

سلسله مقالات فن آوری

مراقبت وضعیت ماشین آلات
Machinery Condition Monitoring
آنالیز ذرات فرسایشی و روانکارها
Lubricant & Particle Analysis

روش مراقبت وضعیت (CM) و ابعاد مختلف آن

- چکیده
- مقدمه
- استراتژیهای نگهداری و تعمیرات
- مراقبت وضعیت یا تعمیرات بر اساس وضعیت
- برنامه مراقبت وضعیت ماشین آلات در سازمانهای بزرگ
- اقتصادی
- ایمنی
- امنیتی
- آنالیز روغن یک راه حل
- اطلاعات استخراجی از نمونه
- راجع به روغن
- مواد افزودنی
- زیانهای عدم وجود خاصیت قلیائی روغن
- گراندروی (ویسکوزیته) و زیانهای ناشی از عدم وجود گراندروی مناسب
- آلودگی
- زیانهای ناشی از وجود آب
- راجع به ماشین
- نتیجه
- ضمیمه



شماره

۳

واحد تحقیقات و آزمایشگاه

شرکت فنی و مهندسی البرز تدبیر کاران

تاپستان ۱۳۷۶



بنام خدا

مقدمه:

امروزه بکارگیری روشهای نوین نگهداری و تعمیرات (نت)، بطور روزافزونی مورد توجه مدیران صنایع مختلف قرار گرفته است، تا جایی که سازمانهای نظامی، صاحبان ناوگانهای بزرگ عمرانی، حمل و نقل (زمینی، دریایی و هوایی)، ماشین آلات معدن و غیره، انجام بازمینی های منظم زمانی و آزمایشهای مستمر روغن را اساس برنامه (نت) خود قرار داده اند. روشهای مراقبت وضعیت از طریق آنالیز روغن (Oil Analysis Machinery Condition Monitoring) قابلیت بالایی را در تشخیص عیوب مکانیکی داشته و بعنوان ابزار موثری امکان پیمانه سازی سیستمها و کنترلهای مختلف نظیر بررسی روند استهلاک، کیفیت قطعات و مواد مصرفی و کیفیت تعمیرات را فراهم میسازد. با بکارگیری برنامه های مراقبت وضعیت میتوان بطور جدی در جهت کاهش مصرف سوخت و انرژی، کاهش آلودگی محیط زیست و صرفه جوییهای اقتصادی گام برداشت. شاید بتوان سهولت اجرائی برنامه های مراقبت وضعیت را بعنوان یکی دیگر از محاسن این روشها ذکر نمود. به این ترتیب که بایستی از سیستم مورد نظر (موتور، هیدرولیک و غیره) در تناوبهای معین زمانی، مقدار کمی نمونه (25 ml) تهیه و جهت انجام آزمایشهای مختلف به آزمایشگاه ارسال نمود. نتایج بدست آمده که وضعیت سلامت یا عیوب احتمالی دستگاه را روشن می کند از طریق نما بر به صاحبان دستگاه منعکس میگردد تا تصمیم گیریهای لازم در ارتباط با ادامه کار مطمئن و یا اقداماتی جهت رفع یا پیشگیری عیب بعمل آید. تجارب بدست آمده نشان داده است که از طریق آنالیز روغن می توان عیوب مختلف نظیر خوردگی، مشکلات یاتاقانها، فرسایش غیر عادی رینگ و پیستون موتورها، فرسایش غیر عادی شافتها و دنده های گیربکسها، پمپهای هیدرولیک و غیره را تا ۹۰٪ موارد شناسائی و نسبت به رفع عوامل آن اقدام نمود. همچنین به کمک این آزمایشها میتوان از صحت و سلامت روغنها که نقش کلیدی در کار ماشین دارند، اطمینان حاصل نمود.

استراتژیهای نگهداری و تعمیرات:

نگهداری و تعمیرات در واقع به اقداماتی اطلاق میشود که به منظور اجتناب، تشخیص و پیشگیری عیب و یا عکس العمل نسبت به خرابی ماشین صورت میگیرد تا تجهیزات را در وضعیت کاری قابل قبول و بهینه نگهدارد. عبارت دیگر (نت) به مجموعه ای از اقدامات گفته میشود که در جهت حفظ یک ماشین و یا بازگرداندن آن به وضعیت قابل قبول انجام میشود.

همه صنایع بزرگ و یا دارندگان ناوگانهای بزرگ ماشین آلاتی که با فعالیت این تجهیزات سروکار دارند، خرابیهای پرهزینه و تبعات زیانبار آنرا تجربه کرده اند. در ارتباط با امور (نت) استراتژیهای مختلفی توسط متخصصین و پژوهشگران صنعتی تعریف شده که عمدتاً در سه حوزه اصلی قابل تفکیک میباشد:

۱- (نت) بر اساس تعمیرات پس از خرابی Breakdown Maintenance

۲- (نت) بر اساس تعمیرات زمانبندی Regular Preventive Maintenance

۳- (نت) بر اساس وضعیت ماشین Condition Based Maintenance

متأسفانه روش تعمیرات بعد از خرابی علیرغم همه نقاط ضعف آن، معمولترین روش (نت) در اکثر صنایع کشور بویژه صنعت حمل و نقل و ماشین آلات عمرانی میباشد. بروز و یا حدوث خرابی در این روش قابل پیش بینی نمی باشد و ممکن است در زمان نامناسب و با هزینه سنگین خسارات ثانوی و تبعات خرابی اولیه پیش آید، علاوه بر اینها مدیرانی که این استراتژی را انتخاب کرده اند، پیوسته با مسائل متعدد دیگری که ناشی از خرابیهای پیش بینی نشده است، مواجه خواهند بود. (نت) برنامه ریزی شده یا پیشگیرانه، معمولاً برای بازدیدها یا تعمیرات نوبه ای با تناوبهای مشخص زمانی تنظیم شده است. این روش بطور کلی در حذف بسیاری از خرابیها موفق میباشد. تعمیرات پیشگیرانه در واقع اقداماتی است در جهت یافتن و رفع شرائط نامطلوبی که ممکن است منجر به خرابی و توقف دستگاه گردد.

صرفنظر از محاسن این روش، باز و بست مکرر و تعویض قطعات قبل از پایان عمر مفید آنها و توقفهای غیر ضروری از جمله نقاط ضعف آن میباشد.

مراقبت وضعیت یا تعمیرات بر اساس وضعیت (Condition Based Maintenance)

در سالهای ۱۹۶۰ میلادی به بعد در کشور های صنعتی کارهای تحقیقی قابل توجهی راجع به "روشهای مراقبت وضعیت" برای کاربریهای نظامی انجام شد در حالی که تنها پس از سالهای ۱۹۷۰ روشهای نوین برای کاربردهای غیر نظامی نیز عمومیت یافت.

استراتژی پیش بینی تعمیرات یا تعمیرات بر اساس وضعیت، عبارت است از اینکه: تعمیری نیاز نیست مگر آنکه وضعیت دستگاه خبر از شروع تخریب و یا عیب عضوی از ماشین را بدهد. به بیان دیگر مراقبت وضعیت عبارت است از اندازه گیری منظم فاکتور های مناسبی از درون ماشین و مقایسه مقادیر بدست آمده بمنظور بررسی تغییرات در وضعیت رفتاری و سلامت آن ماشین.

برخی از محاسن برنامه مراقبت وضعیت ماشین آلات (CM):

- کاهش سطح تعمیرات عمومی
 - کاهش قابل توجه خرابیهای زنجیره ای
 - کاهش تعداد خرابیهای سنگین و پر هزینه
 - کاهش مصرف قطعات مصرفی و قطعات انباری
 - امکان کنترل کیفی مواد مصرفی نظیر روغنها و فیلترها
 - افزایش امکان برنامه ریزی (نت)
 - ارتقاء سطح دانش فنی و تخصصی نیروی انسانی درگیر کار (نت)
 - بهبود ایمنی کار دستگاه و برنامه تولید
 - امکان بهبود کنترل عملکرد کمی و کیفی اپراتور، سرویسکار
 - امکان کنترل کیفیت تعمیرات
 - کنترل فرسایش غیر عادی و کاهش خرابیهای زودرس
 - کاهش هزینه سرویس از طریق افزایش فاصله زمانی سرویسها
 - افزایش عمر مفید دستگاه
 - افزایش کارائی ماشین
 - کاهش هزینه تولید
 - آماده بکار بودن بیشتر ماشین، بویژه در مواقع حساس
- علیرغم نقاط قوت برنامه های مراقبت وضعیت، علل عدم بکارگیری آنها در صنایع مختلف بایستی بررسی و ریشه یابی شود. برخی از علل عدم بهره گیری استراتژی تعمیر بر اساس وضعیت توسط مدیران صنایع را میتوان به شرح ذیل خلاصه نمود:

- این روش هنوز بعنوان یک راه حل موثر برای مدیران صنایع شناخته شده نیست
- عدم اعتقاد برخی از مدیران به قدرت و کارائی این روشها، بدلیل عدم شناخت
- عدم اطمینان و شناخت به اقتصادی بودن روشها
- عدم وجود افراد با تجربه و متخصص در این زمینه
- عدم وجود خدمات آزمایشگاهی مورد نیاز

برنامه مراقبت وضعیت ماشین آلات در سازمانهای بزرگ

شاید اعمال نظارت بر مجموعه های کوچک اجرائی که دارای تعداد محدودی ماشین آلات و نیروی انسانی هستند از طریق بازدید و کنترل مستمر و مستقیم، عملی و تا حدی موثر باشد ولی در سازمانهای بزرگ نظیر یک شرکت حمل و نقل بزرگ جاده ای و یا یک پیمانکار بزرگ ساختمانی که

تعداد کثیری از ماشین آلات آنها دور از چشم مدیران در یک محدوده وسیع جغرافیایی پراکنده هستند، اعمال نظارت و کنترل‌های لازم آسان نیست. وجود سیستم‌های مدیریتی واسطه‌ای قابلیت نظام‌های کنترلی و نظارتی سنتی مشاهده‌ای را کاهش می‌دهد و در نتیجه نیاز به روش‌های نوین کنترلی و نظارتی کاملاً احساس می‌شود.

خرابی و توقف پیش‌بینی نشده یک دستگاه علاوه بر ایجاد هزینه‌های سنگین تعمیرات، باعث اختلال در برنامه کاری سایر ماشین‌آلات همکار و افت قابل توجه راندمان مجموعه می‌شود. تعداد بروز حوادث، که بسیار هم‌معمول و متداول است، در نهایت آشفتگی جریان کار، افزایش قابل توجه هزینه‌ها و استیصال مدیران را موجب می‌گردد. به همین دلیل معمولاً خسارات ناشی از تبعات خرابی و توقف دستگاه‌ها بمراتب بیش از خسارات ناشی از خود خرابیها ذکر می‌شود. تشخیص صحیح و بموقع عیب، رفع عوامل ایجاد خرابی، پیش‌بینی زمان تعمیر و برنامه ریزی جهت انجام آن مناسبترین راه برای کنترل فعالیت و راهبری ماشین‌آلات می‌باشد.

تجارب حاصله از اجرای برنامه‌های مراقبت وضعیت ماشین‌آلات طی سالیان گذشته نشان می‌دهد که بکارگیری این برنامه‌ها در صنایع مختلف و غیر نظامی از نقطه نظرهای مختلف حائز اهمیت بوده است که عمدتاً شامل محورهای ذیل می‌باشد:

- اقتصادی

- ایمنی

- امنیتی

اقتصادی :

برخی از مدیران اجرائی معتقدند که کارهای بزرگ عمرانی نظیر ساخت سد، جاده و یا فعالیت معادن یعنی وجود و فعالیت ماشین‌آلات و بدون ماشین تحقق این پروژه‌ها قابل تصور نیست. از طرفی سرمایه اولیه تامین ماشین‌آلات و هزینه راهبری و نگهداری آنها بخش قابل توجهی از بودجه و اعتبارات را به خود اختصاص می‌دهد. به دلایل مختلف هیچگاه سهم واقعی ماشین‌آلات در سبد بودجه پروژه‌ها مشخص نشده است.

بر اساس تحقیقات دامنه‌داری که در برخی از کشورهای صنعتی در این زمینه بعمل آمده است، میتوان گفت که از طریق اعمال برنامه‌های مهندسی مراقبت وضعیت، با یک تقریب قابل قبول، تا ۲۵ درصد میتوان در هزینه‌های مستقیم (نت) صرفه جویی نمود. در حالیکه نویسنده معتقد است با توجه به شرایط اقلیمی و فنی ایران حتی میتوان این میزان را افزایش داد. بر اساس نظر یکی از محققین، صرفه جویی حاصل از کاهش تبعات خرابیها را میتواند به بیش از ۵۰ درصد نیز رساند.

طی سالهای اخیر مدیران صنایع در کشورهای صنعتی اقدام به انتشار ارقام مربوط به منافع حاصل از بکارگیری روش‌های (CM) نموده‌اند، در همین ارتباط نتایج کار تحقیقی یکی از موسسات



تحقیقات صنعتی در اروپا در مورد منافع اقتصادی حاصل از ایجاد برنامه "مراقبت وضعیت" ارائه شده است.

بعنوان نمونه در یکی از معادن زغال سنگ یکی از کشورهای صنعتی طی یک دوره مطالعاتی آثار اجرای برنامه مراقبت وضعیت روی ماشین آلات آنها مورد ارزیابی قرار گرفت. در مرحله اول ماشین آلات معدنی طی مدت یکسال بدون اعمال برنامه مراقبت وضعیت بکار خود ادامه دادند و در یکسال بعد همان ماشین آلات تحت پوشش برنامه مراقبت وضعیت قرار گرفتند. نتایج نشان داد که در مقابل میزان تقریباً مساوی برش، مقدار تعویضات و تعمیر قسمتهای عمده ماشین آلات در سال اول ۷ و در سال دوم ۴ مورد بود. میزان تناژ از دست داده در سال اول بیش از هشت هزار و در سال دوم تنها هشتصد تن بوده است و در کل بیش از سیصد هزار دلار صرفه جویی داشته اند و این در حالی بوده که برنامه مراقبت وضعیت بدلیل محدودیت تجهیزات آزمایشگاهی بصورت غیر جامع انجام گرفته بود.

ایمنی:

به همان میزان که توسعه صنعت و ابداع وسایل و تجهیزات مختلف صنعتی امکان راحتی زندگی انسان و سهولت و سرعت انجام فعالیتها را افزایش داده، در صورت عدم رعایت اصول و نکات فنی و ایمنی، زمینه های بروز حوادث و ضایعات انسانی و اقتصادی افزایش خواهد یافت. شاید بتوان به سیستمهای حمل و نقل هوایی بعنوان یکی از مصادیق، اشاره نمود. به همین دلیل امروزه در کلیه ناوگانهای هوایی بکارگیری روشهای مراقبت وضعیت جزء اصول قطعی برنامه های (نت) میباشد. دیگر صنایع نیز در بکارگیری این روشها پیشرفتهای چشمگیری داشته اند. در برخی از کشور های صنعتی بطور مثال، فعالترین آزمایشگاههای آنالیز روغن در خدمت صنعت راه آهن آنها میباشد و به این ترتیب توانسته اند علاوه بر جنبه های اقتصادی، احتمال خرابی و توقف پیش بینی نشده قطارها را که باعث سرگردانی، ناراحتی و یا بروز خطرات برای مسافران خواهد بود به حداقل برسانند.

امنیتی:

امروزه وسیعترین کاربردهای روشهای نوین نگهداری و تعمیرات در سازمانهای نظامی میباشد. با توجه به اهمیت و حساسیت در حصول اطمینان از سلامت تجهیزات و ماشین آلات نظامی (جنگنده ها، شناورها، تانکها و...) بویژه در شرایط عملیات نظامی، یکی از روشهای بسیار موثر در افزایش قابلیت، اجرای برنامه های مراقبت وضعیت (Condition Monitoring) میباشد.

آنالیز روغن یک راه حل

امروزه روش آنالیز روغن ماشین آلات یکی از روشهای موثر "مراقبت وضعیت" است که برای کنترل قسمتهای مهم ماشین نظیر موتور، گیربکس، سیستم های هیدرولیک و بطور کلی قسمتهائیکه در آن روغن بعنوان روان کننده استفاده میشود بکار میرود، این روش از کارائی بالایی برخوردار است و بویژه برای ماشین آلات متحرک نظیر وسایل نقلیه سنگین جاده ای، ماشین آلات عمرانی، تجهیزات نظامی چون تانکها، چرخبالها، جنگنده ها و ... بعنوان یک روش موثر شناخته شده است.



در واقع در روش آنالیز روغن، از روانکار بعنوان یک منبع سرشار اطلاعات استفاده میشود. گردش روغن در داخل سیستم این امکان را بوجود می آورد تا آثار اتفاقات و یا تغییرات وضعیت سیستم به خارج از آن منتقل گردد. اطلاعات موجود در روغن با انجام آزمایشات مختلف که بر روی چند قطره از آن صورت میپذیرد قابل استخراج میباشد. با مقایسه نتایج آزمایشات هر مرحله با مراحل قبل میتوان هر گونه تغییرات در وضعیت کار و سلامت دستگاه را شناسایی نمود.

اطلاعات استخراجی از نمونه

الف) راجع به خود روغن:

مشخصات روغن مصرفی هر دستگاه بایستی دقیقاً "منطبق با ویژگیهای روغن تعریف شده آن دستگاه باشد. روغن مصرفی، توسط طراح دستگاه، با توجه به بار وارده، دما و دیگر شرایط کاری دستگاه تعریف میشود. هر گونه تخطی در مشخصات روغن تعریف شده، منجر به خسارات تدریجی و نامحسوس و یا سریع و محسوس خواهد شد.

با آزمایش نمونه روغن، از صحت مشخصات مورد انتظار اطمینان حاصل خواهد شد. بعضاً روغن مورد آزمایش بدلیل مسائلی نظیر موارد ذیل فاقد شرایط لازم جهت مصرف خواهد بود:

- فعل و انفعال شیمیائی و فساد روغن
- عدم وجود مواد افزودنی لازم
- عدم تطبیق ویسکوزیته
- آلودگی با آب
- آلودگی با گرد و غبار
- آلودگی با سوخت
- آلودگی با دیگر مواد

مواد افزودنی:

معمولاً روغن پایه که از نفت خام تهیه میشود فاقد ویژگیهای کافی جهت کار در دستگاهها میباشد به همین دلیل با توجه به مورد مصرف روغن، برای حصول خواصی نظیر ضد اسید، ضد زنگ، ضد اکسید، ضد کف و غیره، موادی به روغن پایه اضافه میگردد که نوعاً بخش قابل توجهی از قیمت تمام شده روغنهای تولیدی را تشکیل میدهد. عدم وجود مواد افزودنی مورد نظر در روغنها عمدتاً به دلایل ذیل میباشد:

- اشتباه در انتخاب روغن (سبوز یا عدم آگاهی)
- فساد و از دست دادن خاصیت، بدلیل گذشت زمان و کار زیاد روغن
- تعمد و سوء استفاده (خرید یا فروش روغن فاقد کیفیت مورد انتظار)

زیانهای عدم وجود خاصیت قلیائی در روغن:

عدد خنثی شدن یک روغن، عبارتست از مقدار (بر حسب mg)، باز (KOH) یا اسیدی

(HClO₄, HCl) که برای خنثی کردن مواد اسیدی یا بازی موجود در یک گرم روغن لازم است و واحد آن mgKOH است.

- گوگرد در سوختها در اثر احتراق به SO₂ و تا حدی SO₃ و نهایتا اسید تبدیل میشود، لذا گوگرد از لحاظ اسیدی کردن روغنها مهم است، اما در عین حال یکی از عناصر تشکیل دهنده بسیاری از مواد افزودنی نیز میباشد. چنین گوگردی که بصورت ترکیب وجود دارد، تا میزان ۰/۵٪ بی ضرر است.
- روغنهای روان کننده در معرض تماس با هوا (واکسیژن) قرار میگیرند و علیرغم عدم میل ترکیبی آنها نسبت به اکسیژن، بعلت بالا بودن درجه حرارت کار آنها و نیز حضور فلزاتی مثل مس و آهن که کاتالیزور هستند و گوگرد و .. واکنش اکسیداسیون روغنها اتفاق می افتد و این مواد اکسیده میشوند، هر روغنی که بیشتر پالایش شده باشد دیرتر اکسید میشود. با این وجود بهترین روغنها نیز در مقابل حرارتها بالا قادر به تحمل نیستند، لذا اکسید شدن روغنها منجر به ایجاد دو نوع ماده ناخواسته ذیل میگردد:

۱- مواد غیر محلول در روغن که عبارتند از رزین ها، (Varnish) و یا لجن (Sludge)

۲- مواد محلول در روغن که عمدتاً اسیدهای آلی و پر اکسیدها هستند. نکته مهم اینکه خود این محصولات اکسیداسیون، بویژه پر اکسیدها، کاتالیزور واکنش اکسیداسیون هستند و سرعت اکسیده شدن روغن را افزایش میدهند.

