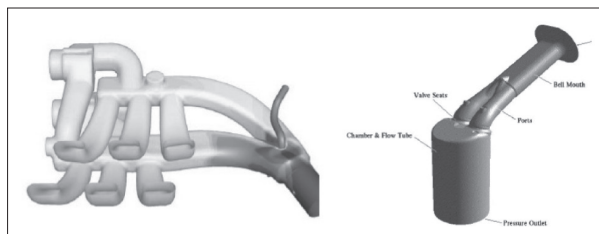


پارامترهای موثر در تنفس موتور احتراق جرقه‌ای

حمید دانامنش*

چکیده: مجاری مکش و تخلیه از اجزای مهم موتور هستند که در سر سیلندر موتور تعبیه می‌شوند و وظیفه انتقال هوا و سوخت را به داخل سیلندر و گازهای سوخته شده را به بیرون از آن، بر عهده دارند. هدف اولیه در طراحی بهینه مجرای ورودی یک موتور پیستونی، ورود حداکثر مقدار هوای ممکنه در مرحله مکش و خروج نسبتاً سریع گازهای حاصل از احتراق است. مشخصات هندسی این مجرا که به پورت هم موسوم است، در ارتباط با شکل جریان در داخل سیلندر، اثرات قابل توجهی بر نحوه احتراق دارد. لذا برای بهبود بخشیدن به احتراق کامل و همچنین کاهش و کنترل میزان آلاینده‌های تولیدی و افزایش قدرت و گشتاور و کاهش مصرف سوخت و حتی کاهش انتشار صدای ناشی از احتراق و همچنین حصول پایداری احتراق در دوره‌های پائین، بررسی جریان درون سیلندر بسیار ضروری است. نوشتار ذیل اشاره خلاصه‌ای بر این موضوع ارائه می‌دهد.

کلمات کلیدی: مجاری تنفس در موتور، راهگاه ورودی، حرکت سیال در سیلندر



شکل ۱. سمت راست راهگاه مکش یک موتور با دو ورودی و سمت چپ لوله EGR انشعابی از مانیفولد تخلیه [۱]

اصلی‌ترین محدودیت جریان هوا در مرحله مکش یک موتور احتراق پیستونی، عبور جریان از سوپاپ هوا است زیرا حداقل مساحت مقطع عبور جریان در مجموعه مکش و تخلیه، در قسمت سوپاپ قرار دارد. در محاسبه افت فشار در مسیر مجوعه مکش و تخلیه و همچنین موفقیتهای چشمگیری از طریق الگوسازی عبور جریان گاز از سوپاپ‌ها، با در نظر گرفتن جریان یک‌بعدی، شبه‌پایدار و قابل تراکم به دست آمده است. برای تهیه یک مخلوط خوب و دستیابی به نرخ احتراق بالا مخلوط تازه باید الگوی جریان مناسب را در زمان شروع اشتعال و در خلال احتراق داشته باشد. برای این منظور جریان مخلوط تازه در طول فرآیند مکش، به صورت هدایت شده ایجاد می‌شود. تحقیقات انجام شده در این باره نشان می‌دهد که سرعت

۱. مقدمه

سیستم مکش یک موتور شامل محفظه فیلتر هوا، فیلتر هوا، کانال‌های ورودی در بعضی موتورها مخزن آرامش، مانیفولد ورودی، دریچه گاز یا تراتل، راهگاه و سوپاپ ورودی است، که هر یک از آنها می‌تواند مقدار هوای ورودی در مرحله مکش را محدود کنند. فرآیندهای تنفس و تخلیه گاز در موتور توسط مشخصه‌های کلی همچون راندمان حجمی و توانایی مکش بهینه موتور مشخص می‌شوند. با طراحی مناسب راهگاه ورودی یا مکش می‌توان راندمان حجمی موتور را افزایش داد، چرا که راندمان حجمی به‌طور مستقیم با نرخ جریان حجمی هوای مکیده شده به داخل سیستم مکش متناسب است. مقدار راندمان حجمی یک موتور بستگی به طراحی قطعاتی از موتور مانند مانیفولد، سوپاپ‌ها، مجراها یا پورت‌ها ضرایب اصطکاک سطوح و همچنین شرایط کارکرد موتور دارد. سیال ورودی به موتور شامل سوخت، هوا و در صورت استفاده از مجموعه‌های کاهش آلودگی، مقداری گاز برگشتی یا EGR^۱ است. بنابراین آماده‌سازی مخلوط نیز از اهداف طراحی بهینه مجرای ورودی است.

