

موتور با پیستون دوار و انکل

Wankel – Rotary Engines

نوشته ی :

تقی ابتکار Ph.D.

دانشکده فنی

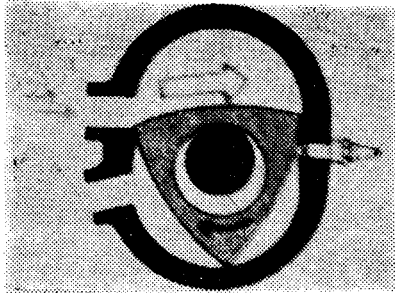
۱ - معرفی و تاریخچه

موتور دوار یا موتور با پیستون دوار نوع خاص موتورهای احتراق داخلی است که در آن بجای حرکت رفت و برگشت متداول (پیستون در سیلندر) در موتورهای معمولی، فضای پیستون حول یک محور دارای حرکت دورانی می باشد. باین تکنیک ساده (شکل ۱) چنانکه خواهیم دید می توان حرکت دورانی را در روی محور را ایجاد نمود. حذف وسائل تبدیل حرکت نوسانی به حرکت دورانی (دسته پیستون میل لنگ و اتاقانهای مربوطه) موتور دوار را به مکانیسم نسبتاً ساده تبدیل نموده است. از نظر سابقه تاریخی کارهای مقدماتی تهیه طرح در سال ۱۹۳۸ در آزمایشگاه وانکل (WVW) در آلمان انجام شد و تا سال ۱۹۴۴ ادامه داشت. متأسفانه تمام مدارک فنی این دوره بعلت جنگ مفقود شده است. در سال ۱۹۴۴ مطالعات مخفیانه انجام میشد و گروه بندی انواع موتورهای ممکن تا حدی تکمیل گردید تا اینکه در سال ۱۹۵۱ مطالعات علنی مجدداً در مؤسسه جدیدالتاسیس TES

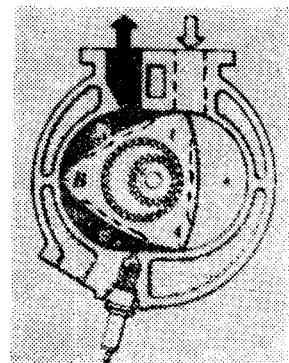
(Technische Entwicklungsstelle—Engineers)

با همکاری عده از محققان و مهندسين آغاز شد.

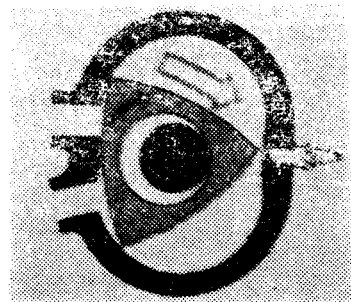
از نظر تعدد و طرح های موتورهای با پیستون دوار، باید متذکر شد که این نوع موتورها، برخلاف موتورهای نوسانی (رفت و برگشتی) دارای تعددبشماری است. پروفیسور وانکل توانسته است از اینجهت جداولی تنظیم نماید که محتوی انواع طرحهای ممکن است (به مأخذ مقاله مراجعه شود) - این جداول نسبتاً مفصل مشتمل است بر کلیه طرحهایی که تا کنون پیشنهاد شده و یا طرحهایی که ممکن است بعداً عرضه شود.



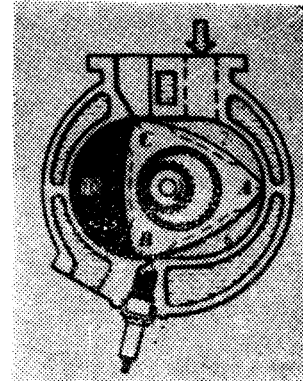
پذیرش



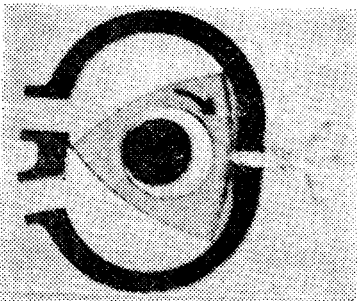
پذیرش (۱-۴)



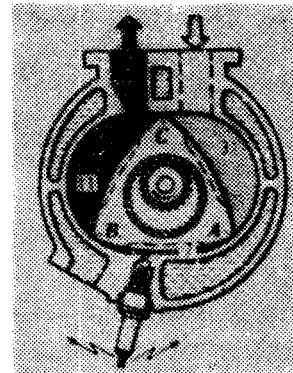
تراکم



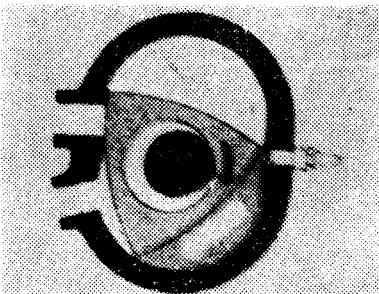
تراکم (۵-۷)



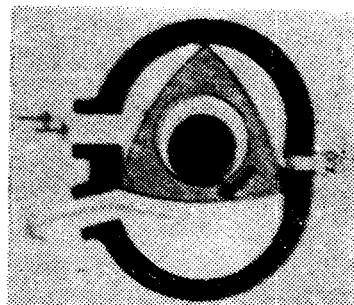
جرقه زدن



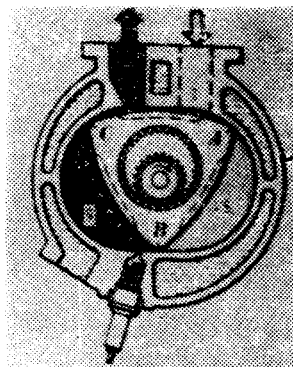
احتراق و انبساط (۸-۱۰)



انبساط



تخلیه



تخلیه (۱۱-۱)

شکل ۱ زمانهای مختلف سیکل موتور وانکل

شکل ۲ - مقطع موتور وانکل در زمانهای مختلف کار

کار روی طرح اصلی موتور و الکل بعدها در (Audi NSU) آلمان تعقیب شد و کلیه محاسبات تئوری آن کامل گردید در سال ۱۹۶۹ کمپانی ژاپنی تویوکوژیو (Toyo Kogyo) با پرداخت چندین میلیون دلار امتیاز ساختن موتور و الکل را در ژاپن از صاحب آلمانی آن خریداری کرده و در زمان حاضر کمپانی ژاپنی مزبور پس از تحقیقات بسیار (مخصوصاً از نظر آب بندی موتور) توانسته است ۱۰۰۰۰ موتور با پیستون دوار را ساخته و بفروشد کارهای ساختمانی ۱۲۰۰۰ موتور نظیر در همین کمپانی ژاپنی در جریان است.

