شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو

فصلنامه

دانش آزمایشگاهی ایران

سال دهم ■ شماره ٤ ■ زمستان ١٤٠١ ■ شماره پیاپی ٤٠

ISSN 2538-3450

بررسی روش استاندارد تعیین انواع هیدروکربن در محصولات نفتی مایع با جذب سطحی شناساگر فلورسانس

شبکه آزمایشگاهی بر مدار شبکه‌سازی

طیف رامان، اثر انگشت مواد

کاربرد روش امواج فراصوت در صنعت فرآوری مواد غذایی

نقش آزمایشگاه در کنترل کیفیت مخازن تحت فشار بدون درز(بخش اول)

کنترل کیفی عوامل موثر بر آزمون دانسیته به روش غوطه‌وری در الکل و تحلیل نتایج آن

سنجش میزان تولید کف در روغن‌ها و تاثیر افزودنی‌های ضد کف

www.IJLK.ir
info@ijlk.ir

نویسنده
فرشاد جعفری[1]
farshadjafary1269@gmail.com

سنجش میزان تولید کف در روغن‌ها و تاثیر افزدونی‌های ضد کف

واژه‌های کلیدی
کف، سایش، ضد کف، پلی دی‌متیل سیلوکسان[2]، افزودنی.

چکیده

کف کردن در روغن بسیار نامطلوب است. اختلاط روغن با هوا منجر به اکسیداسیون، آسیب به حفره‌ها و انتقال نامناسب روغن در سیستم گردش روانکار می‌شود که این امر، یک روانکار ضعیف را ایجاد می‌کند. اضافه کردن افزودنی‌های مناسب ضد کف می‌تواند راه حل مناسبی برای این مشکل باشد. برای تعیین تمایل به ایجاد کف که بر پایداری و عملکرد روغن روانکار تاثیر می‌گذارد و پوشش و گسیختن روغن روانکار در آزمایشگاه‌ها را نشان می‌دهد، آزمون‌های مختلفی تعیین شده‌است که در ذیل، به بررسی آنها پرداخته می‌شود.

شش نوع روغن مختلف از فروشندگان روغن، خریداری و آزمون‌هایی مانند ویسکوزیته، ویسکوزیته ایندکس، نقطه اشتعال، نقطه انجماد و رنگ روی آنها انجام شد. برای تعیین تمایل به تشکیل کف و حفظ پایداری، آزمایش‌هایی روی ۶ نمونه انجام شد.

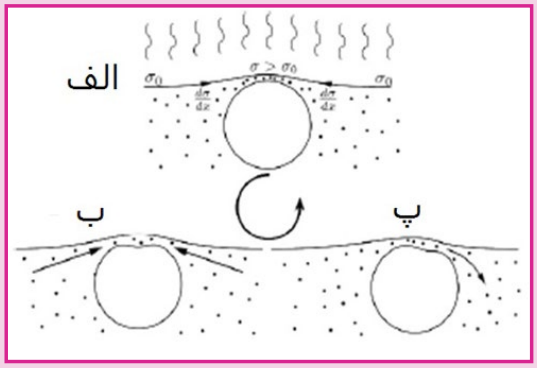
بعد از اضافه کردن افزودنی‌های ضد کف به ۳ نمونه از۶ نمونه روانکار روغن (GB.SH.MH)، آزمون کف روی آنها انجام شد که تمایل به ایجاد کف و در نهایت، سایش در محدوده مشخصی (حدود ۰/۵۰/۰) قرار گرفت. بیشینه مقدار سایش ۰/۵ میلی‌متر است که برای این۳ روغن نتایج رضایت‌بخشی در محدوده مورد نظر به‌دست نیامد.

مقدمه

کف روغن به دو دسته کلی تقسیم می‌شود: (۱)- کف سطحی و (۲)-کف داخلی.

کف سطحی در روغن‌های روانکار بسیار مهم و قابل توجه است. این نوع کف با افزودنی‌های ضد کف قابل کنترل بوده و کشش سطحی روانکار را نسبت به روغن پایه کاهش می‌دهد، این کف، به‌طور معمول در روغن پایه نامحلول است و برای اینکه بتوانیم به مدت طولانی نگهداری و استفاده کنیم، باید به خوبی ترکیب شود تا پایداری لازم را داشته باشد. اندازه ذرات ضد کف ترکیب شده در سطح باید کمتر از ۱۰۰ میکرومتر و برای بهبود عملکرد، اندازه ذرات باید کوچکتر از ۱۰ میکرومتر باشد [۱].

