

آینده پژوهی موتورهای درونسوز در صنعت خودروسازی ایران

(مورد کاوی و ثبت تجربیات نوین در خودروسازی سایپا سیتروئن)

حسین فیروزی و محمدرضا صمدیان

چکیده

در دهه اخیر، به منظور تولید محصولات داخلی و خودروهای کاملاً بومی، سرمایه‌گذاری بسیاری در کشورمان انجام شده، اما به نظر می‌رسد که فعلاً خودروسازان ایرانی برای رسیدن به شرایط خودروسازان خارجی راه زیادی در پیش دارند و نیازمند سرمایه‌گذاری‌های بیشتری در این صنعت هستند که یکی از این سرمایه‌گذاریها در خصوص تولید موتورهای درونسوز با مصرف و سطح آلایندگی بهینه می‌باشد. هرچند با ورود و رشد صنعت خودروهای هیبریدی تداوم تولید و استفاده از موتورهای درونسوز در حاله ای از ابهام از سوی برخی کارشناسان قرار گرفته است ولی در واقع با توجه به هزینه های بالای تولیدی خودرو های غیر فسیلی و همچنین محدود بودن توان تولید انرژی آن در جوامع و همچنین قدرت پائین تر پیران های آنها، بصورت منطقی حداقل تا ۴۰ سال آینده روند مصرف موتورهای درونسوز را شاهد بوده اما صنعت بایستی بدنبال بهینه سازی مصرف و خروجی قدرت آنها باشد. در این راستا برخی از تجربیات راه اندازی خط تولید موتور شرکت سایپا سیتروئن در کاشان نیز در انتهای این تحقیق ارائه می گردد.

واژه‌های کلیدی: آینده پژوهی، موتورهای درونسوز، صنعت خودروسازی داخلی، چشم انداز

۱. مقدمه

در دهه اخیر، به منظور تولید محصولات داخلی و خودروهای کاملاً بومی، سرمایه‌گذاری بسیاری در کشورمان انجام شده، اما به نظر می‌رسد که فعلاً خودروسازان ایرانی برای رسیدن به شرایط خودروسازان خارجی راه زیادی در پیش دارند و نیازمند سرمایه‌گذاری‌های بیشتری در این صنعت هستند. در شرکت‌های بزرگ خودروسازی، ارتباط تنگاتنگی بین بخش‌های ایده‌پردازی و طراحی محصول با واحدهای بازاریابی وجود دارد، این خودروسازان بزرگ می‌دانند که این ارتباط می‌تواند منجر به بازسازی برای محصولات آنها شود. بنابراین این ارتباط را می‌توان راز بزرگ موفقیت شرکت‌های خودروسازی دانست. در واقع این شرکت‌ها برای موفقیت بیشتر، مشخصات فرهنگی، اجتماعی و روانشناسی، بازارهای هدف را به خوبی بررسی می‌کنند تا بتوانند مواردی مهم را در طراحی و ساخت خودرو در نظر بگیرند.

ولی متأسفانه در عمل، چنین فرایندی در شرکت‌های خودروسازی داخلی دیده نمی‌شود. طراحی محصولات داخلی به خوبی انجام نمی‌شود و در نتیجه نمی‌تواند تأثیر مناسبی بر بازار داشته باشد. بسیاری از ویژگی‌ها و آپشن‌های مهم در صورتی که بتوانند به تولید انبوه برسند نه هزینه‌ی بالایی لازم خواهند داشت و نه تکنولوژی سخت و پیچیده، اما اگر این موارد در خودروها در نظر گرفته شود بر ارزش آن می‌افزاید. بنابراین این مورد نه تنها باید در آینده خودروسازی ایران مورد توجه قرار گیرد بلکه از هم اکنون باید مورد توجه باشد.

توجه به نیاز و خواسته‌های مشتری یکی از موارد مهمی است که در تولید هر محصولی باید مورد توجه قرار گیرد. بنابراین در صورتی که خودروسازان داخلی راه بی‌تفاوتی به نیازهای مشتریان را ادامه دهند، فاصله بین صنعت خودروسازی کشور و جامعه مشتریان روزبه‌روز بیشتر خواهد شد. البته خودروسازان داخلی نیز قادر هستند که با انجام تحقیقات میدانی و الگو قرار دادن طراحی‌های موفق از میان خودروهای وارداتی و همچنین ایجاد ارتباط با مشتریان ایرانی، خانواده‌ها، نسل جوان و بانوان و... تغییرات اساسی در تولیدات خود ایجاد کنند، فقط لازم است تا کمی بیشتر به این موضوع اهمیت دهند. در این میان یکی از مهمترین قطعه‌های خودرو که تحت تأثیر داخلی سازی می‌تواند ارزش افزوده بسیاری در کشورمان ایجاد کند، موتورهای درونسوز خودرو میباشد که در ادامه بیشتر به آن می‌پردازیم.

۱-۱- آینده خودروسازی ایران طبق گزارش مکنزی

چشم‌اندازی که موسسه مکنزی از تحولات عمیق صنعت حمل‌ونقل و خودرو در سال ۲۰۳۰ میلادی ارائه کرده، دولت ایران را نیز بر آن داشته تا اقدام به آینده‌نگاری خودروسازی کشور در این انقلاب بزرگ کند. بر این اساس دولت به معاونت علمی فناوری ریاست‌جمهوری مأموریت داده تا الزامات و ابزارهای داخلی برای تحقق این چشم‌انداز را در ایران مورد بررسی قرار دهد. طبق چشم‌انداز ۲۰۳۰ موسسه مکنزی، توسعه حمل‌ونقل و دگرگونی تکنولوژی خودروها یکی از رویدادهای بزرگ در آینده به‌شمار می‌رود؛ به‌نحوی که محصولات برقی و خودران، سهمی بزرگ در جوامع بشری طی ۱۳ سال آینده خواهند داشت و شیوه حمل‌ونقل نیز بسیار هوشمند خواهد شد. طبق گزارش‌های منتشره، اکوسیستم صنعت خودرو جهان طی سال‌های باقیمانده تا ۲۰۳۰، در چهار محور کلی دچار تغییر و تحولاتی بزرگ خواهد شد که اولین آنها، «تحول در بازارها و منابع سرمایه‌ای» است. «تغییر در رفتارهای حمل‌ونقل و تحولات مربوط به ترجیحات مشتریان»، «توسعه فناوری‌های پیشرفته» و «اشکال رقابت و همکاری درونی صنعت خودرو»، دیگر مواردی هستند که در سند ۲۰۳۰ بر دگرگونی آنها تأکید شده است.

از جمله این دگرگونی‌ها اما می‌توان به مسائلی مانند تغییر در ساختار فعلی فروش خودروها، توسعه گسترده خودروهای اشتراکی، تحولات بزرگ‌تر در حوزه فناوری وسایل نقلیه و در کل تغییر سبک زندگی با محوریت حمل‌ونقل اشاره کرد. به‌عنوان مثال در چشم‌انداز موسسه مکنزی ۲۰۳۰ پیش‌بینی شده که خودروهای هوشمند و بدون‌راننده و همچنین خودروهای برقی، در سطحی وسیع تولید و عرضه شده و در نتیجه سیستم حمل‌ونقل را به کل دگرگون کنند. همچنین در این چشم‌انداز تأکید شده که طی سال ۲۰۳۰ میلادی، «خودرو» دیگر به‌عنوان وسیله‌ای صرفاً برای حمل‌ونقل، به حساب نیامده و مفاهیم دیگری با محوریت زندگی فناورمحور جایگزین خواهند شد. نکته دیگر اینجاست که طبق چشم‌انداز موسسه مکنزی، در سال ۲۰۳۰، تمایل مردم برای داشتن خودرو شخصی (دارا بودن مالکیت خودرو) کاهش قابل‌توجهی یافته و خودروهای اشتراکی در سطحی

