فصلنامهٔ علمی- پژوهشی تحقیقات موتور

تارنمای فصلنامه: www.engineresearch.ir

نانومخلوط معلق گازوئیل- آب: اهمیت، مزایا و ارزیابی عملکرد موتوری آن

مرضیه شکرریز[1*]، یداله پیرزاده[2]، فروزان حاجی علی اکبری[3]

[1] پژوهشگاه صنعت نفت، تهران، ایران، shekarriz@ripi.ir
[2] پژوهشگاه صنعت نفت، تهران، ایران، pirzadehy@ripi.ir
[3] پژوهشگاه صنعت نفت، تهران، ایران، hajialiakbarif@ripi.ir
* نویسندهٔ مسئول، شماره تماس: ۰۲۱-۴۸۲۵۵۰۵۸

چکیده

سوخت‌های نانومخلوط معلق قطره‌های کوچکی به قطر ۲ تا ۱۰۰ نانومتری دارند که از دو حالت پیوسته و غیرپیوسته تشکیل شده‌اند. این قطرات به صورت غیرپیوسته در پایه‌ای سوختی در ابعاد نانو پخش شده‌اند و با تغییر ترکیب سوخت و بهبود احتراق، سبب کاهش آلاینده‌های گازهای خروجی موتور می‌گردند. در این تحقیق، ابتدا با استفاده از مواد فعال‌کنندهٔ سطحی (سورفکتانت) مختلف، نانومخلوط معلق گازوئیل با ۱۵-۱۰٪ آب بررسی شد و سپس، چندین ترکیب محلول شفاف با روانروی مناسب حاصل شد. ترکیب مخلوط نهایی بهینه با الکل‌های چرب اتوکسیله (C12-C14) که از مواد فعال کنندهٔ سطحی سازگار با محیط زیست و قابل تهیه در داخل کشوراند، انجام شد. پس از تهیهٔ نانومخلوطهای معلق پایدار و شفاف آزمون‌های موتوری انجام شدند. نتایج آزمایش‌ها با سوخت‌های نانومخلوط معلق گازوئیل در مقایسه با گازوئیل معمولی (پایه) بر موتور دیزل OM314 نشان داد که دود خروجی از موتور تا ۵۳٫۷٪ کاهش می یابد و مصرف ویژهٔ سوخت موتور (هیدروکربن) با مخلوط معلق آب در گازوئیل تغییر نمی‌کند. سوخت‌های مخلوط معلقی باعث افت توان می‌شوند ولی بازده گرمایی ترمزی موتور را بهبود می‌دهند. همچنین، بررسی‌های خوردگی و تأثیر سوخت تهیه شده بر سامانهٔ سوخت‌رسانی در این تحقیق انجام شد.

تمامی حقوق برای انجمن علمی موتور ایران محفوظ است.

اطلاعات مقاله

تاریخچهٔ مقاله:
دریافت: ۲۹ بهمن ۱۳۹۲
پذیرش: ۲۵ اسفند ۱۳۹۲

کلیدواژه‌ها:
نانومخلوط معلق
گازوئیل
آب
ترکیب
آزمون موتوری

۱) مقدمه

موتورهای دیزلی ماهیتاً بازده بزرگ و هزینهٔ جاری کم دارند. کارائی و دوام سنتی آنان موجب گردیده است تا مقام نخست استفاده در کامیون ها و بازار اتوبوس ها را به خود اختصاص دهند. در سال های اخیر، آهنگ رشد وسایل نقلیهٔ سبک دیزلی بویژه در مناطقی که قیمت سوخت گزافی دارند، افزایش یافته است. آلودگی محیط زیست ناشی از انتشار آلاینده های موتور دیزل بخصوص انتشار NOx، ذرات معلق و دوده در جهان قابل توجه است. بسیاری از کشورها در زمینهٔ کاهش مواد منتشر از موتور دیزل اقداماتی انجام داده اند و ایالات متحدهٔ آمریکا، اروپا و ژاپن توافق نموده اند که استانداردهایی برای پیشرفت فناوری در دههٔ اخیر به اجراء گذارند.

با پیشرفت فناوری ساخت موتورها باید ارتقاء کیفیت سوخت را بر اساس آلودگی نیز در نظر گرفت. در پانزدهم نوامبر سال ۱۹۹۰ ، متمم قانون هوای پاک برای اجراء به تصویب رسید. این قوانین ایجاد تلاشی جدید برای کارخانجات و برنامه های جاری ایالات متحدهٔ آمریکا به شمار می آید. بعد از اندکی تأخیر، اروپا نیز در سال های اخیر بسرعت در زمینهٔ پایش مواد منتشر از انواع خودروهای دیزلی حرکت می نماید که در این راستا برای کاهش آلاینده های خروجی موتورهای دیزلی تحقیقات زیادی در دنیا در حال اجرا است. یکی از این روش ها استفاده از مخلوط معلق دیزل/آب است.

مطالعات زیادی در ۳۰ سال گذشته بر روی مخلوط های معلق انجام شده است تا جایگزین مناسبی برای سوخت های دیزل و بنزین باشند. تا چند سال قبل به دلیل مشکلات در سوخت های مخلوط معلق استفاده از آنها در موتورهای تجاری امکان پذیر نبود. جذابیت مخلوطهای معلق باعث شد کارخانهها و محققان به عنوان سوخت جایگزین به دنبال بهینه سازی آنها برای کاهش بیشینهٔ آلایندهها باشند.