تراکم کف در روغن‌های روان کننده، حباب‌های کوچکی است که در تمامی جهات دارای قدرت یکسانی است. پایداری حباب‌ها با حل شدن در کشش سطحی روغن ارتباط مستقیمی دارد؛ اگر مایع، کشش سطحی قوی داشته باشد به طبع آن نیز حباب‌ها قوی و در مایع حل نمی‌شوند؛ بنابراین، پایداری کف طولانی خواهد بود [۲]. اگر سطح مایع همگن نباشد، روی حباب سطح تاثیرگذار است، اگر نیروی وارده به دیواره حباب‌ها برابر نباشد، موجب آسیب دیدن حباب‌ها می‌شود و دیواره حباب‌ها را ضعیف و تخریب می‌کند.



شکل (۱): سازوکار پایداری مارانگونی حباب [۳].

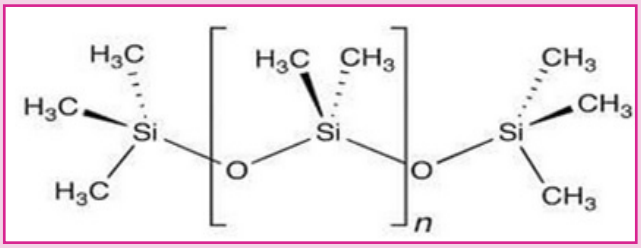
شکل (۱) سازوکار مارانگونی حباب‌های پایدار متوسط را نشان می‌دهد. در بخش (الف) حرکت از غلظت بخار بالا به طرف غلظت بخار پایین سبب ایجاد دیواره‌ای شده که سیگما و سطح کششی نامیده می‌شود. در قسمت (ب) حرکت کردن سطح کششی باعث افزایش عمق سطح کششی می‌شود. در بخش (پ) افزایش ناپایداری محیطی باعث از بین رفتن تقارن و پایداری حباب‌ها می‌شود که این امر در حال تکرار است [۳].

برای جلوگیری از کف در روانکارهای روغنی از ضد کف‌ها استفاده می‌شود، این کار، سطح مایع را بهبود داده و از به وجود آمدن کف جلوگیری می‌کند. گروه‌شناسی در سیستم‌های روانکار، ارتباط فیزیکی بین سطح در حال تعادل و یا متقاطع را توضیح می‌دهد، به طوری که اگر سطوح به‌طور مناسب روانکاری نشده باشند، اصطکاک بین سطوح لغزنده رخ می‌دهد که باعث از بین رفتن انرژی، کاهش عملکرد روانکار، ایجاد حباب و در نهایت، موجب کاهش ویسکوزیته می‌شود [۴]. اگر تمامی این اتفاقات رخ دهد، موجب چسبندگی و سایش بین قطعات شده و درنهایت، فرسودگی قطعات مورد استفاده را در پی خواهد داشت. اصطکاک داخلی روغن باید کم باشد تا موتور اجازه عملکرد بدون مانع را داشته باشد. روانکارهای روغنی باید پایداری برشی، اکسیداسیون خوب، پایداری حرارتی بالا، محافظت در برابر خوردگی و سایش، تحمل فشارهای بالا، کار کردن در دمای پایین و در نهایت، در برابر ایجاد کف، مقاومت مناسبی داشته باشد. افزودنی‌های روانکارهای روغنی، ترکیباتی با ویژگی‌های اصلاح و جلوگیری کننده از کف هستند که با کاهش کف از سطح و شکستن حباب‌ها موجب بهبود روغن پایه می‌شوند [۵].

در فرآیندهای صنعتی، کف می‌تواند مشکلات جدی را ایجاد کند و باعث نقص در لایه‌های سطحی شود و از پرشدن کارآمد لایه‌های تجهیز مورد نظر جلوگیری کند.

مواد افزودنی ضد کف در صنعت کاربرد فراوانی دارند و باعث کاهش و جلوگیری از تشکیل کف می‌شوند. مواد شناخته شده‌ای مانند پلی دی‌متیل سیلوکسان که جزء گروه ارگانو سیلیکان هستند و به‌طور معمول به‌عنوان سیلیکون شناخته می‌شوند، دارای ویژگی‌های ویسکوزیته غیرمعمول، شفاف، بی اثر، غیر سمی و غیر قابل اشتعال هستند [۶].

شکل (۲) نشان‌دهنده ساختار مواد افزودنی ضد کف پلی دی متیل سیلوکسان است.



شکل (۲): ساختار مواد شیمیایی (PDMS) [۶].

روش کار

روغن‌های مورد استفاده در این تحقیق، روغن‌هایی هستند که ویژگی جداسازی بالای آب را دارند و از حرکت چرخشی فرار نمی‌کنند. به‌طور طبیعی، همزدن، باعث هوادهی به روانکار روغن و ایجاد حباب هوا و کف می‌شود.

