

## مطالعه تأثیر هسته مسی بر دما و میزان سایش الکترو

سعید جوان<sup>۱\*</sup>، سید وحید حسینی<sup>۲</sup>، سید شهاب الدین علویون<sup>۳</sup>

اطلاعات مقاله	چکیده
<p><b>واژگان کلیدی:</b> شمع، الکترو، دما، هسته مسی، سایش.</p>	<p>دمای شمع می‌تواند بر عمر مفید شمع و کیفیت احتراق تأثیرگذار باشد. افزایش دما سبب افزایش رفتگی الکترودها و افزایش دهانه شمع می‌شود. لذا جهت افزایش عمر مفید شمع باید دمای آن در محدوده مجاز حفظ شود. یکی از روش‌های کاهش دمای شمع، استفاده از مواد با انتقال حرارت بیشتر است و قابلیت انتقال حرارت فلز مس می‌تواند در این زمینه مؤثر باشد. با توجه به وابستگی سایش الکترودهای پایه نیکل به دما، نیاز است تا تأثیر استفاده از هسته مسی بر کاهش دما در الکترودهای نیکلی مورد بررسی قرار گیرد. لذا در این تحقیق با استفاده از دو نوع شمع با ظرفیت حرارتی یکسان، به مطالعه تأثیر هسته مسی بر کاهش دمای الکترودها پرداخته شده است. بر اساس نتایج آزمون‌ها، استفاده از هسته مسی در الکترو منجر به کاهش دما شده است. به طوری که در هنگام کارکرد موتور با استفاده از گاز طبیعی در سرعت ۲۵۰۰ د.د.د، دمای الکترو منفی ۱۱۵ درجه سانتیگراد کاهش یافته است. با افزایش سرعت موتور در حالت تمام بار، این اختلاف کاهش یافته و به ۹۰ درجه سانتیگراد می‌رسد. لذا استفاده از هسته مسی منجر به کاهش ۱۰ تا ۱۵ درصدی دمای الکترو منفی خواهد شد که می‌تواند حدود ۲ برابر سبب کاهش رفتگی الکترو شود.</p>

### ۱- مقدمه

بازار باید انتظارات فراوانی را تأمین کنند. علاوه بر قیمت کم، تولید توان بیشتر و مصرف سوخت کمتر، انتظار می‌رود تا موتور عمر مفید مناسبی داشته باشد. برای تأمین اهداف فوق، تمامی اجزا و سامانه‌های موتور باید به درستی و هماهنگ عمل کنند. در این میان، سامانه‌های سوخت رسانی و جرقه از اهمیت زیادی برخوردار هستند. عملکرد مطلوب یک موتور اشتعال جرقه‌ای به صحت عملکرد سامانه جرقه وابسته است. لذا باید حسگرهای دور موتور، موقعیت میل‌بادامک، واحد کنترل الکترونیکی و ... هر کدام سالم باشند و علاوه بر آن، هماهنگ با یکدیگر

با پیشرفت و تکامل فناوری، سختگیری قوانین زیست‌محیطی و همچنین افزایش رقابت در بازارهای جهانی، تولید کننده‌های موتورهای احتراق داخلی مجبور به تطابق خود با شرایط جدید شده‌اند. برای مثال، امروزه موتورهای اشتعال جرقه‌ای برای داشتن توان رقابت در

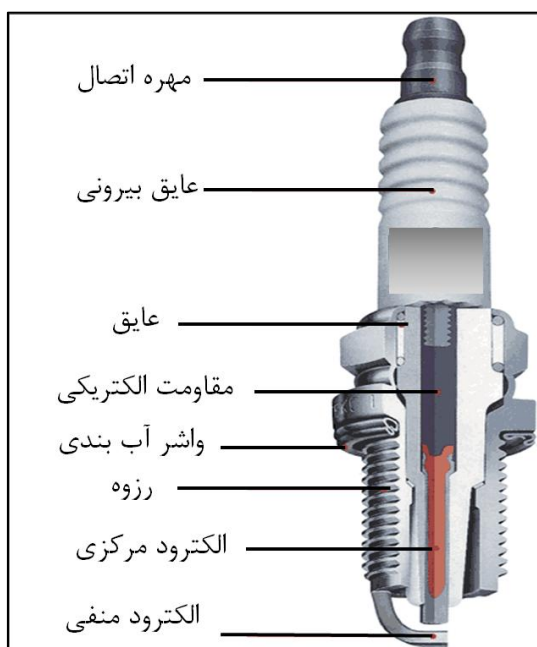
\* پست الکترونیک نویسنده مسئول: s\_javan@ip-co.com

۱. کارشناس ارشد، شرکت تحقیق، طراحی و تولید موتور ایران خودرو (ایپکو)

۲. دکتری، شرکت تحقیق، طراحی و تولید موتور ایران خودرو (ایپکو)

۳. کارشناس ارشد، شرکت تحقیق، طراحی و تولید موتور ایران خودرو (ایپکو)