وسیع فعال خواهند شد. بر این اساس پیش‌بینی شده که ۱۳ سال دیگر از هر ۱۰ خودرو تولیدی دنیا، یکی برای مصرف اشتراکی فروخته شود و این یعنی در سال ۲۰۳۰ مردم ترجیح می‌دهند به جای مالکیت خودرویی خاص، گزینه‌های اشتراکی بیشتری برای حمل‌ونقل خود در اختیار داشته باشند. با توجه به اهداف بزرگ حمل‌ونقل در چشم‌انداز ۲۰۳۰، طبعاً با یک انقلاب بزرگ در صنعت خودرو جهان طی سال‌های آینده روبه‌رو خواهیم شد؛ به نحوی که فناوری و تکنولوژی خودروها به شدت دچار تغییر شده و با سرعتی بالا به سمت هوشمندتر شدن حرکت می‌کند. بر این اساس، خودروهای خودران و هوشمند و برقی، جایگاهی بسیار بزرگ را در سال ۲۰۳۰ میلادی به خود اختصاص خواهند داد و جهان خودروسازی رفته رفته با محصولات سوخت فسیلی و همچنین فاقد سیستم‌های هوشمند برتر وداع خواهد کرد.

- اما سوال اینجاست که حتی با وجود گزارش مکنزی در مورد خودرو و آینده تلخ وداع گونه موتورهای درونسوز و جایگزینی با موتورهای غیرفسیلی، آیا واقعا این پیش‌بینی محقق خواهد شد؟

۲- ادبیات تحقیق

در این پژوهش ضمن بررسی انواع موتورها به واکاوی مشکلات صنایع بالاخص صنعت خودرو پرداخته و با ارائه متد به روز و جدید تولید قطعات بالاخص در پروژه های کلان داخلی سازی که منجر به بهبود کیفیت موتور گشته و اسباب بومی سازی و رفع وابستگی را فراهم می سازد مطالب عنوان می شوند.

۲-۱- موتورهای احتراق داخلی:

موتورهای احتراق داخلی در گونه های مختلفی در خودروهای فلی بازار در حال استفاده هستند، در انواع بنزینی، دیزلی یا گازسوز، و نمونه هیدروژن سوز که ساخته شده اما همه گیر نشده است. البته این موتورها بصورت هیبریدی هم در کنار موتورهای الکتریکی استفاده می شوند پیشران هیبریدی هم چندین نوع دارد در ساده ترین نوع موتور الکتریکی چرخ ها را به حرکت در می آورد و موتور بنزینی یا دیزلی برای شارژ باتری و تولید برق استفاده می شود با این روش کمی راندمان بالاتر می رود و مصرف سوخت کمتر می شود. در نوع دیگر این دو موتور به صورت موازی در خودرو استفاده می شود و در روش سوم بصورت ترکیبی به کار می روند. در روش سوم برخی اوقات موتور بنزینی کاملاً خاموش است برخی اوقات برای شارژ کردن باتری ها روشن می شود و در زمانی که خودرو نیاز بقدرت بیشتر دارد به کمک موتور الکتریکی می رود.

در چند سال اخیر برخی خودروسازان با تبلیغات فراوان می گویند قصد دارند خودروهای بنزینی یا دیزلی را کنار بگذارند و برخی بازه زمانی برای این کار را هم مشخص کرده اند. اما در میان این تبلیغات نکته ظریفی پنهان شده است؛ بیشتر خودروسازانی که چنین تبلیغاتی می کنند نمی گویند مقصودشان دقیقاً همان روش شرکت تسلا میباشد که از موتور الکتریکی استفاده خواهند کرد، بلکه منظور بیشتر این شرکت ها استفاده از پیشران های هیبریدی ترکیبی است. البته کارشناسان معتقدند پیشران های احتراق داخلی حتی با وجود استفاده در پیشران های هیبریدی در نهایت تا سال ۲۰۵۰ عمر خواهند داشت. هرچند سنجیو کوزوماکی، مدیر مرکز تحقیقات تویوتا اعلام کرده است که در سال ۲۰۵۰ موتورهای احتراق داخلی منقرض خواهند شد. اما پس از انقراض موتورهای احتراق داخلی، خودروهای الکتریکی چه سرانجامی خواهند داشت؟

واقعیت این است که خودروهای الکتریکی اگر برق با سوخت های فسیلی تولید شود تنها در حد کمی می تواند سبب کاهش مصرف سوخت و آلودگی هوا شود چرا که برقی که با سوخت های فسیلی تولید می شوند اکثراً به موتورهای توربینی وابسته هستند و موتورهای توربینی هم درصدی از موتورهای بنزینی یا دیزلی، راندمان بهتری دارند. از طرفی باتری های لیتیومی خودروها برقی خود عامل دیگری برای آلودگی زیست محیطی خواهد شد.

روش دیگر استفاده از موتورهای پیل سوختی است. در خودروهای پیل سوختی هیدروژن با اکسیژن هوا مخلوط می شود و حاصل این واکنش تولید آب و برق است. برق توسط موتور الکتریکی برای حرکت دادن خودرو مصرف می شود. البته بزرگترین مشکل بر سر راه این فناوری موضوع امنیت و ذخیره هیدروژن در فشار بالا یا بصورت مایع است.

هیدروژن یکی از فراوانترین عناصر در طبیعت است. با سوختن هیدروژن هم تنها آب تولید می‌شود. نکته سخت اما ذخیره سازی هیدروژن است. هیدروژن در دمای منفی ۲۵۲ درجه سانتیگراد در فشار سطح دریا به جوش می‌آید. پس مایع سازی هیدروژن بسیار پیچیده و پر خرج است؛ فشرده سازی هم دارای فناوری بسیار پیچیده‌ای است. یکی از روش‌های عملی، ذخیره هیدروژن به وسیله هیدرید است. این روش امیدهای زیادی را برای استفاده در خودروهای آینده پیش روی مهندسان قرار داده است.

خودروهای پیل سوختی مشکل زمان‌بر بودن شارژ خودروهای الکتریکی را ندارند اما در برابر خودروهای برقی هم گران‌تر تمام می‌شوند هم خطرناک‌تر هستند.

اما آیا این خودروها پاک‌تر هستند؟ در تئوری بله اما در واقعیت نه چرا که هیدروژن با وجود اینکه از فروان ترین مواد در طبیعت است اما برای تهیه آن احتیاج به تجزیه آب یا گاز است برای این روش باز باید انرژی صرف کرد و اگر انرژی تجدید پذیر یا هسته‌ای استفاده نشود باز هم آلودگی هوا تولید خواهد شد.

۱-۲-۱- مزایا و معایب خودروهای درونسوز

بزرگ‌ترین عیب موتور درونسوز سیستم تولید آلودگی است. علاوه بر آلودگی هوا، پسماندهای تولیدی مانند لاستیک و روغن به محیط زیست ضربه می‌زنند. بسیاری از موتورهای درونسوز آلودگی صوتی زیادی تولید می‌کنند. عیب دیگر موتور درونسوز ICE (internal combustion engine) اندازه بزرگ آن است چرا که غالباً امکان تولید توان مورد نیاز از یک موتور کوچک وجود ندارد. موتورهای الکتریکی البته این مشکل را ندارند.

۲-۲- انتشار آلودگی

استفاده از موتور درونسوز و مخصوصاً نوع رفت‌و برگشتی میزان زیادی از آلودگی را به دلیل سوخت ناقص و تولید منواکسید کربن، انتشار دوده، اکسید نیتروژن، اکسید سولفور و برخی از هیدروکربن‌های باقی‌مانده (متناسب با شرایط عملیاتی و نسبت سوخت به هوا) در پی دارد. گرچه بهتر است هوای بیشتری از نسبت استوکیومتری به سیلندر وارد شود تا سوخت فسیلی کامل بسوزد، این امر باعث هدررفت گرما و کاهش بازده حرارتی می‌گردد. همچنین شعله‌ی حاصل نیز توسط دیواره‌ی نسبتاً سرد سیلندر تضعیف می‌شود.