کف نه تنها باعث اکسیداسیون روانکار روغنی می‌شود بلکه اثر روانکار روغنی را کم می‌کند و در نتیجه موجب فرسودگی می‌شود. روانکارهایی مانند روغن‌های هیدرولیک، روغن هیدرو دینامیک و روغن‌های گردشی در سیستم‌های صنعتی برای تمیزکاری فلزات استفاده می‌شوند.

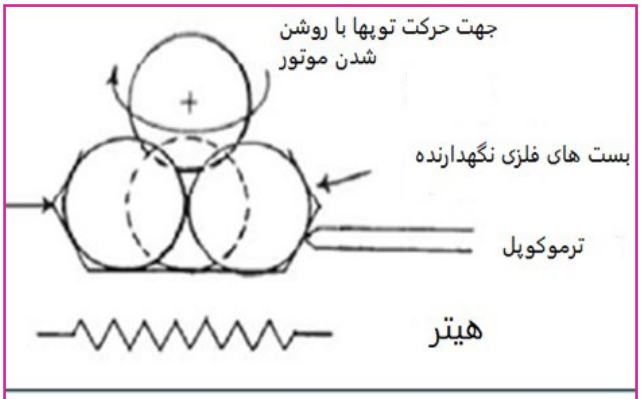
مواد افزودنی مورد استفاده در این مطالعه به‌عنوان مثال سیلیکون به شکل پلی دی‌متیل پلی سیلوکسان با افزودن ۰/۱ درصد وزنی، رایج‌ترین افزودنی‌های ضد کف در صنعت هستند.

برای اطلاعات اولیه، روغن روانکار با استفاده از روش‌های ASTM:D1500/D97/D92/D7042 برای تعیین ویژگی‌های شیمیایی فیزیکی، مانند ویسکوزیته، شاخص ویسکوزیته، نقطه اشتعال، نقطه ریزش و رنگ آزمایش می‌شود، در حالی که برای تعیین مقدار کف از استاندارد ASTM D892 استفاده می‌شود.

در این آزمون، دو نوع مختلف اندازه‌گیری کف داریم که شامل تمایل به ایجاد کف و پایداری کف می‌شود. تمایل به ایجاد کف، مقدار کف ایجاد شده به واسطه دمیدن هوا را مشخص می‌کند و پس از قطع دمیدن هوا، مقدار کف باقیمانده، پایداری کف را مشخص می‌کند که پس از ۱۰ دقیقه قطع هوا، مقدار کف باقیمانده را به واحد میلی‌لیتر گزارش می‌کنیم.

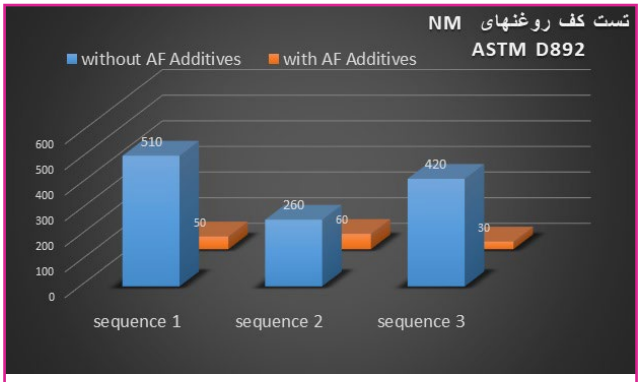
برای تعیین مقدار روانکاری ویژگی محافظت کننده روغن روانکار در شرایط آزمون استاندارد ASTM D4172، با سرعت‌های ۱۲۰۰، ۱۸۰۰ و ۲۲۰۰ دور در دقیقه انجام می‌شود.

در آزمون چهار گلوله که توپ‌های استیل به قطر ۱۲/۷ میلیمتر هستند، به هم چسبانده شده و روغن روانکار از بین آنها عبور داده می‌شود. سازوکار چهار گلوله به این شکل است که سه گلوله تحت فشار با نیروی معادل ۱۴۷ یا ۳۹۲ نیوتن (۱۵ یا ۴۰ کیلوگرم) قرار می‌گیرند و روغن با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد از بین آنها عبور داده می‌شود. گلوله‌ها با سرعت‌های ۸۰۰، ۱۲۰۰ و ۲۲۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱ ساعت می‌چرخند و روغن با قطر شکاف ایجاد شده بین سه گلوله، مقایسه می‌شود (شکل (۳)).



شکل (۳): سازوکار آزمون چهار گلوله [۷].

روغن‌های روانکار از چندین لایه مجزا از هم که بدون تماس مستقیم، اصطکاک، سایش و پارگی با هم حرکت می‌کنند، محافظت می‌کنند؛ اما زمانی که یک بار سنگین بیش از توانایی روغن روانکار اعمال شود، باعث پارگی و از بین رفتن حالت روان کاری شده و اصطکاک و خورندگی بین فلزات را ایجاد می‌کند. شکل‌های (۴) تا (۹) مربوط به آزمون‌های انواع روغن است [۸].



