فصل دوم

اجزا و ساختمان موتورهای احتراق داخلی

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

۱ــ ساختمان موتور را توضیح دهد.

۲ــ اجزای ساختمان موتور را نام ببرد.

۳ــ سرسیلندر را توضیح دهد.

۴ــ اجزای سرسیلندر را نام ببرد.

۵ــ بدنهٔ سیلندر را توضیح دهد.

۶ــ اجزای بدنهٔ سیلندر را نام ببرد.

۷ــ سوپاپ‌ها را توضیح دهد.

۸ــ سیستم‌های مختلف فرمان سوپاپ را توضیح دهد.

۹ــ مکانیزم حرکت سوپاپ‌ها را توضیح دهد.

۱۰ــ سیلندر موتور را توضیح دهد.

۱۱ــ انواع سیلندرها را نام ببرد.

۱۲ــ ساختمان پیستون را توضیح دهد.

۱۳ــ عملکرد پیستون‌ها را توضیح دهد.

۱۴ــ اجزای پیستون را توضیح دهد.

۱۵ــ میل‌لنگ و یاتاقان‌های آن را توضیح دهد.

۱ــ۲ــ ساختمان موتور

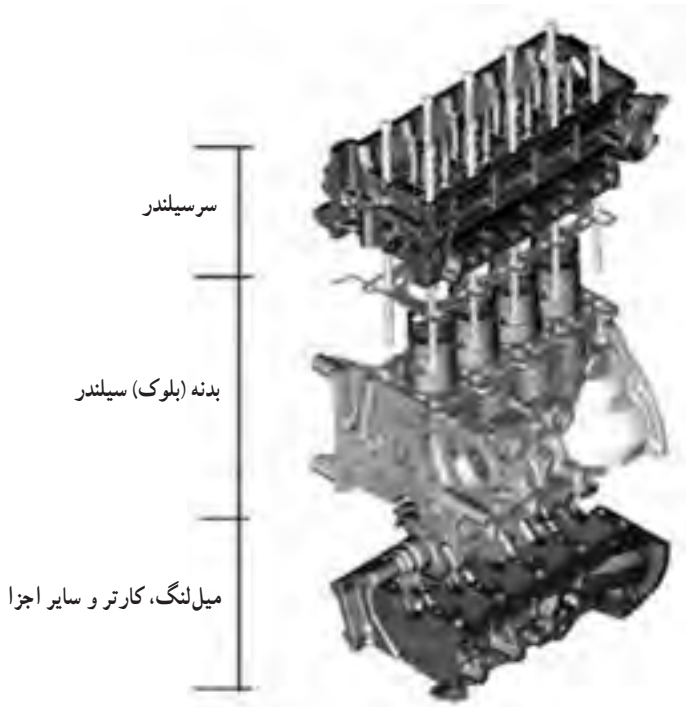
به‌منظور تشریح بخش‌های مختلف موتور، تقسیم‌بندی ساختمان موتور در اینجا به‌صورت طبقاتی از بالا به پایین صورت گرفته است. در قسمت بالای موتور مجموعه سر سیلندر و در قسمت میانی بدنه سیلندر و اجزای داخلی آن و پایین‌ترین قسمت موتور شامل میل‌لنگ، کارتر روغن و سایر

اجزای داخلی آن می‌باشد.

۱ــ۱ــ۲ــ سرسیلندر : شامل مجموعه سوپاپ‌ها و فرمان سوپاپ‌ها، مجاری دود و گاز، مایع خنک کاری، محفظه احتراق، شمع و انژکتور می‌باشد. معمولاً جنس سرسیلندر از چدن و یا آلیاژ آلومینیم می‌باشد.

۲ــ۱ــ۲ــ بدنه (بلوک) سیلندر : شاید بتوان آن‌را بخش اصلی موتور نامید. این بخش شامل محفظه سیلندر، مجاری و راهگاه‌های مایع خنک‌کاری (آب)، مجاری روغن‌کاری، محل یاقان‌های ثابت میل‌لنگ و میل سوپاپ می‌باشد.

۳ــ۱ــ۲ــ میل لنگ و محفظه آن : در پایین‌ترین بخش موتور مجموعه‌هایی شامل میل‌لنگ، شاتون، پیستون، فلایویل و مخزن روغن (کارتر) می‌باشد.

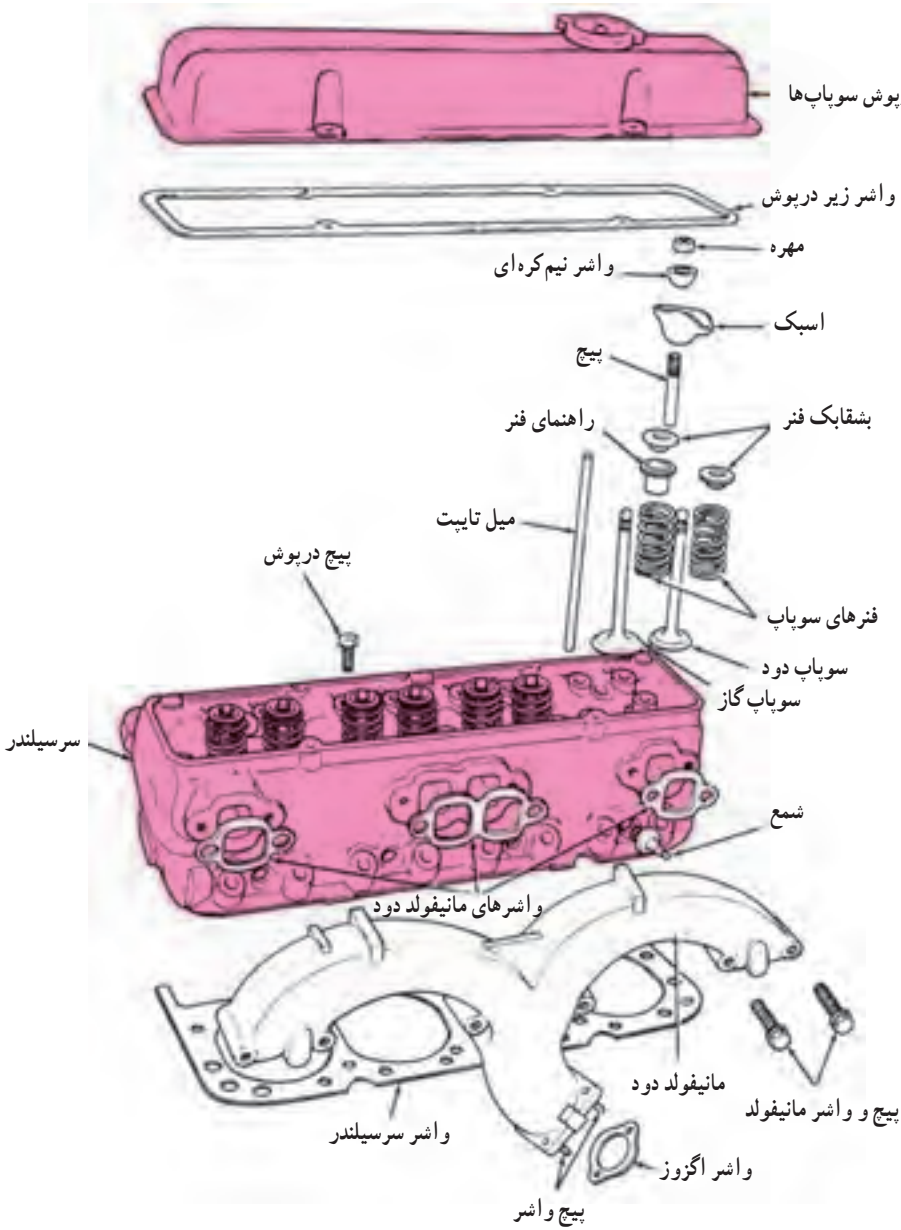


شکل ۱ــ۲ــ تقسیم‌بندی موتور به سه بخش سرسیلندر، بدنه (بلوک) سیلندر و محفظه میل‌لنگ

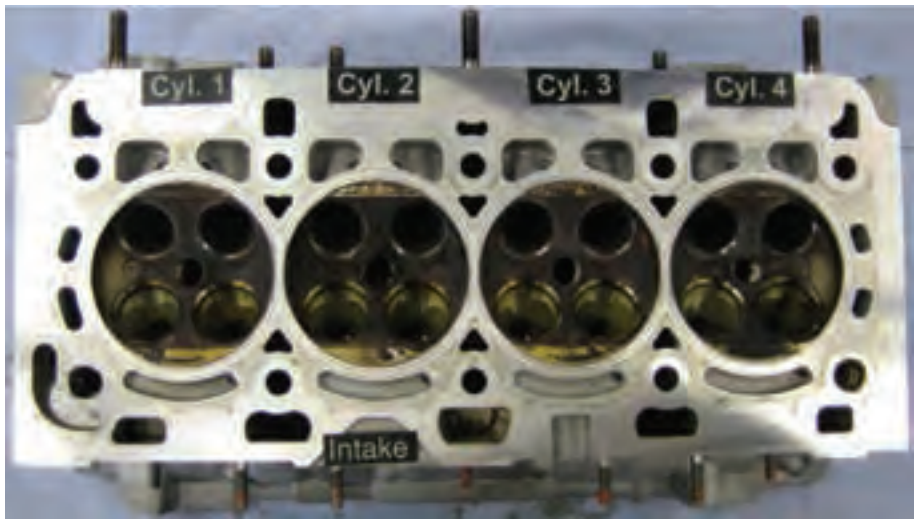
۲ــ۲ــ سرسیلندر و اجزای آن

سرسیلندر از یک بدنه اصلی و تعدادی قطعات که روی آن سوار شده‌اند تشکیل شده است.

بدنه اصلی سر سیلندر به‌وسیله تعدادی پیچ به بدنه (بلوک) سیلندر بسته می‌شود. جهت آب‌بندی اتصال بین سرسیلندر و سیلندر از قطعه‌ای به نام واشر سرسیلندر استفاده می‌شود. در زیر به تشریح اجزای مختلف سر سیلندر و عملکرد آنها اشاره می‌شود.



شکل ۲ــ۲ــ سرسیلندر و اجزای آن



شکل ۳ــ۲ــ بدنه اصلی سرسیلندر یک موتور ۱۶ سوپاپ

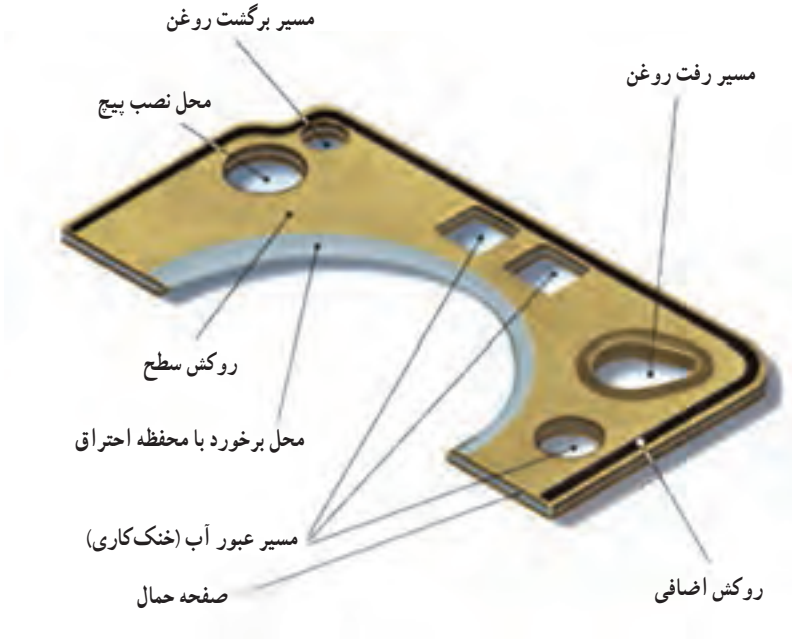
۱ــ۲ــ۲ــ واشر سرسیلندر : اگرچه سطوح اتصال بین بدنه (بلوک) سیلندر و سرسیلندر تراشکاری شده، تراز و صاف می‌باشد، باز هم قدرت آب‌بندی محفظه احتراق را نسبت به محیط خارج و مجاری آب و روغن ندارد. بنابراین واشری در بین سطوح تماس آنها قرار می‌دهند. واشر سرسیلندر باید دارای خواص زیر باشد :

۱ــ شکل‌پذیری: بتواند در پستی و بلندی سطوح بلوکه و سرسیلندر نفوذ نموده، عمل آب‌بندی را به‌خوبی انجام دهد.

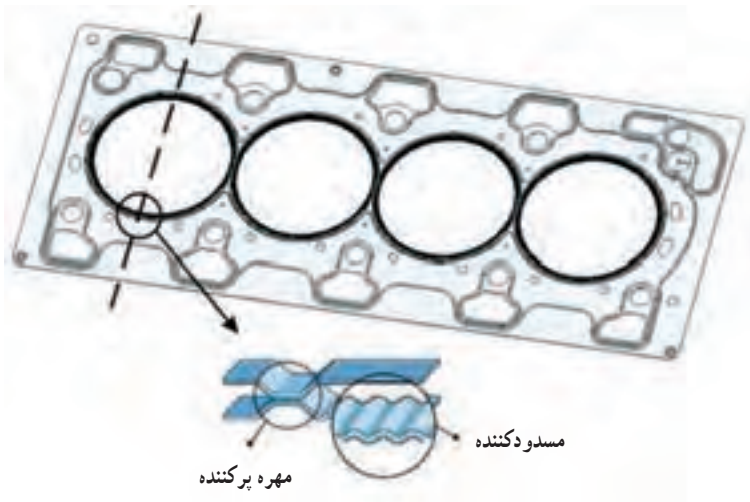
۲ــ ضریب حرارتی بالا : در اثر افزایش درجه حرارت، گرما را به‌خوبی انتقال داده، نسوزد.

۳ــ ارزان بودن : در تعمیر موتور، هر وقت که سرسیلندر باز شود باید واشر سرسیلندر نیز تعویض گردد. پس لازم است که این واشر ارزان باشد تا هزینه تعمیر موتور بالا نرود.

۲ــ۲ــ۲ــ دستگاه فرمان سوپاپ : سوپاپ با فرمان گرفتن از میل سوپاپ در زمان معین باز می‌شود و به‌وسیله فنر سوپاپ دوباره بسته می‌شود. سوپاپ‌های مورد مصرف در موتورهای امروزی، اغلب قارچی شکل هستند و با زاویه ۴۵ درجه یا ۳۰ درجه در نشیمنگاه خود (سیت) قرارگرفته، محفظه احتراق را نسبت به خارج آب‌بندی می‌کنند. وقتی سوپاپ گاز باز می‌شود ارتباط بین سیلندر و مجرای سوخت ــ هوا برقرار می‌گردد و سیلندر از مخلوط ماده سوختنی و هوا پر می‌شود.