الکتروود منفی، مقاومت الکتریکی و عایق سرامیکی. رزوه‌ها که جهت بستن شمع روی سرسیلندر ایجاد شده‌اند، نقش اصلی در انتقال حرارت را بر عهده دارند. زیرا سرسیلندر به وسیله مایع خنک کاری، خنک می‌شود. ترمینال اصلی انرژی الکتریکی را از وایر گرفته و به الکتروود مرکزی انتقال می‌دهد. این قسمت بیرون از محفظه قرار دارد و در معرض حرارت نیست. همچنین عایق بیرونی شمع که وظیفه ایزوله کردن الکتروود مرکزی را دارد، نقش کمی در انتقال حرارت ایفا می‌کند. اما عایق داخلی، الکتروود مرکزی و الکتروود مرکزی که مستقیماً در معرض گرمای احتراق قرار گرفته‌اند باید دمای زیادی را تحمل کنند.

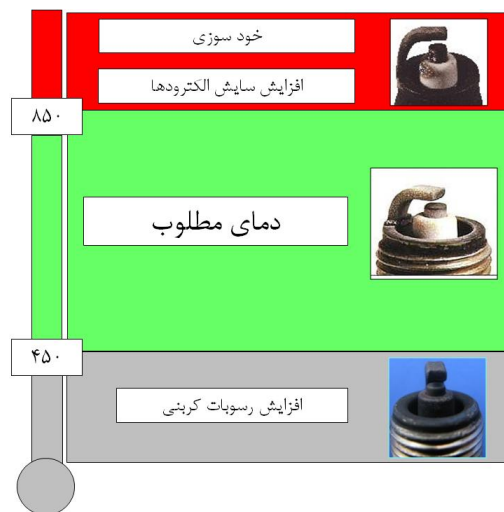


شکل ۲- اجزای اصلی شمع

قرار گرفتن شمع در شرایط داخل محفظه احتراق که دما و فشار زیادی را بر آن اعمال می‌کند سبب افزایش رفتگی الکتروودها می‌شود و از طرفی جریان مخلوط هوا و سوخت به این پدیده کمک می‌کند [۵]. در دماهای زیاد، گازهای موجود در محفظه احتراق به سطح الکتروودها نفوذ کرده و تشکیل پیوندهای شیمیایی می‌دهند. این ترکیبات سبب ضعیف شدن سطح الکتروودها شده و به تدریج سبب جدا شدن قسمت اکسید شده از سطح الکتروودها می‌شوند. تداوم این روند منجر به افزایش دهانه شمع می‌گردد. از

عمل نمایند. شمع یکی از اجزای اصلی سامانه جرقه است که وظیفه جرقه‌زنی و محترق کردن مخلوط هوا و سوخت را بر عهده دارد. شمع باید در زمان بسیار کوتاهی، شعله مناسبی ایجاد کند تا احتراق کاملی در موتور صورت گیرد. اگر به هر دلیلی شمع نتواند شعله مناسبی را ایجاد کند عملکرد موتور مختل می‌گردد، که در نتیجه آن، علاوه بر افت توان و گشتاور موتور، مصرف سوخت و آلایندگی افزایش خواهد یافت.

کارکرد بهینه شمع در موتور به عوامل متعددی وابسته است که دما یکی از تأثیرگذارترین آنها می‌باشد. دمای شمع می‌تواند بر عمر مفید شمع و کیفیت احتراق تأثیرگذار باشد [۱]. دمای شمع داخل محفظه احتراق باید در یک محدوده مجاز باشد. اگر دما کمتر از حد مجاز باشد، منجر به افزایش رسوبات کربنی و انحراف جرقه خواهد شد و اگر دمای شمع بیش از حد مجاز باشد، علاوه بر افزایش رفتگی<sup>۱</sup> الکتروودها، ممکن است منجر به پدیده کوبش شود [۲-۴]. در شکل ۱ محدوده دمایی مناسب برای کارکرد شمع نشان داده شده است.



شکل ۱- محدوده دمایی مناسب جهت عملکرد شمع

در شکل ۲ نمای برش خورده یک شمع نشان داده شده و اجزای شمع روی شکل معرفی شده‌اند. اجزای اصلی ساختمان شمع عبارتند از ترمینال اصلی، الکتروود مرکزی،

<sup>1</sup> Erosion/corrosion

گرفته شده و قطعات موتوری، با توجه به شرایط جدید طراحی شوند. در این نوع موتورها، بارهای حرارتی بیشتری به شمع وارد می‌شود و باید طراحی شمع به گونه‌ای باشد که در این شرایط عملکرد مناسبی داشته باشد [۱۷].

