ماه‌نامه علمی پژوهشی

مهندسی ساخت و تولید ایران

www.smeir.org

10.22034/IJME.2024.459774.1965

بررسی تجربی اثر روش سوراخ‌کاری میان استوانه‌ای بر دمای آستری موتور سه استوانه

مجتبی محرابی وقار[۱*]، سید اشکان موسویان[۲]، پیمان شرقی[۱]

۱- کارشناس، شرکت تحقیق، طراحی و تولید موتور ایران‌خودرو (ایپکو)، تهران، ایران

۲- عضو هیئت‌علمی، گروه مهندسی کشاورزی، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: m_mehrabi@ip-co.com

اطلاعات مقاله

مقاله پژوهشی

دریافت: ۸ خرداد ۱۴۰۳

پذیرش: ۲۳ مرداد ۱۴۰۳

کلیدواژگان:

موتور سه استوانه

دما

سوراخ‌کاری میان استوانه‌ای

آزمون موتوری

بررسی تجربی

چکیده

در این مقاله با توجه به اهمیت مقدار و توزیع دمای آستری در عملکرد موتور درونسوز، به بررسی تجربی اثر روش سوراخ‌زنی میان استوانه‌ای بر روی این متغیر پرداخته شده است. بدین منظور آزمون‌های تجربی بر روی یک موتور سه استوانه با و بدون سوراخ‌های میان استوانه‌ها انجام شد. برای اندازه‌گیری دمای آستری، حسگرهای ترموکوپل در نواحی پُل میان استوانه‌ها روی بلوک موتور و نواحی میان محفظه‌های احتراق روی سرسیلندر موتور نصب شدند. سپس آزمون‌ها طی یک رویه ثابت و استاندارد در حالت تمام بار برای دو حالت با و بدون سوراخ‌کاری میان استوانه‌ای در شرایط مختلف کاری اعم از دماهای آب و سرعت‌های مختلف موتور اجرا شد. نتایج تجربی نشان داد که این روش می‌تواند دمای نواحی بحرانی پُل میان استوانه‌ای و میان محفظه‌های احتراق را به‌طور مؤثر و قابل‌توجهی کاهش دهد. این مقدار کاهش برای نواحی پُل میان استوانه‌ای برای دماهای ۹۰، ۱۰۰ و ۱۱۰ درجه به ترتیب به‌طور میانگین برابر با ۳۲، ۶۲ و ۵۳ درجه سلسیوس بود. برای نواحی میان محفظه‌های احتراق برای دماهای ۹۰، ۱۰۰ و ۱۱۰ درجه، این مقدار کاهش به ترتیب به‌طور میانگین به ۴، ۸ و ۸ درجه سلسیوس رسید. نتایج حاکی از اثربخشی مطلوب روش سوراخ‌کاری میان استوانه‌ای در دمای نواحی بحرانی میان استوانه‌ها می‌باشد که می‌توان در توسعه موتورهای جدید به‌طور مؤثری مورد استفاده قرار گیرد.

Experimental investigation of effect of crosshead cylinder-drilling method on liner temperature of a 3-cylinder engine

Mojtaba Mehrabivaghar[1*], Ashkan Moosavian[2], Peyman Sharghi[1]

1- Expert, IranKhodro Powertrain Company (IPCO), Tehran, Iran

2- Faculty Member, Department of Agricultural Engineering, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran

* Corresponding Author's Email: m_mehrabi@ip-co.com

Article Information

Original Research Paper

Received: 28 May 2024

Accepted: 13 August 2024

Keywords:

3-Cylinder Engine

Temperature

Cross-head Cylinder Drilling Method

Engine Test

Experimental Investigation

Abstract

In this paper, due to the importance of the amount and distribution of the liner temperature in the performance of the internal combustion engine, the effect of the crosshead cylinder-drilling method on this parameter was experimentally investigated. For this purpose, the experimental tests were performed on a 3-cylinder engine with and without inter-cylinder holes. To measure the temperature of the liner, thermocouple sensors were installed in the areas of the bore bridges on the engine block and the areas between the combustion chambers on the engine cylinder head. Then the tests were carried out during a fixed and standard procedure in full load mode for two modes of with and without inter-cylinder holes in different working conditions including various water temperatures and engine speeds. The experimental results showed that this method can effectively and significantly reduce the temperatures of the critical areas of the bore bridges and areas between the combustion chambers. This amount of reduction for the bore bridges for the temperatures of 90, 100 and 110 degrees was on average equal to 32, 62 and 53 degrees of Celsius, respectively. For the areas between the combustion chambers for the temperatures of 90, 100 and 110 degrees, this amount of reduction reached 4, 8 and 8 degrees of Celsius respectively. The results indicate the desirable effectiveness of the cross-head cylinder-drilling method in the temperature of the critical areas between the cylinders, which can effectively be used in the development of new engines.