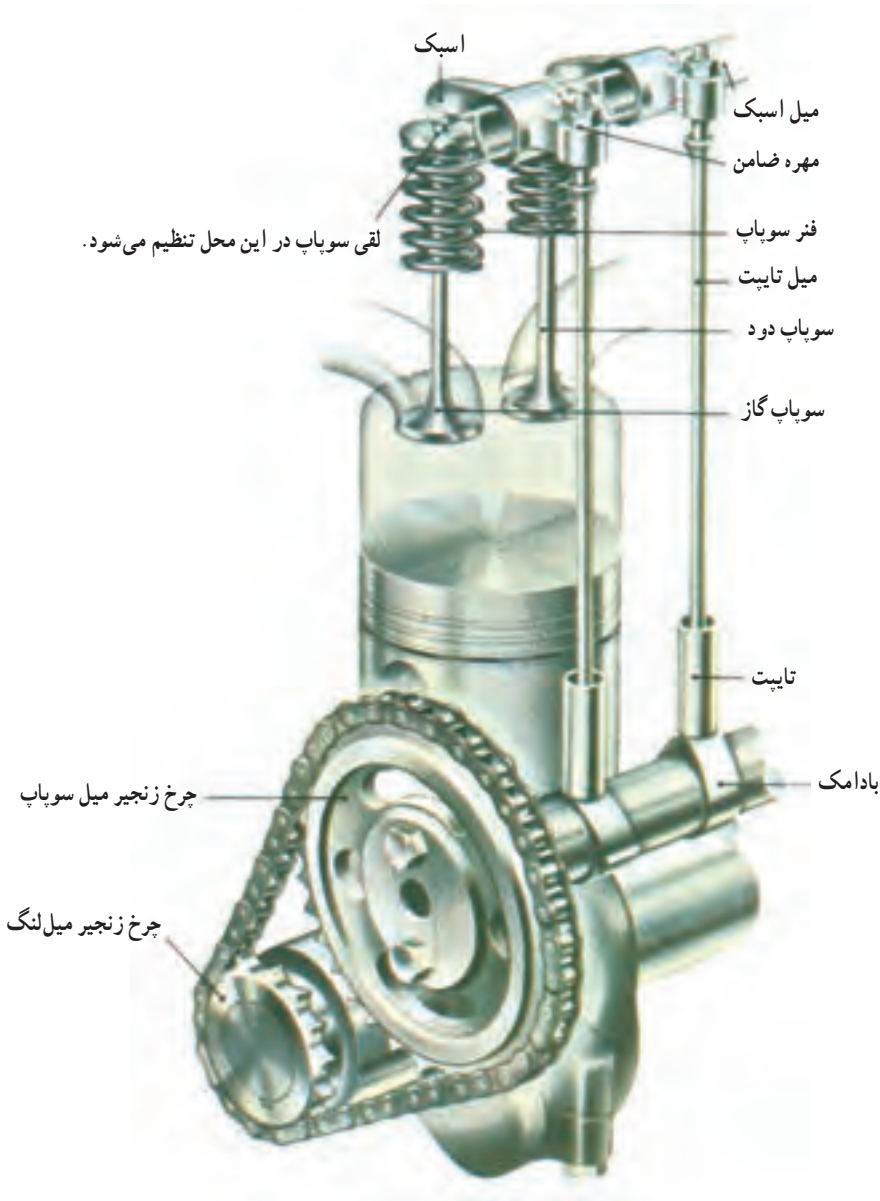


شکل ۴ــ۲ــ اجزای واشر سرسیلندر

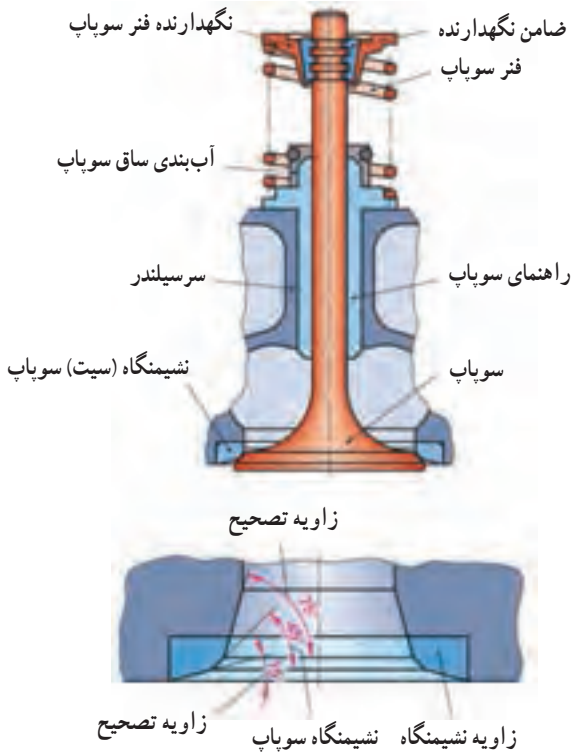


شکل ۵ــ۲ــ واشر سرسیلندر چند لایه فولادی

در حالی که با باز شدن سوپاپ دود، ارتباط بین سیلندر و هوای محیط برقرار می‌گردد و دودهای حاصل از احتراق، سیلندر را ترک می‌کنند. بنابراین در هر سیلندر حداقل یک سوپاپ گاز (ورودی) و یک سوپاپ دود (خروجی) وجود دارد.



شکل ۶ــ۲ــ مکانیزم حرکت سوپاپ I شکل

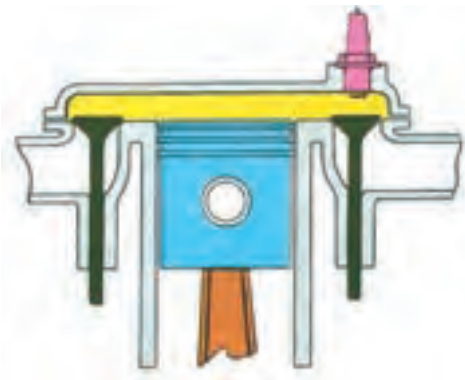


شکل ۷ــ۲ــ زوایای شیب نشیمنگاه سر سوپاپ

۳ــ۲ــ۲ــ سیستم‌های مختلف فرمان سوپاپ

سیستم سوپاپ ایستاده دو ردیفه یا T

شکل: این روش که در موتورهای قدیمی به‌کار می‌رفته شامل دو میل بادامک است که با یکی سوپاپ‌های دود و با دیگری سوپاپ‌های گاز فرمان می‌گیرند. در این سیستم راندمان حجمی موتور به علت بد پر شدن سیلندر ۷۵٪ است. خروجی دود و ورودی سوخت به شکل T می‌باشد (شکل ۸ــ۲).



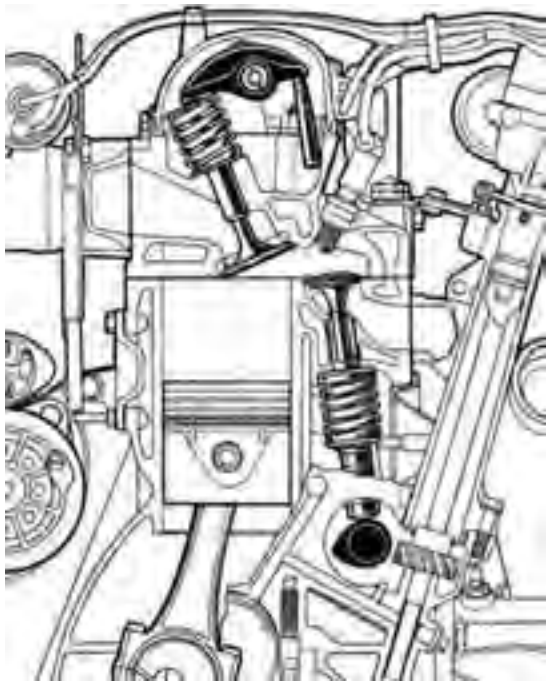
شکل ۸ــ۲ــ موتور با سوپاپ T شکل

سیستم سوپاپ ایستاده L شکل: این روش جدیدتر از نوع T شکل است و تمام سوپاپ‌های گاز و دود یک طرف بلوک قرار دارند و به‌وسیله یک میل سوپاپ فرمان می‌گیرند. در این روش به علت کوچک شدن محفظه احتراق و فرم خاص آن، پرشدن سیلندر بهتر انجام می‌گیرد و راندمان حجمی موتور به ۸۸٪ می‌رسد. در این روش ورود گاز و خروج دود به شکل L می‌باشد.

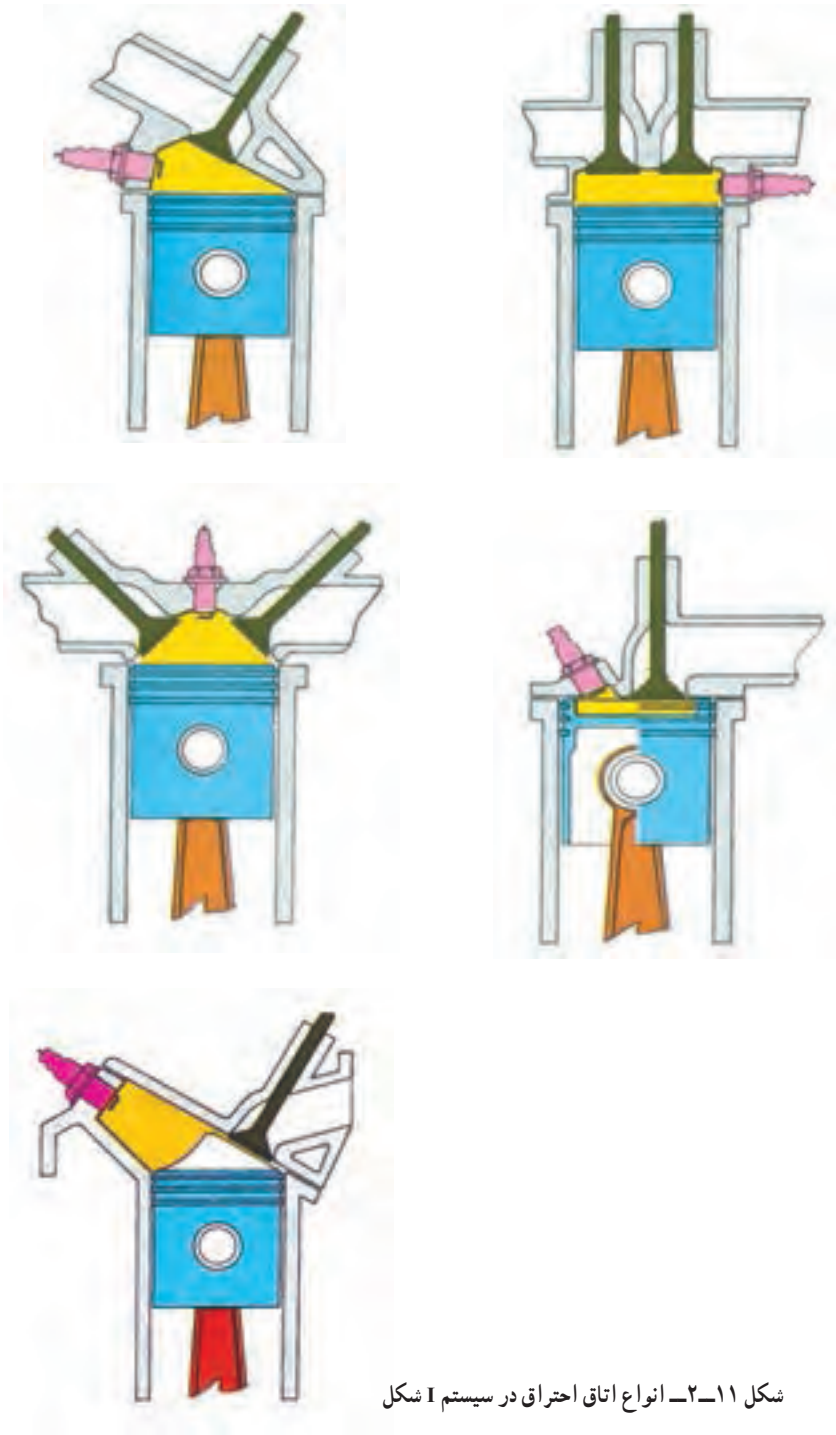
شکل ۹ــ۲ــ موتور L شکل

سیستم سوپاپ‌های ترکیبی یا F شکل: در این روش سوپاپ گاز به حالت معلق و سوپاپ دود به حالت ایستاده قرار می‌گیرد تا عمل پر شدن سیلندر به‌علت نزولی بودن جریان سوخت، کامل‌تر شود. در این روش خروج دود و ورود گاز به شکل F می‌باشد.

سیستم سوپاپ معلق یا I شکل: در این روش سوپاپ‌های گاز و دود در سرسیلندر قرار دارد و جهت خروج گاز و دود در یک خطّ مستقیم به شکل I انجام می‌شود. راندمان حجمی موتور در سیستم I شکل، به فرم اتاق احتراق بستگی دارد که در اشکال ۱۱ــ۲ نشان داده شده است.



شکل ۱۰ــ۲ــ ساختمان سوپاپ‌های ترکیبی یا F شکل



شکل ۱۱ــ۲ــ انواع اتاق احتراق در سیستم I شکل

۴ــ۲ــ۲ــ مکانیزم حرکت سوپاپ‌ها : در سیستم L شکل ــ در نوع L شکل، سوپاپ به‌وسیله تایپت حرکت می‌کند و نیروی خود را به‌طور مستقیم از میل سوپاپ می‌گیرد. میل سوپاپ نیروی حرکتی را به‌وسیله چرخ دنده از میل‌لنگ می‌گیرد.

در سیستم سوپاپ معلق ــ در روش سوپاپ معلق و ترکیبی، فرمان سوپاپ‌های معلق به روش‌های گوناگون انجام می‌شود.

نسبت حرکت میل سوپاپ در موتور چهار زمانه : با هر روشی که میل سوپاپ را به حرکت درآورند (دنده‌ای، زنجیری، تسمه‌ای) باید سرعت آن $\frac{۱}{۲}$ سرعت میل لنگ باشد زیرا در هر دو دور میل‌لنگ توسط هر سیلندر یک کار انجام می‌شود و در هر دور گردش میل سوپاپ، یک بار سوپاپ گاز و دود تمام سیلندرها باز و بسته می‌شود. بنابراین، در سیکل کامل موتور که میل لنگ دو دور می‌چرخد میل سوپاپ فقط یک بار گردش می‌کند.

میل سوپاپ علاوه بر فرمان دادن به سوپاپ‌ها، پمپ روغن، دلکو و پمپ بنزین را نیز به‌کار می‌اندازد.

۵ــ۲ــ۲ــ تایمینگ سوپاپ‌ها : قدرت بازده موتور، بستگی کامل به مقدار سوخت و هوایی دارد که در هنگام مکش سیلندر را پر می‌کند. مقدار سوخت وارد شده به سیلندر، به اندازه قطر دریچه گاز، مکش سیلندر، مقدار باز بودن سوپاپ گاز و سرعت موتور بستگی دارد.

قطر سوپاپ‌ها اندازه معین و محدودی دارد و نمی‌توان آن را به‌طور دلخواه افزایش داد. مقدار برخاستن سوپاپ‌ها حدود ۹ میلی‌متر است و قطر سوپاپ‌های گاز را حتّی‌المقدور بزرگ‌تر می‌سازند. مثلاً هر گاه قطر سوپاپ دود ۳۸ میلی‌متر باشد، قطر سوپاپ گاز ۴۲ میلی‌متر ساخته می‌شود.

زاویه نشست اغلب سوپاپ‌ها ۴۵ درجه می‌باشد. گاهی هم سوپاپ‌های ۳۰ درجه، ساخته می‌شود. سوپاپ ۳۰ درجه مقدار باز بودن دهانه آزاد سوپاپ را افزایش داده، سیلندر بهتر پر می‌شود. ولی سوپاپ ۴۵ درجه حالت گوه‌ای بهتری دارد و به‌خوبی در سیت خود نشسته، عمل آب‌بندی را بهتر انجام می‌دهد. در روی چرخ دنده‌ها و چرخ زنجیرها علایم تایمینگ برای نصب نمودن آن‌ها حک می‌شود.

۶ــ۲ــ۲ــ تایپت : بین بادامک میل سوپاپ و انتهای ساق سوپاپ، تایپت قرار می‌گیرد. بدنه کوچک سوپاپ نمی‌تواند ضربات سخت و پی در پی را ــ که همراه نیروی مالشی بادامک است ــ تحمل کند. به علاوه باید وسیله‌ای وجود داشته باشد تا بتوان لقی کمی بین سوپاپ و بادامک ایجاد کرد تا در موقع انبساط سوپاپ از بازماندن سوپاپ و سوختن آن جلوگیری شود. عمل تنظیم بین تایپت و سوپاپ

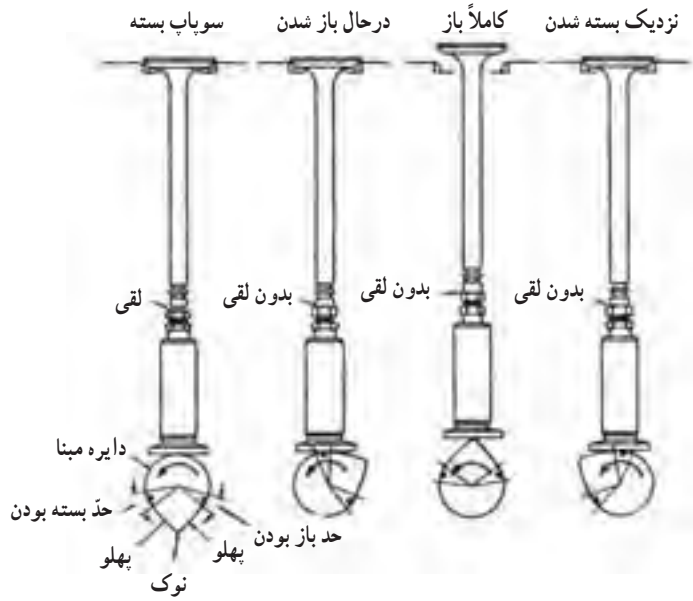
را پیچ تایپت میسر می‌سازد. لقی لازم بین تایپت و سوپاپ به طراحی و قدرت موتور بستگی دارد.