با توجه به موارد مطرح شده باید سعی شود تا دمای شمع در موتور از محدوده مجاز تجاوز نکند. برای کاهش دمای شمع می‌توان جنس مواد به کار رفته در الکترودها و عایق شمع را تغییر داد یا اینکه طراحی آنها را بهینه کرد. اما روش‌های فوق با محدودیت‌های مختلفی همراه هستند، از جمله افزایش هزینه و کاهش مقاومت در مقابل فرسایش [۱۸]. یکی از روش‌های مفید، کاربرد مواد با قابلیت انتقال حرارت زیادتر در هسته الکترودهای موجود است. به این ترتیب طراحی و جنس مواد تغییر چندانی نخواهد داشت. اما اگر انتقال حرارت بهبود یابد، سبب کاهش دمای شمع و کاهش رفتگی الکترودها خواهد شد. در بین فلزات، مس قابلیت انتقال حرارت زیادی دارد، به طوری که ضریب انتقال حرارت این فلز حدود ۵ برابر بیشتر از نیکل است [۱۹ و ۲۰]. لذا قابلیت انتقال حرارت مناسب فلز مس می‌تواند در ساخت شمع به کار رود. در این تحقیق سعی شده است تا تأثیر استفاده از هسته مسی بر کاهش دمای الکتروود منفی در موتورهای دوگانه سوز بنزین - گاز طبیعی مورد بررسی قرار گیرد و همچنین ارزیابی مناسبی از کاهش رفتگی الکتروود در اثر کاهش دما ارائه شود.

## ۲- روش آزمون و تجهیزات آزمایشگاهی

### ۲-۱- آماده‌سازی شمع‌ها جهت اندازه‌گیری دمای الکتروود

برای انجام این تحقیق، ابتدا دو نوع شمع با ابعاد و ظرفیت حرارتی<sup>۲</sup> یکسان تهیه گردید. جنس و طراحی الکترودها در هر دو نوع شمع مشابه بود. همان‌طور که در شکل ۳

سوی دیگر، تخلیه الکتریکی در الکترودها سبب گرم شدن موضعی و ذوب شدن سطح الکترودها می‌شود که منجر به پراکنده شدن مواد از نوک الکترودها و افزایش رفتگی ناشی از جرقه می‌گردد. رفتگی ناشی از جرقه سبب کاهش مواد در الکتروود مثبت و رفتگی ناشی از اکسید شدن سبب کاهش مواد در الکتروود منفی می‌شود [۶-۸].

با افزایش دما، رفتگی الکترودها افزایش می‌یابد، به ویژه در الکتروود منفی که به علت پیش رفتگی آن در محفظه احتراق، دمای بیشتری نسبت به الکتروود مرکزی دارد. دمای الکتروود در داخل محفظه احتراق به عوامل متعددی از جمله زاویه پیش‌رسی جرقه<sup>۱</sup>، دور و بار موتور، فشار تراکم و نسبت هوا به سوخت بستگی دارد [۹].

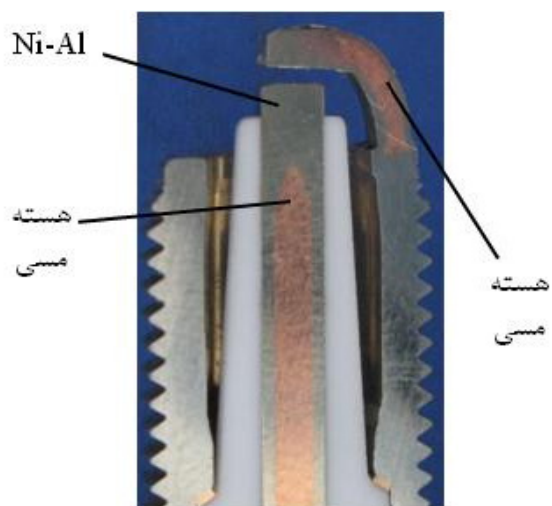
در الکترودهای پایه نیکل، سایش الکترودها سبب تسریع افزایش دهانه شمع و در نتیجه، افزایش ولتاژ مورد نیاز جرقه می‌گردد [۱۰ و ۱۱]. سیم‌پیچ افروزش وظیفه تأمین ولتاژ مورد نیاز جرقه را بر عهده دارد و جهت تضمین کیفیت جرقه‌زنی، باید این افزایش ولتاژ نیز توسط سیم‌پیچ افروزش جبران شود. در صورتی که ولتاژ قابل تأمین توسط سیم‌پیچ محدود است و افزایش دهانه شمع ممکن است به احتراق ناپایدار و عدم جرقه منجر گردد [۱۲-۱۴]. در این صورت علاوه بر تأمین نشدن عمر مفید مناسب، با احتراق نامناسب سوخت، مصرف سوخت و آلاینده‌گی افزایش پیدا می‌کند و همچنین با افت توان، عملکرد بهینه موتور نیز حاصل نخواهد شد [۱۵].