اندیشهٔ اولیهٔ سوخت مخلوط معلق از فکر استفاده از آب به عنوان سازوکار خنک کنندهٔ موتور بوجود آمد که تاریخچهٔ آن به سال های ۱۹۳۰ در موتور بنزینی برای کاهش کوبش در موتور بر می گردد و در جنگ جهانی دوم نیز برای موتورهای دریایی استفاده شد.

مطالعات پژوهشی برای تزریق مستقیم آب به موتور قبل از مخلوط معلق شروع شد. این مسأله بوضوح مشخص بود که اثر خنک کنندگی آب می تواند بر کاهش انتشار اکسیدهای ازت (NOx) کمک کند و اثر تأخیری آب در تزریق به طور جدی ذرات معلق (PM) را کم می کند. کاربردی شدن این اندیشه به علت تماس مستقیم آب با قطعات موتور مشکلاتی را به همراه داشت. مخلوط معلق سوخت/آب ملاحظاتی را شامل می شد که جایگزین بسیار کاربردیتری نسبت به تزریق مستقیم آب بود، چون می توانست قبل از ورود به موتور با سوخت مخلوط شود و برخلاف تزریق مستقیم آب، سازوکار جداگانهٔ دیگری لازم نداشت [۱].

سوخت مخلوط معلق گازوئیل/آب از قطرات ریز آب پراکنده در گازوئیل تشکیل شده است. مولکول های آب قطبی اند و برای اتصال به دیگر مولکول های قطبی آماده اند ولی علاقه ای به متصل شدن به مولکولهای خنثی را مثل بنزین و گازوئیل ندارند. برای غلبه بر این دافعه از مواد فعال کنندهٔ سطحی استفاده می شود. این مواد از یک طرف دارای گروه های قطبی و از طرف دیگر، دارای گروه های غیرقطبیاند. این مواد با احاطهٔ آب به صورت کیسه هایی که مایسل نامیده می شوند مخلوط معلق را پایدار نگه می دارند. اندازهٔ این مایسل ها در پایداری و شفافیت مخلوط مؤثراند. چنانکه قطرات آبی با قطر نانو ساخته شود سوخت پایدار و شفاف خواهد بود و احتمال موفقیت آن بیشتر است. ترکیب های مختلفی برای پایدارسازی مخلوطهای معلق پیشنهاد شدهاند [۲ و ۳]. استری در دانشگاه کلب نانومخلوط معلقی با استفاده از مواد فعال کنندهٔ سطحی آمفوتریک ۱۱-۱۷ کربن و مواد فعال کنندهٔ سطحی غیریونی الکل اتوکسیله (مانند دودسیل الکل اتوکسیله-۵ مول C12E5)، آلکیل فنل و کربوکسیلات، نمک های آمونیوم نوع چهارم به عنوان مواد فعالکنندهٔ سطحی کاتیونی و اسیدهای چرب به عنوان مواد فعال کنندهٔ سطحی آنیونی ترکیبشناسی و ارایه کرده است [۴ و ۵]. با این ترتیب سوختی به دست می آید که از ۳۰- تا ۷۰ درجهٔ سانتیگراد یکنواخت است و باعث کاهش نشر NO_x و CO می شود. به عنوان مواد مشترک فعال کنندهٔ سطحی میتوان از ترشیری بوتیل الکل استفاده کرد. از سوربیتن مونواولئات Span80 و Tween80 نیز برای تهیه نانومخلوط های معلق استفاده شده اند [۳].

۲) بررسی تأثیر آب در محفظهٔ احتراق

دمای محفظهٔ احتراق تأثیر مهمی در انتشار اکسیدهای ازت دارد و تلاش های زیادی برای کاهش دمای احتراق صورت گرفته است. شروع تحقیقات در این زمینه با رقیق کردن مخلوط سوخت و هوا با گازهای خنثی و غیرقابل احتراق بود که بعدها مایع جایگزین آن شد. آب به دلیل ویژگیهایی از قبیل گرمای تبخیر بزرگ، فشار بخار و نقطهٔ جوش کم به عنوان مادهٔ خنک کننده انتخاب شد.

پدیدهٔ انفجار کوچک دلیل اصلی خنک کنندگی سوخت مخلوط معلق میباشد. انفجار کوچک معمولاً به نام تبخیر ثانویه نیز گفته می شود، که به تبخیر سوخت در مخلوط معلق شتاب می بخشد و در ضمن قدرت کافی را برای پرتاب اجزاء متلاشی شدهٔ قطرات ریز دارد تا آنها را با سرعت زیاد به نقطه ای دور از محل پاشش بفرستد که موجب اختلاط بهتر سوخت و هوا شود. چون مواد فعال سطحی اطراف قطرات آب را می پوشانند و در سوخت به حالت معلق در می آیند. در موقع پاشش افشانه به داخل محفظهٔ احتراق، اجزاء سبکتر بسرعت تبخیر میشوند و قطرات سوخت/آب نیز به چند قطرهٔ کوچکتر شکسته میشوند. طبق ماهیت انفجار کوچک گرداب یا موجی متلاطم

