Archive of SID

نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی
جلد ۷/ شماره ۱/ بهار و تابستان ۱۳۹۷ (۵۷-۶۷)

بررسی تجربی آلاینده‌های موتور اشتعال تراکمی با استفاده از نانو ذرات جامد و سوخت‌های زیستی

عباس تقی‌پور[1*] و فاطمه خدائی چگنی[2]

چکیده

مهم‌ترین و معمول‌ترین سوخت برای استفاده در موتورهای دیزل، در بسیاری از کشورهای جهان، گازوئیل است. استفاده از گازوئیل در این موتورها، موجب انتشار مواد مضر و آلاینده با ترکیبات شیمیایی پیچیده می‌شود، که خسارات جبران‌ناپذیری به محیط‌زیست وارد می‌کند. با اینکه تمهیدات مختلفی در برای کاهش آلودگی اعم از برنامه‌های معاینه فنی خودروها یا نصب سیستم‌های کنترل انتشار آلاینده در اگزوز خودروها در کشورهای پیشرفته به‌کار گرفته‌شده؛ لیکن این برنامه‌ها در شهرهای بزرگ مسأله تولید آلاینده‌ها را به حد کافی کاهش نداده است. در این زمینه سوخت‌های بیولوژیک، خواص فیزیکی و شیمیایی ذاتی دارند که آن‌ها را در عمل، پاک‌تر از سوخت‌های دیگر می‌کند. از اصلی‌ترین موضوعات فناوری نانو، ساخت مواد با خواص جدید است که از آثار مثبت آن، بالابردن بازده موتورهای احتراق داخلی فعلی است. در این پژوهش، آلاینده‌های موتور دیزل چهارزمانه با استفاده از ترکیبات سوخت نانو بیودیزل و دیزل بررسی شد. داده‌های موردنظر در ۴ دور موتور (۱۵۰۰، ۲۰۰۰، ۲۴۰۰و ۲۶۰۰rpm) برای مخلوط‌های مختلف سوخت (در ۱۰ سطح) به‌دست آمد. نتایج نشان داد که در اکثر ترکیب‌ها میزان هیدروکربن و منواکسیدکربن خروجی از اگزوز نسبت به سوخت دیزل کاهش، ولی مقدار اکسیدهای نیتروژن و دی‌اکسیدکربن تولیدی توسط مخلوط‌های سوخت نسبت به سوخت دیزل افزایش یافته است.

واژه‌های کلیدی: اکسید سریم، آلاینده، بیودیزل، موتور اشتعال تراکمی.

ارجاع: تقی‌پور ع. و خدائی چگنی ف. ۱۳۹۷. بررسی تجربی آلاینده‌های موتور اشتعال تراکمی با استفاده از نانو ذرات جامد و سوخت‌های زیستی. نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۷(۱): ۵۷-۶۷.

۱- استادیار گروه مکانیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول.
۲- مدرس گروه مکانیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول.
* نویسنده مسئول: taghipoor460@yahoo.com
تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۲/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۷/۱۹

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

در حال حاضر، موتورهای دیزل به‌عنوان یک بخش اساسی در تأمین نیروی محرکهٔ خودروهای جاده‌ای و غیرجاده‌ای به‌حساب می‌آیند. از طرف دیگر موتورهای دیزل امروزه، از اصلی‌ترین مصرف‌کننده‌های سوخت فسیلی هستند و در نتیجه، یکی از عوامل مهم تولید آلودگی‌های صوتی و زیست‌محیطی نیز به‌شمار می‌آیند. تولید گازهایی نظیر NO_X، SO_2 و CO_2 ناشی از سوختن سوخت‌های فسیلی، از عوامل اصلی آلودگی جو زمین است. جمع‌شدن دی‌اکسیدکربن و سایر گازهای گلخانه‌ای در جو باعث تغییراتی در وضعیت جو زمین شده است که به نظر می‌رسد نتایج وخیمی برای انسان و سایر موجودات زنده به بار آورد (Nematizadeh, 2011). نیاز روزافزون جهان به منابع جدید انرژی به‌ویژه در بخش حمل‌ونقل، امروزه از جمله مشکلات اساسی کشورهای توسعه‌یافته و درحال توسعه است؛ به عبارتی این مشکل همانند دهه‌های گذشته، تنها به کشورهای واردکنندهٔ نفت اختصاص ندارد و حتی تولیدکنندگان بزرگ نفت ازجمله کشور ما نیز با مشکلات متعددی در زمینه‌ی تهیه سوخت روبه‌رو هستند. کمبود یا به عبارتی کاهش ظرفیت پالایشی در جهان، از عوامل بروز این مشکلات است. موضوع به همین‌جا ختم نمی‌شود؛ زیرا آلودگی ناشی از سوخت‌های فسیلی و پایان‌پذیر بودن آن‌ها نیز از دیگر عواملی است که بشر را به تلاش برای دست‌یابی به سوخت‌های جایگزین برای این منابع واداشته است. بیودیزل، سوختی تجدیدپذیر است که استفاده از آن در بسیاری از کشورهای دنیا متداول است (James, 2002). بیودیزل، عنوان گروهی از روغن‌های گیاهی استری‌شده است که از فرآورده‌های کشاورزی دارای روغن تولید می‌شود. با توجه به خواص بیودیزل که بسیار شبیه به گازوئیل است، بیو دیزل را می‌توان در موتورهای دیزلی مورد استفاده قرار داد. مهم‌ترین خاصیت سوخت‌های گیاهی، تجدیدپذیری و زیست‌دوستی آن‌هاست که نگرانی ناشی از اتمام آن‌ها نیز وجود ندارد. هر کشوری با توجه به فراوانی محصول گیاهی در آن کشور می‌تواند اقدام به تولید سوخت از آن محصول کند و بدین ترتیب بخشی از نیاز سوختی خود و یا همهٔ آن را برطرف کند. در مقیاس نانو خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی تک‌تک اتم‌ها، مولکول‌ها با خواص توده ماده متفاوت است. نانو ذرات در چنین مقیاس و مشخصه‌های منحصربه‌فردی موجب پیدایش دستاوردهای نوینی در علوم پزشکی و مهندسی می‌شوند. به‌طور خلاصه نانو تکنولوژی به معنی انجام مهندسی مواد در ابعاد اتمی- مولکولی و ساخت موادی با خواص کاملاً متفاوت در ابعاد نانو است. خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی ماده تبدیل‌شده به ابعاد نانو نسبت به خواص آن در ابعاد ماکرویی کاملاً متفاوت است. نانو در مولکول‌های ماده انرژی بالایی را ایجاد می‌کند؛ به همین دلیل معجزه‌آسا نامیده می‌شود. سوخت نانو بیودیزل سوختی است که از ترکیب مکمل‌های ذرات نانو با سوخت بیودیزل، به نسبت‌های مختلف و مناسب به‌دست می‌آید و قابلیت احتراق و استفاده در موتورهای دیزلی را دارد. گستردگی علوم و فناوری نانو موجب تعریف کاربردهای بسیار زیادی در عرصه‌های مختلف علمی و صنعتی شده است. کاربردهای فناوری نانو در همه‌جا همراه هزینهٔ کمتر، دوام عمر بیشتر، مصرف انرژی پایین‌تر، هزینهٔ نگه‌داری کمتر و خواص بهتر است. با درنظر گرفتن موارد فوق، برای بیودیزل و مزایای استفاده از فناوری ذرات نانو علاقه‌ی بسیار زیادی برای بسط و توسعه‌ی کاربرد نانو ذرات در سوخت‌ها به‌وجود آمده است. از طرفی موتورهای احتراق تراکمی (دیزل) در زندگی بشر، کاربرد وسیعی دارند. استفاده از این موتورها در کشاورزی (تراکتور، کمباین، پمپ‌های آب و غیره)، حمل‌ونقل (لکوموتیو، اتوبوس، کامیون و غیره) صنعت ساختمان (ماشین‌های خاک‌برداری، خاک‌ریزی، بالابرها، غلتک‌ها و غیره)، صنعت، زیردریایی‌ها، نیروگاه‌های حرارتی و در سال‌های اخیر اتومبیل‌های سبک سواری معمول است. با توجه به مزایای ذکرشده در مورد بیودیزل و فناوری نانو استفاده از این سوخت در بخش‌های مختلف به‌عنوان سوخت کمکی برای سوخت دیزل ضروری به نظر می‌رسد.

