ماهنامه رهیافتی در مدیریت نفت و گاز
دوره ۱، شماره ۱ (پیاپی:۱)، خرداد ۱۳۹۹
صفحات ۳۶-۲۸

آنالیز و تحلیل سرسیلندر موتورهای بنزینی با استفاده از سیمولیشن حرارتی نرم افزار سالیدورک

میلاد فراهانی علوی[۱]، وحید مرادی[۲*]، حامد رستمی[۳]، حسین کامیار[۴]

۱- گروه مهندسی مکانیک، همدان
۲- گروه مهندسی خودرو، بندر انزلی
۳- گروه مهندسی خودرو، بندر انزلی
۴- گروه مهندسی خودرو، بندر انزلی

چکیده

روش های تجربی و آزمایشگاهی در صنایع خودروسازی، معمولا بسیار پرهزینه و زمان بر است. در دهه های اخیر روش اجزای محدود نقش مهمی در طراحی و توسعه قطعات خودرو ایفا نموده است یکی از قطعات مهم خودرو ها، سرسیلندر است. سرسیلندر، محفظه احتراق پیستون را ایجاد کرده و سوپاپ ها، بادامک ها و سایر اجزای تایمینگ بر روی آن نصب می شود. با توجه به شرایط کارکرد سیستم خنک کاری موتور دما، فشار و سرعت مایع خنک کننده، جنس و زبری سطح بر میزان انتقال حرارت از بدنه به سیال خنک کاری اثر دارد. میزان انتقال حرارت به ضریب انتقال حرارت و اختلاف دمای سطح و سیال خنک کاری بستگی دارد . در این تحقیق اثرات انتقال حرارت در سرسیلندر موتورهای بنزینی با استفاده از نرم افزار سالیدورک مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. همچنین تنش های حرارتی به وجودآمده در آن مورد بررسی قرار می گیرد. مطالعه نتایج آشکار می کند، نقاطی که تنش بیشتری دارند رنگ قرمز نشان داده شده و به آب بندی بیش تری نیاز دارند.

واژگان کلیدی: سرسیلندر، سالیدورک، اثرات انتقال حرارت،تنش

ماهنامه رهیافتی در مدیریت نفت و گاز
دوره ۱، شماره ۱ (پیاپی:۱)، خرداد ۱۳۹۹
صفحات ۳۶-۲۸

۱- مقدمه

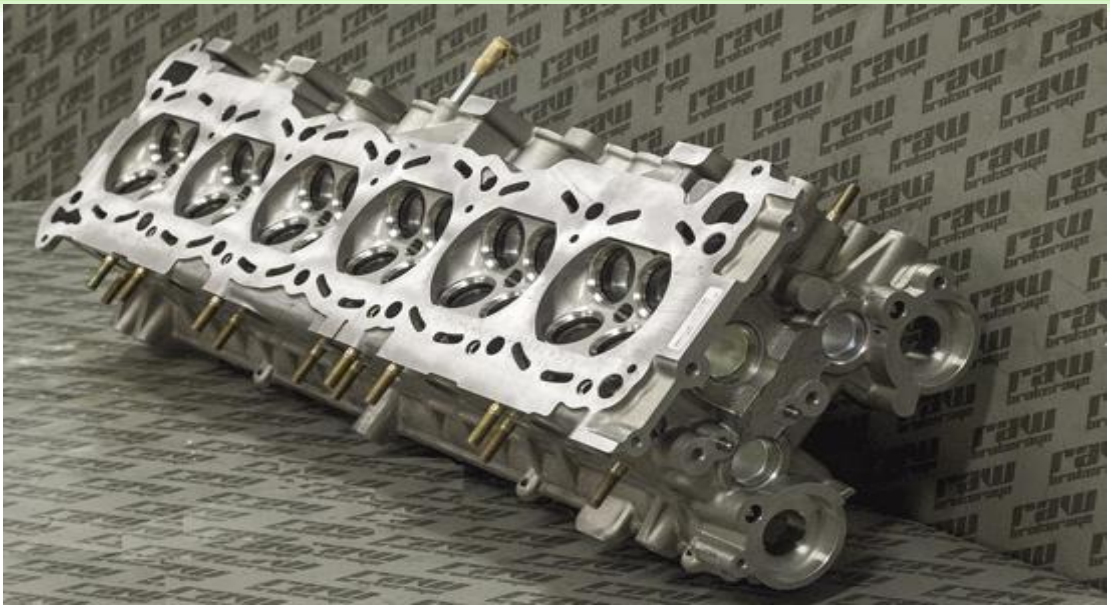
یکی از قسمت های اصلی موتور خودرو سرسیلندر آن می باشد و سرسیلندر در قسمت بالایی موتور قرارگرفته است که مجموعه سوپاپ و منیفولد هوا بر روی این قطعه مونتاژ می شوند. اگر یک سرسیلندر تحت حرارتی بیش از حد تحمل خود قرار گیرد(که کاملا بسته به کیفیت سرسیلندر و مواد تشکیل دهنده آن دارد) اصطلاحا می گویند که سرسیلندر سوخته است. در واقع همان پیچش و تغییر شکل در اثر حرارت بیش از اندازه را سوختن می گویند که معمولا منجر به تعویض سرسیلندر می شود. محمدی و همکارانش [۸-۱] عیب یابی سر سیلندر خودرو با استفاده از امواج مکانیکی و هوش مصنوعی را مورد بررسی قرار دادند آنان در این آزمایش روشی نو جهت استفاده از شبکه عصبی مصنوعی بر پایه عیب یابی سرسیلندر خودرو پراید به کمک امواج مکانیکی ارائه دادند و سرسیلندر خودرو با جزئیات کامل مدلسازی شده را در نرم افزاربه روش المان محدود مدلسازی کرده اند و سپس برای تایید و اعتبار سنجی به مدل اجزاء محدود، قطعه تحت تست مودال قرار گرفته و بعد از تایید مدل شبیه سازی عیب ها بر روی مدل اجزاء محدود انجام شده است. با شبیه سازی اعمال نیرو بر مدل (FEM) سیگنال شتاب – زمان دو مدل سالم و معیوب برای هر عیب محاسبه می شود.

