

دنده ها اجزایی مکانیکی هستند که شامل انتقال دهنده‌ها، گردنده‌ها و افزایش دهنده‌های قدرت می‌باشند. هدف از روانکاری دنده‌ها و استفاده از روغن دنده، جلوگیری از لغزش بین داندانه‌ها و جدا نگهداشتن سطوح فلزی که روی یکدیگر حرکت می‌کنند، کاهش ضریب اصطکاک و سایش، ممانعت از خوردگی، جلوگیری از افزایش دما (بر اثر اصطکاک لغزشی - غلتشی)، کاهش سروصدا در حین کار، تعویض راحت دنده در درجه‌حرارت‌های پایین، بهبود انتقال حرارت، فراهم‌آوردن شرایط نرم و آسان برای انتقال قدرت توسط دنده‌ها و افزایش طول عمر دنده‌ها است.

تشکیل یک لایه‌ی روغن بر روی سطوح تماس دندانه‌های دنده باعث به حداقل رسیدن و یا جلوگیری از تماس خشک فلز - فلز می‌شود. همه‌ی روغن دنده‌ها باید دارای ویژگی‌هایی مانند فشارپذیری بالا، سازگاری با کاسه‌نمدها، خاصیت جلوگیری از زنگ‌زدگی و در موارد کاربرد هایی غیر صنعتی دارای ویژگیهای تعویض راحت دنده، خاصیت انتقال نیرو و روانکاری باشند

مشخصات عمومی روانکار در کاربرد در انواع دنده ها شامل موارد ذیل است:

- گرانروی مناسب: روغن دنده باید دارای گرانروی مناسب برای تشکیل یک لایه‌ی پایدار روغن در یک سرعت و درجه‌حرارت مشخص باشد. گرانروی یکی از اساسی‌ترین ویژگی‌ها برای اطمینان از ایمنی دنده‌ها و کارکرد بدون صدای آنها می‌باشد. گرانروی مناسب در درجه‌حرارت عملکرد تضمینی بر توزیع روغن به تمام سطوح و تشکیل لایه‌های روغن در سرعت‌ها و فشارهای موجود می‌باشد.

- خواص ضدزنگ و ضدخوردگی: خاصیت ضدزنگ برای محافظت سطوح فلزی در برابر زنگ‌زدگی است. روغن دنده‌ها نباید خورنده باشند، بلکه باید از خوردگی شیمیایی سطوح فلزی جلوگیری کنند. به منظور جلوگیری از خوردگی و مخلوط‌شدن مواد حاصل از زنگ‌زدگی و خوردگی با روغن، روانکار و محیط روانکاری باید از نظر شیمیایی خنثی باشند.

- پایداری در برابر کف کردن (جلوگیری از تشکیل کف): از آنجا که در صورت تلاطم و هم‌خوردن روانکار و در نتیجه ایجاد کف در روغن، لایه‌ی روغن مناسب و خوبی بر روی دندانه‌ها و دنده تشکیل نمی‌شود، بنابراین ضدکف بودن از نیازهای بسیار مهم و اصلی روانکار است. این ویژگی از تشکیل مقادیر بیش از حد کف در مخازن و جعبه‌دنده‌ها جلوگیری می‌کند.

• آبریزی: از آنجا که رطوبت موجود در محیط اطراف سیستم دنده به هنگام پایان کار دنده‌ها تمایل به میعان دارند، از این رو روانکار باید توانایی جداسازی و دفع آب و یا رطوبت را داشته باشد. روغن باید دارای قدرت جداسازی سریع از آب و حفاظت در برابر تشکیل امولسیون داشته باشد.

• حفاظت سطوح در برابر خراش: روغن دنده باید مانع خراشیدگی سطوح دندانه‌های تحت فشار و بار زیاد شود.

• جلوگیری از سایش سطوح: این ویژگی در روانکار موجب کاهش سایش، آسیب دیدن و از کار افتادن زود هنگام دنده‌ها می‌شود.

• پایداری و استحکام لایه: این ویژگی در روغن امکان استفاده از آنرا برای مدت طولانی‌تری فراهم می‌کند.

• روان‌سازی: این ویژگی در کاهش اصطکاک مؤثر است.

• چسبندگی: چسبندگی روغن دنده از هدر رفتن روغن در اثر نیروی گریز از مرکز در سرعت‌های بالا جلوگیری می‌کند.

• سازگاری با کاسه‌نمدها و آب بندها: سازگاری روغن دنده با کاسه‌نمدها، از امکان واکنش یا تخریب روغن و کاسه‌نمد جلوگیری می‌کند.

## آنالیز روغن

امروزه در بسیاری از شرکتها، تلاش بر این است تا اطلاعات جامع‌تری از تجهیزات را بصورت طبقه بندی شده در اختیار داشته باشند و با کنترل اطلاعات و شرایط لازم از بوجود آمدن توقف‌های غیر منتظره جلوگیری کنند. با توسعه تکنولوژی و پیشرفت صنایع، کنترل تجهیزات ماشین‌آلات و روانکارها به یک برنامه مدرن آنالیز روغن تبدیل شده که نتیجه آن مراقبت و نگهداری بهینه تجهیزات، صرفه جویی در مصرف انرژی و افزایش عمر ماشین‌آلات خواهد بود. بنابراین تهیه برنامه روانکاری مناسب برای جلوگیری از فرسایش و از کارافتادگی زودرس

ماشین آلات صنعتی و دسترسی به بیشترین بازده مکانیکی در حداقل زمان، از اهمیت خاصی برخوردار بوده و برنامه روانکاری کمی با تعاریف روانکاری قدیمی متفاوت خواهد بود.

انواع آزمایشات انجام شده بر روی روغن‌ها شامل موارد زیر می باشد:

#### • مقدار و نوع فلزات موجود در روغن

در هنگام کار مقادیر میکروسکوپی فلزات سایشی توسط سیستم وارد روغن می شود که نمونه گیری های منظم و متوالی و ارزیابی مقدار عناصر فرسایشی این نمونه ها، تغییرات غیر متعادل را مشخص خواهد کرد. از این طریق می توان به علل احتمالی آن پی برده و در بسیاری از موارد می توان سایش را کنترل یا پیشگیری کرد. مقدار و نوع فلزات موجود در روغن، نشان دهنده میزان سایش قطعات مختلف مانند یاتاقانها، رینگها، پیستونها، میل لنگ و غیره میباشد. با تکرار آزمایش در فواصل زمانی معین میتوان زمان مناسب جهت تعویض قطعات را مشخص نموده و قبل از بروز خسارت برنامه تعمیر آنها را تدوین نمود.

عناصر فلزی سایشی، عناصر افزودنی و عناصر آلاینده که ممکن است در روغن وجود داشته باشند عبارتند از:

آهن (Fe)، مس (Cu)، آلومینیوم (Al)، کروم (Cr)، سرب (Pb)، سیلیس (Si)، سدیم (Na)، نیکل (Ni)، نقره (Ag)، مولیبدن (Mo)، منیزیم (Mg)، بور (B)، کلسیم (Ca)، باریم (Ba)، روی (Zn)، فسفر (P)

در مقالات بعدی در همین مبحث منبع و منشا این عناصر به تفصیل مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

#### • سطح تمیزی

سطح تمیزی روغن یکی از پارامتر های مهم می باشد که عمدتاً در ارزیابی تجهیزات و سیستم های هیدرولیکی مورد بررسی قرار می گیرد، و معمولاً سطح تمیزی مشخصی (برای مثال عدد ناس برابر ۶) مد نظر می باشد. استانداردهای متنوعی برای تعیین آلودگی های جامد در یک سیال مورد استفاده قرار می گیرد. روشهای NAS-1632 و ISO-4406 از جمله روشهای شمارش ذرات هستند.

NAS-1632 توسط یک عدد و ISO-4406 توسط سه عدد به شکل ۱۸/۱۶/۱۳ نمایش داده می شوند که هر کدام بیانگر سطحی از تعداد ذرات موجود بر حسب اندازه ذرات می باشد.

#### • میزان اکسیداسیون روغن

میزان اکسیداسیون روغن نشانه ای از میزان حرارت منتقل شده به قطعات مکانیکی و از آنجا به روغن می باشد و با رسم نمودار اکسیداسیون میتوان مقاطعی را که حرارت بیش از حد اعمال شده را مشخص و عیب یابی نمود.

طی فرایند اکسیداسیون روغن دچار تغییرات شیمیایی شده و در نتیجه سی وارد شدن مواد تولید شده از اکسیداسیون به روغن، کارایی آن کاهش می یابد. مشکلات معمولی که از اکسیداسیون بیش از حد روغن و مواد تولید شده از اکسیداسیون آن پیش می آید عبارتند از: تشکیل رسوبات لاک، خوردگی فلزی، افزایش ویسکوزیته، گرفتگی فیلتر، و همچنین تولید اسیدهای آلی را باعث می شود. در صورتی که حرارت خیلی بالا باشد رسوبات کربنی در روغن تشکیل خواهد شد.

#### • مقدار آب موجود در روغن

میزان آب در روغنها به مقدار زیاد در عملکرد و طول عمر روغن و تجهیزات مکانیکی که روانکاری می شوند تاثیر منفی دارد. آب سرعت اکسیداسیون روغنها را افزایش داده و در نتیجه تحلیل زود هنگام روغن و بازدارنده های اکسیداسیون را باعث می شود. بعلاوه آب عامل رسوب دهنده ادتیوها بوده و همچنین به طور شیمیایی با برخی ادتیوها وارد واکنش می شود. شیوه هایی که در آن حضور آب باعث خرابی جبران ناپذیر تجهیزات می شود عبارتند از: خوردگی، فرسایش، کنده شدن سطح و شکننده شدن توسط هیدروژن.

#### • آزمایشات کیفی روغن

نتایج آزمایشات کیفی روغن نیز وضعیت طول عمر روغن را نشان می دهد. از مهمترین آزمایشات کیفی روغن میتوان به آزمایش RULER که به معنای «تخمین عمر مفید باقیمانده روغن» است اشاره نمود، در این آزمایش با اندازه گیری مقدار ترکیبات ضد اکسیداسیون و عدد اسیدی روغن، زمان تقریبی پایان یافتن عمر مفید روانکار تعیین می گردد، به این مفهوم که با افزایش عدد اسیدی یا TAN روغن، مسلماً از مقدار و کارایی مواد افزودنی با خاصیت

ضداکسیداسیون کاسته می شود و زمانی فرا می رسد که میزان ادتیوهای یاد شده به قدری کاهش یافته است که روغن کاملاً اسیدی و خورنده شده و ادامه فعالیت آن موجب آسیب های شدید به دستگاه خواهد شد. آزمایش ویسکوزیته یا گرانروی نیز از آزمایشات رایج در برنامه آنالیز روغن میباشد، در صورت کاهش ویسکوزیته، امکان تشکیل فیلم پایدار روانکار به حداقل می رسد و بر اثر تماس فلز با فلز، سایش شدیدی ایجاد گردیده که نتیجه مستقیم آن، عمر کمتر دستگاه خواهد بود.

و در نهایت بازکردن فایلی خاص بنام آنالیز روغن و در نظر گرفتن یک سری آزمایشات در زمان بهره برداری از دستگاهها، باعث کاهش بسیاری از هزینه ها چه از نظر طول عمر قطعات و چه از لحاظ زمان بهینه تعویض روغن گردیده و مسئولان فنی کارخانجات را در جهت هرچه بهتر نگهداری و کارآمد کردن ماشین آلات یاری می نماید.

ویسکوزیته روغن - چگونگی اندازه گیری و گزارش

به عقیده STLE (انجمن مهندسين روانكار) ویسکوزیته یک خاصیت بسیار مهم روغن می باشد. به خاطر اهمیت آن در روانکاری و ظاهر روغن، یکی از اولین پارامترهایی است که توسط آزمایشگاههای روغن اندازه گیری می شود. اما وقتی در مورد ویسکوزیته صحبت می شود منظور واقعی چیست؟

ویسکوزیته روغنهای روانکار نوعاً توسط دو روش اندازه گیری و گزارش می شود، یا بر اساس ویسکوزیته سینماتیک و یا بر اساس ویسکوزیته مطلق (داینامیک). هرچند ممکن است توضیحات مربوط به این دو عبارت یکسان باشد اما اختلاف مهمی بین این دو وجود دارد. ویسکوزیته سینماتیک روغن به عنوان مقاومت روغن در برابر جاری شدن و افتادن در اثر نیروی جاذبه می باشد. به عنوان مثال یک بشر را با روغن توربین و بشر دیگری را با روغن دنده غلیظ پر کنید. اگر هر دو بشر را کج کنیم کدام یک از روغنها سریعتر از بشر خواهد ریخت؟ روغن توربین به خاطر سرعت جریان نسبی که توسط ویسکوزیته سینماتیک روغن تعیین می شود سریعتر خواهد ریخت.

شاخص گرانروی

یک خاصیت مهم دیگر روغن‌ها شاخص گرانروی آنها می باشد. این شاخص یک عدد و بدون واحد بوده و وابستگی ویسکوزیته سنماتیک به دما را نشان می دهد. شاخص گرانروی از مقایسه ویسکوزیته سینماتیک روغن مورد آزمایش در دمای  $40^{\circ}\text{C}$  با ویسکوزیته دو روغن مرجع که یکی دارای شاخص برابر با صفر و دیگری دارای شاخص برابر با صد و دارای ویسکوزیته یکسان با روغن مورد آزمایش در دمای  $100^{\circ}\text{C}$  می باشند. جداول مورد نیاز برای محاسبه شاخص گرانروی از ویسکوزیته محاسبه شده در دمای  $40^{\circ}\text{C}$  و  $100^{\circ}\text{C}$  در استاندارد ASTM D2270 ذکر شده است.

اندازه گیری ویسکوزیته و روند آن

آشکار سازی روند ویسکوزیته یکی از مهمترین موارد در برنامه آنالیز روغن می باشد. حتی تغییرات کوچک در ویسکوزیته در دمای عملیاتی شدید شده و روغن در مدت زمان طولانی برای روانکاری مناسب نخواهد بود. محدوده قابل قبول در روغنهای صنعتی  $\pm 5\%$  درصد و در مواقع بحرانی تا  $\pm 10\%$  درصد است. اگرچه در کاربردهای حساس و سیستم های منحصر به فرد بایستی این محدوده باریکتر باشد.

کاهش زیاد در ویسکوزیته ممکن است باعث:

- از بین رفتن فیلم روغن و سایش بیش از حد قطعه
- افزایش اصطکاک بین قطعات و در نتیجه مصرف بیش از حد انرژی، تولید گرما ناشی از اصطکاک، نشت روغن
- افزایش حساسیت به آلودگی توسط ذرات ناشی از کاهش فیلم روغن
- از بین رفتن فیلم روغن در دما و فشار بالا به هنگام شروع به کار کردن و خاموش شدن همچنین ویسکوزیته خیلی بالا ممکن است باعث:
- تولید بیش از حد گرما و در نتیجه اکسیداسیون روغن و تشکیل لاک و لجن
- فرسایش ناشی از جریان نامناسب روغن به پمپها و یاتاقانها
- ضعف روانکاری ناشی از جریان نامناسب روغن

• ضربات وارده توسط روغن به یاتاقانها

• مصرف بیش از حد انرژی برای غلبه بر اصطکاک سیال

• قابلیت ضعیف دمولسیبیلیتی و آزاد سازی هوا از روغن

• قابلیت پمپاژ ضعیف در استارت سرد

هنگامیکه تغییرات مهم در ویسکوزیته رخ می دهد بایستی دلیل اصلی شناسایی و برطرف شود. تغییرات در ویسکوزیته می تواند ناشی از تغییر در شیمی روغن پایه (تغییر در ساختار مولکولی روغن) یا وجود آلاینده ها در آن باشد

اندازه گیری میزان آب در روغن

میزان آب در روغنها به مقدار زیاد در عملکرد و طول عمر روغن و تجهیزات مکانیکی که روانکاری می شوند تاثیر منفی دارد. آب سرعت اکسیداسیون روغن را افزایش داده و در نتیجه تحلیل زود هنگام روغن و بازدارنده های اکسیداسیون را باعث می شود. بعلاوه آب عامل رسوب دهنده ادتیوها بوده و همچنین به طور شیمیایی با برخی ادتیوها وارد واکنش می شود. شیوه هایی که در آن حضور آب باعث خرابی جبران ناپذیر تجهیزات می شود عبارتند از: خوردگی، فرسایش، کنده شدن سطح و شکننده شدن توسط هیدروژن.

آب در روغن به سه شکل کاملا محلول، امولسیون و فاز جدا می باشد. بررسی چشمی تنها در حالت فاز جدا از روغن در تعیین مقدار آب معتبر می باشد. در صورتیکه با تست توسط صفحه داغ، آب در حالت امولسیون و حالت فاز جدا را می توان تشخیص داد. حال آنکه به کمک هیچکدام از این روشها تشخیص آب کاملا محلول در روغن و یا اندازه گیری تکرار پذیر مقادیر ناچیز آب به شکل امولسیون میسر نیست. بعلاوه نه بررسی چشمی و نه تست صفحه داغ در اندازه گیری درصد آب قابل اطمینان نمی باشد. روشهای تقطیر از قبیل ASTM D95 و ASTM D4006 در محدوده ۵۰۰ ppm تا ۲۵ درصد داده های کمیتهی بهتری را ارائه می دهند اما اندازه نمونه بیشتری مورد نیاز است و زمان بیشتری، از ۶۰ تا ۱۱۰ دقیقه، را برای آنالیز صرف می کند.

از زمان اختراع شیمیدان نفت آلمان دکتر کارل فیشر در سال ۱۹۳۵، آزمایش کارل فیشر (KF) از یک روش آزمایشگاهی محرمانه به یک روش دستگاهی بسیار پیشرفته جهانی، برای اندازه گیری آب در صنعت پتروشیمی و پالایشگاه توسعه پیدا کرده است. در این روش استانداردهای ASTM که عمدتاً برای اندازه گیری آب استفاده می شوند عبارتند از: ASTM D1533, D1744, D4377, D4928, D6304.

روش کارل فیشر از مشکلات و محدودیت های تکنیکهای فوق آزاد بوده، و پیشرفتهای اخیر در دستگاههای تیتراسیون و فرمولاسیون معرفیها صحت و تکرارپذیری روش کارل فیشر را افزایش داده است.