صاحبان اصلی طرح در آلمان (Audi NSU) نیز به کار ساختمانی موتور و تحقیقات ادامه دادند و توانستند موتور و الکل را بسازند که علاوه بر گرانی نسبی با مقایسه با موتور ژاپنی‌ها حتی در خود آلمان نام خوبی ندارد.

در ایالات متحده نیز در این مورد طراحان موتور بیکار نشسته‌اند و امتیاز ساختن موتورهای دوار را از NSU کمپانی کورتیش رایت (Curtiss - Wright) خریداری نموده است. و تحت شماره استاندارد RCI-60 این موتورها ساخته شده است. علت اصلی رایج نشدن این موتورها در آمریکا نقص فنی نیست بلکه قبلاً باید تکلیف میلیاردها دلار ارزش کارخانجات موتورهای فعلی (رفت برگشتی) در دیترویت تعیین گردد و البته این ساده نیست آمریکا همواره در این مورد اشکالات اساسی دارد. نمونه دیگر اینگونه مسائل تبدیل استانداردهای انگلیسی است به متریک که در آمریکا بعلمت کارهای صنعتی خیلی بطی پیش می‌رود. صنایع جوان و جهانگیر ژاپن چین اشکالاتی را نداشته است و توانسته است سرعت در این مورد و موارد مشابه پیش قدم شود. این روش موفقیت آمیز خود درس آموزانه ایست برای کشورهایی که دارای صنایع جوان موتور سازی هستند تا بجای بکار بردن و احیاناً خریداری ردیف‌های کهنه موتور سازی کشورهای پیش رفته غرب ب فکر این راه حل‌ها باشند.

۲ - شکل مقطع موتور با پیستون دوار

شکل (۲) موتور دوار احتراق داخلی و انکل را نشان میدهد. مقطع موتور شامل سه قسمت اصلی است. پوسته خارجی که در آن مجاری تنفسی و تخلیه و شمع تعبیه شده است.

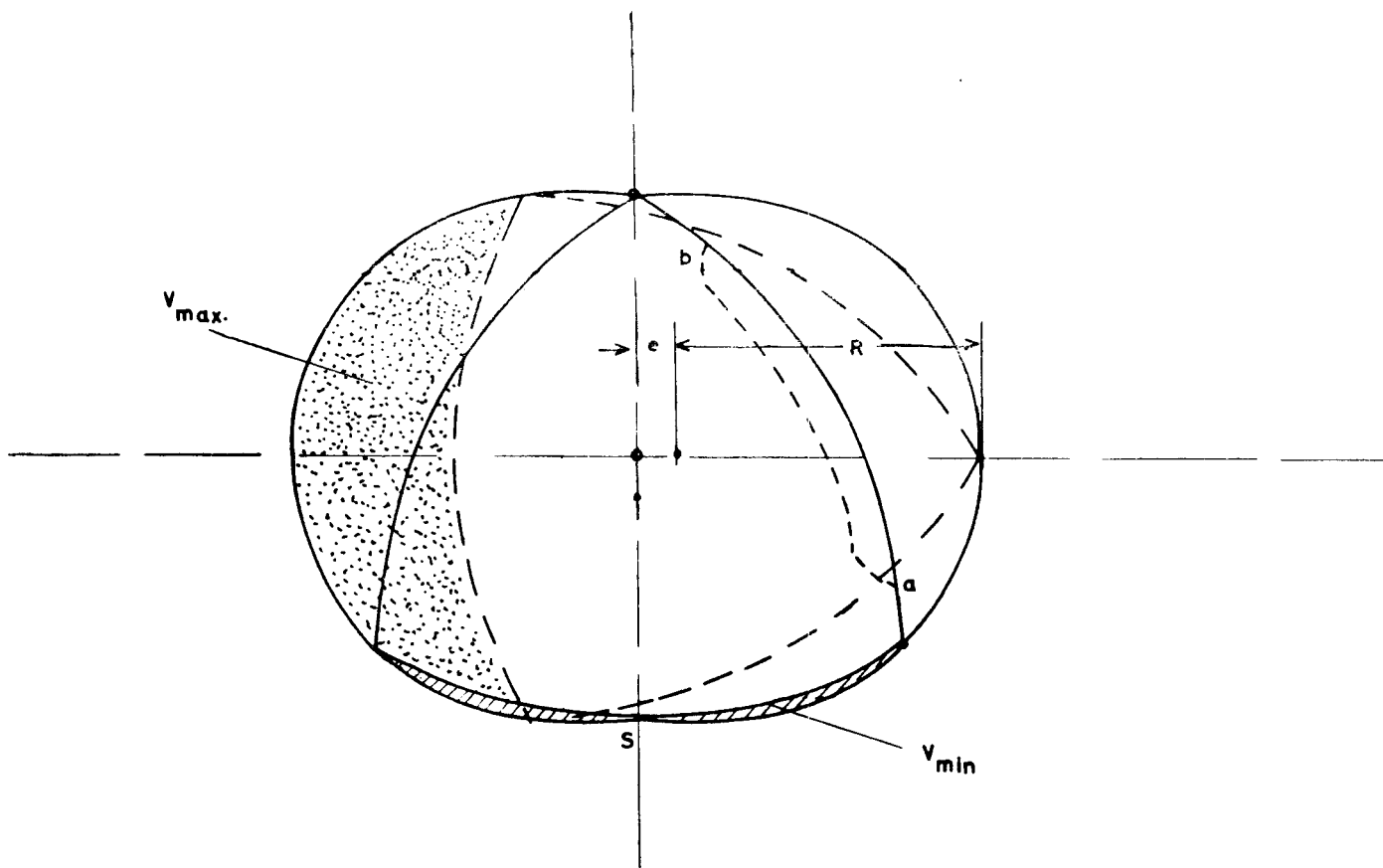
قسمت بعد عبارتست از بدنه دوار یا روتور که دارای سه پهلوی دایره و با سه حرف A, B, C مشخص شده متداولاً داخل روتور مطابق شکل بصورت دنده درآمده است. بالاخره آخرین قسمت عبارتست از محور موتور که در مرکز قرار گرفته و حول مرکز ثابت حرکت دورانی دارد. مطابق شکل محور مزبور در قسمت خارجی دارای دنده است. دنده‌های داخلی روتور روی دنده‌های خارجی محور رتور قرار می‌گیرد و بدون لغزش روتور ضمن کار روی محور مزبور می‌غلتند. نسبت دنده‌ها طوری است که بازا هردو روتور محور موتور معمولاً سه مرتبه دوران می‌کند.