- اکسیداسیون روغن باعث افزایش ویسکوزیته روغن میشود.
 - رسوبات حاصل از اکسیداسیون، ممکن است باعث چسبیدن قطعات به یکدیگر شوند.
 - رسوبات حاصل از اکسیداسیون باعث سائیده شدن آنها و نیز سبب مسدود شدن سوراخهای فیلترها و راههای باریک عبور روغن میشوند.
- بطور خلاصه، ایجاد اسید و عدم وجود قلیا جهت خنثی نمودن آن، کف کردن زیاد، جدا نشدن روغن از آبی که احتمالاً با آن مخلوط میشود، خوردگی و ویسکوز شدن (عدم جاری شدن روغن)، جزء صدمات اکسیداسیون روغن بشمار میروند.

گرانروی (ویسکوزیته) و زیانهای ناشی از عدم وجود گرانروی مناسب:

ویسکوزیته اولین و مهمترین ویژگی مورد انتظار روغنهای مصرفی میباشد. هر گونه انحراف از میزان ویسکوزیته تعریف شده قطعاً منجر به خسارات سنگین دستگاه خواهد شد. لذا پیوسته از صحت ویسکوزیته روغنهای مصرفی ماشین آلات بایستی اطمینان حاصل نمود. به این منظور هم روغن نو و هم مصرف شده جهت ادامه استفاده مورد آزمایش غلظت قرار میگیرد.

گرانروی (ویسکوزیته) شاید مهمترین خاصیت فیزیکی روغنهای روان کننده معدنی باشد. زیرا تشکیل لایه ای از روغن برای کاهش سائیدگی و اصطکاک، عمدتاً به ویسکوزیته آن بستگی دارد. در اثر کاهش دما، ویسکوزیته زیاد میشود و بالعکس دمای بالا ویسکوزیته کم میشود.

- ویسکوزیته باید به اندازه کافی باشد و نه بیش از آن تا دستگاه در سرعتهای زیاد از لحاظ رسیدن روغن به لابلای همه قطعات، دچار کمبود نشود و از طرفی آنقدر بالا باشد که هنگام کار دستگاه، سائیدگی یاتاقان و یا سایر قطعات حاصل نشود.

بطور خلاصه تحقق اهداف و وظایف از روغن‌ها مثل: روغنکاری (کاهش اصطکاک و سائیدگی)، انتقال حرارت و خنک کردن، انتقال نیرو و ضربه گیری (در مقابل بار) به مناسب بودن ویسکوزیته آن بستگی دارد.

آلودگی:

بر اساس تحقیقات بعمل آمده، آلودگی روغن‌های مصرفی، حتی روغن‌های نو، یکی از عوامل عمده استهلاک سیستم‌های هیدرولیک، موتور‌ها و دیگر تجهیزات میباشد. در یک مقایسه، میزان آلودگی تعداد زیادی از ماشین آلات فعال در ایران، چندین برابر بیش از آلودگی ماشین آلات در یکی از کشورهای صنعتی که تحت پوشش برنامه "مراقبت وضعیت" بودند گزارش شده است. منابع عمده آلودگی معمولاً ناشی از محیط کار دستگاه، سیستم فیلتر و آببندی (Sealing) ضعیف و غیره میباشد. از طریق آنالیز دوره ای روغن میتوان پیوسته وجود این عوامل مخرب را کنترل نمود.

شاید بتوان قدرت و توانائی روش‌های آنالیز روغن در تشخیص میزان و نوع آلودگی سیستم‌های مکانیکی نظیر: موتور‌ها، سیستم‌های هیدرولیک و غیره را بعنوان یکی از جنبه‌های برجسته این روش‌ها ذکر نمود. رابطه فی مابین میزان آلودگی و قابلیت اطمینان سیستم توسط کمیته ای در صنایع یکی از کشورهای صنعتی بررسی گردید، نتیجه تحقیق نشان داد که ۵۵٪ مسائل گزارش شده ناشی از وجود گرد و خاک میباشد. البته این نتایج بهبود قابل ملاحظه ای را در مقایسه با ارزیابی که ده سال قبل از آن انجام شده بود نشان میدهد. این بهبود نتیجه مستقیم استفاده از ابزار موثرتر در مکانیزم فیلترهای هوا بوده است.

یک مطالعه توسط Tannok برای شرکت حمل و نقل Budapest که دارای ۲۰۰۰ دستگاه اتوبوس و ۵۰۰ دستگاه کامیون میباشد نشان داد که با بهبود سیستم هوا، سوخت و سیستم فیلتر، سالیانه در حدود معادل قیمت ۶۵ دستگاه اتوبوس صرفه جویی داشته است.

در قالب یک کار تحقیقی و بمنظور بررسی نقش و میزان آلودگی روغن‌ها، روش مراقبت وضعیت روی تعدادی از ماشین آلات حمل و نقل عمرانی در ایران انجام گرفته است. نتایج حاصله نشان میدهد که با استفاده از این روش درحد مطلوبی قادر خواهیم بود ضمن ارزیابی وضعیت قسمتهای مختلف ماشین آلات، عوامل اصلی فرسایش در سیستمها را شناسایی نمائیم. **بر اساس این کار تحقیقی، ذرات سیلیسی (عمدتاً گرد و خاک) بعنوان عامل اصلی تولید ذرات غیر عادی آهن، کروم و آلومینیوم در قسمتهای مختلف دستگاهها تشخیص داده شده است.**

زیانهای ناشی از وجود آب:

روغن‌ها نباید آب داشته باشند، زیرا آب اثرات نامطلوبی روی کارائی روغن‌های گوناگون دارد. ولی بهر حال آب از طرق گوناگون (مثل احتراق سوخت در موتور‌ها و نشت آب در توربینها) وارد روغن میشود که باید به طریقی (مثل تبخیر و ...) از آن جدا شود. اندازه گیری مقدار آب از لحاظ اثری که روی خواص بازدارندگی، خوردگی و اکسیداسیون روغن دارد، ضروری است. وجود آب میتواند روی



عمر روغن، اثری ۳ تا ۱۰ برابر داشته باشد و در بعضی از یاتاقانها خوردگی شدید بوجود آورد. بعضی روغنهای مثل روغن توربین و روغنهای تجهیزات پنوماتیک، طوری ساخته میشوند که نسبت به آب، مقاومت بیشتری داشته باشند. در حالیکه اکثر روغنهای تنها نسبت به مقادیر بسیار کم رطوبت مقاوم هستند ولی مقدار زیاد آب باید در مدت زمان معینی از آنها جدا شود. در روغنهای توربین بخار تا ۰/۲ درصد آب قابل تحمل است. (بشرطی که خوردگی ایجاد نکند).

روغنهای هیدرولیک و روغن موتورها نیز نسبت به رطوبت حساس هستند. آب در روغن موتور اگر تبخیر نشود با ماده پاک کننده روغن تولید امولسیون (کف سفید رنگ در موتور) مینماید که ممکن است سوراخهای فیلتر روغن را مسدود کند، ضمن اینکه باعث زنگ زدن و خوردگی نیز میشود. در روغنهای هیدرولیک نیز وجود آب باعث خوردگی میشود و حد تحمل این نوع روغنها، عموماً زیر ۰/۱ درصد است.

ب) راجع به ماشین:

در همه سیستمهای مکانیکی فرسایش نتیجه اصطکاک و ذرات فرسایشی محصول فرسایش میباشد. ذرات فرسایشی پیوسته از قطعات جدا و در روغن شناور میشوند. از طریق آنالیز ذرات معلق در روغن فرایند پیچیده فرسایش را میتوان در هر مرحله از پیشرفت آن کنترل نمود. با استفاده از مشخصات ذرات فرسایشی معلق در نمونه روغن میتوان به : نوع، شدت، محل و عامل عیب پی برد بطور مثال : با اندازه گیری مقدار ذرات فرسایشی در نمونه روغن میتوان رفتار ماشین را زیر نظر داشت و از چگونگی مرحله آبنندی، دوره عمر طبیعی، مرحله اولیه ایجاد عیب، مرحله بحرانی عیب و نهایتاً توقف آن آگاهی یافت.

در آزمایشگاه "مراقبت وضعیت" به کمک آزمایش آنالیز طیف نشر اتمی (Spectroscopy) مقدار ذرات بسیار ریز فرسایشی (کوچکتر از ۴ میکرون) شامل انواع فلزات (بیست عنصر نظیر: آهن، مس، آلومینیوم، سرب کروم و ...) که در متالورژی ساخت قطعات داخلی سیستمها بکار رفته ظرف کمتر از یک دقیقه در مقیاس ppm بدست خواهد آمد. روند افزایشی تولید این ذرات نشان دهنده میزان شدت فرسایش خواهد بود با توجه به جنس ذرات میتوان تا حد بسیار بالائی محل و قطعه معیوب را شناسائی نمود. همچنین به کمک سایر آزمایشات اطلاعات وسیعتری راجع به ذرات قابل استحصال خواهد بود.

نتایج بررسیهای بعمل آمده نشان داده که از طریق "مراقبت وضعیت" میتوان ۹۰٪ موارد بروز عیب را در مرحله اولیه خرابی شناسائی نمود. به منظور استخراج اطلاعات لازم راجع به ذرات فرسایشی، آزمایشهای مختلفی روی نمونه روغن انجام میشود. این آزمایشها بستگی به اعلام نیاز مهندسین مراقبت وضعیت و یا کارشناس آزمایشگاه دارد.

نتیجه :

۱- مدیران بخشهای صنعتی و اجرایی و مسئولین ناوگانهای ماشین آلاتی با بکارگیری روشهای مراقبت وضعیت از طریق آنالیز نمونه روغن ماشین آلات خود، بطور دقیق از وضعیت سلامت این تجهیزات مطلع شده و میتوانند هر گونه عیوب احتمالی را در مراحل اولیه آن شناسایی و نسبت به رفع آن اقدام نمایند. علاوه بر آن با استفاده از روشهای مراقبت وضعیت بعنوان یک ابزار مدیریتی، میتوانند نحوه عملکرد رانندگان، چگونگی استفاده از دستگاهها و کیفیت تعمیرات انجام شده را ارزیابی نمایند و نیز در صورت نیاز به هر گونه تعمیراتی، نسبت به برنامه ریزی آن، بطوریکه کمترین اثر سوء را بر جریان کار ایجاد نماید، اقدام نمایند. ضمن اینکه کیفیت سرویسها و کیفیت مواد مصرفی نظیر فیلترها و روغنها به آسانی قابل تشخیص خواهد بود.

۲- در ارتباط با خودروهای سبک نیز صاحبان آنها با بهره گیری از روش مراقبت وضعیت ضمن اینکه حداقل هزینه را برای تعمیرات و نگهداری خودروی خویش می پردازند، با اطمینان و اطلاع کامل از وضعیت خودروی خویش به سفرهای درون شهری و برون شهری می پردازند.

نمونه گیری:

یکی از عوامل مؤثر در موفقیت برنامه آنالیز روغن انجام صحیح نمونه گیری است. تجربه نشان داده است که به علت سادگی کار اغلب به این امر بی توجهی میشود. لذا ضرورت آموزش نیروها و اجرای یک روش نمونه گیری صحیح از اهمیت و اولویت خاصی برخوردار است و توجیه نیروهای اجرایی به حساسیت و دقت مورد نیاز در فرایند نمونه گیری در عین سادگی به توجه خاصی نیاز دارد. ذرات فرسایشی حاوی اطلاعات و بازگو کننده نوع فرسایشی است که در سیستم اتفاق افتاده است لذا نمونه گیری بایستی به نحوی انجام شود تا میزان و درصد ذرات فرسایشی موجود در نمونه روغن برداشته شده **مشابه** کل روغن موجود در سیستم باشد. بدین منظور نحوه نمونه گیری پیوسته، بایستی یکسان باشد. بهترین زمان برای نمونه گیری درست پس از توقف دستگاه میباشد. نمونه بایستی از کف یا سطح روغن کارتل یا مخزن هیدرولیک و غیره برداشته شود بلکه باید طول شلنگ نمونه گیری طوری انتخاب شود تا از وسط عمق روغن نمونه کشیده شود. ذرات موجود در سطح فوقانی روغن همواره کمتر و در سطح تحتانی آن بیشتر از مقدار واقعی است. زیرا در اثر ته نشین شدن، ذرات در قسمت کف کارتل تجمع میکنند و در نتیجه نمونه برداشته شده از قسمت میانی واقعی ترین شرایط را



خواهد داشت. ظرف نمونه بایستی باندازه یک سوم خالی باشد تا بتوان قبل از آزمایش با تکان دادن آنرا کاملا مخلوط نمود.

فاصله زمانی نمونه گیری به عوامل مختلفی بستگی دارد نظیر: شرایط کاری دستگاه، نوع و وضعیت سلامت آن، کیفیت مواد مصرفی نظیر فیلتر، روغن و غیره.

نکته مهم: شرایط نمونه گیری برای هر قسمت بایستی پیوسته یکسان باشد، یعنی اگر در مرحله اول نمونه از طریق مجرای گیج گرفته شده، لازم است تا مراحل بعدی از همین مجرا نمونه گیری شود، به تجربه ثابت شده که با تغییر شرایط و نحوه نمونه گیری، نتایج نیز دستخوش تغییر شده است.

وسایل و تجهیزات نمونه گیری:

بمنظور استاندارد بودن نمونه گیری، اقلام زیر توسط آزمایشگاه تهیه و تحویل میگردد و لازم است کار نمونه گیری طبق دستورالعمل زیر نمونه گیری شود:

- ۱- پمپ مکش روغن دستگاه
- ۲- ظرف نمونه گیری 30cc به تعداد لازم
- ۳- بر چسب جهت درج شماره و مشخصات نمونه به تعداد ظرف نمونه گیری
- ۴- فرم اطلاعاتی نمونه روغن شامل: مالک دستگاه، کد دستگاه، قسمت، نام و مدل دستگاه، پروژه/محل کار، تاریخ نمونه گیری، تاریخ تعویض روغن، کارکرد روغن (کیلومتر یا ساعت)، سرریز روغن به لیتر، نام و نوع روغن، تولید کننده روغن، نام نمونه گیر، شماره نمونه
- ۵- شلنگ به طول ۱ متر (متناسب با مشخصات فیزیکی دستگاه)
- ۶- کیف حمل نمونه

دستورالعمل نمونه گیری:

معمولا از سیستمهای زیر جهت اجرای برنامه مراقبت وضعیت از طریق آنالیز روغن نمونه برداری میشود:

- ۱- موتور
- ۲- هیدرولیک
- ۳- سیستمهای انتقال قدرت نظیر: گیربکس، دیفرانسیل، فاینال درایو

نحوه نمونه گیری از موتور:

نمونه روغن موتور بایستی بلافاصله بعد از خاموش کردن دستگاه گرفته شود. برای این منظور از طریق مجرای گیج (مجرای شمشیرک) یا دریچه ورودی روغن شلنگ مخصوص وارد روغن سیستم میشود.

بمنظور سهولت در نمونه گیری دقیق، معمولا "طول شلنگ را قبلا" با در نظر گرفتن طول شمشیرک (گیج) روغن مشخص مینمایند تا هر بار آنرا تا عمق مورد نظر به داخل موتور وارد نمایند. تناوب زمانی پیشنهادی برای نمونه گیری از موتورها هر یکبار در میان تعویض روغن میباشد. بهر حال

حداکثر فاصله زمانی بین دو نمونه گیری از یک موتور دو ماه پیشنهاد میشود.

نحوه نمونه گیری روغن هیدرولیک:

قبل از هر چیز نباید فراموش کرد که: سه بار نمونه روغنی که از سیستم هیدرولیک برداشت میشود دور ریخته شود تا سرنگ و شیلنگ از آغشته بودن به روغن قبلی پاک شود. نمونه گیری قسمت هیدرولیک اغلب مربوط به دستگاههای سنگین میباشد. منبع ذخیره روغن هیدرولیک (تانک هیدرولیک) محل مناسبی برای نمونه گیری است، البته باید توجه داشت که فشار یک اتمسفر در هنگام باز کردن درب تانک سبب پاشیدن روغن به بیرون نشده و ایمنی لازم را مراعات نمود. ذرات فلزی که در این روغن وجود دارد نسبت به سایر روغنها (گیربکس، دیفرانسیل و ...) خیلی کمتر بوده و از طرفی این قسمت نسبت به سایر قسمتها حساستر میباشد. در صورتیکه روغن برای مدتی حالت سکون پیدا کرده باشد بهتر است دستگاه را روشن کرده و با حرکت دادن اهرمهای هیدرولیک، روغن بطور کامل در سیستم جریان یابد و در این حالت روغن آماده نمونه گیری است. تناوب نمونه گیری در سیستمهای هیدرولیک با توجه به شرایط آن متغیر میباشد و حداقل هر ۵۰۰ ساعت یکبار میباشد. بمنظور تجزیه و تحلیل نتایج، داشتن حداقل سه مرحله نمونه گیری لازم میباشد به این ترتیب چنانچه هر دستگاه بطور متوسط ۱۰۰۰ ساعت کارکرد در مدت شش ماهه داشته باشد، طی یکسال حداقل ۸ بار از سیستم هیدرولیک نمونه گیری خواهد شد.

نمونه گیری از قسمت گیربکس:

مجددا قبل از هر چیز نباید فراموش شود که سه بار نمونه روغن که از قسمت گیربکس برداشت میشود، دور ریخته شود تا سرنگ و شیلنگ از آغشته بودن به روغن قبلی پاک شود. نمونه گیری از گیربکس از طریق گیج منبع ذخیره روغن انجام میگردد. زمان بندی برای نمونه گیری در این قسمت در دستگاههای سنگین و نیمه سنگین مشابه قسمت هیدرولیک انجام میشود و در دستگاههای نیمه سنگین اگر کیلومتر شمار آنها سالم باشد حداقل هر ۱۲۰۰۰ کیلومتر یکبار یا بر اساس هر سه بار تعویض روغن موتور یکبار از این قسمت گرفته میشود.

نمونه گیری از قسمت دیفرانسیل، فاینال درایو:

مشابه موارد قبل، ابتدا بایستی به از بین رفتن آثار نمونه قبل در سرنگ و شیلنگ مطمئن شد. دسترسی به این قسمتها آسانتر از سایر قسمتها میباشد، ولیکن بعلت بالا بودن گرانشی این قسمتها، کشیدن روغن از طریق خلاء مشکلتر میباشد. حتی مشاهده شده است که بعلت عدم تعویض روغن دیفرانسیل بعضی از ماشین آلات نیمه سنگین روغن به حالت لجن در آمده و خارج کردن آن با سرنگ غیر ممکن میگردد. قبل از نمونه گیری دستگاه بایستی مدتی فعال بوده باشد. برای شرایط عادی، حداقل سالی دوبار (هر شش ماه) نمونه گیری برای این قسمتها توصیه میشود. در حالیکه تهیه نمونه در فاصله

های زمانی کوتاهتر احتمال پیشرفت و بروز خرابی را کاهش میدهد.

ثبت اطلاعات همراه نمونه روغن:

بعد از تهیه نمونه از قسمتهای مختلف، اطلاعاتیکه برای تجزیه و تحلیل و بررسی نتایج مورد نیاز میباشد عبارتند از :

- ۱- **کد دستگاه:** رمز دستیابی به سوابق و ثبت اطلاعات جدید دستگاه در رایانه با کد ویژه میباشد.
- ۲- **نام و مدل دستگاه:** ذکر مشخصات فنی دستگاه به همراه نمونه ضروریست زیرا طراحی، مواد و متالورژی بکار رفته در ساخت موتور، گیربکس و غیره هر ماشین عمدتاً با دیگر ماشینها متفاوت است. ارزیابی نتایج آزمایش روغن با توجه به مشخصات ماشین صورت میگیرد.
- ۳- **قسمت:** منظور یکی از قسمتهای؛ موتور، گیربکس، هیدرولیک و غیره میباشد.
- ۴- **تاریخ نمونه گیری:** معمولاً فاصله زمانی تهیه نمونه و ارسال به آزمایشگاه و دریافت نتایج نبایستی بیش از ۷۲ ساعت باشد. هر چه این زمان طولانی تر گردد احتمال پیشرفت عیب و بروز خسارت در ماشینهای با شرایط بحرانی بیشتر خواهد بود. لذا با ذکر تاریخ نمونه گیری میتوان پیوسته فرایند تهیه و ارسال نمونه تا دریافت نتایج را کنترل نمود.
- ۵- **کارکرد روغن:** یکی از مهمترین فاکتورهای ارزیابی نتایج آزمایش روغن، ساعت یا کیلومتر کارکرد روغن میباشد، لذا انعکاس و ذکر ساعت یا کیلومتر دقیق روغن، قسمت بسیار مهم است. در صورت خرابی و از کار افتادن آنها میتوان از طریق دیگر حداقل زمان یا کیلومتر تقریبی کارکرد را ذکر نمود.
- ۶- **نوع روغن و سازنده روغن:** یکی دیگر از عواملی که در فرایند فرسایش دخیل میباشد نوع و کیفیت روغن است. با توجه به تنوع تولید روغن در کشور، درج نوع روغن و سازنده روغن بر روی برگ اطلاعات نمونه ضروری است. زیرا مقادیر عناصر مختلف در قالب مواد افزودنی در این روغنها یکسان نبوده و فرمولهای شیمیائی، خواص و مشخصات هر روغن بر اساس استانداردهای تعریف شده تولید کننده متفاوت است.
- ۷- **نام نمونه گیر:** مهمترین عامل موفقیت در انجام آزمایش و حصول نتیجه مطلوب، نمونه گیری صحیح میباشد. با توجه به تنوع و پراکندگی دستگاهها و انجام نمونه گیری توسط نمونه گیران مختلف، ممکن است روش نمونه گیری و دقت هر یک با دیگری متفاوت باشد و در نتیجه این اختلافات موجب پدید آمدن اختلال در نتایج شود، لذا در صورت بروز شبهات در نتیجه آزمایش، مورد از شخص نمونه گیر سؤال شده، همچنین مسئولیت کیفیت نمونه گیری قابل پیگیری خواهد بود.