در جلو ایجاد می شود، وقتی که قطره‌ای از سوخت مخلوط معلقی منفجر شد، موج فشاری ناشی از آن تمام قطرات درون همان گرداب را در همان لحظه منفجر می کند.
اندازهٔ قطر قطره نیز در انفجار کوچک دارای اهمیت است. اگر اندازهٔ اولیهٔ قطره بسیار کوچک باشد، آب موجود در سوخت تمایل دارد قبل از رسیدن قطره به حالت فوق گرم تبخیر شود. بنابراین هیچ انفجاری رخ نخواهد داد، یا انفجار آنقدر کوچک است که دیده نمی‌شود [۱].

۳) بررسی سوخت مخلوط معلق گازوئیل/آب در جهان

سوخت های مخلوط معلقی به طور جدی از سال ۲۰۰۱ در آمریکا و اروپا وارد بازار شدند. سوخت های مخلوط معلقی متعددی را با نام‌های تجاری PuriNOx، Proformix، Aquadiesel، Aquazole، Aspira و GECAM شرکت های مختلف نظیر Lubrizol، Total، Cam Tecnologie و Clean Fuels Technology وارد بازار کرده اند. مقدار آب در این سوخت ها در محدودهٔ ۱۰-۲۰ درصد برای تابستان و با مقداری متانول برای زمستان ارایه می‌گردند. سوخت ها در اتوبوس های شهری با هدف کاهش آلودگی های خروجی از موتور استفاده شده اند. مزیت عمدهٔ این سوختها کاهش اکسیدهای ازت (حدود ۱۶٪) و ذرات معلق (حدود ۶۰٪) است.
تولیدکنندگان این نوع سوخت معتقدند که موانعی بر سر راه فروش محصول وجود دارد. ازجمله محدودیت پذیرشِ سازندگان موتور و تجهیزات، محدودیت پذیرشِ ناوگان های حمل و نقل و قیمت گرانتر آن (تا حدود ۲۵ سنت برای هر گالون) اند [۶].
استفاده از سوخت دیزل در اروپا بسیار متداول است و قیمت آن نسبت به آمریکا گرانتر است. در بعضی کشورها مانند ایتالیا و فرانسه مشوق‌های مالیاتی برای استفاده از سوخت مخلوط معلق دیزل در نظر گرفته شده است، به طوری که در ایتالیا برای سوخت دیزل معمولی مالیات بیشتری دریافت می شود (مالیات دریافتی برای سوخت دیزل معمولی ۷,۵ برابر آمریکا است). در کشورهای آلمان و اسپانیا مقدار مالیات مشابه سوخت دیزل است و در انگلستان، سوئیس و هلند برای آب موجود در سوخت مالیاتی دریافت نمی شود.
در اتحادیه اروپا، سوخت های مخلوط معلق بویژه در اتوبوس های شهری، به عنوان یکی از راه های سریع کاهش آلودگی هوا گسترش یافته است. حدود ۴۵۰ اتوبوس شهری در انگلستان، ۱۰۰۰ اتوبوس در فرانسه و حدود ۸۵۰۰ اتوبوس در ایتالیا در حال حاضر از سوخت های مخلوط معلق استفاده می کنند و دارای استانداردهای ثبت شده می‌باشند.
کشورهای جنوب شرق آسیا نظیر چین و سنگاپور نیز اخیراً از این سوخت سبز استفاده می‌کنند. در سنگاپور محصولی با نام SgEF با ۲۰٪ آب و ۲۰٪ ماده افزودنی را به صورت نانومخلوط معلق تهیه و اولین کارخانهٔ آن را در سال ۲۰۱۰ افتتاح شده است. طبق اظهارات این شرکت سوخت تولید شده می تواند بدون هیچ گونه تغییری در موتور استفاده شود. هر چند گزارشی از برنامه ریزی برای آیندهٔ این سوخت در دست نیست، اما می توان این گونه عنوان کرد که تهیه و توزیع آن رشد صعودی داشته است و به علت مسائل زیست محیطی توجه فراوانی به آن می‌شود.
در ژاپن بیش از ۲۰۰ شرکت کوچک و بزرگ در دیگ های بخار و همچنین در کشتی ها از سوخت مخلوط معلق استفاده می کنند و حدود ۲۵٪ صرفه جویی در هزینهٔ سوخت گزارش شده است. این صرفه جویی وابسته به کاهش هزینه های نگهداری و تعمیر تجهیزات به علت کاهش مقدار کربن تشکیل شده و تمیز بودن سطوح است.
همانگونه که ملاحظه می شود؛ استفاده از سوخت های مخلوط معلق علاوه بر ناوگان های حمل و نقل (خودروهای سبک، کامیون ها و اتوبوس ها)، در کشتی ها، نیروگاه ها و دیگ های بخار قابل استفاده است که مهمترین دلیل استفاده از این سوخت ها، کاهش آلاینده‌های زیست محیطی و قوانین روزافزون مبنی بر کاهش آلاینده‌ها است [۶-۷].
علی رغم مصرف سوخت مخلوط معلق دیزل در بعضی از کشورها هنوز مشکلات حل نشده ای باقی مانده است که چالش های پیش روی تولیدکنندگان این نوع سوخت است. در این باره می توان به نمونه‌هایی از قبیل پایداری، افت توان و گشتاور، قابلیت استفاده در موتورهایی با فناوری جدید و گسترش کاربرد در خودروهای خاص اشاره کرد.
در این مقاله، بسته های مواد افزودنی شامل مواد فعال کنندهٔ سطحی مختلف و مقادیر متفاوتی از مخلوط آنها با گازوئیل تهیه شد و بهترین ترکیب برای آزمون های موتوری و خوردگی ارسال گردیدند.