در سال ۲۰۰۳ در یک پژوهش، به بررسی آلاینده‌های حاصل از بیودیزل تولیدی از روغن‌های پسماند پرداخته شد. نتایج نشان داد که با استفاده از بیودیزل خالص میزان Co، ۵۸/۹ درصد، Co_2، ۸/۶ درصد، No، ۳۷/۵ درصد، So_2، ۵۷/۷ درصد کاهش و NO_2 به میزان ۸۱ درصد افزایش می‌یابد (Dorado *et al.*, 2003). در

www.SID.ir

Archive of SID

پژوهشی دیگر با استفاده از بیودیزل، انتشار مونوکسیدکربن و هیدروکربن‌های سوخته‌نشده به‌ترتیب ۲۱ و ۴۷ درصد کاهش یافت؛ ولی به هر صورت با افزایش بار وارده، میزان اکسیدهای نیتروژن زیاد شد (Pangavhane & Kushare, 2002). در پژوهشی از سوخت امولسیون با افزودنی‌های نانو برای کار در موتور دیزل استفاده گردید و نتایج نشان دادند که استفاده از افزودنی‌های نانو به‌سرعت تبخیر سوخت و اختلاط آن با هوا کمک کرده و به‌طورکلی باعث کاهش مدت‌زمان احتراق می‌شود. هنگامی که ۱۰ درصد سوخت امولسیون استفاده شد، راندمان حرارتی ترمزی موتور در مقایسه با دیزل خالص به‌اندازه ۱۴/۲ درصد افزایش یافت و خروجی‌های اگزوز نیز به میزان ۳۰/۶ درصد کاهش یافت (Yang *et al.*, 2013).

طی پژوهش‌هایی دریافتند اضافه کردن سریم به سوخت دیزل باعث کاهش قابل‌توجه در تعداد، وزن، اندازه و درجهٔ حرارت آلاینده‌های انتشاریافته از موتور دیزل می‌شود و اکسیداسیون را نیز به میزان قابل‌توجهی افزایش می‌دهد (Escribano *et al.*, 2008).

در یک پژوهش به بررسی متغیرهای عملکردی و آلایندگی یک موتور احتراق تراکمی با استفاده از نانو ذرات اکسید سریم به‌عنوان افزودنی در سوخت‌های دیزل تنها و مخلوط دیزل، بیودیزل و اتانول پرداختند و نتایج پژوهش‌های آن‌ها به این صورت بود که مصرف ویژهٔ مخلوط سوخت‌های دیزل، بیودیزل و اتانول در مقایسه با سوخت دیزل خالص در تمام فشار مؤثر ترمزی بالاتر بود؛ اما راندمان حرارتی ترمزی در تمام بارهای موتور با سوخت دیزل خالص نسبت به مخلوط دیزل، بیودیزل و اتانول بیشتر شد. فشار مؤثر با اضافه کردن اکسید سریم و اتانول به سوخت دیزل افزایش پیدا کرد، اتانول موجب افزایش تأخیر در احتراق و اکسید سریم موجب کاهش تأخیر در احتراق شد. اضافه کردن نانو ذرات اکسید سریم در هر دو نوع سوخت باعث کاهش منواکسیدکربن، آلاینده‌ی HC و دود خروجی شد. در همهٔ فشارهای موتور افزودنی مخلوط نانو ذرات اکسید سریم در دو نوع سوخت به موتور کمک می‌کرد که مخلوط رقیق‌تر باشد (Selvan *et al.*, 2009).