برای ارجاع به این مقاله از عبارت ذیل استفاده نمایید:

Please cite this article using:

Mehrabivaghar M, Moosavian A, Sharghi P. Experimental investigation of effect of crosshead cylinder-drilling method on liner temperature of a 3-cylinder engine. Iranian Journal of Manufacturing Engineering. 2024 Jul 22;11(5):32-39. doi: 10.22034/IJME.2024.459774.1965 [In Persian]

۱- مقدمه

یکی از پارامترهای مهم در طراحی و عملکرد موتور، عامل دما و توزیع آن در نواحی بدنه و سرسیلندر موتور است. خصوصاً ناحیه بین این دو قطعه که واشر سرسیلندر در آن قرار گرفته و باید اختلاف در انبساط حرارتی ناشی از جنس متفاوت بدنه و سرسیلندر را جبران نماید. همچنین در ناحیه میان محفظه‌های احتراق که به پُل میان استوانه‌ای موسوم است، به دلیل اینکه ضخامت کوچکی دارد، به‌نوعی ناحیه بحرانی تلقی شده و در صورت بروز خرابی هرچند ریز در قطعه واشر سرسیلندر یا بدنه و سرسیلندر، فشار حاصل از احتراق میان محفظه‌های احتراق تبادل می‌شود که اثر نامطلوبی در عملکرد و عمر مفید موتور خواهد داشت. یکی از عواملی که اثر قابل توجه در عملکرد مجموعه قطعات درگیر در ناحیه پُل میان استوانه‌ای دارد، متغیر دماست. هرچقدر این دما زیادتر باشد، اثر سوء و تمایل بیشتر قطعات به خرابی را به همراه خواهد داشت. لذا بسیار ضروری است که از فناوری‌هایی برای نگه‌داشتن دما در سطح مطلوب استفاده شود. تعیین دمای کاری موتور در انتخاب مواد مورد استفاده در قطعات موتور تأثیر زیادی دارد. با انتخاب مواد صحیح می‌توان هزینه‌های تمام‌شده تولید موتور را کاهش داد. بالا رفتن دمای کاری موتور از محدوده پیش‌بینی‌شده در طراحی می‌تواند باعث خرابی موتور شود. بدین منظور نیاز است بررسی‌های تجربی در این زمینه صورت گیرد همچنین می‌توان اثر فناوری‌های مختلف بر روی دما به‌طور واقعی مشاهده گردد.

سیلندر و سرسیلندر موتور در محل تماس با واشر سرسیلندر از قسمت‌هایی از موتور هستند که عملکرد موتور روی دمای کاری آن‌ها تأثیر زیادی می‌گذارد [۱]. پژوهش‌های زیادی بر روی اندازه‌گیری دمای قطعات داخلی و تخمین انتقال حرارت موتور مخصوصاً قطعات درگیر با محفظه احتراق انجام شده است [۲، ۳]. بیشتر آن‌ها با هدف بررسی تغییر پارامترهای احتراقی موتور از قبیل جرقه و نوع احتراق موتور بر روی دمای محفظه احتراق انجام گرفته شده‌اند. تروجیلو و همکاران [۴] با اندازه‌گیری دمای قطعات محفظه احتراق توانستند مدلی برای تخمین اثر تغییر دمای قطعات توسعه بدهند که با تغییر هر پارامتر اثر آن را در دمای قطعات بتوانند تخمین بزنند، آن‌ها دریافتند که اثر تأخیر در جرقه باعث افزایش ۱۰ درصدی دمای محفظه احتراق می‌شود. مار و همکاران [۵] دمای سرسیلندر را در بالای محفظه احتراق اندازه‌گیری کردند. نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج شبیه‌سازی به کمک تحلیل اجزای محدود مطابقت خوبی داشته است. فارمن و همکاران [۶] اقدام به اندازه‌گیری دمای سرسیلندر به کمک دماسنج فسفری پاسخ سریع در شرایط کاری موتور کردند. در این پژوهش اثر تغییرات نسبت هوا به سوخت و زمانبندی جرقه بر دمای سرسیلندر نیز بررسی شده است. رحمانی و همکاران [۷] به بررسی اثر کاهش دمای سیلندر به کاهش آلاینده‌های خروجی از موتور پرداختند. آن‌ها دریافتند که با پایین آوردن دمای دیواره سیلندر، می‌توانند به بهبود عملکرد رینگ‌ها کمک کنند و در نتیجه این کار باعث کاهش انتشار گازهای هیدروکربن (HC) و اکسید نیتروژن (NOx) از دیواره سیلندر می‌شود. نتایج آن‌ها حاکی از وجود محدوده بهینه برای دمای کار لاینر، مستقل از سرعت موتور (حداقل در موارد مورد مطالعه) برای به حداقل رساندن تلفات اصطکاکی موتور بود. در نهایت آن‌ها دریافتند که همراه با کاهش انتشار NOx و HC، کنترل دمای لاینر می‌تواند به کاهش تلفات توان اصطکاکی نیز کمک کند. اوبرت و همکاران [۸] به بررسی اثر پوشش رینگ و ماندگاری روغن بر عملکرد کاهش ضریب اصطکاک سیلندر پرداختند. آن‌ها دریافتند که پوشش کرم رینگ اول تا حد قابل توجهی ضریب اصطکاک بین رینگ و سیلندر را بهبود می‌بخشد. بیبرگر و همکاران [۹] با ساخت میز آزمونی توانستند دوام رینگ پیستون و سیلندر و عوامل تأثیرگذار بر آن‌ها را بررسی کنند. این میز آزمون نشان داد که پوشش کرم تا حد بالایی در دوام و ضریب اصطکاک رینگ و سیلندر اثر مثبت می‌گذارد. یانوژون و همکاران [۱۰] توانستند مدلی را توسعه دهند که به کمک آن می‌توانستند تأثیر پارامترهای هوینگ و استوانه‌ای بودن سیلندر را در مصرف روغن موتور محاسبه کنند. در مدل آن‌ها استوانه‌ای بودن سیلندر با در نظر گرفتن تأثیر پارامترهایی سنگ‌زنی مانند فشار سنگ‌زنی در میزان افزایش و یا کاهش دمای سیلندر بررسی شد. راکوپولوس و همکاران [۱۱] با قرار دادن ترموکوبل در جداره دیواره سیلندر به بررسی تأثیر پارامترهای مختلف بر دمای دیواره سیلندر پرداختند و توانستند مدل شبیه‌سازی خود را توسعه دهند. گواردیولا و همکاران [۱۲] به بررسی اندازه‌گیری دقیق دمای اگزوز پرداختند. دمای اگزوز یک پارامتر با ارزش برای کنترل موتور است. بااین‌حال، شرایط اندازه‌گیری در اگزوز موتور و پاسخ دینامیکی آهسته سنسورهای دما، تعیین دمای خروجی آنی اگزوز را دشوار می‌کند. مقاله آن‌ها روشی را برای تخمین دمای اگزوز پیشنهاد می‌کند که منحصراً با اتکا به سیگنال فشار داخل سیلندر، سرعت موتور و نسبت هوا به سوخت بود. آن‌ها دریافتند که سرعت واکنش موتور به EGR در کاهش دمای اگزوز بسیار بالا بود. چیتانا و همکاران [۱۳] روی سیلندری با خنک‌کاری پره‌ای تحقیق نمودند و با