مسئله مهم دیگر در فناوری موتورهای امروزی، استفاده از سوخت‌های جایگزین برای بنزین و گازوئیل در خودروها است. فراوانی منابع گاز طبیعی سبب مطرح شدن آن به عنوان یک سوخت جایگزین ارزان و پاک شده است. یکی از فناوری‌ها جهت استفاده از گاز طبیعی به عنوان سوخت خودرو، خودروی دوگانه سوز است [۱۶]. در طراحی خودروهای دوگانه سوز، برای رسیدن به اهداف کاهش مصرف سوخت، کاهش آلاینده‌گی و همچنین عملکرد مناسب موتور، باید ویژگی‌های هر دو سوخت در نظر

<sup>2</sup> Heat range

<sup>1</sup> Spark advance

سوراخی در ترمینال اصلی شمع و الکتروود مرکزی ایجاد شد و حسگر دما به قطر  $0/8$  میلی‌متر داخل آن قرار گرفت. فاصله حسگر دما از نوک الکتروود مرکزی  $2$  میلی‌متر است. در شکل ۵، حسگر دمای به کار رفته در الکتروود مرکزی و محل جایگذاری آن روی شمع، نشان داده شده است.



شکل ۴- محل هسته مسی در الکتروود مرکزی و منفی نمونه شماره ۲



شکل ۵- حسگر دمای نصب شده جهت اندازه‌گیری دمای الکتروود مرکزی

برای اندازه‌گیری دمای الکتروود منفی سوراخی به قطر  $0/5$  میلی‌متر در بدنه شمع ایجاد شده و حسگر دما به کنار الکتروود منفی لحیم سخت شده است. در شکل ۶، شمع آماده شده جهت اندازه‌گیری دمای الکتروود منفی و محل نصب حسگر دما به کناره الکتروود نشان داده شده است. امکان دارد در طی فرایند لحیم‌کاری حسگر آسیب ببیند یا اینکه در اثر مواد واسطه، دقت اندازه‌گیری کاهش یابد. لذا پس از آماده‌سازی، جهت اطمینان از صحت عملکرد حسگر دما، دقت اندازه‌گیری‌های آن توسط یک کوره الکتروود مرکزی مورد بررسی قرار گرفت. در شکل ۷ این کوره و

نشان داده شده است، شمع‌های مورد استفاده دارای دهانه J شکل و الکتروودهای معمولی هستند. مقادیر اندازه دهانه، ابعاد الکتروودها و قطر رزوه شمع‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.



شکل ۳- شکل دهانه شمع‌های مورد استفاده در آزمون‌ها

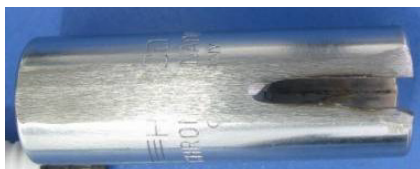
جدول ۱- اندازه دهانه و ابعاد الکتروودهای شمع‌های مورد استفاده در آزمون‌ها

طول الکتروود مرکزی	$1/48$ میلی‌متر
قطر الکتروود مرکزی	$2/80$ میلی‌متر
ضخامت الکتروود منفی	$1/32$ میلی‌متر
قطر رزوه شمع	$14$ میلی‌متر
اندازه دهانه شمع	$0/75$ میلی‌متر

الکتروودهای مرکزی و منفی در هر دو نمونه شمع، از آلیاژهای نیکل ساخته شده‌اند و جنس الکتروودها مشابه می‌باشد. تفاوت نمونه‌ها در ساختار الکتروود منفی است. برای نمونه اول، الکتروود منفی ساختمان یکپارچه‌ای دارد. اما در نمونه دوم یک هسته مسی در الکتروود منفی قرار داده شده است. الکتروود مرکزی در هر دو نمونه دارای هسته مسی است. برای نشان دادن محل قرارگیری هسته‌های مسی درون الکتروودها، یکی از شمع‌ها برش داده شده که در شکل ۴، محل قرارگیری هسته‌های مسی مشخص شده است.

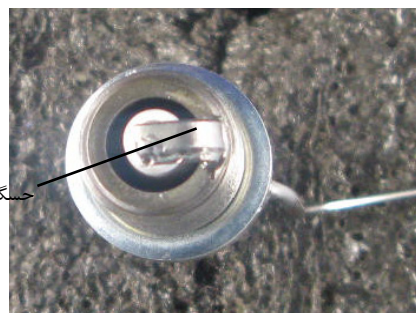
با توجه به موقعیت الکتروودها، جهت اندازه‌گیری دمای الکتروود مرکزی و منفی، شمع‌های جداگانه‌ای از هر دو نمونه آماده شد. جهت اندازه‌گیری دمای الکتروود مرکزی،

شمع لحیم شده است. لذا نمی‌توان از آچار شمع معمولی جهت بستن شمع‌ها استفاده کرد. به همین دلیل یک ابزار مخصوص جهت بستن شمع‌ها آماده شد که در شکل ۸ نشان داده شده است.



شکل ۸- ابزار آماده شده جهت بستن شمع‌های مجهز به حسگر دمای الکتروود منفی

نحوه کالیبراسیون شمع‌های مجهز به حسگر دما نشان داده شده است.