وضع داخل پوسته خارجی از نظر هندسی طوری است که (با توجه به کسانتریسته E مرکز روتور از مرکز موتور) نوک پهلوه‌های سه گانه روتور همواره مطابق شکل به قسمت داخل پوسته موتور مربوط

است. (نقاط A و B و C همواره روی قسمت داخلی پوسته تکیه می کنند و ضمن عمل موتور می لغزند). در ضمن قسمت بسیار حساس آب بندی موتور در همین نوك های A و B و C قرار دارد و همین شکل اصلی کار موتور و الکل بوده و راجع بآن بحث خواهد شد.

بنابراین منحنی مقطع قسمت داخلی پوسته عبارتست از یک اپی تروشویید دو تکه (Epitrochoid) و آن بنا بتعریف عبارتست از مسیری که یک نقطه (مثلاً A) که بفاصله ثابت R از مرکز دایره بشعاع 3e قرار گرفته طی می کند. هنگامیکه این دایره روی دایره به قطر 2e میغلند. دایره بشعاع 3e عبارتست از دایره متوسط دنده داخلی روتور و دایره به قطر 2e عبارتست از دایره متوسط دنده خارجی محور موتور.

R مطابق معمولاً عبارتست از دایره ژنراتور تروشویید (Trochoid) که بتوسط آن و میزان خروج از مرکز e می توان این شکل هندسی را ترسیم کرد (شکل ۳).



شکل ۳

۳- سیکل ترمودینامیکی و طرز کار موتور

با توجه به مقدمه فوق و شکل شماره ۲ متذکر میگردم که در اینگونه موتورها مانند موتورهای چهار هنگام مراحل چهارگانه پذیرش و تراکم و احتراق انبساط و تخلیه وجود دارد و با توجه به آنچه گفته

شد چون موتور عملاً دارای سه قسمت مجزا و آب‌بندی شده است مانند یک موتور سه سیلندر کاری کند و بنابراین در هر دور روتور-موتور دارای سه هنگام انرژی زا است (و یا یک هنگام انرژی زا برای هر دور محور موتور)

اینک مراحل مختلف فوق‌الذکر روی شکل ۲ مورد بحث قرار می‌گیرد. شکل (۲ الف) حالتی نشان می‌دهد که در فضای ۱ مرحله پذیرش و از قسمت چپ تخلیه انجام میشود فضای (۵) در حال تراکم و فضای (۹) در حال انبساط است.

شکل (۲ ب) که یک مرحله بعد از شکل فوق است حالتی را نشان می‌دهد که موقتاً تخلیه تمام شده و در فضای ۲ پذیرش هوا همچنان ادامه دارد و در ضمن در فضای ۶ تراکم نیر ادامه دارد و خلاصه فضای ۹ ادامه انبساط را تا آغاز تخلیه نشان میدهد.

شکل (۲ ج) در فضای (۱۱) تخلیه گازهای محصول احتراق را نشان میدهد و فضای (۳) ادامه پذیرش را عرضه می‌نماید. در قسمت پائین در حوالی شمع فضای (۷) قرار گرفته که نشان دهنده فضائی است که در این شکل مرحله احتراق را نشان می‌دهد.

بالاخره شکل (۲ - د) در قسمت (۱۲) ادامه تخنیه و در قسمت (۴) ادامه پذیرش هوای تازه و در قسمت ۸ مرحله انبساط را نشان میدهد.

بطور خلاصه در شکل‌های مورد بحث در فوق اگر بترتیب فضاها را از شکل (الف) تا (د) مورد بررسی قرار دهیم ملاحظه میشود که فضاهای (۱) تا (۴) در مراحل پذیرش و فضاهای (۵) و (۶) و (۷) در مراحل تراکم و فضاهای (۹) و (۱۰) در مراحل انبساط و انتهای فضای (۷) و ابتدای فضای (۸) مربوط به مراحل احتراق است و بالاخره (۱) و (۱۱) و (۱۲) مراحل تخلیه موتور را از محصولات احتراق نشان میدهد.

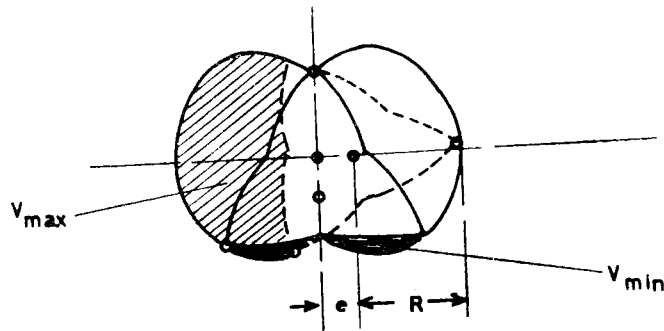
در بحث فوق سیکل کامل ترمودینامیکی موتور با پیستون مشروحاً مورد مطالعه قرار گرفت.

۴ - ضریب تراکم

چنانکه بیان شد شکل هندسی تروثوئید بتوسط اکسانتریسته مرکز دو دایره e و قاصله مولد R تعیین میشود (شکل ۳).

حال اگر نسبت $k = R/e$ زیاد گرفته شود یک‌شکل بیضوی با یک ضریب تراکم زیاد تولید میشود و البته در حد هنگامیکه R/e بطرف عدد بسیار بزرگی میل کند شکل تبدیل به دایره شده و ضریب تراکم نیز فوق‌العاده بزرگ می‌گردد.

بالعکس اگر $k = R/e$ کوچک گرفته شود مانند شکل ۴ ضریب تراکم کم میشود و شکل بیضوی فرورفتگی آشکاری پیدا می‌کند.



شکل ۴ - ضریب تراکم موتور دانه

$$K = R/e = 3.9$$

$$CR_{max} = 10$$

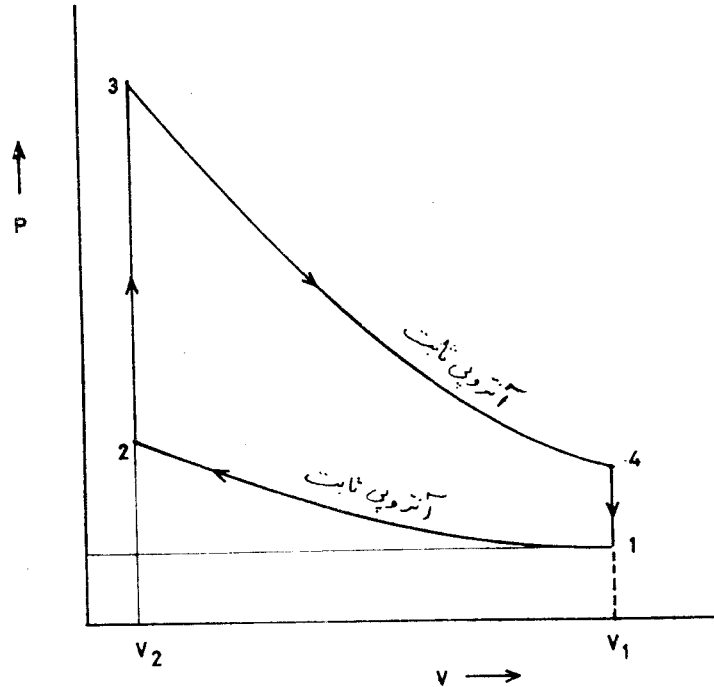
برای هر شکل مقطع موتور یک ضریب تراکم حد اکثر قابل تعیین است (CR_{max}) که مطابق شکل های ۳ و ۴ عبارتست از نسبت حد اکثر حجم تولید شده در موتور V_{max} به حداقل مزبور V_{min} که در شکل های ۳ و ۴ این مقادیر سایه زده شده است در شکل ۳ مثلاً:

$$CR_{max} = \frac{V_{max}}{V_{min}} = 18$$

این نظیر نسبت $\frac{V_2}{V_1}$ است در سیکل اتو (Otto) که در شکل (۵) نمایش داده شده است تفاوت حداکثر حجم تشکیل یافته از موتور و حداقل آن بنا به تعریف حجم جا بجا شده می باشد. با توجه به شکل (۳) ملاحظه میشود که اطاق احتراق که دارای حجم حداقل V_{min} است دارای وضع یکنواختی از نظر حجمی نیست، اینست که مطابق شکل روی پهلوی سه گانه روتور شیار ab تعبیه نموده اند (این شیار روی دو پهلوی دیگر نیز وجود دارد که در کلیشه شکل ۱ تا حدی پیداست در شکل ۳ فقط شیار ab نشان داده شده است) این شیار بمنزله قسمتی از اطاق خواهد بود که در روتور قرار گرفته. اگر این عمل انجام شود البته ضریب تراکم موتور تغییر خواهد کرد و کم میشود. در این حال ایی تروشویی بزرگتری که دارای همان حجم جا بجا شده می باشد لازم است ولی نسبت سطح به حجم بیشتر خواهد بود.

۵ - موقعیت شمع

مخلوط تازه سوخت و هوا در اطاق احتراق پس از احتراق دارای سرعت زیادی است و بنابراین جبهه شعله در جهت گردش با سرعت زیاد حرکت می نماید و در جهت مخالف گردش روتور با سرعت بسیار کم حرکت خواهد کرد. برای ضرائب تراکم زیاد فرود (Frude) مأخذ شماره ۴ مقاله (شمع موتور را در قسمت مقدم اطاق احتراق قرارداد و برای ضرائب تراکم کم و متوسط موقعیت شمع را در قسمت خلفی اطاق احتراق تعبیه نمود.



$$r_v = \frac{v_2}{v_1}$$

شکل ه

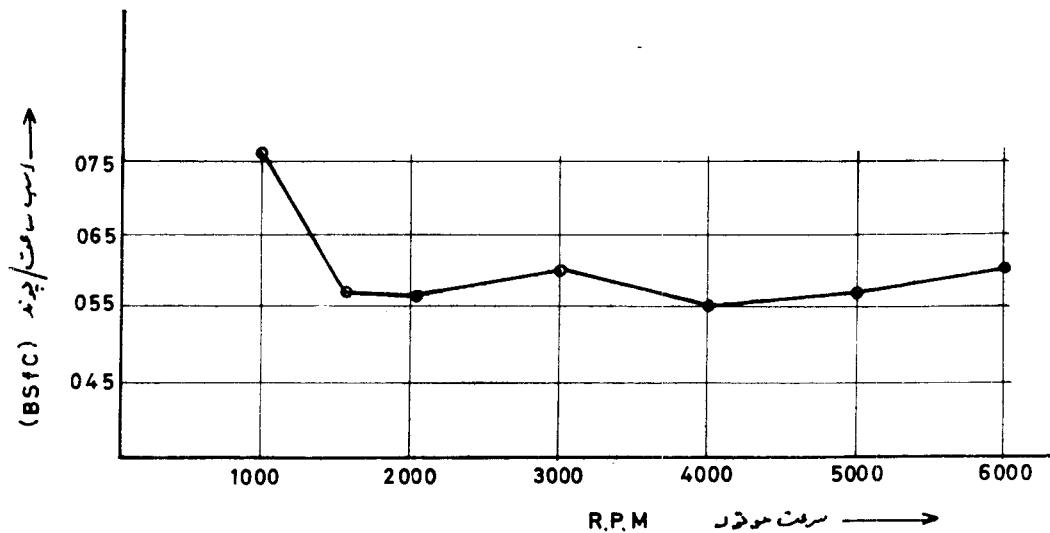
درباره وضع ساختمانی محیط شمع باید خاطر نشان ساخت که بلافاصله نوك های آب بندی رونور شمع اصولاً باید در اطاقك كوچكى در داخل پوسته كار گذاشته شود و از طریق مجرائى به ضخامت تقریبی ۳ میلیمتر به اطاق احتراق متصل گردد.

احتراقی که باین ترتیب صورت خواهد گرفت ناقص خواهد بود و شکل (۶) آنرا از زبان میزان سوخت مصرفی مخصوص (SFC) بیان می کند.

در شکل شماره ۲ ملاحظه میشود که نظر به وضع خاص ساختمانی موتور و انكل قسمتی از پوسته موتور که اطاق احتراق را تشکیل می دهد همواره در معرض گرمای سوزان شعله قرار گرفته است و در هیچ مرحله فرصت خنك شدن برای این محیط پیدا نمیشود.