تغییر خواص حرارتی پره میزان انتقال حرارت را در دیواره سیلندر بررسی نمودند. آن‌ها اثر متغیرهای مختلف را روی میز آزمون اندازه‌گیری نمودند و دریافتند که با استفاده از آلیاژ آلومینیوم ۶۰۶۱ که رسانایی حرارتی بالاتری عملکرد موتور شرایط مناسب‌تری نسبت به آلیاژهای دیگر پیدا می‌کند.

در تحقیق حاضر برای اندازه‌گیری دمای سیلندر و سرسیلندر از روش خاصی برای اتصال حسگرها روی این قطعات استفاده شد. از مزایای این روش اطمینان از محل خوانش سنسور طبق محاسبات انجام‌شده بود. در این تحقیق به بررسی تجربی اثر روش سوراخ‌کاری میان استوانه‌ای بر دمای بدنه موتور توسط طراحی و اجرای آزمون‌های دقیق موتوری پرداخته شده است.

۲- مواد و روش‌ها

یکی از فعالیت‌های مهم برای آماده‌سازی آزمون، نصب حسگرهای دما در بلوک و سرسیلندر بود. برای این کار از روش خاصی استفاده شد. با توجه به این‌که حسگرهای مورد استفاده در نزدیکی سطح درگیر با واشر سرسیلندر بود، برای آماده‌سازی سرسیلندر و بلوک در سطوح این دو قطعه شیاری ایجاد شد. سیم‌های مربوط به حسگر درون شیار ایجاد شده قرار گرفت و بعد از آن با چسب مخصوصی که هم‌جنس سرسیلندر و بلوک بود روی آن پوشانده شد. ایجاد شیار این اجازه را به حسگر می‌داد تا از موقعیت قرارگیری آن اطمینان حاصل شود. همچنین پُر کردن چسب در اطراف نوک حسگر باعث می‌شد تا از تماس نوک حسگر با سطح هدف اطمینان حاصل شود. مشکلی که بعضاً در این اندازه‌گیری‌ها ممکن است به وجود آید، وجود فاصله هوایی در اطراف نوک حسگر و یا درگیری نقطه‌ای یا بسیار کم نوک حسگر با محل اندازه‌گیری است. بعد از خشک شدن چسب با توجه به اینکه سطح بلوک و سرسیلندر که واشر سرسیلندر روی آن قرار می‌گیرد نیاز به صافی سطح بالایی دارد سطوح چسب کاری شده ماشین‌کاری گردید تا صافی سطح مطابق نقشه ایجاد شود. همچنین برای بررسی اثر سوراخ‌های خنک‌کاری بین استوانه‌ها، سوراخ خنک‌کاری بین سیلندر ۱ و ۲ که از قبل بود همان‌طور باقی ماند اما سوراخ خنک‌کاری بین سیلندر ۲ و ۳ با چسب پُر شد.

در این مقاله، از یک موتور سه استوانه به‌منظور اجرای آزمون‌های واقعی استفاده شد. با توجه به اینکه حداکثر دما میان استوانه‌ها در ناحیه پُل میان استوانه‌ای و نواحی میان محفظه‌های احتراق اتفاق می‌افتد، لذا این ناحیه هدف اصلی در این تحقیق قرار گرفت. همان‌طور که پیش‌تر ذکر شد، به‌منظور اندازه‌گیری دما روی پُل میان استوانه‌های ۱-۲ و ۲-۳ بدنه موتور و نواحی میان محفظه‌های احتراق روی سرسیلندر و مطابق با شکل ۱، شیارهایی برای قرارگیری حسگرهای دما ایجاد شد. در این تحقیق از ترموکوپل نوع K با قابلیت خوانش دما تا ۱۰۰۰ درجه سلسیوس استفاده شد. ترموکوپل‌ها با چسب دوقلوی مخصوص فلز نوع Mega Metal St90 در محل هدف اندازه‌گیری دما نصب شدند. شکل ۲ نمایی از بدنه موتور قبل و بعد از نصب ترموکوپل‌ها را نشان می‌دهد.