## ۲-۲- روش آزمون

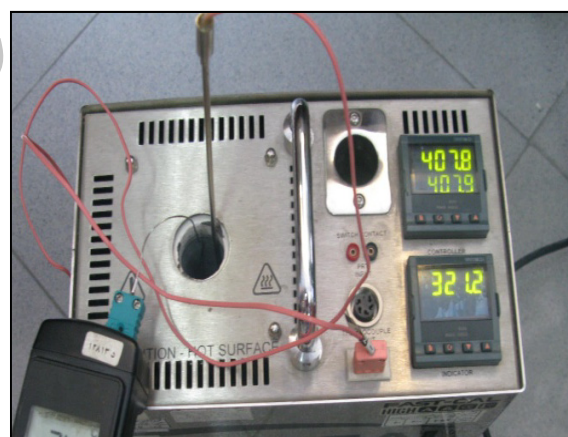
پس آمادسازی، شمع‌ها روی موتور نصب شده و حسگرهای دما به کمک سامانه خوانش داده به رایانه متصل شدند. در شکل ۹، اتصال شمع‌ها روی موتور و به سامانه خوانش داده نشان داده شده است. این سامانه توانایی داده برداری با سرعت ۱۰ هرتز را دارد.



شکل ۶- حسگر دمای نصب شده روی الکتروود منفی



شکل ۹- اتصال موتور و حسگر دما به سامانه خوانش داده



شکل ۷- بررسی صحت عملکرد شمع‌های مجهز به حسگر دما در کوره الکتریکی

بار و سرعت موتور بر دمای الکتروودها تأثیر مستقیم دارند و بالاترین دما در شرایط بار کامل حاصل می‌شود [۲۱]. لذا دمای الکتروودها در شرایط بار کامل با استفاده از سوخت‌های گاز طبیعی و بنزین اندازه‌گیری شدند. یکی از اهداف آزمون‌ها، تعیین گرمترین استوانه<sup>۱</sup> موتور و پیدا

<sup>۱</sup> Cylinder

برای اینکه حسگر دما مشکلی در آب‌بندی رزوه‌های شمع ایجاد نکند، مسیر آن از داخل بدنه و بدون صدمه زدن به رزوه‌ها ایجاد شده است. محل جایگذاری حسگر پایین‌تر از قسمت آچارخور شمع است. با توجه به ظریف بودن حسگر دما (قطر ۰/۵ میلی‌متر) امکان صدمه دیدن آن در هنگام نصب وجود دارد. لذا قبل از ورود به بدنه شمع از یک غلاف فلزی عبور داده شده است. غلاف فلزی به کناره

### ۳- نتایج و بحث

آزمون‌ها روی یک موتور دوگانه سوز بنزین- گاز طبیعی انجام شده است. لذا ابتدا نیاز است تا مشخص شود دمای الکترودها در کدامیک از سوخت‌ها بیشتر است. دمای الکترودها در هنگام کارکرد موتور با سوخت گاز طبیعی بیشتر از بنزین است. این اختلاف در شرایط دور آرام و بار جزئی کمتر است، اما با افزایش سرعت و بار موتور افزایش می‌یابد [۱۵]. در شکل ۱۰ دمای الکتروود منفی در شرایط مخالف کارکرد موتور نشان داده شده است. با توجه به بیشتر بودن دما در هنگام کارکرد موتور با سوخت طبیعی، سایر آزمون‌ها و مقایسه‌ها با استفاده از این سوخت انجام شده است.

#### ۳-۱- بررسی دمای الکترودهای مرکزی و منفی

با افزایش بار و دور موتور، دمای الکترودهای شمع نیز افزایش می‌یابد و بیشینه دمای شمع در شرایط بار کامل رخ می‌دهد. شکل ۱۱، مقایسه دمای الکتروود منفی و الکتروود مرکزی را در شرایط بار کامل بر حسب سرعت موتور نشان می‌دهد. به علت پیشرفتگی بیشتر الکتروود منفی داخل محفظه احتراق و قرار گرفتن در معرض گازهای حاصل از احتراق، دمای الکتروود منفی همواره بیشتر از الکتروود مثبت است. در سرعت ۲۵۰۰ دور در دقیقه، دمای الکتروود مرکزی ۱۱۰ درجه سانتیگراد کمتر از دمای الکتروود منفی است. اما با افزایش سرعت موتور این اختلاف کمتر شده و در سرعت ۶۳۸۰ دور در دقیقه به ۶۵ درجه سانتیگراد می‌رسد.

کردن گرمترین نقطه کاری موتور است. لذا ابتدا در شرایط بار کامل و با استفاده از سوخت گاز طبیعی، دمای الکتروود مرکزی در تمام استوانه‌ها اندازه‌گیری شد تا گرمترین استوانه موتور مشخص شود. دمای استوانه شماره ۲ در اکثر نقاط بیشتر از سایر استوانه‌ها بود. لذا سایر اندازه‌گیری‌ها روی استوانه شماره ۲ اجرا شد.