ارسال نمونه ها:

مناسبتترین روش پیشنهادی برای ارسال نمونه ها به آزمایشگاه، بهره گیری از امکانات پستی میباشد. به این منظور ضمن حصول اطمینان مجدد از محکم بودن درب تک تک ظروف نمونه، همه آنها



را داخل یک پاکت پلاستیکی قراردادده و در یکی از دفاتر پست در کارتهای استاندارد بسته بندی و به آدرس آزمایشگاه ارسال گردد.

آزمایشهایی که معمولاً بر روی نمونه های روغن انجام میشود عبارتند از:

- ۱- آزمایشهای خواص فیزیکی شامل مواردی نظیر: غلظت (Viscosity)، نقطه اشتعال (Flash point)
- ۲- آزمایشهای خواص شیمیایی شامل مواردی نظیر: اکسیدها، سولفاتها، اسیدهای آلی و معدنی و غیره.
- ۳- آزمایش آلودگیها شامل مواردی نظیر: آلودگی گرد و خاک (سیلیس)، آب، سوخت و غیره.
- ۴- آزمایش ذرات فرسایشی شامل مواردی نظیر: ذرات فرسایشی نرمال، خوردگی شیمیایی، خستگی ذرات دوره آبندی و غیره

پس از دریافت نمونه روغن، بر اساس درخواست ارسال کننده نمونه و یا بر اساس هماهنگیهای که قبلاً بعمل آمده، انواع آزمایشهای لازم روی نمونه روغن انجام میشود. نتایج بدست آمده جهت ثبت و تفسیر به رایانه منتقل شده و در فایل خاص و مستقل هر دستگاه ذخیره میگردد. با توجه به در دست بودن نتایج قبلی امکان مقایسه و بررسی شرایط دستگاه وجود خواهد داشت. از نتایج بدست آمده و تفسیر آنها گزارشی تهیه و از طریق نمابر، پست و یا رایانه برای صاحب دستگاه ارسال می گردد.

سلسله مقالات فن آوری

مراقبت وضعیت ماشین آلات

Machinery Condition Monitoring

آنالیز روغن و ذرات فرسایشی

Lubricant & Particle Analysis

ذرات سیلیسی در روغن موتورها

- چکیده
- سیلیس چیست؟
- نحوه فرسایش
- نحوه ورود سیلیس به موتور

شماره

۱۰

واحد تحقیقات و آزمایشگاه

شرکت فنی و مهندسی البرز تدبیر کاران

بهار ۱۳۷۹





سمینار دستاوردهای فنی اقتصادی اجرای طرح C.M در وزارت راه و ترابری

چکیده:

مطالعه و بررسی تاثیر ذرات سیلیس بر عملکرد روغن و ماشین آلات، نقش موثری در شناخت و جلوگیری از نفوذ و حضور این عامل مهم فرسایش در روغن دارد، که منجر به کاهش فرسایش و حفظ سلامت ماشین آلات خواهد شد.

سیلیس معمولاً در طبیعت به صورت ترکیب با اکسیژن وجود دارد که به آن سیلیکا گفته می شود. سیلیکا با ساختار کریستالی و ابعاد و شکلهای مختلف وجود دارد، از کوچکتر از یک میکرون تا چندین ۱۰ میکرون.

ذرات سیلیس با توجه به سختی نسبی بالایی که دارند می توانند بر روی صفحات فولادی و فلزی خراش ایجاد نمایند. سیلیس به طرق مختلف وارد سیستمهای مکانیکی شده و نقش اساسی در فرسایش قطعات دارد از جمله :

ورود سیلیس بداخل سیستمها از طریق فیلترهای هوا، از طریق بخار کش breather، سیلها یا واشرهای صدمه دیده یا از محل اندازه گیری و سرریز روغن، ممکن می باشد. هم چنین نحوه نگهداری نامناسب روغن نو یکی دیگر از منابع آلودگی روغن می باشد.

"بسمه تعالی"

سیلیس چیست؟

آیا تا کنون از خود پرسیده اید چرا بر سر راه هوای ورودی به موتورهای فیلتر نصب می گردد. مگر در هوای اطراف ما چه چیزی وجود دارد که ورودش به موتور را ممنوع می نماید. حتماً پاسخ خواهید داد: گرد و خاک. پاسخی که کاملاً صحیح می باشد ولی بسیاری از مواقع نمی توانیم ذرات گرد و غبار معلق در هوا را ببینیم اما با باز کردن فیلتر هوا از تجمع خاک و غبار در پشت فیلتر متعجب می شویم.

اکنون سؤال دیگری از خود می پرسیم: مگر این ذرات چه تاثیری بر عملکرد روغن و یا دستگاه دارند که باید تا این حد جلوی آن گرفته شود؟ سؤالی که در این مقاله سعی می شود تا جواب مناسبی برای آن ارائه شود.

جالب است که بدانید بعد از اکسیژن، سیلیس فراوان ترین عنصر موجود در روی پوسته زمین می باشد. سیلیس معمولاً در شکل ترکیب شده خود با اکسیژن وجود دارد که به آن سیلیکا گفته می شود. (SiO_2).

سیلیکا به نوبه خود یا بصورت آزاد (کوارتز، شن و غیره) و یا بصورت ترکیبی از اکسیدهای فلزی یافت می شود که در این حالت اخیر به آن سیلیکات گفته می شود.

ساختمان سیلیکا کریستالی بوده و در شکلهای و ابعاد مختلف یافت می شود، اندازه این ذرات در شکل گرد و غبار می تواند از زیر یک میکرون تا چندین ۱۰ میکرون باشد.

سیلیکا یکی از انواع مواد معدنی می باشد که دارای سختی نسبتاً بالایی است. در نمودار شماره ۱ سختی چند ماده معدنی از جمله کوارتز نشان داده شده است.

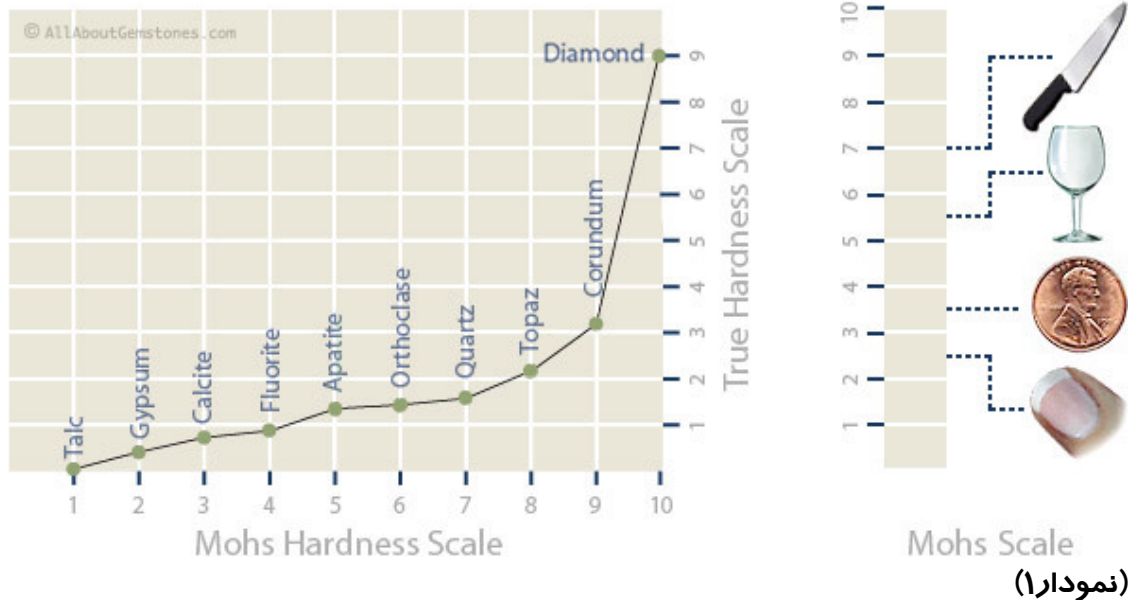
همانطور که از نمودار پیداست کوارتز دارای سختی نسبی ۷ بوده و سایر اشکال سیلیکا نیز همین سختی را دارند. از طرفی با توجه به اینکه سختی نسبی اکثر فولادها ۶/۵ می باشد و سایر فلزات سختی نسبی کمتری دارند لذا ذرات سیلیس می تواند بر روی صفحات فولادی و فلزی خراش ایجاد نماید. حال چنانچه مکانیزم فرسایش از طریق این ذرات را دقیق تر مورد بررسی قرار دهیم به جواب سؤال خواهیم رسید.

سختی چیست؟

سختی را می توان به صورت مقاومت کانی در برابر خراشیده شدن تعریف کرد. در کانی شناسی، سختی یک جسم را با جسم دیگر می سنجند. طبق تعریف اگر جسمی، جسم دیگر را مخطط کند از آن سخت تر است. برای سنجش سختی کانی های مختلف ۱۰ کانی را به عنوان مبنای سختی انتخاب کرده اند و سختی سایر کانی ها را نسبت به آنها می سنجند این مقیاس به نام مقیاس موس معروف است. جدول سختی موس از سال ۱۸۲۲ تا کنون استفاده می شود در این جدول که شامل ۱۰ کانی

است به این صورت تنظیم شده که سخت ترین کانی یعنی الماس در بالا با ارزش سختی ۱۰ مشخص شده و نرم ترین کانی تالک با سختی ۱ در پایین و هر کانی که در ردیف بالاتری قرار دارد می تواند کانی زیری خود را خط بیندازد این جدول عبارت است از ۱- تالک ۲- ژیپس ۳- کلسیت ۴- فلوئورین ۵- آپاتیت ۶- ارتوز ۷- کوارتز ۸- توپاز ۹- کوندوم ۱۰- الماس)

سیلیکا یکی از انواع مواد معدنی می باشد که دارای سختی نسبتاً بالایی است. در نمودار شماره ۱ سختی چند ماده معدنی از جمله کوارتز نشان داده شده است. همانطور که از نمودار پیداست کوارتز و سایر اشکال سیلیکا دارای سختی نسبی ۷ می باشند. از طرفی با توجه به اینکه سختی نسبی اکثر فولادها ۶/۵ می باشد و سایر فلزات سختی نسبتاً کمتری دارند لذا ذرات سیلیس می تواند بر روی صفحات فولادی و فلزی خراش ایجاد نماید. حال چنانچه مکانیزم فرسایش از طریق این ذرات را دقیق تر مورد بررسی قرار دهیم به جواب سؤال خواهیم رسید.



نحوه فرسایش:

فیلتر های هوا طوری طراحی و ساخته شده اند که حدود ۹۹٪ از ذرات معلق در هوا را گرفته و ما بقی داخل محفظه احتراق شده وارد روغن موجود بر روی دیواره سیلندر می گردد. حال بسته به اندازه ذرات و اندازه لقی بین رینگ پیستون و جداره سیلندر برخی از ذرات که اندازه آنها کمتر و یا برابر آن فاصله باشد از آنجا عبور کرده وارد محفظه روغن می شوند و ذرات درشت تر امکان عبور نخواهند داشت.

از طرفی ذراتی که اندازه آنها کمتر از فاصله لقی باشد بدون درگیری با سطوح فلزی عبور کرده در حالیکه ذراتی که هم اندازه فاصله لقی باشند در حین عبور باعث ایجاد خراش و فرسایش خواهند شد. بنابر این خطرناک ترین ذرات آنهایی هستند که هم اندازه فاصله بین سطوح باشند.

تأثیر دیگر این ذرات بر هم زدن توزیع یکنواخت بار بر روی سطوح در تماس است بدین ترتیب که در نقطه ای که ذره بین سطوح درگیر شده است تمرکز تنش ایجاد شده و باعث ایجاد خستگی در سطح فلز گشته و ذرات غیر نرمال فرسایش خستگی را تولید می نماید.

باید توجه داشت که در هر دستگاهی سیلیس می تواند همین اثر را داشته باشد بنابراین حفاظت کلیه دستگاه ها از ورود گرد و غبار امری مهم و الزامی خواهد بود.

در اینجا به شکل دیگری از سیلیس اشاره می شود که به آن سیلیکون (Silicone) گفته می شود. سیلیکون ها از ترکیبات ارگانیک است که بطور مصنوعی تولید می شوند و در صنایع روغنکاری و رنگ نیز کاربرد زیادی دارند. بسیاری از سیل ها و واشرها از جنس سیلیکون می باشند.

حال چنانچه منبع ورود سیلیس به روغن از ناحیه واشر معیوب و یا سیل سیلیکونی باشد خطری برای دستگاه محسوب نمی شود و عملاً هم تأثیرات فرسایشی بر روی قطعات مشاهده نمی گردد. جدول ضمیمه گویای این واقعیت می باشد.

حال به موضوع موتور بر می گردیم و از نمودار شماره ۲ میزان حساسیت رینگها به فرسایش ناشی از سیلیس در مقایسه با حساسیت یاتاقانها را مشاهده می کنیم.

عدت شدت فرسایش بیشتر در رینگها فاصله لقی آنها با دیواره است که کمتر از فاصله لقی یاتاقانها می باشد. مطلب دیگر اینکه ذرات کمتر از ۱۰ میکرون تأثیر خیلی بیشتری بر شدت فرسایش دارند. از طرفی ذرات بیش از ۱۰ میکرون بدلیل وجود فیلتر تراکم کمتری نسبت به ذرات کوچکتر دارند.

Fe	AL	Cr	Cu	Na	Si	
۳۵	۸	۳	۱۵	۱۲	۱۲	فرسایش نرمال
۹۲	۲۹	۱۶	۲۰	۱۶	۶۹	آلودگی شدید روغن به خاک
۳۵	۸	۳	۱۵	۱۲	۲۵۰	فرسایش سیل سیلیکونی

واحد: ppm

نحوه ورود سیلیس به موتور:

الف- بسته به اینکه گرد و غبار از چه طریقی به داخل روغن موتور نفوذ کرده است نوع فرسایش متفاوت خواهد بود. چنانچه از طریق سیستم هوا وارد شده باشد قطعا" فرسایش در سیلندر، رینگ و پیستون مشاهده خواهد شد و در جواب آزمایش اسپکتروسکوپی مقادیر Si و Fe و Cr و Al بالا خواهند بود. (شکل شماره ۳).

ب- در بعضی اوقات مقادیر Si، Pb و Cu نسبت به بقیه عناصر افزایش زیاد داشته (شکل ۴) که در اینگونه موارد می توان نتیجه گرفت که سیلیس از غیر مجرای هوا بدرون موتور نفوذ کرده



است. در این موارد فرسایش یاتاقان مشاهده خواهد شد بدون فرسایش در قسمت بالایی موتور. بنابراین این باید بدنبال محلهای دیگری به غیر از مسیر هوا برای ورود سیلیس بود و در صورت معیوب بودن آنها نسبت به ترمیم اقدام نمود. از جمله این عوامل می توان به بخارکش breather، سیل ها و یا واشرهای صدمه دیده در محل اندازه گیر و سرریز روغن اشاره نمود. هم چنین ممکن است نحوه نگهداری نامناسب روغن باعث ایجاد آلودگی شده باشد.

ج-چنانچه افزایش Si در روغن ناشی از خوردگی سیل های سیلیکونی باشد هیچگونه فرسایش نه در قست بالایی و نه در قسمت تحتانی موتور دیده نمی شود در این حالت بازدید و تعویض سیل صدمه دیده برای پیشگیری از صدمات بعدی الزامی است .

د- در مواردی نیز فرسایش ناشی از سیلیس در هر دو قسمت فوقانی و تحتانی موتور را مشاهده می نمائیم (شکل شماره ۵) که در اینصورت کلیه بازدیدها و مراقبت های موارد الف و ب می بایستی انجام شود.

در تهیه برخی قسمتهای این مقاله از مراجع زیر استفاده شده است:

Silicon...Enemy Numbre1 by Gary Blevins & John Evans

Manual of Mineralogy by Cornelis Klein

سمه تعالی

خدمات آزمایشگاهی

آنالیز روغن و ذرات فرسایشی ماشین آلات (کنترل و عیب یابی)

تاریخ چاپ ۷۹/۳/۱۰

البرز تدبیر کاران

شرکت فنی و مهندسی

خدمات تحقیقاتی و صنعتی مراقبت وضعیت (Condition Monitoring Services)



نام مشتری: وزارت راه - کیلان		محل کار: لاهیجان	
مشخصات دستگاه:			
شماره دستگاه: R-5-1-1888-ENG	نوع: کامیون	مدل: مایلر	
سازنده دستگاه: بنز	قسمت: موتور	شماره سری:	
تاریخ نمونه	0/0/0		
تاریخ آزمایش	۷۸/۸/۲۶		
سازنده روغن	-		
نام روغن	-		
نوع روغن	-		
کارکرد روغن km/h	0		
سرریز روغن	0		
کارکرد دستگاه km/h	0		
عناصر فرسایشی			
Fe	197.2		
Cr	10.9		
Al	35.6		
Cu	6.9		
Pb	11.5		
Sn	0		
Ni	2		
Ti	0		
Ag	0		
Mo	57.4		
Zn	1086.1		
عناصر فرسایشی			
P	402.9		
Ca	2921.8		
Ba	0		
Mg	24.8		
Si	77		
عناصر فرسایشی			
Na	26		
B	2.1		
V	0.5		
PQ	0		
شاخص های			
DL	0		
DS	0		
IS	0		
آلودگی آب	منفی		
آلودگی سوخت	----		
سانتیگراد	0	F.P (IP303)	
mg KOH/g	0	T.B.N	
mg KOH/g	0	T.A.N	
Cst at 40 C	138	گرانروی	
Cst at 100 C	0	گرانروی	
VI	0	شاخص گرانروی	

شکل ۳

بسمه تعالی

خدمات آزمایشگاهی

آنالیز روغن و ذرات فرسایشی ماشین آلات (کنترل و عیب یابی) تاریخ چاپ ۷۹/۳/۱۰

نام مشتری: وزارت راه - تهران	محل کار: کرج
------------------------------	--------------

البرز تدبیر کاران

شرکت فنی و مهندسی

خدمات تحقیقاتی و صنعتی مراقبت وضعیت (Condition Monitoring Services)



مشخصات دستگاه:

شماره دستگاه : R-5-1-3280-ENG	نوع: کمپرسور	مدل : 911
سازنده دستگاه : بنز	قسمت: موتور	شماره سری:

تاریخ نمونه	۷۹/۴/۲۶		
تاریخ آزمایش	۷۹/۵/۳		
سازنده روغن	ش ملی نفت		
نام روغن	ارژن		
نوع روغن	SAE40		
کارکرد روغن km/h	3000		
سرریز روغن	3		
کارکرد دستگاه km/h			
عنصر فرسایشی	Fe	68.9**	
	Cr	5.2	
	Al	7.7	
PPM	Cu	11.6*	
		97***	
		1.4	
		2	
		0.1	
		0	
		0.1	
		218.9	Zn
عنصر فرسایشی	P	198.3	
PPM	Ca	797.4	
		0	Ba
		27.8	Mg
		50.1**	Si
عنصر فرسایشی	Na	6.1	
PPM	B	0.9	
		0.7	V
			PQ
شاخص های	DL		
فرسایش	DS		
IS			
آلودگی آب		منفی	
آلودگی سوخت		--	
سانتیگراد	F.P (IP303)	182>**	
mg KOH/g	T.B.N		
mg KOH/g	T.A.N		
Cst at 40 C	گرانروی	87**	
Cst at 100 C	گرانروی		
VI	شاخص گرانروی		

شکل ۴

بسمه تعالی

خدمات آزمایشگاهی

آنالیز روغن و ذرات فرسایشی ماشین آلات (کنترل و عیب یابی) تاریخ چاپ ۷۹/۳/۱۰

نام مشتری: وزارت راه - همدان	محل کار:
------------------------------	----------

البرز تدبیر کاران

شرکت فنی و مهندسی

خدمات تحقیقاتی و صنعتی مراقبت وضعیت (Condition Monitoring Services)



مشخصات دستگاه:

شماره دستگاه : R-13-9-129-ENG	نوع: بولدوزر	مدل : TD15
سازنده : هپکو	قسمت: موتور	شماره سری:
تاریخ نمونه	۷۹/۳/۸	
تاریخ آزمایش	۷۹/۳/۹	
سازنده روغن	ش ملی نفت	
نام روغن	ارژن	
نوع روغن	SAE40	
کارکرد روغن km/h	150	
سرریز روغن	3	
کارکرد دستگاه km/h	0	
عناصر فرسایشی	Fe	1309
	Cr	230
	Al	78.8
PPM	Cu	64.8
		210.7
		28.8
		12.5
		1.1
		0
		0
Zn		1481
عناصر فرسایشی	P	977.3
PPM	Ca	4754.5
		0
		137.9
Si		206.4
عناصر فرسایشی	Na	29.5
PPM	B	4.3
		2.3
PQ		0
شاخص های	DL	0
فرسایش	DS	0
IS		0
آلودگی آب		منفی
آلودگی سوخت		---
سانتیگراد	F.P (IP303)	0
mg KOH/g	T.B.N	9
mg KOH/g	T.A.N	0
Cst at 40 C	گرانروی	140
Cst at 100 C	گرانروی	0
VI	شاخص گرانروی	0