۷ــ۲ــ۲ــ بادامک‌های میل سوپاپ : بادامک‌ها که وظیفه باز کردن سوپاپ‌ها را عهده‌دار هستند، طرح بسیار دقیقی دارند. قسمتی از آن به شکل دایره کامل است که به آن مبنا می‌گویند و قسمتی دیگر که به‌وسیله آن سوپاپ را باز می‌کند به شکل‌های مخصوصی طراحی می‌گردد که آن را بادامک می‌نامند.

وقتی سوپاپ کاملاً باز است که نوک بادامک زیر تایپت باشد. بادامک در موتورها از پنج قسمت تشکیل می‌شود شکل ۱۲ــ۲ که عبارتنداز :

۱ــ دایره مبنا. ۲ــ حدّ باز شدن (شیب ملایم باز شدن). ۳ــ پهلوی باز کردن سوپاپ. ۴ــ پهلوی بسته شدن سوپاپ. ۵ــ حدّ بسته شدن (شیب ملایم بسته شدن).

بادامک با سرعت زیاد سوپاپ را باز می‌کند. برای باز و بسته شدن ملایم سوپاپ‌ها، سطح نشست آن‌ها را در روی سیت سوپاپ طوری طرّاحی می‌کنند که محدوده کوچکی در روی بادامک دارای شیب ملایمی‌باشد که به آن حدّ باز و بسته شدن می‌گویند. موتوری که با دور ۴۰۰۰RPM کار می‌کند این حدّ تقریباً در زمان $\frac{۱}{۴۰۰}$ ثانیه طی شده، سپس سوپاپ باز یا بسته می‌شود.



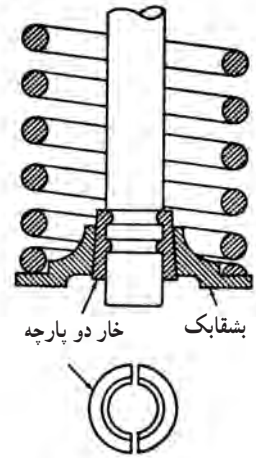
شکل ۱۲ــ۲ــ حالت‌های مختلف بادامک

۸ــ۲ــ۲ــ فنر سوپاپ : فنر سوپاپ‌ها از مفتول گرد فولادی با قطر تقریبی ۳/۵ میلی‌متر ساخته می‌شود. دو انتهای فنر را به‌صورت تخت می‌سازند تا موقع تکیه کردن در محل خود به‌طور کاملاً عمود قرار گیرد (شکل ۱۳ــ۲). در یک موتور با سوپاپ ایستاده یا L شکل، طول آزاد فنر حدود ۵۲ میلی‌متر است و وقتی که آن را در روی سوپاپ تحت فشار نصب می‌کنند، طول آن به ۴۴/۵ میلی‌متر می‌رسد. در این حال، فشار فنر حدود ۲۰kg می‌باشد. وقتی سوپاپ باز می‌شود طول آن کوتاه‌تر شده، به ۳۶/۵ میلی‌متر می‌رسد که در این حالت فشار فنر ۴۲ kg افزایش می‌یابد.

بنابراین مقدار برخاستن سوپاپ (میلی‌متر ۸= ۳۶/۵– ۴۴/۵) خواهد بود.

شکل ۱۳ــ۲ــ فنر سوپاپ‌ها

۹ــ۲ــ۲ــ خار نگهدارنده بشقابک سوپاپ : در اغلب موتورها برای نگهداشتن فنر و بشقابک آن در روی ساق سوپاپ از خارهای دو پارچه استفاده می‌شود. این خارها پس از جمع کردن فنر سوپاپ در شیار انتهای ساق سوپاپ قرار گرفته، بشقابک را نگه می‌دارد.



شکل ۱۴ــ۲ــ خارهای دو پارچه

۱۰ــ۲ــ۲ــ شرایط کار سوپاپ‌ها : برای درک حسّاسیت کار سوپاپ‌ها، لازم است که شرایط واقعی فیزیکی موتور را بشناسیم. به این منظور، فرض می‌کنیم که هر سوپاپ در $\frac{۱}{۳}$ از گردش بادامک میل سوپاپ، باز و در $\frac{۲}{۳}$ باقیمانده مسیر در تکیه گاه خود بسته قرار می‌گیرد.

می‌دانیم که سرعت میل سوپاپ $\frac{۱}{۲}$ سرعت میل لنگ است و در هر دور آن یک بار سوپاپ‌های گاز و دود باز و بسته می‌شوند؛ بنابراین در دور ۳۰۰۰ RPM موتور، سوپاپ‌ها در هر دقیقه ۱۵۰۰ مرتبه باز و بسته می‌شوند.

پس هر سوپاپ در هر ثانیه $\frac{۱۵۰۰}{۶۰} = ۲۵$ مرتبه باز و بسته می‌شود. اگر زمان باز بودن $\frac{۱}{۳}$ و زمان بسته شدن $\frac{۲}{۳}$ فرض شود، بنابراین هر سوپاپ $\frac{۱}{۷۵}$ ثانیه باز و $\frac{۲}{۷۵}$ ثانیه بسته است.

۱۱ــ۲ــ۲ــ اهمیت تنظیم بودن لقی سوپاپ : برای آنکه سوپاپ‌ها بتوانند وظیفه مکش و خروج گازهای داغ و تبادل حرارتی را به‌خوبی انجام دهند و نسوزند، لازم است که به مقدار لقی مجاز توصیه شده از طرف سازندگان خودرو، توجه کافی بشود.

اگر لقی سوپاپ، زیادتر از اندازه مجاز باشد زمان باز بودن سوپاپ کاهش یافته، مدّت نشستن آن در روی سیت بیشتر می‌شود که البته از نظر خود سوپاپ برای انتقال حرارت مناسب است ولی از نظر تایمینگ موتور یک عیب محسوب می‌شود. به علاوه موتور با سر و صدای زیادی کار می‌کند.

اگر لقی سوپاپ کمتر از اندازه مجاز باشد، سوپاپ زودتر باز شده، دیرتر بسته می‌شود. لذا مدّت زمان نشستن سوپاپ در سیت کاهش یافته، تبادل حرارتی به‌خوبی انجام نمی‌شود و در نتیجه سوپاپ دود به سرعت می‌سوزد.

با گرم شدن موتور، لقی سوپاپ ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد، برای درک این موضوع و اهمیت تنظیم لقی سوپاپ‌ها، آزمایش ۱۳۰ دقیقه‌ای زیر را انجام می‌دهند.

۱۲ــ۲ــ۲ ــ نشتی سوپاپ : عدم آب بندی سوپاپ‌ها بسته به دلایل زیر است :

الف) عیب مکانیکی در دستگاه سوپاپ

ب) رسوب گرفتن سوپاپ

فرض کنیم تمام قطعات موتور، تمیز و بدون رسوب گرفتگی باشد. یعنی روی سوپاپ و سیت آن را رسوب نگرفته، کربن روی قطعات را نپوشانده، مواد دیگر روی اجزای موتور وجود نداشته باشد.

در چنین شرایطی برای آنکه سوپاپ را به‌خوبی آب‌بندی کند، لازم است به نکات زیر توجه شود :

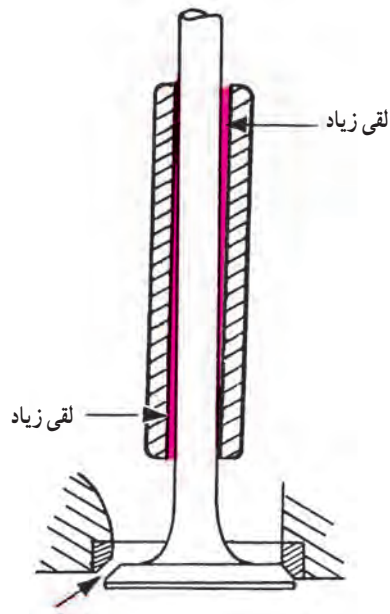
سطوح نشست سوپاپ باید کاملاً گرد و با ساق سوپاپ متّحدالمرکز باشد : دایره نشست سوپاپ باید به‌طور دقیق هم مرکز با ساق سوپاپ باشد. اگر ساق سوپاپ در راهنمایش با لقی مجازی

حرکت کند، سطح نشست سوپاپ هم باید به طور کامل در سیت تکیه نماید (شکل ۱۵ــ۲).

کج بودن سوپاپ : سر سوپاپ باید نسبت به ساق آن قائم باشد. اگر سر سوپاپ پیچیدگی داشته باشد سوپاپ نشتی خواهد داشت.

ساق سوپاپ باید کاملاً صاف باشد : اگر ساق سوپاپ کج باشد به خوبی در راهنمای خود حرکت نکرده و چسبندگی سوپاپ رخ می‌دهد. در نتیجه سوپاپ به‌خوبی در سیت خود نمی‌نشیند.

شکل ۱۵ــ۲ــ شکل سوپاپ و لبه‌های آن در آب‌بندی گاز تأثیر مهمی دارد.



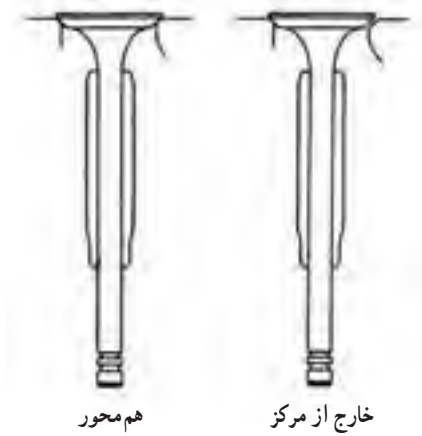
لقی بین ساق سوپاپ و راهنمایش باید در حد مجاز باشد : اگر لقی خیلی کم باشد، سرعت بسته‌شدن سوپاپ کند می‌گردد. به علاوه روغن نمی‌تواند در گیت نفوذ کند و عمل روغن‌کاری به‌خوبی انجام نمی‌شود. اگر لقی، خیلی زیاد باشد سوپاپ به‌خوبی هدایت نشده، در سیت خود کج حرکت می‌کند (شکل ۱۶ــ۲).

شکل ۱۶ــ۲

در چنین حالتی، سوپاپ ابتدا کج روی سیت تکیه می‌کند و سپس به علّت گوه‌ای بودن نشست سوپاپ و کشش فنر، به محل اصلی خود کشیده می‌شود.

در سوپاپی که گیت آن لقی زیادی دارد، بالاخره سوپاپ در سیت تکیه می‌کند ولی نه در اسرع وقت و به طور دقیق، بلکه در زمان نسبتاً طولانی و ناقص. سرعت عمل بسته شدن سوپاپ‌ها دارای اهمیت زیادی است، به‌خصوص در مورد سوپاپ‌های دود که تأخیر زیاد باعث سوختن سوپاپ می‌شود.

شکل۱۷ــ۲ــ لقی زیاد گیت (راهنما) باعث کج نشستن سوپاپ می‌شود.



شکل ۱۸ــ۲ــ سوپاپ ابتدا کج تکیه می‌کند (چپ) و سپس به محل اصلی کشیده می‌شود (راست)

از طرف دیگر، خارج از مرکز نشستن سوپاپ به علّت لقی زیاد گیت، باعث فرسایش زیاد سیت و سوپاپ می‌شود.

در موتورهای I شکل لقی زیاد گیت سوپاپ علاوه بر داشتن معایب فوق‌الذکر، باعث ایجاد نیروی جانبی در اسبک و انحراف سطح تماس می‌گردد. در نتیجه سیستم سوپاپ به‌نرمی‌کار نمی‌کند.

درجه حرارت سوپاپ : معایب اساسی سوپاپ‌ها، در بالا رفتن درجه حرارت سوپاپ و عدم توانایی صحیح انتقال حرارت می‌باشد. در مکانیزم سوپاپ‌های پیشرفته با استفاده از سیستم فرمان هیدرولیکی، تاحدّی از سوختن سوپاپ‌ها جلوگیری می‌شود.

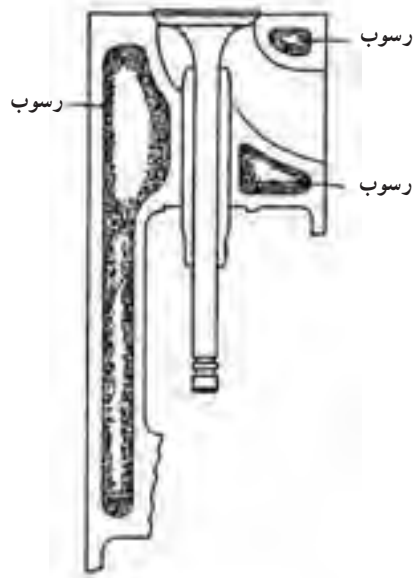
درجه حرارت نشیمنگاه (سیت) سوپاپ : در اثر بالا رفتن درجه حرارت موتور، سیت سوپاپ از حالت دایره‌ای خارج می‌شود و تقریباً به‌صورت بیضی درمی‌آید. اگر پیچش سیت بیشتر از ۰/۰۲۵ میلی‌متر (۰/۰۰۱اینچ) باشد، نشتی به‌وجود خواهد آمد.

پیچیدگی سیت، ممکن است در اثر غلط بستن پیچ‌های سرسیلندر باشد. به این معنی که در اثر نامیزان بستن پیچ‌های اطراف سیت در سرسیلندر، فلز مجاور سیت تغییر شکل داده، فرم سیت را هم تغییر می‌دهد. از طرف دیگر به علت انبساط بلوکه سیلندر، سیت نمی‌تواند به‌صورت یک حلقه آزاد، منبسط و منقبض شود لذا پیچش سیت ممکن است در اثر تنش‌های حرارتی هم باشد.

بنابراین، خنک کاری غلط موتور و داغ کردن آن باعث تغییر شکل سیت می‌گردد.

اگر درجه حرارت موتور، بیش از اندازه افزایش یابد، سیت در اثر انبساط و انقباض ناهمگون تحت تأثیر تنش‌های حرارتی داخلی قرار گرفته، می‌ترکد (شکل‌های ۲۰ــ۲ و ۲۱ــ۲).

شکل ۱۹ــ۲ــ سیت سوپاپ اغلب از مواد سخت ساخته می‌شود و به‌طور پرسی نصب می‌گردد.

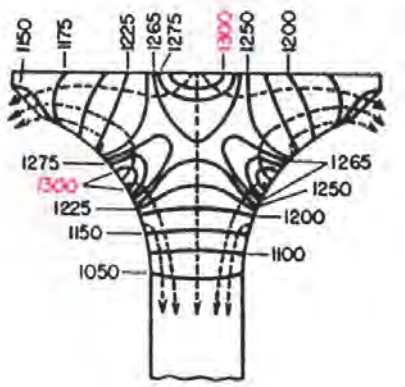


شکل ۲۰ــ۲ــ رسوب‌گرفتگی مجاری آب داخل موتور

شکل ۲۱ــ۲ــ ترکیدن سیت سوپاپ

انتقال حرارت در سوپاپ: اگر سوپاپ به‌خوبی در سیت خود تکیه کند و عمل انتقال حرارت از سیت به آب، به‌درستی انجام گیرد، درجه حرارت یکنواختی در سر سوپاپ ایجاد می‌شود (شکل‌های ۲۲ــ۲ و ۲۳ــ۲).