موتورهای دیزلی نیز آلودگی‌های مخصوص به خود را دارند. این آلودگی‌ها شامل ذرات ریز با اندازه زیر ۱۰ میکرون (PM_{10}) هستند که به شکل خطرناکی وارد عمق سیستم تنفسی می‌شوند.

دانستن نکات زیر در رابطه با انتشار آلودگی از موتور درونسوز خالی از لطف نیست:

- سوخت‌های حاوی سولفور یا گوگرد منجر به تولید اکسید گوگرد (SO_x) یا سولفور می‌شوند که باران اسیدی یکی از نتایج مخرب آن است.
- دمای بالای سوختن منجر به تولید بیشتر اکسید نیتروژن (NO_x) می‌گردد که تهدیدی برای سلامت انسان و حیوان به شمار می‌رود.
- با سوزاندن سوخت‌های فسیلی مقدار زیادی دی اکسید کربن منتشر می‌گردد. البته اگر از سوخت‌های گیاهی در موتور استفاده شود، میزان انتشار این گاز در واقع صفر خواهد بود. چرا که گیاه مورد استفاده برای تولید سوخت در طول عمر خود، میزان بیشتری از دی اکسید کربن را از هوا جذب کرده است.
- سوزاندن هیدروژن تنها آب تولید می‌کند. البته اگر از هوا به عنوان اکسید کننده استفاده شود، اکسید نیتروژن نیز تولید می‌گردد.

۳-۲ بازده موتورهای درون سوز

این موتورها میزان بازده متفاوتی از خود نشان می‌دهند. سیستم‌های بنزینی حتی با کمک توربوشارژره (turbochargers) و فناوری‌های دیگر تنها حدود ۲۰ درصد بازده دارند. بیشتر این موتورها حدود ۳۶ درصد از انرژی گرمایی را از طریق سیستم خنک کننده و ۳۸ درصد آن را از طریق دود خروجی هدر می‌دهند. حدود شش درصد نیز به دلیل اصطکاک از بین می‌رود. بسیاری از مهندسان تلاش کرده‌اند تا بازده موتور درون سوز را بالا ببرند اما موفقیت چندانی حاصل نشده است. «پاشش سوخت هیدروژن (Hydrogen Fuel Injection) یا به اختصار HFI روشی است که باعث افزایش بازده سوخت در موتور می‌گردد. این روش منجر به افزایش بهره‌ی اقتصادی بین ۱۵ تا ۵۰ درصد شده است.

مقدار کمی هیدروژن همراه با مخلوط سوخت و هوا منجر به افزایش عدد اکتان و سرعت شعله می‌گردد. این امر به موتور اجازه می‌دهد تا در یک زمان‌بندی مناسب، ضریب انبساط بیشتر و مخلوط رقیق‌تر هوا و سوخت کار کند. نتیجه ایجاد توان بیشتر و آلودگی کمتر خواهد بود. برخی از این سیستم‌ها از یک «الکترولایزر (electrolyzer)» برای تأمین هیدروژن استفاده می‌کنند. در برخی دیگر از موتورها نیز مخزن هیدروژن تعبیه شده است که نیاز به شارژ مجدد دارد. البته اخیراً مطالعاتی در مورد نوع جدیدی از موتور درون سوز مانند «Scuderi Split Cycle Engine» شده است. این موتور مخلوط سوخت و هوا را تا فشار ۱۳۷ بار فشرده می‌کند و احتراق بعد از نقطه‌ی مرگ بالا اتفاق می‌افتد. چنین موتورهایی شاید به بازده ۵۰ - ۵۵ درصد نیز برسند.

۴-۲ نسل جدید از موتورهای احتراق داخلی

۱-۴-۲ سیستم جدید موتورهای احتراق داخلی با پاشش مستقیم:

پژوهشگران صنایع خودروسازی در تلاشند با توسعه‌ی فناوری جدید موتورهای احتراق داخلی پاشش مستقیم، گام مهمی در رفع چالش‌های کمبود سوخت‌های فسیلی و آلودگی محیط زیست بردارند، طرح ساخت موتورهای تزریق مستقیم که در چند شرکت مختلف از جمله بوش آلمان در حال پیگیری است، مانند سیستم‌های gdi و d۴ و hdi. اساس عملکرد این موتورها بر پاشش مستقیم سوخت داخل سیلندر همانند موتورهای دیزلی است. البته با این تفاوت که به مدد گسترش صنعت الکترونیک، امکان استفاده از پشتیبانی برنامه‌های پیچیده نرم افزاری و سخت‌افزارهای پیچیده رایانه‌یی را یافته است.

یکی از مزایای موتورهای تزریق مستقیم، کاهش چشمگیر در میزان مصرف سوخت است که تا حد زیادی به عبور از چالش‌های انرژی‌ها فسیلی کمک می‌کند. افزایش بازده تنفسی (خشک شدن مخلوط سوخت و هوا در سیلندر)، کاهش افت حرارتی در حالت پاشش در هنگام ایجاد مخلوط لایه‌یی، افزایش نسبت تراکم و افزایش حد خودسوزی، کاهش تولید CO۲ و تنظیم دقیق‌تر نسبت هوا به سوخت از دیگر مزایای این موتورهای جدید است.

یکی دیگر از ویژگی‌های فناوری اجرا شده در طرح پاشش مستقیم، عمود شدن دریچه ورودی هوا است که به کنترل بهتر جریان هوا در سیلندر منجر می‌شود. همچنین جهت احتراق بهتر و هدایت سوخت به اطراف شمع تاج سمبه سیلندر، منحنی شکل است و جهت تغذیه افشانه‌ها از پمپ سوخت فشار قوی استفاده شده است. البته افشانه چرخش دهنده‌ی فشار قوی برای داشتن مخلوط سوخت و هوایی مناسب به کار رفته است.

موتورهای تزریق مستقیم در عین این که باعث کاهش مصرف سوخت می‌گردد قدرت خروجی موتور را نیز افزایش می‌دهد. برای این منظور باید زمان‌بندی پاشش سوخت مناسب با بار موتور تغییر کند.

۲-۴-۲- موتورهای درونسوز با موتور با پیستونهای مخالف بدون شمع

خودروسازان این روزها سخت در تلاش هستند تا بتوانند به استانداردهای روز مصرف سوخت و آلایندگی مانند CAPE۲۰۲۵ که ۵۴،۵ مایل به ازای یک گالن مصرف سوخت است، برسند و در حال سرمایه‌گذاری شدید و سنگین بر روی تکنولوژی‌های خودرو مثل خودروهای برقی و واریته‌های آن هستند.

بر اساس پیش بینی Frost & Sullivan، نزدیک به ۱۰۵ میلیون خودروی سبک مسافری در سال ۲۰۲۰ به فروش خواهد رفت که در حدود ۹۸،۶ درصد آن‌ها موتور درونسوز را به همراه (هایبرید و درونسوز) دارند.

موتورهای بنزینی با پیستونهای مخالف مشتعل شونده تحت فشار OPGCI، این پتانسیل را دارند که بازار محرک‌های خودرو را به خاطر تمیز و پربازده بودنشان به کلی به هم بریزند و بازار را به کلی دگرگون کنند. ترکیب این دو تکنولوژی (پیستونهای مخالف و بنزین مشتعل شونده تحت فشار) می‌تواند راه حل قوانین آلایندگی و مصرف سوخت باشد و در دهه‌های روبرو چالش‌های پیش رو را به خوبی پاسخگو باشد.