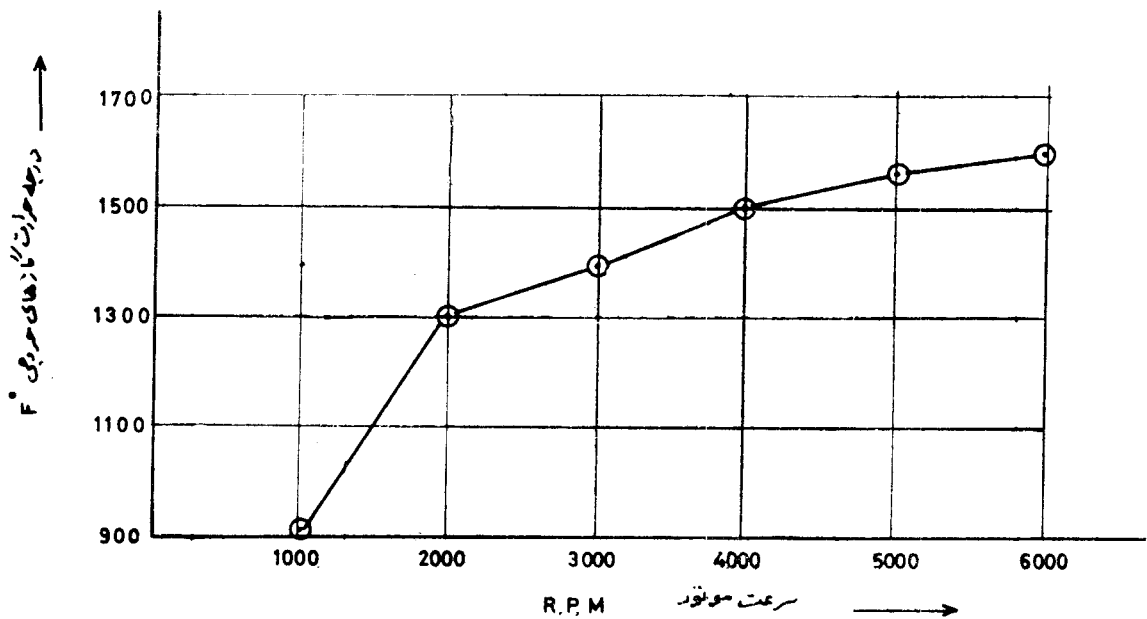
در موتورهای احتراق داخلی معمولی پیستونی وضع اینگونه نیست و مطابق شکل ه فقط در مرحله بین نقاط ۳ و ۲ اطاق احتراق در معرض گرما قرار میگیرد. در مراحل انبساط و تخلیه و پذیرش موتور اطاق احتراق خنك میشود.

از طرفی موتور و انكل مخصوصاً در سرعت زیاد پیدا است که چنانکه گفته شد این فرصت خنك شدن موجود نیست و لازمست که شمع در این شرایط کار مقاومت کافی داشته باشد. توسط سازندگان



شکل ۶

مختلف برای جلوگیری از کوتاه شدن عمل شمع راه حل هائی ارائه شده است. توزیع حرارت اتلافی در موتور والکل چنانکه در شکل ۶ پیداست کاملاً غیر یکنواخت است باین دلیل آب خنک کن موتور همواره تحت فشار پمپ با سرعت زیاد باید در گردش باشد و تعداد پره های خنک کن انتقال حرارت در محیط احتراق باید زیادتر گرفته شود. در شکل ۷ تغییرات درجه حرارت اگزس نشان داده شده است.



شکل ۷

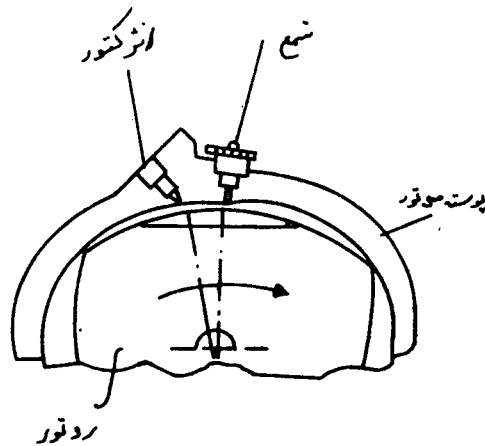
روتور مثلث شکل موتور والکل نیز باید در طرفین خنک شود. بهترین راه حل از طریق روغن کاری موتور است و جنس روتور معمولاً از چدن یا آلومینیم انتخاب میشود.

۶- پاشش سوخت (سیستم دیزل) در موتور و انکل

در شماره ۵ بیان شد که محیط اطراف شمع محوطه داغی است که در آن گازهای نتیجه احتراق با سرعت زیاد حرکت دارند این وضع ترمودینامیکی اطاق احتراق، محققین چندی را برآن داشت که در این نوع موتورها بجای ارسال سوخت مخلوط با هوا از کربراتور، سوخت را بتوسط سوخت پاش (انژکتور) به هوای تحت فشار در اطاق احتراق پاشد. جونز (Jones) اولین مرتبه این سیستم را پیشنهاد نموده و بموجب این پیشنهاد:

الف - سوخت باید طوری روی روتور در اطاق احتراق پاشیده شود که هم نحوه (خیس شدن) روتور کنترل شده باشد و هم تبخیر بعدی سوخت و ضمناً جریان هوای موتور و توربولانس آن نیز باید تحت کنترل معین باشد.

ب - در اطاق احتراق هوا ضمن حرکت از محل سوخت پاش و شمع عبور می کند شکل (۸)



شکل ۸

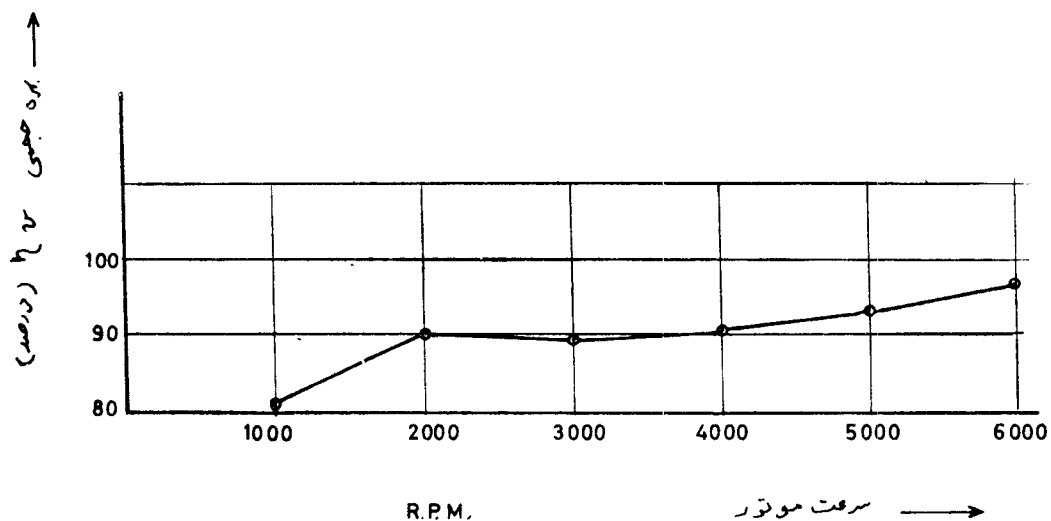
و بدین ترتیب شرایط شارژ طبقه یا چینه مهیا است. خلاصه عیب حرارت متمرکز در موتور و انکل باعث آن شد که بتوان چنین متدهائی را جهت احتراق در موتور ارائه نمود در مورد اصطلاح پر کردن چینه موتور یا (Stratified - Charge) که در قسمت ب فوق بان اشاره شد ذیلا توضیح بیشتری می دهد تا بهتر بتوان مطلب را تعقیب کرد:

جهت حذف پدیده دقه زدن (Knock) در موتورهای بنزینی (Otto) موتورهای با شارژ چینه یا موتورهای باروش احتراق تکرا کو Texaco. Combustion Process یا خلاصه (TCP) طراحی شده است. در این طرح هوای معرفی موتور بعلت وضع خاص مجزای پذیرش در داخل استوانه حرکت دورانی می کند و این در مرحله تراکم موتور ادامه خواهد داشت و این چرخش سیال عامل در انتهای مرحله تراکم (بتوسط کم کردن قسمت بالای اطاق احتراق) به حد اعلا میرسد (اصل ثبات مقدار حرکت) در این طرحها معمولا

۳. درجه قبل از نقطه مرك بالا شیبپوره پاشش سوخت را به داخل هوایی که در حال دوران است آغاز می کند و پاشش متد اولاً تا ۳۰° از دایره لنک ادامه پیدا می کند در این ضمن جرعه بتوسط شمعی که در حوالی وسیله پاشش سوخت موجود است احتراق را آغاز می کند عمل احتراق در این سیستم با سیستم (Otto) یک فرق اساسی دارد و آن اینست که در این طرح هوا مرتباً به مخلوط مشتعل اضافه میشود بنابراین احتراق کامل خواهد بود ولی البته نه بآن سرعتی که در موتور بنزینی انجام میشود. بعلت همین احتراق کامل انرژی شیمیائی کاملاً آزاد شده و بهره را بالا میبرد. در اینحال به کنترل نسبت سوخت به هوا احتیاجی نیست و تجربه نشان داده که احتراق در شرایط روش (TCP) معایب احتراق (Otto) را ندارد.

۷ - بهره حجمی - قدرت تولیدی.

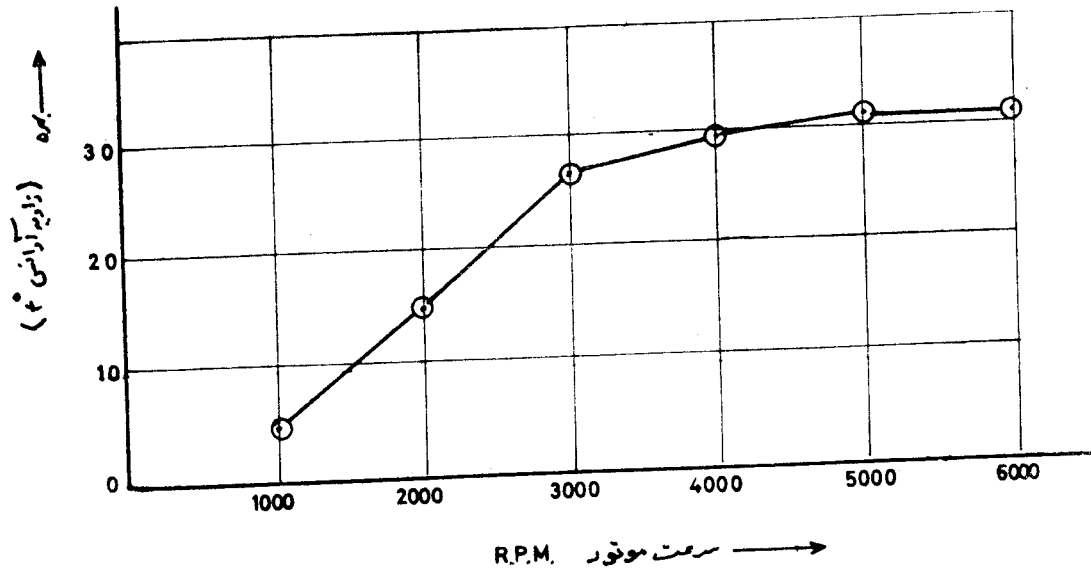
در شکل ۹ تغییرات بهره حجمی برحسب دور موتور نشان داده شده است در سر راه هوای وارد به



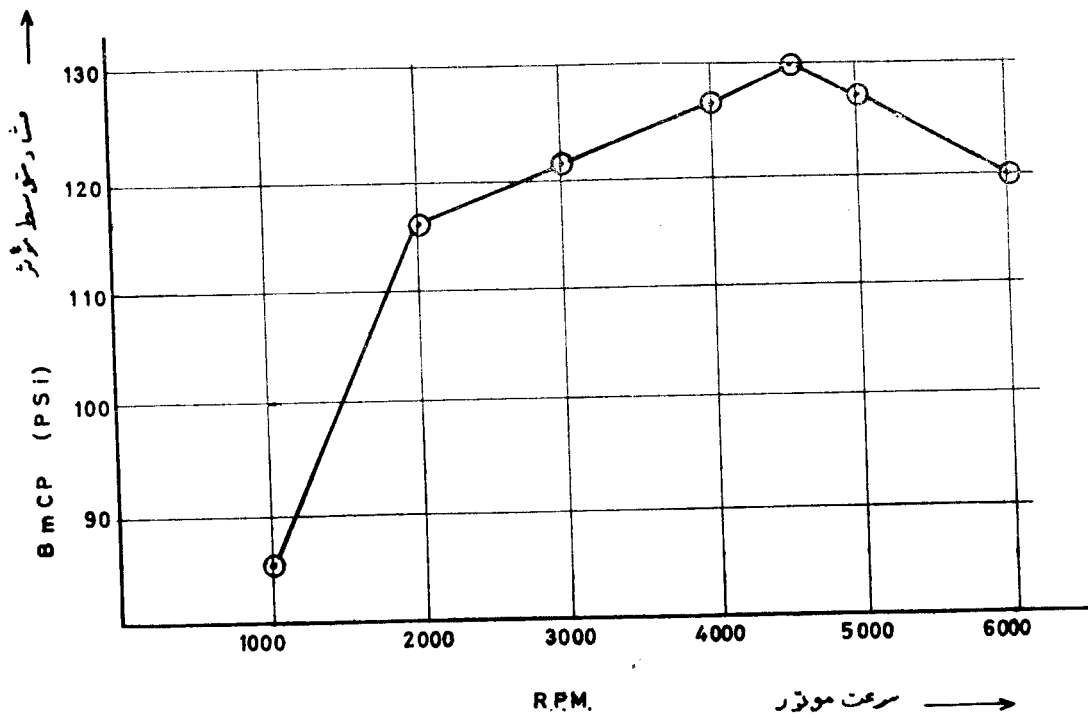
شکل ۹

موتور فیلتر هوا و خفه کن صدا هر دو بحساب آمده اند و این شکل با توجه بآنها ترسیم شده - مجرای تنفسی موتور بشکل ساده است که در محیط پوسته موتور نصب شده بنابراین موتور در بهترین شرایط کار میکند در این حال است که ممکن است بهره حجمی از ۱۰۰ درصد بیشتر شود. باید دانست که مجرای تنفسی نصب شده در محیط ممکن است حتی تا ۳۰ درصد با مقایسه با مجاری جانبی قدرت موتور را بالا ببرد. محل مجرای تنفسی زمانهای باز شدن و بسته شدن مجرا را کنترل می کند و عیناً مانند موتور سیکل Otto در صورتیکه مجرای تنفسی دیرتر بسته شود، در سرعتهای بالا قدرت تولیدی زیاد میشود. در پایان این بحث بهره موتور را برای جرعه زدن پیش رفته ۴ درجه در شکل ۱۰ نمایش می دهد.