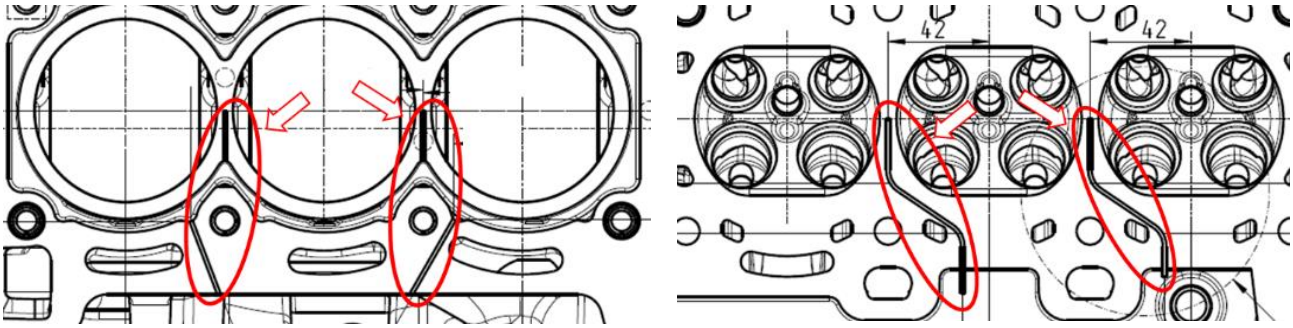
آزمون‌های این تحقیق، در اتاق مجهز آزمون موتوری انجام شد. تجهیزاتی که در این آزمون‌ها استفاده شد، عبارت بودند از:

- لگام ترمز
- نرم‌افزار و سخت‌افزارهای خوانش و پایش موتور
- دستگاه اندازه‌گیری نرخ و فشار گازهای نشتی محفظه لنگ
- سامانه سرمایش و گرمایش
- تجهیزات پایش دما و فشار سیال خنک‌کاری و روانکاری موتور

رویه و نقاط کاری این آزمون با توجه به این‌که هدف از این تحقیق دما یابی قطعات سیلندر و سرسیلندر می‌باشد باید بیشینه دما معیار آزمون قرار بگیرد از همین جهت آزمون در نقاط تمام بار موتور یعنی در حالتی که دریچه گاز کاملاً باز می‌باشد انجام گرفت. سرعت موتور نیز از سرعت ۳۰۰۰ و ۶۰۰۰ دور بر دقیقه تا دوری که بیشینه حرارت در قطعات به وجود می‌آید با گام‌های ۱۰۰۰ دور بر دقیقه بالا برده شد. در سرعت‌های مذکور موتور آن‌قدر ثابت باقی می‌ماند تا دمای قطعات بلوک و سرسیلندر که توسط ترموکوبل خوانش می‌شود ثابت باقی بمانند، پس از آن موتور به سرعت بعدی برده می‌شود. همچنین برای بررسی اثر دمای سیال خنک‌کاری روی دمای قطعات، آزمون در دمای ۹۰، ۱۰۰ و ۱۱۰ درجه سلسیوس انجام شد.

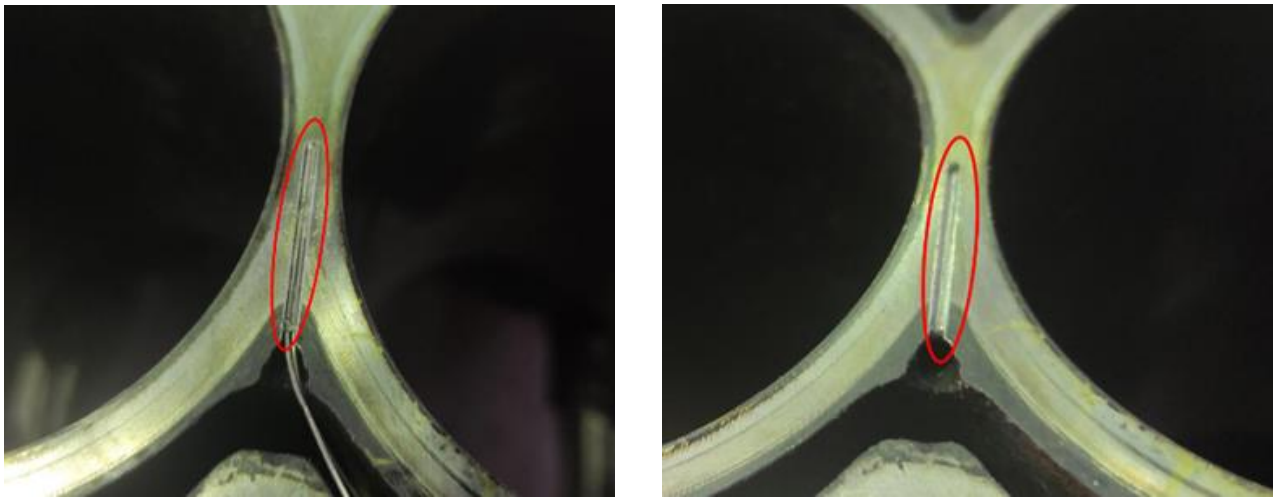
آزمون‌های تجربی این تحقیق شامل بررسی دو حالت ۱) بدون و ۲) با سوراخ‌های خنک‌کاری میان استوانه‌ای بود. همان‌طور که گفته شد برای مقایسه اثر سوراخ خنک‌کاری در این آزمون، سوراخ‌های بین سیلندر ۲ و ۳ با چسب چدن پُر شد. این در حالی بود که

سیال خنک‌کاری از طریق سوراخ‌ها بین سیلندر ۱ و ۲ در جریان بود. با این وجود برای هر دو حالت، آزمون‌ها در سه دمای مختلف آب به ترتیب ۹۰، ۱۰۰ و ۱۱۰ درجه سلسیوس انجام شد.