در پژوهشی در سال ۱۹۸۷ اثر افزودنی‌های مختلف فلزی ازجمله کلسیم، باریم، نیکل و آهن را به سوخت دیزل و بهبود خواص فیزیکی و عملکردی و آلایندگی موتور بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که کلسیم و باریم در کاهش دود و از بین بردن رسوبات دوده و افزایش اکسیداسیون مؤثرترین هستند (Miyamoto *et al.*, 1987). در پژوهش دیگری، در چند سطح، در بررسی اثر استفاده از نانو ذرات اکسید سریم بر خواص فیزیکی شیمیایی بیو دیزل و بررسی متغیرهای عملکردی و آلایندگی موتور به این نتیجه رسیدند که اکسید سریم موجب افزایش ویسکوزیته و نقطهٔ اشتعال و کاهش آلایندگی‌های هیدروکربن‌های خروجی و NO_X می‌شود و همچنین نتیجه گرفتند که خواص بیودیزل در هوای سرد تغییر قابل‌توجهی نشان نمی‌دهد و در سطوح مختلف نانو ذرات اکسید سریم، بازده موتور بهبود می‌یابد (Sajith & Sobhan, 2009). در سال ۲۰۱۶ تأثیر نانوذره جامد CeO_2 بر روی پارامترهای عملکردی و آلاینده‌های موتور اشتعال تراکمی تک سیلندر، چهارزمانه، هوا خنک از نوع تزریق مستقیم بررسی شد. نتایج نشان داد در مقایسه با سوخت B20، آلاینده‌هایی نظیر HC و CO در ترکیبات دارای نانوذره CeO_2 کاهش یافت. تیرگی دود و آلاینده NOx در ترکیبات حاوی نانوذره کمتر بود (Karthikeyan *et al.*, 2016). در سال ۲۰۱۶ نیز تأثیر نانوذره آلومینا به‌عنوان یک مادهٔ افزودنی به همراه سوخت بیودیزل بر روی پارامترهای عملکردی، احتراق و آلاینده‌های موتور دیزل بررسی شد. بیودیزل مورداستفاده در این پژوهش، از ضایعات و پسماند مرغ به روش ترانس استریفیکاسیون تهیه‌شده بود. نتایج نشان داد که برای سوخت B20 در مقایسه با سوخت دیزل آلاینده HC و CO کاهش و NOx کمی افزایش می‌یابد (Ramesh *et al.*, 2016).

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، تأثیر تلفیق سوخت دیزل، بیودیزل و ذرات نانو اکسید سریم بر میزان آلاینده‌های موتور بررسی می‌شود. بدین منظور داده‌های مذکور مربوط به موتور تک سیلندر چهارزمانه CT159 با استفاده از ترکیبات مخلوط سوخت موردنظر اندازه‌گیری شد. مشخصات موتور فوق در جدول ۱ آمده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- مشخصات فنی موتور CT159

مدل	Hatz 1B20-6
کارخانهٔ سازنده	شرکت گونت آلمان
تعداد سیلندر	۱
کورس سیلندر	۶۲ mm
قطر سیلندر	۶۹mm
توان خروجی	۱/۵ kW
نسبت تراکم	۲۱ :۱
نوع سیستم خنک کاری	هواخنک
نوع سیستم سوخت‌رسانی	تزریق مستقیم

این تحقیق از بخش‌های ذیل تشکیل می‌شود:

مرحله‌ی پیش از داده‌گیری

این مرحله، شامل بررسی پیشینهٔ پژوهش، ترکیب سوخت دیزل، بیودیزل و ذرات نانو اکسید سریم با توجه به درصدهای درنظر گرفته‌شده و طرح‌ریزی مطلوب برای اندازه‌گیری داده‌ها در آزمایش‌ها است. از مخلوط‌های مختلف سوخت در ده سطح که شامل سوخت دیزل خالص، بیودیزل در سه سطح (B0, B5, B20) و ذرات نانو نیز در سه سطح (۵، ۱۵ و ۲۵ppm) در این پژوهش استفاده شد. نانو مورد استفاده نیز نانو ذرات اکسید سریم بود. ترکیبات سوخت دیزل با بیودیزل به‌صورت حجمی و با نسبت‌های ارائه‌شده مطابق با جدول ۲ است.

تهیه‌ی مخلوط‌های مختلف سوخت در آزمایشگاه اتومکانیک دانشکدهٔ فنی دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول انجام شد. گازوییل مورد استفاده در این آزمون، گازوییل معمول (شماره ۲) و بیودیزل نیز از روغن پسماند از مرکز ملی بیوانرژی دانشگاه تربیت مدرس تهران تهیه شد. بیودیزل مورداستفاده از روغن پسماند به روش ترانس استریفیکاسیون تهیه شده است که برخی از خواص مهم آن از قبیل گرانروی سینماتیک، نقطه‌ی اشتعال، نقطه‌ی ابری شدن، نقطه‌ی ریزش، مقدار آب و رسوبات، مقدار گلیسیرین آزاد، رنگ و خوردگی مس اندازه‌گیری و نتایج آن مطابق با استاندارد بین‌المللیASTM D-6751 مطابقت داده شده است. در جدول ۳ برخی از خصوصیات مهم بیودیزل به‌همراه شماره‌ی استاندارد و حدود مجاز نشان داده شده است.

جدول ۲- ترکیبات سوخت دیزل و بیودیزل

درصد ذرات نانو (ppm)	ترکیب سوخت
۵	B0D100
۱۵	B0D100
۲۵	B0D100
۵	B5D95
۱۵	B5D95
۲۵	B5D95
۵	B20D80
۱۵	B20D80
۲۵	B20D80

جدول ۳- برخی از خصوصیات مهم بیودیزل به‌همراه شماره‌ی استاندارد و حدود مجاز آن

خصوصیت	شماره استاندارد	حدود مجاز	واحد
نقطهٔ اشتعال	D-93	کمترین ۱۳۰	^{0}C
آب و رسوبات	D-2709	بیشترین ۰/۰۵	%VOLUME
گرانروی سینماتیک ^{0}C ۴۰	D-445	۱/۹-۶	mm^2/s
خاکستر سولفاته	D-874	بیشترین ۰/۰۲	Wt.%
گوگرد	D-5453	بیشترین ۰/۰۵	Wt.%
خوردگی مس	D-130	بیشترین شماره ۳	------
عدد ستان	D-613	کمترین ۴۷	------
نقطه ابری شدن	D-97	تعیین نشده	^{0}C
پسماند کربن	D-4530	بیشترین ۰/۰۵	------
عدد اسید	D-664	بیشترین ۰/۸	Mg KOH/g
گلیسیرین آزاد	D-6584	۰/۰۲	Wt.%
گلیسیرین کل	D-6584	۰/۲۴	Wt.%
فسفر	D-4951	۰/۰۰۱	Wt.%