شکل ۲۲ــ۲ــ توزیع درجه حرارت در سوپاپ دود(F) در شرایط عادی



شکل ۲۳ــ۲ــ نمایش خطوط هم‌دما در نقاط مختلف سوپاپ

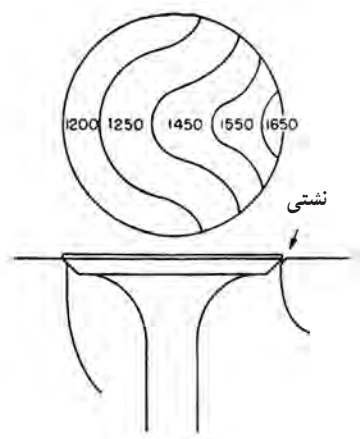
_____درجه حرارت ثابت بر حسب فارنهایت

- - - - - مسیر جریان حرارت

در مرکز سوپاپ که گرم‌ترین موضع آن است، درجه حرارت $1350^{\circ}F$ است. این مقدار به طور متناسب در خطوط دایره‌ای شکل کم می‌شود و در سردترین جا که نزدیک سیت است عمل انتقال حرارت انجام شده و به $1150^{\circ}F$ می‌رسد. در شکل ۲۳ــ۲ پروفیل دمای میانگین ارائه شده است، این در حالتی است که پروفیل دارای نشیمنگاه مناسبی بوده و سوپاپ انتقال حرارتی کافی از طریق آب خنک کاری داشته است، در صورتی که عملاً درجه حرارت واقعی سوپاپ خیلی بالاتر از این ارقام

است. می‌توان گفت که به طور متوسّط درجه حرارت انفجار گاز $4000^{\circ}F$ است که به صورت‌های مختلف مستهلک می‌گردد و ارقام نشان داده شده روی سوپاپ، $\frac{1}{3}$ حرارت واقعی انتقال یافته به سوپاپ است.

حال فرض کنیم سوپاپ به عللی در یک قسمت باز بماند. علل مورد نظر می‌تواند پیچیدگی سیت یا سر سوپاپ، قرار گرفتن ذرّه‌ای در بین سوپاپ و سیت، پوشیده بودن سیت و سطح نشست سوپاپ از رسوب کربن یا اکسید آهن و غیره باشد. در این صورت محلی که به سیت تکیه نمی‌کند به‌شدّت گرم می‌شود. شکل ۲۴ــ۲ آن را نشان می‌دهد.

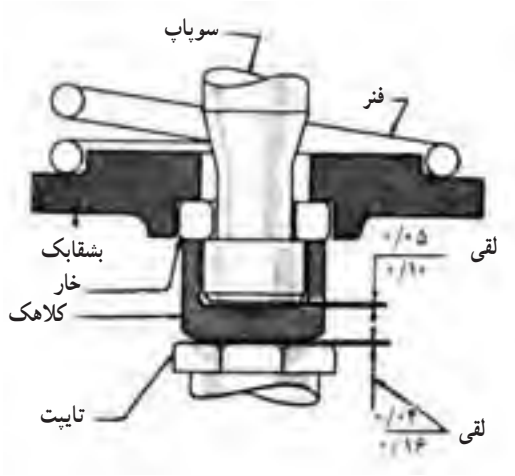


شکل ۲۴ــ۲ــ توزیع نامناسب درجه حرارت

سوپاپ که بسوزد از فرم اصلی طراحی شده خارج می‌گردد و دیگر نمی‌تواند به وظیفه خود عمل کند.

سوپاپ‌های چرخشی: برای جلوگیری از رسوب گرفتگی سطح خواب سوپاپ و پیدایش نقاط گرم در آن، طرحی به‌کار می‌رود که بر اساس آن سوپاپ در حین حرکت رفت و برگشتی خود حرکت چرخشی هم می‌کند. این‌گونه سوپاپ‌ها دارای زیر سوپاپی مخصوصی هستند که یا به صورت آزاد و یا به طرز اجبار، سوپاپ‌ها را می‌چرخانند. در نوع گردش آزاد، هر بار که بادامک سوپاپ را بلند می‌کند، کلاهک بین تایپت و نگهدارنده فنر، سوپاپ را آزاد می‌کند و سوپاپ از نیروی فنر آزاد شده، می‌تواند به هر طرف که نیرو به آن وارد می‌شود، گردش کند (شکل ۲۶ــ۲).

شکل ۲۵ــ۲ــ ساختمان سوپاپ گردش آزاد



شکل ۲۶ــ۲ــ لقی در این محل تنظیم می‌شود.

اندازهٔ لقی مجاز بین سوپاپ و کلاهک و نیز کلاهک و تایپت، در شکل ۲۶ــ۲ــ نشان داده شده است.

در نوع گردش اجباری، هر بار که تایپت، سوپاپ را بلند می‌کند، نیروی تایپت به نقطه‌ای که دارای فنر و ساچمه است وارد می‌شود و چون ساچمه در سطح شیبدار حرکت می‌کند، نیروی عکس‌العمل قطعه نگهدارنده سوپاپ را می‌چرخاند و درنتیجه سوپاپ هم اجباراً حرکت چرخشی می‌کند (شکل ۲۷ــ۲).

شکل ۲۷ــ۲ــ دستگاه گردش اجباری سوپاپ
A ــ بدنه B ــ بشقابک C ــ واشر D ــ ساچمه
E ــ شیب F ــ فنر G ــ تایپت

رسوب روی سطح خواب سوپاپ در اثر نفوذ گرد و غبار جاده، کربن سوخت، روغن‌سوزی موتور و اکسید آهن به‌وجود می‌آید و در معرض گرمای موتور قرار گرفته، به‌صورت رسوب سخت در می‌آید.

گاهی در اثر گرمای زیاد، حفره‌هایی در سطوح نشست سیت و سوپاپ به وجود می‌آید. حفره‌ها به علّت تأثیر گازهای گرم اسیدی بر سوپاپ داغ به وجود آمده، به صورت کاربید آهن، سطوح خواب سوپاپ را می‌پوشانند.

کند بسته شدن سوپاپ (چسبندگی) : پس از نشتی سوپاپ، عیب مهم دیگر آن کند بسته شدن می‌باشد که نتیجه‌ای مشابه نشتی در سوپاپ باقی می‌گذارد. وقتی فنر سوپاپ ضعیف شود و یا بشکند، در سرعت‌های زیاد، سوپاپ آهسته بسته می‌شود.

علت دیگر دیر بسته شدن سوپاپ، چسبندگی آن است. چسبندگی سوپاپ در اثر وجود نیروی اصطکاک زیاد بین ساق سوپاپ و راهنمای آن ایجاد می‌شود. در موقع چسبنده بودن سوپاپ حرکت آن تابع فنر نیست و پس از عبور بادامک از زیر تایپت، سوپاپ به‌سرعت بسته نمی‌شود. باید دانست که دیر بسته شدن سوپاپ گاز، موجب افت قدرت موتور می‌گردد زیرا مقداری از سوخت در هنگام تراکم به مانیفولد گاز بازگشت می‌کند.

دیر بسته شدن سوپاپ دود هم قدرت موتور را می‌کاهد، زیرا وقتی موتور مکش می‌کند هر دو سوپاپ باز است و مقداری دود به سیلندر مکیده می‌شود و از راندمان حجمی موتور کاسته می‌گردد. به علاوه دیر بسته شدن سوپاپ دود، داغ شدن سوپاپ در اثر کم شدن فرصت انتقال حرارت سوپاپ به سیت آن می‌شود و موجب ترسیدن یا ترکیدن لبه بشقابک سوپاپ می‌گردد.

در موتوری که سوپاپ آن چسبندگی دارد، دور آرام موتور به سختی تنظیم می‌شود و معمولاً شعلهٔ به مانیفولد گاز نفوذ می‌کند.

دلایل چسبندگی سوپاپ

۱ــ بیشترین چسبندگی سوپاپ گاز در اثر جمع شده رسوبات بنزین در قسمت‌های داخلی راهنمایی سوپاپ و روی ساق آن است. در بنزین، مواد صمغی معدنی وجود دارد که پس از احتراق، در ساق سوپاپ باقی می‌ماند و حالت چسبنده‌ای دارد. در بنزین انبار شده اثر چسبندگی صمغ، تشدید می‌شود.

۲ــ در اطاقک سوپاپ، مقداری روغن وجود دارد که به راهنمای سوپاپ نفوذ کرده، روی ساق سوپاپ و سطوح داخلی راهنما را می‌پوشاند. در سوپاپ دود، به علّت بالا بودن درجه حرارت روغن

می‌سوزد و کربن سختی روی سطوح ساق سوپاپ و راهنما را می‌پوشاند. در نتیجه، لقی بین آن را محدود نموده، موجب کندی حرکت سوپاپ می‌شود.

۳ــ تشکیل رسوب کربن در راهنمای سوپاپی که دارای لقی مجاز است، به ندرت اتفاق می‌افتد. بنابراین وجود لقی زیاد باعث جذب روغن در راهنما می‌شود. البتّه روغن سوزی داشتن موتور هم کمک به نفوذ روغن به راهنمای سوپاپ می‌کند.

۴ــ لقی خیلی کم بین سوپاپ و راهنما باعث چسبندگی می‌شود که این حالت در تعمیرات موتور به هنگام تعویض گیت و غلط برقو زدن آن، به‌وجود می‌آید.

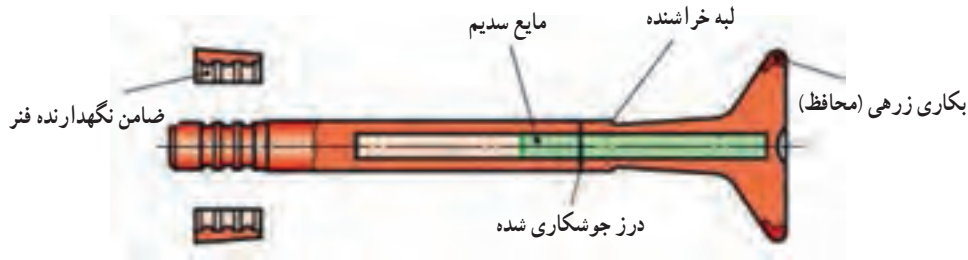
۵ــ صاف نبودن ساق سوپاپ، باعث گیر کردن آن در گیت، کج شدن سوپاپ در اثر نشتی داشتن سیت، بالا رفتن گرما در سوپاپ و گاهی ذوب شدن سوپاپ می‌شود.

۶ــ لقی کم بین تایپت و راهنمای آن و یا وجود صمغ و کربن بین آن دو، باعث سفت شدن تایپت در راهنما شده، فنر سوپاپ نمی‌تواند به‌سرعت سوپاپ را ببندد.

سوپاپ سدیمی: گاهی سوپاپ‌ها را توخالی می‌سازند و در داخل آن نمک بعضی از فلزّات را که نقطه ذوب پایینی دارند قرار می‌دهند. معمولاً از فلز سدیم که دارای نقطه ذوب $97^{\circ}C$ است استفاده می‌نمایند، و لذا این‌گونه سوپاپ‌ها را سدیمی می‌نامند (شکل ۲۸ــ۲).

سدیم در $97^{\circ}C$ ذوب می‌شود و در اثر کار سوپاپ در محفظه آن بالا و پایین برده، گرمای سر سوپاپ دود را که داغ ترین موضع است می‌گیرد و به ساق سوپاپ می‌دهد.

به این ترتیب، گرمای سر سوپاپ به گیت آن هدایت گردیده، به آب خنک کاری منتقل می‌شود از این سوپاپ‌ها در موتورهای داغ (موتورهای تند گرد و مسابقه‌ای) استفاده می‌شود (شکل ۲۹ــ۲).



شکل ۲۸ــ۲ــ سوپاپ دود سدیمی

شکل ۲۹ــ۲ــ انتقال حرارت گرمای سر سوپاپ به گیت و آب خنک کاری

۳ــ۲ــ سیلندر

۱ــ۳ــ۲ــ مقدمه : سیلندر موتور استوانه‌ای توخالی است که در بدنه (بلوک) سیلندر ساخته شده است. سیلندر، محل حرکت پیستون، انجام عملیّات چهار زمان موتور، تبدیل انرژی شیمیایی سوخت به انرژی حرارتی، تبدیل انرژی حرارتی به فشار، تبدیل فشار به نیرو، تبدیل نیرو به کار و حرکت پیستون می‌باشد. با حرکت سریع پیستون به طرف پایین در اثر ازدیاد حجم در بالای پیستون فشار افت کرده، در نتیجه سوخت و هوا سیلندر را پر می‌کند. سپس در همین سیلندر، گاز فشرده شده، محترق می‌گردد.

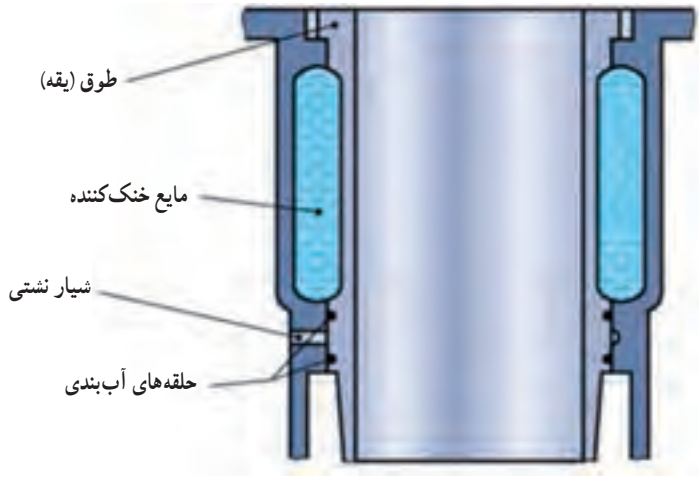
موتور ایده‌آل آن است که دارای سیلندر به شکل استوانه کامل و پیستونی به شکل استوانه کامل و هم‌اندازه با سیلندر باشد تا بدون لقی در سیلندر حرکت رفت و برگشتی نماید.

وقتی سیلندر ساخته می‌شود دارای خطای بسیار کم و استوانه‌ای کامل است. ولی بستن سرسیلندر روی بلوکه، قدری حالت استوانه‌ای آن را چه از نظر قاعده و چه از نظر ارتفاع به هم می‌زند. برای تقلیل پیچش سیلندر در اثر تنش ناشی از بستن پیچ‌های سرسیلندر، کارخانه‌های اتومبیل‌سازی روش‌های صحیح بستن سرسیلندر را معیّن می‌کنند. محکم کردن بیش از اندازه پیچ‌های سرسیلندر

باعث پیچیده شدن سیلندر می‌گردد. از طرف دیگر شل بستن آن باعث عدم آب‌بندی محفظه عملیّاتی و نشتی گاز و دود و سوختن واشر سرسیلندر و بروز خطرات دیگر می‌شود. بنابراین لازم است پیچ‌های سرسیلندر را طبق اندازه و با روش صحیح، با آچار تورک متر سفت کنند.

ماشین کاری سیلندر در درجه حرارت محیط کارخانه انجام می‌شود. اما موتور در حرارت خیلی بالاتر و در چند صد درجه سانتی‌گراد کار می‌کند. اگر فقط پوسته سیلندر در معرض حرارت زیاد قرار گیرد چندان مسأله‌ای ایجاد نمی‌کند؛ ولی سیلندر جزئی از یک مجموعه فلزی است که بدنه نامیده شده و در اثر گرما انبساط غیر متقارن پیدا می‌کند و تنش‌های حرارتی ایجاد شده اثر انبساطی ناهمگون در سیلندر باقی می‌گذارد.

در شکل ۳۰ــ۲ ساختمان نامتقارن بدنه سیلندر با مجاری آب، اطاقک سوپاپ، محفظه میل‌لنگ و غیره دیده می‌شود.