موتورهای OPGCI ثابت کردند که تکنولوژی‌های پربازده در یک موتور این پتانسیل را دارند که یک موتور را به بازده ۵۰ درصد بیشتر از بازده موتورهای بنزینی معمول درونسوز حال حاضر با توان، گشتاور، نویز، لرزش و سرسختی و ابعاد قابل مقایسه برسانند. این امر با استفاده از تکنولوژی اشتعال تحت فشار با منابع سوختی پرتعداد در دسترس - بنزین - در یک معماری پربازده با پیستونهای مخالف که توسط Achates Power بهبود و توسعه یافته و پالاییده شده است، تحقق می‌یابد.

۲-۵- موتورهای با پیستون مخالف

Achates Power حدود ۱۲ سال در زمینه بهبود موتورهای با پیستون مخالف وقت و انرژی صرف کرده است. طراحی معماری این موتورها به ما بسیاری از چالش‌هایی را که موتور GCI با آن مواجه هست نشان می‌دهد.

موتورهای OP یا پیستون مخالف سرسیلندرها را حذف می‌کند پس بنابراین نسبت سطح به حجم چمبر یا محفظه احتراق را بهبود بخشیده است (یعنی سطح کمتری مرتبط به حجم) تا انتقال حرارت و پس زدن آن را کمتر کند.

این عمل مزایای چندین بار دارد:

حرارت کمتری در سیستم خنک‌کننده هدر می‌رود، انرژی ذخیره شده بیشتری در سوخت تبدیل به کار می‌شود، کاهش انتقال حرارت باعث احتراق زودتر و پربازده‌تر می‌شود و همینطور کاهش پس زدن گرما به خنک‌کننده که منجر به کاهش اندازه سیستم خنک‌کننده و رادیاتور خودرو می‌شود و نتیجتاً این امر در ظاهر خودرو و ضریب درگ آئرونامیکی خودرو به کار می‌آید و آن را هم بهبود می‌دهد. موتورهای OP یا با پیستون مخالف مزیت چگالی توان موتورهای دو زمانه را با کاهش هم جابه‌جایی (کاهش سایز، جرم و هزینه ساخت موتور) و هم شکست فشار موثر متوسط (BMEP) به ارث می‌برند.

۲-۶- خودروی هیبریدی

خودرو هیبریدی خودرویی است که برای حرکت کردن از ترکیب دو یا چند منبع مجزای قدرت استفاده می‌کند. در بیشتر موارد از این نام در اشاره به خودرو برقی دوگانه استفاده می‌شود که در سیستم پیش‌راشه آنها یک موتور احتراق داخلی (معمولاً بنزینی) در کنار یک یا چند موتور الکتریکی قرار دارد و خودرو این قابلیت را دارد که فقط از یکی از این منابع انرژی یا هر دو آن‌ها در کنار یکدیگر استفاده کند.

انواع دیگری از خودروهای هیبریدی هم وجود دارند که از سوخت‌های دیگری چون پروپان، هیدروژن یا انرژی خورشیدی بهره می‌برند. نوع تکنولوژی به کار رفته در ساخت این خودروها بستگی به هدف طراحان خودرو دارد؛ این که آیا خودرو هیبریدی برای بهره‌وری بالاتر در مصرف سوخت، قدرت بیشتر، مسافت طولانی‌تر حرکت با یک بار سوخت‌گیری یا کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای طراحی شده است. این خودروها به خودروهای سبز نیز معروفند.

باک بنزین، سوخت را به موتور بنزینی می‌رساند و باتری‌ها نیز الکتریسیته را به موتور الکتریکی می‌رساند و هر دو موتور بنزینی و الکتریکی هم زمان به سیستم انتقال قدرت متصل می‌شوند. برخلاف بنزین موجود در باک بنزین که می‌تواند فقط به موتور بنزینی سوخت برساند، نقش باتری‌ها در خودروی هیبریدی، ذخیره انرژی برای موتور الکتریکی است.

موتور الکتریکی در خودروهای هیبریدی، هم به عنوان موتور، نیروی محرکه را تأمین می کند و هم به عنوان ژنراتور، برق اتلافی را مجدداً در باتری ذخیره می کند. موتور بنزینی در خودروهای هیبریدی کاملاً مشابه موتور خودروهای عادی است، با این تفاوت که نسبت به آن، پیشرفته تر و آلاینده گی آن کم تر است.

۷-۲- موتورهای هیدروژنی راه نجات موتورهای درون سوز

بر اساس برخی بررسی ها از سال ۲۰۲۰ به بعد، سهم استفاده از موتورهای درون سوز به زیر ۳۰ درصد کاهش می یابد، اما ابتکار جدید در استفاده از سوخت هیدروژن به جای سوخت فسیلی در موتورهای درون سوز تا حدودی بر این پیش بینی سایه افکنده است.

موتورهای گازسوز یکی از راه های حیات موتورهای درون سوز هستند. البته این موضوع تنها در مورد کشورهای دارای گاز طبیعی صدق می کند.

بر اساس بررسی های انجام شده در سال ۲۰۲۰ بیست درصد موتور خودروها گاز سوز خواهند بود، اما راهی که شاید دوباره از سال ۲۰۲۰ به بعد موتورهای درون سوز را بر دشمن خود یعنی موتورهای پیل سوختی برون سوز پیروز کند، استفاده از هیدروژن است.

البته ورود هیدروژن به عنوان سوخت شاید کلید بسیاری از مشکلات بشر از جمله مشکل پایان منابع فسیلی باشد، اما در زمینه استفاده از هیدروژن در موتورهای درون سوز تاکنون بی.ام.و بلندترین گام را برداشته است. مهندسان بی.ام.و خودرو هیدروژنی را با موتور H₂R ساخته اند که با یک آرایش خورجینی و با ۱۲ سیلندر می تواند با بکارگیری سوخت هیدروژن ۲۸۵ اسب بخار قدرت تولید کند.

خودرو جدید بی.ام.و در آخرین رکوردگیری توانسته است به ۳۰۲ کیلومتر بر ساعت دست یابد. موتور جدید H₂R بر مبنای موتور احتراق داخلی بی.ام.و سری ۷ طراحی و برای افزایش رانندگی در این موتور از زمان بندی متغیر سوپاپ ها استفاده شده است. البته به دلیل نوع سوخت هیدروژن و حالت گازی آن، تغییراتی در سیستم سوخت رسانی این خودرو داده شده است. شرکت بی.ام.و قصد دارد بر اساس تجربیات به دست آمده در مدل H₂R گونه ای از خودروهایش را که هم توانایی کارکرد بر روی هیدروژن و هم توانایی کارکرد با بنزین را دارد، بسازد. خودرو هیدروژنی بی.ام.و توسط شرکت تکنوسنتر که از شرکت های زیرمجموعه بی.ام.و است، ساخته شده است. مهم ترین تغییراتی که در اجرای ساختمانی این موتور به نظر می رسد، نوع تزریق سوخت هیدروژن است. البته نوع مواد ساخته شده برای محفظه احتراق هم بسیار جالب است و آلیاژهای به کار رفته در این موتور شاید تا همین امروز هم جزو اسرار بی.ام.و باشد.

مهم ترین تفاوت بین موتور احتراق داخلی بنزین سوز و هیدروژنی در تفاوت ذات این دو سوخت است. در حالی که هیدروژن تحت فشار هوای طبیعی سریع تر از سوخت معمولی مشتعل می شود، اما دمای احتراق آن اندکی کمتر از بنزین است. در داخل موتور، سرعت احتراق بالای مخلوط هیدروژن و هوا، دمای بیشتری در مقایسه با یک موتور بنزینی تولید می کند، بنابراین زمان بندی سوخت نیز باید تغییر کند. جرقه باید به گونه ای زده شود که بهترین فشار در نقطه مرگ بالای پیستون شکل گیرد. یکی از مزایای قابل توجه، فشار احتراق بالاتر از مخلوط هیدروژن و هوا و تولید قدرت بیشتر از همان مقدار انرژی است که در یک موتور بنزینی مصرف می شود؛ یعنی این که موتور هیدروژنی بازده و کارایی بیشتر دارد.