داده‌گیری

برای بررسی تأثیر ترکیب‌های مختلف سوخت دیزل و نانو بیودیزل بر میزان آلاینده‌های موتور تک سیلندر چهارزمانه CT159، آزمایش‌های مربوطه در آزمایشگاه ترمودینامیک دانشکده فنی دانشگاه آزاد اسلامی واحد

www.SID.ir

Archive of SID

دزفول انجام شد. مجموعهٔ موردنظر شامل موتور و دینامومتر در شکل ۱ نشان داده شده است. برای اندازه‌گیری آلاینده‌های خروجی موتور نیز از دستگاه آلاینده‌سنج پنج گاز ساخت شرکت Motor Scan ایتالیا استفاده شد (شکل ۲). داده‌های موردنظر در ۴ سرعت دورانی موتور (۱۵۰۰، ۲۰۰۰، ۲۴۰۰ و ۲۶۰۰rpm) برای مخلوط‌های مختلف سوخت به‌دست آمد.

شکل ۱- مجموعهٔ مورد نظر شامل موتور و دینامومتر

از دینامومتر برای تغییر بار و دور اعمال‌شده بر روی موتور استفاده شد. همهٔ آزمایش‌ها در تمام حالات با سه تکرار انجام شد. آزمایش‌ها در حالت ایستگاهی روی موتور انتخاب‌شده و با اعمال تیمارهای مختلف روی موتور تک سیلندر چهارزمانه CT159 انجام شد. گفتنی است پس از تهیه‌ی ترکیب سوخت، برای همگن شدن ترکیب سوخت و نانو ذرات جامد، مخلوط سوخت به مدت ۱۰ دقیقه درون حمام آلتراسونیک قرار داده شد.

شکل ۲- دستگاه اندازه‌گیری آلاینده‌های موتور

نتایج و بحث

با استفاده از داده های حاصل از آزمایش‌های انجام شده، نمودارهای مربوطه به کمک نرم‌افزار Excel رسم و نتایج به‌دست آمده بررسی شد.

هیدروکربن‌های نسوخته (HC)

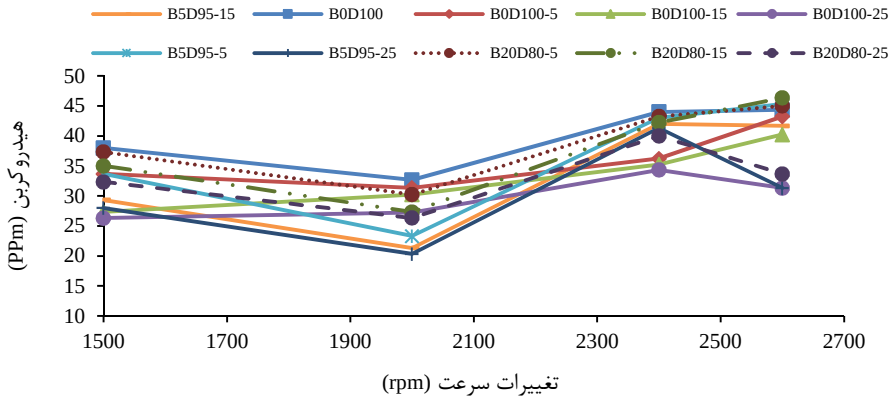
تغییرات هیدروکربن‌های خروجی اگزوز برحسب ppm نسبت به دور موتور در شکل ۳ نشان داده‌شده است. تولید آلاینده‌های هیدروکربن به‌دلیل احتراق ناقص است. به‌طور کلی، این آلاینده‌ها به طراحی موتور، ساختار سوخت، دمای احتراق و اکسیژن موجود در سوخت بستگی دارد. هنگامی که آلاینده‌های هیدروکربنی وارد اتمسفر می‌شوند، بدبو و آزاردهنده و برخی از آن‌ها سرطان‌زا هستند. همه‌ی اجزا به‌جز CH_4 با گازهای موجود در اتمسفر واکنش و در حضور نور خورشید، مه دود فتوشیمیایی تشکیل می‌دهند. از جمله دلایل ایجاد آلاینده‌های HC می‌توان به نسبت هوا به سوخت غیر استوکیومتریک اشاره کرد. مقدار آلاینده‌ی HC به‌شدت تابع نسبت هوا به سوخت (AF) است. در یک مخلوط با سوخت غنی، اکسیژن کافی برای واکنش با تمام کربن وجود ندارد که منجر به مقادیر زیاد HC و CO در محصولات خروجی می‌شود. این موضوع به‌ویژه در هنگام راه‌اندازی موتور، که مخلوط هوا و سوخت، عمداً بسیار غنی می‌شود، صدق می‌کند. این موضوع به میزان کمتری در طی شتاب گرفتن سریع تحت بار نیز صادق است. اگر AF خیلی فقیر باشد، احتراق ضعیف‌تری رخ می‌دهد که دوباره منجر به ایجاد آلاینده‌های HC می‌شود. با توجه به شکل ۳، مشخص است که در اکثر ترکیب‌ها میزان هیدروکربن خروجی از اگزوز نسبت به سوخت دیزل کاهش یافته است. این موضوع می‌تواند به‌دلیل اکسیژن‌دار بودن سوخت بیودیزل و همچنین ذرات نانو اکسید سریم (CeO_2) باشد. البته در مواردی علی‌رغم وجود اکسیژن کافی میزان HC نسبت به سوخت دیزل بیشتر شده است. علت آن می‌تواند به این دلیل باشد که در برخی مواضع، در محفظه‌ی احتراق، مخلوط به‌قدری فقیر است که به‌طور مناسب نمی‌سوزد و در سایر نواحی به‌قدری غنی است که اکسیژن کافی برای مصرف تمام سوخت وجود ندارد. با اختلاط کمتر از مقدار معلوم یا بیش از مقدار معمول سوخت و هوا، احتراق کامل رخ نمی‌دهد. مخلوط هوا و سوخت در موتور اشتعال تراکمی (CI)، بسیار غیرهمگن است و به‌علاوه سوخت در طی احتراق، هنوز در حال پاشیدن است؛ بنابراین در مواضع مختلف محفظه‌ی احتراق، نواحی بسیار غنی تا