تغییرات فشار متوسط مؤثر ترمز (Bmep) در شکل ۱۱ ارائه شده و بالاخره در شکل ۱۲ نمایش تغییرات قدرت تولیدی ترمز در سرعتهای مختلف موتور عرضه شده مشخصات این اشکال تماماً بتوسط فرود (Froade) تعیین گردیده .



شکل ۱۰

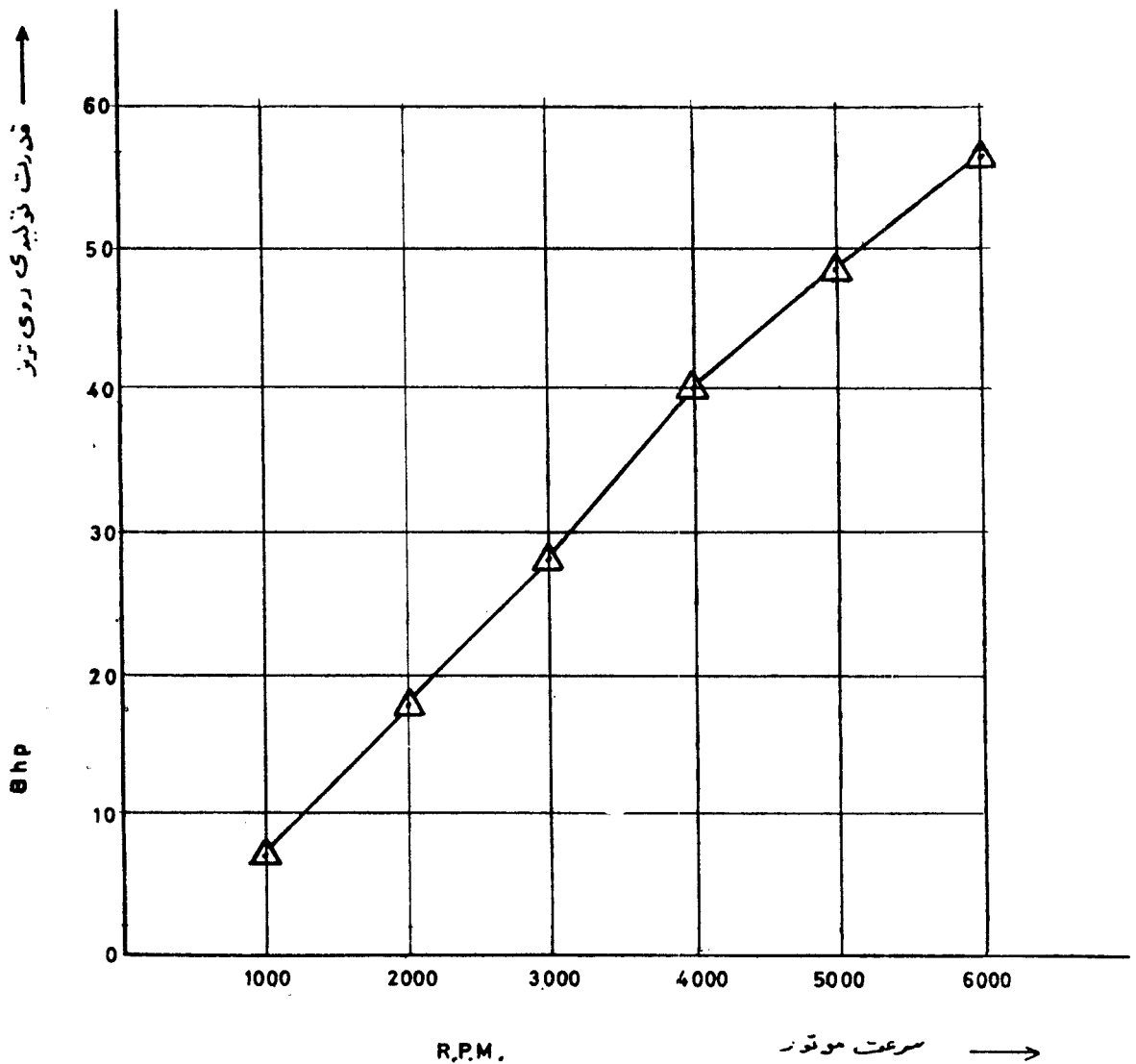


شکل ۱۱

۹ - مزایا و معایب موتور و الکل

اگر موتور و انکل را با موتور بنزینی مقایسه کنیم مزایای زیر را می توان نام برد :

- ۱ - قدرت تولیدی از یک موتور نسبتاً کوچک و سبک زیاد است - واحد وزن قدرت زیادتری ایجاد می کند.



شکل ۱۲

- ۲ - مشکلات دنده - سوپاپ موجود نیست .
- ۳ - بعلت وضع دوار موتور بالانس کردن آن بسهولت امکان پذیر است .
- ۴ - اجزاء موتور خیلی ساده تر و کمتر از موتور بنزینی است (دسته پیستون و میل لنگ و یاتاقانهای ثابت و متحرك وجود ندارد) و بنابراین موتور ارزانتر ساخته میشود .
- ۵ - قدرت و فشار متوسط مؤثر f_{mep} در این دستگاه کم است .

