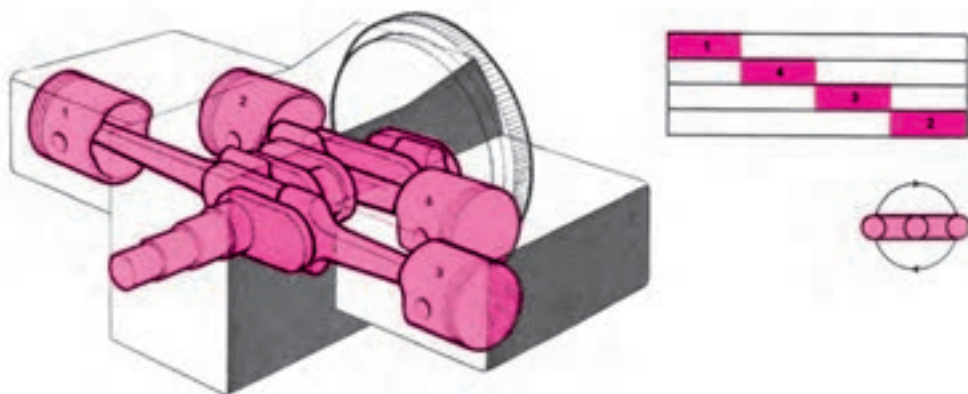
ج) طرف راست را با شماره‌های زوج و طرف چپ را با شماره‌های فرد مشخص می‌کنند.



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



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



شکل ۱۹-۳- 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 سیلندرها، یک مسئله 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.

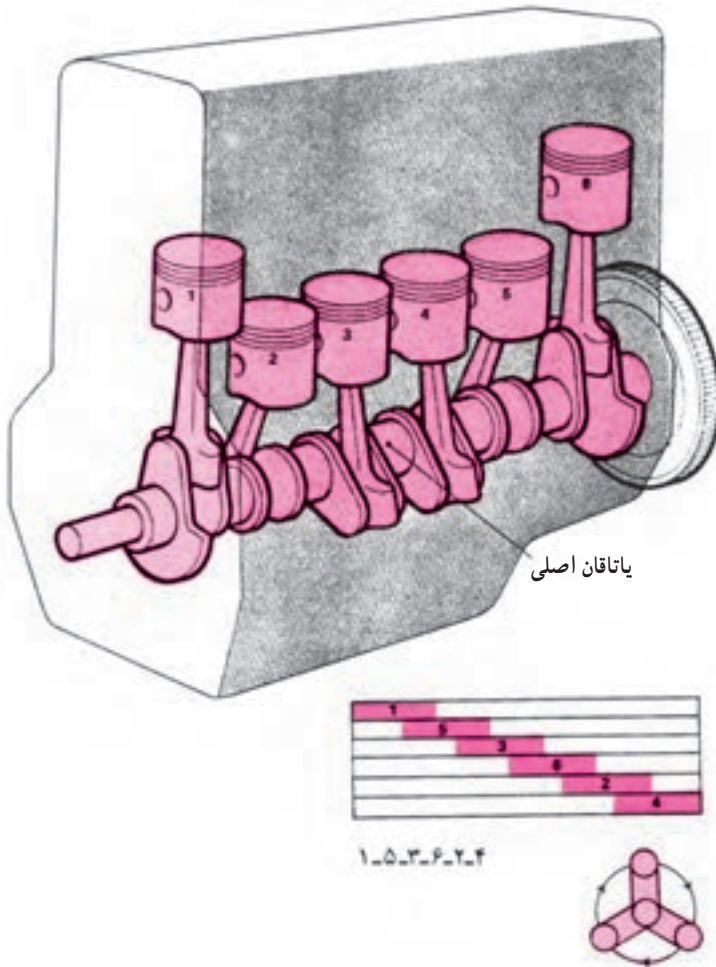
در مورد لوله‌های دود هم، چنین وضعی صادق است. اگر لوله‌های دود درست طراحی شوند، فشار داخل سیلندر در پایان زمان تخلیه به حداقل ممکن می‌رسد. در نتیجه در زمان مکش راندمان حجمی موتور افزایش یافته، قدرت مفید موتور بالا می‌رود.

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 ۲۰-۳).