شکل (۴): آزمون کف روغن‌های NM، ASTM D892 [۹].

نتیجه آزمون مشخصات فیزیکی

جدول (۱) ویژگی‌های روغن‌های روانکار مختلفی که در تجهیزات صنایع مختلف کاربرد دارند را نشان می‌دهد. این روغن‌ها توانایی ایجاد کف در تجهیزات را دارند. نتیجه مشخصات ویسکوزیته بالای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد بر طبق ISO VG طبقه‌بندی می‌شود که نیازمند استفاده از هر نوع روانکار روغنی است. در حالی که ویسکوزیته ایندکس، تغییرات ویسکوزیته را در دماهای مختلفی گزارش می‌کند.

نتیجه آزمایش تمایل به ایجاد کف

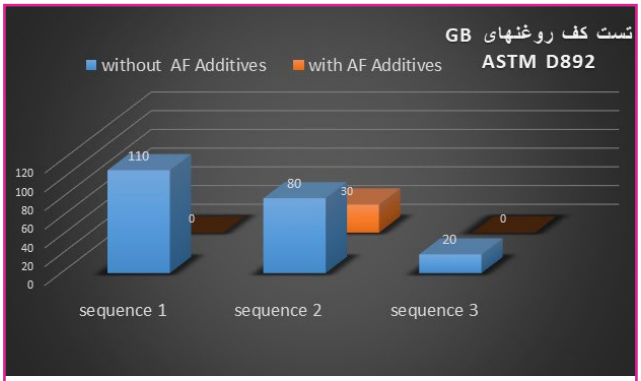
گرم کردن روغن اثرات نامطلوبی دارد که باعث افزایش

جدول (۱): نتیجه خواص فیزیکی آزمون.

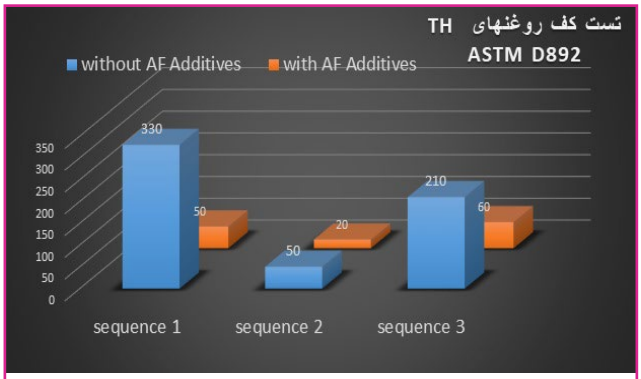
ردیف	ویژگی‌ها	روش آزمون	NM	GB	TH	SH	MH	CO
۱	ویسکوزیته کینماتیک در $40°C$ (s/mm^2)	ASTM D445	۳۲/۰۹	۱۰۲/۳۵	۳۳/۹۷	۴۸/۷	۷۱/۳۹	۱۰۲/۲
۲	ویسکوزیته کینماتیک در $100°C$ (s/mm^2)	ASTM D445	۵/۶۷	۱۵/۲۱	۵/۷	۸/۷	۹/۹۵	۱۰/۹۷
۳	شاخص ویسکوزیته	ASTM D2270	۱۱۷	۱۵۶	۱۰۷	۱۶۰	۱۲۱	۹۰
۴	نقطه ریزش، °C	ASTM D97	-۱۲	-۵۴	-۳۶	-۵۸	-۲۷	-۱۲
۵	نقطه اشتعال، °C	ASTM D92	۲۲۰	۲۱۰	۲۳۰	۲۵۶	۲۳۸	۲۴۳
۶	خواص ظاهری و رنگ	Visual Clear	قهوه‌ای	قهوه‌ای روشن	قرمز روشن	قهوه‌ای روشن	قهوه‌ای روشن	قهوه‌ای روشن

اکسیداسیون می‌شود. افزایش اختلاط روغن و هوا موجب آسیب حفرات در روغن و انتقال ناکافی روانکار روغنی در سیستم گردش روغن می‌شود [۳].