#### ۳-۲- موتور و سایر تجهیزات آزمایشگاهی

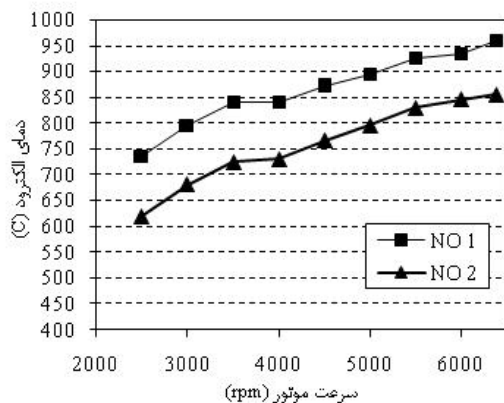
آزمون‌های مورد نظر جهت اندازه‌گیری دمای الکترودهای شمع در آزمایشگاه شرکت تحقیق، طراحی و تولید موتور ایران خودرو (ایپکو) اجرا شد. اتاق آزمون مورد استفاده در این تحقیق، مجهز به دستگاه لگام ترمز ۱۹۰ کیلوواتی ساخت شرکت شنک بود. جهت اندازه‌گیری دمای الکترودها و همچنین اندازه‌گیری دمای گازهای خروجی، از حسگر دمای نوع K با دقت  $\pm 1$  درجه سانتیگراد استفاده شد. حسگرهای مورد استفاده، توانایی اندازه‌گیری دما در محدوده ۲۰۰- تا ۱۲۷۰ درجه سانتیگراد را دارند. در تحقیق حاضر، برای اجرای آزمون‌ها از یک موتور دوگانه سوز ۱/۷ لیتری استفاده شد. این موتور چهار زمانه و دارای سیستم مکش با تنفس طبیعی<sup>۱</sup> است که مشخصات فنی آن در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲- مشخصات فنی موتور دوگانه سوز مورد استفاده در

آزمون		
مشخصه	مقدار	واحد
تعداد استوانه	۴	---
آرایش استوانه	خطی	---
قطر استوانه	۷۸/۶	میلی‌متر
طول مسیر سمبه	۸۵	میلی‌متر
حجم جابجایی	۱۶۴۹	سانتی‌متر مکعب
نسبت تراکم	۱۱	---
سرعت موتور در گشتاور بیشینه	۳۵۰۰	د.د.د
سرعت موتور در توان بیشینه	۶۰۰۰	د.د.د
بیشینه سرعت مجاز	۶۴۰۰	د.د.د

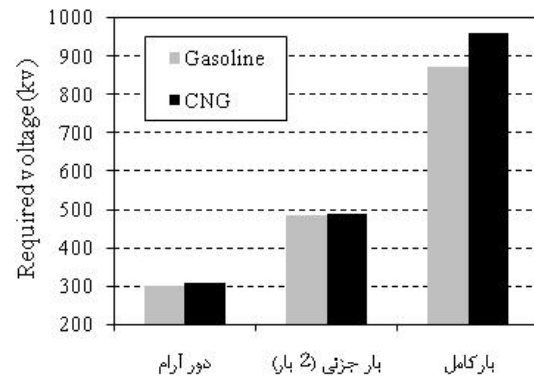
<sup>1</sup> Naturally-aspirated

۸۴۵ درجه سانتیگراد است. در حالی که دما در نمونه اول به ۹۳۵ درجه سانتیگراد می‌رسد. در سرعت ۶۳۸۰ د.د.د. مجدداً اختلاف دما افزایش می‌یابد. برای نمونه اول دما ۸۵۵ درجه سانتیگراد و نمونه دوم ۹۶۰ درجه سانتیگراد است.

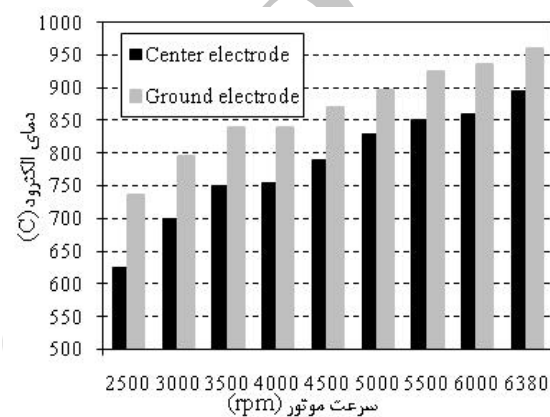


شکل ۱۲- مقایسه دمای الکتروود منفی در نمونه اول (بدون هسته مسی) و نمونه دوم (دارای هسته مسی)

استفاده از هسته مسی به طور میانگین سبب کاهش ۱۰۰ درجه‌ای دمای الکتروود منفی شده است. حال باید بررسی شود که این کاهش دما می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر کاهش رفتگی الکتروود داشته باشد یا خیر. در شکل ۱۳ اثر رفتگی الکتروودهای مختلف بر دما نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، رفتگی الکتروودهای پایه نیکل وابستگی شدیدی به دما دارد و از طرفی تا قبل از رسیدن دما به ۸۰۰ درجه، با افزایش دما، رفتگی الکتروودها با شیب ملایمی افزایش می‌یابد. اما در دماهای بیشتر از ۸۰۰ درجه رفتگی الکتروودها به شدت افزایش می‌یابد. با توجه به اینکه پس از سرعت ۴۵۰۰ د.د.د. دمای الکتروود منفی در شمع نمونه اول بیشتر از ۸۵۰ درجه سانتیگراد است و در بیشینه مقدار خود به ۹۶۰ درجه سانتیگراد نیز می‌رسد، کاهش ۱۰۰ درجه‌ای دما با استفاده از هسته مسی می‌تواند سبب کاهش حدود ۲ برابری رفتگی ناشی از اکسیداسیون در الکتروود منفی شود.