*کارشناس معاونت مهندسی شرکت سایپا

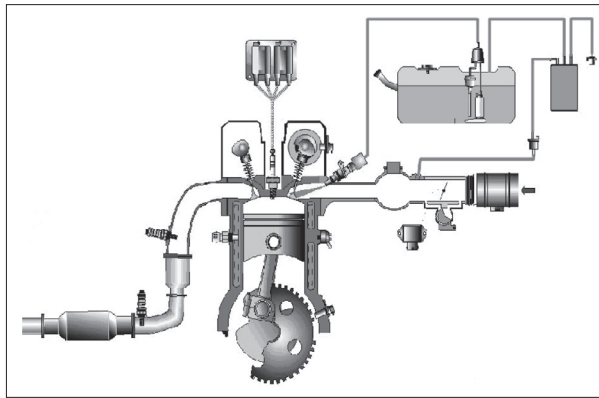
آدرس پست الکترونیک: Danamanesh@saipacorp.com

¹ Exhaust Gas Recycle

۲. مکش در موتور چهارزمانه

در موتورهای چهارزمانه غیرخوابیده، مکش به‌طور عمده در خلال حرکت به سمت پائین پیستون رخ می‌دهد. با حرکت پیستون به سمت پائین حجم سیلندر افزایش می‌یابد و باعث افت فشار در سیلندر می‌شود. سوپاپ مکش چند درجه قبل از نقطه مرگ بالا باز می‌شود و وقتی که فشار داخل سیلندر به مقدار ΔP_a به زیر فشار محیط افت می‌کند هوا یا مخلوط تازه وارد سیلندر می‌شود. این افت فشار ΔP_a بستگی به سرعت موتور، مقاومت جریان در مجموعه ورودی، سطح جریان و چگالی مخلوط دارد. سوپاپ خروجی به‌طور معمول در حین باز بودن سوپاپ ورودی باز می‌شود و چند درجه بعد از گذر پیستون از نقطه مرگ بالا بسته می‌شود. این دوره از روی هم‌افتادگی سوپاپ‌ها یا Overlapping که در خلال آن هم سوپاپ ورودی و هم سوپاپ خروجی باز است، به خروج بهتر گازهای خروجی کمک می‌کند. سرعت دادن به مخلوط در مجموعه مکش باعث فرستادن مخلوط بیشتری به داخل سیلندر شده و همچنین انتشار امواج فشاری در مجموعه مکش به واسطه باز و بسته شدن متناوب سوپاپ ورودی نیز ممکن است به افزایش جریان مخلوط به داخل سیلندر کمک کند.

در شکل ۳ به‌صورت شماتیک المان‌های سیستم ورودی و خروجی موتور نمایش داده شده است.



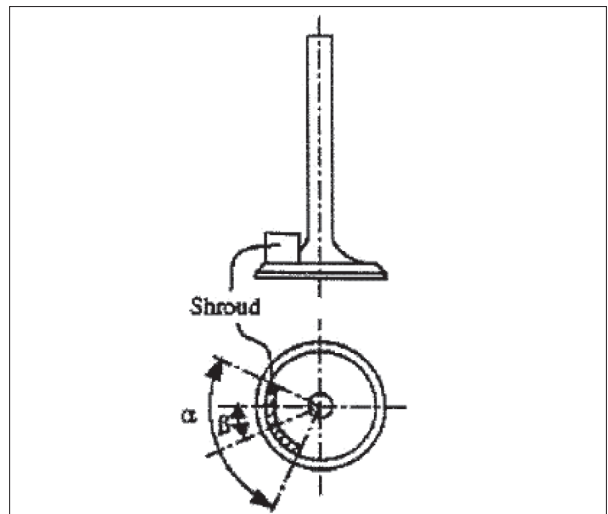
شکل ۳. سیستم مکش در بچه‌گاز، سوپاپ‌ها و سیستم خروجی به همراه صدا خفه‌کن. [۲]

۳. پارامترهای موثر بر مکش

مقدار مخلوط تازه‌ای که در خلال فرایند مکش به‌داخل سیلندر مکیده می‌شود به عوامل زیر بستگی دارد:

- ۱- مقاومت هیدرولیکی مجموعه مکش که باعث کاهش فشار مخلوط به اندازه η_v می‌شود.
- ۲- باقی ماندن مقداری از محصولات احتراق در سیلندر (گازهای باقیمانده M_{res}) که بخشی از حجم سیلندر را اشغال می‌کند.

