نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج

تعیین اثر فرسودگی شمع بر روی گازهای آلاینده اگزوز و پارامتر های موتور در یک خودروی بنزینی

احد انوری نیا[1*]، بهفر فرزانه[2]، علی مطبوعی[3]

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه آزاد اسلامی واحد اقلید فارس

۲-استادیار گروه مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اقلید فارس

۳-کارشناس ارشد مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی

گروه ماشین های کشاورزی ،دانشکده مهندسی ،دانشگاه آزاد اسلامی واحد اقلید ،فارس ،ایران

ایمیل مکاتبه کننده: ahad_anvarinia@yahoo.com

چکیده

کیفیت هوا در کشور ما به عنوان چالشی روبروی مسئولین، خصوصا در شهرهای پرجمعیت می‌باشد. در بررسی منشاء آلاینده های هوا، متهم اصلی خودروها با سهم ۸۰ درصدی تعیین شده است. علت اصلی آلاینده بودن خودرو ها، احتراق ناقص در موتور است. عامل محترق کننده سوخت در موتور شمع است. شمع مانند هر قطعه مصرفی موتور دچار فرسودگی می‌شود. در این پژوهش نقش و سهم شمع فرسوده در اجزا آلاینده کننده مورد بررسی قرارگرفته است. این پژوهش بر روی خودرو ۴۰۵ بنزینی انجام شده است. طی این پژوهش با استفاده از دستگاه تست آلایندگی پنج گاز، گازهای خروجی اگزوز قبل از کاتالیست اندازه‌گیری شده است و همزمان پارامترهای موتور از طریق دستگاه دیاگ ثبت گردیده است. اندازه‌گیری‌ها در حالت سرد(C) و گرم موتور(W) و دور آرام(I) و ۲۵۰۰ و برای شمع فرسوده(O)و نو(N)(۸حالت) انجام شده است. گازهای اندازه‌گیری شده شامل HC، CO، CO2، O2، NOxو همچنین نسبت Lambda و AFR بوده است. نتایج نشان می دهد که تعویض شمع فرسوده با جدید باعث کاهش میزان HCوNO_xدر تمامی شرایط خصوصا در حالتNO_x(NWI)۲۲٪و(NCI)HC۱۹٪گردیده است. همچنین تعویض شمع باعث بهبود زمان آدوانس گردیده است.