(ب) (الف)

شکل ۱ شیارزنی بر روی الف) سرسیلندر، ب) بدنه موتور، برای نصب حسگرهای دما



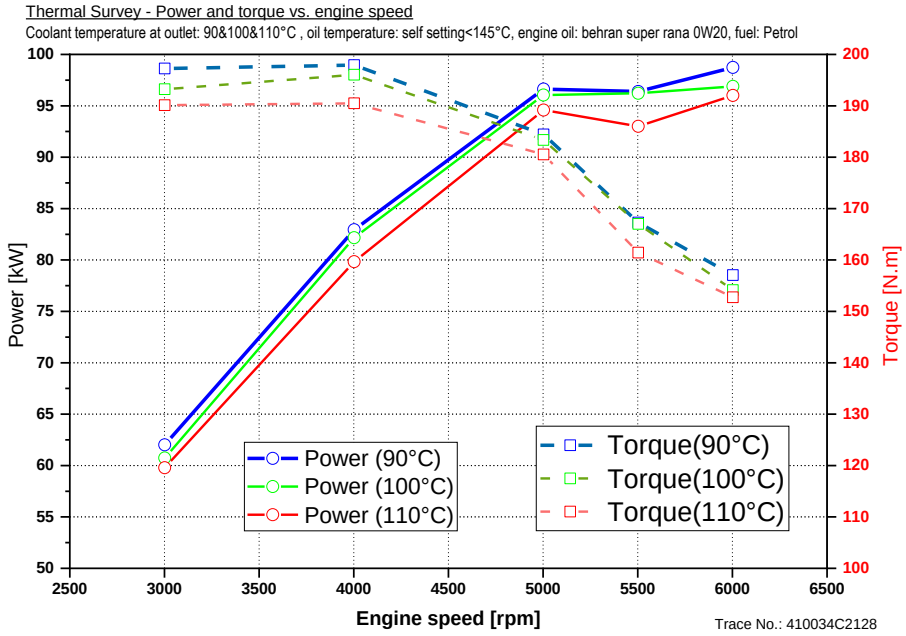
(ب) (الف)

(ج)

شکل ۲ نمایی از ناحیه پُل میان استوانه‌ای موتور در الف) قبل، ب) بعد از نصب حسگرهای دما

۳- نتایج و بحث

در این بخش، کلیه نتایج به‌دست‌آمده از آزمون‌های تجربی ارائه شده و به‌دقت مورد بحث قرار می‌گیرد. شایان ذکر است که با توجه به اینکه دماهای بحرانی در سرعت‌های بالا رخ می‌دهد، کلیه نتایج برای سرعت‌های ۳۰۰۰ دور بر دقیقه به بعد آورده شده است. شکل ۳ نمودار تغییر متغیرهای توان و گشتاور موتور در دماهای آب و سرعت‌های مختلف طی آزمون را نشان می‌دهد. توان و گشتاور موتور با افزایش دما کمی نرخ کاهشی داشته است. از طرفی ECU نیز در دماهای بالا برای ایمنی موتور کمی مخلوط هوا و سوخت را غلیظ می‌کند که این پدیده نیز باعث کاهش دمای قطعات مرتبط با محفظه احتراق موتور می‌شود.



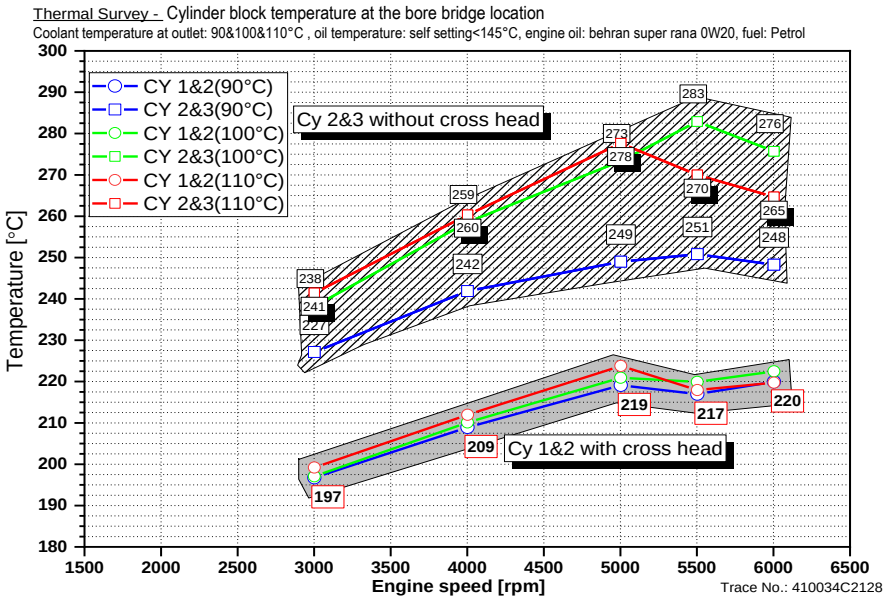
شکل ۳ نمودار توان و گشتاور موتور طی آزمون تجربی در دماهای مختلف آب