مخلوط به نحو چشمگیری پس از ورود به سیلندر کاهش می‌یابد. لذا در موتورهای امروزی راهگاه مکش به نحوی شکل داده می‌شوند که جریان را به شکل خاصی و با کمترین مقاومت هدایت کنند. بدیهی است که ایجاد حرکت چرخش یا Swirl در موتورهای پاشش مستقیم Direc Injection برای ترکیب مناسب سوخت و هوا مورد نیاز است. به علاوه این که راندمان یک موتور با افزایش نرخ سوزش مخلوط سوخت و هوا بهبود می‌یابد. این مساله از دو طریق قابل دستیابی است، یکی با طراحی مناسب محفظه احتراق، به نحوی که سطح تماس بین شعله و سطح محفظه و در نتیجه انتقال حرارت کاهش یابد، و دوم طراحی مجموعه مکش به نحوی که به مخلوط ورودی حرکت چرخشی بدهد. نسبت چرخش سیال می‌تواند تاثیر چشمگیری بر روی اختلاط سوخت و هوا، کاهش ضریب تخلیه سوپاپ و احتراق، توان موتور و آلودگی‌ها داشته باشد. بنابراین طراحی مجموعه مکشی که بتواند نسبت‌های چرخش مناسب تولید کند، دارای اهمیت بسزایی است. برای این کار می‌توان از مجراهای مکش دو یا چهارتایی مانند شکل ۱ سمت راست با ساختار مماسی، راهگاه‌های مارپیچی و یا سوپاپ‌های مکش Shroud یا لفافه‌دار شکل ۲ استفاده کرد.



شکل ۲. نمایش سوپاپ لفافه‌دار [۱]

با توجه به مطالب ذکر شده می‌توان به اهمیت و لزوم بررسی هر چه دقیق‌تر جریان در مجموعه راهگاه مکش و درون سیلندر یک موتور پی برد. شبیه‌سازی عددی جریان با توجه به دستگاه‌های گران‌قیمت و هزینه‌های زیاد انجام آزمایش‌ها بر روی موتور، ابزاری بسیار مفید و کارآمدی جهت تعیین میدان جریان و میزان راندمان قسمت‌های مختلف موتور از جمله راهگاه است. کارایی CFD^۲ در تعیین مشخصات جریان در داخل سیلندر موتورهای پیستونی از سال ۱۹۷۰ مد نظر بوده و با پیشرفت کامپیوترها و کدهای تحقیقاتی تقویت شده است.

در ادامه مفاهیم کلی و برخی از مشخصه‌های مهم و موثر بر طراحی راهگاه و ارتباط آنها با مکش موتور بیان می‌شود.

^۲ Computational Fluid Dynamics

۳-۲. مقدار گازهای باقیمانده

تمامی محصولات احتراق و گازهای باقیمانده در خلال مرحله تخلیه از سیلندر خارج نمی‌شود. در انتهای مرحله تخلیه مقداری از حجم سیلندر توسط گازهای باقیمانده با فشار P_{res} و دمای T_{res} اشغال می‌شود. در خلال فرایند مکش گازهای باقیمانده انبساط می‌یابد و با مخلوط تازه ورودی مخلوط می‌شود و حجم پرشونده سیلندر را کاهش می‌دهند. مقدار گازهای باقیمانده M_{res} به چگونگی تخلیه سیلندر و همچنین چگونگی امکان پر شدن سیلندر با مخلوط تازه بستگی دارد. مقدار این گازهای باقیمانده معمولاً با یک مقدار نسبی به نام کسر گازهای باقیمانده شناخته می‌شود.

$$\gamma_{res} = \frac{M_{res}}{M_1} = \frac{P_{res} V_c}{M_1 R_v T_{res}} \quad (1)$$

که M_1 جرم موجود در سیلندر در انتهای مکش، V_c حجم سیلندر و R_v ثابت جهانی گاز می‌باشد. در موتورهای بنزینی کسر γ_{res} به خاطر نسبت تراکم‌های پایین‌تر، بیشتر است با کاهش بار مقدار γ_{res} در موتورهای بنزینی افزایش می‌یابد ولی در موتورهای دیزل در عمل ثابت می‌ماند. در دوره‌های بالا با افزایش میزان روی هم افتادگی سوپاپ‌ها می‌توان مقدار γ_{res} را کاهش داد.