شکل ۵



سلسله مقالات فن آوری

مراقبت وضعیت ماشین آلات

Machinery Condition Monitoring

آنالیز روغن و ذرات فرسایشی

Lubricant & Particle Analysis

بررسی جنبه های اقتصادی برنامه CM از طریق آنالیز روغن

- چکیده
- مقدمه
- جنبه های اقتصادی برنامه های مراقبت وضعیت از طریق آنالیز روغن
- صرفه جوئی های مستقیم
- صرفه جوئی های غیر مستقیم
- بر آوردهای اقتصادی
- بر آورد کلی
- روشی برای محاسبه صرفه جوئی
- نمونه هایی از ارقام ارائه شده توسط واحد ها و موسسات بکارگیرنده طرح های مراقبت وضعیت CM
- نتیجه

شماره

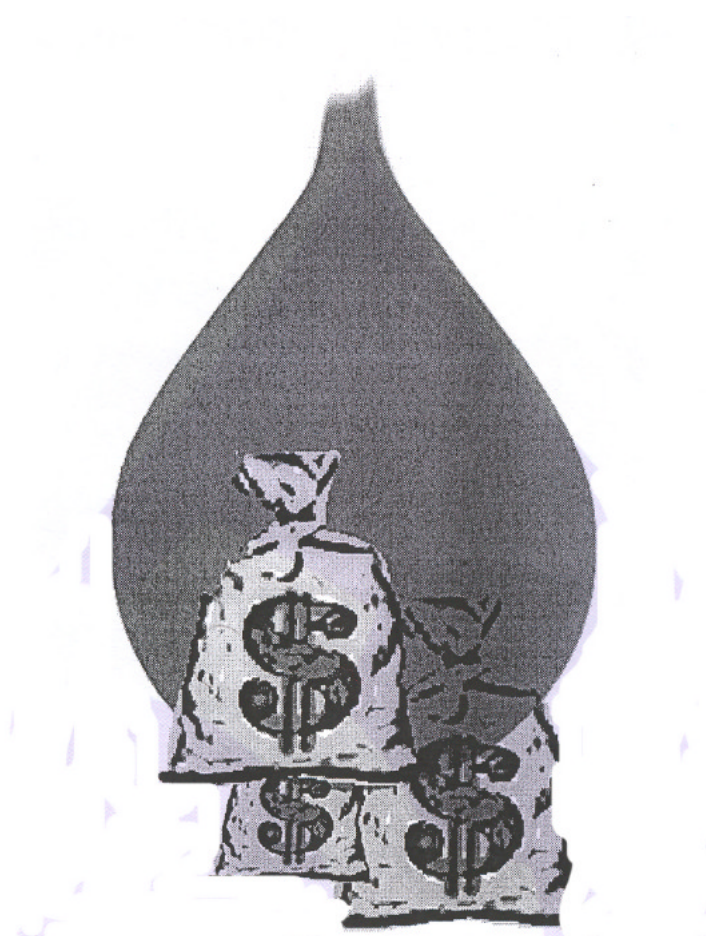
۱۵

واحد تحقیقات و آزمایشگاه

شرکت فنی و مهندسی البرز تدبیر کاران

پائیز ۱۳۸۰

بررسی جنبه های اقتصادی برنامه های مراقبت وضعیت از طریق آنالیز روغن



گروه تحقیقات

آزمایشگاه آنالیز روغن شرکت البرز تدبیر کاران



روش مراقبت وضعیت، ابزار مدیریت برای بهینه سازی سیستم

علی رضا مسعودی

فوق لیسانس و دکترای (Condition Monitoring)

عضو هیئت علمی مرکز آموزش عالی امام خمینی (ره)

چکیده:

بدون تردید معرفی و تشریح توانمندیها و منافع حاصل از بکارگیری روشهای نوین نگهداری و تعمیرات ماشین آلات، بویژه روشهای مراقبت وضعیت از طریق آنالیز روغن (Oil Analysis Condition Monitoring) زمینه های لازم برای توجیه مدیران و جلب حمایت و پشتیبانی آنها را در بکارگیری روشهای نوین (نت) بجای روشهای سنتی فراهم خواهد آورد. در این مقاله سعی شده است بر اساس تجارب و گزارشهای موجود در کشور و خارج از کشور، صرفه جوئیهای اقتصادی حاصل از بکارگیری برنامه های مراقبت وضعیت به اجمال مورد بررسی قرار گیرد.



بسمه تعالی

مقدمه

مسئله نگهداری و تعمیرات (نت) به عنوان یکی از مسائل مهم در بکارگیری ماشین آلات مورد بحث و بررسی بوده است و همواره تلاش بر آن بوده است تا روش های موثری برای کاهش هزینه ها، افزایش کارآئی و ایمنی کار و اعمال کنترل های مختلف مدیریتی انتخاب و اجراء شود. امروزه تغییر روش های (نت) ماشین آلات از سیستم های انفعالی و سنتی به روش های پیش بینی و برنامه ریزی شده (Planned Maintenance)، از اهداف مهم شرکتها و بخش های اجرائی می باشد. صرف نظر از جنبه های ایمنی شاید بتوان گفت ابعاد اقتصادی راهبری ماشین آلات، از مهم ترین عوامل و انگیزه های اصلاح ساختار (نت) بخشهای اجرائی می باشد. در این رابطه معرفی روشهای علمی و عملی برای محاسبه هر چه دقیق تر هزینه راهبری و نگهداری ماشین آلات و کنترل و کاهش آن بسیار ضروری و تعیین کننده خواهد بود. ضمن اینکه ترغیب مدیران بخش های اجرائی و صنعتی جهت حمایت و پشتیبانی از روشهای نوین (نت)، مستلزم ارائه اعداد و ارقام و توجیهات اقتصادی شفاف می باشد. به این ترتیب تغییر و تحول سیستم های نت سنتی به نت نوین در سایه تحلیل های اقتصادی به راحتی اجرا خواهد شد.



۱- جنبه های اقتصادی برنامه های مراقبت وضعیت از طریق آنالیز روغن

یکی از جنبه های مهم برنامه های مراقبت وضعیت از طریق آنالیز روغن (Condition Monitoring through Oil Analysis) بحث صرفه جوئی های اقتصادی است. در صورتی که آنالیز روغن به درستی و با اعمال مدیریت صحیح اجرا شود نه تنها قادر به کاهش قابل توجه هزینه در بخش (نت) می باشد بلکه نقش مهمی نیز در افزایش تولید خواهد داشت. برنامه CM فقط یک شیوه (نت) پیشگیرانه نیست، بلکه یک منبع سرشار اطلاعات مدیریتی است که می تواند به خوبی به آمادگی تجهیزات در جهت تدوین و برنامه ریزی کار و تولید کمک کند. به عنوان یک روش (نت)، آنالیز روغن می تواند نگاه عمیقی به درون ماشین داشته باشد و شرایط نامطلوب دستگاه را که نا دیده انگاشته شده و یا مخفی بوده است مشخص سازد. به این ترتیب، اعمال یک برنامه موثر کنترلی و نظارتی بر وضعیت تجهیزات و سیستم های مکانیکی، کاهش هزینه های مستقیم و غیر مستقیم را برای صنایع و پروژه های عمرانی بدنبال خواهد داشت. جنبه های اقتصادی (نت) مبتنی بر CM را می توان در دو محور زیر مورد بررسی قرار داد:

۱- صرفه جوئی های مستقیم

۲- صرفه جوئی های غیر مستقیم

۱-۱- صرفه جوئی های مستقیم

بر اساس مطالعات انجام شده اعمال برنامه های آنالیز روغن (CM) می تواند ۲۰ تا ۲۵ درصد کاهش هزینه های (نت) را به همراه داشته باشد. این صرفه جوئی از محل هزینه های مستقیم (نت) حاصل خواهد شد و اهم محورهای آن بشرح ذیل می باشد:

الف- مصرف قطعات: از هزینه های شناخته شده (نت) ماشین آلات می باشد و بخش قابل توجهی از صرفه جوئی اقتصادی مستقیم حاصله از اجرای روشهای مراقبت وضعیت ناشی از کاهش مصرف قطعات می باشد. بر اساس روشهای سنتی، تهیه و تدارک قطعات یدکی و ایجاد انبارهای بزرگ مملو از قطعات یدکی، از مهمترین شروط ادامه کار ماشین آلات بنظر میرسد. در روشهای سنتی (نت)، مدیران بخشهای اجرائی بیشترین تلاش خود را برای تأمین اعتبارات سنگین جهت خرید روز مره قطعات یدکی و همچنین شارژ انبارهای خود معطوف می دارند. از آنجائیکه بخش عمده قطعات یدکی مورد نیاز ماشین آلات از طریق منابع خارجی تأمین می شود، از این رهگذر هزینه های سنگین ارزی بر دوش کشور سنگینی می نماید. این در حالی است که با اجرای برنامه نوین (نت) هر گونه عامل فرسایش غیر عادی و یا شروع عیب در مراحل اولیه شناسائی شده و قبل از توسعه عیب و یا سرایت آن به دیگر قطعات و بروز خسارات سنگین اقدامات پیشگیری معمول میگردد.



بر اساس تجارب موجود با اعمال برنامه CM مصرف قطعات یدکی در حد غیر قابل تصویری کاهش خواهد یافت (بیش از پنجاه درصد کاهش).

مصرف قطعات یدکی در بسیاری از موارد ناشی از عدم کیفیت و عدم دقت در تعمیرات می باشد با کنترل این موضوع، مجدداً مصرف قطعات یدکی کاهش خواهد یافت. به این ترتیب صرفه جوئی مستقیم حاصل از کنترل مصرف قطعات به شرح ذیل خلاصه می شود:

تعویض قطعه بدلیل: نامرغوب بودن قطعه+ تعمیرات بد+ اپراتور+ آلاینده های روغن+ سرایت عیب+ پیشرفت عیب

ب) دستمزد:

مسئله هزینه دستمزد تعمیرات، به آمار خرابیهای ماشین آلات و تجهیزات ارتباط مستقیم دارد. بویژه در برنامه (نت) سنتی بدلیل عدم اطلاع بموقع از پیشرفت عیوب در مراحل اولیه آمار تعمیرات اساسی در مقایسه با (نت) نوین بسیار بالا بوده که باعث افزایش هزینه دستمزد تعمیرات خواهد شد. در حالی که بر اساس تجارب موجود در روشهای (نت) متکی به CM، عیوب و عوامل تشدید فرسایش تا ۹۰٪ قبل از ایجاد خرابیهای منجر به توقف دستگاه قابل شناسائی بوده و معمولاً با انجام تعمیرات و اصلاحات جزئی بطور غیر قابل تصویری قابل رفع می باشند. به این ترتیب با اعمال برنامه های CM آمار تعمیرات سنگین و هزینه دستمزد تعمیرات به میزان چشمگیری کاهش خواهد یافت. در برخی گزارشها، در صورت اعمال برنامه CM تعمیرات اساسی بیش از ۵۰٪ کاهش خواهد یافت.

ج) هزینه مواد مصرفی:

در هر ناوگان ماشین آلاتی در مراحل اولیه اجرای برنامه CM، چنین احساس می شود که هزینه سرویس و نگهداری و یا میزان مواد مصرفی نظیر روغن و فیلترها افزایش یافته است. احتمال چنین وضعیتی معمولاً در مراحل اولیه طبیعی است ولی بر اساس آمار و گزارشهای موجود پس از استقرار سیستم CM میزان مصرف و هزینه مواد مصرفی بشدت کاهش خواهد یافت. این کاهش از ۲۰ تا ۵۰ درصد گزارش شده است که منجر به صرفه جوئی قابل توجهی خواهد گردید.

د) توقف دستگاه:

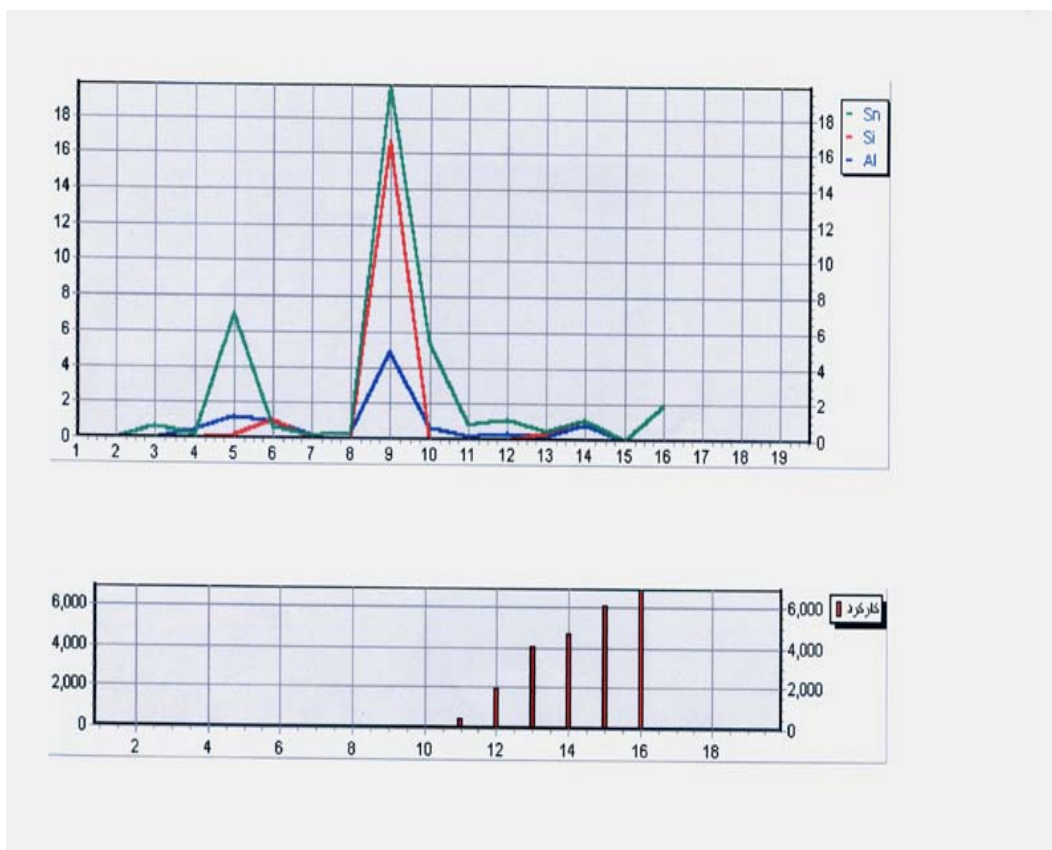
در محاسبه صرفه جوئی حاصل از توقف دستگاهها، آنالیز دلایل طولانی شدن خواب آنها ضروریست. بدیهی است که خرابی و توقف ناگهانی و پیش بینی نشده ماشین آلات مستلزم زمان و وقت زیادی جهت تأمین قطعه و نیروی انسانی لازم می باشد. ضمن اینکه بدلیل نامشخص بودن زمان و مکان توقف دستگاه، گاهی توقفهای بسیار طولانی مدت اجتناب ناپذیر می باشد. زیرا علاوه بر زمان طبیعی تعمیر، معمولاً بدلیل نامساعد بودن شرایط زمانی و مکانی، طول مدت توقف افزایش زیادی خواهد یافت.



در مقابل به کمک برنامه CM، نه تنها میتوان عیب را در مراحل اولیه شناسایی و با صرف وقت بسیار کمتر رفع نموده و زمان توقف دستگاه را بشدت کاهش داد (تعمیر جزئی بجای تعمیر اساسی)، بلکه با توجه به اطلاعات حاصل از برنامه آنالیز روغن و شناسایی عیوب، در صورتیکه واقعا "تعمیر دستگاه اجتناب ناپذیر باشد میتوان قبل از توقف آن نسبت به تأمین قطعه، محل و زمان تعمیر و نیروی انسانی مورد نیاز و جایگزینی دستگاه دیگر برنامه ریزی نمود. اگر ماشین آلات و تجهیزات بعنوان کالای سرمایه ای و واحدهای مولد اقتصادی در نظر گرفته شود، در اکثر موارد مشاهده می شود که در روش سنتی (نت) زیان ناشی از توقف دستگاهها بیش از هزینه تعمیرات می باشد. به هر حال محاسبه میزان صرفه جوئیهای حاصل از کاهش زمان توقف به راحتی امکان پذیر می باشد. (زمان توقف اضافی در قیمت یک ساعت کار)

طبق گزارش شرکت مهندسی آب و خاک جهاد توسعه وابسته به وزارت جهاد کشاورزی تا پیش از اجرای برنامه CM در این شرکت به طور معمول ۷۰٪ از ماشین ها فعال بوده و ۳۰٪ بدلیل تعمیرات متوقف بوده اند. آماده به کار بودن دستگاهها پس از اجرای برنامه CM به ۹۵٪ رسیده است. با در نظر گرفتن تعداد کل دستگاههای مجموعه (حدود ۲۰۰ دستگاه) و متوسط کار روزانه (۸ ساعت) و متوسط ارزش هر ساعت کار (حدوداً ۸۰/۰۰۰ ریال)، افزایش بهره وری مجموعه بواسطه کاهش توقف دستگاهها (Downtime) در سال معادل ۹ میلیارد و ۶۰۰ میلیون ریال خواهد بود که نسبتاً مبلغ قابل توجهی می باشد.

مثالی دیگر: در طول اجرای یک طرح Base-line برای یک دستگاه توربین بخار مجتمع پتروشیمی اراک با حجم روغن ۱۸۰۰۰ لیتر، مقدار غیر عادی (۱۷ppm) برای عنصر سیلیس شناسایی گردید. مقادیر قلع و آلومینیوم نیز همزمان افزایش یافت که به معنی فرسایش غیر طبیعی دستگاه بود (نمودار صفحه بعد..). پس از رفع آلودگی مقادیر به حالت عادی بازگشته و دستگاه به طور طبیعی ادامه کار داد. به این ترتیب شناسایی و کنترل عوامل تشدید فرسایش تجهیزات گرانقیمت پتروشیمی و نیروگاهی از طریق CM موجب صرفه جوئیهای عظیم اقتصادی خواهد شد. (لازم به ذکر است که زیان مالی ناشی از توقف خارج از برنامه توربین یاد شده برای هر ساعت ۲۰۰ میلیون ریال و تعمیرات اساسی آن صدها هزار دلار برآورد می شود).



۲- اصرفه جوئیهای غیر مستقیم

الف) عمر دستگاه :

اعمال برنامه CM باعث شناسائی و کنترل شرایط و عواملی میشوند که استهلاک ماشین آلات را سرعت می بخشد. منظور شرایط و عواملی است که بتدریج اثر گذار بوده و در بلند مدت باعث کاهش عمر ماشین و تعمیرات اساسی می شوند. این عوامل معمولاً "آثار فرسایش محسوس و فوری روی ماشین ندارند. البته در چنین مواردی محاسبه صرفه جوئیهای حاصل از اعمال برنامه CM براحتی و مستقیماً قابل محاسبه نمی باشد. بطور مثال در ایران آلودگی سیلیس از عوامل عمده تشدید فرسایش می باشد. در شرایط آلودگی شدید اثر فرسایشی کوتاه مدت و فوری و در صورت آلودگی خفیف، فرسایشی کند و بلند مدت حاصل خواهد شد. از طریق اعمال برنامه CM وجود آلاینده ها بطور مستمر کنترل و قبل از بروز هر گونه عیب لازم به تعمیر و تنها با سرویس و برخی اقدامات اولیه مشکل رفع می شود. البته محاسبه صرفه جوئی حاصل از اعمال CM که فرسایش بلند مدت ناشی از آلودگی خفیف را کنترل می نماید، کار آسانی بنظر نمی رسد. البته در همین مورد میتوان به کارهای تحقیقی فراوانی که در دیگر کشورها انجام شده اشاره نمود. بطور مثال در یک شرکت حمل و نقل بزرگ (دارای ۲۵۰۰ دستگاه اتوبوس، کامیون و تریلی) با کاهش حدوداً ۲۵٪



آلودگی سیلیس روغن موتور ماشین آلات خود سالانه معادل قیمت ۶۰ اتوبوس نو صرفه جوئی حاصل نموده است. (نمودارهای ۱ و ۲).

مورد بسیار متداول در ایران استفاده از روغنهای نامناسب و یا تقلبی در دستگاهها می باشد که آثار فرسایشی بلند مدت داشته و معمولاً در کوتاه مدت آثار سوء آن محسوس نمی باشد که از طریق برنامه CM قابل کنترل می باشد.

همچنین در بسیاری از موارد با اعمال برنامه CM عیوب بالقوه، قبل از بروز و هر گونه آثار تخریبی و فرسایشی روی قطعات حذف می شوند. در چنین مواردی نیز محاسبه صرفه جوئی واقعی برنامه CM کار مشکلی بنظر میرسد. ولی در توجیه اقتصادی و برآورد صرفه جوئیهای حاصل از برنامه CM، ملحوظ نمودن این موارد نظیر برخی تنظیمات جزئی بسیار ضروری و مهم می باشد..