شکل ۱۰- دمای الکتروود در شرایط مختلف کارکرد موتور



شکل ۱۱- مقایسه دمای الکتروود مرکزی و منفی در شرایط بار کامل بر حسب سرعت موتور با استفاده از سوخت گاز طبیعی

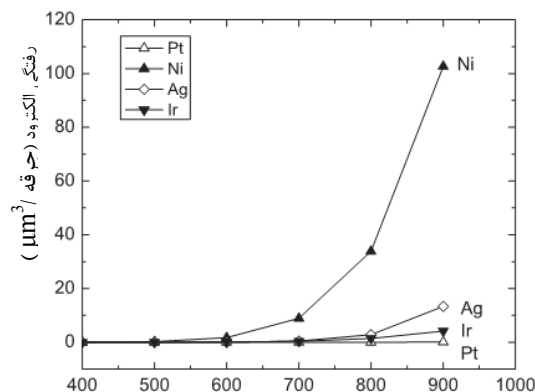
### ۳-۲- بررسی تأثیر هسته مسی بر کاهش دما

همان‌طور که در بخش ۳-۱ بیان شد، دمای الکتروود منفی بیشتر از الکتروود مرکزی است. حال باید تأثیر استفاده از هسته مسی بر کاهش دمای الکتروود منفی مورد بررسی قرار گیرد. نتایج اندازه‌گیری دمای الکتروود منفی برای هر دو نمونه آزمون، در شکل ۱۲ نشان داده شده است. بر اساس این نتایج، دمای الکتروود منفی با استفاده از نمونه دوم (دارای هسته مسی) کاهش قابل توجهی پیدا می‌کند. به طوری که در سرعت‌های کم سبب کاهش ۱۱۵ درجه‌ای دما می‌شود. با افزایش سرعت موتور، مقداری از این اختلاف کاسته می‌شود و در سرعت ۶۰۰۰ د.د.د. به حداقل مقدار خود یعنی ۹۰ درجه سانتیگراد می‌رسد. در این سرعت، دمای الکتروود منفی در نمونه دوم

است و با افزایش سرعت موتور این اختلاف کاهش می‌یابد. استفاده از هسته مسی در الکتروود منفی سبب کاهش حدود ۱۰۰ درجه‌ای دما می‌شود، که این میزان کاهش دما در الکتروودهای پایه نیکل اهمیت فوق‌العاده‌ای دارد. این کاهش دما می‌تواند حدود ۲ برابر رفتگی الکتروودها را کاهش دهد که در نتیجه سبب حفظ دهانه شمع و ولتاژ مورد نیاز جرقه در محدوده مجاز و افزایش عمر مفید شمع خواهد شد.

#### تقدیر و تشکر

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند تا از زحمات و حمایت‌های مدیریت آزمایشگاه‌های شرکت تحقیق، طراحی و تولید موتور ایران خودرو (ایپکو) سپاسگزاری نمایند. همچنین از آقایان مهندس رضا روکاه و مهندس بهزاد نیکخو به جهت مساعدت‌های انجام شده تشکر می‌گردد.



(C) دمای الکتروود

شکل ۱۳- میزان رفتگی عناصر مختلف به کار رفته در الکتروودها نسبت به دما [۲۲]

#### ۴- نتیجه گیری

بررسی نتایج آزمون‌ها نشان می‌دهد که در شرایط بار کامل، دمای الکتروود منفی بیشتر از الکتروود مرکزی است. اختلاف دمای بین دو الکتروود در سرعت‌های کم بیشتر