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

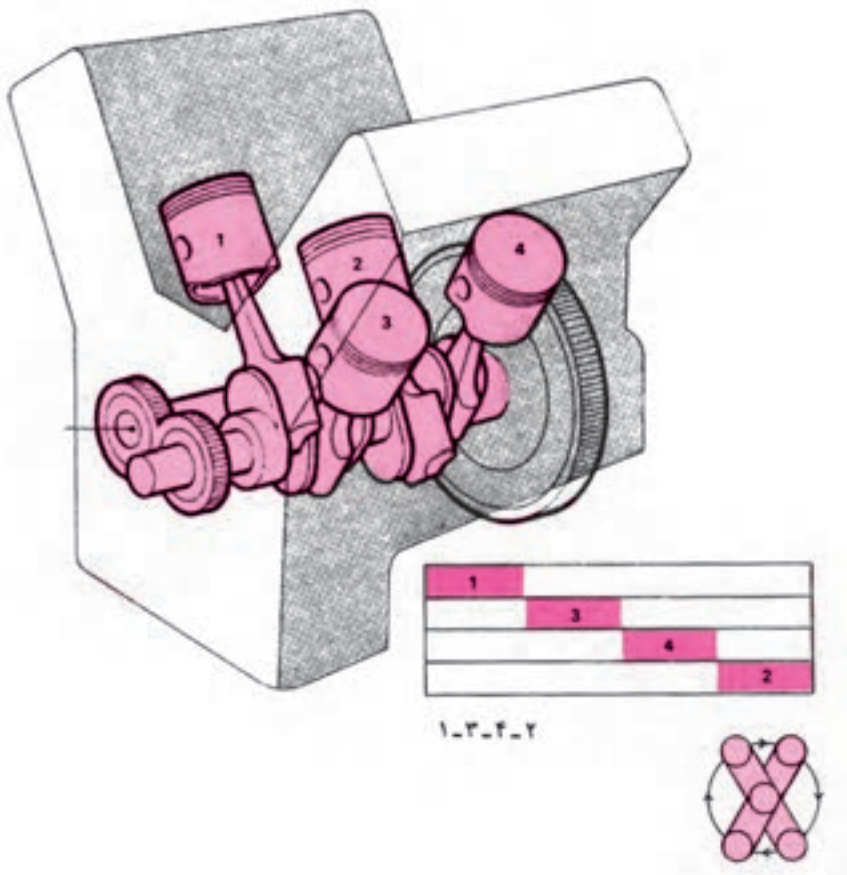


شکل ۲۰-۳- ترتیب احتراق در موتور ۶ سیلندر ردیفی

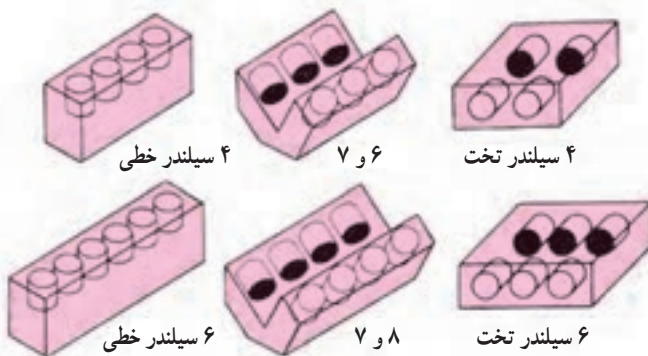
ترتیب احتراق در موتورهای V شکل

الف) موتور V شکل ۴ سیلندر: موتور V شکل چهار سیلندر به ترتیب دارای احتراق

۲-۴-۳-۱ می باشد (شکل ۲۱-۳).