۳-۳. دمای گرم شدن مخلوط

زمانی که مخلوط تازه در مجموعه مکش و داخل سیلندر حرکت می‌کند با دیواره‌های گرم تماس پیدا می‌کند و به اندازه η_v گرم می‌شود. میزان گرم شدن به سرعت مخلوط، نوع جریان (آرام یا آشفتاده بودن)، مدت زمان مکش و اختلاف دمای بین دیواره‌ها و مخلوط بستگی دارد. وقتی که دمای مخلوط افزایش می‌یابد چگالی آن کاهش پیدا می‌کند. گرمای اضافی باعث افت مقدار جرم مخلوط ورودی می‌شود. محاسبه η_v به علت کمبود داده‌های کافی برای انتخاب ضریب انتقال حرارت و دمای متوسط سطوح و برای تعیین میزان مخلوط تبخیر شده در خلال مکش (در موتورهای بنزینی) دشوار است. بنابراین در محاسبات از مقدار تجربی η_v استفاده می‌کنند. دمای هوا در پایان تنفس که مقدار مخلوط مکش شده را کنترل می‌کند بستگی به درصد گاز باقیمانده و افزایش دمای مخلوط ورودی به دلیل انتقال حرارت دارد.

۴. راندمان حجمی و عوامل موثر بر آن

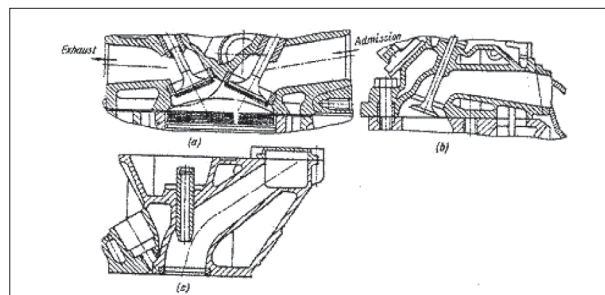
راندمان حجمی موتور برابر است با نسبت جرم هوای تازه وارد شده به یک سیلندر، به بیشترین جرم هوایی که می‌تواند در شرایط هوای ورودی حجم جاروب شده را پر نماید. مقدار راندمان وقتی که مخلوط تازه به صورت هوا به جای مخلوط سوخت و هوا در نظر گرفته می‌شود، بدون تغییر می‌ماند. بنابراین وزن هوا معمولاً برای تعیین راندمان حجمی در موتور بنزینی استفاده می‌شود. بنابر تعریف، راندمان حجمی برابر است با [۲]:

۳- گرم شدن مخلوط توسط سطح دیواره‌های مجموعه مکش و فضای داخل سیلندر به اندازه η_v که باعث کاهش چگالی مخلوط و کم شدن راندمان حجمی می‌شود.

۳-۱. مقاومت جریان سیال در مجموعه مکش

مقاومتی که به واسطه مجموعه مکش به جریان مخلوط اعمال می‌شود باعث کاهش فشار مخلوط ورودی می‌شود. به خاطر کاهش فشار، چگالی مخلوط نیز کاهش می‌یابد و در نتیجه منجر به کاهش مقدار جرم مخلوط ورودی به داخل سیلندر و کاهش راندمان حجمی می‌شود. افت فشار سیال در عبور از مجموعه مکش ΔP_a پارامتر مهمی است که جریان مخلوط را تحت تاثیر قرار می‌دهد. بدست

آوردن ΔP_a از لحاظ تئوری بسیار مشکل است و به همین دلیل با انجام آزمایش‌ها روی مجموعه مدل هندسی مشابه به دست می‌آید. در موتور چهارزمانه بدون پرخوران یا سوپر شارژر افت فشار در مجموعه ورودی معمولاً ۱۰-۱۵ درصد فشار مکش P_{int} می‌باشد و با پرخوران این افت فشار کمتر می‌شود. هم از نتایج تجربی و هم از آنالیز تئوری می‌توان دریافت که افت فشار در مجموعه مکش به طور مستقیم متناسب با ضریب مقاومت مجموعه و مربع سرعت موتور و به طور معکوس متناسب با مربع مساحت عبوری جریان در سوپاپ است. بنابراین افت فشار را می‌توان از طریق طراحی بهتر مجموعه مکش (ضریب مقاومت پائین تر) و مساحت بزرگتر در قسمت سوپاپ، برای سرعت خاص موتور کاهش داد. در موتورهای چهارزمانه امروزی که مکانیزم سوپاپ‌ها در بالای موتور قرار دارد OHC^۲، امکان افزایش مساحت با چگونگی ترکیب بندی سوپاپ در سرسیلندر محدود می‌شود. بنابراین وقتی که $V_h = \frac{\pi}{4} D^2 S$ ثابت است و کورس پیستون کاهش می‌یابد، قطر سیلندر باید افزایش یابد. مساحت کلی سطح مقطع سوپاپ ورودی را می‌توان با استفاده از چهار سوپاپ (دو ورودی و دو خروجی) افزایش داد، البته با این محدودیت که افت اصطکاکی در مکانیزم اهرم بندی سوپاپ افزایش می‌یابد. مساحت سطح مقطع سوپاپ‌ها با استفاده از محفظه‌های احتراقی که در آن سوپاپ‌ها شیب‌دار هستند افزایش می‌یابد. در شکل ۴ سه نمونه راهگانه را که برای انواع مختلف محفظه‌های احتراق به کار می‌رود مشاهده می‌کنید.