#### مراجع

- [1] Shimanokami, Y., Ishikawa, M., Matsubara, Y., Suzuki, T. (2006), "Development of a wide range spark plug". SAE Paper 2006-01-0406.
- [2] Javan, S., Hosseini, V., Alaviyou, S. (2012), "An experimental investigation of spark plug temperature in bi-fuel engine and its effect on electrode erosion". Intl. J. Auto. Eng., Vol. 2, No. 1, pp. 21-29.
- [3] Van Basshuysen, R., Schafer, F. (2004), "Internal Combustion Engine Handbook". SAE International.
- [4] Ishiguro, H., Okabe, S., Hashizume, K. (2005), "Super carbon fouling resistive small size spark plug". SAE Paper 2005-01-1158.
- [5] Javan, S., Hosseini, V., Alaviyou, S., Ommi, F. (2011), "Investigations of effects of spark plug's wear on required voltage for ignition of natural gas engine". 7<sup>th</sup> International Conference of Internal Combustion Engines, Tehran, Iran.
- [6] Hori, T., Shibata, M., Okabe, S., Hashizume, K. (2003), "Super ignition spark plug with fine center and ground electrodes". SAE paper 2003-01-0404.
- [7] Pischinger, S. (1989), "Effects of spark plug design parameters on ignition and flame development in an SI engine", PhD Thesis, MIT University.
- [8] "Various spark plug conditions", Available from <http://www.2carpros.com/how-to.html> internet; accessed 5 June 2008.
- [9] Schwaller, E. (2005), "Total Automotive Technology". 4<sup>th</sup> edition, Thomson, USA.
- [10] Maly, R. (1985), "Spark ignition: Its physics and effect on internal combustion engine". Fuel economy: Road vehicles powered by spark ignition engine. Plenum Press, NY.



- [11] Lee, J., Hall, R. (2005), "Voltage and energy deposition characteristics of spark ignition systems". SAE paper 2005-01-0231.
- [12] Nakano, D., Suzuki, T., Matsui, M. (2004), "Gas engine ignition system for long-life spark plugs". SAE paper 2004-32-0086.
- [13] Lee, Y.G., Grimes, D.A., Boehler, J.T., Sparrow, J., Flavin, C. (2000), "A study of the effects of spark plug electrode design on 4-cycle spark ignition engine performance". SAE Paper 2000-01-1210.
- [14] Osamura, H., Abe, N. (1999), "Development of new iridium alloy for spark plug electrodes", SAE paper 1999-01-0796.
- [15] Ommi, F., Javan, S., Hosseini, V., Alaviyoun, S. (2010), "Investigations of effects of spark plug's electrodes wear on required voltage for ignition and performance of natural gas engine". J. Eng. Res. Vol. 21, pp. 18-26.
- [16] Aslam, M.U., Masjuki, H. H., Kalam, M. A., Abdesselam, H., Mahlia, T. M. I. (2006), "An experimental investigation of cng as an alternative fuel for a retrofitted gasoline vehicle". Fuel, Vol. 85, pp. 717-724.
- [17] Bisetto, F., Toniolo, J. (2006), "Spark plugs for multi fuel vehicles". SAE paper 2006-01-2630.
- [18] Nishioka, S., Hanashi, K., Okabe, S. (2008), "Super ignition spark plug with wear resistive electrode". SAE paper 2008-01-0092.
- [19] Leinhard, J. (1987), "A Heat Transfer Textbook". 2<sup>nd</sup> edition, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- [20] Bejan, A., (2004), "Convection Heat Transfer". 3<sup>rd</sup> edition, Wiley, USA.
- [21] Ommi, F., Javan, S., Hosseini, V., Alaviyoun, S. (2010), "Experimental investigation of electrode temperature in gasoline internal combustion engines". 10<sup>th</sup> International Conference of Aerospace, Tehran, Iran.
- [22] Rager, J., Flaig, A., Schneider, G., Kaiser, T., Soldera, F., Mucklich, F. (2005), "Oxidation damage of spark plug electrodes". Adv. Eng. Mater., Vol. 7, No. 7, pp. 633-640.

## STUDY OF EFFECT OF CUPPER CORE ON TEMPERATURE AND EROSION OF ELECTRODE

S. Javan<sup>1,\*</sup>, S.V. Hosseini<sup>2</sup>, S.S. Alaviyoun<sup>1</sup>

1. M.Sc., Mechanical Engineering, Irankhodro Powertrain Company (IPCo), 6<sup>th</sup> km Karaj Makhsous road, Tehran, Iran

2. Ph.D., Mechanical Engineering, Irankhodro Powertrain Company (IPCo), 6<sup>th</sup> km Karaj Makhsous road, Tehran, Iran

\*Corresponding Author: s\_javan@ip-co.com

---

### ARTICLE INFO

---

Keywords:  
Spark Plug,  
Electrode,  
Temperature,  
Copper Core,  
Erosion.

### ABSTRACT

---

Temperature of spark plug can effect on spark plug lifetime and combustion quality. The electrode erosion and gap growth are consequences of temperature rise. The temperature of spark plug should be maintained in allowable range to increase its lifetime. Utilization of materials that have better heat transfer is one of the useful methods to decrease electrode temperature. So, high heat transfer ability of copper can be effective. Considering dependence of erosion of nickel electrodes on temperature. it is required to study the effect of copper core on reduction of temperature in electrodes. In the present study, the effect of copper core on electrode temperature is studied by two types of spark plugs that have the same heat range. According to the results. utilization of copper core resulted in reduction of electrode temperature. So that electrode temperature was decreased by 115 °C, while engine operates by CNG at 2500 rpm under full load conditions. The difference decreases as engine speed increases at full load conditions until it reaches 90 °C at 6000 rpm. Therefore, copper core will lead to 10-15% decrease in ground electrode temperature that can decline electrode erosion by two times.

---