اما آیا راه شرکت بی.ام.و ادامه می یابد؟ در این صورت و اگر روش بی.ام.و موفق از کار در آید، هیدروژن سوخت آینده خواهد بود، چرا که این عنصر به عنوان دومین عنصر موجود در طبیعت بی پایان است و خروجی موتور نیز تنها آب است، اما هنوز برای قضاوت کمی زود است، چرا که آینده قابل پیش بینی نیست.

۸-۲- چشم انداز موتورهای درون سوز

بدون شک طبق نظر کارشناسان و متخصصان حوزه تولید و بازار خودرو، موتورهای درونسوز تا ۴۰ سال آینده حرف اول را خواهند زد. با اینکه هم اکنون بسیاری از سالهای پایانی موتورهای درون سوز صحبت می کنند، اما شواهد نشان می دهد که این موتورها حداقل تا ۴۰ سال آینده نیز پیشران اصلی خودروها و وسایل نقلیه هستند. البته فن آوری های بسیاری در

سال های آینده برای بهبود این موتور های استفاده خواهد شد. در سال گذشته بیش از یک و نیم میلیون خودرو در کشور تولید شد که قوای محرکه همه آن ها موتور احتراق داخلی بود. با این اوصاف گردش مالی موتور احتراق داخلی در صنعت خودرو نزدیک به دو میلیارد دلار برآورد می شود. اگر چه در ارتباط با نیاز سالانه موتور احتراق داخلی در حمل و نقل ریلی، تولید برق، حمل و نقل دریایی، خودروها و ناوهای جنگی آمار مشخصی در دسترس نیست، اما با توجه به وسعت کاربری، هزینه های بالای تعمیر و نگهداری و افزایش هزینه های ناشی از اعمال محدودیت در تامین آن ها و با بررسی آمارهای نه چندان منسجمی که در این ارتباط وجود دارد، مجموع گردش مالی موتور در این حوزه ها دست کم یک میلیارد دلار است؛ بنابراین گردش مالی صنعت موتور احتراق داخلی کشور نزدیک به سه میلیارد دلار برآورد می شود. در کنار این گردش مالی قابل توجه، اهمیت استراتژیک موتور احتراق داخلی در صنایع غیر خودرویی به ویژه صنایع نظامی نباید فراموش شود. البته موتور احتراق داخلی در دهه های اخیر با چالش های جدی در زمینه آسیب رسانی به کیفیت هوا و گرمایش جهانی روبرو شده و به نوعی بقاء آن در آینده با تردید روبه روست. از این رو در سال های اخیر با تبلیغات وسیعی در زمینه رشد و گسترش خودروهای نوین همچون خودروهای برقی مواجه هستیم؛ به گونه ای که بعضی به جایگزینی کامل قوای محرکه برقی بجای موتور احتراق داخلی در آینده ای نه چندان دور خوش بین هستند. گرچه توسعه قوای محرکه نوین با جدیت در کشور پی گیری می شود و در تئوری و حتی از لحاظ فنی این جایگزینی امکان پذیر است، اما واقعیت های اقتصادی، داستان دیگری را بیان می کند. برای آنکه فاصله بین شعار تا واقعیت را لمس کنیم می توانیم سری به وبگاه دولتی انگلیس به آدرس www.vca.gov.uk بزنیم و آخرین آمار مدل خودروهای قابل عرضه در هر سال را در بازار اروپا را مرور کنیم. بر اساس اطلاعات و آمار این وبگاه در سالهای اخیر، مجموعاً چهار هزار و ۴۴۵ مدل خودرو به بازار اروپا عرضه شده که از این میان تنها ۳۱ مدل آن یعنی کمتر از هفت دهم درصد از نوع دو نیرو (موتور احتراق داخلی به همراه موتور برقی) بوده و هیچ خودروی تمام برقی در دسترس نیست. با این همه هیاهو و تبلیغات در زمینه خودروهای برقی و رونمایی مداوم از انواع مدل های برقی در نمایشگاه های بین المللی، شاید این آمار باورکردنی نباشد اما واقعیت خودروهایی که تولید و عرضه انبوه آن ها تاکنون تحقق یافته همین است. با طرح این سوال که اگر خودروهای برقی از لحاظ زیست محیطی ارجحیت دارند و تولید آن ها نیز از لحاظ فنی امکانپذیر است و مدیران خودروسازی ها بزرگ نیز خود را ملزم و متعهد به تولید خودروهای دوست دار محیط زیست می دانند، چرا روند رشد این نوع خودروها کند است؟ به نظر جواب این سوال بیشتر از آنکه فنی باشد، فلسفی و اقتصادی است و در خواسته ذاتی بشر برای انباشت هر چه بیشتر ثروت نهفته است. مقدار و اندازه پارامترهایی که در کسب ثروت نقش دارند در هر موقعیت زمانی و مکانی به گونه ای تعیین می شود که روند صعودی ثروت را تضمین کند و هنوز راه درازی در پیش است تا موجودی بهتر از موتور احتراق داخلی این موضوع را در صنعت خودرو تضمین کند. تغییر موقعیت استراتژیک موتور احتراق داخلی در صنعت حمل و نقل که همانند اسکلت بدن انسان در جوامع امروز نقش ایفا می کند، بر اساس چهار متغیر اصلی ذیل شکل می گیرد که شامل قیمت و رقابت انواع دیگر انرژی در مقایسه با انرژی سوخت های فسیلی، نوآوری در فناوری های قوای محرکه جدید، سرمایه گذاری مورد نیاز و در نهایت قیمت تمام شده آن ها در مقایسه با موتور احتراق داخلی، چالش آلودگی منطقه ای و گرمایش جهانی و حجم سرمایه گذاری های قبلی در صنعت موتور احتراق داخلی است. اگرچه انرژی باد، آب های جاری، زمین گرمایی، خورشید و هسته ای بالقوه قابلیت جایگزینی انرژی سوخت های فسیلی در وسایل حمل و نقل را دارند اما آن ها با چالش هایی روبرو هستند. به جز انرژی خورشید نمی توان امکان استفاده مستقیم منابع دیگر انرژی در خودروها را متصور شد و فقط از طریق ذخیره سازی به صورت الکتریسیته شرایط استفاده غیر مستقیم از آن ها فراهم خواهد شد که البته فرایند تبدیل، انتقال و ذخیره سازی به هر حال هزینه بر است و تلفاتی هم دارد. در آینده نزدیک شرایط رقابتی مناسبی برای برق حاصل از انرژی خورشیدی و زمین گرمایی در مقایسه با انرژی سوخت های فسیلی امکان پذیر نیست و اگر روند خوشبینانه ای که در مورد ارزان سازی این نوع انرژی ها پیش بینی شده محقق شود و البته منابع جدید سوخت های فسیلی کشف نشود ممکن است از سال ۲۰۴۰ به بعد قیمت برق آن ها به قیمت برق سوخت فسیلی نزدیک شود. مقدار برق تولیدی حاصل از منابع آب های جاری دنیا محدود و تقریباً ثابت بوده که البته پیشاپیش برق

آن به محل های مصرف ضروری تری مانند مصارف خانگی و تولیدی اختصاص داده شده است. همچنین بر خلاف تصور اولیه ای که در مورد پاک بودن این نوع انرژی وجود داشت، امروزه بسیاری عقیده دارند در مناطق وسیعی از دنیا مثل خاورمیانه که از محدودیت منابع آبی رنج می برند، روی آوردن به این نوع انرژی به واسطه تغییرات وسیع و پایداری که در محیط زیست و اکوسیستم جغرافیایی آن مناطق ایجاد می کند تصمیم چندان صحیحی نیست.