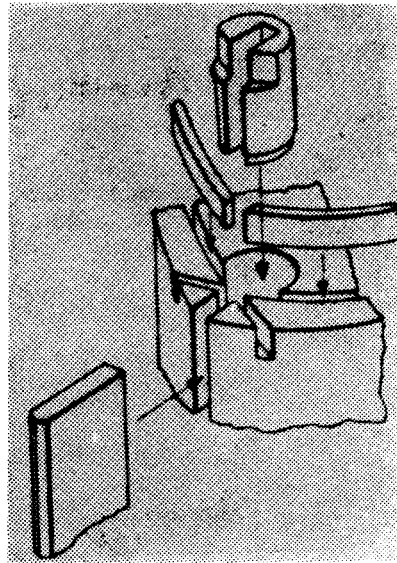
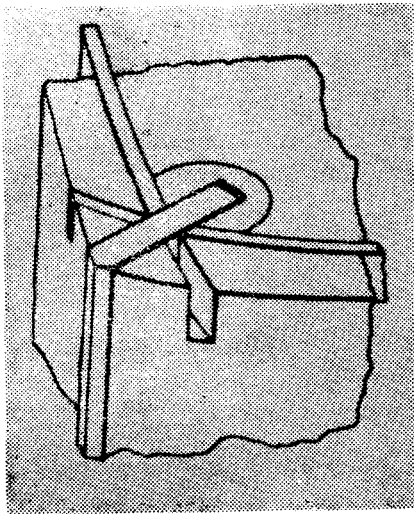
معایب نسبی موتور و انکل بقرار زیر است

- ۱ - طول عمر نوك های مخصوص آب بندی روتور و همچنین شمع تثبیت نشده است .
- ۲ - وارد نبودن سرویس های تعمیراتی با تعمیر موتور و آشنا نبودن مصرف کنندگان به این موتور

مخصوص .

۱۰ - متد آب بندی کردن روتور

در آغاز بحث بیان شد که اشکال اصلی که طرح و انکل را مدت‌ها در بوته فراموشی قرارداد آب بندی کردن فضاهاى سه گانه اطراف روتور بوده است. در زمان حاضر تقریباً با تکتیک های گوناگون تا حدی این مشکل برطرف شده یک نمونه از طریقه آب بندی کردن در شکل (۱۳) ارائه شده این متد بتوسط (Froude) پیشنهاد شده و مشتمل است بر یک تیغه چدنی جهت آب بندی و قطعات آب بندی جانبی که از گوشه به گوشه دیگر برده شده است. جهت بالا بردن طول عمر کاسه چدنی که در آن مرتباً تیغه ها تماس داشته و عمل آب بندی را انجام می دهند سطح داخل را آب کرم می دهند و این اصطکاک سطحی را کم می نمایند و سطوح روی یکدیگر بهتر می لغزند. تیغه های کمپرسی (نظیر رینگهای کمپرسی در موتورهای پیستونی معمولی) که در موتور رایج است در نوک از سه قسمت تشکیل یافته قسمت وسطی که قطعه کربنی است و در آن ذرات فلز تزریق شده و قطعات انتهائی که همواره به پوسته های جانبی تکیه دارد و فشار وارد می کند و در نتیجه فضاهاى مختلف موتور نسبت بیکدیگر آب بندی شده. آب بندی جانبی دو گانه در این موتور بکار رفته رینگ های فشاری محوری یا انتهائی در دور بسیار کم ضروری می باشد.



شکل ۱۳ رینگ ها و قطعات آب بندی کننده موتور وانکل

۱۱ - اهمیت فاکتور K در موتور و انکل

یکی از خواص جالب موتور و انکل اینست که همواره ممکن است اندازه های آنرا طوری تغییر داد که میزان کل حجم جابجاشدنی (که فاکتور K مذکوره در بحث های فوق آنرا بیان می کند) تغییر کند. اگر K زیاد باشد قبلاد دیدیم که مقطع موتور به شکل تخم مرغی تری در می آید و هتگاسیکه ضریب K کم انتخاب شود ،

موتور در قسمت وسطی شکل تو رفته را بخود می گیرد (شکل های ۳ و ۴). عرض موتور نیز همواره برای تغییر میزان کل هوای جابجائی قابل تغییر است ولی باید در نظر داشت که تجربیات متعدد برای آن یک وضع ایتیمم ایجاد کرده و عرض کاسه موتور نمی تواند از ϵ تا δ بار از کسانتریسته e بزرگتر شود. در صورتیکه K کم انتخاب شود اندازه موتور کوچکتر میشود و مسافت طی شده بتوسط شعله در اطاق احتراق کمتر میشود و نسبت سطح به حجم در موتور کم میشود (و این از نظر آب بندی موتور نیز اهمیت دارد). و سرعت تبغه های آب بندی موتور کم میشود (و این بر طول عمر آنها می افزاید). در صورتیکه K زیاد انتخاب شود عملاً ممکن است موتور مزایای زیر را داشته باشد :

چون حجم روتور زیاد میشود با گذاردن شیارهای خنک کننده بهتر می توان آنرا سرد کرد. مجدداً چون حجم روتور نسبتاً زیاد تراست بهتر می توان رینگهای مخصوص آب بندی را در آن تعبیه کرده. مزیت اصلی بالا رفتن K عبارتست از زیاد شدن ضریب تراکم تئوریک در اینحال بهتر می توان احتراق را کنترل کرد بالاخره رینگهای آب بندی جانبی را ممکن است در فاصله بیشتری از محیط اطاق احتراق قرار داد و باین ترتیب به طول عمر آنها افزود.

۱۲ - نتیجه

موتور و انکل با مقایسه با موتورهای احتراق داخلی معمولی دارای ساختمانی ساده است و واحد وزن آن بالنسبه قدرت بیشتری تولید می کند. تنها عیب موتور که آب بندی آن بوده است امروزه از میان برداشته شده و توسط ژاپنیها بمقدار زیاد به بازار عرضه شده و عملاً موفقیت شایان همراه داشته است. بعلت عدم وجود قطعات رفت و برگشتی در موتور و انکل بار غیر متعادل وجود ندارد و علاوه بر طول عمر یا تاوانها موتور خیلی بی سروصدا تر از موتورهای معمولی کار می کند.

با تمام مزایائی که موتور و انکل دارد در غرب هنوز یمیزان زیاد بساخته نمیشود و علت اصلی آن اشکالات فنی نیست بلکه تغییر سیستم های مهندسی از موتورهای احتراق داخلی معمولی فعلی به طرحهای و انکل مستلزم مخارج زیادی است و تحمل این مخارج کار دشواری می باشد. برای کشورهای در حال توسعه روش ژاپن از هر لحاظ راهنمائی خوبی است مخصوصاً در کشور ما که صنعت اتومبیل سازی در حال گسترش است بجا خواهد بود اگر ارباب صنایع موتور سازی باینگونه طرحها نیز بذل توجه نمایند.

مأخذ این مقاله

- F - Wankel Rotary Piston Machines Londn Iliffe booke Ltd. 1965 — ١
- Internal Conbustion Engine Edward F. Obert International Text Book Co. 1968 — ٢
- Japanese Autos Newsweek May 3, 1971 — ٣
- W. Froude The NSU - Wankel Rotating Combustin Chamber SAE TRANS. Vol.69 — ٤
(1961) PP179 - 193