شکل ۴ نمودار تغییرات دمای نواحی پُل میان استوانه‌های ۱-۲ و ۲-۳ بر روی بلوک موتور در دماهای مختلف آب و سرعت‌های مختلف موتور، با و بدون سوراخ‌کاری بین استوانه‌ها را نشان می‌دهد. همان‌طور که از این شکل مشاهده می‌شود، برای هر دو حالت، دمای این ناحیه از سرعت ۳۰۰۰ تا ۵۰۰۰ دور بر دقیقه روند صعودی داشته ولی از این سرعت تا سرعت ۵۵۰۰ دور بر دقیقه کاهش یافته و سپس تا سرعت ۶۰۰۰ دور بر دقیقه، دچار افزایش شده است. البته این روند برای دمای آب ۱۰۰ درجه سلسیوس صادق نبوده است. مورد قابل توجهی که این نتایج تجربی می‌توان دریافت این است که سوراخ‌کاری میان استوانه‌ای توانسته است حدوداً ۱۵ درصد دمای نواحی پُل میان استوانه‌ای و نواحی میان محفظه‌های احتراق که جزو مناطق بحرانی از نقطه نظر دما طی کارکرد موتور است را برای کلیه سرعت‌های موتور کاهش دهد. البته این مقدار کاهش در دمای آب ۹۰ درجه از دیگر دماهای آب کمتر بوده است.

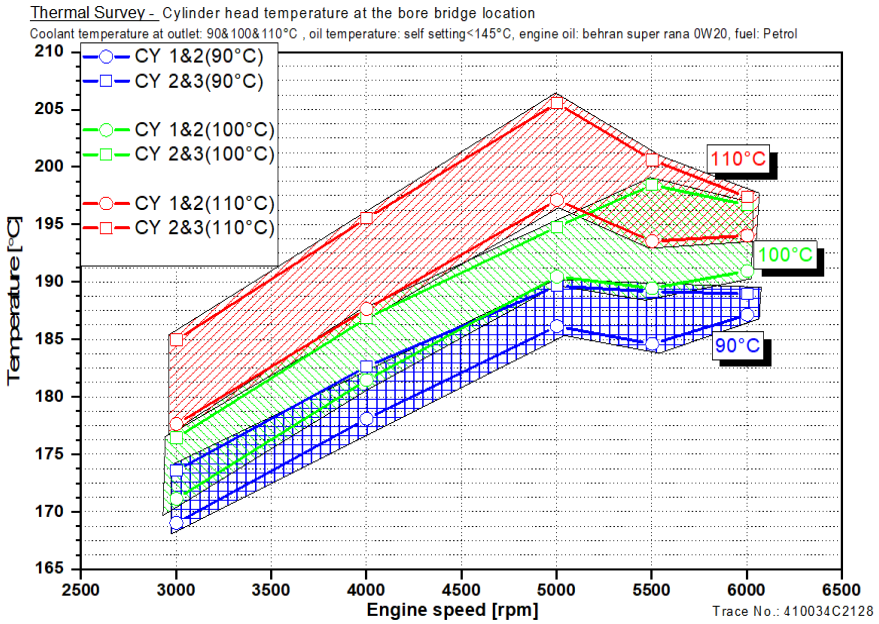
همچنین سوراخ‌های ضربدری خنک‌کاری بین سیلندر می‌توانند فارغ از بالا بودن دمای آب، دمای بالای سیلندر را تا حد خوبی ثابت نگه دارد. بدین معنا که سوراخ‌کاری میان استوانه‌ای می‌تواند اثر مثبت خود را در دماهای بالاتر آب موتور، بیشتر نشان دهد که این مزیتی افزون‌تر برای این روش است. این پدیده همچنین این سوراخ‌ها باعث می‌شود که اعوجاج قسمت بالای سیلندر کمتر شود که این خود دیگر مزیت این طرح است.

شکل ۵ نمودار تغییرات دمای نواحی میان محفظه‌های احتراق بر روی سرسیلندر موتور در دماهای مختلف آب و سرعت‌های مختلف موتور، با و بدون سوراخ‌کاری بین استوانه‌ها را نشان می‌دهد. همان‌طور که از این شکل نیز مشاهده می‌شود، برای هر دو حالت، دمای ناحیه میان محفظه‌های احتراق از سرعت ۳۰۰۰ تا ۵۰۰۰ دور بر دقیقه روند صعودی داشته و از این سرعت تا سرعت ۶۰۰۰ دور بر دقیقه بسته به دمای آب، سیر نزولی، یا ثابت و بعضاً افزایش داشته است. با توجه به این نتایج، روش سوراخ‌کاری میان استوانه‌ای توانست در بیشترین اثربخشی خود که در دمای آب ۱۱۰ درجه و سرعت ۵۰۰۰ دور بر دقیقه بوده، دمای نواحی میان محفظه‌های

احتراق را از ۲۰۶ به ۱۹۷ درجه سلسیوس برساند، یعنی حدوداً ۴ درصد کاهش دهد. این روش به‌طور میانگین در تمام سرعت‌ها و دماهای آب موتور، قادر به کاهش ۲ الی ۴ درصدی دمای ناحیه میان محفظه‌های احتراق بود. تأثیر سوراخ‌های ضربدری بین سیلندرها در کاهش دمای سرسیلندر نشان از اهمیت این سوراخ‌ها و همچنین افزایش عمر واشر سرسیلندر دارد. همچنین فارغ از سوراخ‌های بین سیلندر، نکته‌ای که از نمودار مشخص می‌شود این است که دمای مواد سرسیلندر با دمای آب نسبت مستقیم دارد. هرچقدر دمای آب بالاتر رود تقریباً به همان مقدار نیز دمای سرسیلندر بالا می‌رود.