www.SID.ir

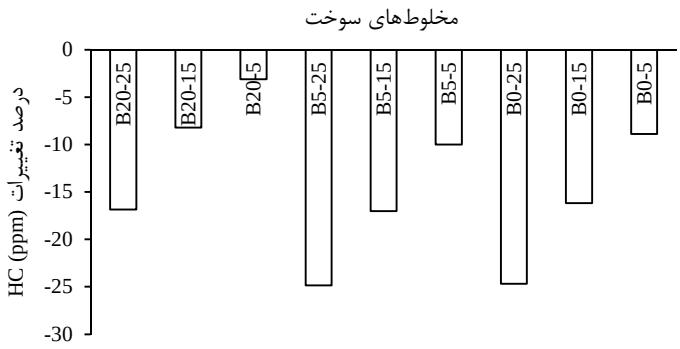
Archive of SID

بسیار فقیر وجود دارند و جبهه‌های شعله بسیاری در یک‌زمان وجود خواهد داشت. در اختلاط کمتر از مقدار معمول، برخی ذرات سوخت در نواحی با سوخت غنی، اکسیژنی برای واکنش پیدا نمی‌کنند. در نواحی با سوخت فقیر، احتراق محدود می‌شود و مقداری از سوخت به علت رقیق بودن زیاد مخلوط نمی‌سوزد. در اختلاط بیش از مقدار معمول، برخی ذرات سوخت با گازی که قبلاً نسوخته است، مخلوط می‌شوند و بنابراین به‌صورت کامل نخواهد سوخت. عامل دیگر ممکن است مربوط به نازل سوخت پاش باشد. نازل‌ها باید به گونه‌ای ساخته شوند که هنگام توقف پاشش سوخت، از نازل چکه نکند. هرچند مقدار کمی از سوخت مایع نیز در نوک نازل محبوس خواهد شد (حجم حفره‌ای) و اندازه‌ی آن به طراحی نازل بستگی دارد. با بسته شدن نازل، دیگر فشاری برای راندن آن به داخل سیلندر وجود ندارد و این حجم سوخت به‌آرامی تبخیر می‌شود. مقداری از این سوخت تبخیر نمی‌شود، مگر آنکه احتراق متوقف شود. این موضوع باعث ورود ذرات HC بیشتری در گازهای خروجی می‌شود.

شکل ۴ میزان تغییرات هیدروکربن‌های نسوخته موتور را در هریک از ترکیبات نسبت به سوخت دیزل خالص نشان می‌دهد.



شکل ۳- تغییرات هیدروکربن‌های نسوخته مربوط به مخلوط‌های سوخت برحسب دور



شکل 4- درصد تغییرات هیدروکربن‌های نسوخته موتور با استفاده از ترکیبات سوخت بیودیزل و دیزل نسبت به سوخت دیزل خالص

با توجه به نتایج به‌دست آمده، مشخص است تقریباً در تمامی ترکیبات میزان HC تولیدی نسبت به سوخت دیزل خالص کمتر است. در بین این ترکیبات مخلوط سوخت B5D95-25 بیشترین کاهش و مخلوط سوخت B20D80-5 کمترین کاهش را نسبت به سوخت دیزل خالص داشته است. همان‌گونه که ذکر شد، علت این موضوع اکسیژن‌دار بودن ترکیب سوخت است که سبب می‌شود اکسیژن بیشتری در محفظه‌ی احتراق وجود داشته باشد تا احتراق کامل‌تری انجام شود.

منواکسیدکربن (CO)

منواکسیدکربن گازی بی‌رنگ، بی‌بو و سمی است و هنگامی در موتور تولید می‌شود که موتور با نسبت هم‌ارزی سوخت غنی کار کند؛ هنگامی‌که اکسیژن کافی

www.SID.ir

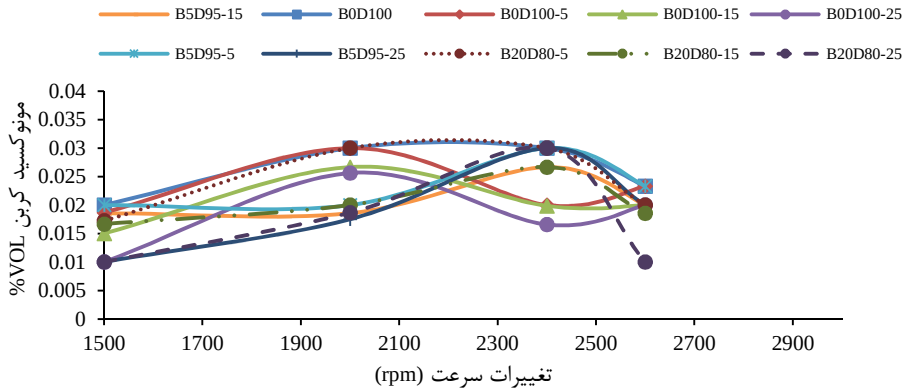
Archive of SID

برای تبدیل تمام کربن به CO_2 وجود نداشته باشد، مقداری از سوخت نمی‌سوزد و مقداری کربن به‌صورت CO باقی می‌ماند. CO نه تنها به‌عنوان آلاینده‌ای نامطلوب در نظر گرفته می‌شود، بلکه باعث اتلاف انرژی شیمیایی که نمی‌تواند به‌صورت کامل در موتور به کار گرفته شود، نیز می‌شود. بیشترین مقدار CO هنگامی تولید می‌شود که موتور با مخلوط غنی کار کند و مواردی شامل راه‌اندازی موتور یا شتاب گرفتن تحت بار را شامل می‌شود. اختلاط ضعیف، نواحی محلی غنی و احتراق ناقص، مقداری CO ایجاد خواهد کرد. شکل ۵ تغییرات منواکسیدکربن نسبت به دور را نشان می‌دهد. میزان CO بر اساس درصد حجمی (V%) و به‌وسیله‌ی دستگاه سنجش آلاینده‌ها اندازه‌گیری شد.