٤) بخش تجربی

کلیهٔ مواد فعال کنندهٔ سطحی از شرکت کیمیاگران امروز تهیه و در ترکیب مخلوط[1] بکار رفتند. برای ارزیابی عملکرد سوخت های نانومخلوط معلق گازوئیل در آزمایشگاه موتور، از موتور دیزل (OM314) استفاده شد (جدول ۱). برای اجرای آزمایش ها موتوری از لگام ترمز جریان گردابه‌ای نوع W230 ساخت شرکت شنک[2] استفاده شد.
برای مبنای مقایسه بین سوخت گازوئیل معمولی (پایه) و سوخت های مخلوط معلق گازوئیل با ترکیب های مخلوط مختلف در آزمایش های موتوری، متغیرهای عملکرد موتور (توان ،گشتاور و مصرف ویژهٔ سوخت) و دودخروجی از موتور اندازه گیری شد. مشخصه های سرعت در شرائط تمام بار[3] بررسی شدند.

1 Formulation
2 Schenck
3 Full load

آزمایش ها در شرائط عادی و به روش ایستا[1] با اتصال موتور به لگـام ترمز برای اعمال و اندازه گیری بار و با استفاده از تجهیزات لازم برای اندازه گیری مصرف سوخت، دوده و همچنین پایش تغییرات دمـایی و کاری موتور انجام شد. به منظور حذف عوامل محیطی (فشار و دما) و یکسان نمودن شرائط حاکم بر آزمایش، از ضرایب تصحیح پیشنهادی DIN 6270 برای به استانده در آوردن متغیرهای تـوان و گشـتاور در محاسبات استفاده گردیده است. به منظور اطمینـان از صـحت نتـایج، هریک از آزمایش ها حداقل سه بار تکرار گردیدند. در ضـمن تمـامی آزمون های موتوری بدون تغییر در تنظیم هـای اسـتانده موتـور اجـرا شدند.

برای سنجش دود از دستگاه دودسـنج سـاخت کارخانـهٔ بـوش آلمـان استفاده شد. در این دستگاه سنجش مقدار دوده به روش نورتابی برقی است. برای اندازه گیری مصـرف سـوخت موتـور بـه طریـق وزنـی از دستگاه ترازوی رقمی با دقت ۱ گرم و زمان سنج رقومی با دقت ۰,۰۱ ثانیه استفاده شد.

۵) بحث و بررسی نتایج

همان طوری که در قسمت مقدمه گفته شد، روش های متعددی برای تهیه نانومخلوط معلق گازوئیل موجود است. با توجه به منـابع و مـواد اولیه در دسترس نمونه هایی انتخـاب و بررسـی شـدند تـا در نهایـت محلولی کاملاً شفاف و پایدار بـه دسـت آمـد. مشـکل اساسـی، عـدم پایداری نانومخلوط های معلق تهیه شده با زمان و یا با تغییر دما بـود که با استفاده از مخلوط مواد فعال کنندهٔ سطحی بـا HLB[2] مناسـب و استفاده از مواد فعال کنندهٔ مشترک سطحی مشکل برطرف شد.

جدول ۱: مشخصات فنی موتور OM314

نوع موتور	ایستاده، ردیفی
نوع احتراق	چهار زمانه، تزریق مستقیم
حجم کل استوانه	۳۷۸۴ cm^3
تعداد استوانه	۴
نسبت تراکم	۱۷ : ۱ (rpm)
قطر استوانه	۹۷ (mm)
ظرفیت آب	۷,۷ لیتر
ظرفیت تشت روغن	۹ لیتر
قدرت بیشینه در ۲۸۰۰ دور در دقیقه	۶۳,۸۵ kw/hp
گشتاور بیشینه	۲۳۵ Nm در ۲۸۰۰ rpm
فشار کمینهٔ روغن در ۶۰۰ دور و ۹۰ درجهٔ سانتیگراد	۰,۵ بار

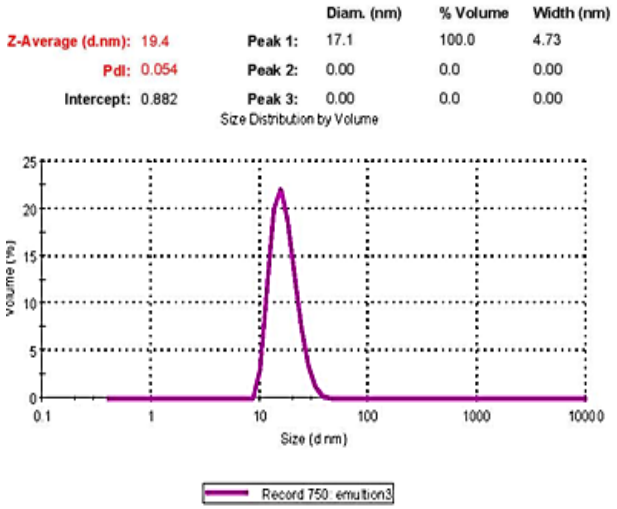
ترکیب مخلوط بهینه با مخلوط الکل های چرب اتوکسیله و الکل‌های پنج و شش کربنه به عنوان مواد فعال کنندهٔ سطحی همراه بـه مقـدار ۱۲-۸٪ بسته بـه مقـدار آب تهیـه شـدند. ترکیـب هـای مخلـوط در محدودهٔ دمایی ۲۰- الی ۵۰ درجه سانتیگراد پایدار و بدون دو حالـت[3] شدن به مدت ۶ ماه باقی ماندند. برای بررسی اندازه قطـرات مخلـوط معلق از دستگاه زتا پتانسیل استفاده شد. نتایج اندازه گیری هـا نشـان می دهد که قطر قطرات در محدودهٔ ۲,۵ تا ۲۲,۴ نـانومتر قـرار دارنـد (شکل ۱).

برای بررسی آزمون های موتوری ۳ ترکیب بدین شرح ارزیابی شدند: ترکیب های مخلوط ۱ و ۲ مشابه یکدیگر با ۱۵٪ آب، ترکیب ۳ با ۱۰٪ آب. تهیه ترکیب های مخلوط مشابه برای بررسی تکرار پذیری در ساخت و ارزیابی عملکرد در موتوراند.

نتایج آزمایش های موتوری نشان داد که سوخت نانومخلوط معلق گازوئیل در مقایسه با گازوئیل معمولی، تأثیر چشمگیری برکاهش توان و گشتاور موتور دیزل دارند.

شکل ۲ تأثیر ترکیب های مختلف سوخت های مخلوط معلقی و گازوئیل معمولی (پایه) را بر سرعت در شرائط تمام بار نشان می دهد. شکل ۲ نشان می‌دهد با استفاده از سوخت های مخلوط معلق، توان موتور در شرائط تمام بار نسبت به گازوئیل معمولی (پایه) کاهش می‌یابد. علت این امر را کاهش مقدار گازوئیل (هیدروکربن) موجود در سوختهای مخلوط معلق و وجود آب است.

با مقایسهٔ توان موتور دیزل OM314 با سوخت هـای مخلـوط معلـق نسبت به گازوئیل معمولی (پایـه) ملاحظـه مـی گـردد کـه بیشـترین کاهش در توان متعلق به ترکیب مخلوط ۲ به مقدار ۱۴,۵٪ نسبت بـه گازوئیل معمولی (پایه) است.

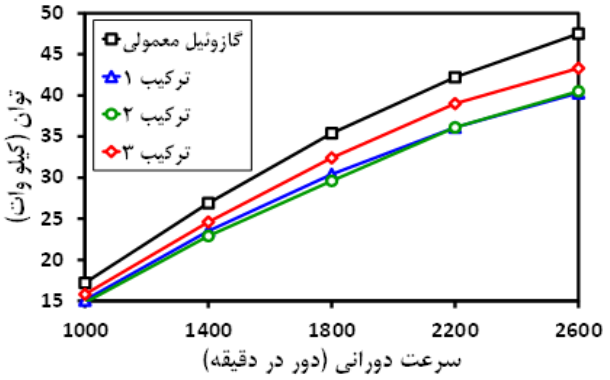


شکل ۱: قطر قطرهٔ آب در نانومخلوط معلق ۱۵٪ آب در گازوئیل

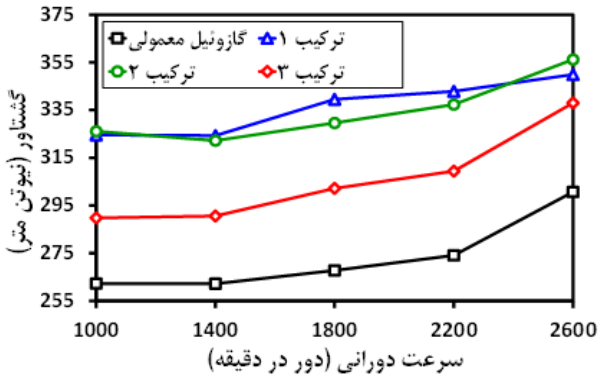
[1] Stand
[2] Hydrophilic lipophilic balance
[3] Phase

با توجه به اینکه توان خروجی از موتورهای احتراق داخلی با حاصلضرب گشتاور خروجی از موتور و سرعت دورانی آن متناسب است، پس در دور ثابت توان خروجی تابعی از بار یا گشتاور موتور است. تغییرات گشتاور موتور با ترکیب های مخلوط مختلف سوخت در مقایسه با گازوئیل معمولی (پایه) تقریباً مشابه توان بوده است و به طور محسوسی کاهش یافته است. شکل ۳ منحنی مصرف ویژهٔ سوخت موتور را در حالت تمام بار نشان می دهد.

با مشاهده این شکل ملاحظه می گردد که مصرف ویژهٔ سوخت موتور با تمام ترکیب های مخلوط افزایش یافته است. به طور میانگین مصرف ویژهٔ سوخت موتور با ترکیب های مخلوط ۱ و ۲ بترتیب ۲۲,۲ و ۲۱,۵٪ نسبت به گازوئیل معمولی (پایه) افزایش یافته است. ترکیب مخلوط ۳ با ۱۰٪ آب در گازوئیل وکمترین مقدار سورفکتانت، الکل با زنجیرهٔ بلند، افزایش مصرف سوختی به مقدار ۱۱,۱٪ دارد.



شکل ۲: مقایسهٔ تغییرات توان موتور دیزل OM314 با سوخت های مخلوط معلق نسبت به سوخت پایه



شکل ۳: مقایسهٔ مقدار مصرف سوخت با سوخت های مخلوط معلق نسبت به سوخت پایه

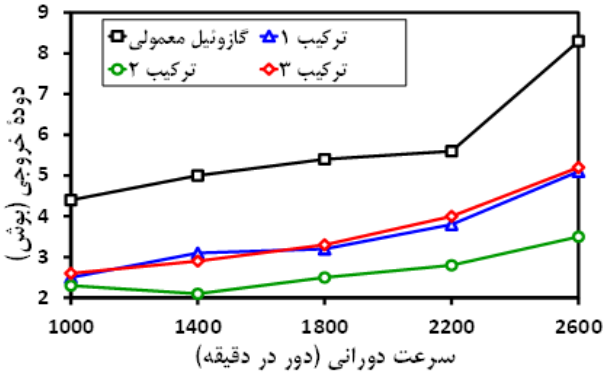
با توجه به افزایش مصرف ویژهٔ سوخت با نمونه های مورد آزمایش و توجه به مواد اضافه شده به سوخت گازوئیل معمولی (پایه) می توان گفت: با توجه به مقدار آب موجود در ترکیب های مخلوط ۱ تا ۳، افزایش مصرف ویژهٔ سوخت هیدروکربنی موتور خیلی کمتر از این مقادیر است. به طوریکه در جدول ۲ ارائه گردیده است در نمونه های ۱ تا ۳ آب موجود آنها از کل مصرف سوخت اندازه گیری شده، کم است و با گازوئیل معمولی مقایسه گردیده است. بر این اساس افزایش مصرف ویژهٔ سوخت بیشینه برای ترکیب های مخلوط ۱ تا ۳ بترتیب حدود ۳,۴۲، ۲,۲۴ و ۰,۰۴٪ است. با توجه فاصله اطمینان نتایج آزمایش ها این مقادیر می تواند خطای آزمایش باشد و یا افزایش در حد خیلی کمی است که نیازمند ارزیابی بیشتری است.

برای بررسی کامل عملکرد موتور با سوخت های مخلوط معلق گازوئیل، دود سیاه خروجی آن اندازه گیری شد. دود موتور دیزل در کنار قدرت و کارایی بزرگ از شاخص های همیشه مطرح این موتورهاست. مصرف هوا در موتورهای دیزل تقریباً ثابت است ولی چون با افزایش بار مقدار سوخت ورودی داخل استوانه‌ها[1] نیز افزوده می شود، این مقدار هوا برای احتراق کامل سوخت ناکافی است و به این دلیل موتورهای دیزلی برای کار با نسبت هوا- سوخت وسیع طراحی شده اند. در شرائط خاص و بویژه حالت تمام بار، مخلوطی غنی تشکیل و موجب احتراق ناقص می‌شود و در نتیجه موتور دود زیادی تولید می کند. از لحاظ نظری تبخیر مستقیم قطرات آب، توزیع یکنواخت سوخت در محفظهٔ احتراق را بهبود می بخشد و تشکیل مناطقی با مخلوط خیلی غنی را محدود می کند و در ضمن سوخت موجب کاهش دمای محفظهٔ احتراق می شود. در نتیجه مقدار دود، ذرات معلق و اکسیدهای ازت کاهش می یابد. شکل ۴ روند تغییرات دود خروجی از موتور دیزل OM314 با سوخت‌های مخلوط معلقی را در مقایسه با گازوئیل معمولی (پایه) بر حسب بوش[2] نشان می دهد. با توجه به شکل ۴ ملاحظه می گردد که استفاده از سوخت های مخلوط معلق مقدار انتشار دوده از موتور دیزل را در قیاس با گازوئیل معمولی کاهش داده است. میانگین بیشترین کاهش دود با ۵۳,۷ و ۴۰,۱٪ بترتیب متعلق به ترکیب های مخلوط ۱ و ۲ که حاوی بیشترین آب در گازوئیل با ۱۵٪ است. تفاوت نتیجه بین این دو ترکیب مخلوط احتمالاً به نحوهٔ ترکیب و خطاها در آن برمی گردد.