شکل ۴. اشکال مجراهای ورودی در سرسیلندر چند نوع

موتور با محفظه‌های احتراق مختلف

a: نیم کره‌ای (نوع به کار رفته در موتور پراید) b: نوع گوه‌ای

c: wedge type نوع [۳] in pison

³ Over Head Camshaft

۴-۱. تاثیر فشار ورودی و خروجی

مقدار η_v با تغییر در فشار ورودی و خروجی تحت تاثیر قرار می گیرد. در پایان مرحله تخلیه فضای لقی های داخل سیلندر پر از گاز باقیمانده در فشار خروجی P_{ex} خواهد شد. اگر فشار ورودی P_{ini} برابر با P_{ex} نباشد در لحظه ای که سوپاپ ورودی باز است یک جریانی بین چندراهه ورودی و فضای لقی بوجود خواهد آمد. جریان حجمی مخلوط تازه بوسیله اختلاف بین فشار ورودی و خروجی برابر است با:

$$\Delta V = V_c - V_c \left(\frac{P_g}{P_{inl}} \right)^{1/k} \quad (3)$$

که V_c حجم فضای لقی و K ضریب آدیاباتیک است. η_v ممکن است بسته به مقادیر P_{ini} و P_{ex} مثبت یا منفی باشد. حجم مخلوطی که بوسیله جابجائی پیستون جریان خواهد یافت V_{dis} است. حجم کل مخلوط برابر است با:

$$V = V_{dis} + \Delta V = V_{dis} \left[1 + \frac{1}{r_v - 1} \left\{ 1 - \left(\frac{P_g}{P_{inl}} \right)^{1/k} \right\} \right]$$

اگر راندمان حجمی را در دو حالت مجزا در نظر بگیریم و با اندیس ها ۱ و ۲ نشان دهیم خواهیم داشت:

$$\frac{\eta_{v2}}{\eta_{v1}} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{r_v - \left(\frac{P_g}{P_{inl}} \right)_2^{1/k}}{r_v - \left(\frac{P_g}{P_{inl}} \right)_1^{1/k}} \quad (5)$$

بررسی ها نشان می دهد که کاهش فشار در قسمت مکش بیشترین تاثیر را بر راندمان حجمی دارد.

روابط (۱) تا (۳) نشان می دهد که کاهش فشار ΔP_a بستگی به مقاومت در مجموعه مکش دارد و با مربع سرعت متوسط مخلوط V_{in} در کمترین سطح مقطع مجموعه مکش متناسب است. همچنین مقدار ΔP_a با توجه به طراحی مسیر مکش (ترتیب سوپاپ ها، وجود خمها، مقاومت های موضعی و غیره)، به پرداخت سطوح داخلی دیواره ها در سیستم مکش، موقعیت دریچه گاز و سرعت موتور بستگی دارد. شکل ۵ نشان دهنده تغییرات مقدار η_v نسبت به سرعت متوسط مخلوط تازه در مقطع یک سوپاپ کاملاً باز (V_{in}) است. در این شکل خط بالایی مربوط به موتورهای دیزل و خط پائین مربوط به موتورهای کاربراتوری است.

⁴ Quasi Steady

$$\eta_v = \frac{G_a}{V_{dis} \rho_{ini}} = \frac{V_{ini}}{V_{dis}}$$

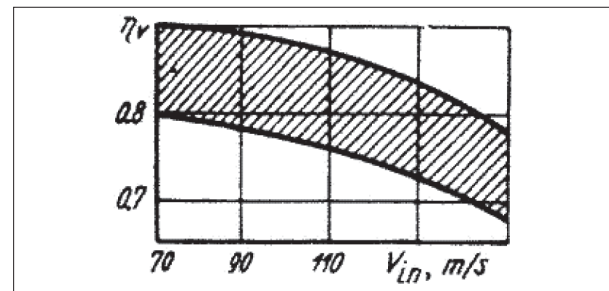
که G_a : وزن یا جرم مخلوط تازه در سیلندر در پایان مکش در هر سیکل (kg)