انرژی هسته ای که به عنوان مهمترین منبع تامین برق در قرن ۲۱ پیش بینی شده، پس از فاجعه چرنوبیل و به ویژه فاجعه اخیر ژاپن به شدت مورد تردید قرار گرفته است و در کمال ناباوری آلمان به عنوان یکی از مهم ترین کشورهای صنعتی دنیا برچیدن آن طی ۱۰ سال آینده را به تصویب رسانده است، لذا از نقطه نظر منابع انرژی بدلیل چالش های ارزان سازی و ایمن سازی انواع دیگر انرژی و کشف منابع جدید سوخت های فسیلی فراتر از پیش بینی های قبلی و تمرکز این منابع در منطقه خاورمیانه که به صورت تاریخی تعارضات جدی با تمدن مسلط امروزی دارد و بنابراین مصرف و تخلیه کامل این منابع استراتژیک می تواند به عنوان یک راهبرد منطقی و عقلانی غرب مد نظر باشد، دست کم در نیمه اول این قرن حیات موتورهای احتراق داخلی با خطر روبرو نیست.

در ۱۰۰ سال اخیر صنعت و ارتباطات به واسطه نوآوری و خلاقیت انسان دچار تغییرات و دگرگونی های سرسام آوری که قبلا قابل تصور نبود، شده است. لذا اگر امروز در مورد آینده هر صنعتی از جمله قوای محرکه خودرو این پرسش مطرح شود که ابداعات و نوآوری های آینده چه سرنوشتی برای موتورهای احتراق داخلی رقم می زند، کسی نمی تواند پاسخ مسلم و قطعی به این پرسش داشته باشد. ممکن است نوآوری در سبک حمل و نقل، شکل خودروهای فعلی را به کلی دگرگون کند و یا قوای محرکه ارزان تر و کاراتر از موتور احتراق داخلی را برای خودروها به ارمغان آورد. بر مبنای داده های موجود و با در نظر گرفتن مجموع فعالیت های تحقیقاتی و تجاری سازی فناوری های جدید در حوزه قوای محرکه جایگزین موتور احتراق داخلی، باید گفت به واسطه قیمت تمام شده بالا و نیاز به سرمایه گذاری های هنگفت برای ایجاد زیرساختهای تولیدی قوای محرکه جدید، روند جایگزینی تدریجی است و حذف موتور احتراق داخلی در صنعت حمل و نقل طی چند دهه آتی امکان پذیر نیست. آلاینده های خودرو که عمده ترین آن ها منواکسید کربن، هیدروکربن ها، اکسیدهای ازت و ذرات معلق هستند، مطابق با استانداردهای روز کشورهای توسعه یافته به شدت محدود شده اند، به گونه ای که چالش خاصی برای کیفیت هوای آن مناطق وجود ندارد. از این رو روند محدود سازی انتشار آلاینده های خودرو از طریق وضع استانداردها، به صورت منطقی و در دوره های ۴ تا ۵ ساله به صورت تدریجی سخت گیرانه تر می شود که چالش عمده ای برای خودروهایی که از موتور احتراق داخلی استفاده می کنند ایجاد نمی کند. حتی اگر در نهایت این استانداردها عدم وجود آلاینده های در گازهای خروجی خودروها (Zero Emission) را در آینده به صنعت خودرو تحمیل کند، راه حل فنی آن با وجود استفاده از موتور احتراق داخلی وجود دارد و در عین حال از لحاظ اقتصادی نیز در مقایسه با قوای محرکه دیگر می تواند رقابت پذیر باشد. ۱۱ مدل خودرویی که داوطلبانه سطح استاندارد یورو ۶ را در دنیا رعایت کرده اند از موتور احتراق داخلی دیزلی استفاده می کنند. در ارتباط با انتشار دی اکسید کربن و گرمایش جهانی مادامی که منبع اصلی تامین انرژی خودروهای برقی سوخت فسیلی باشد، بعید است استفاده مستقیم از موتور احتراق داخلی در خودرو با چالش بزرگی روبرو شود، اما اگر منابع اصلی تامین برق این خودروها خورشید، هسته ای، باد یا آب های جاری باشد، قطعاً موتور احتراق داخلی با چالش های زیادی روبرو خواهد شد. اما در اینجا علامت سوال بزرگی وجود دارد که بنگاه های اقتصادی به چه میزان راضی به کاهش سود خود در قبال تعهد به کاهش گازهای گلخانه ای هستند؟

مرور معاهدات نه چندان الزام آور بین المللی بیانگر آن است که فرصت کافی به صنعت خودرو دنیا داده شده تا با توسعه و به کارگیری فناوری های جدید بر روی موتورهای احتراق داخلی به حیات آن تداوم دهند. بر اساس اطلاعات وبگاه بورس نیویورک، سرمایه ثابت شرکت GM بالغ بر ۲۷۰ میلیارد دلار است و اگر چه تفکیک سرمایه هایی خطوط تولید از دیگر سرمایه های ثابت در دسترس نیست، اما می توان حدس زد که سرمایه های تولیدی دست کم می تواند در حدود ۲۰۰ میلیارد دلار باشد و با توجه به آنکه سرمایه های بخش موتور به همراه مجموعه های متاثر از آن مثل جعبه دنده معمولاً ۲۰ تا

۲۵ درصد سرمایه گذاری خودروسازان را شامل می شود، برآورد می شود سرمایه ثابت GM مرتبط با موتور احتراق داخلی در حدود ۵۰ میلیارد دلار باشد. مجموعه قطعات موتور و مجموعه های جانبی آن از بیش از چند صد قطعه تشکیل می شود که تعداد انگشت شماری از آن ها که البته از نظر ارزشی و عملکردی کلیدی هستند توسط خودروساز تولید و مابقی از سازندگان خریداری می شود. گرچه نمی توان از میزان سرمایه تولید قطعه سازانی که قطعات قوای محرکه GM را تامین می کنند، برآورد دقیقی ارائه کرد اما بر اساس شواهد کلی که در ارتباط با نسبت کلی سرمایه قطعه سازان نسبت به خودروسازان در دسترس است، احتمال دارد سرمایه سازندگان GM در حوزه قوای محرکه بیش از ۲۰۰ میلیارد دلار باشد و به عبارت دیگر مجموع سرمایه GM و سازندگانش در حدود ۲۵۰ میلیارد دلار است و حال اگر این نکته را مد نظر قرار دهیم که سهم GM در صنعت خودرو دنیا کمتر از ۱۰ درصد است، باید اذعان کنیم که در حال حاضر حدود دو و نیم تریلیون دلار سرمایه تولیدی در صنعت موتور خودرو فعال است. بر فرض که از منظر آلودگی منطقه ای، گرمایش جهانی و استفاده بهینه از انرژی، تداوم حیات موتور احتراق داخلی با بن بست مواجه شود، تکلیف این دو و نیم تریلیون دلار چه می شود؟ ظرفیت اقتصاد دنیا برای چشم پوشی از آن چه میزان است و در یک دوره چند ساله می تواند آن را مستهلک کند؟ وی تاکید کرد: به این نکته توجه کنید که امکانات تولیدی موجود نمی تواند بدون سرمایه گذاری جدید و به روز کردن آن به حال خود رها شود و فقط به خوراندن مواد اولیه و تحویل گیری قطعه اکتفا کرد تا در نهایت مستهلک شود، زیرا استانداردها و الزامات قانونی مدام سختگیرانه تر و خواسته های مشتریان نیز در این بازار به شدت رقابتی، هر روز ارتقاء می یابد و بیش از ۹۹ درصد از ظرفیت تولیدی خودروسازان برای پاسخگویی به این خواسته ها بر پایه موتور احتراق داخلی است و سرمایه گذاری در حوزه های جدید تدریجی است. البته سرمایه های فیزیکی تولید فقط بخشی از ماجرا است و نباید سرمایه نیروی انسانی متخصص فراموش شود. در شرکت GM هم اکنون بین ۴۰ تا ۵۰ هزار نفر در حوزه های مرتبط با موتور احتراق داخلی کار می کنند که بخش عمده آن ها در زمینه موتور احتراق داخلی مهارت دارند و با جابجایی حوزه کاری نقش کلیدی خود را از دست می دهند و اساسا دیگر متخصص آن حوزه محسوب نشده و ارزش خود را از دست خواهند داد. پرسش اینجا است که آیا جایگاه این محصول کلیدی از سوی مسئولین به طور کامل شناخته شده است یا نه؟ متأسفانه جواب این سوال مثبت نیست زیرا تقریباً تمام موتورهای احتراق داخلی غیر خودرویی وارداتی است و در صنعت خودرو نیز عموماً به ایجاد خط همبندی موتورهای طراحی و تولید شده توسط خودروسازان دیگر و حداکثر در دست گرفتن زنجیره تامین قطعات با تکیه بر خودکفایی قطعات در داخل اکتفا شده است. بنابراین به باور ما سیاست گذاری کشور در این حوزه از عدم جامع نگری و درک اهمیت و جایگاه صنعت موتور رنج می برد.