همان‌گونه‌که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، مقدار منواکسیدکربن تولیدی توسط مخلوط‌های سوخت دیزل- بیودیزل و ذرات نانو نسبت به سوخت دیزل خالص کاهش یافته است.

شکل ۶ میزان تغییرات منواکسیدکربن موتور را در هر یک از ترکیبات نسبت به سوخت دیزل خالص نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۶ مشاهده می‌شود که با افزایش درصد بیودیزل و همچنین میزان ذرات نانو در مخلوط سوخت میزان کاهش CO نیز افزایش می‌یابد.

دلیل کاهش CO، اکسیژن‌دار بودن سوخت بیودیزل و ذرات نانو(CeO_2) است. اکسیژن‌دار بودن مخلوط سوخت موجب می‌شود اکسیژن بیشتری در محفظه‌ی احتراق حضور داشته باشد و در نتیجه احتراق کامل‌تری انجام می‌شود. با توجه به نتایج به‌دست آمده، مشخص است تقریباً در تمامی ترکیبات میزان CO تولیدی نسبت به سوخت دیزل خالص کمتر است. در بین این ترکیبات مخلوط سوخت B20D80-25 بیشترین کاهش و مخلوط سوخت B20D80-5 کمترین کاهش را نسبت به سوخت دیزل خالص داشته است.



شکل ۵- تغییرات منواکسیدکربن مربوط به مخلوط‌های سوخت برحسب دور

شکل ۶- درصد تغییرات منواکسیدکربن موتور با استفاده از ترکیبات سوخت بیودیزل و دیزل نسبت به سوخت دیزل خالص

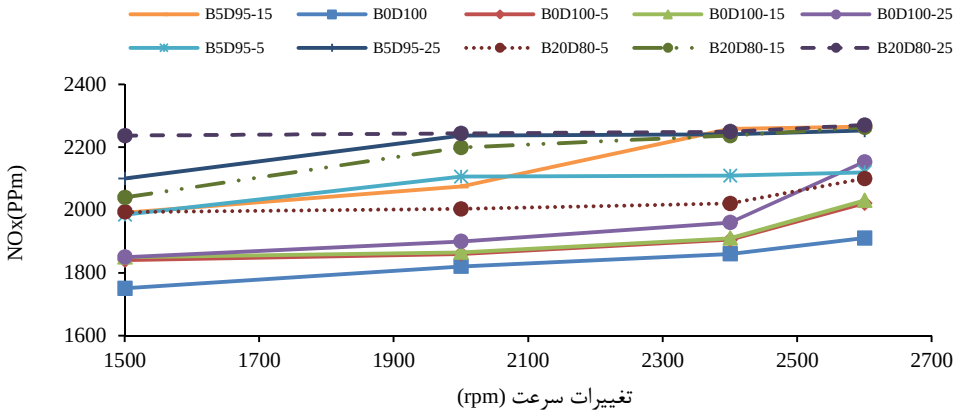
www.SID.ir

Archive of SID

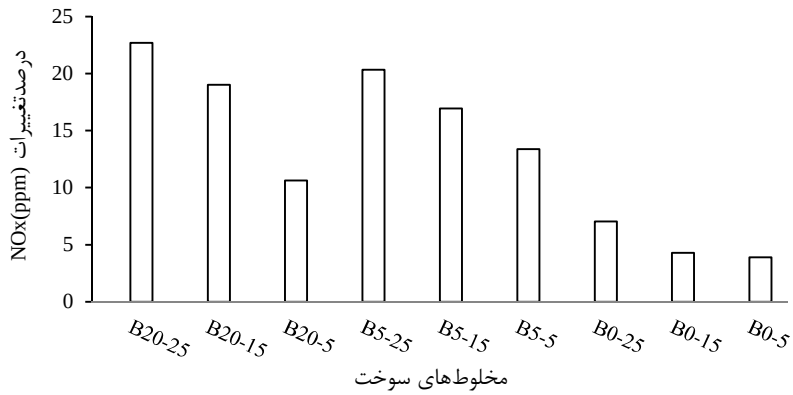
اکسیدهای نیتروژن (NOx)

بخشی از گازهای خروجی موتور، اکسیدهای نیتروژن است. بیشتر این مقدار، شامل اکسید نیتروژن(NO) به‌همراه مقدار کمی دی‌اکسید نیتروژن (NO_2) و مقادیر جزیی دیگری از سایر ترکیبات نیتروژن و اکسیژن هستند. تمامی ترکیبات اکسیدهای نیتروژن، با هم به‌صورت NOx گروه‌بندی می‌شوند که در آن x نشان‌دهنده‌ی عدد مناسبی است. NOx آلاینده‌ی بسیار نامطلوبی است. به‌دلیل آنی نبودن واکنش‌های شیمیایی، تشکیل NOx علاوه‌بر دما به فشار، نسبت هوا به سوخت و زمان احتراق در داخل سیلندر بستگی دارد. مقدار NOx تولیدشده، به موضع داخل محفظه‌ی احتراق نیز بستگی دارد. در موتورهای اشتعال تراکمی (CI) با محفظه‌های احتراق تقسیم‌شده و پاشش غیرمستقیم سوخت، عموماً دارای نسبت‌های تراکم بزرگ‌تر و دماها و فشارهای بیشتری هستند و تمایل به تولید مقادیر بیشتری از NOx در این موتورها وجود دارد (shadidi, 2011). شکل ۷ بیان‌کنندهٔ تغییرات اکسیدهای نیتروژن برحسب ppm نسبت به دور است. همان‌گونه‌که مشاهده می‌شود، مقدار اکسیدهای نیتروژن تولیدی توسط مخلوط‌های سوخت نسبت به سوخت دیزل افزایش یافته است.