V_{dis} : حجم جابه جایی پیستون در هر سیکل (m^3)

P_{ini} : چگالی مخلوط ورودی (kg/m^3)

T_{ini} : حجم مخلوط تازه ای که به سیلندر در هر سیکل در پایان مکش وارد می شود و متناسب با شرایط ورودی (T_{ini} , P_{ini}) کاهش می یابد. (m^3)

برای موتورهای چهارزمانه ای که هم پوشانی سوپاپ ها از ۴۰ تا ۵۰ درجه تجاوز نمی کند اثر گازهای باقیمانده را می توان نادیده گرفت. راندمان حجمی به عنوان مشخصه ای جهت بیان میزان کارایی مجموعه مکش که مقدار هوای مکش شده را محدود می کند، به کار می رود. برای موتورهای با تنفس طبیعی، بیشترین مقدار راندمان حجمی در محدوده ۸۰-۹۰ درصد و راندمان حجمی برای موتورهای دیزلی اندکی بیشتر از موتورهای S1 است.



شکل ۵-۱ نمودار راندمان حجمی بر حسب سرعت $[4] V_{in}$

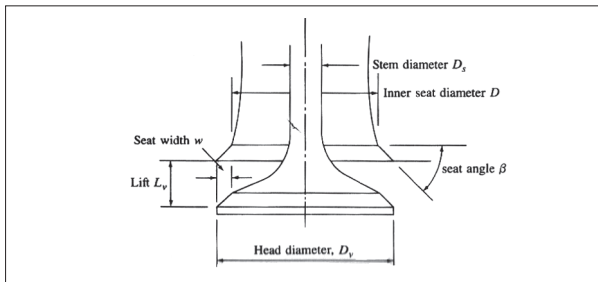
راندمان حجمی یک موتور به عوامل زیر بستگی دارد:

۱. نوع سوخت، نسبت سوخت به هوا، درصد سوخت تبخیر شده در مجموعه مکش و گرمای ناشی از تبخیر سوخت
 ۲. دمای مخلوط
 ۳. نسبت تراکم
 ۴. نسبت فشار چندراهه خروجی به فشار چندراهه ورودی
 ۵. طراحی راهگاه و چند راهه ورودی و خروجی
 ۶. سرعت موتور
 ۷. هندسه سوپاپ ورودی و خروجی و ضرایب تخلیه و اندازه و میزان بلندشدگی یا لیفت سوپاپ و زمان بندی آن ها
- اثرات چند مورد از متغیرهای اشاره شده به طور اساسی شبه پایدار^۴ است. به عبارتی اثرشان یا مستقل از سرعت است و یا می تواند با سرعت متوسط پیستون بیان شود. در ادامه به اثرات چند عامل از عوامل موثر بر راندمان حجمی پرداخته می شود.

لوله، قابل دست یابی است (۱۵ درصد افزایش در راندمان حجمی در سرعت ۱۶۰۰ rpm در یک موتور تک سیلندر نتیجه آن بوده است). [۶]

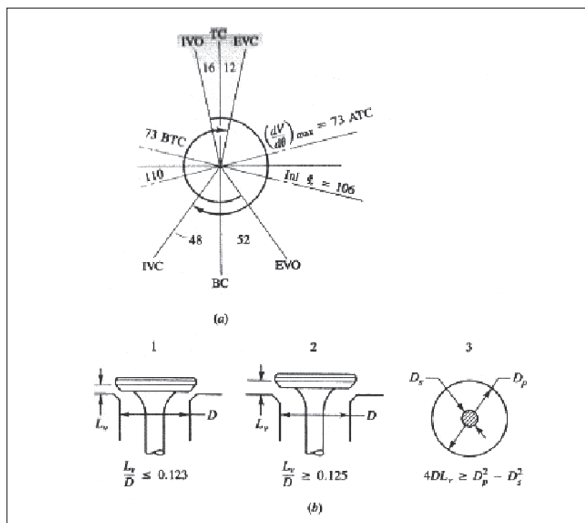
۴-۴. هندسه و زمان بندی سوپاپ

در شکل (۷) مشخصات هندسی اصلی یک سوپاپ و اندازه‌های قسمت‌های مختلف یک سوپاپ نشان داده شده است. مقطع مجرای ورودی عموماً دایره‌ای است و سطح مقطع آن معمولاً به اندازه‌ای است که توان خروجی مورد نظر به دست آید. برای مجرای خروجی، به دلیل ملاحظاتی چون خنک کاری خوب، حداکثر طول مجرا و شکل بهینه نشیمنگاه، شکل مقطع دایره‌ای همیشه ایده‌آل نمی‌باشد و مقاطع مستطیل شکل و تخم مرغی شکل نیز برای مجرای خروجی استفاده می‌شود. طبیعی است که هر اندازه سوپاپ بزرگتر باشد جریان هوای بیشتری وارد سیلندر می‌شود.