۳- ثبت تجربیات خودروسازی سایپا سیتروئن و آیتهمای مورد واکاوی:

با توجه به حضور شرکت خودرو سازی سیتروئن فرانسه در سایپا کاشان و راه اندازی شرکت مشترک سایپا سیتروئن در سالهای اخیر، برای اولین بار خط تولید بسیار مجهزی برای تولید موتورهای درونسوز راه اندازی شده است که با استفاده از جدیدترین تکنولوژی های روز دنیا همراه میباشد. لذا با توجه به تجربیات بسیار مثبت و موفقیتی که نگارندگان این مقاله در حوزه راه اندازی این خط تولید در سایت تولیدی کاشان داشته اند، برخی از مواردی که سبب بهبود خروجی تست های آزمایشگاهی تولید این موتور ملی با نام EC۵ شده است بشرح ذیل ارائه می گردد:

۳-۱- استفاده از قالبسازی با جنس فوم

ریخته گری یک فرایند تولیدی با مصرف انرژی بالا است که در ذوب شدن صنایع ریخته گری فلزات و آلومینیوم نیاز به گاز طبیعی و و برق دارد. گسل های بالاتر از حد قابل قبول و میزان ضایعات در فرایند ریخته گری فوم برای موتور پیچیده L۶۱ قبلاً ناشی از عدم توانایی برای کنترل و اندازه گیری ضخامت پوشش مقاوم در برابر حرارت و کنترل اندازه ذرات و شکل شن و

ماسه بدون سربار بوده است. ریخته گری های معیوب Remelting به هزینه کلی انرژی، انتشار و استفاده از منابع افزوده می شود.

با استفاده از قالبهای با جنس فوم، فرآیند تولید و ریخته گری بهبود یافته، مصرف انرژی، ضایعات و انتشار گازهای گلخانه ای را کاهش می دهد، این در حالیستکه هزینه های محصول نیز کاهش می یابد.

فرآیند ریخته گری فوم با یک الگوی فوم از محصول نهایی مورد نظر ساخته شده از دانه های پلی استایرن شروع می شود. الگوی فوم با یک فیلم مقاوم در برابر نازک پوشیده شده و به شن و ماسه خشک و بدون انبساط که توسط ارتعاش فشرده شده قرار می گیرد. فلز ملایم ریخته شده به ریخته گری شن و ماسه، تبخیر می شود و فوم را جایگزین می کند، تولید ریخته گری فلز تقریباً مشابه با الگوی فوم است. بخار فوم از طریق منافذ در پوشش نسوز و شن و ماسه عبور می کند. این فرایند امکان اتصال چندین اجزا را در یک ریخته گری مجزا فراهم می کند، بنابراین ماشینکاری و مونتاژ پایین دست را کاهش می دهد. شرکت جنرال موتورز ابزاری دقیق برای اندازه گیری ضخامت پوسته خشک و توزیع اندازه ذرات، اندازه گیری دقیق اندازه و شکل شن و ماسه مورد استفاده در ریخته گری و بهتر درک رئولوژی پوشش ها. رئولوژی بر روی هر دو ضخامت پوشش و یکنواختی روی الگوهای فوم تاثیر می گذارد. ضخامت پوشش، نفوذپذیری مواد پس زمینه گلاستیک Expanded Polystyrene را کنترل می کند که به طور مستقیم با نقص های ریخته گری مانند تخلخل و چین ها مرتبط است. بنابراین، اندازه گیری خواص رئولوژیکی پوسته گمشده فوم برای به حداقل رساندن نقص های ریخته گری حیاتی است.

۲-۳- بلوک سیلندر آلومینیومی

استفاده از بلوک سیلندرها یا آلومینیومی در موتورهای درونسوز از جمله مواردی است که مزایای بسیاری در خروجی بهینه و افزایش راندمان، دارد. بزرگترین تفاوتی که میتوان برای استفاده از بلوک سیلندرها آلومینیومی نسبت به بلوکهای گذشته نام برد، کاهش وزن است. وزن موتور با آلیاژ آلومینیوم می تواند به کمتر از نصف وزن موتور چدن تقلیل یابد. وزن کل موتور در مجموع نسبت به خودرو بالا نیست، اما نسبت موتور را نمی توان نادیده گرفت. تاثیر مستقیم کاهش وزن در افزایش عملکرد سوخت است. وزن موتور نیز به طور مستقیم بر عملکرد رانندگی خودرو تاثیر می گذارد. از آنجایی که بیشتر خودروها درایو جلو هستند، مانند وزن کابین جلو بسیار سنگین است، چرخاندن وسیله نقلیه باعث فرمان بیش از حد می شود و فاصله ترمز نیز افزایش می یابد.

مزایا: وزن نیمی از موتور را می توان به راحتی کاهش داد، به طور موثر می تواند باعث کاهش مصرف سوخت و بهبود عملکرد جابجایی شود. اما در این حین نادیده نگیریم که استفاده از آلومینیوم اندکی قیمت تمام شده خودرو را نیز بالاتر برده است و لی در مجموع با توجه به هدفی که در راستای بهینه سازی مصرف سوخت داشته ایم، با صرفه و توجیه اقتصادی سنجیده شد.

۳-۳- پمپهای پیستون محوری متغیر (Variable Displacement Axial Piston Pump)

در این نوع پمپ ها روغن با توجه به تکنولوژی جدید استفاده شده نسبت به پمپ های معمولی راندمان بهتری دارند بدین صورت که در ابتدا شروع به کار موتور و روان نبودن روغن موتور راندمان پایینی داشته که برای جبران این کار از موتورهای با توان بیشتری استفاده میگردد ولی در مرحله ای که موتور به اندازه کافی گرم شد توان تولیدی پمپ روغن بیشتر از نیاز مورد نیاز موتور میباشد. در نتیجه با استفاده از پمپ های پیستون محوری متغیر میتواند توان تولیدی یکنواخت داشت. که این موضوع در راستای استفاده در موتور های درونسوز بسیار بهینه بوده و ضمن کارایی بهتر از سطح الایندگی موتور و نتیجتاً خودرو نیز می کاهد.