ب) توقفهای زنجیره ای:

صرفنظر از برخی مواردیکه ماشین آلات و تجهیزات بصورت منفرد و مستقل از دیگر تجهیزات مشغول کار بوده و توقف و خرابی آنها اثر مستقیم و یا محسوس روی برنامه کاری ماشین آلات دیگر ندارند، در اکثریت موارد معمولاً ماشین آلات و تجهیزات بصورت تیمی و در ارتباط با یکدیگر کار میکنند. این وضعیت در صنایع تولیدی و یا عمرانی کاملاً معمول می باشد. در روشهای سنتی(نت) که خرابی و توقف خارج از برنامه متداول می باشد، کار دیگر ماشین آلات در اثر خرابی و توقف یک دستگاه، مختل و یا دچار ناهماهنگی و افت شدید می شود. در حالیکه در برنامه های (نت) مبتنی بر CM، علاوه بر پیش بینی و پیشگیری از عیوب و توقف ماشین آلات میتوان بدلیل اطلاع بموقع از احتمال توقفهای اجتناب ناپذیر، نسبت به چاره جوئی و برنامه ریزی بموقع و احتمالاً جایگزینی دستگاه مناسب، از توقف و یا کاهش کارائی دیگر تجهیزات و یا ماشین آلات مرتبط پیشگیری نمود. در محاسبه واقعی صرفه جوئیهای حاصل از اعمال برنامه CM بایستی هزینه ناشی از توقفهای زنجیره ای را کاملاً در نظر گرفت. گاهی هزینه ناشی از توقفهای زنجیره ای چندین بار بیش از هزینه تعمیرات خود دستگاه متوقف شده می باشد. صرفه جوئی حاصل از پیشگیری از توقفهای زنجیره ای از طریق محاسبه جمع هزینه توقف تک تک ماشینها بدست خواهد آمد.

ج) ضایعات توقفها:

در صنایع مختلف و یا در فعالیتهای اجرائی، توقفهای ناگهانی و پیش بینی نشده معمولاً منجر به ضایعات در مواد اولیه، تولید و یا خسارات به خودکار میگردد. بطور مثال میتوان تصور نمود که در فرایند تولید فولاد و یا مواد غذائی فاسد شدنی، توقف ناگهانی خط بدلیل خرابی یکی از قسمتها چگونه مواد مذاب و یا مواد اولیه غذائی در معرض نابودی قرار خواهند گرفت و یا چه مشکلاتی ایجاد خواهد شد.



همچنین تأخیر در اجرای پروژه هائی نظیر سد سازی و یا دیگر فعالیتهای عمرانی که معمولاً ناشی از خرابی و آماده نبودن ماشین آلات و تجهیزات است گاهاً "چه خسارات جبران ناپذیری را بوجود خواهد آورد. اعمال برنامه CM در سیستم (نت) حداکثر امکان را در جهت پیش بینی خرابی ماشین و چاره جوئی برای جایگزین و یا تعمیر بموقع را بوجود خواهد آورد و از توقف ناگهانی خط احتراز خواهد شد.

ملاحظه می شود ضایعات و خسارات سنگین ناشی از روشهای سنتی (نت) در این زمینه ، گاهی عظیم و غیر قابل تصور است که با اجرای برنامه های نوین (نت) احتمال بروز آن به حداقل خواهد رسید. در بررسی و ارزیابی جنبه های اقتصادی حاصل بکارگیری برنامه های CM صرفه جوئیهای حاصل از عدم توقف ناگهانی و برنامه ریزی نشده ماشین آلات با دقت قابل قبول قابل محاسبه می باشد.

د) سرمایه گذاری مضاعف:

در بسیاری از صنایع و پروژه های مهم اجرائی و عمرانی ، بدلیل اهمیت و ضرورت استمرار کار از یک طرف و عدم اطمینان از سلامت کار ماشین آلات مربوطه از طرف دیگر، مدیران بهره برداری و یا تولید ناچاراً اقدام به سرمایه گذاری و خرید ماشین آلات اضافی (Standby) برای توقفهای ناگهانی ماشین آلات خط می نمایند.

در بسیاری از صنایع با اجرای برنامه CM، ضمن افزایش قابلیت اطمینان دستگاهها و فراهم آمدن امکان پیش بینی زمان خرابی و یا تعمیر آنها، نیاز به خرید و تأمین ماشین آلات مضاعف را به حداقل می رسانند. به این ترتیب میتوان کاهش سرمایه گذاری مورد نیاز برای تأمین ماشین آلات اضافی و هزینه نگهداری آنها را بعنوان بخشی از صرفه جوئیهای حاصل از برنامه CM به حساب آورد. بدیهی است که بسته به نوع صنعت و موضوع فعالیت ، حجم سرمایه گذاری و هزینه های مربوطه متفاوت خواهد بود و لذا صرفه جوئیهای حاصل نیز متناسب خواهد بود.

ه) انبار قطعات یدکی :

متأسفانه این مفهوم که نگهداری ماشین آلات مساویست با تعمیر و تعمیر متکی است به قطعات از دیر باز در سیستم (نت) ماشین آلات و تجهیزات در اکثریت صنایع کشور پذیرفته شده است و مدیران بخشهای اجرائی نیز بهترین راه پشتیبانی ماشین آلات را در تقویت سیستم تدارک و تأمین قطعات و اعتبارات مورد نیاز میدانند.



معمولا" ایجاد انبارهای بزرگ قطعات یدکی و تخصیص اعتبارات سنگین برای انباشتن و ذخیره سازی طیف گسترده ای از انواع قطعات یدکی مورد نیاز، مهمترین و شاید تنها اقدام معمول مدیران بالادست به ماشین آلات می باشد.

ایجاد انبارهای بزرگ قطعات یدکی، مستلزم خروج ارز از کشور و محبوس شدن حجم بالائی از سرمایه کشور در قالب قطعات برای مدت‌های نامحدودی می گردد. بر اساس گزارشها و تجارب موجود، ضایعات قطعات انباری، بویژه قطعات کند مصرف بسیار بالا است و بطور معمول بخش قابل توجهی از قطعات گران قیمت، که معمولا" خریدهای خارجی نیز هستند، بدلیل گذشت زمان، عدم نیاز و یا عدم نگهداری مناسب در انبار، از رده خارج می شوند و به این ترتیب سالیانه مبلغ هنگفتی از سرمایه ملی از بین می‌رود. با بهره گیری از برنامه های CM در سیستم (نت) ماشین آلات بدلیل کاهش قابل توجه خرابیها و از طرف دیگر امکان ریزی تعمیرات، به انبارهای قطعات یدکی بسیار کوچکتری نیاز خواهد بود. زیرا هم مصرف قطعات بشدت کاهش می یابد و هم بدلیل اطلاع بموقع از عیب و زمان تعمیر امکان سفارش و خرید قطعه وجود داشته و ضرورتی برای انباشت و نگهداری حجم بالائی از قطعات نمی باشد. محاسبه صرفه جوئی حاصل از این فرایند بر اساس تجربه و مقایسه دو سیستم سنتی و نوین مقدور می باشد. بر اساس برخی گزارشها حجم قطعات یدکی انباری در (نت) متکی به CM از نظر حجم سرمایه در مقایسه با (نت) سنتی به کمتر از یک پنجم خواهد رسید.

(و) ابعاد ایمنی:

شاید مهمترین دلیل برای توسعه و تعمیق برنامه های CM در بسیاری از ارتشهای جهان و تجهیزات هوائی را بتوان در مسائل ایمنی و اقتصادی جستجو نمود. امروزه برنامه آنالیز روغن تقریبا" در برنامه (نت) همه هواپیماهای نظامی و غیر نظامی جهان قرار دارد.

بویژه علت اصلی بکارگیری برنامه CM در سیستم هیدرولیک و موتور هواپیماهای مسافری جنبه های ایمنی ذکر می شود. علاوه بر روشهای مختلف (نت)، کنترل و عیب یابی این تجهیزات به کمک برنامه CM باعث کاهش حوادث ناگوار هوائی و کاهش هزینه راهبری ناوگانهای هوائی می شود. بروز هرگونه عیب فنی هواپیما در حین پرواز، باعث فاجعه های جبران ناپذیر جانی و مالی خواهد شد. بنابر گزارش Rolles Royes، ۷۵٪ خرابیهای سیستمهای هیدرولیک از نوعی است که آلودگی روغن نقش مؤثری در ایجاد آن دارد. با اجرای برنامه CM، کنترل و شناسائی عیب و آلودگی روغن به آسانی امکان پذیر می باشد.

شاید محاسبه صرفه جوئی حاصل از اعمال برنامه CM در بخش ایمنی و امریکه جان انسانها مطرح است براحتی امکان نداشته باشد، در عین حال می توان بر اساس شاخصهائی اعداد و ارقام این بخش را نیز استخراج نمود. بنابر گزارش ارتش آمریکا، بکارگیری گسترده برنامه CM در کلیه نیروهای سه گانه آن کشور بدلیل صرفه جوئیهای غیر قابل تصور اقتصادی و افزایش ایمنی در عملیات می باشد.



شاید لازم به توضیح نباشد که در یک عملیات نظامی، حصول اطمینان از سلامت و کارایی تجهیزات تا چه درجه ای از اهمیت قرار دارد و بالعکس عدم اطمینان از کارایی تجهیزات و احتمالاً "بروز نقص و توقف تجهیزات در حین عملیات چه نتایج فاجعه آمیز و سرنوشت سازی خواهد داشت. هر چند تبدیل برخی از تبعات به اعداد و ارقام اقتصادی بنظر غیر ممکن می رسد، برنامه های CM بمیزان غیر قابل تصویری ضریب ایمنی و اطمینان را از طریق اطلاع بموقع از وضعیت دستگاه، افزایش می دهد.

ز) کنترل‌های مدیریتی :

بدون شک رمز موفقیت هر مجموعه اجرائی و یا اقتصادی در درجه اول در گرو سازماندهی و مدیریت آن مجموعه می باشد. اطلاع رسانی دقیق و مستند به مدیران قطعاً عامل بسیار تعیین کننده در برنامه ریزی و اعمال کنترل‌های لازم و بهینه سازی سیستم می باشد. اجرای برنامه CM اطلاعات گسترده و مستندی را در مورد عملکرد بخشهای پائین دست ارائه می نماید. برخی از این محورها عبارتند از:

- کیفیت و صحت و سقم مشخصات مواد مصرفی نظیر روغن و فیلتر که نقش بسیار مهمی در سلامت و عمر ماشین آلات دارند.
 - چگونگی انجام خدمات مورد انتظار نظیر کیفیت انجام سرویسها و صحت اجرای برنامه زمانی تعمیرات
 - کیفیت تعمیرات و قطعات مصرفی
 - کیفیت کار دستگاه و نحوه عملکرد اپراتور
 - تحقیق، شناسائی و کنترل عیوب کثیرالوقوع و عوامل تشدید فرسایش
- بر اساس تجارب و گزارش های موجود در فرایند اجرای برنامه CM مدیران در سطوح وامور مختلف اطلاعات مورد نیاز خود را جهت برنامه ریزی و کنترل‌های مختلف از نتایج حاصل از آنالیز روغن و تحلیل‌های مربوطه برداشت مینمایند. خرید و استفاده سهوی و یا عمدی مواد مصرفی که منجر به خسارات کوتاه مدت و بلند مدت دستگاهها می شود براحتی قابل شناسائی و کنترل می باشد. بروز خسارات و عیوب مشکوک نیز قابل بررسی و کنترل می باشد. همچنین مدیران اجرائی بر بر اساس اطلاعاتی که از وضعیت حال و آتی تجهیزات خود دارند نسبت به برنامه ریزی کاری خود اقدام خواهند نمود. هر چند محاسبه صرفه جوئی‌های حاصل از تقویت اطلاعات مدیران آسان بنظر نمی رسد، با اینحال در صورت آنالیز عوامل و محورهای موثر میتوان با تقریب قابل قبول، نسبت به تبدیل میزان آثار بهبود سیستم مدیریت به اعداد و ارقام اقدام نمود.



ح) مصرف انرژی :

هر چند عدم صرفه جوئی در مصرف سوخت و انرژی بعنوان یک پدیده غیر قابل قبول و بخشی از فرهنگ ناپسند مصرفی در کشور ارزیابی میگردد ولی به هر حال این مشکل علاوه بر ریشه های فرهنگی و رفتاری جامعه، ناشی از مسائل فنی و یا روشهای راهبری و نگهداری تجهیزات میباشد. بطور مثال درصد قابل توجهی از انرژی سیستمهای مکانیکی بدلیل استفاده از روانکارهای نامناسب و یا اصطکاک مازاد سیستم به هدر میرود.

در این رابطه بهره گیری از علم تریبولوژی و برنامه های CM بسیار کارساز می باشد. اولین بررسی اقتصادی صرفه جوئیهای انرژی حاصل از بکارگیری تریبولوژی در صنایع کشور انگلستان سالیانه صدها میلیون پوند (آمار بیست سال قبل) برآورد گردید.

با بهره گیری از برنامه های CM و اعمال کنترلهای مختلف میتوان در مصرف سوخت و انرژی صرفه جوئی نمود. در این زمینه شاید بتوان به موضوع تنظیم نبودن سیستم سوخت و یا آلودگی سوخت موتورهای دیزلی اشاره نمود. بررسی جنبه های اقتصادی در این زمینه نیاز به مطالعات بیشتری در داخل کشور دارد.

طبق تحقیقات انجام شده در صنایع انگلستان ۵٪ صرفه جوئی های حاصله بواسطه بهبود شرائط روانکاری دستگاهها مربوط به صرفه جوئی انرژی می باشد و از دو جنبه مستقیم و غیر مستقیم قابل بررسی است (جدول ۱).

صرفه جوئی های مستقیم انرژی :

- صرفه جوئی انرژی بواسطه کاهش اصطکاک (استفاده و کنترل روانکار مناسب دستگاه)
 - صرفه جوئی انرژی مورد نیاز جهت ساخت قطعات جایگزین شونده
 - صرفه جوئی انرژی مورد نیاز جهت فراهم نمودن مواد مصرفی جایگزین شونده
 - کنترل و کاهش مصرف سوخت و انرژی، ناشی از تنظیم و بدون عیب کار کردن دستگاه
- صرفه جوئی های غیر مستقیم انرژی :** صرفه جوئی های حاصل از صرفه جوئی های مستقیم، نظیر: صرفه جوئی در سرمایه گذاری هائی که بایستی برای جبران تلفات اصطکاک انجام داد. صرفه جوئیهای ناشی از کاهش ضایعات زیست محیطی که در اثر کاهش مصرف انرژی ایجاد میشود و غیره.

جدول ۱: جنبه های صرفه جوئی انرژی بواسطه بهبود مفاهیم روانکاری

همین طور طبق گزارش کمیته تحقیقات روانکاری ASME در برنامه (استراتژی حفاظت انرژی از طریق مفاهیم روانکاری) با صرف ۲۴ میلیون دلار در زمینه تحقیقات و توسعه مفاهیم روانکاری می توان سالانه ۱۱٪ صرفه جوئی انرژی حاصل نمود که معادل ۱۶ هزار میلیون دلار خواهد بود.



ط) محیط زیست:

بدیهی است که مصرف سوخت و انرژی اثر مستقیمی در آلودگی محیط زیست دارند. همانطوریکه ذکر شد متأسفانه در مقایسه با سایر کشور های جهان مصرف سرانه سوخت و انرژی کشورمان بسیار بالا (جزء چند کشور اول جهان) می باشد. در این صورت بالا بودن میزان آلودگیهای محیطی و مشکلات زیست محیطی غیر منتظره به نظر نخواهد رسید.

بر آورد ضایعات ناشی از تخریب محیط زیست در دو محور اقتصادی و زیستی قابل بررسی می باشند و البته هر دوی این موارد آثار مستقیمی بر یکدیگر دارند. امروزه در جهان میلیاردها دلار سالانه صرف جبران ضایعات مستقیم و غیر مستقیم مسائل زیست محیطی میگردد.

برنامه های CM نقش قابل توجهی در کنترل و کاهش آثار تخریبی کار ماشین آلات و صنایع مختلف بر محیط زیست دارد. از طریق CM علاوه بر کاهش میزان مصرف انرژی و سوخت که اثر مستقیم آن بر کنترل آلودگی محیط زیست به حساب می آید، پیشگیری از عیوب و کنترل کار ماشین آلات و تجهیزات باعث کاهش شدید آلودگیهای زیست محیطی می گردد. بطور مثال کاهش مصرف روغن یکی از دست آوردهای اجرای CM است که در برخی سازمانها تا ۵۰٪ گزارش شده است. انجام پروژه ها و تحقیقات علمی در این زمینه جهت تبدیل آثار این کنترلها به ارقام اقتصادی ضروری به نظر میرسد.

طبق گزارش آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (U.S Environmental Protection Agency) سالانه بیش از ۷۰۰ میلیون لیتر روغن موتور مصرف شده اتمبیل ها و کامیون ها در زباله ها رها شده و یا در مجرای فاضلاب ها و اراضی ریخته میشود. (جالب است که فقط یک لیتر روغن موتور مصرف شده می تواند یک میلیون لیتر آب را آلوده کند).

۲- برآوردهای اقتصادی

۲-۱- یک ب

رآورد کلی :

هر چند بر آورد دقیق سهم ماشین آلات در سبد اقتصادی کل کشور به دلیل نبود اطلاعات کافی در حال حاضر مقدور نمی باشد با این حال بر اساس برخی اعداد و ارقام مشابه در دیگر کشورها شاید بتوان تخمین هائی را در این زمینه بدست آورد. بطور مثال طبق محاسبات دانشگاه ماساچوست آمریکا ۶ تا ۷ درصد درآمد ناخالص ملی آن کشور صرف فرسایش و تعمیرات تجهیزات و ماشین آلات می شود. چنانچه همین درصد را در ارتباط با کشورمان نیز تعمیم دهیم، در اینصورت میتوان پذیرفت که سالیانه بیش از هفت میلیارد دلار از درآمد ناخالص ملی کشور که بالغ بر ۱۱۰ میلیارد دلار است در ارتباط با فرسایش و تعمیرات ماشین آلات و تجهیزات هزینه می گردد. بر اساس این بر آورد کلی، چنانچه ۲۵٪ هزینه فوق از طریق بکارگیری برنامه های CM قابل کنترل باشد، رقمی کمتر از ۲ میلیارد دلار سالیانه قابل صرفه جوئی خواهد بود. در صورتیکه افزایش درآمد ناشی از CM را که

البرز تدبیر کاران

شرکت فنی و مهندسی

خدمات تحقیقاتی و صنعتی مراقبت وضعیت (Condition Monitoring Services)



معمولا" دو برابر میزان فوق تخمین زده می شود به این مقدار افزوده شود به عدد ۶ میلیارد دلار و یا چیزی در حدود ۵۰/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰ ریال منافع سالیانه حاصل از اعمال برنامه CM در کشور خواهیم رسید.

۲-۲- روشی برای محاسبه صرفه جوئی:

جمع	توقف دستگاه	هزینه مواد مصرفی	دستمزد	مصرف قطعات	صرفه جوئی های مستقیم
Dir.	A	B	C	D	برآورد صرفه جوئی حاصل از اعمال CM

$$\text{Dir.} = \text{A} + \text{B} + \text{C} + \text{D}$$

جمع	محیط زیست	مصرف انرژی	کنترل های مدیریتی	ابعاد ایمنی	انبار قطعات یدکی	سرمایه گذاری مضاعف	ضایعات توقف ها	توقف های زنجیره ای	عمر دستگاه	صرفه جوئی های غیر مستقیم
Ind.	E	F	G	H	I	J	K	L	M	برآورد صرفه جوئی حاصل از اعمال CM

$$\text{Ind.} = \text{E} + \text{F} + \text{G} + \text{H} + \text{I} + \text{J} + \text{K} + \text{L} + \text{M}$$

$$\text{صرفه جوئی کل} = \text{Dir.} + \text{Ind.}$$



۲-۳- نمونه هایی از ارقام ارائه شده توسط واحدها و موسسات بکارگیرنده طرح های مراقبت وضعیت (CM):

امروزه در جهان طیف وسیعی از صنایع مختلف از قابلیت های گسترده آنالیز روغن جهت اجرای برنامه های مراقبت وضعیت (CM) بهره مند می باشند. کلیه ماشین آلات و تجهیزات مکانیکی که به نوعی از روغن به عنوان روانکار و یا عوامل انتقال قدرت استفاده می کنند به تناسب از این فن آوری در ابعاد مختلف بهره می گیرند. اظهارات و تجربیات تعدادی از این واحد و موسسات به طور خلاصه در ذیل آمده است.

۱-۳-۲- واحدها و موسسات خارجی:

- نیروگاه اتمی Palo Verde با به کارگیری آنالیز روغن و ارتعاشات به صورت توام برای 750 ماشین توانسته است در سال های گذشته طبق گزارش مجله Practicing Oil Analysis مبلغ 200/000 دلار صرفه جوئی در هزینه تعمیرات و نگهداری دستگاه های خود داشته باشد. با استفاده از آنالیز روغن 67% و با استفاده از آنالیز ارتعاشات 57% عیوب یاتاقانها در این نیروگاه از پیش شناسائی شده است.