شکل ۸ میزان تغییرات اکسیدهای نیتروژن را در هر یک از ترکیبات نسبت به سوخت دیزل خالص نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد مخلوط سوخت B20D80-25 نسبت به سایر ترکیبات افزایش بیشتری (۲۲/۷ درصد) در تولید اکسیدهای نیتروژن در مقایسه با سوخت دیزل خالص دارد. کمترین افزایش نیز مربوط به مخلوط سوخت B0D100-5 است. دلیل افزایش NOx اکسیژن موجود در مخلوط‌های سوخت است که هم سبب واکنش با نیتروژن و هم باعث افزایش دمای احتراق می‌شود و زمینه را برای تولید NOx فراهم می‌کند.



شکل ۷ - تغییرات اکسیدهای نیتروژن مربوط به مخلوط‌های سوخت برحسب دور



شکل ۸ - درصد تغییرات اکسیدهای نیتروژن موتور با استفاده از ترکیبات سوخت بیودیزل و دیزل نسبت به سوخت دیزل خالص

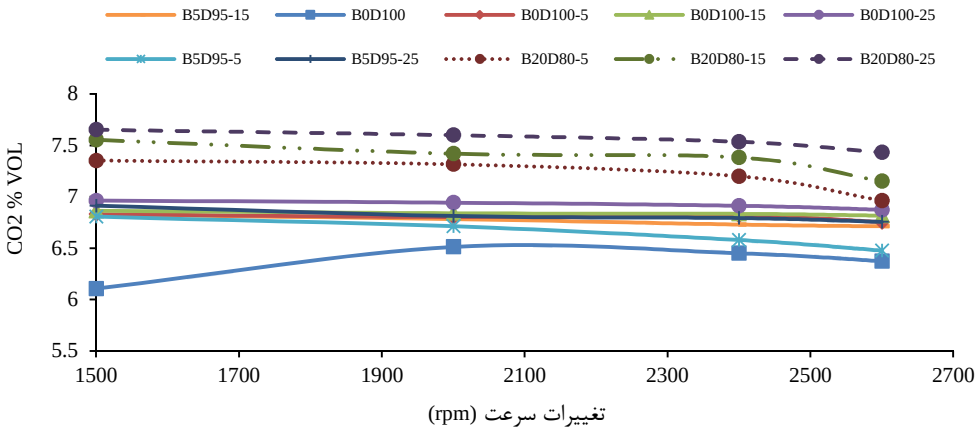
www.SID.ir

Archive of SID

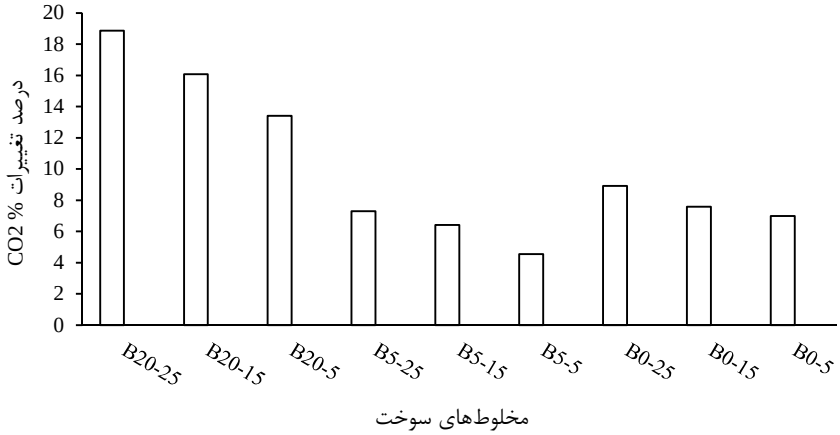
دی‌اکسیدکربن ($C0_2$)

منحنی تغییرات دی‌اکسیدکربن مخلوط‌های سوخت دیزل- بیودیزل و ذرات نانو نسبت به دور موتور در شکل ۹ نشان داده شده است. میزان CO_2 برحسب درصد حجمی (V%) و به‌وسیله‌ی دستگاه سنجش آلاینده‌ها اندازه‌گیری شد. آلاینده‌ی CO_2 از جمله فرآورده‌های احتراق موتورهای درون‌سوز است.

همان‌گونه که از شکل ۹ قابل‌مشاهده است، میزان CO_2 با استفاده از مخلوط‌های سوخت دیزل- بیودیزل و ذرات نانو نسبت به سوخت دیزل خالص افزایش یافته است. با توجه به نتایج به‌دست آمده مخلوط B20D80-25 بیشترین افزایش و مخلوط B5D95-5 کمترین افزایش تولید CO_2 را نسبت به سوخت دیزل خالص داشته است. شکل ۱۰ نیز میزان تغییرات منواکسیدکربن موتور را در هر یک از ترکیبات نسبت به سوخت دیزل خالص نشان می‌دهد. اکسیژن‌دار بودن مخلوط‌ها نسبت به سوخت دیزل خالص سبب می‌شود احتراق کامل‌تری انجام شود و در نتیجه مقدار بیشتری از منواکسیدکربن که حاصل از احتراق ناقص موتور است، به دی‌اکسیدکربن تبدیل شود. همان‌گونه‌که مشاهده می‌شود، با افزایش میزان بیودیزل و ذرات نانو به‌دلیل اکسیژن بیشتر میزان CO_2 خروجی از اگزوز افزایش یافته است.



شکل ۹- تغییرات دی‌اکسیدکربن مربوط به مخلوط‌های سوخت برحسب دور



شکل ۱۰- درصد تغییرات دی‌اکسیدکربن موتور با استفاده از ترکیبات سوخت بیودیزل و دیزل نسبت به سوخت دیزل خالص

نتیجه‌گیری

- تقریباً در تمامی ترکیبات میزان HC تولیدی نسبت به سوخت دیزل خالص کمتر است. در بین این ترکیبات مخلوط سوخت B5D95-25 بیشترین کاهش و مخلوط سوخت B20D80-5 کمترین کاهش را نسبت به سوخت دیزل

www.SID.ir

Archive of SID

خالص داشته است. علت این موضوع اکسیژن‌دار بودن ترکیب سوخت است که سبب می‌شود اکسیژن بیشتری در محفظه‌ی احتراق وجود داشته باشد تا احتراق کامل‌تری انجام شود.