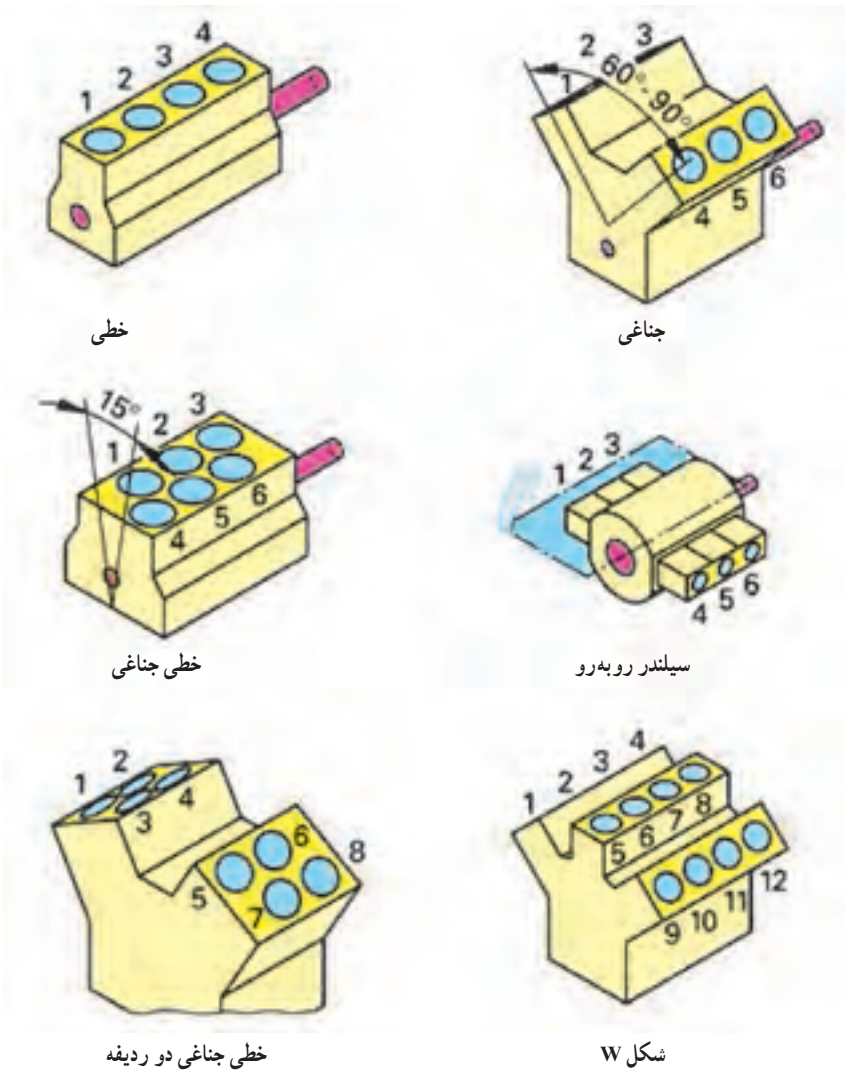


شکل ۳۰ــ۲ــ ساختمان داخلی بدنه سیلندر موتور

۲ــ۳ــ۲ــ انواع سیلندرها :

سیلندر با بوش جدانشدنی (خشک) : پس از ریخته‌گری بلوکه سیلندر، داخل سیلندرها که کوچکتر از اندازه حقیقی ریخته‌گری شده، با دقّت زیاد تراشکاری و سپس آب‌کاری می‌شود. این سیلندرها را که همراه بلوکه سیلندر ماشین‌کاری و آب‌کاری می‌کنند، سیلندر با بوش سر خود یا

جدانشدنی و یا سیلندر خشک می‌گویند. علت کاربرد اصطلاح خشک آن است که دیواره سیلندر با ضخامت معیّنی که دارد (حدود ۳ میلی‌متر) به‌طور مستقیم با آب خنک‌کاری تماس ندارد. این نوع سیلندرها به هنگام تعمیر تراشیده شده به قطرشان اضافه می‌شود و به‌ناچار باید یک سری پیستون هم با اندازه بزرگ‌تر تهیه گردد (شکل ۳۱ــ۲).



خطی — جناغی

خطی جناغی — سیلندر روبه‌رو

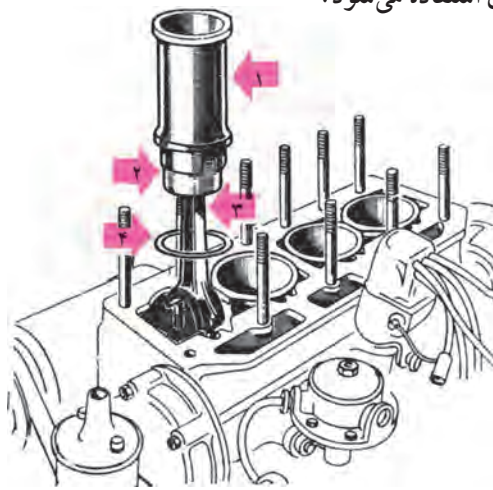
خطی جناغی دو ردیفه — شکل W

شکل ۳۱ــ۲ــ انواع مختلف بلوک (بدنه) سیلندر

شکل ۳۲ــ۲ــ برش عرضی و داخل انواع بدنه (بلوک) سیلندر

سیلندر با بوش جداشدنی (تر) : اخیراً در موتورهای پیشرفته از بوش‌های جداشدنی با ضخامت ۲ تا ۳ میلی‌متری استفاده می‌کنند که این بوش‌ها مستقیماً با آب‌کاری تماس دارد. لذا اصطلاح‌تر به آنها اطلاق می‌گردد. در این روش به هنگام تعمیر موتور، تعویض پیستون الزامی نیست.

بوش‌های تر با روش خاصی تهیه می‌شوند تا در اثر نیروی سایشی مقاوم باشند لذا اغلب با روش گریز از مرکز ریخته‌گری می‌شوند و با روش سمانتاسیون سطوح داخلی آن را تا عمق معینی سخت می‌کنند. برای جلوگیری از نفوذ آب خنک کاری به محفظه کارتل در بین لبه پایین بوش و تکیه‌گاه آن از واشرهای نازک غیرفلزی استفاده می‌شود.



شکل ۳۳ــ۲

۱ــ بوش ۲ــ پیستون ۳ــ شاتون ۴ــ رینگ مسی آب‌بندی

۳ــ۳ــ۲ــ پیستون

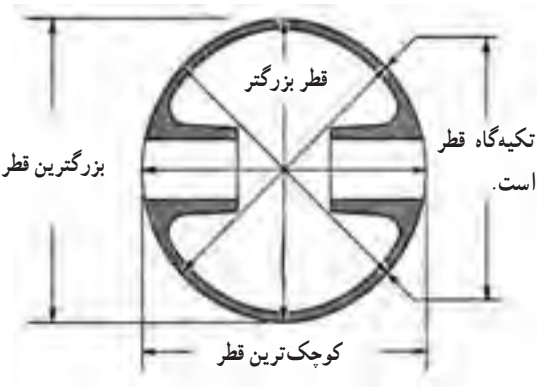
پیستون قطعه‌ای است استوانه‌ای شکل در داخل سیلندر با اتصال داشتن به شاتون حرکت رفت و برگشتی دارد. پیستون قطعه اصلی موتور است که چهار عمل اصلی موتور را فراهم می‌کند.

پیستون ایده آل باید استوانه کامل باشد ولی در حقیقت چنین نیست. مقطع پیستون، دایره شکل یا کمی بیضی شکل ساخته می‌شود. پیستون بیضی شکل وقتی گرم شود به حالت دایره‌ای کامل در می‌آید. برای سهولت حرکت پیستون در سیلندر و جلوگیری از گیر کردن آن در اثر انبساط در سیلندر، لازم است لقی کمی بین پیستون و سیلندر پیش‌بینی شود. در این فاصله کم، قشر نازکی از روغن قرار می‌گیرد و فاصله را پر می‌کند. ضمن آنکه اصطکاک ایجاد شده را تقلیل می‌دهد، از سایش سریع آن‌دو نیز می‌کاهد و موجب تبادل حرارت می‌گردد.

مقدار لقی پیستون در حالت سرد بودن موتور، زیادتر است؛ ولی با گرم شدن موتور پیستون سریع‌تر انبساط پیدا کرده، لقی آن با سیلندر کمتر می‌شود. علت انبساط بیشتر پیستون دو عامل است : یکی گرمای بیشتری که به پیستون تأثیر می‌کند و دیگری ضریب انبساط زیادتر پیستون آلومینیمی نسبت به سیلندر چدنی.

پیستون‌های بیضی شکل که برای جلوگیری از چسبیدن پیستون به سیلندر (گریپاژ) ساخته می‌شود با ابعاد خاصی طرح می‌گردد. به طوری که در شکل ۳۵ــ۲ دیده می‌شود قطر پیستون که در محور تکیه‌گاه گژن پین قرار دارد به اندازه $\frac{۶}{۱۰۰۰}$ اینچ یا ۰/۱۵ میلی‌متر از قطر دیگر کوچکتر است و قطر پیستون در روی محور $\frac{۳}{۱۰۰۰}$ اینچ یا ۰/۰۷۵ میلی‌متر، کوچکتر از بزرگترین قطر پیستون است.

شکل ۳۴ــ۲ــ سطوح تماس پیستون بیضی شکل از حالت سرد بودن تا گرم شدن کامل



شکل ۳۵ــ۲ــ پیستون بیضی شکل

پیستون‌های آلومینیومی : از آلیاژهای آلومینیم، به خاطر سبکی وزن و انتقال بهتر گرما در ساختن پیستون‌ها استفاده می‌شود. امّا در گرمای مساوی با پیستون چُدنی مشابه دو برابر منبسط می‌شوند. بنابراین پیش‌بینی‌هایی در ساختمان پیستون‌های آلومینیومی به‌عمل می‌آید تا از انبساط بیش از اندازه آن جلوگیری شود.

آلیاژ آلومینیوم سیلیسیم، انبساط کمتری دارد و در پیستون‌سازی مصرف می‌شود. برای آلیاژهای دیگر، طرح‌های ساختمانی مختلفی به‌کار می‌برند.

شکل ۳۶ــ۲ــ ساختمان پیستون

طرف فشاری پیستون : وقتی به حرکت پیستون و شاتون توجّه کنیم، ملاحظه خواهیم کرد که نیروی فشاری احتراق زمان قدرت، در امتداد محور استوانه سیلندر به سر پیستون وارد می‌شود. لذا پیستون تمایل دارد که در سیلندر به طور کاملاً موازی با محور استوانه، به طرف پایین حرکت کند.

شکل ۳۷ــ۲ــ پیستون‌های موتورهای جدید

از طرف دیگر، شاتون از قسمتی که با میل لنگ درگیر است حرکت دورانی می‌نماید و از قسمتی که با پیستون درگیر است، حرکت خطّی می‌کند. در نتیجه در هر لحظه از حرکت پیستون و شاتون، نیرو بین آن دو تجزیه می‌شود که در زیر، چهار حالت آن را در چهار زمان موتور بررسی می‌کنیم :

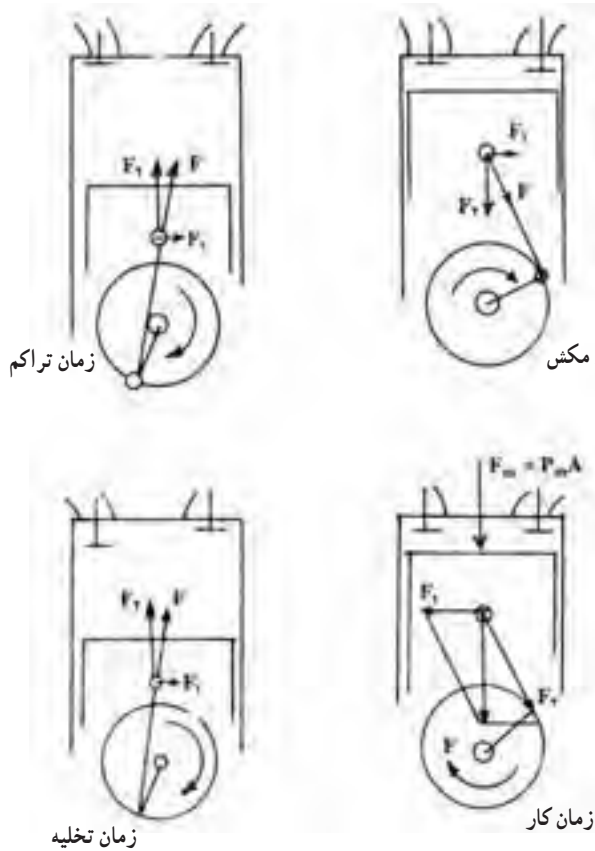
۱ــ در زمان مکش: شاتون به وسیله میل لنگ کشیده می‌شود و پیستون را که به‌علّت اصطکاک رینگ‌ها تمایل به حرکت ندارد، با نیروی اصطکاک F_2 به طرف پایین می‌کشد.

شکل ۳۸ــ۲ نیروی اصلی وارد شده از طرف شاتون به پیستون، بزرگ‌تر از نیروی اصطکاک است، $F > F_2$ که به علّت حرکت زاویه‌ای شاتون نیروی F به دو نیروی F_1 و F_2 تجزیه می‌شود. نیروی F_1 به دیوارهٔ سمت راست سیلندر تحمیل می‌گردد.

۲ــ در زمان تراکم: شاتون به‌وسیله میل‌لنگ به طرف بالا فشرده می‌شود و پیستون را که به‌علّت اصطکاک رینگ‌ها و فشار تراکم، تمایل به بالا رفتن ندارد با نیروی F_2 به بالا حرکت می‌دهد. امّا نیروی اصلی شاتون F می‌باشد که $F > F_2$ بوده، به جهت تجزیه نیروها F به نیروی F_1 و F_2 تجزیه می‌شود.

۳ــ در زمان قدرت : نیروی متوسّط F_m به پیستون اعمال می‌شود و تمایل دارد پیستون را موازی با محور سیلندر به پایین حرکت دهد. ولی شاتون نیروی F را تجزیه نموده، به اندازه F_1 به دیواره سمت چپ وارد می‌کند و به اندازه F_2 هم به مصرف گشتاور موتور می‌رساند. نیروی F_1 نیروی نسبتاً زیادی است که به طرف چپ سیلندر وارد می‌کند.

۴ــ در زمان تخلیه : مانند زمان تراکم عمل می‌کند. با این تفاوت که پیستون با نیروی کمتری به طرف بالا فشرده می‌شود.

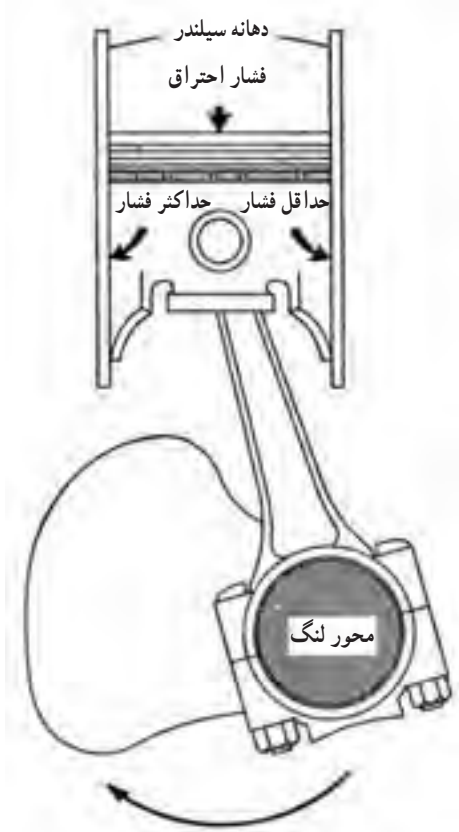


شکل ۳۸ــ۲ــ تجزیه نیروی وارد بر پیستون و سیلندر

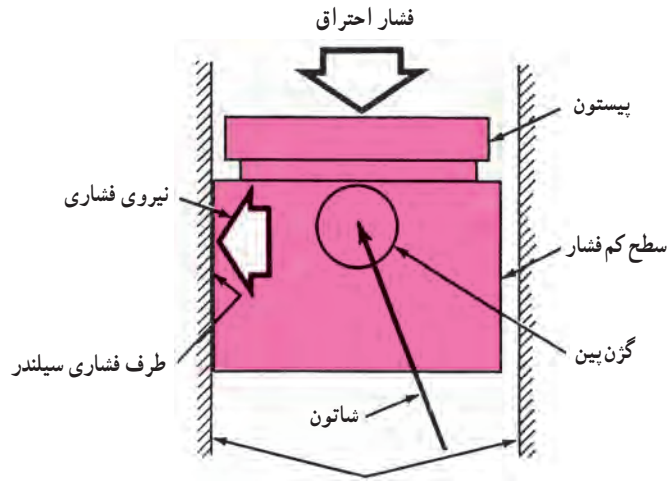
با توجه به دیاگرام‌های تجزیه نیرو می‌توان گفت : **در یک موتور راستگرد (دوران میل‌لنگ هم‌جهت با عقربه‌های ساعت) وقتی از جلو به موتور نگاه می‌کنیم به طرف چپ سیلندر و پیستون نیروی زیادتری اعمال می‌شود.** لذا به طرف چپ سیلندر و پیستون، طرف فشاری و

به‌طرف دیگر آن طرف کم‌فشار می‌گویند. برخی از کارخانه‌های اتومبیل‌سازی توصیه می‌کنند که شکاف T شکل پیستون در طرف کم‌فشار قرار گیرد تا در اثر نیروی زیاد، در پیستون تغییر شکل به‌وجود نیاید. در تمام موتورها که شاتون‌هایشان دارای سوراخ روغنکاری جانبی است این سوراخ را به طرف فشاری سیلندر قرار می‌دهند تا دیواره را به‌خوبی روغن پاشی کند.