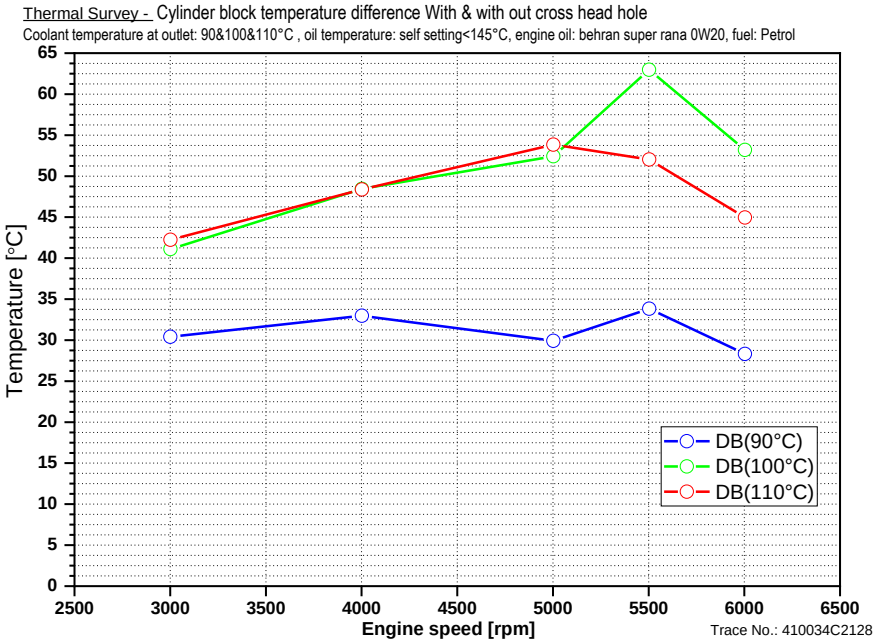


شکل ۴ نمودار دمای نواحی پُل میان استوانه‌ای روی بلوک موتور در حالت‌های با و بدون روش سوراخ‌کاری بین استوانه‌ها

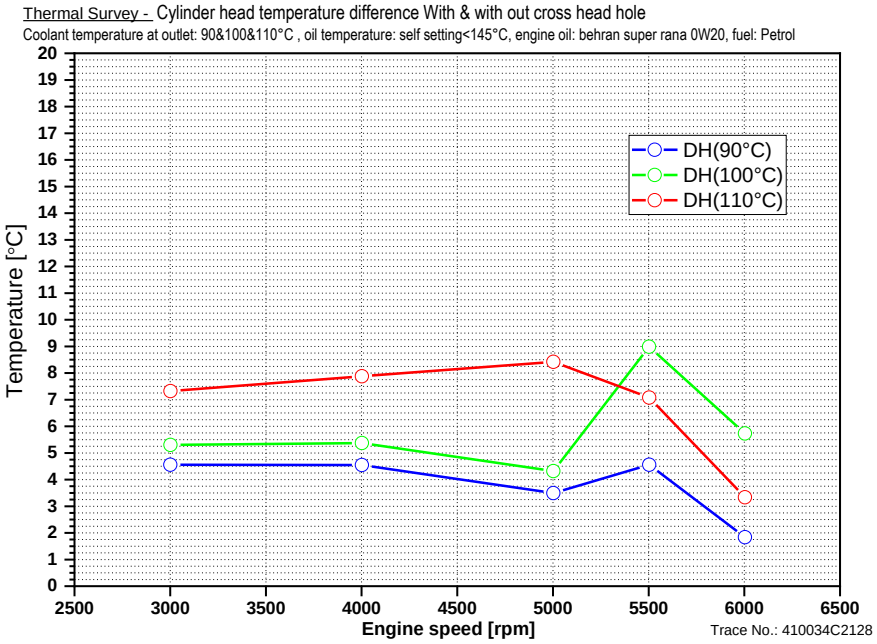


شکل ۵ نمودار دمای نواحی میان محفظه‌های احتراق روی سرسیلندر موتور در حالت‌های با و بدون روش سوراخ‌کاری بین استوانه‌ها

شکل‌های ۶ و ۷ مقدار تأثیر سوراخ‌کاری بر دمای بلوک و سرسیلندر را به‌طور جداگانه برای سرعت و دماهای مختلف آب به‌طور واضح‌تری نشان می‌دهد.