در این تحقیق اثرات انتقال حرارت در سرسیلندر موتورهای بنزینی با استفاده از نرم افزار سالیدورک مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. همچنین تنش های حرارتی به وجودآمده در آن مورد بررسی قرار می گیرد. مطالعه نتایج آشکار می کند، نقاطی که تنش بیش تری دارند با رنگ قرمز نشان داده شده و به آب بندی بیش تری نیاز دارند.

۲- عملکرد سرسیلندر

یکی از تولیدات کمپانی‌های تولید قطعات خودرو، تولید انواع سرسیلندر می‌باشد. سرسیلندرها با استفاده از مواد با کیفیتی همچون آلومینیوم و انواع آلیاژ آلومینیوم و چدن تولید و با استفاده از آخرین روش‌ها و تکنولوژی‌های قالب گیری، ساخته می‌شوند. اما به هر حال این قسمت از هر جنسی که ساخته شود، دارای یک محدوده تحمل فشار محدودی است و مسلما گذر از حد استاندارد، صدمات زیاد و هزینه‌بری به آن وارد می‌کند. یکی از قسمت های اصلی موتور خودرو سرسیلندر آن می باشد و در قسمت بالایی موتور قرار گرفته که مجموعه سوپاپ و مانیفولدها بر روی این قطعه مونتاژ می شوند. بر طبق قوانین فیزیک حرکت جریان گرما معمولاً به سمت بالا می باشد. به این دلیل که محفظه احتراق موتور (گرم ترین قسمت موتور) در داخل سرسیلندر قرار دارد، این قطعه باید بتواند در حین کار کردن حرارت بسیار زیادی را تحمل کند. مهم‌ترین عاملی که روی ساختار آن تاثیر مستقیم می‌گذارد، افزایش دمای حاصل از وارد آوردن فشار غیرمجاز است که عیوبی چون تاب برداشتن را به همراه دارد. اگر در هنگام باز و بسته‌کردن سرسیلندر، ترتیب بستن پیچ‌ها را رعایت نکنید و آنها را بیش از حد سفت کنید، اگر هنگام گرم بودن پیشرانه، اقدام به بازکردن پیچ‌های سرسیلندر کنید و باز هم اگر طی مدتی به طور یکسره خودرو را تحت فشار قرار دهید، باید منتظر باشید سرسیلندر خودرویتان تاب برداشته و عملا بلااستفاده شود. همچنین در سرسیلندر مسیرهای جریان آب و روغن وجود دارد تا هم بتوان حرارت را در آن کنترل کرد، هم بتوان روغن مورد نیاز برای مجوعه سوپاپ‌ها و ادواتی که نیاز به روغنکاری دارند را به آن‌ها ارسال کرد.