از طرف دیگر، در سرعت‌های زیاد نیروهای اینرسی شاتون مؤثر بر پیستون بیشتر از نیروی احتراق است و به‌طور متناوب در هر حرکت رفت و برگشتی به دو طرف سیلندر نیرو وارد می‌شود. یعنی وقتی پیستون به پایین می‌رود به یک سمت آن و در حرکت به بالا به طرف دیگرش نیروی اینرسی اثر می‌کند. بنابراین از نظر نیروی اینرسی هر دو طرف پیستون به یک نسبت فشرده می‌شود. ولی از نظر نیروی فشار احتراق، هر دو طرف به یک نسبت به سیلندر فشرده نمی‌شوند. بنابراین بین دو نیروی فوق‌الذکر باید تفاوت قایل شد. نیروی اینرسی در سرعت‌های کم اندک است و نیروی احتراق در حالت درجا کار کردن موتور ــ وقتی که بار خارجی از روی موتور برداشته شود ــ حداقل است.



شکل ۳۹ــ۲ــ طرف فشاری سیلندر



شکل ۴۰ــ۲

با توجه به مطالب گفته شده برخی از طراحان معتقدند که اگر طرف شکافدار پیستون در سمت فشاری سیلندر قرار گیرد به علّت حالت ارتجاعی پیستون، حرکت بدون ضربه تر و انطباق پیستون با سیلندر بهتر خواهد بود.

پوشش پیستون : پوشش پیستون برای محافظت آن از سایش زیاد به کار می‌رود. بعضی از مواد پوششی متخلخل هستند و ضمن استحکام بخشیدن به پیستون، روغن را در خود جذب نموده، عمل روغنکاری را بهتر انجام می‌دهند. پوشش پیستون ممکن است قشر نازکی از فلز قلع یا کادمیوم باشد که به علت نرم بودن آسیبی به سیلندر نمی‌رساند.

روکش کردن پیستون به طریقه شیمیایی صورت می‌گیرد که ضمن محکم بودن لایه پوششی قسمت اندود شده متخلخل و نرم بوده، دارای مزایای زیر می‌شود :

۱ــ در شروع کار، وقتی که هنوز روغن به دیواره سیلندر پاشیده نشده از سایش زیاد سیلندر و پیستون جلوگیری می‌کند.

۲ــ در موتور نو پوشش به عنوان حایل، از چسبیدن پیستون به سیلندر جلوگیری کرده، عمل آب‌بندی را تسریع می‌کند.

۳ــ در حرارت‌های خیلی زیاد که ناشی از : سرعت زیاد موتور، خنک‌کاری ضعیف، روغنکاری ناقص، هوای خیلی گرم، بار زیاد یا عدم تنظیم سوخت و جرقه می‌باشد از گریپاژ موتور جلوگیری می‌کند.

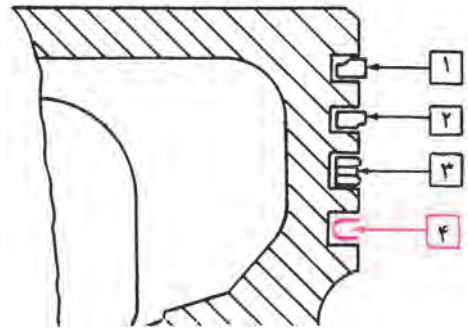
رینگ‌های پیستون : رینگ‌های پیستون، فنرهای دایره شکلی هستند که در یک محل بریدگی داشته، در شیار پیستون حالت فنریّت مناسبی را به‌وجود می‌آورند. قطر دایره رینگ کمی بیشتر از قطر سیلندر است و به هنگام قرار گرفتن در شیار پیستون تماس فشاری به‌طرف سیلندر برقرار می‌کند و موجب آب‌بندی محفظه احتراق نسبت به محفظه کارتل می‌گردد. دهانه رینگ، وقتی که در داخل سیلندر قرار دارد حدود ۰/۰۰۷ اینچ یا ۰/۱۸ میلی‌متر است. علّت وجود فاصله در دهانه رینگ‌ها برای آن است که محلّی برای انبساط رینگ در هنگام ازدیاد گرما وجود داشته باشد، در غیر این صورت لبه‌های رینگ به هم رسیده، رینگ خم می‌شود. در این موقع به علّت حرکت پیستون، رینگ در شیار می‌شکند. در سرعت‌های کم، رینگ‌ها عمل آب‌بندی را به‌خوبی انجام می‌دهند ولی در سرعت‌های زیاد به‌علّت برش رینگ، عمل آب‌بندی سیلندر کمتر است در نتیجه روغن‌سوزی موتور افزایش یافته، فرار گاز به کارتل بیشتر می‌شود.

پیستون‌ها معمولاً دارای سه یا چهار رینگ هستند. در یک پیستون که دارای سه رینگ است دو رینگ کمپرسی و یک رینگ روغنی می‌باشد. وظیفه رینگ‌های کمپرسی، آب‌بندی محفظه احتراق و جلوگیری از نشتی گاز به محفظه کارتل و وظیفه رینگ‌های روغنی، جلوگیری از نفوذ روغن به اطاق احتراق است. اگر در پیستونی چهار رینگ به‌کار رود دو رینگ بالا کمپرسی و دوتای پایینی روغنی است. گاهی سه رینگ کمپرسی و آخری روغنی می‌باشد (شکل ۴۱ــ۲).

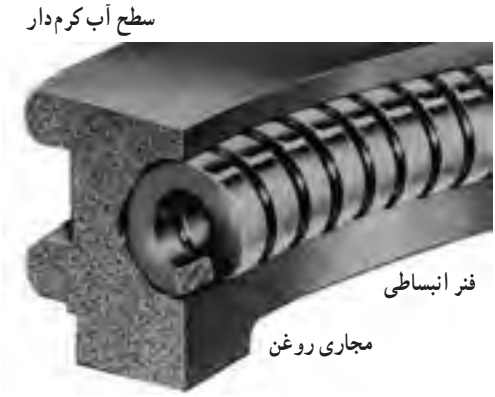
شکل ۴۱ــ۲ــ پیستون با چهار رینگ

رینگ‌های روغنی، شکافدار ساخته می‌شوند تا روغن‌های روی سیلندر را در کورس مکش و قدرت بهتر جمع کرده، از سوراخ‌های موجود در کف شیار رینگ به کارتل باز گردانند. بنابراین اگر رینگ‌های روغنی رسوب کربنی داشته باشند و یا سوراخ‌های کف شیار مسدود گردد، مصرف روغن موتور بالا می‌رود (شکل ۴۲ــ۲ تا ۴۴ــ۲).

شکل ۴۲ــ۲ــ انواع رینگ‌های روغنی



شکل ۴۳ــ۲ــ رینگ روغنی کرمی با فنر مارپیچ فولادی



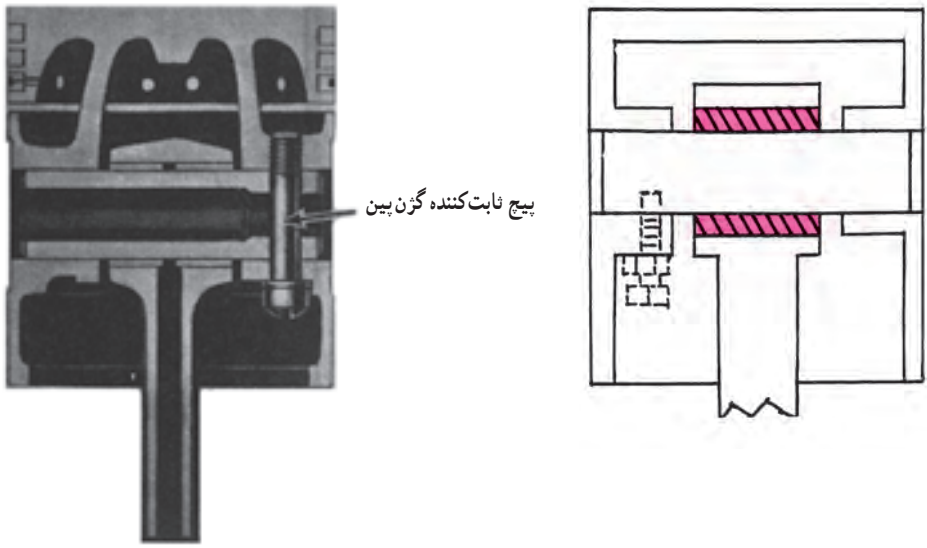
شکل ۴۴ــ۲ــ شکل قرار گرفتن رینگ‌ها در پیستون

شکل ۴۵ــ۲ــ رینگ‌های انبساطی روغنی

گژن پین یا انگشتی : گژن پین، میله‌ای است تو خالی که شاتون را به پیستون مربوط می‌کند. برای آنکه در عین سخت بودن، حالت خمش نیز داشته باشد پس از تهیه آن از فولاد بهسازی شده، سطوح خارجی آن را با روش سمانتاسیون سخت می‌کنند (سخت کاری قشری).

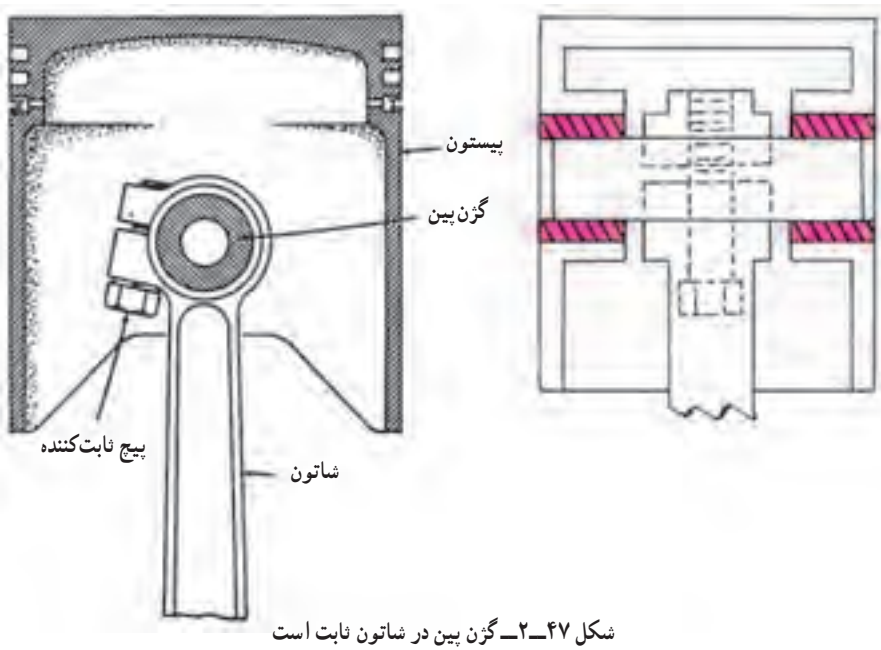
روش‌های اتّصال بین پیستون، شاتون و گژن پین به یکی از حالت‌های زیر است :

۱ــ گژن پین به یکی از تکیه‌گاه‌های پیستون به کمک پیچ ثابت می‌شود (شکل ۴۶ــ۲).



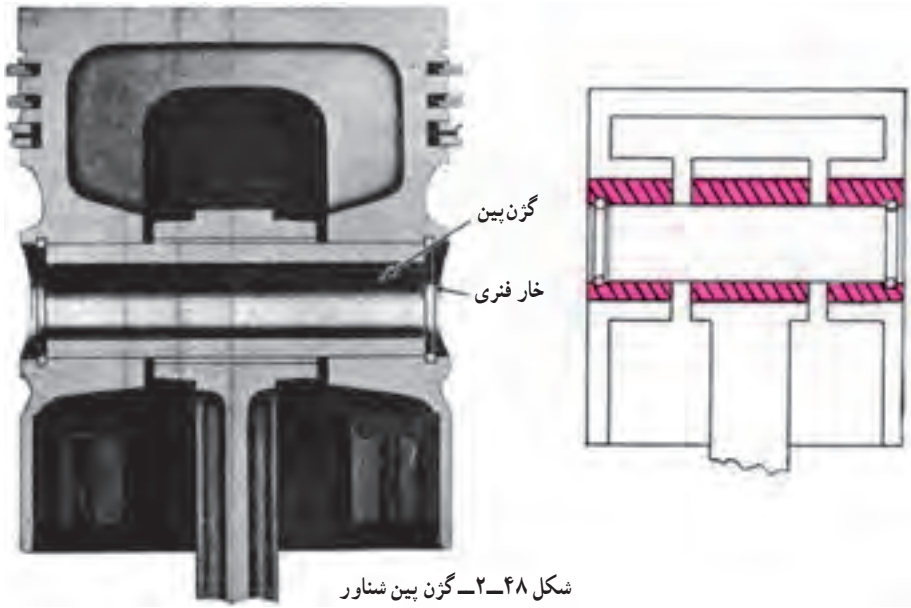
شکل ۴۶ــ۲ــ گژن‌پین در پیستون ثابت است

۲ــ گژن پین به وسیله پیچ به شاتون محکم شده، ولی در تکیه‌گاه‌های پیستون آزاد است (شکل ۴۷ــ۲).



شکل ۴۷ــ۲ــ گژن پین در شاتون ثابت است

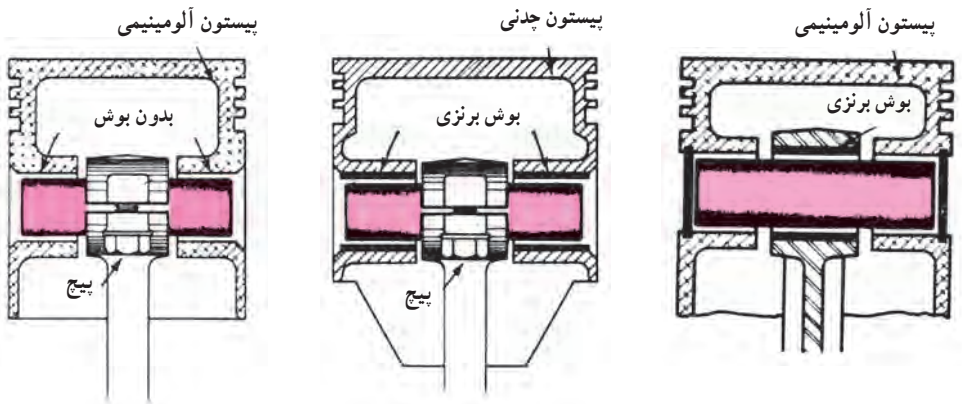
۳ــ گژن پین به‌طور شناور، هم در تکیه‌گاه‌های پیستون و هم در بوش شاتون قرار دارد. برای جلوگیری از حرکت گژن پین و خراب کردن دیواره سیلندر از دو خار فنری استفاده می‌کنند (شکل ۴۸ــ۲).