- یکی از قسمت های عمده در بحث روانکاری و روانکارها بحث فیلتراسیون می باشد. با تمرکز بر روی آنالیز روغن و آلاینده ها، فیلتراسیون به عنوان گلوگاهی برای ورود روغن به سیستم مطرح می شود. همان طور که قبلاً ذکر شد در دراز مدت آنالیز روغن نیاز مبرم به انجام پروژه هایی که باعث بالا بردن بازدهی مجموعه خواهد شد را آشکار می سازد. یک بررسی بوسیله مرکز توسعه هوا دریائی وارمینستر پنسیلوانیا بر روی پمپ های هیدرولیک هواپیما انجام شده و مشخص شد 66% بهبود در فیلتراسیون نزدیک به ۴ برابر افزایش عمر و با 93% بهبود در فیلتراسیون ۱۳ برابر افزایش عمر حاصل میشود.

- انستیتو تکنولوژی ماساچوست (MIT) اظهار می کند: ۶ تا ۷ درصد از تولید ناخالص ملی آمریکا (۲۴۰ میلیارد دلار) فقط صرف تعمیر و خسارات وارد شده بوسیله فرسایش مکانیکی می شود. فرسایش هایی که در نتیجه آلودگی روانکارها حاصل میشود.

- یک بررسی بوسیله شرکت فروشگاه های زنجیره ای آلبرستون (Supermarket Chain Albertson s Inc) در مورد کاهش نرخ فرسایش تعدادی از موتورهای کامینز (Cummins) کامیون های جاده ای که از بهبود آلودگی روغن آنها حاصل شده بود (آنالیز ۶ موتور که ۹۰۰/۰۰۰ کیلومتر راه را پیموده بودند) گزارش می کند: یاتاقان ژورنال میل لنگ موتور 0.0005 inch فرسایش داشته است. یاتاقان های شاتون اصلی حتی در حد رسیدن به مس فرسوده نشده بودند و فرسایش رینگ کمپرسی و روغن قابل صرف نظر کردن بود.



۲-۳-۲- واحدها و موسسات داخلی:

در کشورمان ایران از حدود ۵ سال پیش عملاً کاربرد برنامه های CM در صنایع مختلف در حال توسعه می باشد. گزارشات گوناگونی از نتایج اجرای برنامه های آنالیز روغن و جنبه های اقتصادی آن از صنایع مختلف کشورمان در این شرکت موجود میباشد که جهت اطلاع نمونه هایی از آن به اختصار در ذیل خواهد آمد.

گروه CM نیروی کشش راه آهن جمهوری اسلامی گزارش نموده است که:

در ۱۰ ماهه اول سال هفتاد و نه، ۱۲۳ مورد تعویض روغن به واسطه تشخیص شرایط نامطلوب مانند آلودگی آب، افزایش یا کاهش بیش از حد ویسکوزیته و افزایش غیر عادی مقادیر عناصر فرسایشی انجام شده که از وارد شدن خسارات به ۶۷ سیلندر، ۵۸ عدد پیستون، ۲۸۱ عدد رینگ و ۴۰ دست یاتاقان جلوگیری شده با احتساب قیمت قطعات بالا صرفه جوئی محاسبه شده به پیش از ۳۰۹/۰۰۰ دلار میرسد. هم چنین با افزایش کارکرد روغن از ۶۵/۰۰۰ به ۹۶/۰۰۰ و جلوگیری از تعویض روغن های غیر ضروری، این واحد توانسته است ۷۳۴/۰۰۰/۰۰۰ ریال در مصرف روغن صرفه جوئی نماید. (محاسبات به جهت اختصار کلام ذکر نشده است)

شرکت آب و خاک (جهاد توسعه) منافع اقتصادی حاصل از اجرای برنامه های CM بر روی تعدادی از ماشین آلات خود را محاسبه نموده است. طبق گزارش مدیریت ماشین آلات این شرکت کل هزینه تعمیرات (اجرت + قطعات) در یک دوره یکساله از تاریخ ۷۷/۶/۳۱ الی ۷۸/۶/۳۱ مبلغ ۱/۳۸۰/۰۰۰/۰۰۰ ریال بوده و با توجه به تورم سالیانه معادل ۱۸٪ و استهلاک دستگاهها معادل ۱۰٪ پیش بینی هزینه معمول تعمیرات برای سال مالی ۷۹ - ۷۸ علی الاصول میبایست به مرز ۱/۷۶۶/۰۰۰/۰۰۰ ریال میرسد که خوشبختانه با اعمال روشهای مختلف و اجرای سیستم CM هزینه واقعی از تاریخ ۷۸/۶/۳۱ الی ۷۹/۶/۳۱ مبلغ ۱/۴۰۰/۰۰۰/۰۰۰ ریال شده است. صرفه جوئی حاصله در هزینه تعمیرات طبق محاسبات فوق ۳۶۰/۰۰۰/۰۰۰ می باشد. همچنین افزایش بهره وری مجموعه بواسطه عدم توقف ماشین آلات در حدود ۲۸۰/۰۰۰/۰۰۰ ریال گزارش شده است.

شرکت خدمات مهندسی آب و خاک کشور وابسته به وزارت جهاد کشاورزی از روش دقیق جهت محاسبه هزینه های پیشگیری شده استفاده نموده است. بر اساس گزارش شرکت فوق با بکارگیری برنامه CM، سالیانه بیش از سه میلیارد ریال صرفه جوئی ایجاد شده است.

رقم ذکر شده توسط شرکت ساختمانی کیسون تنها بواسطه جلوگیری از عیوب ماشین آلات ۳۲۲/۰۰۰/۰۰۰ ریال می باشد. صرفه جوئی در مصرف روغن در محاسبات داخل نشده است.

اداره کل راه و ترابری استان گلستان در سال ۷۹ با اعمال فن آوری CM در مقایسه با سال ۷۶ توانسته است ۷۵٪ کاهش تعمیرات موتور و ۸۰٪ کاهش تعمیرات گیربکس داشته باشد. صرفه جوئی اقتصادی برآورد شده توسط این استان برای سال ۷۹ مبلغ ۱/۷۲۴/۶۳۳/۲۰۰ ریال می باشد. هم چنین در ماشین آلات سبک و نیمه سنگین کیلومترژ تعویض روغن با روش کنترل وضعیت روغن



از ۲۰۰۰ کیلومتر به ۳۰۰۰ کیلومتر و در ماشین آلات سنگین از ۱۰۰ ساعت به ۱۲۵ ساعت افزایش یافته است.

صرفه جوئی یاد شده طبق گزارش اداره کل راه و ترابری استان زنجان ۶۰۰ میلیون ریالی برای سال ۷۹ بوده است

اداره کل راه و ترابری استان سمنان نتایج حاصله را بدین گونه گزارش می دهد:

از ۱۰۰٪ کل ماشین آلات تحت مراقبت وضعیت ۱۲/۵٪ آمار مورد بحرانی گزارش شده و از این تعداد ۵/۶٪ منجر به توقف، بازدید، کنترل و سرویس شده که از آن هم ۱/۷٪ تعمیر اساسی شده است و بقیه موارد با رفع آلودگی ها و سرویس مناسب اکثراً وضعیت قابل قبول پیدا نموده اند.

اداره کل راه و ترابری استان کرمانشاه گزارش خود را به تفکیک دستگاهها و ادارات مختلف تابعه و با بررسی مواردی که عیوب آنها از طریق آنالیز روغن پیش بینی شده است ارائه داده و در مجموع رقمی در حدود ۴ میلیارد ریال صرفه جوئی را برای سال ۷۹ ذکر نموده است.

اداره کل راه و ترابری استان کردستان طبق یک بررسی دقیق به این نتیجه رسیده است که با نصب فیلتر هواکش روغنی به جای فیلترهای هواکش خشک مقادیر تمامی عناصر آلاینده و فرسایشی بصورت مطلوب تر، باعث پائین آمدن فرسایش قطعات و بالا رفتن عمر بالاتر دستگاه می شود.

صرفه جوئی ریالی راه و ترابری استان ایلام بواسطه اعمال روشهای مراقبت وضعیت ۱/۹۸۳/۲۲۱/۰۰۰ ریال برای یکسال بوده است. گروه CM استان توانسته است ۴۰٪ کاهش مصرف روغن و ۵۰٪ کاهش مصرف فیلتر مواد روغنی داشته باشد.

نتیجه:

اعمال برنامه های نوین (نت) باعث کاهش هزینه راهبری ماشین آلات، کنترلهای مدیریتی و افزایش ایمنی می گردد. هر چند در فعالیتهای مختلف عمرانی و صنعتی کشور هیچگاه هزینه های نگهداری و تعمیرات ماشین آلات و تجهیزات بطور مستقل مورد تجزیه، تحلیل و ارزیابیهای اقتصادی قرار نگرفته و معمولاً بعنوان هزینه های اجتناب ناپذیر تلقی شده است، ولی در صورت بررسی دقیق علمی این نتیجه برای مدیران و برنامه ریزان اقتصادی کشور روشن خواهد شد که سرجمع سرمایه ها و اعتباراتی که هر ساله در جهت نگهداری و راهبری ماشین آلات و تجهیزات کشور صرف میشود به حدی بزرگ و سنگین است که خود بعنوان یک مقوله جدی در سبد اقتصادی بایستی مورد نقد و بررسی قرار گیرد، تا در جهت کنترل و مهار آن چاره جوئی و اقدام گردد.

البرز تدبیر کاران

شرکت فنی و مهندسی

خدمات تحقیقاتی و صنعتی مراقبت وضعیت (Condition Monitoring Services)



تقدیر و تشکر:

جا دارد تا از کارشناسان ادارات کل راه های کشور و گروه CM راه آهن جمهوری اسلامی ایران و

شرکت مهندسی آب و خاک جهاد کشاورزی و جهاد توسعه و کارشناسان واحد تحقیقات شرکت

البرز تدبیر کاران که از تجارب و گزارشات آنها نیز در این مقاله استفاده شده تشکر گردد.



منابع و مواخذ :

- 1- Jim Fitch, Oil Analysis Economics-Saving and Making Money, Oil Analysis Magazine May-June 2001
- 2- I. M. Hutchings, Tribology , 1992
- 3- M. H. Jones and D. Scott, Industrial Tribology, 1991
- 4- Dr. A. R. Massoudi, Utilization of Plant Condition Monitoring with References to the Iranian Construction Industry, 1995
- 5- M. H. Jones and A.R. Massoudi , Profitable Condition Monitoring : The Role For Contamination Control, Department of Mechanical Engineering University of Wales, Swansea, U.K., 1994
- 6- Monroe County Solid Waste Management District, Motor Oil and the Environment
- 7- Jim Fitch, Proactive Maintenance Can Yield More Than 10-Fold Saving Over Conventional Predictive/Preventive Maintenance Programs, maintenanceresources.com

- ۸- واحد تحقیقات شرکت البرز تدبیر کاران ، سلسله مقالات فن آوری مراقبت وضعیت ماشین آلات ، مقاله شماره یک
- ۹- واحد CM اداره کل نیروی کشش ، گزارش صرفه جوئی های اقتصادی حاصل از ایجاد طرح CM ، دیماه ۱۳۷۹
- ۱۰- شرکت مهندسی آب و خاک (جهاد توسعه) ، گزارش سالانه عملکرد CM ، ۷۹-۱۳۷۸
- ۱۱- شرکت آب و خاک وزارت جهاد کشاورزی ، ارزیابی اقتصادی نتایج اعمال برنامه آنالیز روغن بهمن ۱۳۷۹
- ۱۲- اداره کل راه و ترابری استان گلستان ، دست آوردهای فنی ، مدیریتی و اقتصادی ناشی از اجرای طرح MCM ، مرداد ۱۳۸۰
- ۱۳- اداره کل راه و ترابری استان سمنان ، دست آوردهای فنی ، مدیریتی و اقتصادی بدست آمده از اجرای طرح MCM در سال ۷۹ ، مرداد ۱۳۸۰
- ۱۴- اداره کل راه و ترابری استان کردستان ، مراقبت وضعیت ماشین آلات ، جایگاهها و دستاوردها ، شهریور ۱۳۸۰



سلسله مقالات فن آوری

مراقبت وضعیت ماشین آلات

Machinery Condition Monitoring

آنالیز روغن و ذرات فرسایشی

Lubricant & Particle Analysis

معرفی اجمالی CM

مقدمه

- روشهای نگهداری و تعمیرات
- انتخاب تکنیک نظارت بر وضعیت
- چرا استفاده از آنالیز روغن را ضروری میدانیم
- تاریخچه CM در دنیا و کشور
- انتخاب روغن در شرایط مختلف
- چه عواملی در کاهش عمر روغن دخالت دارد
- روغن موتور و کیفیت آن
- روغنهای سیستمهای هیدرولیک
- ذرات فرسایشی
- آلودگی
- آلودگی بوسیله جامدات
- آلودگی با آب
- چگونه میتوان از کیفیت روغن و عملکرد ماشین اطمینان حاصل نمود
- کنترل آلودگی روغن
- معرفی برخی از آزمایشهای مراقبت وضعیت
- منابع بوجود آورنده فلزات فرسایشی در روغن
- تعیین تناوب نمونه گیری روغن
- نحوه نمونه گیری روغن
- وسایل و تجهیزات مورد نیاز جهت نمونه گیری
- همواره پیشگیری بهتر از تعمیر میباشد

شماره

۲۸

واحد تحقیقات و آزمایشگاه

شرکت فنی و مهندسی البرز تدبیر کاران

تابستان ۱۳۸۵



بسمه تعالی

مقدمه:

طی سالیان متمادی به موازات ساخت و تولید انواع ماشین آلات و تجهیزات مکانیکی و ارتقاء تکنولوژیک آنها، موضوع نگهداری و تعمیرات (نت) آنها پیوسته به عنوان یکی از مهمترین مسائل بهره برداری مورد توجه بوده است و در این رابطه تلاشهای زیادی برای دستیابی به روشهایی جهت افزایش هرچه بیشتر کارایی و ایمنی کار و کاهش نیازهای تعمیراتی صورت گرفته است. از این رو، موضوع نگهداری و تعمیرات هر روزه اهمیت بیشتری یافته است. نگهداری و تعمیرات را میتوان فعالیتی برای جلوگیری و یا تشخیص نقایص دستگاه و در نهایت رفع عیوب آن معنی نمود تا یک ماشین بتواند در وضعیت بهینه و قابل قبول، ادامه فعالیت دهد. طبیعی است که هر چه پیچیدگی دستگاهها بیشتر باشد، متناسباً دقت مورد نیاز برای راهبری و هزینه های نگهداری و تعمیرات آن نیز بیشتر خواهد بود. امروزه در صنایع مختلف، کاهش این هزینه ها و در عین حال افزایش بهره وری ماشین آلات از اهمیت به سزایی برخوردار میباشد. در پروژه های عمرانی و صنایع مختلف تولیدی، بکارگیری روشهای صحیح نگهداری و تعمیرات از عوامل مهم در کاهش هزینه های مستقیم و غیر مستقیم و نهایتاً کاهش قیمت تمام شده و افزایش سودآوری میباشد. برخی از مهمترین عواملی که می تواند فعالیتهای صنعتی و اقتصادی را در دست یابی به چنین وضعیتی قرار دهد عبارتند از :

- ۱- آماده نگه داشتن دستگاه، (کاهش هزینه غیر مستقیم نگهداری و تعمیرات).
 - ۲- منابع نگهداری و تعمیرات اعم از بکارگیری نیروهای انسانی واجد شرایط و یا مواد مصرفی و قطعات با کیفیت (کاهش هزینه های مستقیم).
 - ۳- افزایش عمر مفید دستگاه.
- بنابراین همراه با پیشرفتهای تکنولوژیک در طراحی تجهیزات مکانیکی و ساخت ماشین آلات پر قدرت و گرانبه، بایستی روشهای نگهداری و تعمیرات، بهبود یابند. در همین رابطه تجارب موفقیت آمیز در بکارگیری تکنیکهای نظارت بر وضعیت ماشین (Condition Monitoring Techniques) در صنایع بزرگ و سازمانهای نظامی کشورهای صنعتی تدریجاً به صنایع کوچکتر و سازمانهای غیر نظامی منتقل و مورد استفاده قرار گرفته است. در کشور ما متأسفانه طی دهه های گذشته در سیستم نت هنوز تحول موثری ایجاد نشده است و بکارگیری روشهای سنتی بعنوان روش متداول با کمترین بهره گیری از فن آوری های پیشرفته در زمینه کنترل و عیب یابی و تعمیر تجهیزات مورد استفاده قرار گرفته است.
- با بهره گیری از روشهای نوین نگهداری و تعمیرات که از قابلیت های بالائی در کنترل و تشخیص عیوب مکانیکی برخوردار هستند، امکان بهینه سازی کار سیستم ها و کنترل های مختلف، نظیر بررسی: رونداستهلاک، کیفیت قطعات و مواد مصرفی و کیفیت تعمیرات، کاهش مصرف سوخت و انرژی، کاهش آلودگیهای زیست



محیطی، کاهش وقفه های زمانی در بهره برداری از ماشین آلات و افزایش ایمنی همراه با صرفه جوئیهای مالی و افزایش بازده اقتصادی می باشند، فراهم خواهد آمد.

روشهای نگهداری و تعمیرات ماشین آلات

هر دستگاه پس از مدتی کارکرد دچار اشکالاتی میگردد که باید به موقع به آنها رسیدگی کرد آنچه مسلم است امروزه بکارگیری روشهای مراقبت وضعیت ماشین (CM)، بعنوان یک روش جامع در نگهداری و عیب یابی سیستمهای مکانیکی در کشورهای صنعتی بکار گرفته میشود. اما طی سالهای گذشته متأسفانه در کشورهای در حال توسعه که بیشتر تکیه آنها بر واردات ماشین آلات صنعتی، عمرانی و حمل و نقل است، روند استفاده از روش مذکور آهسته تر از میزان مورد انتظار بوده است.

بطور کلی شیوه های نگهداری و تعمیرات بوسیله متخصصین صنایع به سه روش زیر طبقه بندی می شود:

الف- تعمیرات بعد از خرابی
Breakdown Maintenance (BM)

ب-تعمیرات برنامه ریزی شده
Preventive Maintenance (PM)

ج-تعمیرات پیش بینی شده بر مبنای نظارت بر وضعیت
Condition Based Maintenance (CBM)

الف - روش تعمیر پس از خرابی :

تا سالهای طولانی معمول ترین روش نگهداری و تعمیرات ماشین آلات بر اساس تعمیرات بعد از خرابی بوده است. که عمده ترین عیب آن عدم امکان پیش بینی خرابی و زمان توقف میباشد. اتکاء به روش تعمیر بعد از خرابی توسط هر مدیر صنعتی که به کار گرفته شود بعنوان یک روش غیر کارا و پر هزینه غیر قابل توجیه میباشد. برخی از مسائل ناشی از این روش عبارتند از :

۱- داشتن اطلاع قبلی از نقص پیش از خرابی تقریباً غیر ممکن است.

۲- وجود یک نقیصه در یک قطعه از ماشین میتواند باعث تسریع در خرابی، توسعه و تسری خسارت به سایر قطعات گردد.

۳- خرابی و توقف ناگهانی ماشین آلاتی که در یک مجموعه از ماشین آلات کار میکنند بطور اجتناب ناپذیری بر کار دیگر ماشینها و قسمتهای فعال اثر بازدارنده داشته و این پدیده علاوه بر ضایعات سنگین مالی باعث رکود طولانی کار و تولید نیز میگردد بویژه بر روی ماشین آلاتی که هنگام عملیات از حساسیتهای فوق العاده ای برخوردار هستند.

۴- تهیه و تدارک قطعات یدکی مورد نیاز و گردآوری افراد متخصص مربوطه بمنظور انجام سریع و اقتصادی انواع تعمیرات پیش بینی نشده بسیار مشکل و یا غیر ممکن بنظر میرسد.

۵- در مواردیکه ماشین آلات خارج از محیط های کارگاهی و دور از مراکز تعمیر فعالیت دارند (پروژه های عمرانی، حمل و نقل و غیره) در صورت بروز خرابی منجر به تعمیرات اساسی، انجام عملیات تعمیراتی دچار



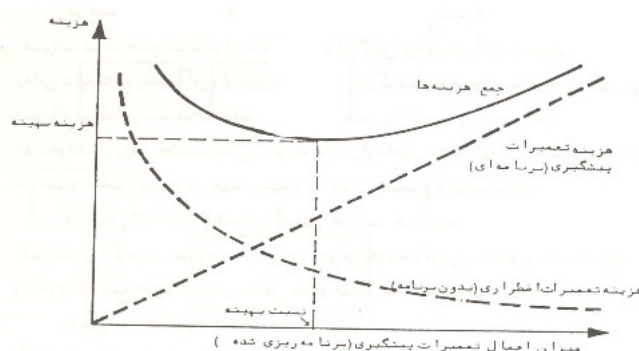
مشکلات عدیده ای خواهد شد. طولانی تر شدن خواب دستگاه و افزایش هزینه های تعمیرات از آن جمله است. معمولاً "در رابطه با ماشین آلات عمرانی و حمل و نقل و... خسارات مالی ناشی از توقف دستگاه و وقفه در کار بمیزان قابل توجهی بیش از خود هزینه تعمیرات میباشد. موارد فوق برای کشورهای در حال توسعه که عمدتاً وارد کننده ماشین آلات و قطعات میباشد بمراتب حادثر میباشد. بویژه اینکه ممکن است بعضاً حتی در صورت تامین منابع مالی، به لحاظ مسائل سیاسی دستیابی به اقلام مورد نیاز وجود نداشته باشد.

برخی از دلایلی که ممکن است منجر به استفاده از روش BM شود بشرح ذیل میباشد :

- مراقبت وضعیت (CM) بعنوان یک ابزار موثر هنوز برای همه صنعت شناخته شده نیست.
- تصمیم گیرندگان به مراقبت وضعیت اعتقاد ندارند (بدلیل فقدان تجربه، آگاهی و یا عدم اطلاع کافی از تحولات تکنولوژیکی)
- عدم اطمینان از توجیه اقتصادی (CM)
- عدم دسترسی به افراد فنی و با تجربه که قادر باشند از اطلاعات و نتایج آزمایشها استفاده کنند
- خدمات مراقبت وضعیت در دسترس نمیشود.

ب - روش نگهداری و تعمیرات برنامه ریزی شده (PM) :

انجام این روش عمدتاً مبتنی بر تعمیرات برنامه ریزی شده و تعویض های دوره ای برخی از قطعات در فاصله های زمانی منظم و بر اساس جداول تنظیمی می باشد. این روش بطور کلی در حذف بیشتر خرابیهای بلند مدت موفق است. سیستم نگهداری و تعمیرات برنامه ریزی شده بر پایه زمان بوده و ممکن است درگیر با طیف متنوعی از فعالیتهای تعمیراتی، از آزمایشهای ساده بازدید تا بازدیدهای داخلی ماشین آلات بشود. نگهداری و تعمیرات برنامه ریزی شده میتواند اصلاحی باشد یا پیشگیری. نگهداری و تعمیرات اصلاحی شامل تعمیرات جزئی که طی بازدید و تعمیرات تشخیص داده نشده می باشد. نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه برای یافتن و اصلاح هر شرایطی که ممکن است باعث خرابی ماشین گردد قبل از اینکه چنین خرابی اتفاق افتد مورد نظر میباشد. همه چک کردنها و تنظیم هایی که در کتابچه راهنمای هر ماشین آورده میشود جزء نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه میباشد. نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه از طریق سرویسها، بازدیدها (معاینه ها)، تعویض های دوره ای و تعمیرات اساسی به اهداف خود دست می یابد. چنانچه مکرراً "فاصله زمانی بین دو سرویس پیشگیرانه افزایش یابد، احتمال خرابی بیشتر میشود. در این صورت مدیریت نگهداری و تعمیرات متحمل هزینه توقف دستگاه خواهد شد. متقابلاً کوتاه کردن دوره تناوب تعمیرات نیز منجر به افزایش هزینه ها میشود. در شکل شماره (۱) رابطه بین هزینه کل و روش نگهداری و تعمیرات بصورت شماتیک نمایش داده شده است.



(شکل شماره ۱)

بنابراین بکارگیری روش PM در مقایسه با روش BM از مزیت‌های غیرقابل انکار و کارایی بالاتری برخوردار است. در عین حال که برخی از معایب قابل توجه در این روش نیز همچنان پابرجا می‌باشد. بطور اجمال معایب روش PM عبارتند از :

- ۱- باز و بسته کردن قطعات به خودی خود می‌تواند باعث آسیب و فرسودگی گردد.
- ۲- عدم دقت کافی در مراحل باز و بست قطعات منجر به آسیب و بروز عیوب بعدی می‌گردد.
- ۳- تعمیرات زمانی (برنامه ریزی شده) می‌تواند منجر به تعویض قطعاتی شود که ممکن است هنوز بخش قابل توجهی از عمر مفید آن باقی مانده است و یا بالعکس.
- ۴- چون اطلاعات دقیق درباره وضعیت قطعات مختلف در دسترس نیست مشکلات و عیوب ممکن است هنوز در سیستم باقی مانده و در بین دو فاصله زمانی تعمیرات (دوره ای) بروز نماید.
- ۵- انجام تعمیرات دوره ای بصورت کامل و دقیق برای یک مجموعه ای از ماشین آلات مستلزم وقت و هزینه بسیار سنگینی است. بویژه در ارتباط با ماشین آلات فعال در خارج از کارگاه (غیر ثابت) نظیر ماشین آلات عمرانی، حمل و نقل و غیره بلحاظ پراکندگی و اینکه اغلب در مناطق دور از محل مراکز تعمیر فعال هستند این مورد از اهمیت بیشتری برخوردار بوده و نیازمند ایجاد تشکیلات وسیعتر و تامین منابع انسانی و صرف هزینه بیشتری می‌باشد.

روش نگهداری و تعمیرات بر مبنای مراقبت وضعیت (CBM)

هدف از روش نگهداری و تعمیرات مبتنی بر وضعیت، بدست آوردن آثار و نشانه وضعیت ماشین است. در این روش نیازی به توقف دستگاه برای کسب اطلاع از وضعیت آن نیست و دستگاه به فعالیت خود ادامه می‌دهد. تا اینکه بتواند بصورت اقتصادی و ایمن نگهداری شده باشد. بهره‌گیری از این روش با استفاده از تکنیکها و تجهیزات مختلفی انجام میشود که همه آنها مبتنی بر دریافت



اطلاعات از طریق زیر میباشند:

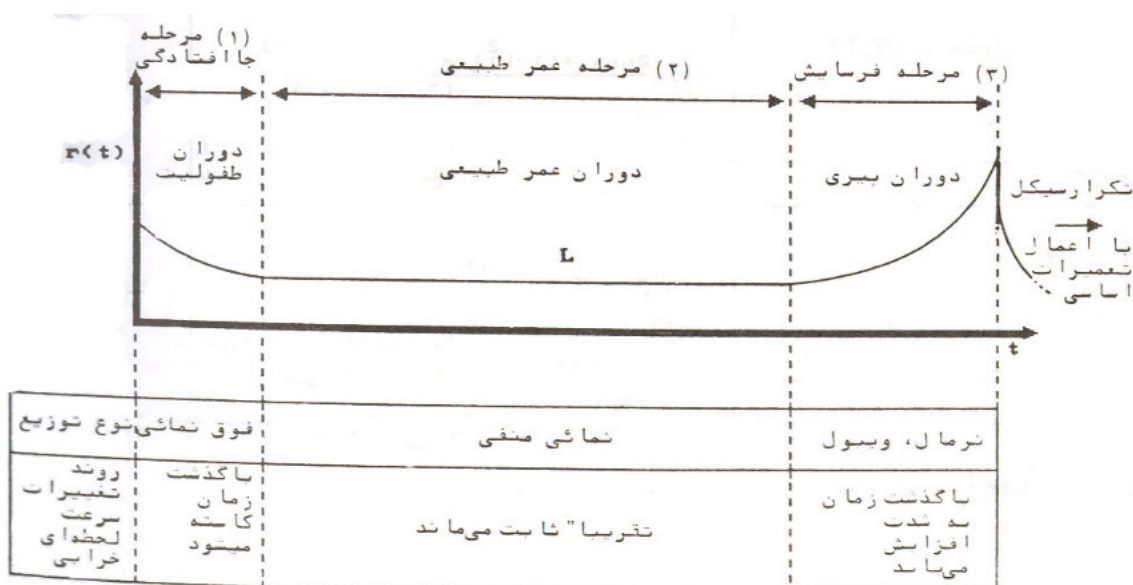
- مشاهداتی
- عملکرد
- ارتعاشات
- ذرات فرسایشی (از طریق تجزیه روغن)
- ترموگرافی

انتخاب تکنیک مراقبت وضعیت :

برای انتخاب تکنیک مناسب مراقبت وضعیت یک ماشین، بایستی ابتدا بررسی لازم از اجزای ماشین صورت گیرد. سپس قطعاتی که احتمال خرابی بیشتر دارند تعیین شوند. با دانستن این نکات و آشنایی کامل با طرز کار دستگاه میتوان تکنیک مناسب را انتخاب نمود. در هر حال تکنیک های نظارت بر اساس ((عملکرد))

و ((مشاهداتی)) یک ارزیابی عمومی وضعیت را ارائه میکند، در حالیکه تکنیکهای (ارتعاشات) و (تجزیه روغن) اطلاعات ریز درباره دستگاه را ارائه میدهند.

تکنیکهای نظارت از راه آنالیز ارتعاشات معمولاً برای ماشین آلات دوار، بکاربرده میشوند، نظیر: الکتروموتور، ژنراتور و توربین. اما روش آنالیز روغن بر روی کلیه ماشین آلات و تجهیزات مکانیکی که دارای روغن به عنوان روانکار و یا به عنوان انتقال قدرت هستند قابل استفاده می باشد. با استفاده از آنالیز روغن امکان تهیه اطلاعات جامع درباره ذرات فرسایشی معلق در روغن دستگاه، وجود دارد. که ممکن است شامل تراکم، پراکندگی و یا شکل ذرات باشد. ذرات تولیدی در دوره های: آب بندی - کار عادی - و یا مرحله رسیدن به دوره خرابی در شکل شماره (۲) آورده شده است.



(شکل شماره ۲)

شناخت کافی از ویژگیهای روغن های مورد استفاده در ماشین آلات و تجهیزات، مستلزم آشنائی با نحوه کار ماشین آلات و تجهیزات، بخصوص نحوه کار اجزاء متحرکی که نیاز به روانکاری دارند و آگاهی از شرایط کار آنها می باشد.

با توجه به تنوع روغن ها، نه تنها شناخت از مواد تشکیل دهنده روغن و کیفیت آنها بایستی مد نظر قرار گیرد بلکه اطلاع از چگونگی شرایط کار ماشین نیز ضروری می باشد.

تاریخچه CM از طریق آنالیز روغن در دنیا و کشور

خارج از کشور

- دهه ۱۹۴۰ جهت کنترل روغن لکوموتیوها (موتورهای بخار)
- دهه ۱۹۶۰ بطور سیستماتیک در تجهیزات هوایی و دریائی برخی ارتشها
- کاترپیلار از ۱۹۷۰ به بعد بصورت SOS (Scheduled Oil Sampling)

در ایران (توسط آقای دکتر مسعودی)

- از سال ۱۳۶۸ در قالب پروژه های تحقیقاتی
- از سال ۱۳۷۴ بصورت آزمایشی



- از سال ۱۳۷۷ بصورت جامع در بسیار از صنایع

انتخاب روغن

بیشترین کاربرد روغنهای روانکار، روانسازی حرکت قطعات متحرک در ماشین آلات و حفاظت از قطعات در برابر سائیدگی و گرد و خاک و دما می باشد، اما از آنجائیکه روغن بعنوان یک ماده شیمیائی دارای خواص مطلوب از نظر مکانیکی، ترمودینامیکی و غیره است، در بعضی از کاربردهای صنعتی، روغن وظایفی غیر از روانسازی دارد. بطور مثال قدرت هیدرولیکی روغن، قدرت انتقال حرارت روغن نیز حائز اهمیت می باشد.

با توجه به دامنه کاربرد روغن ها می توان آنها را بدو دسته کلی تقسیم نمود:

الف - روغنهای صنعتی برای مصارف عمومی General Applications

ب - روغنهای صنعتی برای مصارف خاص Special Applications

الف (کاربرد روغنها برای مصارف عمومی

در تاسیسات صنعتی اجزاء گوناگونی وجود دارد که نیاز به روغنکاری دارد، مانند انواع یاتاقنها (Bearing) ، دنده ها (Gears) ، کوپلینگ ها (Couplings) ، سیلندرها (Cylinders) که وظیفه روغن و نحوه روغن کاری در این اجزاء بطور عمده، جلوگیری و یا کاهش اصطکاک و سائیدگی می باشد .

ب (کاربرد روغنها برای مصارف خاص

کاربردهای اختصاصی کاربردهایی می باشند که در آنها روغن باید دارای ویژگیهای خاص باشد. تا بتواند وظیفه و یا مجموعه وظایفی را که عهده دار می باشد انجام دهد. در بعضی از کاربردهای اختصاصی مسئله روانکاری اهمیت چندانی ندارد و وظایف دیگری از روغن مد نظر می باشد مانند روغنهای هیدرولیک که برای انتقال نیرو، روغنهای ترا نسفورمر برای ایجاد محیطی عایق، روغنهای حرارتی برای انتقال حرارت و ... بکار میروند.

مهمترین کاربردهای اختصاصی روغن :

- روغنهای توربین : توربینهای گازی، توربین های آبی، توربین های بخار
- روغنهای کمپرسور : کمپرسورهای هوا ، کمپرسورهای گاز
- روغنهای انتقال حرارت
- روغنهای فلز کاری : ماشین ابزار نورد، کشش ، آبکاری ، فرم دهی
- روغنهای هیدرولیک : هیدرولیک معمولی و ...



در انتخاب روغن همیشه دو موضوع را باید مورد توجه قرار داد:

۱- در همان ابتدای کار، روغن انتخاب شده باید دارای خصوصیات مناسب دستگاه باشد

۲- کیفیت روغن مد نظر قرار گیرد

برای اینکه مشخص شود که روغن انتخاب شده از خصوصیات اولیه لازم بر خوردار است، باید در نظر داشت که چه قسمت ها و اجزایی و با چه ویژگی باید روغنکاری شود (یاتاقان، دنده و غیره). این قطعات چه اندازه ای دارند، حرکت آنها چگونه است، فواصل بین قطعات چه وضعی دارند، میزان بار، سرعت، و درجه حرارت چقدر است. در چنین مواردی ویسکوزیته روغن مسئله مهمی است که باید بدقت مورد توجه قرار گیرد.

اگر روغن در معرض تغییرات زیاد دما قرار می گیرد، شاخص گرانروی روغن اهمیت زیادی خواهد داشت. نوع روغن ممکن است از نظر فاکتور های عمومی در یک سطح باشند، اما از نظر کیفیت کاملاً باهم متفاوت باشند. برای مثال اگر در ماشینی که نیاز به یک روغن هیدرولیک دارد و در دمای بالا کار می کند، روغن پایه ریخته شود، ممکن است برای مدتی کوتاه کار روغن رضایت بخش بنظر برسد و اشکالی هم پیش نیاید ولی رسوبات ناشی از اکسیداسیون روغن بزودی تجمع خواهد نمود که در این صورت خسارتهای وارده در آینده بسیار پر هزینه خواهد بود.

عواملی که در کاهش عمر روغن دخالت دارد

از جمله عوامل مهمی که می تواند در کاهش عمر روغن مؤثر باشند عبارتند از:

۱- نگهداری (انبار کردن) نامناسب و آلوده شدن آن قبل از مصرف

۲- انتخاب نادرست روغن برای کار برد مورد نظر و اختلاط روغن هایی که باهم سازگار نیستند (مثلاً موقع سرریز)

۳- عدم استفاده از لوازم مصرفی مناسب (فیلتر هوا، فیلتر روغن و...)

۴- آلودگی روغن به سوخت، آب، گرد و خاک و غیره در حین کار

۵ - تنظیم نبودن موتور دستگاه

۶ - وجود ذرات فرسایشی بیش از حد مجاز در روغن

۷ - پائین آمدن سطح تمیزی روغن در سیستم های حساس مکانیکی (توربین، کمپرسور و هیدرولیک)

روغن موتور و کیفیت آن

روغنهای موتور، برای روغنکاری سیلندر موتورهای احتراق داخلی، سوپاپها، بادامکها و یاتاقانها بکار برده می شوند. روغن موتور باید دارای خواص مشخصی باشد که موارد عمده آنها عبارتست از:

الف - دارای گرانروی متناسب و ضریب اصطکاک بسیار کم باشد، تا بتواند بدون کاهش قدرت موتور به آسانی در تمام قسمتهای موتور گردش نماید.



- ب - در مقابل حرارت مقاوم باشند و اکسیده نشوند. چون احتراق در موتور تولید حرارت زیاد مینماید، لذا روغن باید در آن درجه حرارت مقاومت نموده و خاصیت خود را حفظ نماید و اکسیده نشود.
- ج - خاصیت پاک کنندگی مناسب داشته باشند. معمولاً پس از کار مداوم و حرارت زیاد، مواد لجنی در روغن موتور تولید میشود که برای جلوگیری از تشکیل آن روغن های موتور باید دارای مواد پاک کننده باشند.
- د - خاصیت ضد خوردگی و ضد زنگ: در نتیجه عمل احتراق مقداری آب و مواد اسیدی در روغن ایجاد میگردد که به داخل موتور نفوذ و باعث زنگ زدگی و خوردگی در قسمتهای مختلف آن میگردد. یک روغن خوب باید دارای مواد ضد خوردگی و ضد زنگ باشد.
- ه - دارای شاخص گرانیروی بالا باشند.
- و - خاصیت ضد سائیدگی و مقاومت در برابر ضربه داشته باشند: روغن موتور باید در مقابل فشار و حرارت تولید شده در اثر اصطکاک دائم سطوح فلزات با یکدیگر مقاومت نموده و خاصیت خود را حفظ نماید.
- ز - روغن موتور باید دارای خاصیت ضد کف باشد در غیر اینصورت به موتور آسیب جدی وارد خواهد شد. علاوه بر موارد گفته شده، روغنهای موتور باید از ویژگیهای دیگری از قبیل داشتن عدد قلیائی مناسب و ... برخوردار باشند.

روغن سیستمهای هیدرولیک :

روغن هیدرولیک مورد استفاده در دستگاه ها تاثیر زیادی در کیفیت نگهداری و طول عمر مفید قطعات دارد. ۷۵ درصد خرابی سیستم های هیدرولیک، بخاطر آلوده شدن روغن به گرد و خاک، رطوبت و کثیفی محیط می باشد. لذا انتخاب و نحوه استفاده از آن از اهمیت زیادی برخوردار است. برخی از خواص و مشخصات این فرآورده ها عبارتند از:

- جلوگیری از زنگ زدگی قسمتهای داخلی پمپها و سیلندرها، اسپول ها، شیرها
- پیشگیری از ایجاد لجن و رسوب که براحتی قادر است سوراخهای ریز صافیها یا سوپاپها را مسدود کند.
- دارای خاصیت ضدکف کنندگی
- عمر طولانی
- خواص شیمیائی آنها تغییر نکند.
- با تغییرات دما، جریان پذیری (ویسکوزیته) تغییر نکند.



- بصورت لایه نازک و محافظی عمل کرده و از ساییدگی قطعات داخلی سیستم حفاظت نماید.
- پیشگیری از خوردگی و متخلخل شدن (pitting) قطعات.
- در صورت نفوذ آب در روغن نباید با آن مخلوط شود.
- اثر تخریبی بر روی واشرها و کاسه نمدها نداشته باشد.
- شاخص گرانروی بالا، پایداری شیمیائی خوب، نقطه ریزش پائین، خاصیت ضد اصطکاک و ضد ساییدگی لازم را نیز داشته باشد.

ذرات فرسایشی :

بطور کلی همپای کارکرد دستگاه ، ذرات فرسایشی ناشی از اصطکاک قطعات به درون روغن راه می یابند. بر اساس تحقیقات انجام شده ذرات فرسایشی درون روغن از نقطه نظر شکل، اندازه، جنس و رنگ میتوانند به عنوان منبع بسیار غنی اطلاعات باشند. در واقع با تجزیه و تحلیل ذرات فرسایشی میتوان تا حد بسیار زیادی پی به اتفاقاتی که در شرف وقوع می باشند و یا واقع شده اند برد. ذرات فرسایشی از نقطه نظر عوامل و مکانیزم بوجود آمدن آنها، به دسته بندی های مختلفی تقسیم بندی میشوند. که بعضی از آنها عبارتند از:

- فرسایش در دوره آب بندی
 - فرسایش تراشه ای که معمولاً دارای طول ۲۵ تا ۱۰۰ میکرون می باشند.
 - خستگی غلطشی عمدتاً به شکل پولک یا کروی شکل ناشی از فرسایش یاتاقانها یا بلبرینگ ها.
 - فرسایش شدید لغزشی از ۱۵ میکرون به بالا معمولاً ناشی از بارهای زیاد و دورهای کم.
 - خوردگی
- عوامل مختلفی بر طبیعت خوردندگی یک روغن تاثیر دارد، مانند : دما، خواص شیمیائی روغن، رطوبت، پایداری اکسیداسیون، نوع و مقدار محصولات ناشی از فساد روغن در سیستم

آلودگی :

- بدون تردید آلودگیها دشمن همه نوع سیستمهای مکانیکی می باشند (نظیر هیدرولیک و غیره) آلودگیها در انواع سیستمهای دارای روغن به روشهای ذیل صورت می گیرد:
- در حین تولید- در طی مراحل تولید، روغن و یا ماشین (در مرحله ساخت، مونتاژ قطعات) آلوده میشوند.
 - در حین کار - از طریق نفوذ از سیستم فیلتر و یا فساد روغن (در اثر انرژی حرارتی، فرسایش



قطعات و غیره) در یک سیستم فعال

● از طریق محیط (درانبار و یا حمل و نقل)
کیفیت روغن از طریق آلودگی در اثر عوامل ذیل تنزل می یابد:

● آب

● سوخت (در موتورها)

● ذرات فرسایشی

● گرد و خاک محیط

● مواد شیمیائی (در صنایع شیمیائی)

● دوده ناشی از احتراق ناقص

● محصولات ناشی از خوردگی (Corrosion)

● محصولات ناشی از فساد افزودنیها ویا روغن پایه

● ذرات آلی ناشی از عمل میکروبیولوژی

برخی از مشکلات که در اثر بعضی از آلاینده های فوق ایجاد میگردد عبارتند از :

آلودگی با سوخت

بدیهی است که مسئله آلودگی روانکارها بوسیله سوخت از مواردی است که در موتورهای احتراق داخلی اتفاق میافتد. در موتورهای آلودگی ممکن است بدلیل احتراق اتفاق بیافتد که نتیجه آن مخلوط شدن سوخت محترق نشده در روغن سیلندرها میباشد. در موتورهای بنزینی یا موتورهای دیزلی این آلودگی میتواند بدلیل نشستی پمپ یا انژکتور نیز پیش آید.