واژه‌های کلیدی: گازهای آلاینده موتور، تعویض شمع، NO_x

۱- مقدمه

با توجه به کاهش منابع سوخت‌های فسیلی و افزایش بهای جهانی سوخت، تقاضا برای خودروهای کم مصرف افزایش پیدا کرده است و طراحان موتور تمایل دارند تا موتورهایی کم حجم و با بازدهی بالا تولید کنند. از طرفی قوانین زیست محیطی سختگیرانه‌ای برای آلاینده‌های خروجی از موتورهای احتراق داخلی وضع شده است. لذا نیاز است تا موتورهای امروزی ضمن حفظ محدودیت‌های آلایندگی، عملکرد مطلوبی داشته باشند .شمع یکی از اجزای موتور است که وظیفهٔ محترق نمودن مخلوط هوا و سوخت را بر عهده دارد. شمع باید توانایی محترق نمودن مخلوط هوا و سوخت را در چرخه‌های متوالی و تحت شرایط مختلف کارکرد موتور داشته باشد و احتراق پایداری را ایجاد نموده به طوری که تغییرات فشار در محفظهٔ احتراق در چرخه‌های مختلف کم باشد(صالحی و همکاران، ۱۳۸۴). اگر کیفیت عملکرد شمع افت نماید احتراق کاملی در موتور ایجاد نمی‌گردد، عملکرد موتور افت پیدا کرده و همچنین آلایندگی افزایش می‌یابد (Daniels *et al.*, 1996). عملکرد مناسب شمع، به طراحی صحیح اجزای مختلف آن و همچنین سامانهٔ جرقّه‌زنی بستگی دارد. برای احتراق مطمئن مخلوط آشفتهٔ هوا و سوخت بهتر است که تا حد امکان دهانهٔ شمع افزایش یابد. یکی دیگر از محدودیت‌ها، قابلیت تأمین ولتاژ توسط سامانهٔ جرقّه‌زنی می‌باشد (Lee *et al.*, 2005) و(Pischinger.S, 1989). استفاده از الکترودهای باریک و کاهش سطح تماس بین شعلهٔ اولیه و الکترودها، یکی دیگر از روش‌های افزایش توانایی شمع می‌باشد که منجر به افزایش قابلیت احتراق و بهبود عملکرد موتور می‌گردد (Osamura.H & N.Abe,1999) و(Lee.Y.G. & Boehler.J.T ,2005) .با افزایش قابلیت احتراق، مصرف سوخت و آلاینده های خروجی نیز کاهش می‌یابد(Nishioka *et al.*, 2008) و (Tanuma s *et al.*, 1971). علاوه بر مزایای ذکر شده، استفاده از الکترود باریک سبب تقویت شدت میدان الکتریکی در دهانهٔ شمع و کاهش ولتاژ مورد نیاز جرقّه می‌گردد (Hori *et al.*, 2003) و (Beru technical group, 2010) . یکی از مشکلات رایج در استفاده از الکترودهای باریک تمرکز انرژی در نوک الکترودها و افزایش سایش الکترودها می باشد. قرار گرفتن شمع در شرایط محفظهٔ احتراق سبب سایش الکترودها و افزایش فاصله دهانهٔ شمع می‌شود. با افزایش این فاصله ولتاژ مورد نیاز جرقّه نیز افزایش می‌یابد. اگر سامانهٔ جرقّه توانایی تأمین ولتاژ را نداشته باشد، احتراق ناپایدار صورت گرفته و عملکرد موتور افت پیدا می‌نماید، در نتیجه آلایندگی خودرو افزایش می‌یابد(جوان و همکاران،۱۳۹۱). بخش عمده‌ای از آلودگی محیط زیست ناشی ازآلاینده‌های خروجی از اگزوز خودروها می باشد. گازهای خروجی از موتور شامل CO، CO2 ، NOX، H2O، O2، SOX و N2 می‌باشد که در شرایط احتراق کامل CO کمترین و CO_2 بیشترین مقدار را دارا می‌باشد. برای بهبود آلاینده-ها راه حل‌های متفاوتی در نظر گرفته شده که شامل بهینه‌سازی موتور، بهینه‌سازی احتراق درون سیلندر، بهینه‌سازی سوخت و نصب سیستم‌های کنترل آلاینده پس از خروج از سیلندر است. با وجود تمام راهکارهای ذکر شده لازم است که خودروها در زمان استفاده، از نظر عملکرد صحیح موتور مورد بازدید قرار گرفته تا کمترین آلایندگی را تولید کنند. این فرآیند شامل بازدید، تمیزکاری و یا تعویض شمع خودرو می‌باشد(صالحی و همکاران، ۱۳۸۴).این مقاله به تـأثیر فرسودگی شمع بر روی گازهای آلاینده اگزوز و پارامتر های موتور می‌پردازد.

۲- مواد و روشها

جهت سنجش اثر فرسودگی شمع خودرو بر روی دود اگزوز اقدامات اولیه‌ای برای آماده سازی خودرو انجام گردید. ابتدا جهت حذف اثر اصلاح کننده مبدل کاتالیستی، این مبدل از مسیر اگزوز برداشته شد. بنابراین تغییرات ناشی از تعویض شمع در شرایط گوناگون عینا مشاهده می‌گردد. قبل از انجام آزمون از صحت کار سنسورهای مختلف موتور و عدم وجود خطا در واحد کنترل الکترونیکی(S2000) خودرو اطمینان حاصل شد. بنزین بکاررفته، از نوع بنزین معمولی و خودرو مورد آزمون، پژو ۴۰۵ با عمر ۷ سال بوده است. خودرو در طول آزمون به طور پیوسته به دستگاه دیاگ متصل بوده و پارامترهای موتور دائما بررسی می‌گردید. ملاک گرم بودن موتور شروع به کار فن دور آرام موتور در ۸۹ درجه سانتیگراد بوده است. گازهای خروجی از اگزوز پس از پایدار شدن شرایط موتور توسط دستگاه تست ۵ گاز مدلQROTECH401 اندازه‌گیری شده است. این دستگاه قبل از آزمون ها توسط سازنده مورد تست و کالیبراسیون قرارگرفته است. گازهای اندازه‌گیری شده توسط دستگاه شامل HC، CO_2، CO،O_2، NO_x و همچنین نسبت Lambda و AFR بوده است.