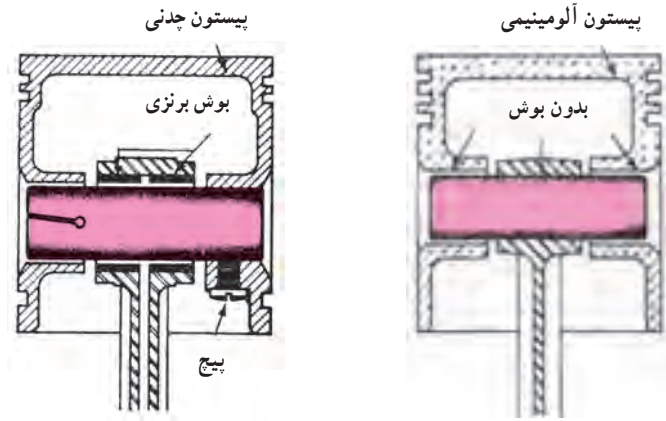
شکل ۴۸ــ۲ــ گژن پین شناور

۴ــ گژن پین در شاتون به طور پرسی یا حرارتی محکم شده و در روی تکیه‌گاه‌های پیستون آزاد است. در این حالت حرکت احتمالی گژن پین به وسیله خار فنری که در شیار تکیه‌گاه‌ها قرار می‌گیرد، محدود می‌گردد.

۵ــ گژن پین در تکیه‌گاه‌های پیستون به‌طور پرسی یا حرارتی محکم شده و در داخل بوش شناور است (شکل ۴۹ــ۲).

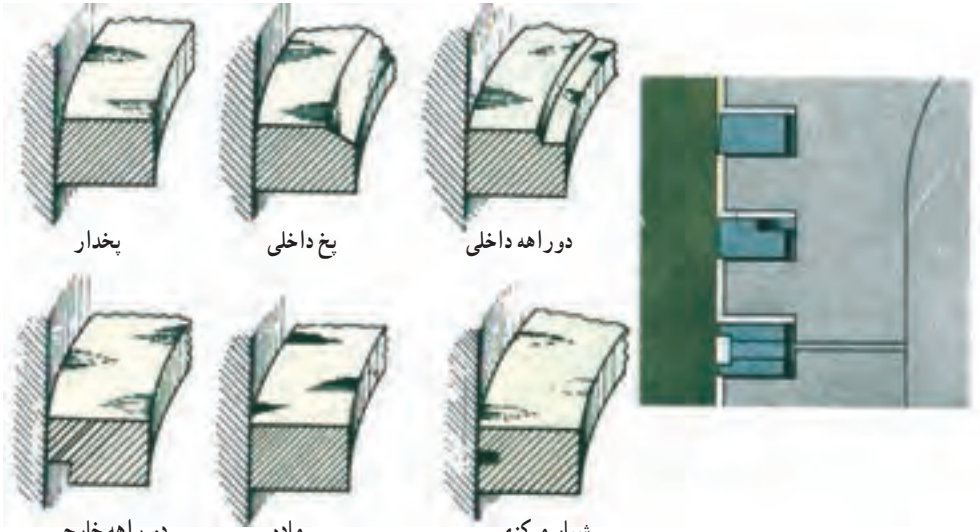


۱ــ پیستون شناور ۲ــ گژن‌پین متصل به شاتون ۳ــ گژن‌پین متصل به شاتون

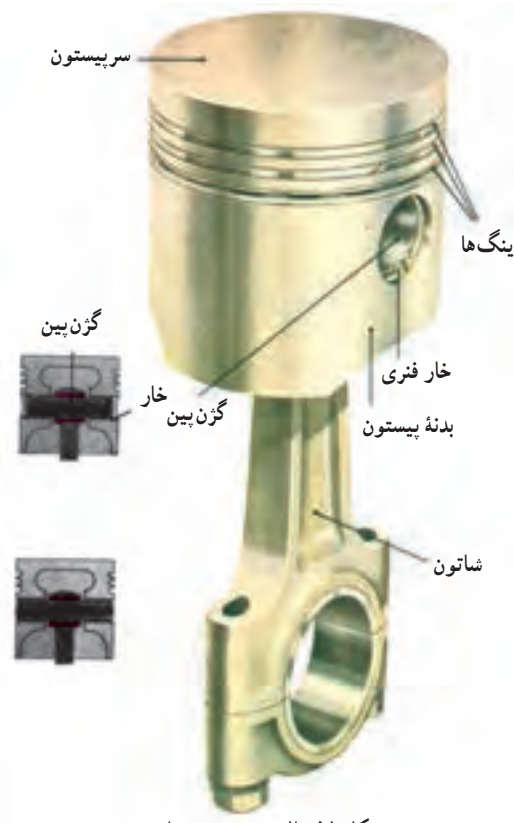


۴ــ گژن‌پین به‌طور پرسی در شاتون نصب می‌شود. ۵ــ گژن‌پین به پیستون متّصل است.

شکل ۴۹ــ۲ــ پنج نوع اتصال در سیستم پیستون



شکل ۵۰ــ۲ــ انواع رینگ‌های کمپرسی و طرز نصب آنها



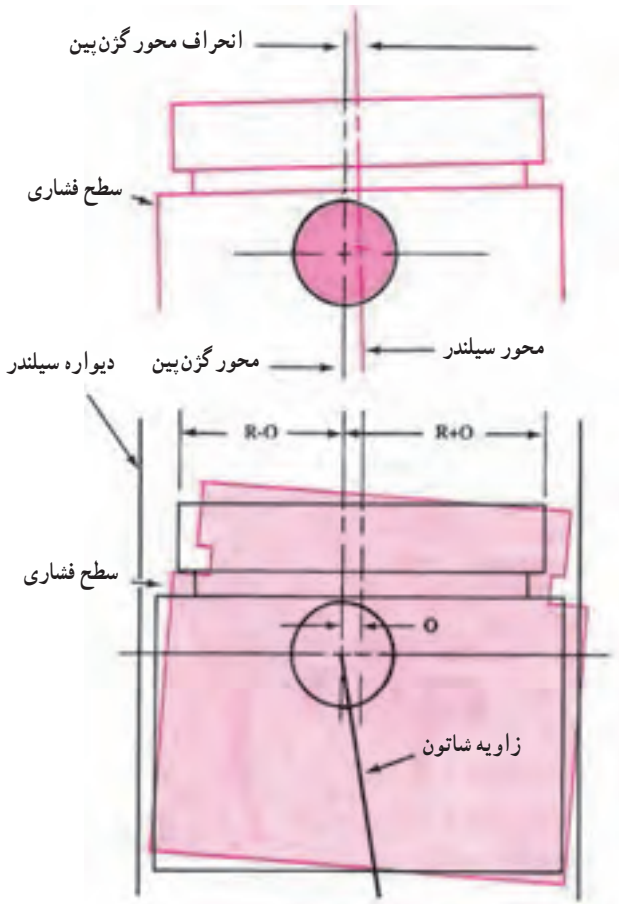
شکل ۵۱ــ۲ــ پیستون و شاتون

شکل ۵۲ــ۲ــ شاتون

انحراف محورهای گژن پین و پیستون : در بعضی از موتورها تکیه‌گاه گژن پین درست در مرکز پیستون ساخته نمی‌شود بلکه کمی انحراف بین محورهای گژن پین و پیستون وجود دارد. در این پیستون‌ها محور گژن پین را کمی به طرف سطح فشاری پیستون، نزدیک می‌کنند.

اگر گژن پین در وسط قرار داشته باشد، در کورس تراکم، پیستون تا انتهای مسیر خود با دیواره سیلندر تماس پیدا می‌کند (طرف کم‌فشار). در کورس قدرت با عوض شدن جهت حرکت شاتون، تماس پیستون از طرف کم‌فشار کم می‌شود و پیستون با طرف پرفشار تماس می‌گیرد. اگر لقی بین پیستون و سیلندر زیاد باشد این تغییر جهت، ضربه شدیدی به دیواره وارد می‌کند.

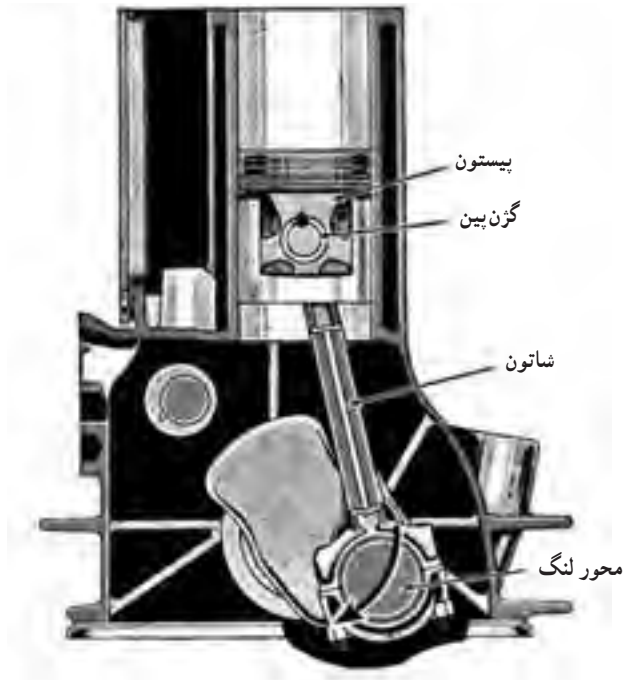
اگر محور گژن پین انحراف داشته باشد، کورس تراکم، پیستون کمی کج می‌شود. به‌طوری که انتهای آن با طرف فشاری سیلندر تماس دارد و به محض عوض شدن جهت شاتون و شروع کورس قدرت، پیستون به دیواره سیلندر، کمتر ضربه می‌زند.



شکل ۵۳ــ۲ــ پیستون با محور گژن پین غیر محوری

۴ــ۲ــ میل لنگ و یاتاقان‌های آن

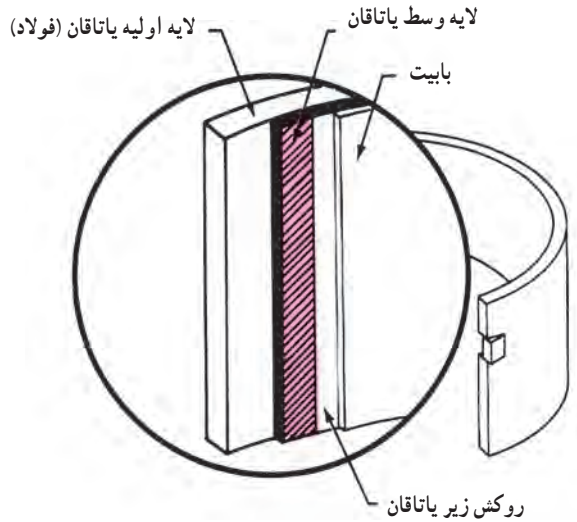
۱ــ۴ــ۲ــ تعریف : میل‌لنگ یا محور موتور، دارای تعدادی لنگ (به تعداد سیلندرهای موتور) و یک محور اصلی است که در داخل یاتاقان‌های اصلی حرکت می‌کند.



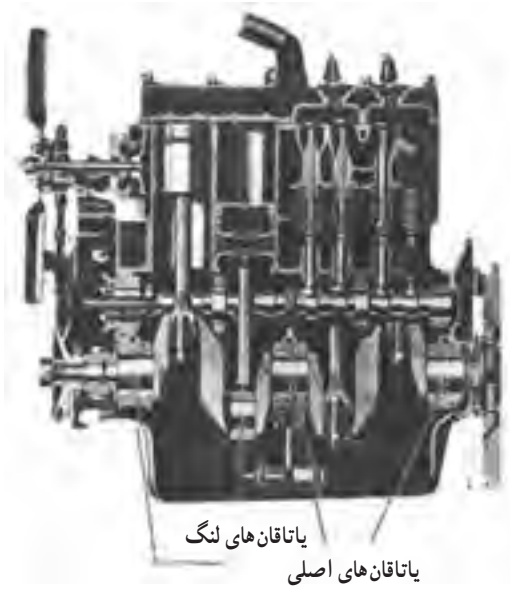
شکل ۵۴ــ۲ــ مجموعه پیستون، شاتون و میل لنگ

۲ــ۴ــ۲ــ یاتاقان‌بندی موتور : یاتاقان‌های میل لنگ، لایه‌های نازکی هستند به ضخامت تقریبی ۱/۳ میلی‌متر. لایه اولیه یاتاقان از ورقه فولاد و روی آن از آلیاژ مخصوص به نام بابیت پوشیده است. ضخامت قسمت اصلی که بابیت نامیده می‌شود، ۰/۰۵ تا ۰/۱۵ میلی‌متر است که نسبت به انواع موتور این ضخامت تغییر می‌کند.

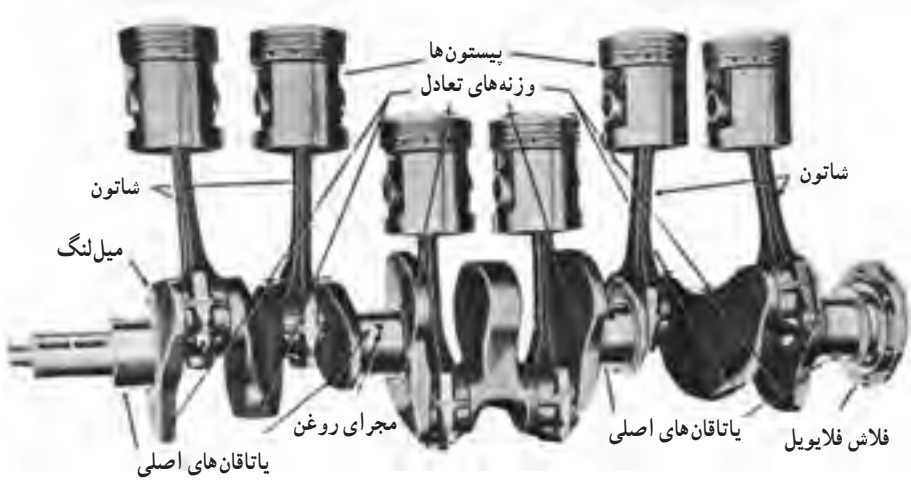
یاتاقان‌ها به صورت دو پارچه ساخته می‌شوند که وقتی روی هم قرار گیرند، استوانه کاملی را به‌وجود می‌آورند.



شکل ۵۵ــ۲ــ ساختمان یاتاقان

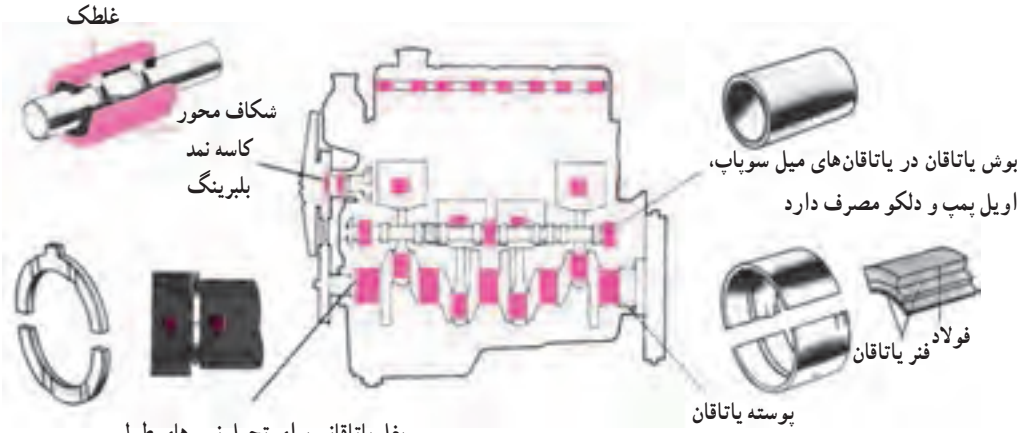


شکل ۵۶ــ۲ــ یک موتور چهار سیلندر با سه یاتاقان اصلی



شکل ۵۷ــ۲ــ میل‌لنگ، پیستون و شاتون

شکل ۵۸ــ۲ــ شاتون و یاتاقان آن



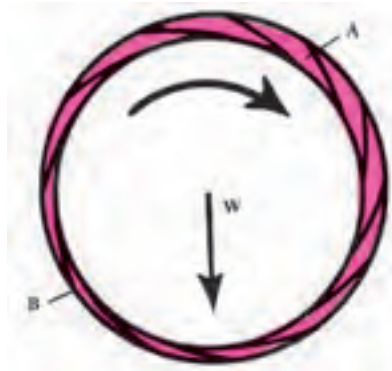
شکل ۵۹ــ۲ــ انواع یاتاقان در موتور

لقی یاتاقان : یک یاتاقان‌بندی ایده آل آن است که محور هرگز با یاتاقان تماس نگیرد و بار اصلی روی قشر روغنی باشد که بین محور و یاتاقان قرار دارد ولی در عمل محور با یاتاقان تماس می گیرد که هر چه این تماس بیشتر باشد خرابی یاتاقان هم زیادتر است.