ماهنامه رهیافتی در مدیریت نفت و گاز
دوره ۱، شماره ۱ (پیاپی:۱)، خرداد ۱۳۹۹
صفحات ۳۶-۲۸



شکل۱: نمایی از سرسیلندر موتور خودرو

عیوب سرسیلندر:

۱- تاب برداشتن از عیوب متداول کلیه سرسیلندرها می باشد . عواملی مانند بیش از حد گرم کردن موتور یا سوختن واشر سرسیلندر و یا نامیزان سفت کردن پیچ های سرسیلندر باعث این عیب می شود .برای رفع عیب پس از تشخیص تعمیرکار به تراشکاری انتقال و با تراش سرسیلندر عیب آن برطرف می شود. مقدار تراش توسط کارخانه سازنده تعیین شده و نباید بیشتر از مقدار تعیین شده تراشیده شود. در صورتی که بیش از حد مجاز تراش شود اتاق احتراق کوچکتر شده و باعث گرم کردن و خودسوزی می شود. خودسوزی یعنی پس از خاموش کردن موتور لحظه ای موتور روشن می ماند.

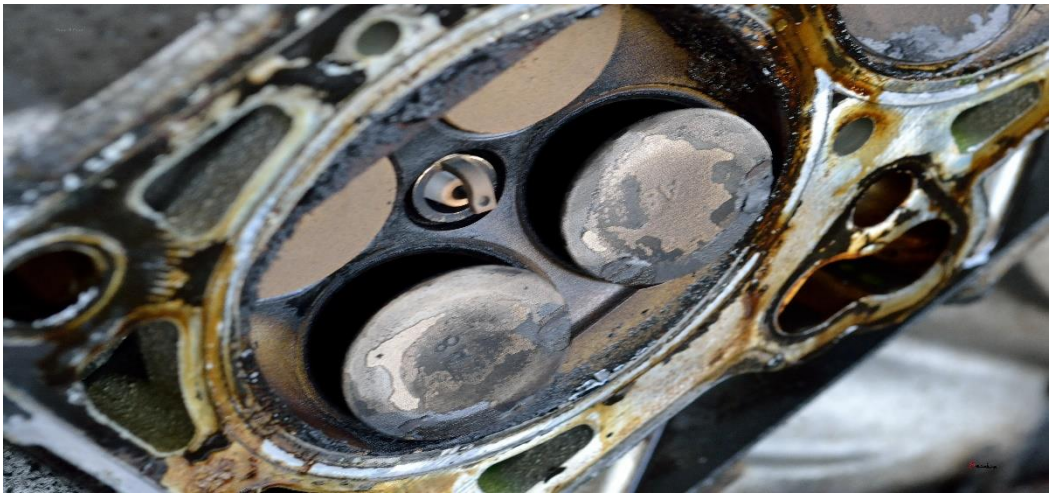
۲- خوردگی مجرای آب سرسیلندر: عواملی چون زنگ زدگی ، مواد معدنی داخل آب، زود به زود عوض کردن آب رادیاتور ، نامناسب بودن آب همگی در خوردگی مجرای آب نقش دارند.

۳- ترک خوردگی سرسیلندر: عواملی چون یخ زدگی، فشار زیاد، حرارت بالا باعث ترک برداشتن نقاطی از سرسیلندر می شود که موجوب مخلوط شدن آب و روغن و فرار کمپرس و روغن سوزی می گردد که با دستگاهی مخصوص به ترک خوردگی سر سیلندر پی می برند و در صورتی که امکان داشته باشد با دوختن یا جوشکاری تعمیر می شود.

۴- کربن گرفتن سرسیلندر (اطاق احتراق): در اثر احتراق مخلوط هوا و بنزین در داخل سیلندر به مرور مقداری دود در اطاق احتراق چمع شده که می تواند کاملا در کار موتور موثر واقع شود این دوده علاوه بر اینکه حجم اطاق احتراق را کوچک ساخته نسبت تراکم را در موتور بالا می برد که خود باعث احتراق زود رس در موتور می شود سرخ شدن کربن در زمان احتراق چه در الکترود های شمع و چه در نقاط گرم دیگر مانند سطح نعلبکی سوپاپها و سطح بالای پیستون باعث ایجاد احتراق های نابه هنگام می گردد.