شکل ۷. پارامترهای مشخصه یک سوپاپ [۳]

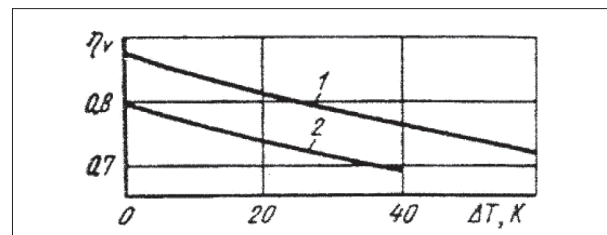
نمونه‌ای از زمان بندی سوپاپ و مناطق بازشدگی برای یک موتور چهارزمانه بنزینی در شکل (۸) نشان داده شده‌اند. در اینجا β زاویه نشیمنگاه، L_v گشودگی سوپاپ، D_v قطر سر سوپاپ و W پهنای نشیمنگاه است.



شکل ۸. نمودار زمان بندی و گشودگی سوپاپ برای یک موتور اشتعال جرقه‌ای [۳]

۴-۲. تاثیر گرم کردن مخلوط

تاثیر گرم کردن مخلوط بر روی راندمان حجمی در شکل ۶ نشان داده شده است. همان طور که ملاحظه می‌شود گرم کردن مخلوط به طور قابل توجهی راندمان حجمی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. دمای سوخت پاشیده شده توسط انژکتور به دمای محیط و موتور بستگی دارد. گرمای اضافی باعث افزایش η_v و کاهش متناظر آن در η_p و مقدار بار ورودی می‌شود. در موتور دیزل که سوخت به داخل سیلندر تزریق می‌شود، گرم کردن هوای ورودی مناسب نیست زیرا باعث افزایش دما و کاهش η_p می‌شود. به این دلیل در موتورهای دیزل با قرار دادن سوپاپ‌ها در خلاف جهت هم و خنک کاری هوای ورودی توسط اینترکولر و راهگانه مانع از گرم شدن هوای ورودی می‌شوند.



شکل ۶. اثر دمای گرم کردن مخلوط بر روی راندمان حجمی [۴]

۱- موتور کاربوراتوری

$$(\varepsilon = 7 : P_{res} = 0.125 \text{ Mpa} : P_a = 0.085 \text{ Mpa})$$

۲- موتور دیزل

$$(\varepsilon = 7 : P_{res} = 0.2 \text{ Mpa} : P_n = 0.088 \text{ Mpa})$$

۴-۳. تاثیر اینرسی مخلوط در سیستم ورودی

بخشی از ستون هوایی که در مرحله قبلی در مجرای مکش ذخیره شده، در جریان مکش، شتاب داده می‌شود و مقدار معینی از انرژی جنبشی را در خود ذخیره می‌کند. در مراحل آخر مکش، وقتی که سوپاپ ورودی نزدیک به بسته شدن می‌باشد، بخشی از این انرژی جنبشی در اثر موج ستون هوا، به صورت افزایش فشار باز یافت می‌شود.

به خاطر باز و بسته شدن تناوبی سوپاپ ورودی، یک موج فشار در ستون هوا ایجاد می‌شود. این موج فشاری در ورود هوای بیشتر، به داخل سیلندر کمک می‌کند و در نتیجه راندمان حجمی را افزایش می‌دهد. به این ترتیب که وقتی سوپاپ ورودی باز است و حداکثر فشار مثبت به راهگانه ورودی می‌رسد، یک اثر پر خورانی بر روی مخلوط ورودی اعمال می‌شود و در نتیجه راندمان حجمی را افزایش می‌دهد. این پدیده در اصطلاح تاثیر رم خوانده می‌شود.

از آزمایش‌ها مشاهده شده است که به خاطر این پدیده، یک افزایش معینی در راندمان حجمی در سرعت خاص با انتخاب مناسب قطر و طول

آن (در مقایسه با سطح مقطع راهگاه)، سیال در ورود به سیلندر دارای سرعت بالایی است. جت جدا شده از سوپاپ پس از ورود به سیلندر و تماس با دیواره آن، حرکت غلطی ایجاد می کند که بخش عمده آن به سمت پیستون حرکت کرده و بخش دیگری در گوشه سیلندر بین دیواره و سرسیلندر تشکیل می شود.