[1] Cylinders
[2] Bosch

جدول ۲: مصرف ویژهٔ سوخت موتور با سوخت‌های مخلوط معلق و سوخت

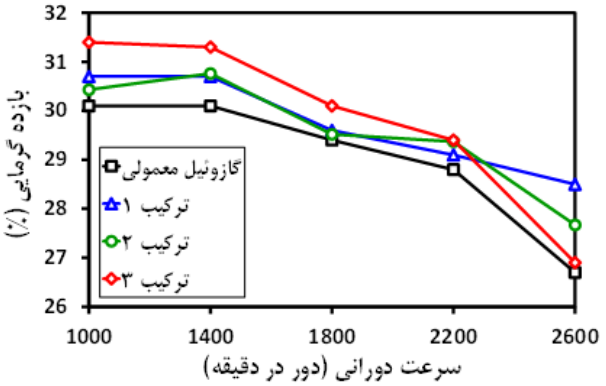
نوع سوخت	مصرف ویژهٔ سوخت (g/kwh)			تغییرات سوخت‌های مخلوط معلق (٪)
	با آب	بدون آب	گازوئیل معمولی	
ترکیب مخلوط ۱	۳۳۵,۷	۲۸۴	۲۷۴,۶	۳,۴۲
ترکیب مخلوط ۲	۳۳۵,۸	۲۸۲,۷	۲۷۶,۵	۲,۲۴
ترکیب مخلوط ۳	۳۰۶	۲۷۵,۴	۲۷۵,۳	۰,۰۴



شکل ۴: مقایسه تغییرات دود موتور دیزل با سوختهای مخلوط معلقی نسبت به سوخت پایه

در بین نمونه های تهیه شده ترکیب مخلوط ۳ با بیشترین مقدار گازوئیل معمولی کاهش دودی حدود ۳۹,۶٪ دارد. این مقدار کاهش در قیاس با نمونه های دیگر به نسبت سوخت گازوئیل معمولی و مواد فعال کنندهٔ سطحی شرائط مناسب تری دارد.

بازده گرمایی ترمزی، مقدار بهره دهی گرمای آزاد شده در فرایند احتراق و تولید قدرت ترمزی را نشان می دهد که بستگی به توان خروجی موتور، آهنگ شار سوخت مصرفی و ارزش حرارتی آن دارد. چون ترکیب سوخت تأثیر مهمی در بازده گرمایی موتور دارد و موجب تغییر محسوسی در آن می شود و به دلیل تغییر ترکیب سوخت های مخلوط معلق مورد آزمایش، بازده گرمایی موتور بررسی می‌شود. شکل ۵ تأثیر ترکیب های مختلف سوخت های مخلوط معلق و گازوئیل معمولی (پایه) را بر بازده گرمایی موتور نشان می دهد. با توجه به این شکل می توان گفت استفاده از سوخت های مخلوط معلقی موجب گردیده بازده گرمایی موتوردر شرائط تمام بار نسبت به گازوئیل معمولی (پایه) افزایش یابد. بازده گرمایی موتور با ترکیب ۳ حدود ۳,۱٪ بیشترین افزایش را نسبت به گازوئیل معمولی (پایه) نشان می‌دهد. افزایش بازده ترکیب های مخلوط ۱ و ۲ بترتیب ۲,۷ و ۲,۸٪ نسبت به گازوئیل معمولی (پایه) است.



شکل ۵: بازده گرمایی موتور با سوختهای مخلوط معلق نسبت به سوخت پایه

٦) بررسی خوردگی نانومخلوط معلق گازوئیل

در این بخش از مقاله، اثر خورندگی سوخت های گازوئیل معمولی (پایه) و سوخت های مخلوط معلق بر روی قطعات فلزی استاندارد شامل: مس، لحیم، برنج، کربن فولاد، چدن و آلومینیوم در حالت های بخار، مایع و بخار، مایع ارزیابی شدند. روش ارزیابی بر اساس استاندارد ASTM G31 و به مدت ۲۰۱۷ ساعت در محیط ساکن است. در این آزمون ها انواع خوردگی بررسی شد و از طریق کاهش وزن، سرعت خوردگی محاسبه گردید.

سرعت خوردگی بدین شرح محاسبه شد:

$$C.R = (534\times\Delta W)/D\times A\times T \quad (۱)$$

که در آن:

سرعت خوردگی (mpy): $C.R$

سطح (in^2): A

تغییرات وزن (mg): ΔW

زمان آزمایش (hr): T

چگالی فلز (g/cm^3): D

خلاصه ای از مشاهدات قبل از شستشوی همبسته ها[1] با سوخت مورد ارزیابی ترکیب مخلوط ۳ (مخلوط معلق گازوئیل/آب) بدین شرح ارایه می گردد:

حالت بخار: همبستهٔ مس تیره شد و لکه های سبز، بنفش و قهوه ای در آن مشاهده گردید. در سطح همبستهٔ برنج لکه های خاکستری و قهوه ای مشاهده شد و همچنین در سطح همبستهٔ فولاد کربن رسوبات قهوه ای و در سطح همبستهٔ چدن رسوبات سیاه رنگ نمایان بود.