لقی یاتاقان‌ها با محورهایشان بین $\frac{۵}{۱۰۰۰۰}$ اینچ یا ۰/۰۱۲ میلی‌متر تا $\frac{۳}{۱۰۰۰}$ اینچ یا ۰/۰۷۶ میلی‌متر است. اندازه لقی یاتاقان بستگی به قطر محور و طرح موتور دارد.

مفهوم مقدار لقی، آن است که هر گاه محور را در یاتاقان به یک طرف فشار دهند بین محور و یاتاقان در طرف دیگر ۰/۰۱۲ تا ۰/۰۷۶ میلی‌متر لقی ایجاد شود. بنابراین، مقدار لقی بین طرفین محور تقسیم می‌شود.

شکل ۶۰ــ۲ــ نمایش و مفهوم لقی یاتاقان



شکل ۶۱ــ۲ــ با چرخش محور، لایه‌ای از روغن در بین آن و یاتاقان قرار می‌گیرد.

به عبارت دیگر ممکن است چنین تصور شود که محور در یاتاقان خود به‌طور خارج از مرکز می‌چرخد، ولی این‌چنین نیست زیرا این فاصله را روغن پر کرده است و فیلم روغن محور را به‌صورت شناور در وسط یاتاقان نگه می‌دارد. جنس یاتاقان از جنس محور نرم‌تر است تا خود را با شکل محور تطبیق دهد (آب‌بندی شدن) و ذرّات خارجی سخت را در خود جذب نماید تا از ایجاد خط در میل‌لنگ جلوگیری کند.

با وجود پیش‌بینی لقی لازم و استفاده از روغن استاندارد، در اثر اعمال نیروی زیاد، محور، قشر روغن را شکسته، به یاتاقان می‌رسد. بنابراین جنس یاتاقان باید طوری باشد که تنش سایشی لازم را دارا باشد و در مقابل فشار زیاد محور به‌خوبی مقاومت نماید.

یاتاقان باید قابلیّت هدایت حرارتی خوبی داشته باشد تا در اثر اصطکاک با محور، گرمای تولیدی را انتقال دهد و خود نسوزد. البتّه وجود روغن در یاتاقان و حرکت میل لنگ در محفظه‌ای که در آن روغن ذخیره می‌شود (کارتر) کمک بزرگی به خنک کاری یاتاقان می‌نماید.

هر نیمه یاتاقان به کمک زایده‌ای که دارد در روی شاتون یا بلوکه سیلندر ثابت می‌شود تا همراه میل لنگ، حرکت چرخشی نکند. (شکل ۶۲ــ۲)

جنس یاتاقان‌ها

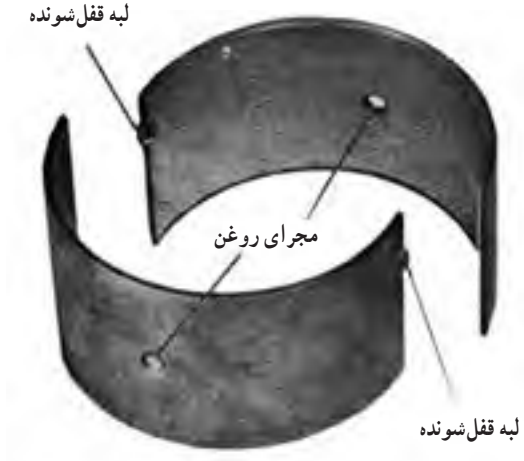
آلیاژهای مورد استفاده در یاتاقان‌های موتور، عبارتند از :

۱ــ یاتاقان بابیت : قلع، مس، آنتیموان و سرب.

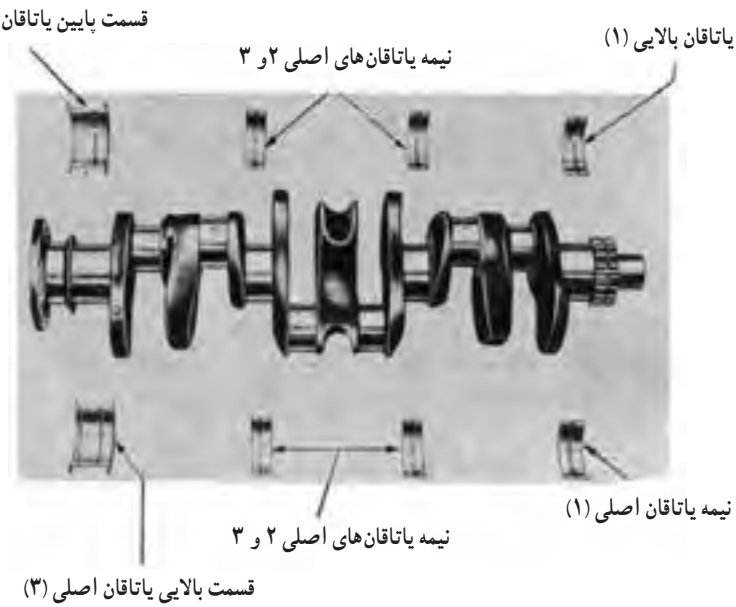
۲ــ یاتاقان آلیاژ مس و سرب : مس، سرب و فلزات دیگر.

۳ــ یاتاقان آلیاژ کادمیوم : کادمیوم و فلزات دیگر.

۴ــ یاتاقان آلیاژ برنز : برنز آلیاژ دیگری است که با مس و قلع آلیاژ می‌شود و از آن در بوش‌های شاتون و غیره استفاده می‌کنند.



شکل ۶۲ــ۲ــ شکل یاتاقان و اجزای آن

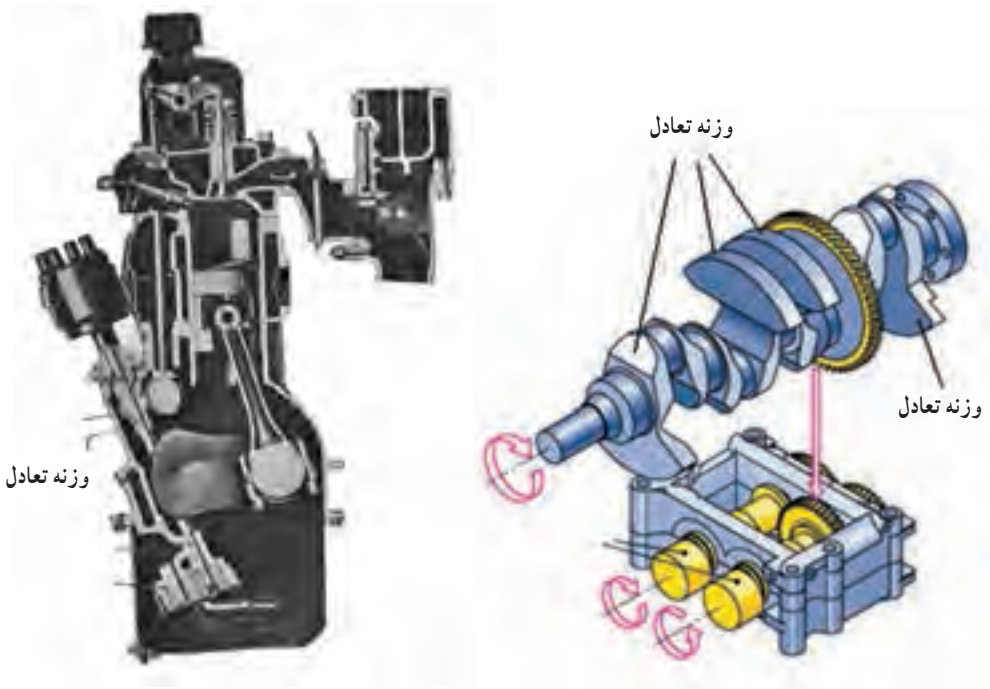


شکل ۶۳ــ۲ــ یاتاقان‌های ثابت موتور

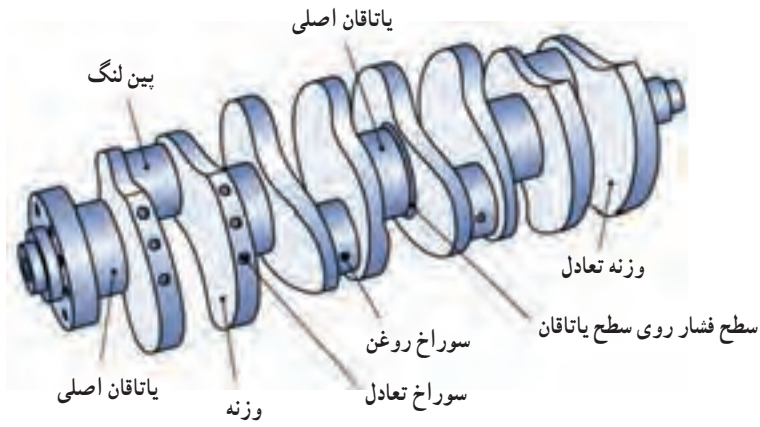
۳ــ۴ــ۲ــ وزنه‌های تعادل میل لنگ: وظیفه وزنه‌های تعادل میل‌لنگ، موزون و یکنواخت‌کردن حرکت دورانی میل‌لنگ است. وزنه‌های تعادل میل لنگ، باید نیروی گریز از مرکزی معادل با نیروی وارد از طرف شاتون به زبانه‌های لنگ وارد کنند تا در اثر برابری نیروها، میل‌لنگ بدون ارتعاش دوران کند.

باید بدانیم که میل‌لنگ با وجود سخت بودن و ضخیم بودن (قطر محور آن بین ۵۰ تا ۷۵ میلی‌متر) در اثر نیروی گریز از مرکز لنگ‌ها به‌شدّت ارتعاش می‌نماید و اگر وزنه‌های تعادل، حرکت آن را یکنواخت نکند در اثر ارتعاشات وارد شده به‌صورت خمیده حرکت کرده، به‌سرعت یاتاقان‌های آن فرسوده می‌شود.

بنابراین وظیفه وزنه‌های تعادل، جلوگیری از خمیده کار کردن میل‌لنگ در اثر ارتعاشات ناشی از نیروهای گریز از مرکز است.



شکل ۶۴ــ۲ــ وزنه تعادل میل‌لنگ در موتور

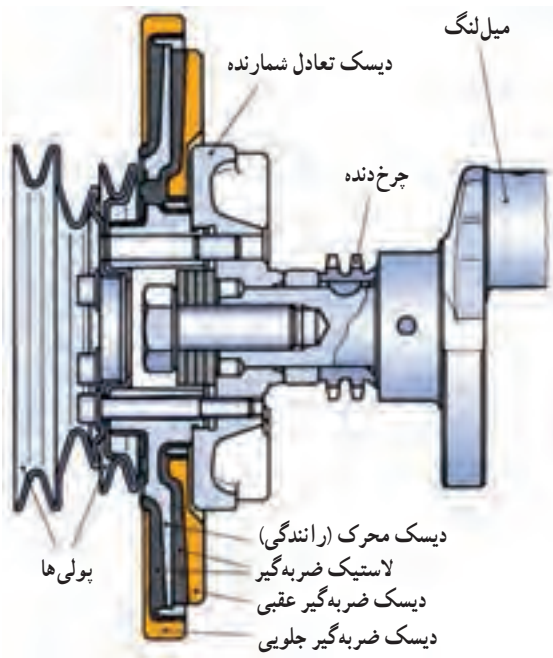


شکل ۶۵ــ۲ــ فرم میل‌لنگ و اجزای آن

۴ــ۴ــ۲ــ ارتعاش گیر یا ضربه گیر میل‌لنگ : میل لنگ در معرض نیروهای مختلف و متناوب قرار دارد و در آن ارتعاشات پیچشی به‌وجود می‌آید. ارتعاشات متناوب، باعث تاب برداشتن میل‌لنگ می‌شود. پیچش ناموزون در جلوی میل‌لنگ، در سرعت معیّنی اتفاق می‌افتد. مثلاً ممکن است در دورهای ۱۲۰۰، ۱۶۰۰ یا ۲۴۰۰ دور در دقیقه به حدّاکثر برسد. شدّت ارتعاشات در دوره‌ای بین ۱۲۰۰ تا ۱۶۰۰ دور در دقیقه است و نیز در فاصله بین ۱۶۰۰ تا ۲۴۰۰ ارتعاشات میل‌لنگ تشدید می‌گردد.

ارتعاشات میل لنگ را به‌وسیله ارتعاش‌گیر کاهش می‌دهند. ارتعاش‌گیر، از یک فلایویل کوچک که در جلوی میل‌لنگ به‌وسیله بوش‌های لاستیکی و صفحه اصطکاکی به پولی یا چرخ‌دنده اتصال دارد، تشکیل شده است و همراه آن می‌گردد.

ارتعاش گیر، مانند فلایویل میل‌لنگ در موقع ازدیاد ناگهانی سرعت، مقداری از انرژی را جذب نموده، در موقع کاهش دور، انرژی خود را به میل‌لنگ تحویل می‌دهد. در جلوی میل‌لنگ عواملی مانند دینام، واتر پمپ پروانه و غیره قرار دارد که همواره به نگه داشتن جلوی میل‌لنگ تمایل دارند. بنابراین برای حذف تأثیرات عوامل کاهنده سرعت، ارتعاش‌گیر کمک چشم‌گیری در کار میل‌لنگ می‌کند.



شکل ۶۶ــ۲ــ ارتعاش گیر مکانیکی

سؤالات

۱ــ بهترین سیستم معمول سوپاپ را با ذکر دلایل نام ببرید.
۲ــ نسبت حرکت بین میل سوپاپ و میل لنگ چقدر است؟ و چرا؟
۳ــ قسمت‌های مختلف یک بادامک را نام برده، وظیفه هر قسمت را در کار سوپاپ شرح دهید.
۴ــ ضعیف شدن فنر سوپاپ چه اثری در کار موتور دارد؟ چگونه آن را تشخیص می‌دهید.
۵ــ علت شکستن فنرهای سوپاپ چیست؟ و راه‌های پیشگیری از آن چگونه است؟
۶ــ تفاوت‌های سوپاپ با زاویه نشست ۳۰ و ۴۵ درجه در چیست و مزایای هر یک کدام است؟
۷ــ لقی نامطلوب بین ساق و راهنمای سوپاپ، چه اثری در کار سوپاپ دارد؟
۸ــ اگر فنر سوپاپ ضعیف‌تر یا قوی‌تر از حدّ لازم باشد، چه تأثیری در کار سوپاپ و موتور دارد؟
۹ــ فنر کج، چگونه سوپاپ را می‌بندد و چه اثری در کار موتور می‌گذارد؟
۱۰ــ برای جلوگیری از رسوب گرفتن سوپاپ‌ها، چه طرح‌هایی به‌کار می‌رود و آثار آن روی سوپاپ چیست؟
۱۱ــ کند بسته شدن سوپاپ در اثر چه عواملی است و چه تأثیری در کار موتور دارد؟
۱۲ــ دلایل چسبندگی ساق سوپاپ را بیان کنید.
۱۳ــ اسید سولفورو چگونه به وجود می‌آید و چه تأثیری بر سوپاپ می‌گذارد؟
۱۴ــ ساختمان سوپاپ سدیمی و طرز کار آن را تشریح کنید.
۱۵ــ انواع سیلندر را نام برده، مزایای هر یک را بنویسید.
۱۶ــ پیستون بیضی شکل یعنی چه؟ و حالت بیضوی بودن آن چقدر و در کدام قطر بیشتر است؟
۱۷ــ تجزیه نیروها را در سیلندر و پیستون با رسم شکل مشخص کنید.
۱۸ــ پوشش پیستون به چه منظوری انجام می‌شود. نوع شیمیایی آن چه مزایایی دارد؟
۱۹ــ در پیستون چند نوع رینگ به کار رفته، وظایف هر نوع کدام است؟
۲۰ــ گژن پین چیست و چگونه ساخته می‌شود؟