اندازه‌گیری‌ها در حالت سرد(C) و گرم موتور(W) و دور آرام(I) و ۲۵۰۰ و برای شمع فرسوده (O) و نو(N)(۸حالت) انجام شده است. حالت‌های اندازه‌گیری شده شامل دو تکرار بوده است که داده‌های هر دو تکرار باهم اختلاف قابل توجه‌ای ندارد و می‌توان آنها را یکسان در نظر گرفت. میزان کارکرد شمع فرسوده ۶۵۰۰ کیلومتر بوده است.

شکل۱: دستگاه تست ۵گاز

جدول ۱: شمع های استفاده شده

شمع	مدل	شماره فنی	تعداد پین
نو	BOSCH SUPERPLUS	FLR8LDCU	۲
فرسوده	EYQUEM	RFC42LZ2E	۲

شکل ۲: شمع نو استفاده شده

۳- نتیجه‌گیری

از بررسی جداول داده‌های بدست آمده در این پژوهش نتایج زیر قابل حصول است.

جدول۲:داده های تست ۵گاز برای شمع فرسوده

شمع فرسوده	O.C.I	O.W.I	O.C.25	O.W.25
HC_{ppm}	247	167	129	120
CO2%	9.8	10.5	10.6	10.5
O2%	1.03	0.92	0.86	0.84
CO%	1.7	1.3	1.5	1.1
NOx_{ppm}	68	90	409	404
LAMBDA	1.055	1.049	1.047	1.047
AFR	15.5	15.4	15.4	15.3

جدول۳:داده های تست ۵گاز برای شمع نو

شمع نو	N.C.I	N.W.I	N.C.25	N.W.25
HC_{ppm}	198	134	110	143
CO2%	10.5	10.2	10.6	10.3
O2%	1.14	1.12	0.85	1.05
CO%	1.3	1.1	1.3	0.8
NOx_{ppm}	66	70	371	418
LAMBDA	1.062	1.066	1.048	1.06
AFR	15.6	15.6	15.4	15.5

نتایج نشان می‌دهد تعویض شمع باعث کاهش هیدروکربن های نسوختهHC در اگزوز می‌شود. دلیل این امر افزایش کیفیت احتراق می‌باشد. حداکثر کاهش در حالت سرد موتور در دور آرام C.I به میزان۱۹٪ مشاهده می‌شود. از این یافته اهمیت تعویض شمع در کاهش آلایندگی هیدروکربن های نسوختهHC زمانی که موتور تازه روشن شده و مسلما مبدل کاتالیستی و سنسور اکسیژن در مدار نسیت را می‌رساند.

در مورد گاز آلاینده مونو اکسید کربنCO نیز استفاده از شمع جدید باعث کاهش سطح این گاز گردیده است. دلیل این کاهش افزایش کیفیت احتراق با افزایش ترکیب CO_2 نسبت به CO می‌باشد. حداکثر این کاهش به میزان ۲۷٪ در حالتW25می باشد و سپس در حالت CI به میزان ۲۳٪ است.

در مورد گاز آلاینده اکسید های نیتروژنNOx یافته ها حاکی از کاهش آن است دلیل آن کیفیت جرقه با توجه به پارامترهای بدست آمده برای موتور توسط دیاگ برای آدوانس موتور و زمان شارژ کویل قابل توجیه است. کاهش عمده این آلاینده در حالت WI مشاهده گردیده است.

در مورد پارامترهای موتور، در مورد زاویه آدوانس جرقه نتایج نشان می‌دهد با تعویض شمع باعث کاهش مقدار آداوانس موتور و نزدیک شدن به میزان ایده‌آل طراحی شده برای موتور گردیده است. این را عامل نیز می‌توان دلیل کاهش تولید گازNOx دانست.