چرخش حرکت دورانی سیال حول محور سیلندر است که با توجه به طراحی راهگاه و هدایت جریان به داخل سیلندر و تماس مماسی آن با دیواره سیلندر به وجود می آید. حرکت شعاعی جریانی است که در پایان مرحله تراکم وقتی که پیستون به سرسیلندر نزدیک می شود و گازهای متراکم شده به داخل گودی داخل پیستون یا سرسیلندر جریان می یابد، ایجاد می شود. چرخش یکی از ابزارهای اصلی برای احتراق سریع در موتورهای بنزینی است. میزان چرخش در پایان کورس تراکم به چرخش تولید شده در خلال فرایند مکش و این که چه مقدار در خلال فرایند تراکم تقویت می شود، بستگی دارد.

شدت چرخش لازم برای دستیابی به بهترین عملکرد موتور با دقت قابل پیش بینی نیست و معمولاً برای طراحی یک موتور جدید ابتدا با یک ترکیب راهگاه اولیه شروع نموده و از طریق تجربه و آزمایش آن را بهبود می دهند تا بهترین عملکرد حاصل شود.

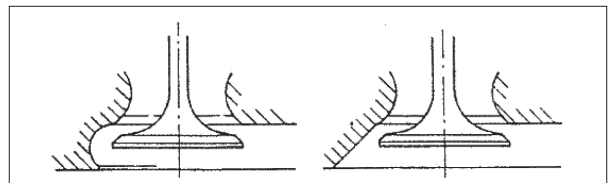
منابع

1. Gt Power Software Reference.
2. Mega Motor Co.
3. Heywood John B., Internal Combustion Engine Fundamental, 1988
4. Khovakh, M., Motor Vehicle Engine, Mir Publishers. Moscow, 1987.
5. Annand W.J.D, B.Sc G.E.Roe M.A Phd, Gas Flow in the Internal Combustion Engine, Hassner Publishing, Inc, 1991.
6. Osman Akin Kutlar, Hikmet Arslan and Alper Tolga Calik, Methods to Improve Efficiency of Four Stroke, Spark Ignition Engines at Part Load, Energy Conservation and Management, Vol. 46, 2005, pp. 3202-3220.

۵. تاثیر دیواره های محافظه احتراق

آزمایش ها نشان می دهد محدودیتی که به طور مستقیم در مرحله تخلیه در داخل سیلندر ایجاد می شود در مقایسه با نسبت اندازه سر سوپاپ به قطر سیلندر و انحراف معمولی محور سوپاپ از محور سیلندر، تاثیر خیلی کمی دارد.

اصول کلی بیان شده در مورد طراحی راهگاه و سوپاپ، را به طور مستقیم می توان در مورد ساختارهای واقعی که شکل های سرسیلندر تخت یا نیم کره ای دارند، به کار برد. وقتی که اتاق احتراق محدودیت های بیشتری دارد. در طراحی سوپاپ و نشیمنگاه باید جهت جریانی که در پایین دست مورد نیاز است، مد نظر قرار گیرد برای نمونه زاویه نشیمنگاه ممکن است نسبت به ۳۰ درجه برتری داشته باشد یا گوشه گرد شده نسبت به گوشه تیز. شکل ۹ تعدادی از روش های پیشنهادی را نشان می دهد.



شکل ۹. روش های ممکن کاهش تنگی ایجاد شده با دیواره های مجاور اتاق احتراق [۵]

۶. حرکت سیال در داخل سیلندر

مهمترین پارامتر کنترل کننده فرایند احتراق در موتورهای اشتعال جرقه ای و اختلاط سوخت و هوا در موتورهای دیزلی، حرکت سیال موجود در داخل سیلندر است و تاثیر دیگر آن بر روی فرایند انتقال حرارت بین سیال موجود در بدنه سیلندر آن است. پارامترهای مهم تعیین کننده سیال در مقیاس بزرگ در سیلندر و سرسیلندر عبارتند از:

حرکت چرخش Swirl، حرکت غلطش Tumble و حرکت شعاعی سیال Squish. این نوع از اختلاط به نام اختلاط مقیاس بزرگ نامیده می شود زیرا طول مشخصه حرکت سیال از مرتبه قطر محافظه احتراق است، در حالی که چرخش های مقیاس کوچک ناشی از آشفتگی، بسیار کوچک تر هستند. غلطش حرکت گردابه ای ایجاد شده توسط سوپاپ ورودی است. با توجه به مساحت کم بین سوپاپ و نشیمنگاه