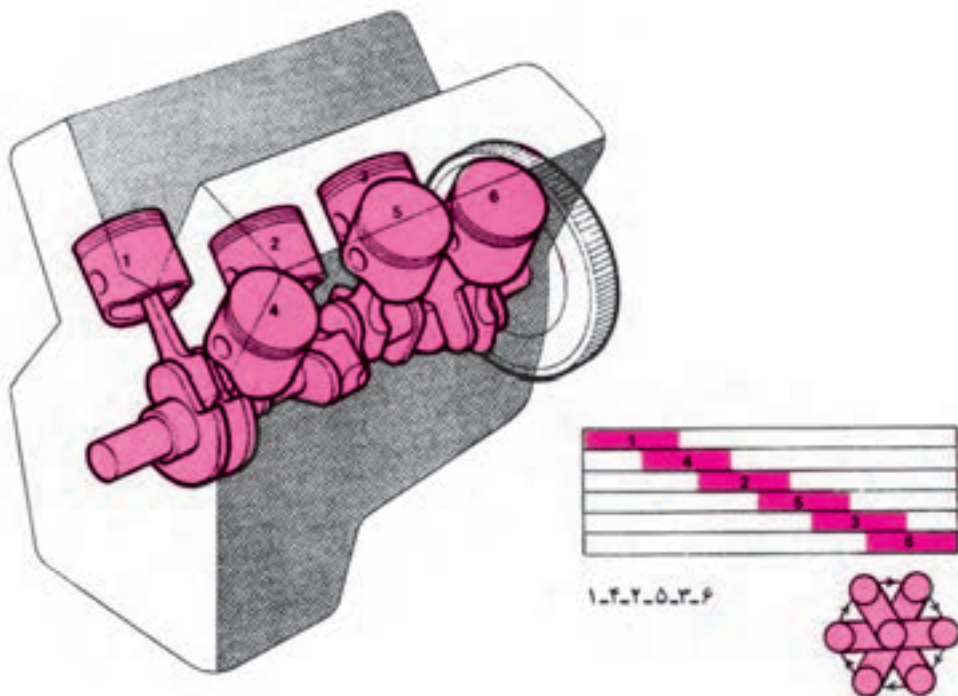


شکل ۲۱-۳- ترتیب احتراق در موتور ۷ شکل چهار سیلندر



شکل ۲۲-۳- آرایش سیلندرها

ب) موتور ۷ شکل ۶ سیلندر: ترتیب احتراق موتور ۷ شکل ۶ سیلندر، ۱-۴-۲-۵-۳-۶ می باشد (شکل ۲۳-۳).



شکل ۲۳-۳- ترتیب احتراق در موتور ۶ سیلندر ۷ شکل

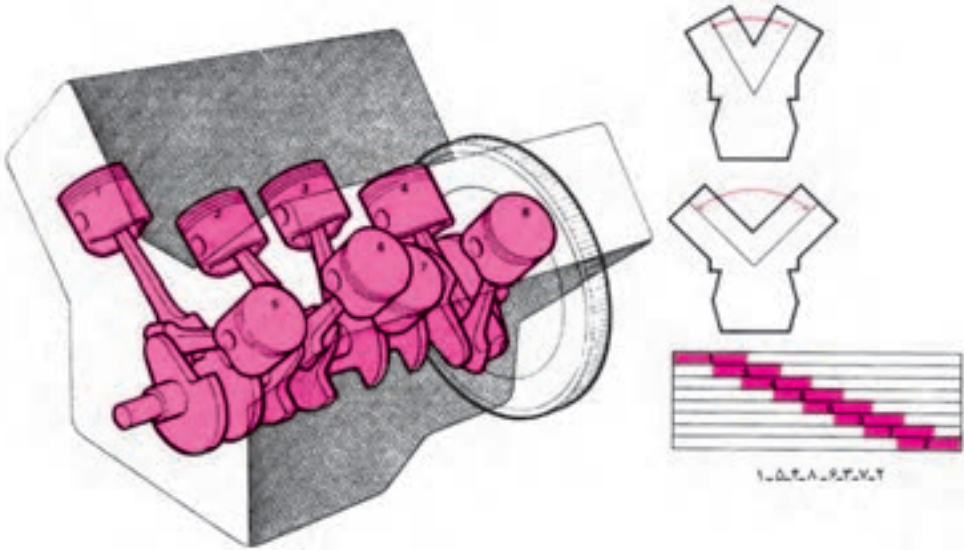
ج) موتور ۷ شکل ۸ سیلندر: در موتورهای ۷ شکل ۸ سیلندر شکل (۲۸-۳)، ترتیب احتراق به صورت:

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

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 ۲۴-۳- ترتیب احتراق در موتور ۷ شکل ۸ سیلندر

سؤالات

- ۱- افزودنی‌های بنزین را نام ببرید.
- ۲- عددستان را تعریف کنید.
- ۳- انفجار بنزین را در مقایسه با انفجار باروت تفنگ یا دینامیت، بیان کنید.
- ۴- تایمینگ سوپاپ‌ها به چه منظوری صورت می‌گیرد؟
- ۵- چرا منواکسید کربن (CO) تولید می‌شود و تا چه مقدار آن قابل قبول است؟
- ۶- زمان قیچی کردن سوپاپ‌ها یعنی چه؟ مقدار تقریبی آن چقدر است؟
- ۷- خودسوزی و انفجار ضربه‌ای احتراق چگونه ایجاد می‌شود و چگونه قابل تشخیص است؟
- ۸- روش شماره‌گذاری سیلندرهای ردیفی ۷ شکل و خوابیده را در موتورهای ۲ تا ۸ سیلندر

بنویسید.

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