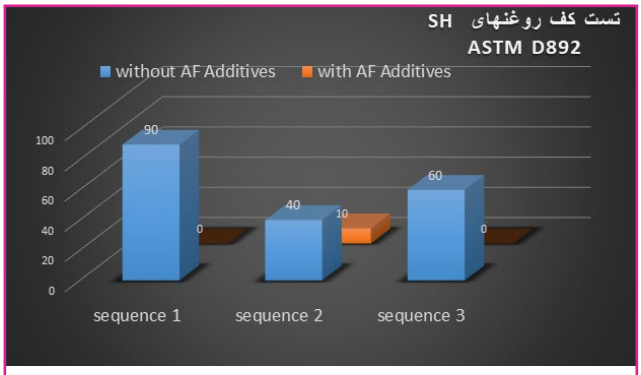
در شکل‌های (۵)، (۷)، (۸) و (۹) می‌توان مشاهده نمود که نتایج آزمایش کف کردن قبل از اضافه کردن افزودنی‌های ضد کف و بعد از اضافه کردن آنها، تغییرات قابل توجه‌ای داشته است؛ در حالی که در شکل‌های (۴) و (۶) می‌توان مشاهده کرد که قبل از اضافه کردن ضد کف، تمایل به ایجاد کف در آن روغن‌ها بسیار بالا است و بعد از افزودن ضد کف‌ها مقدار قابل توجهی کف کردن کاهش پیدا کرده است ولی باز هم با مقدار مطلوب مورد نظر ما فاصله دارد [۱]. ایجاد کف به کشش سطحی روغن پایه، گروه‌های عاملی فعال حاضر در سطح روغن مانند شوینده‌ها، جلوگیری کننده از خوردگی و بقیه ترکیبات یونی بستگی دارد [۲]. به‌طور کلی، روغن‌های سنتزی که در شکل‌های (۵) و (۷) دیده می‌شوند تمایل به ایجاد کف پایین و کشش سطحی بالایی دارند که بعد از اضافه کردن ضد کف، نتیجه بسیار مطلوبی ارائه می‌دهند اما در روغن‌های پایه نفتی تمایل به ایجاد کف نسبت به روغن‌های سنتزی بالاتر است [۱۰].



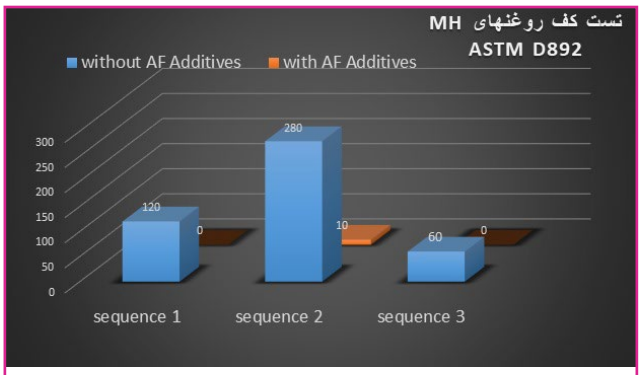
شکل (۵): آزمون کف روغن‌های GB، ASTM D892 [۹].



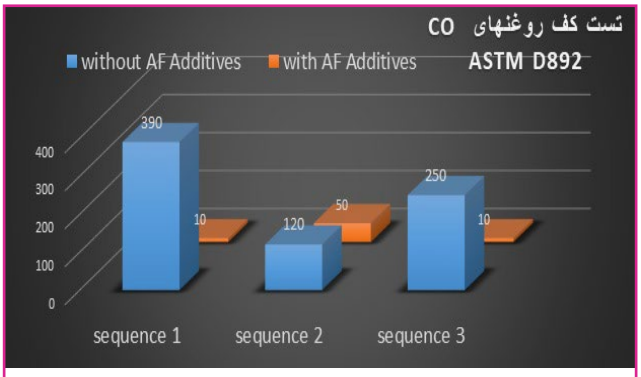
شکل (۶): آزمون کف روغن‌های TH، ASTM D892 [۹].



شکل (۷): آزمون کف روغن‌های SH، ASTM D892 [۹].



شکل (۸): آزمون کف روغن‌های MH، ASTM D892 [۹].



شکل (۹): آزمون کف روغن‌های CO، ASTM D892 [۹].

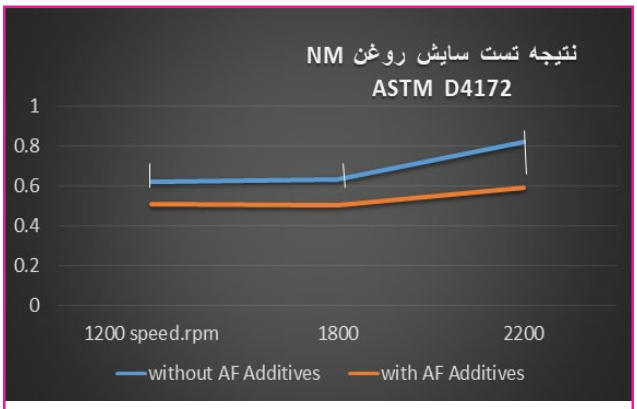
قطرات بسیار ریز ساکن که در سطح روغن سیستم روانکاری وجود دارد، روی رابط‌های سیال/هوا کار می‌کنند. مواد افزودنی ضد کف در مایع، محلول نیستند و دارای ذرات بسیار ریزی در حدود ۰/۰۵ تا ۰/۵ درصد وزنی برای پلیمر سیلیکونی با زنجیره بلند هستند. روغن‌هایی که به آنها افزودنی اضافه شده‌است باید به‌طور مرتب تحت کنترل باشند؛ زیرا افزودنی‌ها مدت زمان و مقدار استفاده دارند و درصورت رسیدن زمان مقرر باید تعویض شوند [۱۵].

• نتایج آزمون سایش

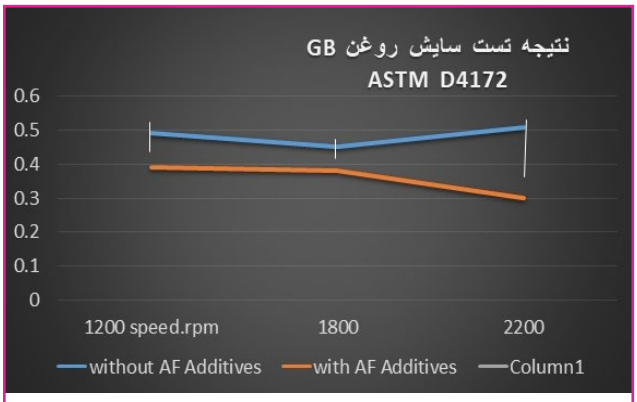
براساس نتایج آزمون (۴) گلوله موتور که در شکل (۱۰) نشان داده شده‌است، مشاهده می‌شود که قبل از اضافه شدن افزودنی‌های ضد کف، مقدار سایش در موتور، در حدود ۰/۸۲ mm-۰/۶۵ است که بعد از اضافه شدن ضد کف‌ها، به‌خصوص در ۱۸۰۰ و ۲۲۰۰ دور بر دقیقه، مقدار قابل توجهی سایش کاهش پیدا می‌کند اما هنوز مقادیر بالا هستند و می‌توان آنها را به مقدار ۰/۵ mm کاهش داد. در شکل (۱۱) مشاهده می‌شود که قبل از اضافه شدن ضد کف در سرعت ۱۲۰۰ دور بر دقیقه، مقدار سایش ۰/۴۹ mm، در سرعت ۱۸۰۰ دور بر دقیقه، مقدار سایش ۰/۴۳ و در ۲۲۰۰ دور بر دقیقه، مقدار سایش ۰/۵۱ mm است و بعد از اضافه شدن ضد کف مقدار قابل توجهی مقدار سایش کاهش پیدا می‌کند و به ۰/۲ mm می‌رسد. این آزمون‌ها این مورد را تایید می‌کنند که افزودنی‌های ضد کف باعث کاهش سایش می‌شوند. تغییرات در پایداری عملکرد روغن‌های روانکار در برابر سایش قابل مشاهده است و رفتار طبیعی افزودنی‌های ضد کف به این شکل است که به‌صورت قطراتی به دیواره حباب‌ها می‌چسبند و به آنها ضربه می‌زنند تا حباب‌ها از بین بروند که نامناسب بوده و موجب آسیب رساندن به سطح‌های فلزی، شیشه‌ای، فیلترها، دیواره ماشین آلات و تجهیزات صنعتی می‌شود. در حالی که در شکل (۱۲) مشاهده می‌شود قبل از اضافه کردن ضد کف، سرعت تا ۲۲۰۰ دور بر دقیقه و مقدار سایش تا ۰/۸۹ افزایش پیدا می‌کند و سایش و پارگی وجود دارد اما بعد از اضافه شدن ضد کف، مقادیر در آزمایش به‌طور قابل توجهی تا ۰/۵ mm کاهش پیدا می‌کند [۱۱].

ماهیت روغن روانکار همان‌طور که انتظار می‌رود در سیستم‌های روانکاری دارای اصطکاک داخلی است و اصطکاکی که بین روغن و اجزای موتور وجود دارد هیچگونه صدمه‌ای به اجزای موتور وارد نمی‌کند و فقط باعث حرکت موتور و شتاب تجهیز روانکاری شده می‌شود [۱۲].