- مقدار منواکسیدکربن تولیدی توسط مخلوط‌های سوخت دیزل- بیودیزل و ذرات نانو نسبت به سوخت دیزل خالص کاهش یافته است. با افزایش درصد بیودیزل و همچنین میزان ذرات نانو در مخلوط سوخت میزان کاهش CO نیز افزایش می‌یابد. دلیل کاهش CO، اکسیژن‌دار بودن سوخت بیودیزل و ذرات نانو (CeO_2) است. اکسیژن‌دار بودن مخلوط سوخت موجب می‌شود اکسیژن بیشتری در محفظه‌ی احتراق حضور داشته باشد و در نتیجه احتراق کامل‌تری انجام می‌شود. با توجه به نتایج به‌دست آمده، مشخص است تقریباً در تمامی ترکیبات میزان CO تولیدی نسبت به سوخت دیزل خالص کمتر است. در بین این ترکیبات مخلوط سوخت B20D80-25 بیشترین کاهش و مخلوط سوخت B20D80-5 کمترین کاهش را نسبت به سوخت دیزل خالص داشته است.
- مقدار اکسیدهای نیتروژن تولیدی توسط مخلوط‌های سوخت نسبت به سوخت دیزل افزایش یافته است. نتایج نشان می‌دهد مخلوط سوخت B20D80-25 نسبت به سایر ترکیبات افزایش بیشتری (۲۲/۷ درصد) در تولید اکسیدهای نیتروژن در مقایسه با سوخت دیزل خالص دارد. کمترین افزایش نیز مربوط به مخلوط سوخت B0D100-5 است. دلیل افزایش NOx اکسیژن موجود در مخلوط‌های سوخت است که هم سبب واکنش با نیتروژن و هم باعث افزایش دمای احتراق می‌شود که زمینه را برای تولید NOx فراهم می‌کند.
- میزان CO_2 با استفاده از مخلوط‌های سوخت دیزل- بیودیزل و ذرات نانو نسبت به سوخت دیزل خالص افزایش یافت. با توجه به نتایج به‌دست آمده مخلوط B20D80-25 بیشترین افزایش و مخلوط B5D95-5 کمترین افزایش تولید CO_2 را نسبت به سوخت دیزل خالص داشته است. اکسیژن‌دار بودن مخلوط‌ها نسبت به سوخت دیزل خالص سبب می‌شود احتراق کامل‌تری صورت گیرد و در نتیجه مقدار بیشتری از منواکسیدکربن که حاصل از احتراق ناقص موتور است، به دی‌اکسیدکربن تبدیل شود. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، با افزایش میزان بیودیزل و ذرات نانو به‌دلیل اکسیژن بیشتر میزان CO_2 خروجی از اگزوز افزایش یافته است.

قدردانی

این مقاله از طرح پژوهشی درون دانشگاهی تحت عنوان "تأثیر مواد افزودنی اکسیژن‌دار (نانوذرات- بیواتانول) بر روی متغیرهای عملکردی موتور دیزل" استخراج شده و هزینه آن توسط دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول تأمین گردیده است که بدین‌وسیله قدردانی می‌گردد.

منابع

1. Dorado, M. P. Ballesteros, E. Arnal, J. M. and Lopez, F. J. 2003. Exhaust Emissions from a Diesel Engine Fueled with Transesterified Waste Olive Oil Fuel, 82: 1311-1315.
2. Escribano, S. Lopez, F. Amores, G. Martinez, H. Panizza, P. and Buscac, R. 2008. A study of a ceriazirconia-supported manganese oxide catalyst for combustion of diesel soot particles. Combustion and Flame, 153: 97-104.
3. James, J. 2002. Fuels of the future for Cars and Trucks. Director, Office of Heavy Vehicle Technologies, Energy Efficiency and Renewable Energy, U. S. Department of Energy (DOE). 25 p.
4. Karthikeyan, S. Prathima, A. Elango, A. and Sabariswaran, K. 2016. Environment Effect of CeO_2 nano additive on performance and emission reduction in a COME operated CI marine engine. Indian Journal of Geo-Marine Sciences, 45(1): 167-172.
5. Miyamoto, N. Zhixin, H. Harada, A. Ogawa, H. and Murayama, T. 1987. Characteristics of Diesel soot suppression with soluble fuel additives. SAE Technical Paper no.871612: 1-7 p.
6. Nematizadeh, P. 2011. Investigation performance and emissions of two types of internal combustion engine using a

www.SID.ir

Archive of SID

blend of fossil fuels and biofuels. Master Thesis Agricultural Machinery. University of Tarbiat Modarres, Tehran, Iran. 136 p (In Farsi).

7. Pangavhane, D. and Kushare, P. B. 2002. Bio-diesel need of India, Proceedings of Recent Trends in Automotive Fuels, Nagpur, India.
8. Ramesh, D. K. Dhananjaya Kumar, J. L. Hemanth Kumar, S. G. Namith, V. Parashuram, BJ. and Sharath, S. 2016. Study on effects of Alumina nanoparticles as additive with Poultry litter biodiesel on Performance, Combustion and Emission characteristic of Diesel engine. Available online at www.sciencedirect.com.
9. Sajith, V. and Sobhan, C. 2009. Experimental Investigations on the Effects of Cerium OxideNanoparticle Fuel Additives on Biodiesel. Hindawi Publishing Corporation. Advances in Mechanical Engineering; Volume 2010, Article ID 581407, 6 p.
10. Selvan, V. Anand, R. and Udayakumar, M. 2009. Effects of cerium oxide nano particulate addition in diesel and diesel-biodiesel-ethanol belends on the performance and emssion characistics of a engine. Asian Research Publishing Network (ARPN).
11. Shadidi, B. 2011. Evaluation of MF-399 Tractor Engine Performance Using Diesel and Ethanol Fuel Blends. Master thesis, Department of Mechanic of Agricultural Machinery Engineering. University of BU-Ali Sina. 87 p.
12. Yang, W. Chou, H. Vedharaji, S. Vallinagam, R. Balaji, M. Mohammad, F. and Chua, K. 2013. Emulsion fuel with novel nano-organic additives for diesel engine application. Fuel, 104: 726-731.

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir