



مجله علمے، تخصصے

افزون روان

شماره دوازدہم | سال نہم | تابستان ۱۴۰۰

حرکت به سوی سیالات
هیدرولیک فاقد روی

دانایی کلید توانایی

پس از واکسیناسیون

اقدامات پیشگیرانه COVID-19 را ادامه دهید



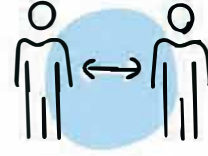
سطوح در دسترس را تمیز و ضدعفونی کنید



دست هایتان را مرتب با آب و صابون بشوید



از اجتماعات و فضاهای شلوغ اجتناب کنید



حداقل فاصله اجتماعی ۲ متری را رعایت کنید



بینی و صورت خود را با ماسک پوشانید

پس از واکسینه شدن

آماده عوارض جانبی باشید:

واکسن‌ها به گونه‌ای طراحی شده‌اند

تا بدون خطر ابتلا به بیماری، برای شما مصونیت ایجاد کنند. در عین حال که ایجاد مصونیت بدون عوارض جانبی طبیعی است، ولی داشتن علائم خفیف تا ملایم که خودبه‌خود در عرض چند روز برطرف می‌شوند، نیز امری عادی است.

برخی علائم خفیف تا ملایم که شما ممکن است بعد از واکسینه شدن تجربه کنید

عبارتند از:

- سردرد
- دردهای عضلانی یا مفصلی
- تب خفیف
- خستگی
- لرز
- بیرون روی و اسهال

اگر علائم بیشتر از چند روز ادامه پیدا کرد یا واکنش شدیدتری تجربه کردید، با پزشک خود تماس بگیرید.

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

شرکت
افزون روان



مجله علمی، تخصصی افزون روان

دو فصلنامه سراسری

شماره دوازدهم، سال نهم، تابستان ۱۴۰۰

شماره ثبت: ۸۵۲۱۵

سر دبیر و ویراستار:

دکتر مسعود تیموری

نظارت و هماهنگی:

مرتضی رضایی

نویسندگان:

مریم ابراهیمی، سمیرا جوادیان فرد

درسا وحیدی، فرشته علیان نژاد

پریسا احمدی، امیرحسین ثقفی

طراح گرافیک و صفحه آرا

علیرضا بهرامی

لیتوگرافی و چاپ:

چاپ رامتین

نشانی:

ایران، تهران، خیابان پاسداران، چهارراه فرمانیه، خیابان

شهید جهانبخش نژاد، پلاک ۱۰



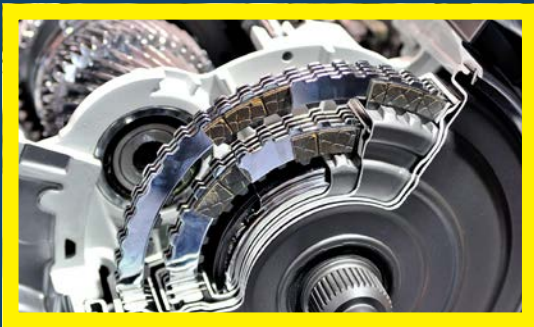
تلفن: ۰۲۱-۲۳۵۵۹۹۹۹

فکس: ۰۲۱-۲۲۸۰۴۴۵۸



۸

روانکارهای صنعتی و حرکت
به سمت سیالات هیدرولیک فاقد روی



۱۳

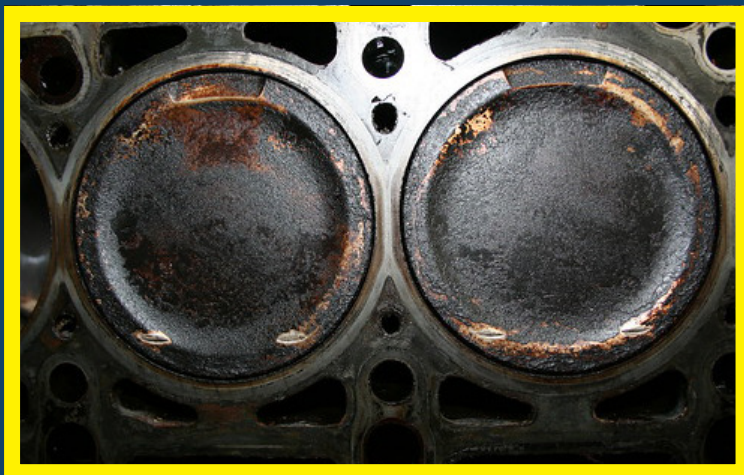
بهبود طراحی‌های
انتقال دهنده های اتوماتیک



۱۸

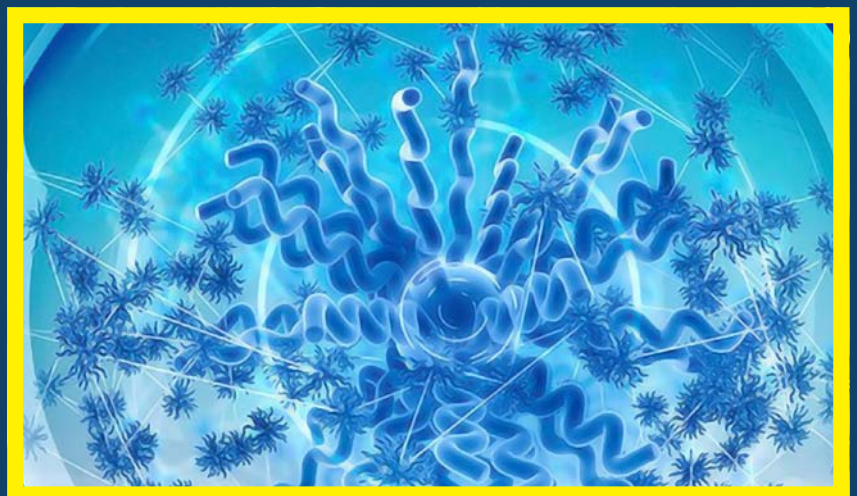
آزمون TBN یا
تست های جایگزین؟

۴۴
گرافیت
مهمترین روانکار جامد



۴۸
تعیین مشخصات رسوبات آزمون
TEOST و مقایسه آنها با رسوبات
آزمون Sequence IIIG

۳۵
بررسی جامع
کوپلیمرهای HSD



معرفی دو درجه گرانیوی جدید در طبقه بندی J300 آوریل ۲۰۲۱

باید در نظر داشت علت اصلی ظهور روغن موتورهای سبک، کاهش میزان اصطکاک بین قطعات موتور و به تبع آن حمایت از تلاش مداوم سازندگان قطعات خودرو در کاهش مصرف سوخت است. نکته دیگر که لازم است توسط مصرف کنندگان روغن موتور در نظر گرفته شود این است که درجات گرانیوی جدید، تنها در روانکاری موتورهای طراحی شده مربوط به همین درجات به کار میروند و برای خودروهایی قدیمی کاربرد ندارند. جدول ویسکوزیته آخرین نسخه استاندارد SAE J300 در زیر آورده شده است. همانطور که مشخص است الزامات استاندارد SAE J300 تنها به خواص رئولوژیک روغن موتور مرتبط است و سایر خواص روغن در این استاندارد در نظر گرفته نمیشوند.

انجمن مهندسان خودرو آمریکا (SAE)، پس از آخرین بازنگری طبقه بندی درجات گرانیوی استاندارد J300 در سال ۲۰۱۳، در آوریل سال ۲۰۲۱ دو درجه گرانیوی SAE 8 و SAE 12 را به جدول طبقه بندی گرانیوی روغن موتور اضافه نمود. هدف از این به روز رسانی، پاسخ به درخواست سازندگان قطعات اصلی خودروهای سواری (OEM) در ارائه الزامات HTHS کمتر برای روغن موتورهای سبک تر از SAE 16 است که بر این اساس، HTHS این دو درجه گرانیوی به ترتیب حداقل ۱/۷ و ۲ سانتی پواز در نظر گرفته شد. همچنین گرانیوی سینماتیک ۱۰۰ درجه سانتیگراد آنها نیز به ترتیب ۴ تا ۶/۱ و ۵ تا ۷/۱ تعریف شد. همپوشانی که بین این دو محدوده گرانیوی وجود دارد شرایط مناسبی را برای فرمولاسیون این دو درجه گرانیوی فراهم می سازد.

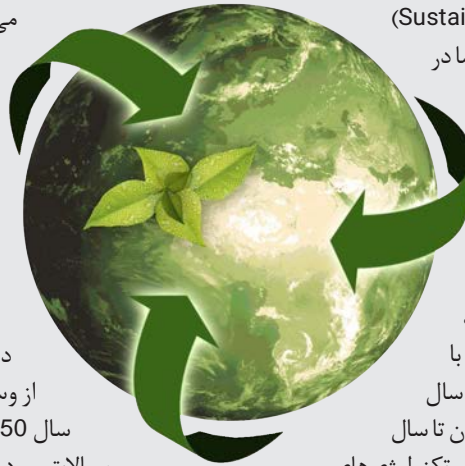
جدول به روز شده طبقه بندی ویسکوزیته روغن موتور بر اساس الزام SAE J300

SAE Viscosity Grade	Low T Cranking Viscosity (mPa·s) ASTM D5293	Low T Pumping Viscosity (mPa·s) ASTM D4684	Kinematic Viscosity at 100 °C (mm ² /s) ASTM D445 or D7042	High Shear Viscosity at 150 °C (mPa·s) ASTM D4683, D4741 or D5481
2009				
0 W	<6200 at -35 °C	<60,000 at -40 °C	>3.8	
5 W	<6600 at -30 °C	<60,000 at -35 °C	>3.8	
20			6.9-9.3	>2.6
30			9.2-12.5	>2.9
2015				
0 W	<6200 at -35 °C	<60,000 at -40 °C	>3.8	
5 W	<6600 at -30 °C	<60,000 at -35 °C	>3.8	
8			4.0-6.1	>1.7
12			5.0-7.1	>2.0
16			6.1-8.2	>2.3
20			6.9-9.3	>2.6
30			9.2-12.5	>2.9



گزارشی از وبینار BASF با عنوان ”ما بایکدیگر بر شکل گیری آینده حمل و نقل تمرکز می کنیم“

حداکثر 20% از مواد تولید شده‌ی شرکت BASF باز یافت می‌شوند که بر طبق هدف گذاری این شرکت در راستای پیاده سازی توافق پاریس این میزان باید در صنایع بسته‌بندی تا سال 2050 به 100% و در صنایع حمل و نقل و ساخت و ساز به 50% افزایش یابد. در راستای نیل به این اهداف، پروژه‌ها و تکنولوژی‌هایی راه‌اندازی شده و محصولات بدست آمده حاصل از این اقدامات (GLYSANTIN@FCG20، Glasurit و I-Pace) تشریح شد. مهمترین مسئله‌ای که در این وبینار به آن پرداخته شد استفاده گسترده از وسایل نقلیه الکتریکی در صنعت حمل و نقل تا سال 2050 و لزوم توسعه تکنولوژی سیستم خنک کاری و سیالات مورد استفاده (به عنوان مثال: روانکارها و خنک کننده‌ها) در این دسته از خودروها بود. از جمله چالش‌هایی که در استفاده از خودروهای الکتریکی وجود دارد می‌توان به محدود بودن شعاع حرکتی (برد مسافت)، کاهش هزینه باتری، ایستگاه‌های شارژ و سرمایه گذاری در تولید باتری اشاره کرد.



جدیدترین وبینار BASF در تاریخ 30 ژوئیه 2021 برگزار شد. در این وبینار به موضوع توسعه پایدار (Sustainability) که مهمترین و جدیدترین بحث روز خصوصا در کشورهای توسعه یافته است پرداخته شد و خصوصیات جدیدترین فناوری‌های سیالات، روانکارها و سوخت‌های خودرو برای سیستم‌های پیش‌ران جدید و بویژه خودروهای الکتریکی مورد بحث قرار گرفت. سخنرانانی به نمایندگی از شرکت‌های BASF، DENSO و INERATEC GmbH، در مورد چگونگی پیاده‌سازی معاهده پاریس توسط آنها با هدف کاهش 25% انتشار گاز گلخانه‌ای CO₂ تا سال 2035 در مقایسه با 2018 و به صفر رساندن آن تا سال 2050 با استفاده از منابع هیدروکربنی تجدیدپذیر و تکنولوژی‌های روز دنیا به بحث و گفتگو پرداختند. علاوه بر این در این وبینار به مسئله تولید محصولات با کیفیت با استفاده از مواد باز یافت شده در صنایع مختلف اعم از بسته‌بندی، حمل و نقل، ساخت و ساز و ... پرداخته شد. در حال حاضر



وبینار شرکت Lubrizol با عنوان «آینده سوخت»

خودروهای احتراق داخلی با خودروهای هیبریدی و الکتریکی است. بنابراین ضرورت هدف گذاری به سمت توسعه سوخت های تجدیدپذیر دو چندان می شود.

نگرانی دیگر، تاثیرات خودروهای ICE روی کیفیت هوا است که با ظهور استاندارد سختگیرانه Euro 7 (پس از Euro 5 و China 6) و وضع الزامات سختگیرانه آلاینده ها و همچنین نگاه جامع تر به دیگر قسمت های تاثیر گذار در مسئله آلودگی هوا جدای از گازهای خروجی از اگزوز (برای مثال تایر ها و ترمز)، تا حدی مرتفع می شود.

باید در نظر داشت که فاکتورهای متعددی در اینکه کدام سناریو سوخت در آینده مورد پذیرش قرار گیرد وجود دارد. در هر حال اتخاذ هر یک از آنها، تاثیرات زیادی در موضوع طراحی خودروها و به تبع آن روانکارهای مورد نیاز خواهد داشت.

جدیدترین وبینار شرکت Lubrizol با عنوان «آینده سوخت» در هفدهم ماه ژوئن سال ۲۰۲۱ برگزار شد. آنچه بیش از گذشته در این گونه رویدادهای دنیای مدرن مشهود است پرداختن به پیشرفت های تکنولوژی روز در راستای توسعه پایدار یا «Sustainability» است که تاثیرات آن نه فقط به صورت کیفی، بلکه به صورت کمی اندازه گیری می شود. مطالبی که در این وبینار بررسی و ارائه شد بدین شرح خلاصه می شود:

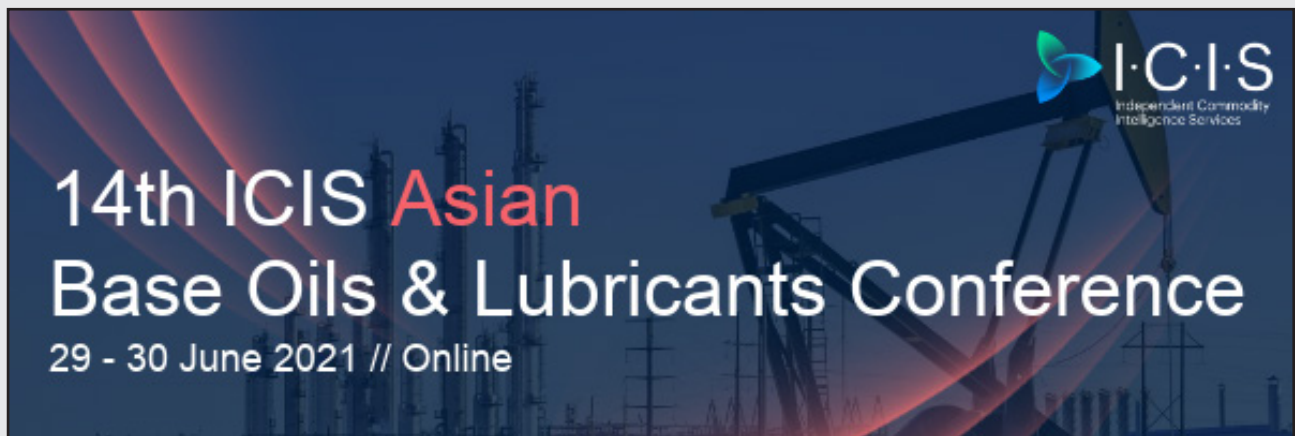
«اتحادیه اروپا، رسیدن به هوای پاک و عاری از کربن (climate-neutral) تا سال ۲۰۵۰ را به عنوان ضروری ترین مأموریت دنیا معرفی کرده و آن را جزو اصلی ترین تعهدات توافق نامه پاریس در نظر گرفته است. در این تعهد، مقرر گردیده تا اواسط قرن ۲۱، میزان کربن ناشی از گازهای گلخانه ای و سوخت های فسیلی به صفر کاهش یابد. بر این اساس مهمترین چالش پیش رو، توقف مصرف سوخت های فسیلی است که مهمترین جایگزین آن سوخت های تجدیدپذیر شامل سوخت های بیولوژیکی یا همان Biofuel یا Biomass و سوخت های هیدروکربنی سنتزی یا همان Powerfuel هاست، هر چند راهکار دیگر در حوزه حمل و نقل، استفاده از باتری های الکتریکی به جای سوخت است. نکته قابل توجه این است که ظهور خودروهای الکتریکی تاثیر کندتری در مقوله کاهش گازهای گلخانه ای نسبت به سوخت های تجدیدپذیر دارد که علت اصلی آن زمان بر بودن ایجاد زیرساخت ها و همینطور جایگزینی



Lubrizol

The future of fuel

تازه‌های چهاردهمین کنفرانس آسیایی ICIS ژوئن ۲۰۲۱



تفاوت‌های سخت‌افزاری و روانکاری شفت‌های الکتریکی در مقایسه با شفت‌های معمولی پرداخت. در این ارائه همچنین به محدودیت آزمون خوردگی مس (ASTM D130) در برآورد میزان خوردگی این شفت‌ها و معرفی آزمون جدید خوردگی سیم (Wire corrosion) اشاره شد. مدیر بخش افزودنی‌های صنعتی شرکت Lubrizol نیز به بیان دغدغه‌های فعالین بازار روانکارهای هیدرولیکی در سه حوزه‌ی برآورده کردن نیاز مشتری، غلبه بر رقبا در بازار و کسب سود بیشتر پرداخت و در انتها گزارش تفصیلی از تحولات مربوط به OEM های خودروهای الکتریکی در جهان و چین توسط نماینده‌ی شرکت مشاوره McKinsey & Company ارائه شد. رشد منفی ۱۶ درصدی بازار خودروهای الکتریکی در چهار ماه ابتدایی سال ۲۰۲۱ و برنامه‌های متفاوت اقتصادی دولت‌های جهان برای سرمایه‌گذاری در حوزه‌ی خودروهای الکتریکی از نکات جالب توجه این گزارش بود.

چهاردهمین کنفرانس آسیایی ICIS هشتم تا نهم تیرماه امسال به صورت مجازی و رایگان برگزار شد که خبر برگزاری آن نیز در وب سایت شرکت افزون روان اعلام شد. در این کنفرانس سخنرانانی از تیم ICIS - Global refinery، شرکت‌های Lubrizol و McKinsey & Company به ارائه مطالبی پیرامون وضعیت بازار روغن پایه‌ها، روغن‌های هیدرولیک، روانکارها و خودروهای الکتریکی پرداختند. در این همایش، مشاور ارشد تیم Global refinery شرکت ICIS، اطلاعاتی در زمینه‌ی تغییرات قیمت روغن پایه‌ها در آسیا بین سال‌های ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۱، وضعیت تامین و تقاضا برای روغن پایه‌ها در قاره آسیا و جهان، تاثیر کاهش تولید روغن پایه‌ها در آینده‌ی بلندمدت این بازار و پیش‌بینی وضعیت بازار در دوران پسا کرونا ارائه داد. در بخش دیگری از کنفرانس، مدیر بخش توسعه‌ی Driveline شرکت Lubrizol به



روانکارهای صنعتی و حرکت به سمت سیالات هیدرولیک فاقد روی^۱



● حجم مخازن سیال هیدرولیک کوچکتر

موارد ذکر شده باعث می شوند تا سیال هیدرولیک فرصت کمتری را برای مقابله با اثرات مخرب از جمله گرما، فشار، هوا، آب و آلودگی های ایجاد شده در سیستم داشته باشد. لذا با در نظر گرفتن پیشرفت سریع سخت افزار سیستم های هیدرولیک در عصر حاضر دیگر نمی توان قیمت را تنها عامل موثر در انتخاب یک سیال هیدرولیک دانست. نیازهای ایجاد شده در سال های اخیر برای "اطمینان بیشتر" و "بهره وری بالاتر" توجه ها به سمت استفاده از سیالات بدون روی را بیشتر از پیش جلب کرده است و این عوامل حتی بیشتر از مزایای "زیست محیطی" این سیالات مورد توجه قرار گرفته اند که در ادامه به این موارد پرداخته خواهد شد.

دلایل استفاده از سیالات فاقد روی

ایجاد لجن

همان طور که در فصلنامه تابستان ۱۳۹۳ در مقاله مواد افزودنی فشارپذیر آمده است؛ ترکیبات ZDDP با تشکیل لایه های محافظ روی سطح فلز از تماس مستقیم فلز- فلز جلوگیری می نمایند. همچنین از آنجاییکه این ماده شیمیایی خاصیت ضد اکسیداسیونی نیز دارد؛ در فرمولاسیون روغن های زیادی مورد استفاده قرار می گیرد.

با این حال طراحان فرمولاسیون همواره برای استفاده از ZDDP به عنوان آنتی اکسیدانت و ضدسایش بر سر دوراهی هستند. دلیل این امر اینست که خاصیت ضدسایش ماده ZDDP با پایداری حرارتی آن رابطه معکوس دارد، در صورتیکه خاصیت ضد اکسیداسیونی آن وابسته به خصوصیات پایداری حرارتی است. همچنین باتوجه به اینکه

مقدمه

روغن های هیدرولیک برای تامین نیازهای مختلفی از جمله انتقال انرژی، جلوگیری و کاهش سایش سطح فلز، جلوگیری از اکسیداسیون، معلق نگه داشتن لجن، جلوگیری از تجمع اسیدهای خورنده، کاهش کف و جدپذیری مناسب آب از روغن در طیف گسترده ای از شرایط عملکردی مورد استفاده قرار می گیرند. طراحان فرمولاسیون و تولیدکنندگان برای تامین نیازهای نام برده، با استفاده از روغن پایه و افزودنی های مختلف انواع مختلفی از سیالات هیدرولیک را طراحی و تولید می کنند. سیالات هیدرولیک دومین بازار بزرگ را بعد از روغن های فرایند تشکیل می دهند و پیش بینی می شود رشد میزان مصرف این سیالات ادامه داشته باشد. بخشی از این رشد مربوط به توسعه در ماشین آلات هیدرولیک ساختمانی و راهسازی است و بخش دیگر آن ناشی از افزایش تنوع محصولاتی است که می تواند از سیستم های کنترل توربین بادی تا صنایع نساجی را شامل شود.

در طول سه دهه گذشته و بخصوص در چند سال اخیر، مشخصات فنی سیالات هیدرولیک به تدریج تکامل یافته اند. تکامل تدریجی و افزایش سطح کارایی این سیالات، ناشی از محدودیت هایی است که نیازهای جدید سیستم های هیدرولیک، مقررات زیست محیطی، کاهش حجم سیال هیدرولیک و مسائلی از این دست به وجود آورده اند. با ساخت هر نسل جدیدی از تجهیزات، سطوح کارایی بالاتری برای روغن هیدرولیک در نظر گرفته می شود. از مهمترین این عوامل می توان موارد زیر را برشمرد:

- افزایش توان سیستم هیدرولیک علیرغم کاهش ابعاد و اندازه های قطعات
- حرکت به سمت بهره وری بالاتر
- شرایط سخت تر عملیاتی از لحاظ دما و فشار بالاتر



سمیرا جوادیان فرد

مسئول توسعه بازار

حضور کف در روغن

هیدرولیک منجر

به ایجاد هوای

پایدار در سیستم

می شود. زمانی که

این حباب های هوا

در حال عبور از پمپ

هستند افزایش

فشار ناگهانی باعث

کاهش حجم این

حباب ها می شود که

به دنبال آن افزایش

دما در حباب ایجاد

می گردد. با توجه به

اینکه این حباب ها

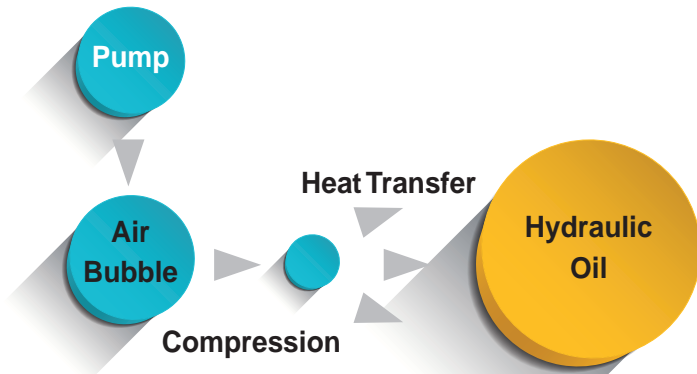
در ارتباط مستقیم

با سیال هیدرولیک

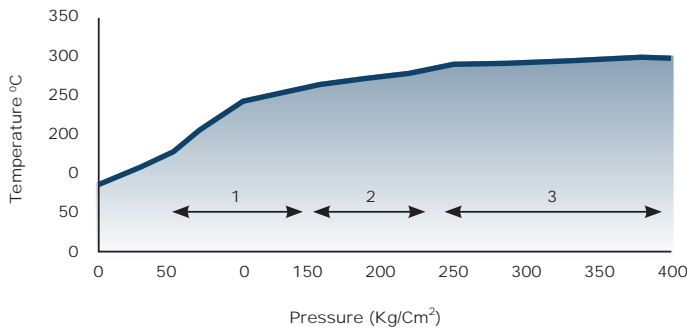
هستند در نتیجه

دمای روغن نیز

افزایش می یابد



شکل شماره ۱: فشرده سازی حباب هوا توسط پمپ



شکل شماره ۲: تاثیر فشار پمپ بر روی دمای حباب هوا به اندازه ۲۰۰ میکرون

پایداری حرارتی ترکیب ZDDP وابسته به ساختار شاخه جانبی آن است، طراحان فرمولاسیون با تغییر جرم مولکولی ترکیبات از طریق بهینه کردن شاخه جانبی، سعی بر ایجاد تعادلی بین خصوصیات ضد اکسیداسیونی و ضدسایشی این ماده دارند.

در سال های اخیر دو تغییر گسترده در طراحی و ساخت سیستم های هیدرولیک ایجاد شده است که این دوراهی را بیش از پیش تشدید کرده است و مناسب بودن سیالات هیدرولیک همراه با (ZDDP) را برای کاربردهای مختلف زیر سوال برده است. اولین تغییر مربوط به گرایش بازار برای استفاده از سیستم های هیدرولیکی کاربر پسند بوده است. این گرایش به ساخت روغن هایی با طول عمر بالاتر و به دنبال آن ساخت تجهیزاتی که نیاز به تعمیر و نگهداری کمتر دارد، منجر شده است. دومین تغییر عمده ایجاد شده، تمایل به ساخت تجهیزات فشرده تر و کوچک تر هیدرولیکی است. این گرایش منجر به ادغام پمپ های کوچک با فشار عملکردی بالا در تجهیزات هیدرولیک شده است و در نتیجه این تجهیزات تحت فشار و دمای بالاتری کار می کنند. با افزایش فشار عملکردی پمپ، امکان بروز پدیده کاویتاسیون در پمپ^۲ وجود دارد که این پدیده می تواند باعث کف کردگی^۳ زیاد در سیستم شود.

حضور کف در روغن هیدرولیک منجر به ایجاد هوای پایدار در سیستم می شود. زمانی که این حباب های هوا در حال عبور از پمپ هستند افزایش فشار ناگهانی باعث کاهش حجم این حباب ها می شود که به دنبال آن افزایش دما در حباب ایجاد می گردد. با توجه به اینکه این حباب ها در ارتباط مستقیم با سیال هیدرولیک هستند در نتیجه دمای روغن نیز افزایش می یابد. این موضوع بطور شماتیک در شکل شماره ۱ نشان داده شده است.

در شکل شماره ۲، محدوده های مشخص شده در شماره های ۱، ۲، ۳ به عنوان محدوده فشارهای عمومی در کاربردهای زیر هستند:

- ۱ ماشین آلات هیدرولیک
- ۲ دستگاه های قالب گیری تزریقی
- ۳ ماشین آلات راه سازی هیدرولیکی و تجهیزات سنگین

با ساخت هر نسل جدیدی از تجهیزات، سطوح کارایی بالاتری برای روغن هیدرولیک در نظر گرفته می شود

۲. پدیده کاویتاسیون عبارت است از تشکیل حباب های گاز در قسمت مکش پمپ، ورود حباب ها به درون پروانه و پوسته و ترکیب حباب ها در اثر افزایش فشار، آزاد شدن انرژی و بروز خرابی در قطعات پمپ

3. Foaming





نگرانی از آلودگی زیست محیطی ZDDP در سیالات هیدرولیک بخصوص در منابع حاکی و آبی بسیار جدی است.

ضد سایشی ضروری است، ولی کاهش سریع آن در مجموع تاثیر منفی بر عملکرد ضدسایشی می گذارد.

$ZnSO_4$ یکی از محصولات حاصل از تجزیه ZDDP است. این ماده در روغن هیدرولیک نامحلول است که طبیعتاً باعث ایجاد لجن می شود. تشکیل لجن در عملکرد سیستم هیدرولیک تاثیر گذار است و منجر به مشکلات زیادی از جمله عملکرد نامناسب فیلترها و شیرآلات هیدرولیک، بالارفتن دمای عملیاتی، ایجاد کاپیتاسیون در پمپ و نهایتاً افزایش سایش و استهلاک قطعات فلزی سیستم هیدرولیک می شود. از آنجایی که معلق نگه داشتن ذرات لجن در روغن بسیار دشوار است، بهتر است، از ابتدا از تشکیل آن جلوگیری شود. با توجه به تمامی دلایل گفته شده، کاهش تشکیل لجن در سیستم های هیدرولیک یکی از اهداف اصلی فرمولاتورها و سازندگان اصلی تجهیزات⁴ است.

عوامل زیست محیطی

به طور کلی عنصر روی، ترکیب دوستدار محیط زیست در نظر گرفته نمی شود زیرا می تواند یک عامل مسمومیت زا باشد. بر اساس کتاب «کاهش اثرات محیط زیستی روانکارهای نفتی⁵» بیش از ۳۰ درصد روانکارها به محل دفن زباله راه پیدا می کنند و یا به صورت مستقیم دور ریخته می شوند. هدر رفت سیالات هیدرولیکی بین ۷۰ تا ۸۰ درصد است که اکثراً به دلیل نشتی و خرابی تجهیزات اتفاق می افتد. تقریباً ۵۰ درصد تمام روانکارها به محیط زیست برمی گردند و در نتیجه می توانند خاک، هوا، آب های سطحی، آب های زیر زمینی و آب های آشامیدنی را آلوده کنند.

بنابراین محدوده فشارهای عملیاتی در تجهیزات راهسازی هیدرولیکی بین ۲۲۰ تا $\frac{Kg}{Cm^2}$ ۳۸۰ می باشد. این فشار موجب ایجاد دمای محدوده $260^{\circ}C$ تا $300^{\circ}C$ می شود. این محدوده دمایی تهدیدی جدی برای ساختار ZDDP محسوب می شود. جدول زیر تجزیه این ماده شیمیایی بر اساس افزایش دما را نشان می دهد:

۳۰۰	۲۵۰	۲۰۰	دما
۵۶/۶	۴۷	۲/۴	درصد تجزیه ZDDP

همان طور که در جدول مشخص شده است، انسجام ساختار ZDDP بسیار به دما وابسته است. همچنین عملکرد ضدسایشی و ضد اکسیداسیونی این ماده به غلظت آن نیز وابسته است و در دماهای مختلف متفاوت است. بنابراین در سیستم های هیدرولیک تجهیزات سنگین - جایی که حباب هوا موجب رسیدن دمای روغن به ۳۰۰ درجه می شود - درصد بالایی از ZDDP تخریب و مصرف می شود. اگر چه تجزیه ZDDP برای تسهیل عملکرد

پایداری حرارتی ZDDP وابستگی شدیدی به دمای سیال هیدرولیک دارد هنگامی که دمای سیال از ۲۰۰ به ۲۵۰ درجه سانتی گراد برسد میزان درصد تجزیه این ماده شیمیایی حدود ۲۰ برابر افزایش می یابد

4.OEM

5.Mitigating Environmental Impact of Petroleum Lubricants (Madanhire and Mbohwa, 2016)

از مضرات استفاده از افزودنی‌های بر پایه روی می‌توان به خوردگی فلزات زرد مانند مس و برنج اشاره نمود. لذا در سیستم‌های هیدرولیک که از فلزات زرد استفاده شده است کاربرد این سیالات به هیچ عنوان توصیه نمی‌شود

سولفات روی یکی از محصولات حاصل از تجزیه ZDDP است. لذا سازندگان ترکیبات افزودنی معتبر در دنیا به این نکته توجه ویژه دارند تا به ماده ای مناسب جهت جایگزینی ZDDP در ساخت روغن هیدرولیک برسند

یک ترکیب ضد اکسیداسیون و ضدسایش قوی محسوب می‌شود برای انتخاب ماده افزودنی جایگزین باید دقت ویژه و تخصص بالایی را بکار بست؛ سازندگان ترکیبات افزودنی معتبر در دنیا به این نکته توجه ویژه دارند تا به ماده ای مناسب جهت جایگزینی ZDDP در ساخت روغن هیدرولیک برسند.

نتیجه گیری

سیالات هیدرولیک غالباً به عنوان حیاتی ترین بخش یک سیستم هیدرولیک در نظر گرفته می‌شوند. ماشین‌ها باید بتوانند برای صدها و حتی هزاران ساعت با اطمینان در گرما، سرما، شرایط خیس یا خشک به کار خود ادامه دهند. بزرگترین خسارتی که به کاربر نهایی وارد می‌شود بابت کاهش زمان کارکرد یا عمر مفید تجهیزات هیدرولیک است که به دلیل کیفیت سیال اتفاق می‌افتد. سیالات ارزان قیمت و یا نامناسب نمی‌توانند از تجهیزات به درستی محافظت کنند و در نتیجه قطعات زودتر از موعد فرسوده می‌شوند و نیاز به تعویض پیدا می‌کنند. البته باید در نظر داشت فقط تولیدکنندگان و فروشندگان سیالات هیدرولیک نیستند که از انتخاب سیال صحیح نفع می‌برند بلکه تولیدکنندگان تجهیزات (OEM) نیز به واسطه کاهش سایز سیستم‌های هیدرولیک و افزایش توان خروجی این سیستم‌ها همواره در معرض چالش خرابی محصولات و متحمل شدن تعهدات ضمانت کارکرد قطعات خود قرار دارند و لذا انتخاب سیال هیدرولیک با کیفیت برای آنها نیز مهم است.

ناسازگاری با فلزات زرد

از مضرات استفاده از افزودنی‌های بر پایه روی می‌توان به خوردگی فلزات زرد مانند مس و برنج اشاره نمود. لذا در سیستم‌های هیدرولیک که از فلزات زرد استفاده شده است کاربرد این سیالات به هیچ عنوان توصیه نمی‌شود.

طراحی فرمولاسیون روغن‌های هیدرولیک فاقد روی

اهداف کلی از طراحی فرمولاسیون روغن‌های هیدرولیک فاقد ترکیب ZDDP به شرح زیر است:

- کاهش تشکیل لجن
 - ارائه خصوصیات ضدسایش معادل یا بهتر از خصوصیات ضدسایش ZDDP
 - تامین خاصیت ضد اکسیداسیونی معادل ZDDP
 - افزایش حداقل دوبرابری کارکرد سیالات فاقد روی نسبت به سیالات حاوی افزودنی ZDDP
- در اواسط دهه نود میلادی دو پیشنهاد عمده برای حل معضل ایجاد رسوبات لجنی شکل در سیستم‌های هیدرولیک مطرح بود:
- 1) بهبود روغن‌های هیدرولیک حاوی ZDDP از طریق جلوگیری از تشکیل رسوب با به کارگیری معلق کننده بهتر و یا جایگزینی معلق کننده با غلظت بالاتر
 - 2) استفاده از ترکیبات ضدسایش فاقد روی و ساخت روغن هیدرولیک با خاصیت ضد اکسیداسیون خوب
- پس از مطالعات اولیه، اولین روش پیشنهادی مورد تایید قرار نگرفت زیرا ساخت روغن هیدرولیک با غلظت بالای معلق کننده و یا طراحی یک معلق کننده جدید ممکن است در کوتاه مدت از تشکیل رسوب جلوگیری کند ولی با توجه به اینکه ترکیبات معلق کننده در حین کارکرد روغن مصرف می‌شوند، معلق سازی ترکیبات رسوب کننده برای مدت طولانی عملاً امکان پذیر نیست. علاوه بر این، ساخت روغن هیدرولیک با غلظت بالای معلق کننده پرهزینه و گران است. با توجه به دلایل گفته شده، گزینه دوم مورد تایید و در دستور کار قرار گرفت. البته توجه به این نکته ضروری است که حذف ZDDP مزایای متعددی مانند حذف کامل رسوبات لجنی شکل را دارد ولی از آنجایی که این ماده



تماس مستقیم ماشین آلات هیدرولیک با منابع آب و خاک میتواند باعث نشت آلاینده های روانکار به محیط زیست شود.

بهبود طراحی انتقال دهنده های اتوماتیک و سیالات آنها



اتوماتیک^۱ (AMT):

جعبه دنده های AMT در حقیقت یک راه حل میانبر برای رسیدن به یک سیستم جعبه دنده اتوماتیک با کمترین هزینه است. این سیستم از این جهت به عنوان راه حل میانبر در نظر گرفته می شود که مزایای جعبه دنده های دستی را در کنار راحتی جعبه دنده های اتوماتیک به صورت یک جا عرضه می کند در حالی که در دسرهای تعویض دنده در جعبه دنده های دستی و هزینه بالای سیستم های اتوماتیک را ندارد. در این نوع، اجزای مختلف سیستم انتقال قدرت دستی شامل جعبه دنده و کلاچ حفظ می شوند و از این جهت شباهت زیادی به سیستم های دستی دارند اما کنترل کارکرد این دو بخش بر عهده یک سیستم کامپیوتری است که می تواند بدون دخالت راننده کار کند و به این ترتیب می توان آن ها را جزو سیستم های اتوماتیک طبقه بندی کرد. در واقع می توان گفت سیستم های AMT انتقال دهنده های دستی هستند که از سروو^۲ به منظور درگیری کلاچ ها استفاده می کنند و دنده ها به صورت خودکار تغییر می کنند. از این نوع جعبه دنده ها بیشتر در خودروهای ارزان قیمت بهره می برند.

۱-۳ انتقال دهنده های متغیر پیوسته^۳ (CVT):

در انتقال دهنده های اتوماتیک CVT از پولی هایی^۴ با قطر متغیر استفاده می شود که عملاً می توانند تغییر پیوسته ای در نسبت دنده ها ایجاد کنند (مفهوم نسبت دنده بینهایت از همینجا سرچشمه می گیرد). در جعبه دنده های CVT کلیه ی چرخ دنده ها حذف شده و به جای آن یک پولی به محور محرک یا همان موتور و یک پولی به محور متحرک یا همان محور چرخ ها متصل شده و این دو پولی توسط یک تسمه به یکدیگر متصل هستند.

مقدمه

روانکار های مناسب برای انتقال دهنده های اتوماتیک خودرو در کاربردهای مختلف استفاده می شوند که بخش عمده ی آن انتقال دهنده اتوماتیک در خودروهای سواری، اتوبوس یا وسایل نقلیه تجاری سنگین و وسایل نقلیه آفرود است. بهبود طراحی های انتقال دهنده های اتوماتیک همزمان با نیاز بازار به منظور کاهش مصرف سوخت و انتشار گازهای مضر موجب شد تا روانکار های جدید با خواص بهبود یافته با طول عمر تعویض طولانی تر تولید شوند. [۱]

۱ انواع انتقال دهنده خودرو و ساختار:

برای مقایسه ی سیالات های مختلف انتقال قدرت بهتر است نحوه ی عملکرد هر کدام در ابتدا بررسی گردد؛ با درک اختلاف مکانیکی ابزارهای مختلفی که برای انتقال استفاده می شود و بحث در اجزایی که برای ساخت روانکار های مختلف بکار می رود می توان به مقایسه ی آن ها پرداخت.

۱-۱ انتقال دهنده های اتوماتیک متداول^۱ (AT)

سیستم های انتقال قدرت اتوماتیک این روزها تنوع بسیار زیادی دارند اما شکل سنتی آن ها که سال ها است در خودروها مورد استفاده قرار می گیرد شامل بخشی به نام مبدل گشتاور برای انتقال قدرت از موتور به جعبه دنده و یک سیستم جعبه دنده سیاره ای برای درگیر کردن خودکار دنده های مختلف است. این سیستم هر چند کارآیی خود را سال ها به نمایش گذاشته اما به دلیل قیمت بالا، فضای زیادی که اشغال می کند و البته اتلاف بخشی از انرژی در سیستم مبدل گشتاور، ضعف هایی در مقابل سیستم های انتقال قدرت دستی از خود نشان می دهد.

۱-۲ انتقال دهنده های دستی



د. سحر وحیدی
کارشناس مهندس فروش

بهبود طراحی های انتقال دهنده های اتوماتیک همزمان با نیاز بازار به منظور کاهش مصرف سوخت و انتشار گازهای مضر موجب شد تا روانکار های جدید با خواص بهبود یافته با طول عمر تعویض طولانی تر تولید شوند



انتقال دهنده DCT



انتقال دهنده CVT

نیمه خودکار هم وجود دارد تا مانند بازی های ویدئویی با فشار اهرم های پشت فرمان به راحتی دنده تعویض شود. میانگین تعویض دنده حدود ۸ میلی ثانیه است که از هر نوع دیگر جعبه دنده سریع تر است. شتاب گیری با خودروهای مجهز به DCT بسیار لذت بخش و بدون تکان شدید است که سواری را برای سرنشینان، راحت تر می کند. اما شاید جذاب ترین مزیت آن برای خریداران خودرو، مصرف سوخت بهینه تر باشد. به دلیل اینکه جریان انتقال قدرت در خودروهای مجهز به DCT مداوم است، مصرف سوخت به طور قابل توجهی کمتر شده است. در واقع یک جعبه دنده ۶ سرعته ی DCT در برابر نوع دستی ۵ سرعته، حدود ۱۰ درصد سوخت کمتری مصرف می کند.

هر کدام از این پولی ها دارای دو مخروط هستند که با نزدیک و دور شدن به یکدیگر باعث افزایش یا کاهش قطر پولی مورد نظر می شوند و در نتیجه زمانی که قطر محور محرک کوچک می شود قطر محور متحرک بزرگ می شود و بالعکس. در چنین شرایطی متوجه خواهیم شد که با تغییر قطر دو پولی، در هر لحظه ضریب دنده تغییر می کند و از همین رو می توان از نظر فنی گفت که میزان ضریب دنده جعبه دنده های CVT بینهایت است چرا که در هر لحظه برای ایجاد بهترین شرایط، قطر این دو پولی در حال تغییر است و هزاران ضریب دنده مختلف ایجاد می شود. هزینه نگهداری این نوع جعبه دنده ها نسبتا بالا است و نیاز به استفاده از روغن های خاص و گران قیمت دارند. البته نرمی بیش از حد در حین کارکرد و ثابت ماندن دور موتور برای برخی رانندگان دلپذیر است اما از آنجا که هیچ حسی از تعویض دنده به راننده نمی دهند برای رانندگان اسپرت دلچسب نیستند. این نوع جعبه دنده ها برای اولین بار توسط شرکت معروف نپسان مورد استفاده قرار گرفتند. سیال انتقال CVT از اصطکاک فلز با فلز در نقاط تماس تسمه و پولی جلوگیری می کند.

دو نوع سیستم DCT وجود دارد:

● **DCT خشک^۷:**

در مواردی استفاده میشود که میزان گشتاور تا ۲۵۰ نیوتن - متر محدود شده است.

● **DCT غوطه ور (تر)^۸:**

این سیستمها در مواردی کاربرد دارند که با گشتاورهای خیلی بالا سروکار داریم و باید اتلاف گرما و کارایی اصطکاکی بهبود داده شوند. همچنین در موتورهای بسیار کوچک که اتلاف انرژی مساله بسیار مهمی است از این سیستمها استفاده می شود.

● **۲) مروری بر ویژگی سیال های متفاوت انتقال و استانداردهای آنها:**

در ادامه به ویژگی های مورد نیاز سیال های ذکر شده در انواع سیستم های انتقال می پردازیم.

از آنجا که مکانیزم های مختلف سایش و اصطکاک موجود در جعبه دنده باعث افت قدرت کشش خودرو می شوند بسیاری از طراحان سیستم های جعبه دنده به سیالات با ویسکوزیته پایین تر روی آورده اند

۱-۴ انتقال دهنده های با کلاچ دو گانه^۶ DCT

انتقال دهنده ی اتوماتیک DCT از ساختار جعبه دنده دستی با دو کلاچ استفاده می کنند. جعبه دنده های دو کلاچه نوع جدیدی از جعبه دنده ها هستند که به صورت نیمه خودکار عمل می کنند. در سیستم جعبه دنده دو کلاچه یا DCT، از دو کلاچ مستقل برای اتصال و قطع نیرو استفاده می شود؛ یکی از کلاچ های به کار رفته در این سیستم وظیفه درگیر شدن با چرخ دنده های فرد جعبه دنده را به عهده دارد و دیگری چرخ دنده های زوج جعبه دنده را کنترل می کند. به طور کلی می توان گفت سیستم های جعبه دنده دو کلاچه یا DCT به جعبه دنده های دستی شبیه تر هستند با این تفاوت که در جعبه دنده های دستی یا معمولی جریان انتقال نیرو همیشگی نیست و راننده برای تغییر ضریب دنده باید جریان نیرو را قطع کند اما در جعبه دنده دو کلاچه، صفحات هیدرولیکی کلاچ به صورت پشت سر هم فعال می شوند و اجازه نمی دهند جریان نیروی منتقل شده به چرخ متوقف شود؛ از همین رو در خودروهایی که از جعبه دنده دو کلاچه بهره می برند پدال کلاچ مشاهده نمی شود. در سیستم های DCT علاوه بر تعویض دنده ی سریع و اتوماتیک، امکان تغییر آن به حالت

۲-۱ سیال های انتقال دهنده دستی:

مشخصه مهم این سیال محافظت از بلبینگ و دنده بعلاوه ارائه خواص ضد سایشی برای هماهنگ کننده های دور^۹ است. محافظت دنده و بلبینگ در برابر سایش، با توازن مواد افزودنی ضد سایش و ضد فشار به دست می آید. به طریق مشابه، میزان مناسب و متوازنی از مواد افزودنی اصلاح کننده خواص اصطکاکی می تواند نیازهای اصطکاکی هماهنگ کننده های دور را به وجود آورد.

از آنجا که مکانیزم های مختلف سایش و اصطکاک موجود در جعبه دنده باعث افت قدرت کشش خودرو می شوند بسیاری از طراحان سیستم های جعبه دنده به سیالات با ویسکوزیته پایین تر روی آورده اند. طبیعی است کاهش ویسکوزیته سیال، موجب کاهش ضخامت لایه روانکار می گردد که این امر نقش مواد افزودنی خاص با کارایی بالاتر برای حفظ دنده ها و یاتاقان ها در برابر استهلاک و فرسودگی ناشی از سایش را برجسته تر می کند.

به طور کلی سطوح کیفیت و کارایی سیالات انتقال اتوماتیک و مشخصات عملکردی آنها توسط استانداردهای طراحان و سازندگان انتقال دهنده های اتوماتیک یا وسایل نقلیه تعیین می گردد

۲-۵ استانداردها:

به طور کلی سطوح کیفیت و کارایی سیالات انتقال اتوماتیک و مشخصات عملکردی آنها توسط استانداردهای طراحان و سازندگان انتقال دهنده های اتوماتیک یا وسایل نقلیه تعیین می گردد. این استانداردها مراحل صدور تأییدیه برای کاربردهای مختلف را نیز تعیین می کنند.

طراحی های ویژه ی انتقال دهنده های اتوماتیک خودرو باعث تفاوت میان استاندارد سازنده های مختلف است. بین استانداردهای انجمن های سازندگان خودرو اروپایی (OEM) و آمریکایی نیز تفاوت وجود دارد. سازندگان آمریکایی انتقال دهنده های اتوماتیک خودرو تاکید بر کیفیت روانکار در خودروهای سواری دارند در حالی که سازندگان اروپایی روانکارهایی با کیفیت بالا برای انتقال دهنده های اتوماتیک در وسایل نقلیه تجاری تولید می کنند.

استاندارد سازندگان آمریکایی عبارتند از:

- DEXRON[®]
 - MERCON[®]
 - ALLISON C-4
 - CATPILLAR TO-4
- استاندارد سازندگان اروپایی عبارتند از:
- Mercedes Benz (Daimler AG) MB Blatt 236
 - MAN 339
 - ZF
 - VOITH G 607
 - RENK

این استانداردها به طور گسترده ویژگی های عملکرد ATF را پوشش می دهند. به طور کلی این استانداردها به دو دسته ی ”پرشدن در کارخانه^{۱۱}” و ”تعویض به هنگام سرویس^{۱۲}” تقسیم می شوند. در مقاله حاضر فقط ویژگی های تعویض سرویس مورد بررسی قرار می گیرد.

بیشترین تأثیر در کیفیت سیالات ATF توسط شرکت های تولید کننده ی مشهور اتومبیل در ایالات متحده مانند جنرال موتورز (GM) و فورد ایجاد شده است که شناخته شده ترین آنها DEXRON[®] و MERCON[®] هستند. برخی سازندگان OEM نیز استانداردهای DEXRON یا MERCON را برای دوره های سرویس خودروهای خود توصیه می کنند. البته این مشخصات در گذر زمان بهبود یافته اند تا ویژگی های مورد نیاز مشتریان و طراحان را پوشش دهند. روند تکامل این استانداردها در جدول شماره یک قابل مشاهده است: [۳]

۲-۲ سیال های دنده اتوماتیک متداول:

سیالات ویژه دنده های اتوماتیک سیارهای از پیچیده ترین انواع سیالات دنده محسوب می شوند. در مبدل گشتاور باید نیرو را انتقال دهند، نقش سیال هیدرولیک را بازی کنند، برای دنده ها، یاتاقانها و کلاچ های تر روانکار باشند، حرارت ایجاد شده در اثر اصطکاک را به بیرون انتقال دهند و با بسیاری از مواد فلزی و غیرفلزی مورد استفاده در جعبه دنده ها سازگاری داشته باشند. همه این ویژگی ها باید در محدوده بسیار وسیع دمایی از ۴۰ تا ۱۸۰ درجه سانتیگراد بخوبی حفظ شوند.

۲-۳ سیال های انتقال دهنده کلاچ های دوگانه (DCT):

این سیال ها نیاز به عملکرد ترکیبی دارند در واقع آنها علاوه بر آنکه برای استفاده در دنده های دستی و هماهنگ کننده دور مناسب هستند باید در کلاچ های غوطه ور نوع AT نیز نقش خود را به خوبی ایفا کنند. به عبارت دیگر این سیالات باید کلیه ویژگی های سیستم های دستی و اتوماتیک را همزمان دارا باشند. فرمولاسیون سیال های DCT باید بتواند بخوبی از کلاچ ها محافظت کند و در عین حال در لحظه شروع به حرکت خودرو، نرمی حرکت را حفظ نماید. از سوی دیگر سیال DCT باید دوام بسیار خوبی در حفظ خواص ضد-لرزش^{۱۰} در طول عمر مفید (۲ میلیون تغییر دنده) داشته باشد. هماهنگ کننده های دور نیز، در صورت عملکرد اصطکاکی مناسب سیال های انتقال می توانند عملکرد بسیار نرمی بدون لغزش یا شوک داشته باشند.

۲-۴ سیال های انتقال دهنده تغییر پیوسته (CVT) چالشی که در طراحی فرمولاسیون سیال CVT وجود دارد

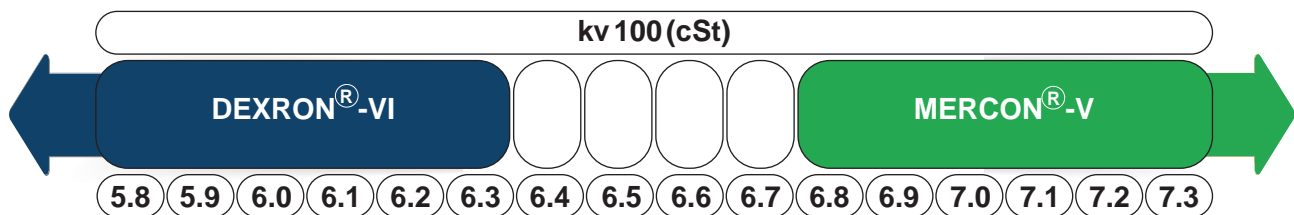
برای مشخصات مورد نیاز سیالات ATF وسایل نقلیه سنگین و خارج جاده، شرکت Allison Transmission متعلق به شرکت GM استاندارد Allison C را معرفی نمود که باطیف گسترده‌ای از کلاچ‌ها و آب بندها سازگار است. در جدول شماره ۳ سیر تحول این سطح کارایی ارائه شده است.

جدول شماره ۳ - مقایسه استاندارد سری Allison		
سال	نوع استاندارد	تغییرات
۱۹۵۳	Allison C	-
۱۹۵۹	Allison C1	زمانی که طراحی سیستم های انتقال دهنده تغییر یافت
۱۹۵۹	Allison C2	برای موارد سخت عملکردی
۱۹۷۷	Allison C3	اکسیداسیون و خواص اصطکاکی بهتر سازگاری بهتر با عایق‌ها
۱۹۸۹	Allison C4	در حال حاضر موجود است

در حال حاضر Allison 439-TSE را معرفی نموده است که سخت‌گیری‌های بسیاری برای اکسیداسیون و ویسکوزیته دارد. از سوی دیگر شرکت کاترپیلار سطح کارایی Caterpillar TO-4 را برای تعیین ویژگی‌های سیال انتقال دهنده در ماشین آلات سنگین معرفی نموده است.

جدول شماره ۱ - روند تکامل استانداردهای GM و FORD		
سال	نوع استاندارد	تغییرات بهبود یافته
۱۹۴۹	هر دو GM و Ford تایپ A سیال های انتقال را معرفی کردند.	-
۱۹۵۶	نوع GM تایپ A suffix را ایجاد کرد	-
۱۹۶۷	GM سیال های برند تجاری DEXRON را معرفی نمود.	-
۱۹۷۳	GM سیال های انتقال DEXRON II را ارائه داد.	تغییرات در اکسیداسیون، چرخه های اصطکاک، معرفی تست سایش و سایر تست های محافظت اصطکاکی
۱۹۸۷	Ford، برند تجاری MERCON را معرفی کرد	-
۱۹۹۰	GM سیال های انتقال خود را به DEXRON IIE ارتقا داد	اکسیداسیون بهتر، جریان پذیری بهتر در دمای پایین تر
۱۹۹۳	GM سیال های انتقال خود را به DEXRON III ارتقا داد	نقطه اشتعال بهتر، نقطه احتراق بهتر، خوردگی مس، مقاومت فوم، مقاومت اکسیداسیون و محافظت اصطکاکی طولانی تر
۱۹۹۶	Ford، سطح کارایی MERCON V را معرفی نمود	بهبود سایش، اکسیداسیون، خواص ویسکومتری و موارد مورد نیاز عملکرد اصطکاک
۲۰۰۵	GM سیال های انتقال خود را به DEXRON VI ارتقا داد	بهبود در خواص آنتی فوم، ضد سایش، برشی، پایداری اکسیداسیون و حرارتی

این نکته را باید در نظر گرفت که DEXRON-VI نمی تواند با MERCON V به صورت ترکیبی در نظر گرفته شود چرا که مطابق شکل شماره ۱ محدوده های ویسکوزیته ی آنها متفاوت است. همچنین جدول شماره ۲ پارامتر های مختلف در استاندارد های متداول برای شرکت های GM و FORD را مقایسه می کند.

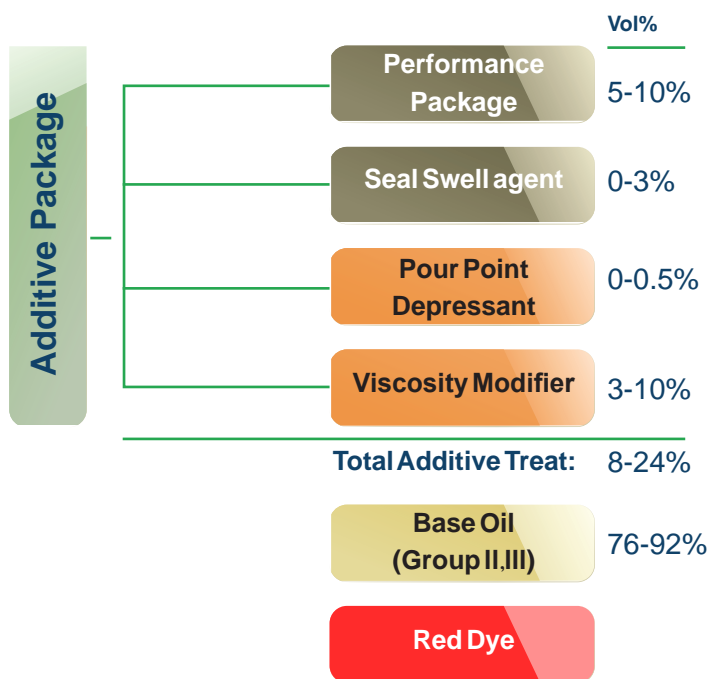


شکل شماره ۱ - تفاوت محدوده های ویسکوزیته DEXRON و MERCON

ZF و Voith تاییدیه هایی برای سیال هایی با کاربرد خاص ارائه داده اند. اما برای ماشین های سواری، هر دو شرکت ZF و Voith گواهی DEXRON و یا MERCON را بعلاوه ویژگی های مورد نیاز برای پایداری برشی ویسکوزیته و سایش الزامی دانسته اند. از سوی دیگر در حال حاضر اکثر سازنده های خودرو های اروپایی مصمم به استفاده از سیستم های DCT و CVT هستند. بطور مثال از شرکت هایی که در حال تست انواع CVT هستند می توان به

ZF اشاره نمود. BMW، Fiat، Ford، Honda، Nissan، Mercedes-Benz و Mitsubishi، Rover، Renault، Toyota، Volvo، VW

جدول شماره ۲ - مقایسه پارامتر های مختلف در استاندارد های متداول امروزی						
	100°C Viscosity	-40°C Brookfield	Shear Stability	Oxidation	Friction durability	Anti-Shudder durability
MERCON V	6.8 cSt min	13,000 CP max	6.0 cSt min (20hr KRL)	+	++	+
MERCON LV	6.2 cSt min	13,000 CP max	5.5 cSt min (20hr KRL)	++	+++	++
DEXRON VI	6.4 cSt min	15,000 CP max	5.5 cSt min (40hr KRL)	+++	+++	+



شکل ۲. اجزاء موجود در یک سیال ATF

جدول شماره ۴- ویژگی های یک سیال CVT	
Properties	Typical Values
Kinematic Viscosity at 100°C	~7.00 CST
Viscosity Index	~200
Brookfield at -40°C	< 9.000 CP
Shear Stability	<10% Shear Loss KV 100
Typical Elements	B,P,Ca (High level), Some have Zn or Mg
Cu Corrosion	1b
OXidation Stability	Exceed JASO 1A
4 Ball Extreme Pressure	Welding Load ~160 Kg Load Wear index ~30
JASO Anti-Shudder Durability	Durability less than 100 Hours
JASO Clutch Friction M348	MuD Change: ~10% Max. Mu0/MuD: 0.91-1.12 Min MuD: ~0.11
Steel on Steel (SOS) Friction	0.11-0.13 for NS-2 , TC , HCF-2 , Audi CVTF , ZF CVTF 0.09-0.11 for HMMF

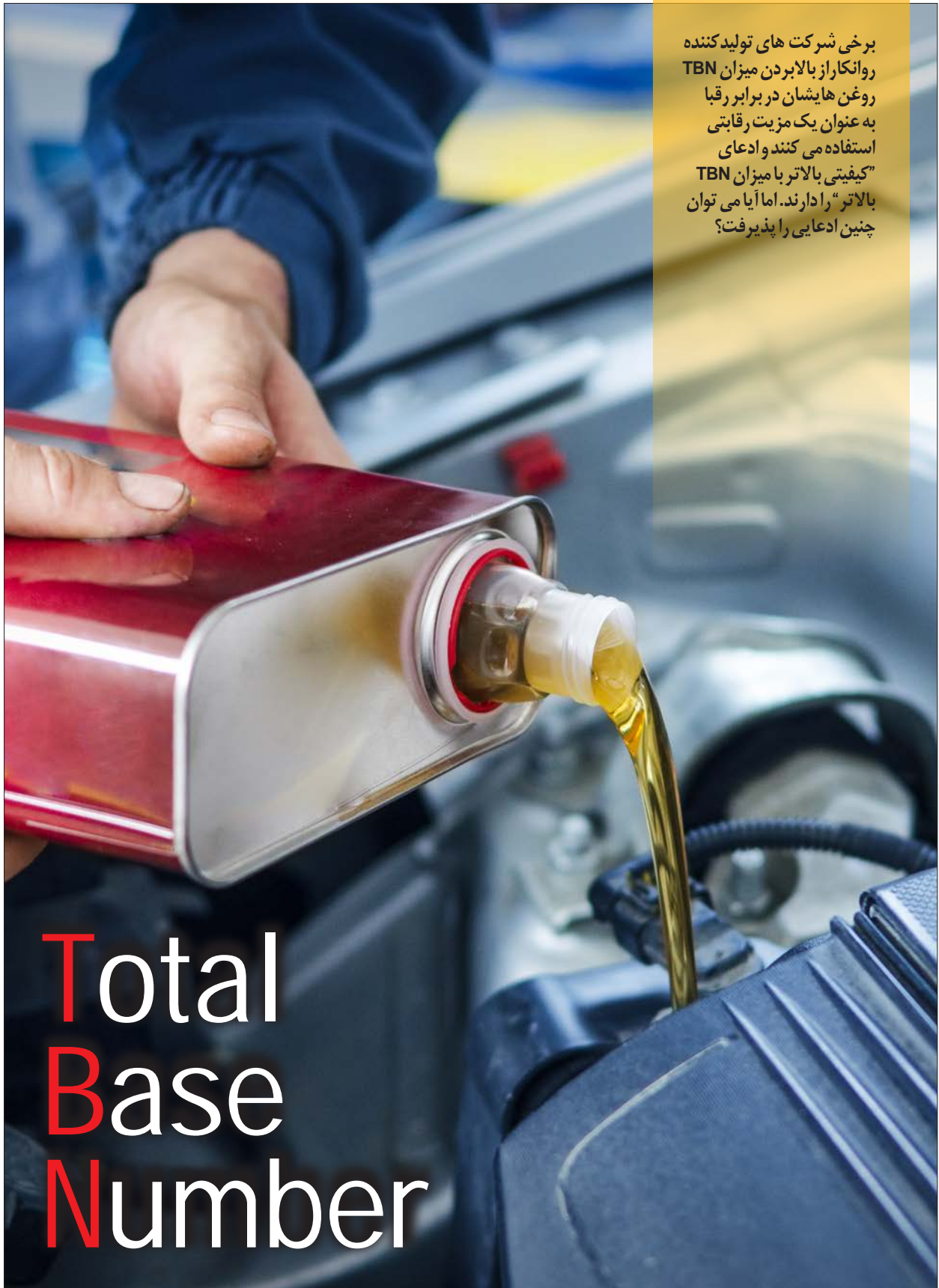
۳ فرمولاسیون سیالات انتقال اتوماتیک

به طور کلی حدود ۹۰٪ تمام سیالات انتقال را روغن پایه تشکیل می دهد و مابقی به مواد افزودنی تعلق دارد. انواع مواد افزودنی مانند بهبود دهنده های نقطه ریزش، بهبود دهنده پایداری برشی، بهبود دهنده ی شاخص گرانیروی (در صورت لزوم)، بهبود دهنده خواص فشار پذیری، ضد سایش، ضد اکسیداسیون، ضد خوردگی، ضد کف و متفرق کننده ها به کار می روند. [۴]



منابع:

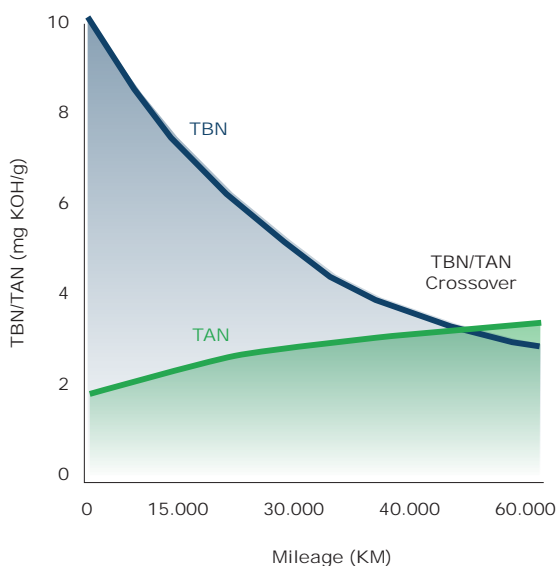
1. Effects of base components on automatic transmission fluid rheological characteristic, Tonca Caleta Prolic, Renata Petek Grahovac, Strucni rad/Professional Paper, 2008, 299-318.
2. Synthetics, Mineral Oils, and Bio-Based Lubricants handbook, Leslie R. Rudnick, page 457, 2013.
3. Developments in Lubricant Technology handbook, S. P. Srivastava, Chapter 11, Page 179, 2014.
4. Automatic transmission and driveline fluids, SAE Technical Paper 2007, Newcomb, T, Tipton, C, and inc, T.-C., 2007.



برخی شرکت های تولیدکننده روانکاراز بالا بردن میزان TBN روغن هایشان در برابر رقبا به عنوان یک مزیت رقابتی استفاده می کنند و ادعای "کیفیتی بالاتر با میزان TBN بالاتر" را دارند. اما آیا می توان چنین ادعایی را پذیرفت؟

Total
Base
Number

آزمون TBN یا تست‌های جایگزین؟



نمودار شماره ۱. تغییرات TBN نسبت به TAN حین کارکرد

روغن، بالا رفتن ذرات ناشی از آلودگی روغن است و نه میزان اسیدیته آن. با این وجود، برخی شرکت‌های تولیدکننده روانکار از بالا بردن میزان TBN روغن‌هایشان در برابر رقبا به عنوان یک مزیت رقابتی استفاده می‌کنند و ادعای "کیفیتی بالاتر با میزان TBN بالاتر" را دارند. اما آیا می‌توان چنین ادعایی را پذیرفت؟

میزان TBN مطلوب چقدر است؟

در پاسخ به این مسئله باید گفت که در برخی موارد بالا بودن TBN



ست‌آپ آزمایشگاهی آزمون TBN

مقدمه

روغن‌های موتور جدید، از تکنولوژی‌های بالایی برخوردار هستند که لازم است مشخصات سختگیرانه‌ای را با توجه به تغییراتی که در موتورهای جدید ایجاد شده، پوشش دهند. زمانی که صحبت از مشخصات فیزیکی-شیمیایی روغن می‌شود گرانروی اولین مورد حائز اهمیت است که در طبقه بندی SAE J300 تعریف شده و شامل انواع گرانروی سینماتیک در ۴۰ و ۱۰۰ درجه سانتیگراد، گرانروی MRV و CCS و در دماهای پایین و گرانروی HTHS در دمای ۱۵۰ درجه سانتیگراد است که هر یک شرایط تنشی مخصوصی دارند. دومین مشخصه مهم، فراریت است که تمایل روغن را به تبخیر شدن در دماهای بالا نشان می‌دهد و اما سومین ویژگی مهم روغن موتور عدد قلیائیت کل یا TBN است. TBN در واقع بافر قلیایی است که به منظور خنثی سازی اسیدهای تولید شده در اثر فرایندهای مختلف اکسیداسیون از جمله احتراق سوخت خصوصاً سوخت‌های بی کیفیت با گوگرد بالا و یا اکسیداسیون ترکیبات روغن، به کار می‌رود.

میزان اسیدهای موجود در روغن با TAN و با عدد اسیدی کل توصیف می‌شود که با استفاده از روش آزمون ASTM D664 قابل اندازه‌گیری است. زمانیکه روغن در حال کار است به تدریج میزان TBN آن کاهش و میزان TAN آن افزایش می‌یابد که نمودار تغییرات این دو، در یک نقطه به هم می‌رسد و در نتیجه میزان TAN و TBN یکسان می‌شود (نمودار شماره ۱). در این نقطه ویژگی محافظت خوردگی موتور به بدترین شکل در معرض خطر قرار می‌گیرد و لازم است روغن تعویض شود. در واقعیت، رسیدن به چنین نقطه‌ای بسیار دور از انتظار و نامحتمل است مگر اینکه از سوختی با کیفیت بسیار بد استفاده شود و یا دوره‌های تعویض روغن به درستی صورت نگیرد. نکته جالب اینجاست که در اغلب موارد، اولین دلیل تعویض



فرشته علیان نژاد

مدیر واحد توسعه فرآورده‌ها

در یک خودرو سواری که از سوخت دیزل استفاده می‌شود در صورتی که موتور خودرو قدیمی باشد و دارای سیستم فیلتر ذرات معلق (DPF) نباشد و همچنین سوخت به کار رفته آلوده و یا دارای کیفیت پایین باشد میزان توصیه شده TBN، بین ۱۰ تا ۱۲ است. اما در خودروهای دیزلی جدیدتر که دارای سیستم DPF هستند و از سوخت دیزل با گوگرد بسیار پایین استفاده می‌کنند میزان TBN توصیه شده حدود ۶ تا ۹ است



خودروهایی که از سوخت های بنزین، CNG و LPG استفاده می کنند نیاز به TBN بالا ندارند زیرا میزان بالای TBN موجب ایجاد رسوبات خاکستر بیشتری می شود و روی سیستم کاهش دهنده آلاینده های گزوز از جمله GPF و TWC تأثیر منفی می گذارد

خاکستر بیشتری می شود و روی سیستم کاهش دهنده آلاینده های گزوز از جمله GPF² و TWC³ تأثیر منفی می گذارد. استفاده از روغن دیزلی سنگین با TBN بالا در موتورهای بنزینی جدید منجر به پدیده LSPI⁴ و در نتیجه آسیب جدی به موتور می شود.

محدوده TBN قابل قبول در استاندارد ACEA و همچنین تعداد زیادی از استانداردهای ملی روغن موتور مشخص شده است. روش های تست متفاوتی برای اندازه گیری TBN وجود دارد که ASTM D2896 و ASTM D4739 متداول ترین آنها هستند. سازمان ACEA روش ASTM D2896 را مدنظر قرار می دهد که در آن هم بازهای قوی و هم ضعیف مورد محاسبه قرار می گیرند و در نتیجه میزان TBN بالاتری نسبت به روش ASTM D4739 گزارش می شود.

مهمترین عامل ایجاد کننده TBN در روغن موتور، پاک کننده های فوق بازی شامل سولفونات ها، فئات ها و سالیسیلات های کلسیم و در برخی موارد سدیم و منیزیم هستند. البته مواد افزودنی دیگر نظیر معلق کننده ها نیز در ایجاد TBN نقش دارند. نکته قابل توجه این است که میزان واقعی TBN به تنهایی اهمیت ندارد بلکه مهم این است که چه مواد

مطلوب است و در برخی موارد مطلوب نیست. در یک خودرو سواری که از سوخت دیزل استفاده می شود در صورتی که موتور خودرو قدیمی باشد و دارای سیستم فیلتر ذرات معلق (DPF¹) نباشد و همچنین سوخت به کار رفته آلوده و یا دارای کیفیت پایین باشد میزان توصیه شده TBN، بین ۱۰ تا ۱۲ است. اما در خودروهای دیزلی جدیدتر که دارای سیستم DPF هستند و از سوخت دیزل با گوگرد بسیار پایین استفاده می کنند میزان TBN توصیه شده حدود ۶ تا ۹ است.

میزان TBN مناسب روغن به فاکتورهای متعددی وابسته است که از جمله آن، نوع سوخت مصرفی خودرو است. روغن موتور در زمان کارکرد خودرو همواره با مقداری سوخت رقیق می شود خصوصاً در سفرهای کوتاه که دمای موتور به اندازه کافی بالا نرفته و سوخت باقیمانده به سرعت تبخیر نمی شود و یا در سرعت های بالا زمانی که ترکیب سوخت و هوا غنی از سوخت است و تبخیر سوخت اضافی موجب جذب بخشی از گرمای سیلندر و خنک شدن موتور می شود. رقیق شدن روغن موتور با سوخت های نفتی موجب کاهش گرانی می شود اما به دلیل ماهیت آن، تأثیر چندانی روی پایداری اکسیداسیون روغن نمی گذارد در حالیکه رقیق شدن روغن موتور با سوخت های زیستی یا همان بیوفیول ها که عمدتاً ترکیباتی از اتانول یا متانول هستند، موجب کاهش پایداری اکسیداسیون روغن شده و از اینرو در استفاده از این نوع سوخت، نیاز به TBN بالاتری می باشد. شایان ذکر است استفاده از سوخت های زیستی در بسیاری از کشورها الزامی شده اما در کشور ایران هنوز مورد توجه سازمان های دولتی و محیط زیست قرار نگرفته است.

خودروهایی که از سوخت های بنزین، CNG و LPG استفاده می کنند نیاز به TBN بالا ندارند زیرا میزان بالای TBN موجب ایجاد رسوب

واضح است، در ایالات متحده اکثر خودروهای سواری از بنزین به جای گازوئیل استفاده می کنند. ضمناً برای موتورهای سنگین که از گازوئیل استفاده می کنند نیز در آزمون های موتوری API تست های مرتبط با خاصیت پاک کنندگی و ضد خوردگی روغن که خاصیت TBN را پوشش می دهند گنجانده شده است. به طور مثال می توان به آزمون های Filter Pressure Head و Sludge limits و در آزمون Cummins M11 و یا Top Groove Fill Limit در آزمون Caterpillar 1K اشاره کرد.

با توجه به اینکه میزان گوگرد خودروهایی دیزل کاهش یافته است، در سطوح کیفی دیزلی مدرن از جمله CK-4، CJ-4 و FA-4 میزان TBN کمتری نسبت به CI-4 و CH-4 چه در روغن کارنکرده و چه روغن در حال کار، در نظر گرفته شده است. با وجود تمام این چالش ها، باید در نظر گرفت حفظ خاصیت بازی در روغن حین کار کرد و عدم تمام شدن سریع خاصیت بازی آن بسیار مهمتر از TBN اولیه روغن قبل از کار کرد است، به همین دلیل کلیه استانداردها از جمله API، با استفاده از تست های عملکردی مشابه آنچه قبلاً گفته شد به این موضوع پرداخته اند. هر چند ACEA سختگیرانه تر عمل کرده و برای TBN اولیه روغن نیز محدودیت اعمال کرده است (جدول شماره ۱).

جدول شماره ۱. الزام TBN در استاندارد ACEA	
ACEA Class (2016)	Minimum TBN (ASTM D 2896) mg KOH/g
A3/B3, A5/B5	8.0
A3/B4	10
C1, and C2	n/a
C3, C4, C5	6.0
E4	12
E6, E9	7
E7	9.0

افزودنی در فرمولاسیون روغن نهایی برای رسیدن به TBN مورد نظر بکار گرفته شده اند. برای مثال سولفونات های فوق بازی به راحتی TBN را بالا می برند در حالیکه هم اسیدهای قوی مخرب و هم اسیدهای ضعیفی را که آثار مخربی کمی دارند خنثی می کنند بنابراین بافر قلیایی آنها به سرعت تمام می شود. علاوه بر این، سولفونات های فوق بازی، در مشخصه پاک کنندگی ضعیف تر هستند در حالیکه این عملکرد با استفاده از سولفونات های پلیمری با اثر بازی کمتر و یا مواد افزودنی معلق کننده بدون خاکستر که تاثیر کمتری در بالا بردن TBN دارند محقق می شود. زمانی که بخشی از پاک کننده های کلسیمی با پاک کننده های سدیمی جایگزین شود ریسک پدیده احتراق زودرس در دور پایین (LSPI) کاهش می یابد. خاصیت قلیایی قوی تر در پاک کننده های سدیمی به نحوی است که تاثیر مطلوب تری در جذب آلودگی های سوخت های بایو دارد. به هر حال ایجاد یک فرمول بهینه، نیازمند تجربه بالایی است به نحوی که مشخصات مورد نیاز با کمترین هزینه پوشش داده شود.

میزان TBN در استانداردهای بین المللی

نظام طبقه بندی روغن موتور API، به صورت واضح میزان TBN را مشخص نکرده است اما به جای آن آزمون زنگ زدگی ساچمه (BRT⁵) را باروش تست ASTM D6557 جهت ارزیابی مشخصات محافظت از خوردگی روغن جایگزین کرده است. دلیل این امر تاحدی

زمانیکه از گازوئیل با میزان گوگرد بالا استفاده می شود میزان TBN توصیه شده برای ACEA E4 و E7 و همچنین API CH-4 از ۱۲ تا ۱۵ توصیه می شود



آزمایشگاهی ساده چند دقیقه‌ای تا تست‌های اکسیداسیون پیچیده و گران‌قیمتی که توسط خودرو سازها انجام می‌شود و ممکن است دو تا سه سال به طول انجامد متغیر است.

در تست Sequence IIIH، میزان اکسیداسیون از طریق افزایش ویسکوزیته روغن تعیین می‌شود در حالیکه در تست Mack-T 13 که ۳۶۰ ساعت به طول می‌انجامد و نیاز به ۲۰ گالن (حدود ۷۶ کیلوگرم) روغن دارد میزان اکسیداسیون علاوه بر تغییر در ویسکوزیته روغن، از طریق افزایش میزان ترکیبات حاصل از اکسیداسیون نیز بررسی می‌شود که به روش اسپکتروسکوپی مادون قرمز صورت می‌گیرد. در هر حال کلیه این روش‌ها چه از نظر زمانی و چه هزینه، به صرفه‌تر از عملیات واقعی موتور هستند و به همین دلیل برای اطمینان از اینکه خاصیت محافظت‌کنندگی روغن به خوبی صورت می‌گیرد پوشش این آزمون‌ها ضروری است.

گرما، رطوبت و آلودگی‌هایی که نقش کاتالیست را بازی می‌کنند مهمترین عوامل ایجاد اکسیداسیون در روانکارها هستند که بسته به نوع روانکار و شرایط عملیاتی، تاثیر این مشخصه‌ها کم و زیاد می‌شود. بطور مثال در روغن موتورهای دیزلی، حرارت و رطوبت مشخصه‌های کم اهمیت تری محسوب می‌شوند در حالیکه آلودگی‌های ناشی از EGR ها فاکتور پر اهمیتی است که در واکنش با ترکیبات اکسیژن-نیترژن‌ها (NOx) تشکیل اسید نیتریک می‌دهند. همانطور که پیشتر نیز گفته شده این اسید در مقایسه با اسید سولفوریک، اسید ضعیف تری محسوب می‌شود و به همین دلیل است که برای پیش روغن موتورهای جدید، لازم است میزان افزایش اکسیداسیون آن مورد توجه قرار گیرد نه میزان کاهش TBN.



نتیجه‌گیری:

در موتورهای جدید که از سوخت با گوگرد زیاد استفاده نمی‌شود اسیدهای قوی کمتری که با عوامل قلیایی روغن موتور واکنش دهند ایجاد می‌شود. در واقع اسیدهای تشکیل شده عمدتاً اسیدهای ضعیف آلی هستند. در این موتورها، مواد بازی موجود در روغن موتور با آب میعان شده ناشی از گاز آگزوز بازگردانده شده درگیر می‌شوند و در نتیجه نمی‌توانند اسیدهای ضعیف را خنثی کنند. اما در موتورهای با سوخت گوگرد بالا، اسیدهای قوی تشکیل شده (اسید سولفوریک) بلافاصله با مایسل‌های دترجنت واکنش داده و خنثی می‌شوند، از اینرو، رابطه بین TBN و TAN در موتورهای با سوخت ULSD مانند گذشته کارآمد نیست. در این موتورها، گوگرد دیگر نقشی در تشکیل اسیدسولفوریک ندارد. میزان گوگرد موجود در سوخت ULSD (کمتر از 15 ppm) نقش عامل ضداکسیدانت را ایفا می‌کند و به همین دلیل نیاز به بالا بردن TBN روغن موتورهای مربوطه نیست.

دستورالعمل میزان TBN روغن‌های موتور دیزلی سنگین

زمانیکه از گازوئیل با میزان گوگرد بالا استفاده می‌شود میزان TBN توصیه شده برای ACEA E4 و ACEA E7 و همچنین API CH-4 و API CI-4 حدود ۱۲ تا ۱۵ توصیه شده است. به عبارتی زمانیکه مجبور به استفاده از سوخت با کیفیت پایین هستی متفاوتی نمی‌کنند موتور دیزلی شما جدید است یا قدیمی، طبیعتاً باید از بین "طول عمر بیشتر موتور" و "محافظت از سیستم After-Treatment آگزوز"، گزینه اول را انتخاب کرده و در نتیجه از روغن با TBN بالا استفاده کنید. به همین دلیل است که به کار بردن روغن‌های با سطوح کارایی API CJ-4 به بالا در موتورهای دیزل جدیدی که از گازوئیل ایران استفاده می‌کنند توصیه نمی‌شود. در موتورهای دیزلی جدید EGR⁶ یا همان سیستم‌های بازچرخانی گاز آگزوز که دارای سیستم SCR⁷ و فیلترهای کاهش ذرات آلاینده هستند و از گازوئیل با میزان گوگرد کم استفاده می‌کنند میزان TBN توصیه شده، بین ۷ تا ۹ می‌باشد. سطوح کارایی E9، E6، ACEA و همچنین CK-4، CJ-4 و FA-4 مطابق مصرف در این شرایط هستند.

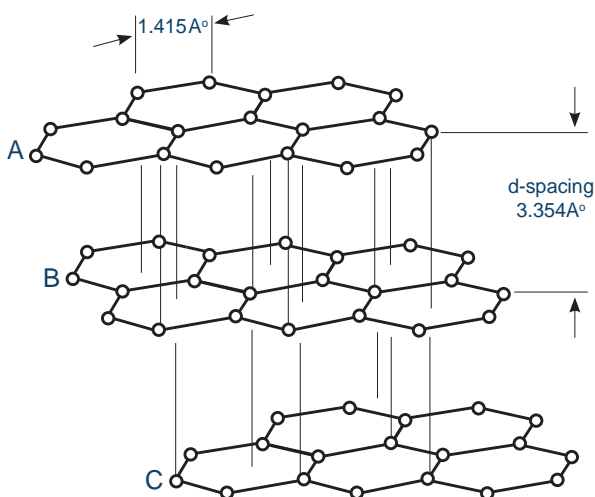
TBN در موتورهای با تکنولوژی جدید

در حال حاضر تقریباً کلیه سوخت‌های خودروهای دیزلی در اروپا و آمریکا حاوی گوگرد بسیار کم هستند تا کمترین تاثیر را در انتشار گازهای آلاینده داشته باشند. این تغییرات موجب ایجاد الزامات جدیدی هم برای روغن موتور و هم ارزیابی عمر مفید روغن شده است.

عدد اسیدی و عدد بازی همواره عوامل کلیدی در ارزیابی روغن موتور محسوب می‌شدند اما با روی کار آمدن سوخت‌های با میزان گوگرد پایین (ULSD⁸)، این دو مشخصه فاکتورهای قابل اطمینانی برای پیش سلامت روغن نیستند. زیرا در شرایط جدید، نوع اسیدهای تشکیل شده در روغن کار کرده تغییر می‌کند. در خوردوهای قدیمی از سوخت با گوگرد بالا استفاده می‌شد بنابراین اسیدهای تولیدی در واقع اسیدهایی قوی مانند اسید سولفوریک بودند در حالیکه در خوردوهای جدید با سوخت سولفور پایین، اغلب اسیدهای آلی ضعیف از جمله اسید استیک، اسید نیتریک و اسید فرمیک تشکیل می‌شود. قدرت این اسیدها در حدی نیست که بتوانند با استفاده از افزودنی‌های پاک‌کننده خنثی شوند اما به اندازه‌ای است که بتوانند به فلزات نرم حمله کنند و موجب سایش‌های خوردنده در آلیاژ لچیم شوند. بنابراین لازم است روش‌های دیگری برای ارزیابی روغن کار کرده در نظر گرفت که از جمله آنها می‌توان به بررسی ترکیبات ناشی از اکسیداسیون و نیتراسیون با استفاده از روش آزمون طیف سنجی FTIR اشاره کرد. اطلاعات حاصل از این آزمون، به خوبی، ایجاد اسیدهای ضعیف را نشان می‌دهد و در نتیجه پیش‌بینی خوبی برای بررسی عمر مفید باقیمانده روغن است.

نکته دیگر این است که موتورهای جدید در دمای بالاتری نسبت به موتورهای قدیمی کار می‌کنند بنابراین روغن موتور بیش از قبل در معرض اکسیداسیون و نیتراسیون است به همین دلیل تولیدکنندگان روغن موتورهای دیزلی سنگین، بیش از هر چیز نگران اکسیداسیون بالا، افزایش غیرقابل قبول ویسکوزیته روانکار و افزایش سایش و خوردگی قطعات فلزی هستند. در آمریکای شمالی بررسی میزان عدد اسیدی و میزان اکسیداسیون در حال حاضر متداول تر از اندازه‌گیری TBN برای ارزیابی عمر روغن حین کارکرد است. در صورتیکه عدد اسیدی بالا باشد به این مفهوم نیست که روغن اسیدی شده است. افزایش عدد اسیدی در اثر ایجاد ترکیبات ناشی از واکنش‌های اکسیداسیون و تخریب روغن رخ می‌دهد. نتایج آزمون اکسیداسیون، پارامتر قابل اعتمادی است که می‌تواند به عنوان یک آزمون مکمل برای دیگر آزمون‌هایی که عمر روغن موتور را بررسی می‌کنند مورد استفاده قرار گیرد. روش‌های زیادی برای اندازه‌گیری اکسیداسیون روغن وجود دارد که از پنج تست‌های

گرافیت؛ مهمترین روانکار جامد



شکل شماره ۱ - ساختار لایه‌ای گرافیت

نیروی واندروالسی ضعیفی صفحات متشکل از کربن‌های شش ضلعی را در کنار یکدیگر نگه می‌دارد تا ساختار شبکه‌ای مانند شکل شماره ۱ ایجاد گردد. در ادامه خواهیم دید این ساختار شبکه‌ای چگونه از گرافیت یک روانکار جامد با خصوصیات کم‌نظیر خواهد ساخت.

مقدمه

در فصل نامه بهار ۱۳۹۶ از روانکارهای جامد سخن گفتیم و به طور مفصل در خصوص انواع، موارد استفاده و ویژگی‌های آنها بحث گردید. گستردگی استفاده از روانکارهای جامد و استفاده از آنها در کاربردهای متنوع ما را بر آن داشت که با نگاه جزئی‌تر و دقیق‌تر به ادامه بحث بپردازیم. بر همین اساس در مقاله پیش رو گرافیت به عنوان مرسوم‌ترین و مهم‌ترین روانکار جامد مورد استفاده در روغن‌ها و گریس‌ها مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.

معرفی

گرافیت یکی از سه فرم آلوتروپی کربن است. دو فرم دیگر الماس و کربن آمورف هستند. در گرافیت اتم‌های کربن با جهت گیری شش ضلعی در کنار یکدیگر در یک صفحه قرار دارند. طول پیوند کوتاه بین هر اتم کربن در یک صفحه نتیجه پیوندهای کوالانسی بین اتم‌هاست.



مریم ابراهیمی
مهندس فروش

گرافیت‌های
مخصوص روانکاری
می‌توانند تا دماهای
بسیار بالا حدود
۴۵۰ درجه سانتیگراد
بخوبی عمل روانکاری
را انجام دهند

جدول شماره ۲ - مقایسه گرافیت طبیعی و سنتزی خصوصیات عمومی گرافیت		
گرافیت سنتزی	گرافیت طبیعی	
فرآیند تشکیل گرافیت در دمای بالا منجر به تشکیل لایه های با خلوص بالا می گردد	به ورقه های گرافیتی آزاد شده از سنگ معدن ، فرآیند خالص سازی و کاربرد هایی که به منظور آن گرافیت استخراج شده تحت فرآیندهای شیمیایی قرار می گیرد، وابسته است	خلوص
به صورت عمدتاً به نوع کک استفاده شده به عنوان ماده اولیه بستگی دارد	به شرایط شکل گیری طبیعی وابسته است	مورفولوژی در مقیاس ماکرو
به فرآیند گرافیتاسیون در دمای بالا و ماده اولیه بستگی دارد	بستگی به شرایط تشکیل طبیعی دارد برای مثال درجه تبلور گرافیت ماکرو کریستالی بسیار زیاد است	درجه تبلور
توسط فرآیند آسیاب کردن و همچنین عملیات پیش-بخت قابل تنظیم است	در حین عملیات آسیاب کردن قابل تنظیم است	شکل و اندازه ذره

گرافیت سنتزی

این نوع گرافیت از کک و قطران نفتی^۵ به فرم کریستال تولید می گردد اما خلوص کریستال طبیعی را ندارد. دو نوع اصلی از گرافیت سنتزی موجود است. نوع اول، الکترو گرافیت است که در فرآیند تشکیل آن، کربن خالص از کک نفتی کلسینه شده در کوره الکتریکی به دست می آید. نوع دوم گرافیت سنتزی، با حرارت دادن قطران نفتی کلسینه شده تا ۲۸۰۰ درجه سانتی گراد به دست می آید. تفاوت گرافیت نوع اول و دوم در جدول شماره ۱ قابل مشاهده است. هم چنین تفاوت های عمده گرافیت طبیعی و سنتزی در جدول شماره ۲ قابل مقایسه است. خصوصیات منحصر به فرد گرافیت این ماده را به عنوان یک روانکار جامد قابل استفاده می سازد:

۱) این ماده خاکستری رنگ و مات بسیار نرم و لغزنده است که این نرمی و لغزندگی به گرافیت اثر روانکاری عالی می بخشد.

۲) گرافیت یکی از بی اثرترین مواد است که از پایداری شیمیایی بسیار خوبی برخوردار است. تقریباً با تمام محلولهای آلی یا معرفهای شیمیایی خورنده واکنش نشان نمی دهد. بنابراین می تواند ویژگی های خود را هنگام تماس با محلول ها ، روغن ها ، لاستیک های روغنی ، رزین ها و فلزات حفظ کند.

۳) گرافیت یک ماده غیر فلزی با دمای ذوب بسیار بالا است، اما برخی از مشخصات فلزات را دارد. این ماده قادر است الکتریسیته را مانند بسیاری از فلزات هدایت کند و رسانایی گرمایی

از مهمترین عوامل تعیین کننده و مهم در خواص روانکاری گرافیت می توان به درجه تبلور ، اندازه متوسط ذرات، شکل و حالت ذرات و نهایتاً درصد خلوص اشاره نمود

منابع موجود گرافیت

گرافیت به انواع بسیار متنوعی وجود دارد که از منابع متفاوت به دست می آید. انواع مختلف گرافیت ویژگی های متفاوتی دارند که این تفاوت در ویژگی ها باعث می شود گرافیت در کاربردهای گوناگونی مورد استفاده قرار گیرد. در یک دید کلی گرافیت را به دو گروه عمده طبیعی و سنتزی تقسیم بندی می نمایند که در ادامه به معرفی آنها می پردازیم.

گرافیت طبیعی

در تمام دنیا گرافیت طبیعی^۱ از عملیات استخراج از معادن زمینی به دست می آید. سنگ معدن مورد فرآوری قرار گرفته و گرافیت طبیعی با درجات خلوص مختلف حاصل می شود. بسته به عملیات فرآوری مختلفی که بر روی سنگ معدن صورت می گیرد گرافیت طبیعی با درجات خلوص متفاوت حاصل می گردد. گرافیت طبیعی که با خلوص بالا تهیه می شود می تواند برای مصارف روانکاری مورد استفاده قرار گیرد. دلیل این امر درجه بالای کریستالیزاسیون در ساختار گرافیت طبیعی است. گرافیت طبیعی به سه دسته زیر تقسیم می گردد:

Flake Graphite / گرافیت پولکی

این نوع گرافیت شامل ۵-۴۰ درصد کربن بوده و در اغلب نقاط جهان یافت می شود

Crystalline Graphite / گرافیت کریستالی

گرافیت کریستالی خلوص بیش از ۹۰ درصد دارد و به صورت تجاری در سریلانکا استخراج می گردد.

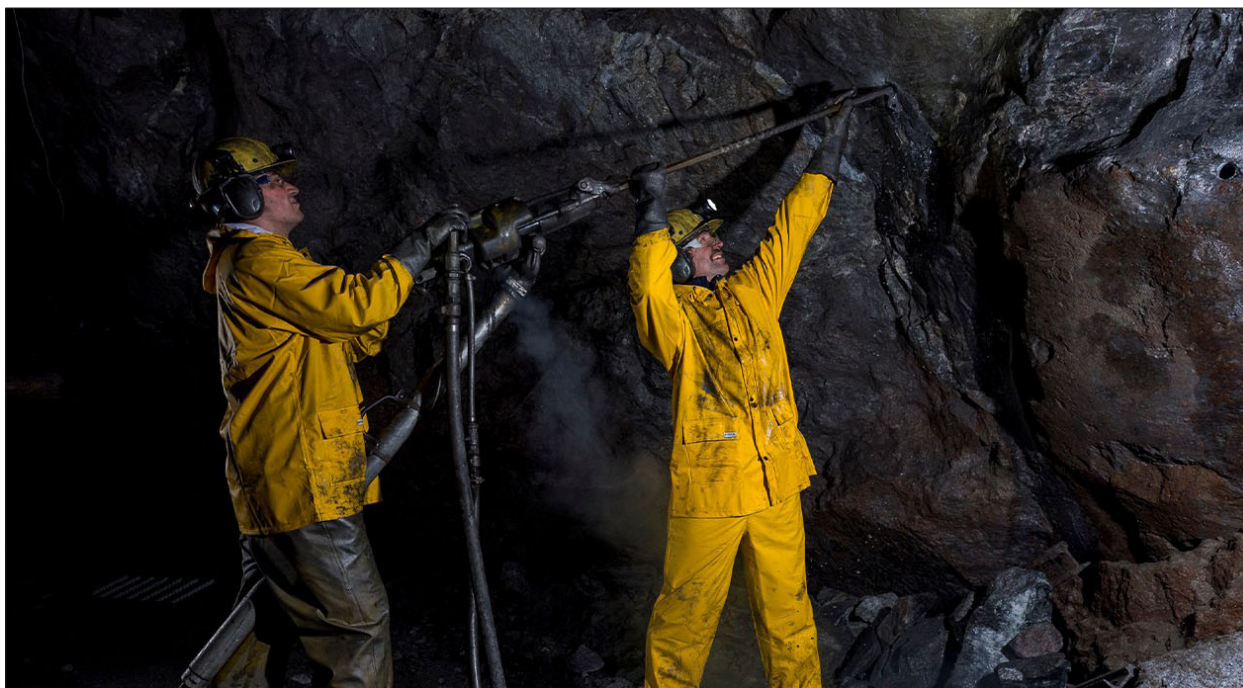
Cryptocrystalline Graphite / گرافیت ریز کریستال

کمترین فراوانی گرافیت طبیعی مربوط به این دسته است که خلوص ۲۵-۸۵ درصد را داراست و در مکزیک، کره شمالی و جنوبی و اتریش یافت می گردد.

باید توجه داشت گرافیت طبیعی با کیفیت پایین نیز وجود دارد و در اغلب موارد، انواع گرافیت طبیعی با درجه خلوص پایین به بازار عرضه می شوند که برای کاربردهایی غیر از روانکاری مورد استفاده دارند. این نوع گرافیت طبیعی دارای ساختاری بی شکل (آمورف^۲)، میزان درصد کربن^۳ پایین و حاوی درصد بالایی از خاکستر^۴ می باشد. خاکستر مربوطه نیز عمدتاً اکسیدهای سیلیس و آهن هستند که ترکیبات ساینده ای محسوب می شوند و برای کاربرد در روانکاری به هیچ وجه مناسب نیستند.

جدول شماره ۱ - مشخصات گرافیت نوع اول و دوم

Synthetic Graphite		
Typical Values		
-	Primary	Secondary
%Carbon	99.9	99.9
%Sulfur	Trace	0.01
%SiO ₂	0.02	0.05
%Ash	0.1	0.1



گرافیت طبیعی از عملیات استخراج سنگ معدن از معادن زمینی بدست می‌آید.

ملکول‌های آب باعث می‌شود انرژی اتصال بین صفحات شش ضلعی گرافیت از انرژی چسبندگی بین سطح مورد روانکاری و گرافیت کمتر شود و این امر باعث تقویت خاصیت روانکاری گرافیت می‌شود. با توجه به نیاز گرافیت به وجود ملکولهای آب جهت روانکاری، گرافیت به عنوان روان کننده جامد در محیط خشک یا خلاً مناسب نیست.

از سوی دیگر، در شرایط و محیط‌های اکسید کننده قوی، گرافیت می‌تواند در حالیکه دما تا ۴۵۰ درجه سانتیگراد بطور ثابت بالا باقی بماند به کار روانکاری ادامه دهد و حتی قادر است افزایش دمای موقت تا ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد را نیز تحمل نماید.

از مهمترین عوامل تعیین کننده و مهم در خواص روانکاری گرافیت می‌توان به درجه تبلور، اندازه متوسط ذرات، شکل و حالت ذرات و نهایتاً درصد خلوص اشاره نمود.

درجه تبلور در انواع گرافیت‌ها یکسان نیست و بطور کلی هر چه میزان کریستالیزاسیون یا تبلور گرافیت بیشتر باشد خواص روانکاری بهتری را شاهد خواهیم بود.

● **ناخالصی‌ها:** معمولاً ناخالصی‌هایی نظیر اکسید آهن، کوارتز و کلسیت در گرافیت وجود دارند. هر چه میزان این ناخالصی‌ها کمتر باشد، میزان سایش احتمالی حاصل از ذرات ناخالصی کمتر خواهد بود.

● **اندازه ذرات:** به عنوان یک قانون کلی در حالتی که اندازه متوسط ذرات گرافیت در محدوده ۵ تا ۱۰ میکرون قرار بگیرد، گرافیت مربوطه خواص روانکاری مناسبی خواهد داشت و به نحر رضایت بخشی از سایش سطوح درگیر جلوگیری خواهد نمود. هنگامی که اندازه متوسط ذرات گرافیت بالاتر از ۱۵ میکرون باشد میزان نرخ سایش و اصطکاک به دلیل درگیری ذرات گرافیت با سطوح، بالاتر می‌رود و از سوی دیگر اگر اندازه متوسط ذرات حدود یک میکرون باشد ذرات گرافیت آنقدر کوچک می‌شوند که دیگر قادر به ایجاد یک لایه مقاوم بین سطوح درگیر نیستند و لذا نرخ سایش افزایش خواهد یافت.

گرافیت‌هایی که ویژه روانکاری مورد استفاده قرار می‌گیرند به شکل پودری هستند اما این پودرها که در ظاهر بطور چشمی تفاوتی ندارند در مقیاس میکروسکوپی دارای ضخامت و شکل ظاهری متفاوتی هستند

بالایی را از خود نشان دهد. لذا وقتی از گرافیت به عنوان روانکار استفاده می‌شود، انتقال حرارت ایجاد شده بین سطوح لغزنده لایه‌های گرافیت به آسانی صورت گرفته و مانع از افزایش دمای سطوح خواهد شد. بعلاوه مقاومت الکتریکی گرافیت بالاتر از فلزات است.

۴ گرافیت ضریب انبساط حرارتی خطی بسیار کمی دارد. بنابراین وقتی از آن به عنوان روانکار در دماهای خیلی بالا استفاده می‌شود می‌تواند در برابر شوک حرارتی مقاومت کند.

روانکاری گرافیت

ساختار لایه ای گرافیت آن را تبدیل به ماده‌ای ایده آل برای کاهش اصطکاک می‌کند.

برای جلوگیری از تماس مستقیم فلزات و بروز چسبندگی و خراش، می‌توان از گرافیت جامد در سطح تماس استفاده کرد. وقتی فیلم روانکار به دلیل سایش از بین می‌رود یا پاره می‌شود، می‌توان به طور مداوم از روانکار جامد گرافیت استفاده کرد تا فیلم روانکار دست نخورده باقی بماند و روانکاری را به طور کامل انجام دهد.

بخار آب موجود در هوا یکی از اجزای لازم برای روانکاری بهتر گرافیت است. روانکاری گرافیت تحت تأثیر فشار بخار آب قرار می‌گیرد. هر چه فشار بیشتر باشد، نرخ سایش کمتر است. جذب

کاربرد گرافیت در روغن ها و گریس ها

معمولا برای بالا بردن توانایی و قابلیت روانکاری روغن ها یا گریس های روانکار، از گرافیت به عنوان یک ماده افزودنی استفاده می کنند. استفاده از گرافیت در روغن ها و گریس ها می تواند میزان تحمل بار را افزایش دهد و در شرایط روانکاری در لایه مرزی، تاثیر مفیدی به استحکام فیلم لایه روانکار بگذارد. ضمنا گرافیت تاثیر مهمی در حداکثر دمای قابل تحمل روغن ها و گریسها دارد. معمولا از گرافیت برای تولید انواع محصولات روانکاری که قطعات مکانیکی تحت فشار کاری سنگین را روانکاری می کنند استفاده می گردد. از جمله دنده های رولاز، کوره های سیمان، ریل قطار، زنجیرهای انتقال مواد به کوره ها، عملیات فورج گرم و امثال آنها. همچنین از گرافیت در فرمولاسیون ساخت انواع محصولات آنتی-سبیز^۶ (محصولات ضد جوش خوردگی رزوه ها^۷ در کاربردهای خاص که فشار و دمای کاری روانکار خیلی بالاست نیز استفاده می شود. در اینجا نقش گرافیت بسیار مهم است چون روغن روانکار در اثر فشار زیاد از لابلای رزوه ها خارج می شود^۸ و این ذرات گرافیت هستند که به عنوان روانکار اصلی از جوش خوردگی لبه های تیز فلزات به یکدیگر ممانعت می کنند. (شکل شماره ۲)

ترکیبات آنتی-سبیز معمولا با برس های مخصوص روی سطوح رزوه ها (شیارهای مارپیچ) آغشته می شوند. همچنین استفاده از پودر گرافیت در ساخت گریس های لیتیومی، لیتیم کمپلکس و آلومینیوم کمپلکس بسیار مرسوم است. یکی از پر کاربردترین این موارد گریس های لیتیومی گرافیته مورد

تاثیر شکل و فرم ذرات

گرافیت هایی که ویژه روانکاری مورد استفاده قرار می گیرند به شکل پودری هستند اما این پودرها که در ظاهر بطور چشمی تفاوتی ندارند در مقیاس میکروسکوپی دارای ضخامت و شکل ظاهری متفاوتی هستند. شکل ذرات و فرم ظاهری گرافیتها را با استفاده از انواع دستگاه ها و تجهیزات خردکن که شامل انواع آسیاب ها می شود (مانند Ball mill، Hammer mill و Jet pulverizer) به صورت محصول نهایی در می آورند. ذرات گرافیت کروی شکل خواص شکل پذیری بهتری دارند و این یک مزیت محسوب می شود ولی باید توجه داشت ذرات پولکی شکل نیز خاصیت چسبندگی بهتری روی سطحی که روانکاری می شود به دست می دهند. لذا ترکیبی از این دو فرم ظاهری گرافیت می توانند بهترین عملکرد را داشته باشند.

فشار محیط کار کرد

اگر فشار گاز محیطی که گرافیت در حال روانکاری است افزایش یابد میزان گاز جذب شده توسط گرافیت افزایش می یابد و در نتیجه خواص ضدسایش بهتری را خواهیم داشت. هر چه اندازه ذرات گرافیت کوچکتر باشند، فشار گاز محیط تاثیر بیشتری روی خاصیت روانکاری آنها خواهد داشت.

دمای کار کرد

گرافیت های مخصوص روانکاری می توانند تا دماهای بسیار بالا تا حدود ۴۵۰ درجه سانتیگراد بخوبی عمل روانکاری را انجام دهند. وضع شکل و فرمت ظاهری ذرات گرافیت تاثیری بر دمای عملکرد آن ندارد. با استفاده از ترکیبات خاص ضد اکسیداسیون، می توان از گرافیت برای روانکاری تا دمای ۷۰۰ درجه سانتیگراد نیز استفاده نمود.

سرعت سطوح و میزان بار گذاری

با افزایش سرعت سطوح اصطکاکی و میزان بار وارده بر آن ها، دمای لایه روانکاری گرافیت بالاتر می رود. با افزایش دما بدیهی است که گرافیت مقداری از بخار آب یا گازهای جذب شده را از دست خواهد داد و این باعث کاهش قدرت روانکاری می شود.



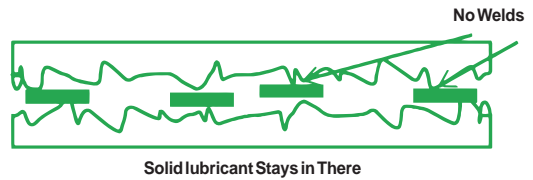
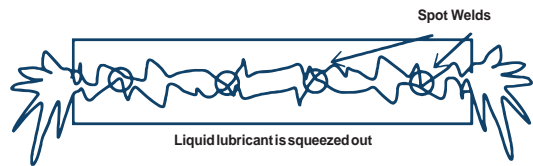
استفاده از گریس های لیتیومی گرافیت دار در مصارف صنعتی که یا تا قانها تحت فشار کاری زیاد قرار دارند بسیار مرسوم است.

استفاده در بلبیرینگ^۹ چرخ خودروهای سنگین و ماشین آلات راهسازی و معدن هستند.

نتیجه گیری

گرافیت ویژه روانکاری، پرکاربردترین ماده روانکار جامد در جهان است. این ماده در انواع روغنها و گریسها به عنوان ماده افزودنی افزایش خاصیت فشارپذیری مورد استفاده قرار می گیرد. ویژگی های درجه کریستالیزاسیون، درجه خلوص و اندازه و شکل ذرات گرافیت از مهمترین ویژگیهایی هستند که در عملکرد گرافیت به عنوان روانکار باید مورد توجه قرار گیرند.

معمولاً برای دستیابی به ضریب اصطکاک پایین تر و استحکام بالاتر فیلم روانکاری بین سطوحی که در دما و فشارهای بالا کار می کنند گرافیت مرسوم ترین ماده افزودنی می باشد. لازم به ذکر است که گرافیت در محصولات روانکار (مانند گریسهای گرافیتی) باید حتماً به همراه مواد افزودنی دیگر مانند مواد ضدسایش و افزایشنده های خاصیت فشارپذیری مورد استفاده قرار گیرد.



شکل شماره ۲۰. باقی ماندن ذرات گرافیت در هنگام خارج شدن روغن پایه از بین سطوح



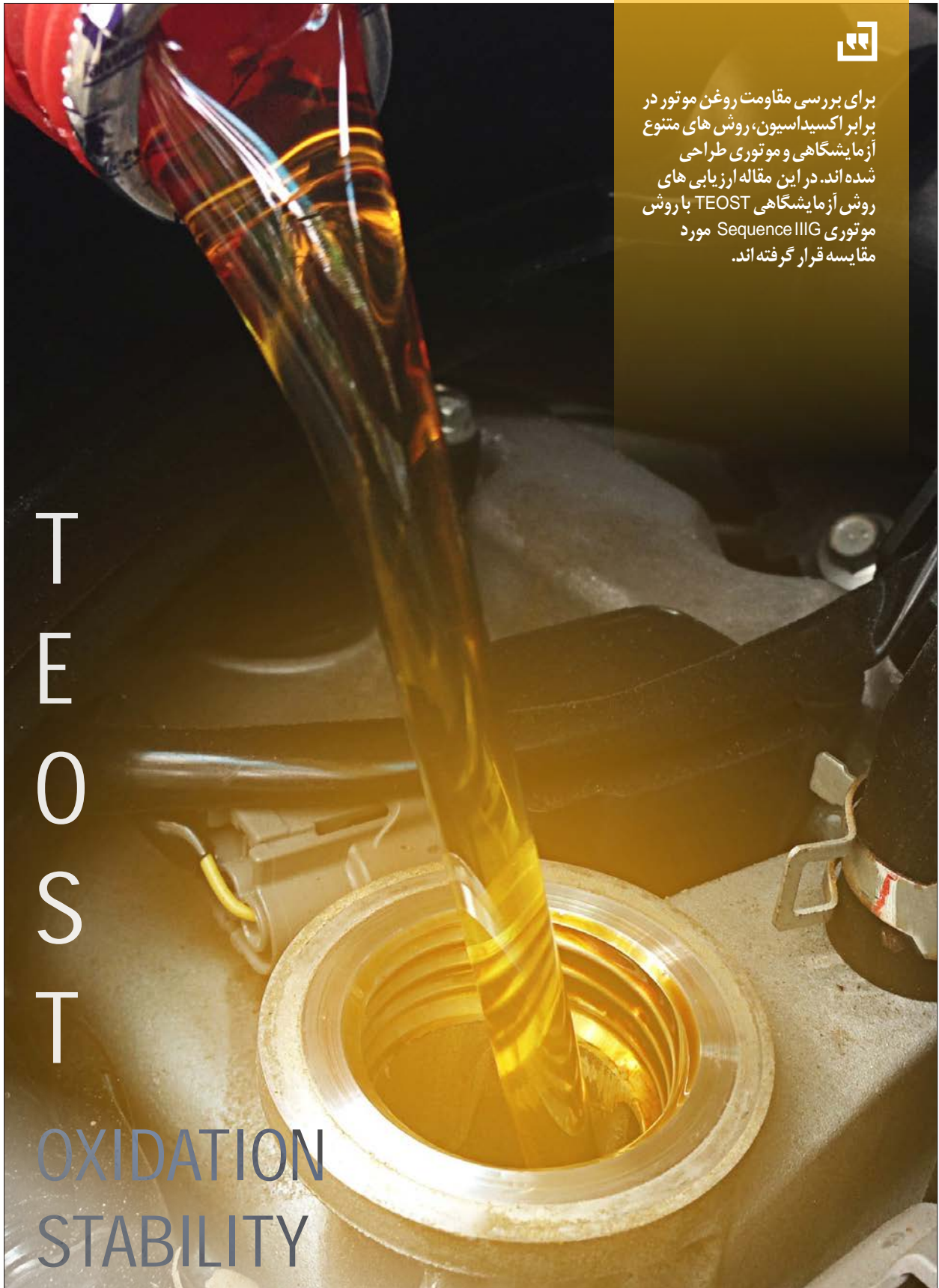
گریس گرافیت دار در دنده های ماشین آلات سنگین که تحت فشارکاری بالا قرار دارند مورد استفاده قرار می گیرد.



گریس گرافیت دار مورد استفاده در روانکاری یاتاقانها در صنایع فولاد و ذوب آهن



گریس گرافیت دار محافظ سایش چرخ در راه آهن



برای بررسی مقاومت روغن موتور در برابر اکسیداسیون، روش های متنوع آزمایشگاهی و موتوری طراحی شده اند. در این مقاله ارزیابی های روش آزمایشگاهی TEOST باروش موتوری Sequence III G مورد مقایسه قرار گرفته اند.

T
E
O
S
T

OXIDATION
STABILITY

تعیین مشخصات رسوبات آزمون TEOST و مقایسه آنها با رسوبات تشکیل شده در پیستون های Sequence III G

مقدمه:

در موتورهای احتراق داخلی در نشیمنگاه رینگ پیستون و همچنین در توربوشاژر، روغن موتور در معرض حرارت بالایی قرار دارد که این امر منجر به تشکیل رسوب می شود. این رسوبات می توانند عملکرد صحیح موتور و توربوشاژر را مختل کنند [۱۳ و ۱۰]. بنابراین توانایی روغن موتور در جلوگیری از تشکیل رسوب، مشخصه عملکردی مهمی محسوب می شود. آزمون موتوری Sequence III G و همچنین آزمون های TEOST 33 به روش ASTM D6335 و TEOST MHT به روش ASTM D7097، به منظور اندازه گیری قابلیت روغن موتور در جلوگیری از تشکیل رسوب طراحی شده اند.

در آزمون TEOST 33 روغن در معرض دمای ۴۸۰ درجه سانتیگراد است و تشکیل رسوب در توربوشاژرها را شبیه سازی می کند [۱۲ و ۹]. تحقیقات قبلی نشان می دهد که رسوبات TEOST 33 ناشی از افزودنی های آلی فلزی در روغن موتور مانند درجنت های فوق اشباع و همچنین ترکیبات ضدسایش مانند ZDDP³ است [۱۲ و ۱۰]. علاوه بر این، نوع روغن پایه نیز می تواند تاثیر اندکی بر تشکیل رسوب داشته باشد [۱۲]. از طرف دیگر در آزمون TEOST MHT حداکثر دمایی که روغن موتور با آن مواجه می شود ۲۸۵ درجه سانتیگراد است که تشکیل رسوب در تست موتوری TU3MH را شبیه سازی می کند. [۱۱] رسوبات TEOST MHT نسبت به TEOST 33 دارای کربن بیشتری هستند و این موضوع نشان دهنده این است که روغن پایه ای که در فرموله کردن روغن موتور استفاده می شود نقش بسزایی در ایجاد رسوبات TEOST MHT دارد.



در الزامات استاندارد ILSAC¹ برای روغن موتورهای سواری، آزمون موتوری Sequence III G به علاوه دو نسخه از آزمون شبیه سازی اکسیداسیون حرارتی روغن موتور یعنی (TEOST²) به عنوان تست هایی به منظور تعیین توانایی روغن های موتور در کنترل رسوبات موتور، تعریف شده اند. آزمون های Sequence III G و TEOST MHT به منظور ارزیابی توانایی روانکارها در کنترل رسوبات پیستون و آزمون TEOST 33 به منظور ارزیابی توانایی روانکارها در کنترل رسوبات توربوشاژر طراحی شده اند. رسوبات پیستون Sequence III G حاوی مقدار قابل توجهی از ترکیبات کربنی هستند که این مواد در قسمت هایی از پیستون که دمای بالاتری دارند، بیشتر است. البته به نظر می رسد این رسوبات کربنی بیشتر ناشی از سوخت مورد استفاده در آزمون Sequence III G باشد. در تست TEOST سوخت وجود ندارد، ولی روغن پایه هایی که در فرمولاسیون روغن موتورها استفاده می شوند نیز ممکن است منشا رسوبات کربنی باشند. ضمناً دمای عملکردی در آزمون TEOST 33 بالاتر از TEOST MHT می باشد.

در این مقاله رسوبات ایجاد شده در آزمون TEOST با استفاده از روش هایی که سابقاً برای شناسایی رسوبات پیستون Sequence III G به کار گرفته شده است، بررسی می شوند. ساختار این رسوبات ایجاد شده در این دو آزمون با یکدیگر مقایسه و تاثیر دما بر ساختار رسوبات مورد بحث قرار خواهد گرفت. نهایتاً، رابطه بین ساختار روغن پایه و تشکیل رسوب در آزمون TEOST مورد بحث و بررسی قرار می گیرد.



پریسا احمدی

کارشناس تحقیق و توسعه

دو گروه از روغن موتورهای سواری مورد آزمون و بررسی قرار گرفته اند. گروه اول روغن موتورهایی هستند که حاوی مجموعه ای از مواد افزودنی آلی فلزی در روغن پایه گروه دو بودند. گروه دوم روغن ها حاوی یک پکیج افزودنی شامل تمام افزودنی های مورد نیاز برای الزامات ILSAC GF-4 می باشند.

1. International Lubricants Standardization and Approval Committee
2. Thermo-oxidation Engine Oil Simulation Test (TEOST)
3. Zinc dialkyl dithiophosphate

آزمایش رسوب:

به منظور تولید رسوبات، از TEOST 33 به روش ASTM D6335 و TEOST MHT و روش ASTM D7097 استفاده شد. در هر دو روش آزمون، روغن موتورها قبل از چکه کردن روی میله آزمایش، پیش-اکسید^۷ می شوند. میله آزمایش تا دماهای متفاوتی حرارت داده می شود. (برای تست TEOST 33 دما بین ۲۰۰ تا ۵۰۰ درجه سانتیگراد و برای تست TEOST MHT دما بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ درجه سانتیگراد). میزان رسوب تشکیل شده روی میله آزمایش معیاری از تمایل به تشکیل رسوب در روغن موتور است.

آنالیز رسوب:

آنالیز ترموگراویمتری (TGA) بر روی رسوبات TEOST با استفاده از ابزار TGA 2950 TA به منظور تعیین میزان باقی مانده مواد آلی، کربنی و معدنی موجود در رسوبات انجام شد. در تحقیقات قبلی، نمونه های کوچک با سرعت ۱۰ درجه سانتیگراد در دقیقه در حالیکه گاز نیتروژن با سرعت 100cc بر دقیقه در سلول نمونه جریان داشت، حرارت داده می شدند. با رسیدن دمای نمونه به ۵۵۰ درجه سانتیگراد، هوا از سلول نمونه عبور کرده و دمای سلول به ۸۰۰ درجه سانتیگراد رسانده شد. در این مقاله، گاز نیتروژن به دلیل بی اثر بودن بر ساختار رسوبات مورد استفاده قرار گرفت. طیف FT-IR تمام رسوبات با اسپکترومتر Perkin Elmer Spectrum GX برای آنالیز مادون قرمز میکرو (micro-IR) تهیه شد. از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM^۸) متصل به EDS^۹ به منظور کمی کردن و تعیین میزان عناصر روی، کلسیم، فسفر و گوگرد در رسوبات استفاده شد.

نتایج:

تأثیر افزودنی های آلی فلزی بر رسوبات TEOST 33 و TEOST MHT جدول شماره ۱ میزان رسوبات در آزمون های TEOST 33 و TEOST MHT مربوط به مجموعه روغن هایی با افزودنی های آلی فلزی متفاوت را نشان می دهد.

سابقاً از آنالیز TGA^۴ به منظور تعیین ماهیت آلی، معدنی و کربناتی رسوبات موتور روی پیستون ها استفاده شده است. همچنین اسپکتروسکوپی مادون قرمز برای تعیین مقدار رسوبات اکسیده، نیترا ته و یا حضور گروه های عاملی دیگر به کار گرفته شده است [۱۳ و ۲]. نهایتاً، آنالیز عنصری به منظور تشخیص حضور افزودنی ها در رسوبات پیستون موتور استفاده می گیرد. با استفاده از این تکنیک ها مشخص شد که رسوبات پیستون Sequence IIIG حاوی مقدار قابل توجهی مواد کربنی است و این مواد در بخش هایی از پیستون که در معرض دمای بالاتری هستند بیشتر است. به عبارت دیگر مواد کربنی در رسوبات تاج پیستون نسبت به سطح دوم پیستون بیشتر وجود دارند. علاوه بر این به نظر می رسد مواد کربنی ناشی از سوخت مورد استفاده در آزمون Sequence IIIG باشند. علاوه رسوبات تاج پیستون حاوی مواد معدنی بیشتری نسبت به رسوبات سطح پیستون هستند، که ممکن است مربوط به دمای بالاتر روغن موتور در تاج پیستون نسبت به دومین سطح باشد [۱۳]. در این مقاله نیز همین تکنیک های مشابه (FTIR^۵ و آنالیز عنصری) برای شناسایی رسوبات در آزمون های TEOST 33 و TEOST MHT به کار گرفته شده اند. از آنجایی که در تست های TEOST، سوخت وجود ندارد، لذا منبع مواد کربنی روغن پایه است. بنابراین ارتباط بین ساختار روغن پایه و تشکیل رسوب TEOST مورد بررسی قرار گرفته است.



آزمایشات تجربی:

روغن ها:

دو گروه از روغن موتورهای سواری مورد آزمون و بررسی قرار گرفته اند. گروه اول روغن موتورهایی هستند که حاوی مجموعه ای از مواد افزودنی آلی فلزی در روغن پایه گروه دو بودند. البته این روغن موتورها سایر مواد افزودنی مانند آنتی اکسیدانت، دیسپرنت، دترجنت، ضد سایش و اصلاح کننده اصطکاک تا سطح کارایی ILSAC GF-4 را شامل بودند. گروه دوم روغن ها حاوی یک پکیج افزودنی شامل تمام افزودنی های مورد نیاز برای الزامات ILSAC GF-4 می باشند که با روغن های پایه ای که ویژگی های آنها کاملاً مشخص است ساخته شده اند. مولیبدن در هیچ یک از مجموعه روغن های مورد آزمایش وجود نداشت. از روش GC-MS^۶ برای تعیین ساختار روغن پایه های مورد استفاده در فرمولاسیون مجموعه دوم روغن های مورد آزمایش، استفاده شد. این روش، شناسایی دقیقی از روغن پایه ها شامل مقدار ترکیبات غیرسیکلوپارافین، سیکلوپارافین و مواد آروماتیک را فراهم می سازد. فراریت NOACK مجموعه دوم روغن ها نیز تعیین شد.

سابقاً از آنالیز TGA به منظور تعیین ماهیت آلی، معدنی و کربناتی رسوبات موتور روی پیستون ها استفاده شده است. همچنین اسپکتروسکوپی مادون قرمز برای تعیین مقدار رسوبات اکسیده، نیترا ته و یا حضور گروه های عاملی دیگر به کار گرفته شده است.

جدول شماره ۱ - میزان رسوب تشکیل شده ناشی از افزودنی‌های آلی فلزی در آزمون‌های TEOST MHT و TEOST 33

Oil	TEOST 33 mg of deposit	TEOST MHT mg of deposit
A	11.0	27.3
B	11.6	35.6
C	11.8	71.3
D	13.5	63.4
E	13.9	70.9
F	17.8	76.3

جدول شماره ۲ میزان نسبی ترکیبات آلی، معدنی و کربنی موجود در رسوبات تشکیل شده از روغن‌های A-F در آزمون‌های TEOST 33 و TEOST MHT را نشان می‌دهد. رسوبات TEOST 33 عمدتاً ترکیبات معدنی و رسوبات TEOST MHT عمدتاً ترکیبات آلی یا کربنی هستند. از آنجایی که آزمون TEOST 33 دماهای کارکرد بالاتری نسبت به TEOST MHT دارد، ممکن است ترکیبات آلی و کربنی از رسوبات TEOST 33 تخریب شوند. این موضوع، تفاوت ساختاری دو نوع از رسوبات و نیز مقدار کاهش یافته رسوب در تست TEOST 33 را روشن می‌سازد. همان‌طور که قبلاً نیز مشاهده شد، از آنجایی که رسوبات TEOST 33 دارای غلظت بالایی از مواد معدنی است، افزودنی‌های آلی فلزی عامل اصلی این رسوبات هستند. با این حال، افزودنی‌های مختلف آلی فلزی مورد بررسی در این مقاله، تأثیر بسیار کمی بر میزان رسوبات تشکیل شده TEOST 33 داشتند. روغن پایه، منبع ترکیبات آلی و کربنی در رسوبات می‌باشد. بنابراین مقادیر بالای ترکیبات آلی و کربنی در رسوبات TEOST MHT نشان دهنده این است که پایداری روغن پایه بر تشکیل رسوب TEOST MHT تأثیر گذار است.

میزان رسوب تشکیل شده این روغن‌ها در آزمون TEOST 33 نسبت به TEOST MHT کمتر می‌باشد. علاوه بر این، تغییرات بیشتری در میزان رسوبات متشکله در آزمون TEOST MHT (۲۷/۳ میلی گرم برای روغن A در برابر ۷۶/۳ میلی گرم برای روغن F) نسبت به TEOST 33 (۱۱/۰ میلی گرم برای روغن A در برابر ۱۷/۸ میلی گرم برای روغن F) وجود دارد. در نهایت به نظر می‌رسد که بین میزان رسوبات تشکیل شده در این دو آزمون هیچ ارتباطی وجود ندارد. به عنوان مثال، میزان رسوب روغن C در آزمون TEOST 33، فقط ۱۱/۸ میلی گرم است که یکی از کمترین نتایج در این تست می‌باشد، در حالیکه در تست TEOST MHT، میزان رسوب آن ۷۱/۳ میلی گرم بدست آمده که یکی از بالاترین نتایج در این تست است. به منظور درک تفاوت‌ها در تشکیل رسوب دو تست TEOST، اندازه‌گیری TGA بر روی رسوبات متشکل از روغن‌های A-F، صورت گرفت. در آنالیز TGA قبلی، کاهش مقدار نمونه در دمای کمتر از ۵۰۰ درجه سانتیگراد نشان دهنده میزان ترکیبات آلی و در دمای بین ۵۵۰ تا ۸۰۰ درجه سانتیگراد، نشان دهنده میزان ترکیبات کربنی در رسوب می‌باشد. مقدار باقی مانده در پایان آزمون TGA، نشان دهنده میزان ترکیبات معدنی در رسوب است. [۳ و ۱۳]



جدول شماره ۲- ترکیبات آلی، معدنی و کربنی رسوبات TEOST متشکل از روغن های A-F

Oil	Percent Organic TEOST 33	Percent Carbon TEOST 33	Percent Inorg. TEOST 33	Percent Organic TEOST MHT	Percent Carbon TEOST MHT	Percent Inorg. TEOST MHT
A	16	21	63	50	46	4
B	19	22	59	54	44	2
C	12	21	67	52	46	2
D	14	18	68	56	37	7
E	24	22	54	54	42	4
F	11	16	73	58	40	2

جدول شماره ۳. میزان نسبی عناصر افزودنی (کلسیم، روی، فسفر و گوگرد) در رسوبات TEOST مشخص شده توسط SEM/EDS

Oil	Percent Ca, Zn, P and S in TEOST 33 Deposit	Percent Ca, Zn, P and S in TEOST MHT Deposit
A	84	49
B	89	41
C	63	59
D	86	29
E	47	29
F	51	28

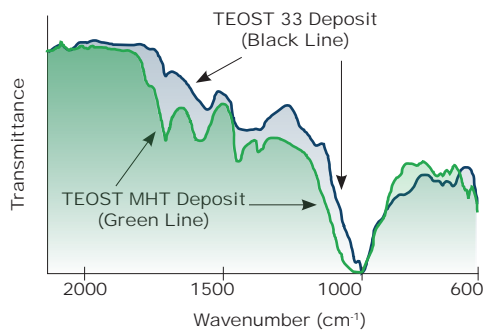
علاوه بر آن، افزودنی های آلی فلزی به کار رفته در روغن های A-F، عملکرد آنتی اکسیدانی نیز دارند. بنابراین تفاوت در نتایج روغن های A-F در تست TEOST MHT به دلیل متفاوت بودن مشخصه آنتی اکسیدانی این افزودنی ها می باشد.

به منظور بررسی بیشتر تاثیر افزودنی های آلی فلزی بر رسوبات TEOST، آنالیز SEM/EDS بر روی رسوبات انجام شد. شکل ۱، تصویر SEM رسوبات تشکیل شده روغن E در تست TEOST 33 به همراه طیف EDS این رسوبات را نشان می دهد. طیف مربوطه، حضور عناصر کلسیم، روی، فسفر و گوگرد در رسوبات را نشان می دهد. این عناصر ناشی از ZDDP و دترجنت فوق بازی کلسیم هستند که در بسته های افزودنی روغن های A-F وجود دارد. مقدار نسبی این چهار عنصر در مقایسه با تمام عناصری که در رسوبات TEOST یافت می شود، با طیف EDS محاسبه می شود.

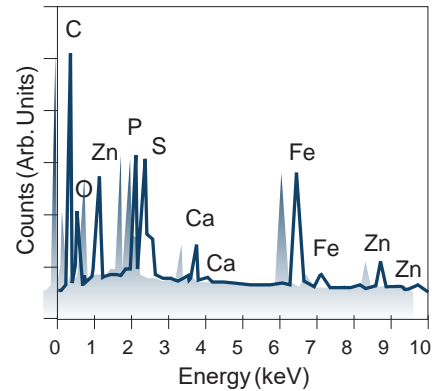
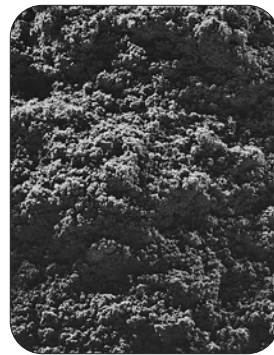
شکل ۲ طیف FTIR رسوبات TEOST 33 و TEOST MHT مربوط به روغن E را نشان می دهد. سه پیک ارتعاشی در حدود 1050 ، 1600 ، 1700 cm^{-1} واقع شده اند.

پیک 1600 cm^{-1} نشان دهنده نیتراسیون ترکیبات آلی است، در حالیکه پیک های 1050 و 1700 cm^{-1} ، اکسیداسیون ترکیبات آلی را نشان می دهد. پیک های 1600 و 1700 cm^{-1} در طیف رسوبات TEOST MHT شدیدتر از طیف رسوبات TEOST 33 هستند [۱۶-۱۸]. علاوه بر آن، پیک 1050 cm^{-1} در طیف FTIR رسوب TEOST MHT نسبت به TEOST 33، پهن تر می باشد. این تفاوت ها در طیف FTIR نشان دهنده این است که رسوبات TEOST MHT ترکیبات آلی نیتراته و اکسید شده بیشتری نسبت به رسوبات TEOST 33 دارند. (تفاوت های مشابه در طیف FTIR رسوبات TEOST مربوط به روغن های دیگر (A, B, C, D, F) نیز مشاهده شد ولی در اینجا مطرح نشده است.)

تاثیر روغن پایه بر رسوبات TEOST MHT



شکل شماره ۲. طیف FTIR رسوبات TEOST 33 و TEOST MHT حاصله از روغن E



شکل شماره ۱. تصویر SEM و آنالیز EDS رسوب روغن E در آزمون TEOST 33

جدول شماره ۳ مقدار نسبی عناصر کلسیم، روی، فسفر و گوگرد در رسوبات TEOST 33 و TEOST MHT را که توسط SEM/EDS مشخص شده است، نشان می دهد. رسوبات TEOST 33 حاوی مقادیر بالاتری از عناصر افزودنی ها نسبت به رسوبات TEOST MHT، می باشند. این موضوع، موید نتایج TGA مبنی بر وجود ترکیبات معدنی بیشتر در رسوبات TEOST 33 نسبت به TEOST MHT است. همچنین اشاره به این نکته جالب است که رسوبات TEOST MHT مربوط به روغن های D و E و F به طور قابل ملاحظه ای عناصر افزودنی کمتری نسبت به رسوبات روغن های A و B دارند. روغن های D و E و F رسوب بیشتری در مقایسه با روغن های A و B در آزمون TEOST MHT تشکیل می دهند. بنابراین مقادیر کمتر عناصر افزودنی در رسوبات تشکیل شده توسط روغن های D، E، و F، نشان دهنده این است که این روغن ها به دلیل افزایش ترکیبات آلی، رسوبات بیشتری تشکیل داده اند. این تفاوت در ساختار رسوبات TEOST MHT مربوط به روغن های D، E و F در مقابل روغن های A و B، در آنالیز TGA مشاهده نمی شود (جدول شماره ۲).

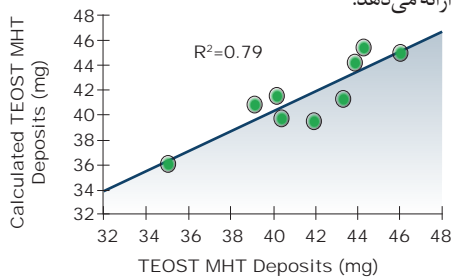
جدول شماره ۴. میزان رسوبات متشکل از روغن های با روغن پایه های متفاوت در آزمون TEOSTMHT

Oil	TEOST MHT mg of deposit	NOACK Volatility	Percent Non Cyclo Paraffins	Percent Cyclo Paraffins	Percent Aromatics in Base Oil
G	46.0	9.8	32.9	65.0	1.36
H	44.2	24.1	33.3	62.0	2.69
I	44.0	16.0	40.8	52.3	1.73
J	43.3	27.0	28.9	66.9	1.91
K	41.9	25.5	30.8	66.5	1.29
L	40.3	14.3	54.7	43.8	0.45
M	40.2	15.0	41.5	67.1	0.92
N	39.1	16.6	37.1	60.8	0.90
O	35.0	40.9	23.4	74.4	1.77

طبق آنالیزهای FTIR و TGA, SEM/EDS بر روی رسوبات TEOSTMHT روغن های A-F، این رسوبات عمدتاً هیدروکربن های اکسید شده یا ترکیبات کربنی هستند. روغن پایه، اصلی ترین منبع هیدروکربن در روانکارهاست و ساختار روغن پایه بر پایداری اکسیداسیون تاثیر گذار است. بنابراین تست های TEOSTMHT بر روی روغن های G-O که حاوی افزودنی های مشابه و روغن پایه های متفاوت هستند، انجام شد. جدول ۴، نتایج TEOSTMHT روغن های G-O، فراریت نواک و جزئیات ساختار روغن پایه های مصرفی در فرمولاسیون روغن های G-O را نشان می دهد. آنالیز رگراسیون چند خطی به منظور برقراری ارتباط بین مقادیر رسوب TEOSTMHT با ساختار روغن پایه و فراریت نواک انجام شد. شکل شماره ۳ نشان دهنده بهترین ارتباط است. این ارتباط نشان می دهد که با کاهش مواد آروماتیک کل در روغن پایه و افزایش فراریت نواک، میزان رسوب TEOST کاهش می یابد. کاهش اجزای آروماتیک در روغن پایه باعث بهبود پایداری اکسیداسیون می شود. علاوه بر این، ترکیبات آلی بسیار فرار از رسوبات TEOST خارج می شوند. بنابراین این رابطه، توضیحی منطقی برای کاهش رسوبات TEOSTMHT بر اساس خصوصیات روغن پایه ارائه می دهد.

همچنین، رسوبات تاج پیستون حاوی باقی مانده معدنی بیشتری (۶۲٪ تا ۶۷٪) نسبت به رسوبات سطح پیستون (۴۴٪ تا ۶۱٪) می باشند. جدول شماره ۲ نشان می دهد که رسوبات TEOST33 حاوی مقادیر قابل مقایسه ای از باقی مانده معدنی (۷۳٪-۵۴٪) با رسوبات Sequence IIIIG هستند. اما، رسوبات TEOSTMHT مقدار قابل توجه کمتری از باقی مانده معدنی (۲ تا ۷٪) نسبت به رسوبات TEOST33 و پیستون Sequence IIIIG دارند. آنالیز SEM/EDS رسوبات Sequence IIIIG و TEOST نشان می دهد که این باقی مانده های معدنی، ناشی از مواد افزودنی روانکار هستند. [۱۳]

شکل های شماره ۴ و ۵، طیف FTIR رسوبات TEOST33 و TEOSTMHT را در مقایسه با طیف رسوبات تاج و سطح پیستون Sequence IIIIG نشان می دهد. طبق شکل شماره ۴ رسوبات TEOST33، ترکیبات آلی اکسید شده کمتری از رسوبات Sequence IIIIG دارند (پیک های FTIR در ۱۷۰۰ و ۱۰۵۰ cm⁻¹). میزان اکسیداسیون و نیتراسیون رسوبات TEOSTMHT بیشتر از رسوبات Sequence IIIIG قابل مقایسه است (شکل شماره ۵).



شکل شماره ۳. ارتباط بین میزان رسوبات TEOSTMHT و مشخصات روغن پایه

مواد آلی و کربنی اکسید شده در آزمایش های Sequence IIIIG مربوط به نوع سوخت و روغن پایه می باشند. روی تاج پیستون مواد کربنی بیشتری وجود دارد، زیرا تاج نسبت به سطح پیستون در معرض سوخت بیشتری است. علاوه بر این، دمای بالاتر تاج باعث تبدیل مواد آلی بیشتری به ترکیبات کربنی می شود. ممکن است ترکیبات آلی و کربنی نیز از رسوبات Sequence IIIIG تبخیر شده و منجر به افزایش مقدار نسبی ترکیبات معدنی در این رسوبات شود. روغن پایه منبع اصلی ترکیبات آلی و کربنی اکسید شده در آزمایشات TEOST است. دماهای بالاتر در آزمون TEOST33 نسبت به TEOSTMHT، منجر به تبخیر ترکیبات آلی و کربنی از رسوبات TEOST33 می شود و در نتیجه مقدار مواد معدنی بیشتری در این رسوبات نسبت به رسوبات TEOSTMHT، حاصل می شود. طیف FTIR در شکل ۲ نیز نشان دهنده وجود هیدروکربن های اکسید شده کمتر در رسوبات TEOST33 است که مویز از بین رفتن ترکیبات آلی می باشد. از آنجا که در رسوبات TEOST MHT، مواد آلی اکسید شده بیشتری وجود دارد و منبع اصلی هیدروکربن نیز روغن پایه است، مشخصات روغن پایه باید مستقیماً با نتایج TEOSTMHT ارتباط داشته باشد. شکل شماره ۳ نشان می دهد که تشکیل رسوب TEOSTMHT، ارتباط مستقیمی با خصوصیات روغن پایه دارد که اهمیت پایداری روغن پایه در جلوگیری از تشکیل رسوب TEOSTMHT را تایید می کند. به طور کلی، روانکارهایی که توانایی انحلال، معلق سازی یا جلوگیری از تشکیل رسوب مواد کربنی حاصل از سوخت بر روی پیستون ها را دارند، در تست های موتور Sequence IIIIG عملکرد خوبی خواهند داشت [۱۳]. روانکارهایی با روغن پایه های با پایداری اکسیداسیون بالا یا با مواد افزودنی آنتی اکسیدانت، در آزمون TEOSTMHT عملکرد خوبی دارند. نهایتاً، با انتخاب مناسب مواد افزودنی آلی فلزی،

بحث و بررسی

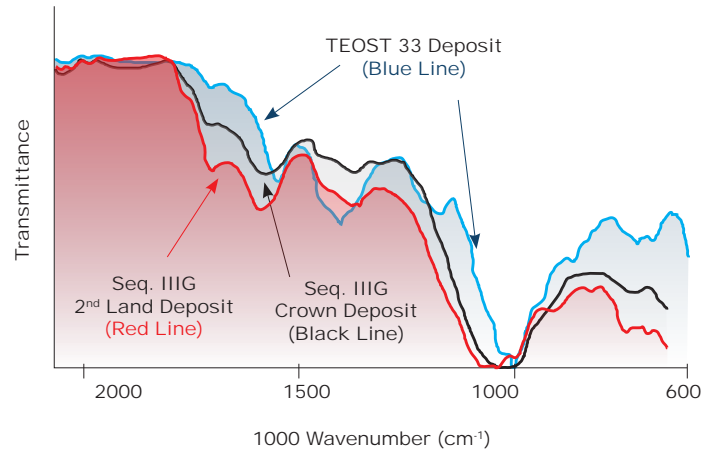
مقایسه رسوبات TEOST و Sequence IIIIG توانایی روانکارها در جلوگیری از تشکیل رسوبات، مشخصه عملکردی مهمی در روغن های موتور سواری می باشد [۱۳-۱]. بنابراین تست موتوری Sequence IIIIG، TEOST33 به روش ASTM D6335 و TEOSTMHT به روش ASTM D7097، به منظور اندازه گیری توانایی روانکارها در جلوگیری از تشکیل رسوب ایجاد شده اند. با مقایسه ساختار رسوبات تشکیل شده در این سه تست، روانکارهایی با قابلیت جلوگیری از تشکیل رسوب، توسعه داده می شوند. تحقیقات قبلی نشان داده است که رسوبات پیستون

می توان رسوبات TEOST 33 را کاهش داد.

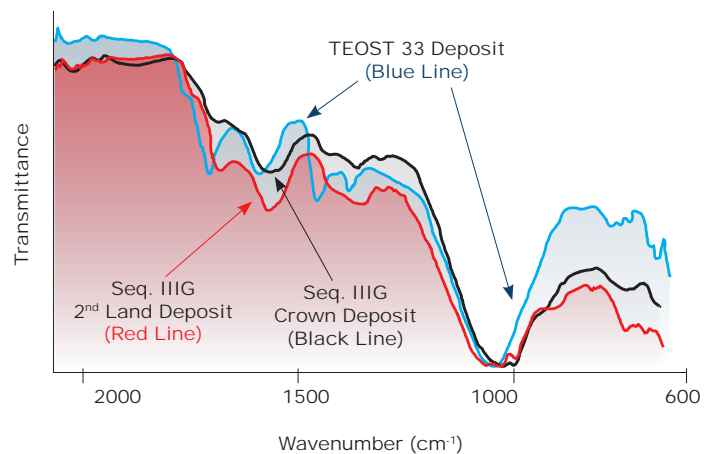
منابع:

1. S.L. Clark, R.M. Olree, P. Lang, C. Leverett and D.H. Bowden, "Development of the Sequence IIIG Engine Oil Certification Test", SAE 2004-01-2987, 2004.
2. L.K. Lakatos, R.N. Jones, S.H. Roby and D.J. Sukys, "Modeling of ASTM Sequence IIIE Piston Ring Land Deposit Formation", SAE 922293, 1992.
3. M.J. Covitch, D.T. Gundic and R.T. Graf, "Microstructure of Carbonaceous Diesel Engine Piston Deposits", Lubrication Engineering 44 (2), 1987.
4. B.L. Papke, P.L. Dahlstrom and K.L. Kreuz, "Surface Characterization of Model Lubricant-Derived Diesel Engine Piston Deposits", Lubrication Engineering 45(9), 1989.
5. J.A. McGeehan, B.J. Fontana and J.D. Kramer, "The Effects of Piston Temperature and Fuel Sulfur on Diesel Engine Piston Deposits", SAE 821216, 1982.
6. J.A. McGeehan and B.J. Fontana, "Effect of Soot on Piston Deposits and Crankcase Oils—Infrared Spectrometric Technique for Analyzing Soot", SAE 801368, 1980.
7. J-S Kim, B-S Min, D-S Lee, D-Y Oh and J-K Choi, "The Characteristics of Carbon Deposit Formation in Piston Top Ring Groove of Gasoline and Diesel Engine", SAE 980526, 1998.
8. K. L. Kreuz, "Gasoline Engine Chemistry as Applied to Lubricant Problems", Lubrication 55(6), p. 53, 1969.
9. D. Florkowski and T.W. Selby "The Development of a Thermo-Oxidation Engine Oil Simulations Test", SAE 932837, 1993.
10. T.W. Selby, J. Richardson and D.W. Florkowski, "Engine Oil Deposits and the TEOST Protocol 33 and Beyond", SAE 962039, 1996.
11. T.W. Selby, "The Development of the TEOST Protocol MHT Bench Test of Engine Oil Piston Deposit Tendency", Proceedings of the 12th International Colloquium Tribology, Technische Akademie Esslingen, Ostfildern, Germany, January 11-13, 2000.
12. A.J. Stipanovic, J.P. Schoonmaker, E.F. de Paz, J.K. Mowlem, J.E. Broas Jr. and C.Y. Thiel, "Base Oil and Additive Effects in the Thermooxidation Engine Oil Simulation Test (TEOST)", SAE 962038, 1996.
13. M. T. Devlin, R. E. Baren, R. M. Sheets, K. McIntosh, T. L. Turner and T-C. Jao, "Characterization of Deposits Formed on Sequence IIIG Pistons", SAE 2005-01-3820, 2005.
14. V.J. Gatto, M.A. Grina, H. T. Ryan, "The Influence of Chemical Structure on the Physical and Performance Properties of Hydrocracked Basestocks and Polyalphaolefins", Proceedings of the 12th International Colloquium Tribology, Technische Akademie Esslingen, Ostfildern, Germany, January 11-13, 2000.
15. I. Dzidic, H.A. Petersen, P.A. Wadsworth and H.V. Hart, "Townsend Discharge Nitric Oxide Chemical Ionization Gas Chromatography/Mass Spectrometry for Hydrocarbon Analysis of the Middle Distillates", Analytical Chemistry, 64, 2227, 1992.
16. R.M. Silverstein and F.X. Webster, "Spectrometric Identification of Organic Compounds", John Wiley and Sons, Inc., New York, 1998.
17. R.A. Nyquist and R.O. Kagel, "Infrared Spectra of Inorganic Compounds", Academic Press Inc., New York, 1971.
18. Geach, A., "Infrared Analysis as a Tool for Assessing Degradation in Used Engine Oils", www.wearcheck.ca/literature/techdoc/WZA002.htm, 1997.

نتیجه گیری



شکل شماره ۴. طیف FTIR رسوبات TEOST 33 و Seq. IIIG



شکل شماره ۵. طیف FTIR رسوبات TEOST MHT و Seq. IIIG

به دلیل تفاوت در دماهای عملیاتی TEOST MHT و TEOST 33، ساختار رسوبات تشکیل شده در این آزمون‌ها متفاوت است. ترکیبات آلی و کربنی بیشتری در رسوبات TEOST MHT نسبت به TEOST 33 وجود دارد. ترکیبات آلی در رسوبات TEOST MHT نسبت به رسوبات TEOST 33 بیشتر اکسید می‌شوند. نهایتاً، باقی مانده معدنی بیشتری در TEOST 33 نسبت به رسوبات TEOST MHT وجود دارد که این ترکیبات معدنی ناشی از مواد افزودنی آلی فلزی است. این تفاوت‌های ساختاری در رسوبات TEOST به این معنی است که روش‌های مختلفی به منظور کنترل رسوبات در این آزمون‌ها وجود دارد. رسوبات TEOST MHT را می‌توان با فرموله کردن روانکارها با روغن پایه‌هایی با پایداری اکسیداسیون بالا یا با مواد افزودنی آنتی‌اکسیدان کاهش داد. همچنین رسوبات TEOST 33 را می‌توان با انتخاب مناسب مواد افزودنی آلی فلزی کاهش داد.

پلیمر های HSD برای
اولین بار در اوایل دهه
۱۹۷۰ میلادی به بازار
معرفی شدند. شرکت
Shell و شرکت
Phillips Petroleum
از پیشگامان تولید
این نوع پلیمر بودند.
این پلیمر ها علاوه
بر افزایش گرانروی
و شاخص گرانروی،
خواصی مانند جلوگیری
از افزایش گرانروی
ناشی از دوده، تمیز
نگه داشتن پیستون ها
و جلوگیری از
رسوب گذاری را نیز در
روغن ایجاد می کردند.

Hydrogenated Styrene Diene Co-polymers

بررسی جامع کوپلیمرهای HSD



امیرحسین تقفی

 کارشناس فنی گروه
صنعتی بازرگانی افزون

این مقاله در باب بررسی بالابرنده های شاخص گرانیروی از نوع HSD است. از بالابرنده های گرانیروی ستاره ای رایج در بازار می توان به فرآورده های شرکت Infineum با کد تجاری SV مانند SV150 و SV260 اشاره کرد.

۲.۲- تاریخچه پلیمر های HSD
پلیمر های HSD برای اولین بار در اوایل دهه ۱۹۷۰ میلادی به بازار معرفی شدند. شرکت Shell و شرکت Phillips Petroleum از پیشگامان تولید این نوع پلیمر بودند. این پلیمر ها علاوه بر افزایش گرانیروی و شاخص گرانیروی، خواصی مانند جلوگیری از افزایش گرانیروی ناشی از دوده، تمیز نگه داشتن پیستون ها و جلوگیری از رسوب گذاری را نیز در روغن ایجاد می کردند.
در سال ۲۰۰۱ میلادی شرکت Infineum پیشنهاد داد که می توان از یک پلیمر کوتاه زنجیر دو بلوکی استایرن و ایزوپرن هیدروژنه شده^۳ به عنوان متفرق کننده^۴ استفاده کرد.

۱- مقدمه

در شماره دهم مجله افزون روان مقاله ای راجع به بررسی و مقایسه شاخص پایداری برشی پلیمر های ستاره ای ارائه گردید و در آن خواص افزایش گرانیروی ناشی از انحلال پلیمر^۱ و شاخص پایداری برشی^۲ این نوع بالابرنده شاخص گرانیروی و همچنین مقایسه این نوع پلیمر با پلیمر های OCP مورد بحث و بررسی قرار گرفت. این مقاله به بررسی این پلیمر از سایر جنبه های مشخصات فنی پرداخته است و سعی بر توضیح و بررسی شاخصه های مهم و کلیدی این پلیمر دارد.

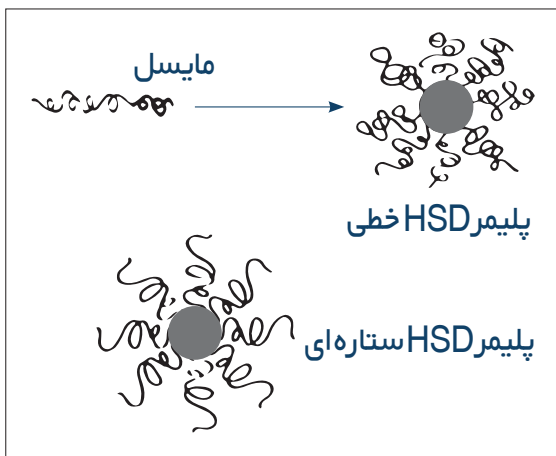
۲- کوپلیمر های ستاره ای بالابرنده شاخص گرانیروی

روغن های چند درجه ای در اوایل دهه ۱۹۳۰ میلادی وارد بازار شدند. به کمک انحلال پلیمر ها در روغن و در نتیجه تغییر خواص رئولوژیکی آن، امکان استفاده از یک روغن واحد در هوای تابستانی و زمستانی میسر شد.
بالابرنده های شاخص گرانیروی از نظر ساختار شیمیایی به سه دسته ی زیر تقسیم می شوند.

- پلیمر های OCP (Olefin Copolymer)
- پلیمر های PMA (PolyMethacrylate)
- پلیمر های (Hydrogenated Styrene-Diene Copolymer) HSD



از بالابرنده های
گرانیروی ستاره ای
رایج در بازار می توان
به فرآورده های
شرکت Infineum با
کد تجاری SV مانند
SV150 و SV260
اشاره کرد



شکل شماره ۱. پلیمرهای HSD خطی و ستاره‌ای

در سال ۲۰۰۶ میلادی شرکت Lubrizol چندین پلیمر کوچک دو بلوکی استایرن - بوتادین هیدروژنه شده با وزن مولکولی بین ۱۰/۰۰۰ گرم بر مول و درصد پلی استایرن بین ۵٪ تا ۴۵٪ تولید کرد که برای جلوگیری از افزایش گرانی ناشی از دوده بسیار کارآمد بود. پلیمرهای HSD به دو شکل جامد و محلول در بازار عرضه می‌شوند. به این علت که انحلال پلیمر در روغن پایه به دما و زمان زیادی نیاز دارد، معمولاً برای تولید محصول در صنعت به جهت کاهش زمان تولید، از محلول ۵ تا ۲۰ درصد از پیش تهیه شده‌ی پلیمر در روغن پایه معدنی (به دلیل راحت حل شدن این پلیمرها در روغن پایه معدنی) استفاده می‌شود.

۲.۳- انواع HSD ها

پلیمرهای HSD به دو نوع خطی و ستاره‌ای ساخته می‌شوند. نوع خطی HSD ها به گونه ای طراحی می‌شوند تا بعد از حل شدن در روغن، با توجه به ناطبسی بودن روغن پایه، بلوک های استایرن چند زنجیر خطی به یکدیگر نزدیک شوند و تشکیل مایسل دهند و شکل ستاره به خود بگیرند. نوع ستاره ای به گونه ای تولید شده است که هسته ستاره به کمک پیوند شیمیایی شکل گرفته است. جرم مولکولی، ماهیت و ساختار زنجیر پلیمر مستقیماً روی افزایش گرانی ناشی از انحلال پلیمر و پایداری برشی تاثیر می‌گذارد. (شکل شماره ۱)

۲.۴- افت موقت و دائمی گرانی

روغن حاوی پلیمرهای بالابرنده شاخص گرانی، رفتار غیر نیوتونی دارد. سیالات غیر نیوتونی در هر نرخ برش معین، گرانی معین دارند. همچنین سیالات حاوی پلیمر ممکن است دچار افت موقت گرانی شوند. با توجه به این که زنجیرهای یک پلیمر بالابرنده گرانی در حالت محلول در روغن آزادی حرکت دارند، با اعمال تنش، حجم هیدرودینامیکی پلیمر تا یک تنش برشی مشخصی به طور موقت افت می‌کند. افت موقت به این معناست که پلیمر توانایی بازیابی حالت اولیه و تعادلی (رفتار الاستیک) خود را دارد. اگر تنش برشی از آن مقدار بحرانی بیشتر شود، زنجیر دچار شکست و

پلیمرهای HSD به دو نوع خطی و ستاره‌ای ساخته می‌شوند. نوع خطی HSD ها به گونه ای طراحی می‌شوند تا بعد از حل شدن در روغن، با توجه به ناطبسی بودن روغن پایه، بلوک های استایرن چند زنجیر خطی به یکدیگر نزدیک شوند و تشکیل مایسل دهند و شکل ستاره به خود بگیرند. نوع ستاره ای به گونه ای تولید شده است که هسته ستاره به کمک پیوند شیمیایی شکل گرفته است

در نتیجه افت گرانی دائمی می‌شود. برای بررسی افت موقت گرانی، آزمون گرانی HT/HS^۵ طراحی شده است. شاخص پایداری برشی (SSI) عددی بدون بعد است که توسط آزمون ASTM D6278 اندازه گیری می‌شود و نشان دهنده ی افت دائمی گرانی بر اثر تنش برشی است. شاخص پایداری برشی توسط فرمول زیر محاسبه می‌شود.

$$SSI = \frac{(Vis. fresh - Vis. sheared)}{[Vis. fresh - Vis. (base + package additive)]} \times 100$$

عدد بدست آمده از فرمول بالا به آن معناست که بعد از اعمال تنش روی روغن، چند درصد از گرانی حاصل از انحلال پلیمر (در دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد) از بین رفته است. به عنوان مثال اگر SSI یک روغن برابر ۴۰ باشد به این معناست که پس از اعمال تنش، ۴۰ درصد گرانی حاصل از انحلال پلیمر در روغن از بین رفته است. هر چه پایداری یک پلیمر در برابر تنش برشی بیشتر باشد، به معنای آن است که عدد شاخص پایداری برشی کوچک تر است. اگر واحد تکرار شونده دو پلیمر یکی باشند، هر چه جرم مولکولی زنجیره پلیمر بیشتر باشد، به معنی طولانی تر بودن زنجیر است و هر چه زنجیر طولانی تر باشد، احتمال ایجاد شکست در پلیمر بیشتر می‌شود. می‌توان اینطور گفت که هر چه جرم مولکولی بیشتر شود، SSI نیز بیشتر می‌شود (SSI ∝ M_w).

۲.۵- تولید محلول غلیظ از HSD ها

پلیمرهای HSD جامد به صورت دانه های ریز و قالب گیری شده به بازار عرضه می‌شوند. به دلیل زمانبر بودن انحلال پلیمرهای HSD در روغن پایه، پیش از استفاده آن در روغن موتور، محلول غلیظ ۵ تا ۲۰ درصد وزنی از آن ها تهیه می‌شود. اگر پلیمر مورد نظر به صورت قالبی باشد، ابتدا آن را به قسمت های کوچک جهت افزایش سطح تماس پلیمر با روغن و در نتیجه افزایش سرعت انحلال تقسیم می‌کنند. در صورتی که امکان انحلال پلیمر در روغن در حضور گاز

HSD های دو بلوکی به روش پلیمریزاسیون آنیونیک سنتز می شوند. پلیمریزاسیون آنیونیک باعث ایجاد منحنی توزیع وزن مولکولی باریک تری می شود. پلیمرهای ستاره ای نیز از به هم چسبیدن HSD های دو بلوکی تشکیل می شوند و در نتیجه با توجه به اینکه وزن مولکولی بازوها (هر بازو توسط پلیمریزاسیون آنیونیک سنتز شده است و می توان گفت که تمام بازوها مشابه یکدیگرند) و تعداد بازوها (توسط پلی فانکشنال مهندسی می شود) تقریباً در تمام مولکول های آن ها برابر است، پلیمرهای HSD ستاره ای نیز دارای توزیع وزن مولکولی باریکی هستند

صورتی که شاخص پایداری برشی نیز با افزایش جرم مولکولی افزایش می یابد. در پلیمر ستاره ای وزن مولکولی به قدری بالا می رود که بتواند تاثیر خوبی روی گرانیروی بگذارد و در مقایسه با پلیمرهای OCP قابلیت پویایی بیشتری داشته باشد. در نتیجه زنجیرهای پلیمر HSD بهتر از زنجیرهای OCP از تنش های مکانیکی فرار می کنند و شاخص پایداری برشی پایین تری دارند. این امر برای پلیمرهای HSD دو بلوکی بسیار بیشتر از پلیمر HSD ستاره ای و OCP صادق است به گونه ای که بر اثر اعمال تنش، مایسل تشکیل شده توسط زنجیرهای پلیمر پراکنده شده و پس از اتمام تنش اعمالی دوباره مایسل تشکیل می شود. (شکل شماره ۳)

معمولاً از HSD های با SSI کمتر از ۳۰ استفاده می شود. علت این موضوع این است که در HSD هایی که SSI بالای ۳۰ دارند، برتری ناچیزی نسبت به OCP های آمورف دارند و نسبت به OCP های نیمه بلورین با SSI یکسان، ضعیف تر عمل می کند. با وجود آن که معمولاً قیمت HSD ها از OCP ها بالاتر است، استفاده از HSD هایی که SSI بالای ۳۰ دارند، توجیه اقتصادی ندارد.

نیتروزن وجود داشته باشد، اکسایش روغن پایه در حین انحلال به شدت کاهش می یابد. هر چه هم وزن^۷ با سرعت بالاتری کار کند، تنش وارده به پلیمر نیز بیشتر می شود و باعث زود تر حل شدن پلیمر می شود. کاهش زمان انحلال پلیمر در روغن به علت بالا بودن دمای انحلال، تاثیر زیادی در کاهش اکسید شدن روغن پایه دارد.

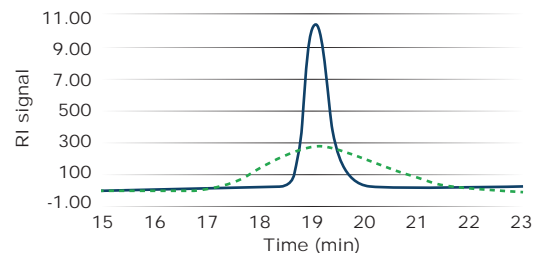
۳ خواص مختلف پلیمرهای HSD

۳.۱- توزیع وزن مولکولی

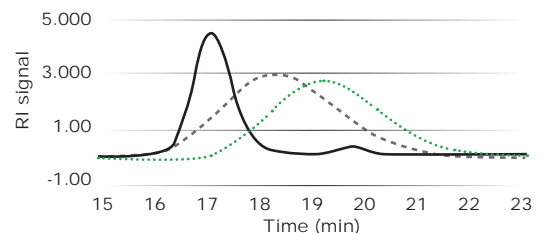
HSD های دو بلوکی به روش پلیمریزاسیون آنیونیک سنتز می شوند. پلیمریزاسیون آنیونیک باعث ایجاد منحنی توزیع وزن مولکولی باریک تری می شود. پلیمرهای ستاره ای نیز از به هم چسبیدن HSD های دو بلوکی تشکیل می شوند و در نتیجه با توجه به اینکه وزن مولکولی بازوها (هر بازو توسط پلیمریزاسیون آنیونیک سنتز شده است و می توان گفت که تمام بازوها مشابه یکدیگرند) و تعداد بازوها (توسط پلی فانکشنال مهندسی می شود) تقریباً در تمام مولکول های آن ها برابر است، پلیمرهای HSD ستاره ای نیز دارای توزیع وزن مولکولی باریکی هستند. (شکل شماره ۲)

۳.۲- تناسب بین شاخص پایداری برشی و افزایش گرانیروی ناشی از انحلال پلیمر

تناسب بین این دو شاخص به علت این که خلاف جهت یکدیگر حرکت می کنند، بسیار اهمیت دارد. افزایش گرانیروی ناشی از انحلال پلیمر با افزایش جرم مولکولی پلیمر افزایش می یابد. در

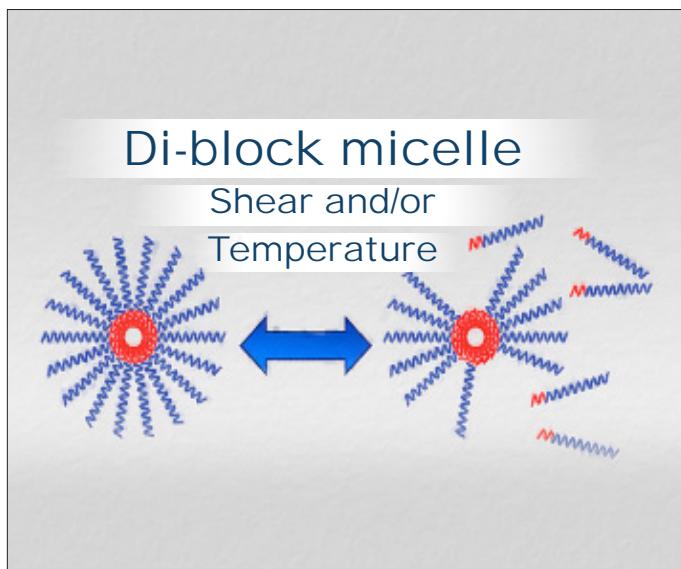


(a) --- 25 SSI OCP — HSD diblock (anionic polymerization)



(b) 25 SSI OCP — 25 SSI HSD star --- 50 SSI OCP

شکل شماره ۳. پراکنده شدن موقت زنجیرهای دو بلوکی HSD



شکل شماره ۲. توزیع وزن مولکولی توسط کروماتوگرافی ژل تراوشی^۸

VM Chemistry	HSD Star	A-OCP	SC-OCP
VM SSI	25	25	25
SAE viscosity grade	15W-40	15W-40	15W-40
Additive technology	APICI-4	APICI-4	APICI-4
Base oil	API Group II	API Group II	API Group II
Solid VM treat (%)	0.7	0.94	0.77
KV100, CST	15.17	15.14	15.14
CCS at -20°C (CP)	5320	6297	5845
HTHS at 150°C (CP)	3.92	4.18	4.03
Noack volatility (%)	9.8	9.7	9.6
VM SSI	50	50	50
SAE viscosity grade	5W-30	5W-30	5W-30
Additive technology	APISN	APISN	APISN
Base oil	API Group II/III	API Group II/III	API Group II/III
Solid VM treat (%)	0.59	0.59	0.25
KV100, CST	10.42	10.4	10.38
CCS at -30°C (CP)	5854	5898	5823
HTHS at 150°C (CP)	2.94	3.01	3.01

جدول شماره ۱. نتایج آزمون روغن موتور

سوخت^{۱۰}، طراحان روغن سعی می کنند تا HT/HS روغن نهایی را تا جایی که جدول SAE J300 مجاز می داند پایین بیاورند. با توجه به این که سیاست جهانی به افزایش بازده سوخت تمایل دارد، تولید کنندگان تجهیزات اصلی (Original Equipment Manufacturer) به سمتی حرکت می کنند تا موتور هایی طراحی

۳.۳- بررسی گرانیروی های مختلف^۹ پلیمر های HSD

طیف گسترده ای از روغن های چند درجه ای مثل روغن موتور خودرو های سنگین و سواری به دلیل بزرگ بودن کسر TP/SSI از پلیمر های HSD ساخته می شوند. خواص مرتبط با گرانیروی روغن های مختلف که فرمولاسیون آنها بجز پلیمر مورد استفاده از هر لحاظ مشابه هستند، در زیر بررسی می شود. در هر جدول شاخص پایداری برشی پلیمر ها برابر یکدیگرند و فقط از نظر ساختار شیمیایی با یکدیگر متفاوتند.

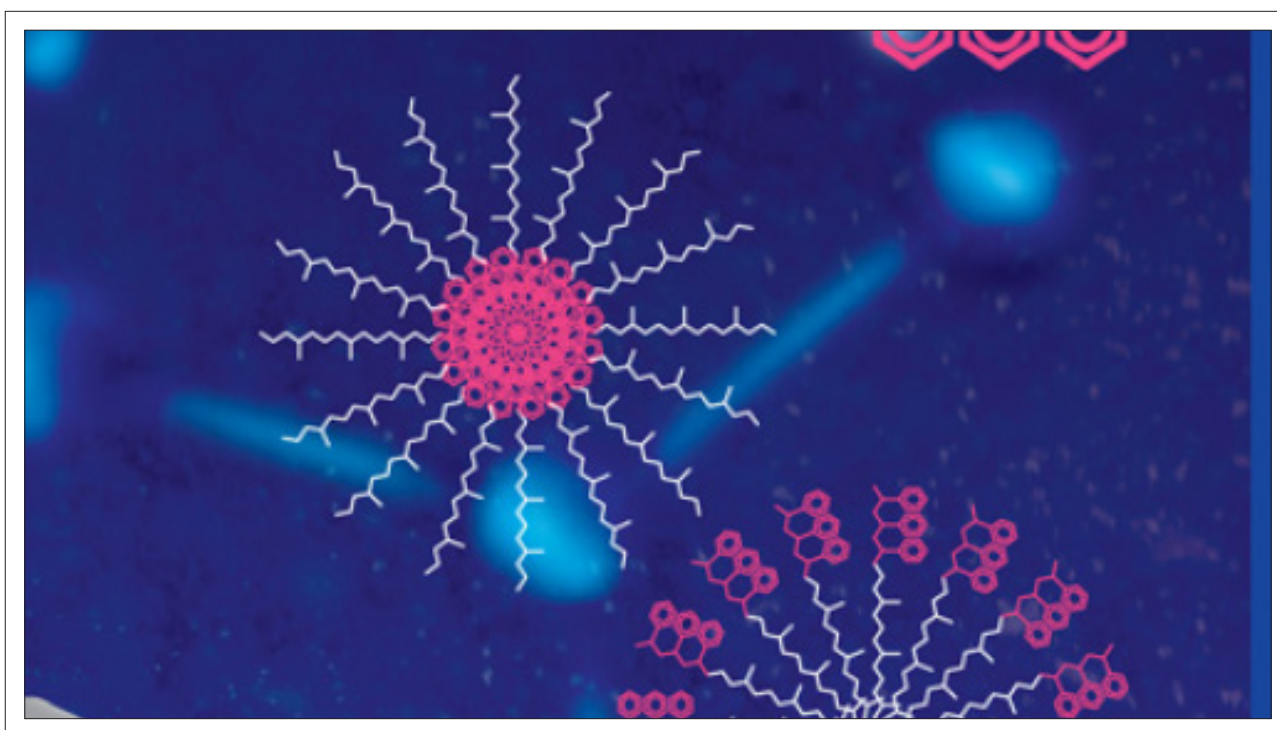
همانطور که در جدول شماره ۱ مشاهده می کنید پلیمر HSD با شاخص پایداری برشی ۲۵ از نظر خواص مورد ارزیابی شده بهتر از دو نوع پلیمر OCP است. اما پلیمر HSD با شاخص پایداری برشی ۵۰ نسبت به پلیمر SC-OCP ضعیف تر است.

۳.۳.۱- CCS (Cold-Cranking Simulator)

یکی دیگر از خواص مفید HSD ها، تاثیر گذاری کمتر نسبت به انواع دیگر پلیمر های بالا برنده شاخص گرانیروی، روی گرانیروی CCS است. این شاخص به طراح روغن کمک می کند تا بتواند روغن پایه سنگین تری در فرمولاسیون خود به جهت کاهش فراریت روغن استفاده کند و همچنین شرایط بهتری را برای شروع به کار کردن موتور در هوای سرد ایجاد می کند.

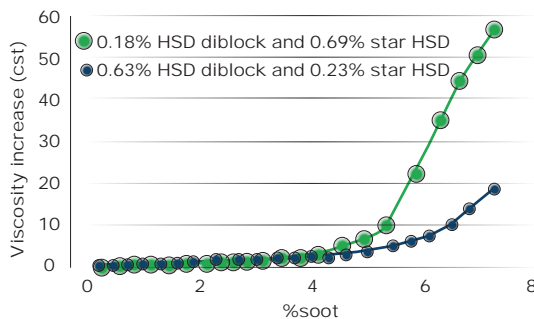
۳.۳.۲- HT/HS (High-Temperature High Shear) Viscosity @ 150 C°

این شاخص تاثیر بسیار مهمی بر روی جلوگیری از ایجاد سایش دارد. به همین دلیل در گذشته HT/HS پایین به عنوان یک شاخص مضر شناخته می شد. اخیرا با مطرح شدن بحث کارایی



نوع روغن پایه و پایین آورنده نقطه ریزش بسیار کمتر از پلیمر های OCP نیمه بلورین^{۱۸} است. علت حساسیت پلیمر های OCP نیمه بلورین، وجود شبکه های بلور است که مونومر های اتیلن به صورت کشیده شده آن ها را تشکیل داده اند و استعداد نوبلور شدن با واکس موجود در روغن پایه و پایین آورنده نقطه ریزش را دارند. پلیمر های HSD به علت این که تمایل به تشکیل کریستال با واکس های موجود در روغن پایه را ندارند (به دلیل ممانعت فضایی شاخه جانبی بلوک دی ان)، به طراح فرمولاسیون روغن این امکان را می دهند تا این نوع پلیمر را به عنوان یک ماده بی اثر در پمپ شدن روغن در دمای پایین در نظر بگیرد.

۳.۴.۲- معلق نگه داشتن دوده^{۱۹} توسط پلیمر های HSD دو بلوکی



شکل شماره ۳. مقایسه افزایش گرانیرو ناشی از دوده توسط آزمون Mack T-11 در دو نمونه با درصد مصرف متفاوت HSD های ستاره ای و دو بلوکی

مونومر های استایرن قابلیت جذب ذرات دوده را به پلیمر می دهند. سطح ذرات دوده تا حد زیادی دارای ساختار شیمیایی آروماتیک است. این امر باعث جذب سطحی دوده توسط بلوک استایرن می شود و بلوک دیگر زنجیر از تجمع دوده ها جلوگیری می کند. در نتیجه HSD های دو بلوکی می توانند مقداری دوده را با خود حمل کنند و مانع افزایش گرانیرو ناشی از دوده شوند که این قابلیت با طول بلوک استایرن در پلیمر رابطه مستقیم دارد. در شکل شماره ۳ قابلیت ممانعت از افزایش ویسکوزیته روغن در مقابل افزایش درصد دوده برای دو پلیمر HSD داده شده است.

نتیجه گیری

به علت قابلیت کنترل ساختار شیمیایی پلیمر های HSD، می توان خواص مختلفی نظیر معلق نگه داشتن دوده، پایداری برشی و خواص دیگری را مطابق با خواسته و نیاز در آن ها ایجاد کرد. این گروه از پلیمر ها می توانند با درصد مصرف کمتر از انواع دیگر بالا برنده های شاخص گرانیرو روغن را به خواص مطلوب برسانند. به همین علت این پلیمر ها برای تولید روغن موتورهای با کیفیت که بر کاهش درصد مصرف پلیمر در آن ها تاکید می شود، بسیار مناسب هستند.

کنند که برای روانکاری به روغن های سبک نیاز داشته باشند تا هدر رفت انرژی کاهش یابد. روغن خودرو های سنگین با کیفیت بالا معمولاً با بالا برنده گرانیرو HSD طراحی می شوند. در جدول شماره ۲ نتیجه مقایسه سه پلیمر HSD در طراحی روغن موتور سنگین دیزلی آورده شده است. هر سه نمونه در ویسکوزیته HT/HS برابر با ۳/۹ cP، طراحی شده اند. هر دو پلیمر HSD دو بلوکی دارای شاخص پایداری برشی ۱۰ هستند. تفاوت آن ها در بلوک Hydrogenated Diene است که باعث تغییرات به وجود آمده در خواص وابسته به گرانیرو محصول شده است.

بلوک دی ان یک (HSD Diblock 1)، ۴-۱ ایزوپرن^{۱۱} و بلوک دی ان دو (HSD Diblock 2)، ۲-۱ بوتادی ان^{۱۲} است. پلیمر HSD Diblock 1 دارای استخلاف متیل و HSD Diblock 2 دارای استخلاف اتیل است. این شاخه های جانبی کوچک، تاثیر زیادی روی افزایش گرانیرو ناشی از انحلال پلیمر ندارند اما با توجه به داده های جدول زیر می توان گفت که هر چه شاخه جانبی بزرگ تر باشد، افزایش گرانیرو ناشی از انحلال آن کمتر است و در نتیجه برای رسیدن به یک گرانیرو مشخص، به مقدار بیشتری از آن پلیمر نیاز است. علت این تفاوت در افزایش گرانیرو ناشی از انحلال پلیمر، تفاوت در اندازه زنجیره کوئل^{۱۳} پلیمر (حجم هیدرونیامیکی) است و برای پلیمری که با بلوک دی انی ایزوپرن سنتز شده است، به علت وجود شاخه جانبی متیل، بزرگ تر است و در نتیجه تاثیر بیشتری روی گرانیرو دارد. با وجود این که برای رسیدن به یک گرانیرو مشخص HSD Diblock 2 درصد مصرف بالاتری نسبت به HSD Diblock 1 دارد، به علت ارزان تر بودن مواد اولیه، تولید آن مقرون به صرفه تر است.

VM Chemistry	HSD Star	HSD Diblock1	HSD Diblock2
VMSSI	5	10	10
SAE viscosity grade	10W-40	10W-40	10W-40
Additive technology	ACEAE4	ACEAE4	ACEAE4
Base oil	API Group III	API Group III	API Group III
Solid VM treat (%)	0.66	0.76	0.92
KV100 (CST)	13.4	13.9	13.2
CCS at -25°C (CP)	5550	6550	5980
HTHS at 150°C (CP)	3.9	3.9	3.9

جدول شماره ۲

۳.۴- مشخصات عملکردی پلیمر های HSD

۳.۴.۱- تعامل میان پلیمر بالا برنده شاخص گرانیرو با روغن پایه و پایین آورنده نقطه ریزش

با این که مهم ترین ویژگی یک پلیمر بالا برنده گرانیرو، قدرت تغلیظ کنندگی و شاخص پایداری برشی آن است، ویژگی های دیگری مانند قابلیت پمپ شدن روغن حاوی پلیمر در دمای پایین^{۱۴} مطابق با استاندارد ASTM D4684 نیز اهمیت زیادی دارد. همچنین میزان سازگاری پلیمر های بالا برنده های گرانیرو با روغن پایه و مواد افزودنی مختلف مانند پایین آورنده نقطه ریزش نیز بسیار اهمیت دارد. ناسازگاری این مواد با یکدیگر می تواند منجر به ناپایداری فازی^{۱۵} و تشکیل ساختارهای ناهمگن در دماهای پایین شود. این امر می تواند باعث افزایش گرانیرو و در برخی موارد ایجاد تنش تسلیم^{۱۶} برای حرکت روغن شود. سازگاری فازی^{۱۷} پلیمر ها با دیگر اجزای روغن، به قسمت اتیلنی ساختار آن ها نسبت داده شده است که در پلیمر های HSD این تعامل به کمک شاخه های جانبی قسمت دی ان آن ایجاد می شود. این استخلاف ها باعث ایجاد ممانعت فضایی برای تشکیل کریستال های واکس موجود در روغن پایه با زنجیر پلیمر می شود. با توجه به توضیحات بالا حساسیت پلیمر های HSD مانند پلیمر های OCP آمورف به



مراجع و منابع

- [1] Rhodes R.B., Handlin D.L., Stevens C.A., Star polymer viscosity index improver for oil compositions, US 5460739, October 24, 1995.
- [2] Briggs S., Chu C., Viscosity index improvers for lubricating oil compositions, US7163913, January 16, 2007.
- [3] Rhodes R.B., Stevens C.A., Asymmetric triblock copolymer viscosity index improver for oil compositions, CA2155686 C, March 21, 2006.
- [4] Rhodes B.R., Polymeric viscosity index additive and oil composition comprising the same, US Patent 4,900,875, February 13, 1990.
- [5] Johnson M.M., Schiff S., Streets W.L., Viscosity index improvers, US 3554911, January 12, 1971.
- [6] Anderson W., Block copolymers as viscosity index improvers for lubricating oils, US 3763044, October 2, 1973.
- [7] Olson D.H., Handlin D.L., Polymeric viscosity index improver and oil composition comprising the same, US 4788361, November 29, 1988.
- [8] INSIGHT FROM INFINEUM INTERNATIONAL LIMITED, The diblock advantage, September 14, 2016.

AP 7217A

نوع محصول: بسته افزودنی مناسب گریس EP
کاربرد:

بسته افزودنی فشار پذیر گریس

مزایا:

این محصول یک بسته افزودنی است که برای ساخت گریسهای EP مورد استفاده قرار می گیرد. یکی از ویژگیهای مهم این بسته افزودنی بوی کم و کنترل شده آن است. ضمناً این محصول برای انواع گریسهای لیتیومی کلسیمی، لیتیوم کمپلکس، آلومینیوم کمپلکس و پلی اوره با درصد مصرف مقرون به صرفه قابل کاربرد است. خواص ضد سایش، ضد اکسیداسیون و ضد خوردگی از سایر مزایای این بسته افزودنی است.

HITEC® 11458

نوع محصول: بسته افزودنی روغن موتور بنزینی
کاربرد:

مناسب جهت تولید روغن موتورهای بنزینی با الزامات **API SP** و **ILSAC GF-6**

مزایا:

این محصول الزامات مورد نیاز جدیدترین طراحی های موتورهای توربوشارژر مجهز به سیستم تزریق مستقیم سوخت (TGDI) و موتورهای معمولی (غیر TGDI) را فراهم کرده و از آنها در برابر پدیده پیش احتراق موسوم به LSPI محافظت می کند. همچنین این کالا خصوصیات بسیار عالی از جمله محافظت در برابر سایش زنجیر تایمینگ، بهبود تمیزی پیستون، صرفه جویی در مصرف سوخت، کنترل لجن و سایش را برای روغن های مدرن به ارمغان می آورد.

توسعه پایدار، نیازهای حال حاضر را بدون اینکه توانایی نسل های آینده در رفع نیازهای خود را به خطر بیندازد، تأمین می کند. مؤلفه های اصلی Sustainability محیط زیست، اجتماع و اقتصاد هستند.