ماهنامه رهیافتی در مدیریت نفت و گاز
دوره ۱، شماره ۱ (پیاپی:۱)، خرداد ۱۳۹۹
صفحات ۳۶-۲۸

شکل۲: نمایی از عیوب به وجود آمده در سرسیلندر



شکل۳: نمایی از کربن گرفتگی سرسیلند

مهم‌ترین عاملی که روی ساختار سرسیلندر تاثیر مستقیم می‌گذارد، افزایش دمای حاصل از وارد آوردن فشار غیرمجاز است که عیوبی چون تاب برداشتن را به همراه دارد. ترک برداشتن نیز حاصل وارد آوردن فشار بیش از حد به پیشرانه و در نتیجه افزایش غیرمجاز دمای آن، نقص شدید در سیستم خنک‌کاری، یخزدن آب در درون پوسته سرسیلندر و ضربات شدید هنگام تصادف می باشد.

واشرسرسیلندر

سرسیلندر توسط پیچ به بلوک موتور پیچ می شود و مابین آن دو را قطعه‌ای به نام واشر سر سیلندر آب بندی می کند. اگر یک واشر سرسیلندردارای کیفیت پایینی باشد امکان دارد باعث سوختن سرسیلندر یا راه پیدا کردن آب به روغن و اصطلاحاً آب و روغن قاطی کردن بشود. واشرسرسیلندر توانایی تحمل دمای ۱۵۰۰ درجه سانتی‌گراد را داشته و از چند لایه پرس‌شده پنبه‌نسوز، کروم و آلومینیوم ساخته می‌شود تا دو بخش بلوک و سرسیلندر کاملا به هم چسبیده و آب‌بندی شوند.

شکل ۴: نمایی از شکل واشرسرسیلندر در موتور خودرو

دلایل سوختن واشر سرسیلندر

* آب رادیاتور کم باشد

*مجراهای عبور آب در موتور مسدود شود

* خنک نشدن آب رادیاتور به دلیل رسوب و یا نقص در عملکرد پروانه

* نقص فنی در واتر پمپ و عدم گردش جریان آب در موتور

* رانندگی طولانی در ترافیک و فشار بر موتور در فصل گرما

*پیچ خوردگی شلنگ های ورودی و خروجی رادیاتور

*نقص فنی در ترموستات

آلیاژهای مورد استفاده در سرسیلندر

در گذشته، بیشتر از آلیاژهای چدنی و آهنی در تولید سرسیلندر استفاده می‌شد، اما امروزه با پیشرفت تکنولوژی و شناخت آلیاژهای آلومینیم و ویژگی خاص آنها، تولید حجم وسیعی از قطعات موتور از جمله سرسیلندر، توسط ریخته‌گری آلیاژهای آلومینیم انجام می‌گیرد. آلیاژ مورد استفاده برای تولید سرسیلندر، باید دارای دو خصوصیت مهم باشد.

۱- مقاومت در برابر تغییر فرم و تنش حاصل از احتراق سوخت و نیروهای وارد بر آن که باعث جلوگیری از نشت گاز می‌شود.

۲- داشتن چقرمگی در دمای بالا که باعث جلوگیری از به‌وجود آمدن ترک در ناحیه بین سوپاپ ورودی و خروجی در معرض احتراق، می‌شود.

آلیاژهای آلومینیوم ریختگی یکی از پرکاربردترین آلیاژهای ریختگی بوده و بین دیگر آلیاژها از بهترین قابلیت ریختگی برخوردار است. از خواص مطلوب این آلیاژها می‌توان به مواردی همچون سیالیت خوب برای پر کردن مقاطع باریک، نقطه ذوب پایین

ماهنامه رهیافتی در مدیریت نفت و گاز
دوره ۱، شماره ۱ (پیاپی:۱)، خرداد ۱۳۹۹
صفحات ۳۶-۲۸

نسبت به دیگر فلزات، انتقال حرارت سریع از آلومینیم مذاب به قالب و در نتیجه کاهش زمان هر سیکل ریختگی، کنترل آسان انحلال هیدروژن توسط روش‌های گاز زدایی و ... اشاره کرد. آلیاژ ریختگی آلومینیم علاوه بر عناصر استحکام‌دهنده، باید دارای مقادیری کافی از عناصر سازنده یوتکتیک (معمولا سیلیسیم) به منظور دادن سیالیت لازم برای جبران کاهش حجم ناشی از موارد ریختگی باشد.