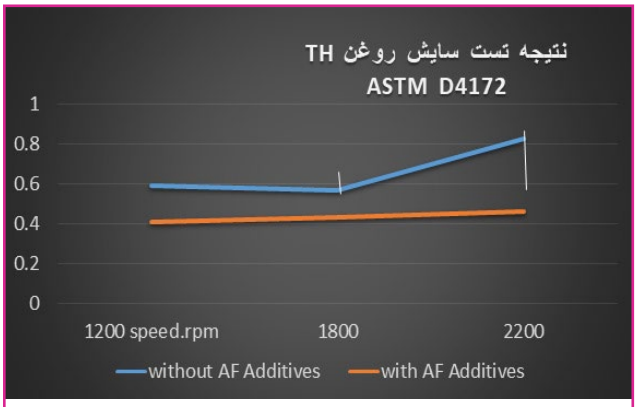
شکل (۱۵) نتیجه آزمون (۴) گلوله قبل و بعد از اضافه کردن افزودنی‌های ضد کف که حد مورد نیاز حدود ۰/۵ میلی‌متر است را نشان می‌دهد. فرمولاسیون برش روغن، نیازی به اضافه کردن افزودنی ضد کف ندارد و درصورت استفاده از آن، روغن برش آبی اضافه می‌شود. این روش برای مقایسه یک کالا به‌منظور تولید امولسیون توصیه می‌شود که بستگی به تجهیزات تولید دارد.



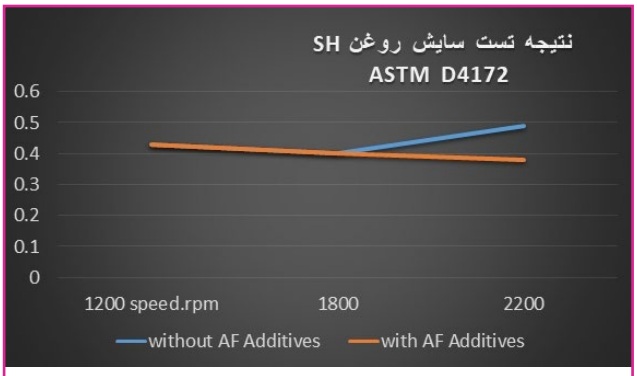
شکل (۱۰): نتیجه آزمون سایش روغن NM، ASTM D4172 [۷].



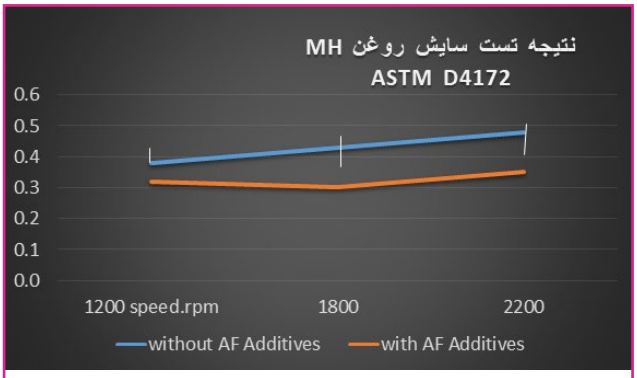
شکل (۱۱): نتیجه آزمون سایش روغن GB، ASTM D4172 [۷].



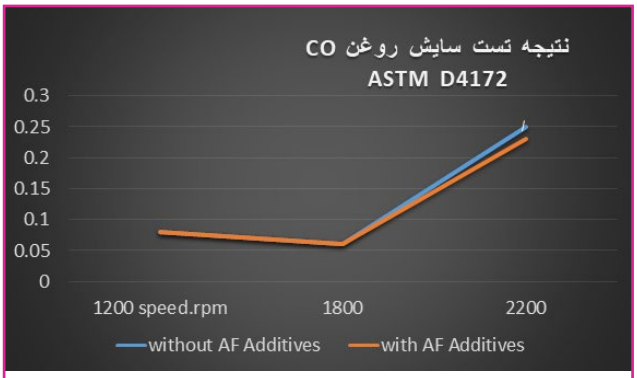
شکل (۱۲): نتیجه آزمون سایش روغن TH، ASTM D4172 [۷].



شکل (۱۳): نتیجه آزمون سایش روغن SH، ASTM D4172 [۷].



شکل (۱۴): نتیجه آزمون سایش روغن MH، ASTM D4172 [۷].



شکل (۱۴): نتیجه آزمون سایش روغن CO، ASTM D4172 [۷].

نتیجه‌گیری

شش نوع روغن روانکاری که به آن افزودنی ضد کف با بازده ۰/۱ درصد اضافه شده بود، آزمایش شد و نتیجه آن برای ۴ فرمول (GB.MH.SH.CO) کف نتایج آزمون گرایش الزامات را برآورده می‌کند یعنی حدود ۰/۵۰/۰ میلی لیتر است و در بقیه موارد، نیازمند اضافه نمودن افزودنی بالاتر از حد الزامات است. نتیجه آزمون سایش برای ۳ فرمولاسیون (GB.SH.MH) مقادیر کمتر از حد مجاز در حدود ۰/۵ mm است؛ اگر چه برای بقیه فرمول‌ها (NM .TH.CO) نیازمند بالاتر از حد مجاز است.