۳-۳-۱ - بهینه سازی مصرف سوخت با پمپهای روغن کارا:

با توجه به مقررات بازار و دولت، خودروسازان را برای بهبود انتشار گازها و مصرف سوخت، به ارزیابی تمام فرصت ها در موتور سیستم برای کاهش تلفات اهتمام می ورزند. پمپ روغن یکی از اجزای مهمی است که توان موتور را مصرف می کند، زیرا آن را از طریق تامین روغن در فشارهای صحیح اجزای موتور از سایش اصطکاکی و گرمای بیش از حد محافظت می کند. پمپ های روغنهای فعلی مورد استفاده در خودروهای بازار کشورمان، در حال حاضر در اکثر خودروها، روغن را حمل می کنند. طراحان معمولاً پمپ ها را بیش از حد کنترل می کنند تا سخت ترین شرایط کار موتور را اداره کنند. اغلب اوقات، آنها قدرت بیشتری مصرف می کنند و فشار روغن را به میزان قابل توجهی افزایش می دهند. آنها دریچه های کنترل کننده دهنده فشار را به عنوان یک راه حل اولیه، مقرون به صرفه و قابل اعتماد برای جلوگیری از فشار زیاد بیش از حد روغن استفاده می کنند. اما این طرح ها ناکارآمد هستند، زیرا سبب از دست دادن مقادیر قابل توجهی از انرژی در جریانهای بالای روغن معمولی در موتورهای احتراق داخلی می شود.

ارائه جریان روغن خاص و هدایت شده:

پمپ های متغیر مخلوط روغن، به کم کردن هزینه های انرژی کمک می کند. کنترل فعال آنها مطابق با جریان روغن و فشار موتور نیاز است، حذف جریان بیش از حد روغن، به طور قابل توجهی کاهش بار انگلی در میل لنگ موتور، و در نهایت صرفه جویی در سوخت را منجر می شود.

در پمپ های جابجایی متغیر، تغییر جابجایی حجم جریان را کنترل می کنند. طرح پمپ های پره ای، دارای کنترل های هیدرولیکی و الکتریکی و عملگرهایی هستند که حرکت موتور پمپ را انجام می دهند و بی ثباتی روتور را تغییر می دهند. سیگنال های کنترل الکترونیکی و دریچه های کنترل solenoid مقدار فشار را به عنوان شرایط عملیاتی تعیین می کنند.

۳-۴ - کاسه نمدها

کاسه نمدها که در قسمتهای مختلف خودرو بالاخص موتور استفاده میشود بدلیل ویژگی کاربردی خاصی که دارند بر عملکرد بهینه خودرو تاثیر فراوان میگذارند. اما متأسفانه تاکنون هیچ شرکتی در کشورمان توان تولید این قطعه را نداشته و الزام بر واردات کالاهای بی کیفیت را داریم. در واقع هم اکنون داخلی سازی کاسه نمدهای متعلق به موتور در کشور ما قابلیت انجام ندارد. اما چرا؟

جنس، تکنولوژی تولید، سرمایه گذاری سنگینی اولیه، پایین بودن ضریب مصرف، مسایل و محدودیت های سیاسی حاکم بر اقتصاد خودرو، از جمله مواردی هستند که تاثیر مستقیم بر طراحی و تولید کیفی کاسه نمدها در موتور بوده و بر عملکرد بهینه موتور تاثیر بسیار مثبت و مستقیم دارد و متأسفانه بدلیل فوق هنوز صنعت ما توانایی تکنولوژی تولید کاسه نمدهای موتورهای درونسوز را نداشته و این موضوع اسباب عدم کنترل و بهینگی این قطعه را برای ما فراهم آورده است. مخصوصاً به کاسه نمدهای سر میل لنگ و میل بادامک میتوان اشاره کرد که بازار مصرفی بالایی دارند.

در مجموع از آنجایی که کاسه مصرفی در بازار از طریق شرکتهای چینی به دلیل تحریمها تامین میگردد، آنها فاقد کیفیت لازم بوده و با داخلی سازی میتوان قطعات بهتری تولید نمود.

۳-۵ - واترپمپ

گروه های خودروسازی PSA و BMW برای کاهش انتشارات گازهای گلخانه ای مضر، یک سیستم پمپ آب منحصر به فرد را توسعه داده اند. با توجه به چرخ اصطکاکی که می تواند مکانیکی و الکتریکی جدا شود، پمپ آب فقط در صورت نیاز فعال می شود. این بدان معنی است که مایع خنک کننده تا زمانی که موتور به دمای عملیاتی ۱۰۳ درجه سانتیگراد رسیده و میزان مصرف سوخت را در حدود یک درصد کاهش دهد، گردش نمی یابد. علاوه بر این، ایمنی وسیله نقلیه در فصل زمستان افزایش می یابد؛ زیرا فعال شدن بعد از پمپ آب باعث می شود که واحدها و قطعات مرتبط به رانندگی در طول مسیر، سریع تر گرم شوند و هر برف و یخ روی شیشه ذوب شود.

در طول عملیات، فشار اعمال شده توسط چرخ اصطکاک ممکن است باعث اصطکاک در برخی مناطق از سطح ولکانیزه چرخ درایو پمپ آب شود، و باعث می شود آن را در مکان های مختلف پوشانده شود. هنگامی که ماشین در حال رانندگی است، این می تواند به عنوان صدای بسیار با صدای فلزی شبیه به بلبرینگ های میل لنگ آسیب دیده شنیده شود. این بر تمام موتورهای بنزینی با توربوشارژر و تزریق مستقیم (۱۰۵ کیلو وات) تولید سالهای اخیر تاثیر می گذارد. همچنین بشدت توصیه می شود هنگام تعویض پمپ ها حتما کلیه قطعات و اتصالات مرتبط نیز حذف شوند.

۴- نتیجه گیری:

در دهه اخیر، به منظور تولید محصولات داخلی و خودروهای کاملاً بومی، سرمایه‌گذاری بسیاری در کشورمان انجام شده، اما به نظر می‌رسد که فعلاً خودروسازان ایرانی برای رسیدن به شرایط خودروسازان خارجی راه زیادی در پیش دارند و نیازمند سرمایه‌گذاری‌های بیشتری در این صنعت هستند که یکی از این سرمایه‌گذاریها در خصوص تولید موتورهای درونسوز با مصرف و سطح آلایندگی بهینه می‌باشد. هرچند با ورود و رشد صنعت خودروهای هیبریدی تداوم تولید و استفاده از موتورهای درونسوز در هاله‌ای از ابهام از سوی برخی کارشناسان قرار گرفته است ولی در واقع با توجه به هزینه‌های بالای تولیدی خودروهای غیر فسیلی و همچنین محدود بودن توان تولید انرژی آن در جوامع و همچنین قدرت پائینتر پیشران‌های آنها، بصورت منطقی حداقل تا ۴۰ سال آینده روند مصرف موتورهای درونسوز را شاهد بوده اما صنعت بایستی بدنبال بهینه‌سازی مصرف و خروجی قدرت آنها باشد.

بدون شک طبق نظر کارشناسان و متخصصان حوزه تولید و بازار خودرو، موتورهای درونسوز تا ۴۰ سال آینده حرف اول را خواهند زد. با اینکه هم اکنون بسیاری از سالهای پایانی موتورهای درون سوز صحبت می کنند، اما شواهد نشان می‌دهد که این موتورها حداقل تا ۴۰ سال آینده نیز پیشران اصلی خودروها و وسایل نقلیه هستند. البته فن‌آوری‌های بسیاری در سال‌های آینده برای بهبود این موتورهای استفاده خواهد شد.

در مجموع استفاده از تجربیات مثبتی چون اصلاح ساختار ریخته‌گری موتورها، تغییر جنس سرسیلندرها از چدن به آلومینیومی، واترپمپها، پمپهای روغن و ... طبق نتایج تست های موتور و خودرویی اسباب خروجی بهینه موتورهای درونسوز تولیدی در کشورمان را در شرکت‌هایی چون سایپا سیتروئن نشان می‌دهد.