جدول۳:داده های میزان آدوانس برای شمع فرسوده ونو

میزان آدوانس درجه	C.I	W.I	C.25	W.25
شمع فرسوده(O)	12	7.5	28	25
شمع نو(N)	9	5.3	26	24

با توجه به نتایج بدست آمده با تعویض شمع خودرو در فواصل معین و توصیه شده باعث کاهش آلایندگی اگزوز خودرو ها در شرایط گوناگون می‌شود با توجه به اینکه نتایج این پژوهش با حذف مبدل کاتالیستی بدست آمده است، با وجود این مبدل کاهش بیشتری در آلاینده های دود اگزوز شاهد خواهیم بود. همچنین با کاهش بار ورودی به مبدل باعث افزایش بازده و عمر مبدل کاتالیستی خواهد گردید.

مراجع

۱. جوان، س.، حسینی، س. و.، علویون،س. ش. ا.، امی، ف.، "بررسی تاثیر رفتگی شمع بر ولتاژ مورد نیاز جرقه در موتور اشتعال جرقه‌ای گازسوز"، تحقیقات موتور ، دوره۸ ، شماره ۲۶ ،۱۳۹۱.

۲. صالحی تینونی، ح.، منصوری، س. ح.، شمسی کوشکی، م.، ۱۳۸۴." بررسی شرایط بهینه تست آلایندههای موتور خودروها در مراکز معاینه فنی"، دانشگاه تهران، دوره ۳۱، شماره ۲،ص ۳۶-۲۳.

3. Daniels, C. F., & Scilzo, B. M. (1996). *The effects of electrode design on mixture ignitability* (No. 960606). SAE Technical Paper.
4. Pischinger, S. (1989). *Effects of spark plug design parameters on ignition and flame development in an si-engine* (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).
5. Lee, M. J., Hall, M., Ezekoye, O. A., & Matthews, R. D. (2005). *Voltage, and energy deposition characteristics of spark ignition systems* (No. 2005-01-0231). SAE Technical Paper.
6. Osamura, H., & Abe, N. (1999). *Development of new iridium alloy for spark plug electrodes* (No. 1999-01-0796). SAE Technical Paper.
7. Hori, T., Shibata, M., Okabe, S., & Hashizume, K. (2003). *Super ignition spark plug with fine center & ground electrodes* (No. 2003-01-0404). SAE Technical Paper.
8. Lee, Y. G., & Boehler, J. T. (2005). *Flame kernel development and its effects on engine performance with various spark plug electrode configurations* (No. 2005-01-1133). SAE Technical Paper.
9. Nishioka, S., Hanashi, K., & Okabe, S. (2008). *Super ignition spark plug with wear resistive electrode* (No. 2008-01-0092). SAE Technical Paper.
10. Tanuma, T., Sasaki, K., Kaneko, T., & Kawasaki, H. (1971). *Ignition, combustion, and exhaust emissions of lean mixtures in automotive spark ignition engines* (No. 710159). SAE Technical Paper.

Effect of worn spark plug on emission and engine parameter on gasoline engine

Abstract:
Air quality in our country is challenging for officials, especially in densely populated cities. In considering the origin of air pollutants, cars are mainly accused with a share of 80 percent. The main cause of vehicle emission known as the incomplete combustion in the engine. Spark plug ignites the fuel in the engine. Like any part of engine, spark plugs wear as well. In this study, the role and contribution of the worn spark plug into air pollutants was investigated. This research has been done on the Peugeot 405 with gasoline engine. In this study, exhaust emissions have been measured before the catalyst using a five-gas emission test. Also, engine parameters were recorded by means of DIAG. Measurements done for cold (C) and warm engine (W) and idle (I) and 2500 rpm and old (O) and new (N) spark plug, (8 cases). were performed. The measured gases include HC, CO, CO2, O2, NOx, and Lambda and the AFR ratio. The results show that the replacement of worn spark plugs with new causes the reduction of HC and NOx rate in all conditions, especially in case of NOx (NWI) 22% and HC (NCI) 19% were spotted. Results also show that the replacement of spark plug will improve advancing for ignition timing.

Keyword: engine pollutant gas, spark plug, NO