۱. افزودنی‌های ضد کف می‌توانند سایش را کاهش دهند.

۲. روغن‌های سنتز شده دارای کشش سطحی بالاتری نسبت به روغن‌های پایه نفتی هستند.

۳. به‌صورت طبیعی روغن‌ها تحت تاثیر ویسکوزیته هستند و هر چه روغن‌ها رقیق‌تر باشند تمایل به ایجاد کف در آنها بیشتر است.

۴. ترکیب کردن افزودنی‌های ضد کف نیاز به مخلوط کننده با سرعت بالا دارد تا ذرات کوچک را بتوان به‌صورت برابر در کل حجم پراکنده نمود. به دلیل اینکه ذرات ضد کف نامحلول هستند، برای داشتن عملکرد مناسب، باید تمام ذرات به‌صورت متعادل پخش شوند؛ به همین منظور به یک همزن قوی نیاز داریم.

پی‌نوشت

۱. کارشناسی ارشد معدنی، شرکت پارس لیان اروند

2. Polydimethylsiloxane (PDMS)

مراجع

[1] Chandran Suja V, Frostad JM, Fuller GG., 2016
[2] Lantz S, Zakarian J, Deskin S, Martini A., 2017
[3] Serpetsi SK, Yiantsios SG., 2012
[4] Wolak A, Zając G, Kumbár V, 2018, 'Evaluation of engine
[5] Sheng S., 2014, Gearbox typical failure modes
[6] Marotrao, T. K., 2012
[7] ASTM D4172 – 94, 2010, 'Standard Test Method
[8] Malam R.K. et al., 2016, 'Penelitian Durabilitas Minyak
[9] ASTM D892 - 13e1, 2013, 'Standard test method for foaming characteristics of lubricating oils
[10] Statistical Analysis for the Abrasive Wear Behavior of Al 6061, Mohd Shadab Khan, Zahir Hasan, Yaqoob Ali Ansari, J. of Minerals and Materials Characterization and Eng. Vol.2 No.4, July 23, 2014
[11] Carden, P.; Pisani, C.; Andersson, J.; Field, I.; Lainé, E.; Bansal, J.; Devine, M. The Effect of Low Viscosity Oil on the Wear, Friction and Fuel Consumption of a Heavy Duty Truck Engine. SAE Int. J. Fuels Lubr. 2013, 6, 311–319.
[12] Online condition monitoring of lubricating oil on test bench diesel engine & vehicle, B Vasanthan, G Devaradjane, V Shanmugam, Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences 9, 315-320

Author

Farshad Jafary

*Farshadjafary1269@gmail.com

M.S. from chemistry and chemical engineering research center of iran, parslian arvand tehran

Measurement of foam production in oils and the impact of anti foam additives

Abstract

Foaming on oil has a very undesirable effect which can cause an increase in oxidation by intensive mixture with air, damage to cavitation, and insufficient oil transportation in the lubrication circulation system which can cause poor lubrication. Adding the appropriate antifoam additives is one way to avoid foaming. To determine the tendency of foaming formation which has an impact on the stability of the performance of lubricating oil, so that there is wear and tear in research in the laboratory by means of; 6 types of lubricating oil taken from the market are tested for viscosity, index viscosity, flash point, pour point and color. As well as to determine the effect of foam formation tested foaming tendency / stability and wear before and after antifoam added from 6 (six) types of lubricated oil obtained from the market.

The result after adding antifoam additives, three types (GB, SH, and MH) of six types of lubricated oil were tested, the tendency of foaming and the wear results met the required limits, namely 0/50/0 ml for foaming tendency and maximum 0.5 mm for wear, while for 3 (three) oils, the results are not satisfying the required limits.

Keywords

foaming, antifoam polydimethylsiloxane, wear.

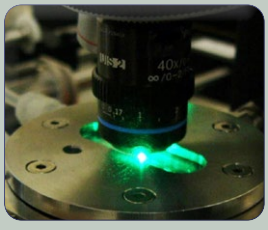
Iran Nanotechnology Laboratory Network

Iranian Journal of laboratory Knowledge

ISSN 2538-3450

Volume 10 ■ Issue 4 ■ Winter 2023 ■ No.40

Review of standard test method for determination of different types of hydrocarbons in liquid petroleum products by fluorescent indicator adsorption



Raman Spectrum, Material's Fingerprint

Application of ultrasound technique in food processing

The Role of the Laboratory in the Quality Control of Seamless Gas Cylinders. (Part 1)

Quality control of factors affecting the density test by immersion in alcohol and results analysis

Measurement of foam production in oils and the impact of anti foam additives

www.IJLK.ir
info@ijlk.ir