روش ریخته‌گری سرسیلندر

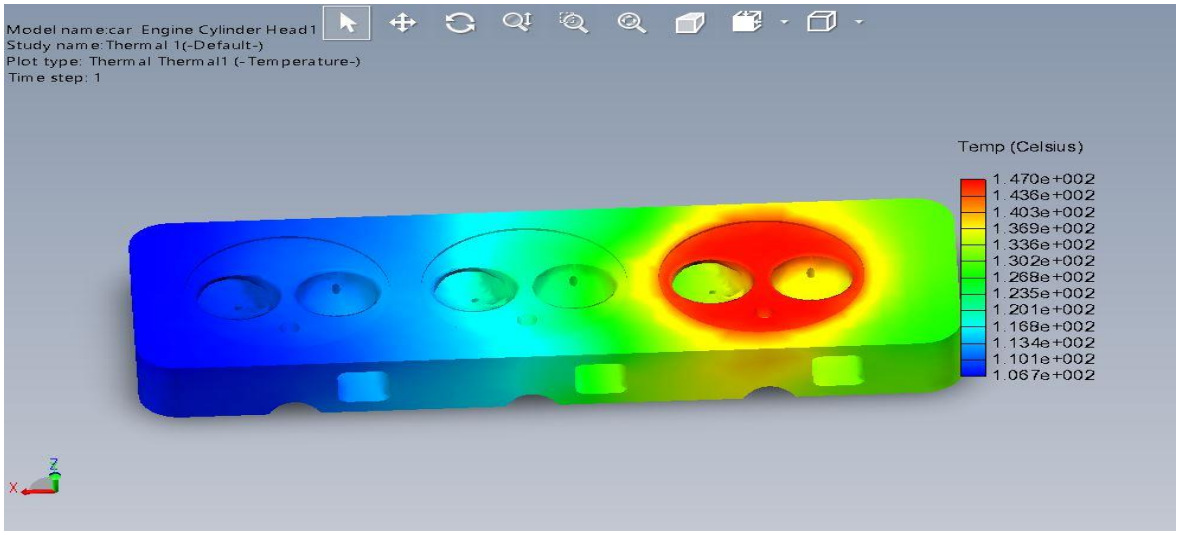
برای تولید سرسیلندرهای آلومینیمی از روش‌های مختلف ریخته‌گری استفاده می‌شود که می‌توان تفاوت آنها را در سه زمینه زیر بیان کرد:

۱- نیرویی که باعث پر شدن قالب می‌شود

۲- جنس قالب

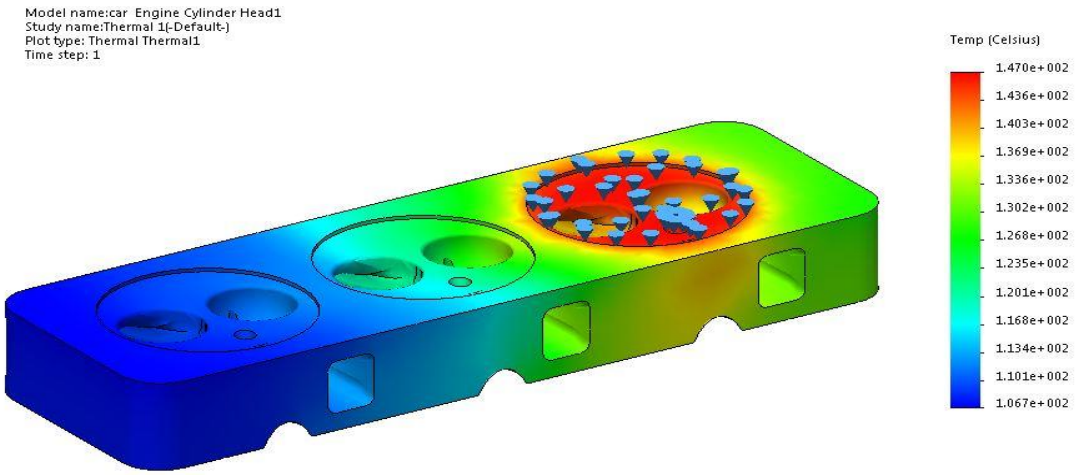
۳- سیستم راهگاهی

یکی از متداول ترین روش‌های ریخته‌گری در تولید سرسیلندر آلومینیمی، ریخته‌گری ثقلی است که مذاب توسط نیروی وزن خودش در ۳ نوع قالب ماسه‌ای، دائمی و یا پوسته‌ای، تزریق می‌شود. از دیگر روش‌ها می‌توان به ریخته‌گری تحت فشار کم اشاره کرد که مذاب توسط فشار از پایین وارد قالب فلزی می‌شود. یکی از عوامل مهم در کیفیت قطعات ریخته‌گری، طراحی سیستم راهگاهی است. اگر سیستم راهگاهی به طور مناسب طراحی نشده باشد، امکان ایجاد جریان‌های توربولانس در حین پر شدن قالب به وجود می‌آید و کیفیت قطعه تحت‌تاثیر قرار می‌گیرد. نوع جریان حاصل از ریخته شدن مذاب از پاتیل به درون سیستم راهگاهی، عامل مهمی در ایجاد اکسیدها و عیوب، از جمله عیب نشتی در سرسیلندرهاست. یکی از عوامل بسیار موثر در کیفیت قطعه ریخته‌گری شده، فرایند پر شدن قالب است. در خصوص سرسیلندرهای ریخته‌گری شده، این عامل بسیار تاثیرگذار است.



شکل۵: نمایی از شکل مدل تحلیلی

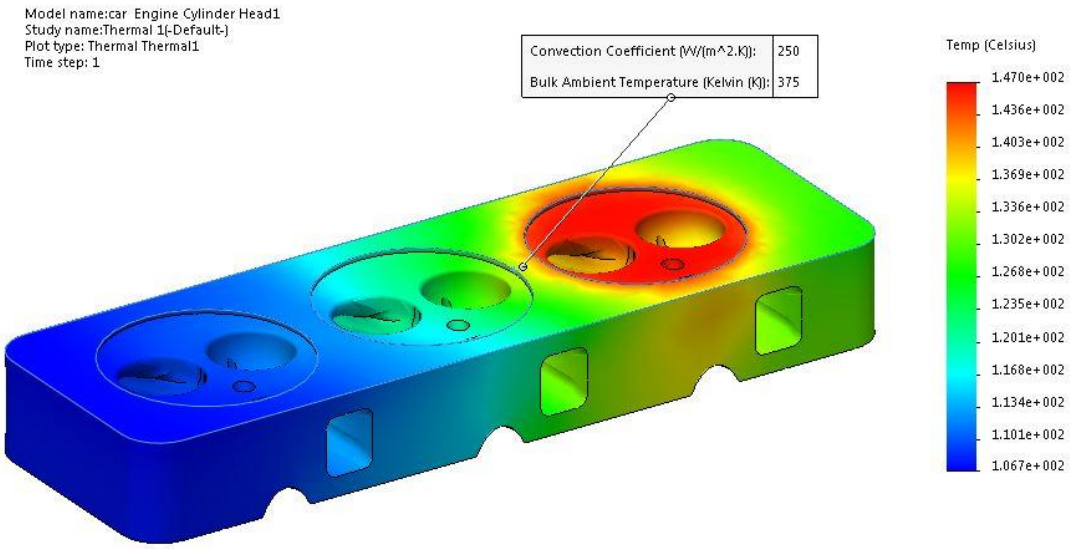
با توجه به شکل ۵ این تحلیل نحوه تحمل حرارت و فشار را سرسیلندر در درجه حرارت های مختلف نشان می دهد