حالت بین مایع و بخار: تمام سطح همبسته ها را که در بخش مایع قرار گرفته بود، ماده ژله ای پوشانده بود و سطح همبستهٔ مس و برنج خاکستری شده بود. سطح همبستهٔ فولاد کربنی را به طور پراکنده رسوبات قهوه ای پوشانده بود و سطح همبستهٔ چدن در بخش واقع در

[1] Alloys

مایع رسوبات قهوه ای به صورت نقطه نقطه و در بخش واقع در بخار به صورت پراکنده مشاهده شد.
حالت مایع: تمام سطح همبستهٔ مس خاکستری و همبستهٔ برنج سیاه شد. در سطح همبستهٔ فولاد کربنی به طور پراکنده و در تمام سطح همبستهٔ چدن رسوبات قهوه ای مشاهده شد.
برای برطرف کردن مشکل خوردگی می توان از بازدارنده های خوردگی مناسب که با اسامی تجارتی G-203, BMP و V15/41 در دسترس هستند، استفاده نمود.

۷) نتیجه گیری

در این تحقیق، نانومخلوط معلق گازوئیل- آب با مواد فعال کنندهٔ سطحی سازگار با محیط زیست و در دسترس تهیه شد. برتری کار حاضر در مقایسه با سایر ترکیب های مخلوط استفاده از مواد فعال‌کنندهٔ سطحی تجارتی و قابل دسترس، پایداری در دماهای مختلف و عدم دو حالت شدن در مدت زمان طولانی است.
ارزیابی عملکرد نانومخلوط های معلق با آزمون های موتوری در مقایسه با گازوئیل معمولی (پایه) در موتور دیزل OM314 نشان‌دهنده کاهش دود خروجی از موتور به مقدار ۵۳٫۷٪ با ۱۵٪ آب است. مصرف ویژهٔ سوخت موتور با مخلوط معلق آب در گازوئیل تغییر چندانی را نشان نداد و بازده گرمایی موتور بهبود یافت. توان موتور به مقدار ۱۴٫۵٪ کاهش یافت و از نظر خوردگی نیز مشکلاتی برای قطعات فلزی وجود دارد که باید با استفاده از مادهٔ افزودنی ضد خوردگی مشکل را برطرف کرد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله نویسندگان مقاله از مدیریت محترم پژوهش و فناوری شرکت ملی نفت ایران به علت حمایت مالی طرح تشکر و سپاسگذاری می نمایند.

References

[1] D. Korotny, Impacts of lubrizol's PuriNox water/diesel emulsion on exhaust emissions from heavy-duty engines, Environmental Protection Agency, 2002
[2] K.F. Brown, Process for reducing pollutants from the exhaust of a diesel engine, 2006
[3] A.M. Al-Sabagh, M. Emara, M.R. Noor El-Din, W.R. Aly, Formation of water-in-diesel oil nano-emulsions using high energy method and studying some of their surface active properties, Egyptian Journal of Petrol, Vol. 20, pp. 17-23, 2011
[4] R. Strey, Microemultions and use there of as a fuel, US Patent, No. 2007/0028507-A1, 2007
[5] A.A. Khalili, M. Shekarriz, Y. Pirzadeh, F. Hajialiakbari, A.Y. Kazemifar, S. Taghipoor, Effect of diesel nanoemulsion fuel on reduction of exhaust pollutants in comparison with conventional fuel, Petroleum Research, Vol. 69, pp. 45-52, 2012
[6] A. Spataru, Emulsified fuels in western Europe - An overview, ARB/CEC Alternative Fuel Symposium, 2003
[7] AQVAZOLE An original emulsified water/diesel fuel for heavy-duty application, Alternate fuels for diesel engines, SAE International, 2000

The Journal of Engine Research

Journal Homepage: www.engineresearch.ir

Formation of diesel-water nano-emulsion: Importance, advantages and evaluation of engine performance

M. Shekarriz[1*], Y. Pirzadeh[2], F. Hajialiakbari[3]

[1]*Research Institute of Petroleum Industry, Tehran, Iran, shekarriz@ripi.ir*
[2]*Research Institute of Petroleum Industry, Tehran, Iran, pirzadehy@ripi.ir*
[3]*Research Institute of Petroleum Industry, Tehran, Iran, hajialiakbarif@ripi.ir*
[*]*Corresponding Author, Phone Number: +98-21-48255058*

ARTICLE INFO

Article history:
Received: 18 February 2014
Accepted: 16 March 2014

Keywords:
Nano-emulsion
Diesel
Water
Engine test

ABSTRACT

A nano-emulsion fuel consists of homorganic or heterogenic phases with 2-100 nm diameter droplets of the water. These droplets are dispersed in the fuel and they can change the fuel composition to improve the combustion and in consequence, they can reduce engine exhaust emissions. In this paper, the diesel fuel with 10-15% water nano-emulsification techniques by using various surfactants is investigated. The best formulation was obtained with long chain ethoxylated alcohols (C12-C14) that were environmentally friendly and easily available. In an engine test (model: OM314), the engine performance with this new fuel was studied. Results showed that the nano-emulsion fuel had lower engine exhaust emissions such as the smoke to 53.7%, in comparison to the diesel fuel. The nano-emulsion fuel decreased the engine power, but improved the brake thermal efficiency. In addition, the corrosion and the effect of this fuel on metals in fuel systems were studied.

© Iranian Society of Engine (ISE), all rights reserved.