شکل ۶ مقدار افت دما در بلوک در اثر سوراخ خنک‌کاری



شکل ۷ مقدار افت دما در سرسیلندر در اثر سوراخ خنک‌کاری

۴- نتیجه‌گیری

در این تحقیق، با توجه به ضرورت به‌کارگیری فناوری‌های جدید در توسعه موتورهای درونسوز، به بررسی اثر روش جدید سوراخ‌کاری میان استوانه‌ای در مقدار و تغییرات دمای نواحی پُل میان استوانه‌ها و نواحی میان محفظه‌های احتراق که در تعامل با قطعه واشر سرسیلندر بوده و همواره جزو مناطق بحرانی از نقطه نظر دما می‌باشند، پرداخته شده است. بدین منظور اقداماتی نظیر نصب حسگرهای ترموکوپل در درون ماده بلوک و سرسیلندر موتور شد. همچنین طراحی و اجرای آزمون‌های موتوری در شرایط گوناگون کاری مانند دماهای مختلف آب و سرعت‌های موتور انجام شد. نتایج حاکی از اثر مطلوب قابل توجه استفاده از روش سوراخ‌کاری میان استوانه‌ای بوده به‌طوری‌که این روش باعث کاهش ۱۵ الی ۲۰ درصدی به‌طور میانگین در دمای ناحیه پُل میان استوانه در کلیه

سرعت‌های موتور شد. به‌طور نمونه در دمای آب ۹۰ درجه و سرعت ۵۰۰۰ دور بر دقیقه که دمای این ناحیه به بیشینه مقدار خود می‌رسد، با روش سوراخ‌کاری میان استوانه‌ای، دما از ۲۵۱ به ۲۱۹ درجه سلسیوس رسید. این مقدار در دمای آب ۱۰۰ درجه بیشترین مقدار است و سوراخ‌های ضربدری باعث افت دما تا حدود ۶۰ درجه در سرعت ۵۵۰۰ دور بر دقیقه می‌شود. همچنین این روش توانست به‌طور میانگین کاهش ۲ الی ۴ درصدی در دمای نواحی میان محفظه‌های احتراق در سرسیلندر ایجاد کند، به‌طوری‌که در دمای آب ۹۰ درجه و سرعت ۵۰۰۰ دور بر دقیقه، مقدار این دما از ۱۸۸ به ۱۸۵ درجه سلسیوس رسید. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، استفاده از سوراخ‌های ضربدری بین استوانه‌ای برای طراحی و توسعه موتورهای جدید و به‌روز با توان لیتری بالا قویاً توصیه می‌شود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مراتب تشکر و قدردانی خود را از شرکت تحقیق، طراحی و تولید موتور ایران‌خودرو (ایپکو) به جهت حمایت‌های خود در پیشبرد این تحقیق، ابزار می‌نمایند.

Reference

[1] Heywood JB. Internal combustion engine fundamentals. New York: McGraw Hill; 1988.
[2] Chang J, Güralp O, Filipi Z, Assanis D, Kuo TW, Najt P, Rask R. New heat transfer correlation for an HCCI engine derived from measurements of instantaneous surface heat flux. SAE transactions. 2004 Jan 1:1576-93. doi: 10.4271/2004-01-2996
[3] Han Z, Reitz RD. A temperature wall function formulation for variable-density turbulent flows with application to engine convective heat transfer modeling. International journal of heat and mass transfer. 1997 Feb 1;40(3):613-25. doi: 10.1016/0017-9310(96)00117-2
[4] Carvajal-Trujillo E, Jiménez-Espadafor FJ, Villanueva JA, García MT. Methodology for the estimation of head inner surface temperature in an air-cooled engine. Applied Thermal Engineering. 2012 Mar 1;35:202-11. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2011.10.032
[5] Marr MA, Wallace JS, Chandra S, Pershin L, Mostaghimi J. A fast response thermocouple for internal combustion engine surface temperature measurements. Experimental thermal and fluid science. 2010 Feb 1;34(2):183-9. doi: 10.1016/j.expthermflusci.2009.10.008
[6] Fuhrmann N, Litterscheid C, Ding CP, Brübach J, Albert B, Dreizler A. Cylinder head temperature determination using high-speed phosphor thermometry in a fired internal combustion engine. Applied Physics B. 2014 Aug;116:293-303. doi: 10.1007/s00340-013-5690-0
[7] Rahmani R, Rahnejat H, Fitzsimons B, Dowson D. The effect of cylinder liner operating temperature on frictional loss and engine emissions in piston ring conjunction. Applied energy. 2017 Apr 1;191:568-81. doi: 10.1016/j.apenergy.2017.01.098
[8] Obert P, Müller T, Füßer HJ, Bartel D. The influence of oil supply and cylinder liner temperature on friction, wear and scuffing behavior of piston ring cylinder liner contacts–A new model test. Tribology International. 2016 Feb 1;94:306-14. doi: 10.1016/j.triboint.2015.08.026
[9] Biberger J, Füßer HJ. Development of a test method for a realistic, single parameter-dependent analysis of piston ring versus cylinder liner contacts with a rotational tribometer. Tribology International. 2017 Sep 1;113:111-24. doi: 10.1016/j.triboint.2016.10.043
[10] Lu Y, Li J, Liang R, Zhang Y, Luo M, Guo C. Investigation on the effect of honing parameters on cylindricity of engine cylinder liner. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2020 Dec;111:3111-22. doi: 10.1007/s00170-020-06321-7
[11] Rakopoulos CD, Rakopoulos DC, Mavropoulos GC, Giakoumis EG. Experimental and theoretical study of the short term response temperature transients in the cylinder walls of a diesel engine at various operating conditions. Applied Thermal Engineering. 2004 Apr 1;24(5-6):679-702. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2003.11.002
[12] Guardiola C, Olmeda P, Pla B, Bares P. In-cylinder pressure based model for exhaust temperature estimation in internal combustion engines. Applied Thermal Engineering. 2017 Mar 25;115:212-20. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2016.12.092
[13] Chaitanya PS, Rani BS, Kumar KV. Thermal analysis of engine cylinder fin by varying its geometry and material. IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE). 2014 Nov;11(6):37-44.