شکل۶: نمایی از نحوه بارگذاری بر روی سرسیلندر از طریق نرم افزارتجاری سالیدوورک

مدل تحلیلی

در این قسمت یک مدل تحلیلی برای تحلیل بارگذاری روی سرسیلندر به روش المان محدود توسط نرم افزار سالیدورک ارائه شده است. که بتواند رفتار سطح مقطع و تغییرات حرارتی در نقاط مختلف را در اثر اعمال بار پیش بینی نماید. مزیت مدل تحلیلی ارائه شده این است که در یک زمان محاسباتی بسیار کم تر نسبت به شبیه سازی اجزای محدود پیش بینی خوبی از هندسه و عملکرد سرسیلندر را مهیا می سازد. همچنین، علاوه بر فهم بهتر نسبت به مکانیک شکل دهی نمونه، با مطالعه مدل تحلیلی فرآیند، درک بهتری برای تفسیر نتایج تحلیلی سرسیلندر حاصل خواهد شد. شکل ۵ سیستم نرم افزاری در این مدل را نشان می دهد که جنس سرسیلندراز آلومینیوم بوده و نوع تحلیل ایزوتروپیک الاستیک انعطاف پذیر خطی با ضریب پواسون۰,۳۲ و مدول الاستیسیته $۶۹e^{۹}$ و چگالی $۲۷۰۰\ kg/m^{۳}$ برای تحلیل مذکور به کار برده شده است.



شکل۷: نمایی از مقدار حرارت وارده بر سرسیلندر

نتیجه گیری

یکی از قسمت های اصلی موتور خودرو سرسیلندر آن می باشد و سرسیلندر در قسمت بالایی موتور قرارگرفته که مجموعه سوپاپ و منیفولدها بر روی این قطعه مونتاژ می شوند. بر طبق قوانین فیزیک حرکت جریان گرما معمولاً به سمت بالا می باشد. به این دلیل که محفظه احتراق موتور (گرم ترین قسمت موتور) در داخل سرسیلندر قرار دارد، این قطعه باید بتواند در حین کار کردن حرارت بسیار زیادی را تحمل کند. در این پژوهش برروی اثرات انتقال حرارت در سرسیلندر موتورهای بنزینی تحقیق انجام گرفته است. مطالعه نتایج آشکار می کند، نقاطی که تنش بیش تری دارند رنگ قرمز نشان داده شده و به آب بندی بیش تری نیاز دارند. همچنین نتایج حاصل از این تحقیق را می توان به صورت زیر خلاصه کرد:

۱-روش تحلیل اثرات حرارتی سرسیلندر موتورهای بنزینی با استفاده از سیمولیشن حرارتی نرم افزار سالیدورک، روشی ساده و مناسب برای تحلیل حرارتی اجزای مختلف موتور است.

۲-در روش تحلیل اثرات حرارتی سرسیلندر موتورهای بنزینی با استفاده از سیمولیشن تنش نرم افزار سالیدورک هرچه تعداد گره ها بیش تر باشد دقت محاسبات بالاتر بوده و همچنین زمان حل افزایش می یابد.

مراجع

[۱] D.BENTLY ۱۹۸۹ Bently Nevada Co., Applications Note, ANO٤٤, PP. ۲۸.Predictive maintenance through the monitoring and diagnostics of rolling element bearings.

[۲] Eugene Danielson, Joseph Elwart, and Walter Bryzik, David Turner: Thermomechanical Analysis of alow Heat Rejection Cylinder Head, SAEPaper ۹۲۰٥٤٤.

[۳] Thomson William, Theory of Vibration with Application, George Allen & Unwin, ۱۹۹۷.

[٤] Roger Jang. Jyhshing, ۱۹۹۳.Anfis : Adaptive Network Based Fuzzy infefence system, IEEE transaction on systems, Man, and cybernetics, Vol ۲۳, No.3.

[٥] Issam Abu-mahfouz, Condition Monitoring of a Gear Box Using Vibration and Acoustic Emission Based Artificial Neurul Network.

[٦] J. Rafiee, F. Arvani, A. Harifi and M.H. Sadeghi, Intelligent condition monitoring of a gearbox using antificial neural Network Jurnal of mechanical system and signal processing, ۲۱(۲۰۰۷) ۱۷٤٦-۱۷٥٤

[۷] Samanta, B.,AL-Balushi, K.R,"Artificial neural network based fault diagnostics of rolling element bearings using Time-domain features", Mechanical and signal Processing, Vol.۱۷, PP. ۳۱۷-۳۲۸, ۲۰۰۳

[۸] Samanta, B.,AL-Balushi, K.R., AL – Araimi, S.A.,"Artificial neural Networks and support vector machines with ge – netic algorithm for bearing fault detection", Engineering Applications of Artificial Intelligence, vol . ۱٦, PP. ٦٥۷-٦٦٥, ۲۰۰۳.