عمده ترین اثر این نوع آلودگی این است که ویسکوزیته روغن را کاهش میدهد. گاهی تا به آن حد که روان کننده فاقد مشخصات لازمه شده و فرسایش شدید اتفاق میافتد. خطر دیگر این است که ممکن است آتش سوزی اتفاق افتد زیرا مخلوط روغن و سوخت راحت تر محترق میشود.

آلودگی بوسیله ذرات جامد :

عمدتاً چهار نوع آلودگی جامد در یک سیستم روغن میتواند وجود داشته باشد؛

۱- ذرات فرسایشی

۲- محصولات ناشی از فساد خود روغن

۳- محصولات ناشی از احتراق در موتور (دوده)

۴- گرد و خاک و هر نوع ذرات موجود در هوا و یا در فرآیند تولید که به درون روغن کشیده شود
ذرات فرسایشی و گرد و خاک خارجی که به درون سیستم وارد میگردد همانند سمباده موجب فرسایش



شدید قسمتهائی نظیر؛ یاتاقانها، شیرها، چرخ دنده ها، میل بادامک و غیره میگردد.

سیلیس بعنوان بزرگترین عامل فرسایش شناخته شده است. دوده و دیگر محصولات فساد روغن میتواند ویسکوزیته روغن را تا سطح غیر قابل قبول افزایش دهد.

آلودگی با آب :

بر اساس تحقیقات به عمل آمده، آلودگی روغنهای مصرفی به آب، حتی روغنهای نو یکی از عوامل عمده استهلاک سیستمهای هیدرولیک، موتورها، سیستم های دنده و دیگر قسمتها می باشد. وجود آب می تواند در کاهش عمر روغن، اثری ۳ تا ۱۰ برابر داشته باشد و در بعضی از یاتاقانها خوردگی شدید بوجود می آورد. البته در بعضی از روغن ها مثل روغنهای توربین بخار طوری ساخته شده اند که نسبت به آب مقاومت بیشتری داشته باشند. روغنهای هیدرولیک و روغن موتور ها نیز نسبت به رطوبت حساس هستند. آب ممکن است در نتیجه احتراق سوخت در موتور سرد یا ناشی از محیط خارج باشد، اگر دمای یک سیستم در یک جو مرطوب بالا و پائین برود، آب میتواند بوسیله تبخیر براحتی خارج شود. اگر آب برای مدت کوتاه در سیستم باقی بماند، ممکن است در دسر کمی را ایجاد نماید. اگر در یک دوره طولانی در یک قسمت از روغن، بصورت یک ترکیب شیمیائی و لجن در خواهد آمد. که بمراتب دارای خاصیت خوردگی بیشتری خواهد بود و میتواند باعث انسداد سوراخهای ریز نیز بشود.

چگونه میتوان از کیفیت روغن و عملکرد ماشین اطمینان حاصل نمود

روغن از زمانی که در سرویس قرار می گیرد با از دست دادن تدریجی خواص و آلوده شدن آن بر اثر وجود ذرات باید پس از مدت زمان مشخصی تعویض شود. از گذشته های دور تناوب تعویض روغن و مواد مصرفی مرتبط با آن از طریق سازندگان ماشین آلات و تجهیزات در جداول سرویس و نگهداری ماشین توصیه می شود، لذا سؤال این است، تا چه حدی می توان نسبت به زمان بهینه تعویض آنها مطمئن بود؟ بنابراین به هنگام ارزیابی وضعیت روغن در حین کار، باید به نکات مهمی از جمله موارد ذیل توجه گردد:

۱- تشخیص عمر مفید روغن عموماً به کمک مقایسه نتایج تست های متوالی در فواصل معین از زمان، امکان پذیر است، مگر اینکه روغن آنقدر آلوده شده باشد که با یکبار آزمایش بر روی نمونه بتوان حکم کرد که روغن دیگر قابل مصرف نیست.

۲- روغن در حین کار اکسید می شود و مهمترین صدمه هم عموماً از همین موضوع ناشی میگردد. زیرا اکسیداسیون روغن، لجن (Sludge) و مواد لاکه (Varnish) و ... تولید می کند. روغن هائی که دارای آنتی



اکسیدان هستند، در دمای زیر ۶۰ درجه سانتیگراد خیلی کم اکسیده می شوند ولی در دمای بالاتر از آن به ازای هر ۱۰ درجه افزایش دما، سرعت اکسیداسیون تقریباً دو برابر می شود. مخلوط شدن روغن با آب و یا وجود ذرات ناشی از سائیدگی و زنگ زدن قطعات نیز از جمله آثار خراب شدن بیش از حد روغن تشخیص داده شده است.

لازم بذکر است:

کاهش گرانروی : نشانه مخلوط شدن روغن با یک مایع یا روغن با سوخت سبکتر، شکسته شدن شاخص گرانروی یا ویسکوزیته می باشد.

افزایش گرانروی : نشانه اختلاط با روغن سنگین تر، اکسیده شدن بیش از حد در اثر حرارت می باشد
افزایش ۲۰٪ گرانروی، در اکثر موارد، افزایش شدید گرانروی محسوب می شود.

کاهش شاخص گرانروی (VI): اختلاط با روغن که VI کمتری دارد و شکسته شدن پلیمرهای افزودنی
افزایش شاخص گرانروی (VI): اختلاط با روغنی که VI بالاتر دارد اکسیده شدن روغن در بعضی از موارد
کاهش نقطه اشتعال (FLASH POINT): نشانه اختلاط با روغن سبکتر / سوخت و یا شکست مولکولی روغن
در اثر حرارت زیاد

با بررسی شرایط کاری دستگاه، تنها از طریق آنالیز روغن این امکان فراهم می گردد تا از وضعیت درونی سیستم بطور دقیق با خبر گردید.

از جمله دلایل استفاده از برنامه آنالیز روغن:

- ۱ - بررسی عملکرد سیستم در حال کار، اعم از: موتور، گیربکس، هیدرولیک، و ...
- ۲ - بررسی شرایط فیزیکی و شیمیایی روغن مانند گرانروی، قلیائیت کل، VI و ...
- ۳ - بهینه سازی تعویض روغن و مواد مصرفی.
- ۴ - در حداقل نگه داشتن تعمیرات
- ۵ - جلوگیری از تعمیرات غیر ضروری
- ۶ - فراهم نمودن امکان برنامه ریزی برای تعمیرات احتمالی
- ۷ - کوتاهتر نمودن زمان انجام تعمیرات
- ۸ - شناسایی و تجزیه و تحلیل عیوب کثیر الوقوع
- ۹ - مشخص نمودن عناصر افزودنی روغن، تطابق آنها با سطح کیفیت روغن های توصیه شده توسط سازنده دستگاه
- ۱۰ - شناسایی آلودگی های روغن نو و در حال کار از قبیل: آب، سوخت، ذرات، گرد و خاک و ...
- ۱۱ - اجرا و توسعه استراتژی پیشگیری و پیشبینی فرسایشهای غیرعادی و خرابی
با توجه به اینکه وجود مقدار بیش از حد مجاز ذرات حاصل از فرسایش قطعات می تواند نشانگر فرسایش



غیر عادی قطعات باشد، تکنیکهای تجزیه روغن میتواند بعنوان یک متد مفید برای کنترل روند فرسایش ماشین آلات و تجهیزات مکانیکی مورد استفاده قرار گیرد.

با نمونه گیری روغن از قسمتهای اصلی ماشین آلات: موتورها، سیستم های هیدرولیک، سیستم های انتقال قدرت ... و تجزیه نمونه روغن این قسمتها، در آزمایشگاه یک دید جامع از وضعیت آنها خواهیم داشت. واقعیت این است که روغن چنین قسمتهایی در تماس دائم با سطح قطعات مختلف بوده و بنابراین قادر است اطلاعات را از سطوح مذکور از طریق آنالیز نمونه روغن به تشکیلات نظارتی منتقل نماید.

از این طریق میتوان پیش از اینکه خرابی به سطح فاجعه آمیز برسد از پیشرفت عیب پیشگیری نمود. بنابراین با استفاده از برنامه آنالیز روغن ضمن آگاهی از اشکالات بظاهر جزئی و کوچک ماشین از هزینه های سنگین که در اثر خراب شدن کل سیستم به بار خواهد آمد جلوگیری می گردد.

با انجام آنالیز روغن میتوان وجود و مقدار گرد و خاک در روغن موتور را شناسائی نمود و از این طریق، عملکرد سیستم هواکش و نحوه سرویس و نگهداری مشخص میگردد. بطور مثال وجود آهن و آلومینیوم در روغن یک عامل هشدار دهنده در رابطه با سایش غیرعادی سیلندر و پیستون، (قبل از صدمه جدی) می باشد. با انجام آنالیز روغن میتوان سرعت سایش یاتاقان ها را مشخص کرد، قبل از این که آسیب کلی به میل لنگ وارد آید. لغزش در سیستم هیدرولیک نیز بوسیله مقدار زیاد مس در روغن مشخص میگردد. مقدار زیاد کرم (Cr) در روغن هیدرولیک نیز میتواند نشان دهنده خط افتادن روی رادهای هیدرولیک باشد. رقیق شدن روغن بوسیله سوخت و نشت آب و ضد یخ به داخل روغن موتور را می توان با آزمایش روغن، قبل از آنکه آسیب کلی به سیستم وارد شود مشخص نمود. از این رو استفاده از روش آنالیز روغن بمنظور کنترل سطح آلودگیهای روغن، شناسائی منابع آلودگی و حذف آنها و همچنین تعیین مشخصات، کیفیت، عمر روغن اعم از روغن نو و یا کار کرده و شناسائی وضعیت ماشین آلات، می باشد.

برخی از آزمایشها در برنامه آنالیز روغن CM:

آنالیز اسپکتروسکوپی (طیف تابشی اتمی):

اسپکتروسکوپ از سال ۱۹۴۵ بعنوان ابزاری برای شناسایی عناصر فرسایشی موجود در روان کننده مورد استفاده قرار گرفته است. به کمک تکنیک اسپکتروسکوپی می توان اکثریت عناصر فلزی و غیر فلزی موجود در روغن را برحسب PPM اندازه گیری نمود.

با اطلاع از میزان عناصر فرسایشی موجود در روغن، میتوان روند فرسایش قطعات موتور از قبیل: رینگ، پیستون، سیلندر، یاتاقانها و ...، سیستم های انتقال قدرت، گیربکس، دیفرانسیل، سیستم های هیدرولیک و ... را مشخص کرد و قبل از اینکه به دستگاه آسیب کلی وارد آید تصمیم لازم در رابطه با پیشگیری و یا تعمیر را اتخاذ نمود. بطور مثال: وجود مقدار زیاد عنصر کرم (Cr) در روغن هیدرولیک می تواند نشان دهنده خط افتادن روی رادهای هیدرولیک یا سایش اسپول باشد.



انجام آزمایش اسپکتروسکوپی در برنامه های آنالیز روغن، به منظور کنترل کیفیت روغن و آنالیز عناصر فرسایشی و شناسائی عناصر آلاینده در درون روغن الزامی است .

:(Particle Quantifier Technique) PQ

با توجه به اهمیت فلز آهن در ترکیب ساختاری اکثریت قطعات ماشین آلات، طبیعتاً روشهای تست متنوعی برای تشخیص و اندازه گیری ذرات فرسایشی آهنی در روغن ابداع شده است. تکنیک PQ نیز در واقع به عنوان یک روش برای اندازه گیری میزان ذرات فرسایشی آهنی در نمونه های روغن بکار برده می شود. این تکنیک بیشتر برای اندازه گیری ذرات فرسایشی با خاصیت آهنربائی (آهنی آزاد) در روغن می باشد.

: (Analytical Ferrography) فرورگرافی مشاهداتی

این روش برای مطالعه ذرات فرسایشی موجود در نمونه روغن دستگامها و تجهیزات (نظیر : موتورهای سنگین ، هواپیما ، سیستمهای هیدرولیک و ...) به کار گرفته میشود. معمولاً پس از اینکه از نتایج آزمایشهای روتین وضعیت مشکوکی ملاحظه شود، از روش فرورگرافی مشاهداتی استفاده می گردد. در این روش از نمونه روغن لا مل های مخصوص تهیه شده (فروگرام)، و بوسیله میکروسکوپ ذرات مختلف موجود بر روی لام مشاهده و ارزیابی می شود. با مطالعه ذرات از نظر ویژگیهای مختلف می توان به عوامل و محل تولید ذرات و چگونگی فرایند فرسایش پی برد .

: (Viscosity) گرانروی

در انتخاب روغن، گرانروی مهمترین خاصیتی است که باید در نظر گرفته شود. بنابراین گرانروی اولین و مهمترین ویژگی مورد انتظار روغنهای مصرفی میباشد. بطور مثال: وقتی یک لایه روغن بین یاتاقان و شفت ایجاد میشود، بعضی از مولکول های روغن تمایل به جذب روی شفت و بعضی دیگر از مولکول های روغن تمایل به جذب روی سطح یاتاقان دارند. این عمل تنش برشی نام دارد و بطور مستقیم از گرانروی روغن و درجه حرارت عملکرد تاثیر می پذیرد. یک روغن چند درجه ای (مولتی گرید یا چهار فصل) با گرانروی کمتر معمولاً پتانسیل کمتری برای تنش برشی خواهد داشت. از آنجائیکه روغن های با گرانروی کمتر و پتانسیل بیشتر برای تنش برشی باید بتوانند یک لایه روغن روی سطح ایجاد کنند، کاملاً واضح است که با افزایش درجه حرارت، ممکن است لایه ایجاد شده روی سطح، بعلت کم بودن گرانروی، شکسته شده و تماس فلز به فلز رخ دهد. هر گونه انحراف قابل توجه از میزان گرانروی تعریف شده، قطعاً منجر به خسارات سنگین دستگام خواهد شد. لذا پیوسته باید از صحت گرانروی روغنهای مصرفی ماشین آلات اطمینان حاصل نمود. به این منظور روغنهای نو و در حین کار مورد آزمایش گرانروی قرار می گیرند.



فروگرافی مستقیم (Direct Reading Ferrography):

این آزمایش بعنوان یک تست تکمیلی برای اسپکتروسکوپ فقط برای دستگاه‌ها و تجهیزات خاص استفاده می‌شود و مقادیر به دست آمده پیوسته با نتایج اسپکتروسکوپ جهت تحلیل مقایسه می‌شوند. در این تست، ذرات فلزی آهنربائی به خصوص آهن در دو محدوده: بالای ۵ میکرون و زیر ۵ میکرون مورد اندازه گیری قرار می‌گیرند.

شمارنده ذرات (Particle Counter):

بمنظور رعایت سطح تمیزی روغن، کد تمیزی دستگاهها (بسته به حساسیت دستگاه) مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. برای شمارش تعداد ذرات جامد معلق در روغن، در دانه بندیهای مختلف (بویژه روغن‌های هیدرولیک و سوختها) از این آزمایش استفاده می‌شود و نتایج در قالب کدهای استاندارد (استاندارد ISO و NAS) میباشد. شناسائی و شمارش ذرات از طریق لیزر انجام می‌شود.

نقطه اشتعال (Flash Point):

این تست بمنظور: تشخیص رقیق شدن احتمالی روغن موتورهای دیزلی، اندازه گیری میزان آتشگیری، طبقه بندی، شناسائی و کنترل روغن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. بطور مثال: در روغنهایی که دچار افت ویسکوزیته می‌شوند این آزمایش وجود یا عدم وجود آلودگی سوخت را نشان خواهد داد. نقطه اشتعال بدو روش باز (Open) و بسته (Closed cup) می‌تواند انجام گیرد.

شاخص گرانروی (Viscosity Index):

تغییرات گرانروی، ناشی از تغییر دما با شاخص گرانروی سنجیده می‌شود. هر چه شاخص گرانروی روغنی بزرگتر باشد، گرانروی آن در اثر تغییر دما کمتر تغییر می‌کند. در مواقعی که درجه حرارت محیط کار دارای تغییرات زیاد باشد. شاخص گرانروی از مهمترین عوامل در انتخاب روغن است. VI روغن با اندازه گیری گرانروی روغن در ۴۰ درجه و ۱۰۰ درجه سانتیگراد و استفاده از کتابچه استاندارد بدست می‌آید.

کف کنندگی (Foaming):

باتوجه به شرایط مکانیکی کار قطعاتی که روغن با آنها تماس دارد و شدت ایجاد تلاطم TURBULENCE، ممکن است هوا با روغن مخلوط شده و کف ایجاد شود (مواد ناشی از اکسید اسیون، گردوخاک و غیره، به ویژه در حضور آب به ایجاد کف پایدار کمک می‌کنند) کف کردن روغن باعث عدم روغنکاری (عدم تشکیل فیلم روغن) سر رفتن روغن، عدم انتقال نیرو (در روغنهای هیدرولیک)، محبوس نگاه داشتن هوا در سطح روغن و کمک به تسریع اکسیداسیون روغن و غیره می‌شود. لذا با انجام این تست میزان خاصیت ضد کف روغن، برای روغنهای هیدرولیک، موتور و توربینها بررسی و ارزیابی می‌شود.



آلودگی آب (Water Content):

اندازه گیری مقدار آلودگی آب در روغن از لحاظ اثری که بر روی خواص بازدارندگی، خوردندگی و اکسیداسیون روغن دارد ضروری است. در صورتیکه آلودگی آب از ۰/۱٪ بیشتر باشد فساد روغن و عواقب خطرناک اسیدی برای دستگاه را در بردارد معمولاً آلودگی آب کمتر از ۰/۱٪ مشکل خاصی ندارد. وجود آب در بعضی از یاتاقانها خوردگی شدید بوجود می آورد البته در بعضی از روغن ها مثل روغنهای توربین بخار، طوری ساخته شده اند که نسبت به آب مقاومت بیشتری داشته باشند.

اگر آب موجود در روغن موتور تبخیر نشود، با ماده پاک کننده روغن تولید امولسیون (کف سفید رنگ در موتور) می نماید که ممکن است سوراخهای فیلتر روغن را مسدود کند. ضمن اینکه باعث زنگ زدن و خوردگی نیز می شود. تشخیص و اندازه گیری آلودگی آب به روشهای مختلف انجام می شود که برخی از آنها به شرح ذیل می باشد:

آلودگی آب به روش (Go/nogo)	Water Cont.
آلودگی آب به روش (سانتریفیوژ)	Water & Sediment %
آلودگی آب به روش (کارل فیشر)	Water Determination

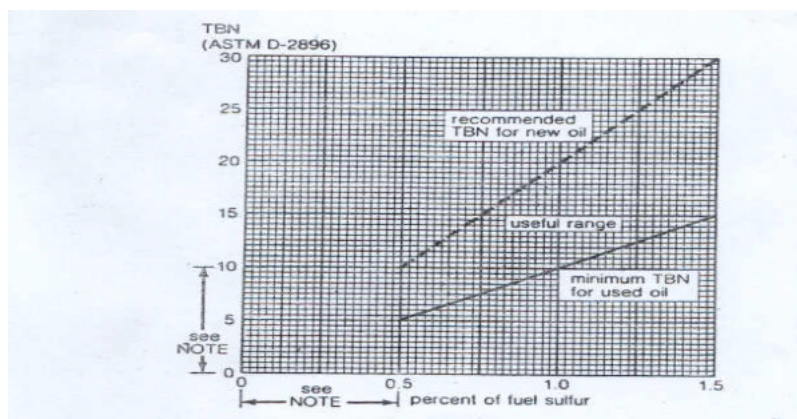
لازم به ذکر است که در تجهیزات مکانیکی مهم و حساس حد مجاز آلودگی آب بر حسب ppm کنترل میگردد و برای آنها ۰/۱ درصد، حد قابل قبول نمی باشد.

عدد قلیائیت کل (TBN):

عواملی مانند: دما، خواص شیمیائی روغن، رطوبت، نوع و مقدار محصولات ناشی از فساد روغن در سیستم، احتمال تشدید فرایند اکسیداسیون روغن را افزایش می دهد. اکسیداسیون باعث ایجاد محیط اسیدی میشود. در موتورهای دیزلی، سوخت دیزل که دارای سولفور میباشد، طی احتراق، از طریق تقطیر گاز SO₂ و در نهایت تولید اسید سولفوریک می نماید. همچنین از راه های دیگر اسیدهای ضعیف آلی تولید شده بوسیله اکسیداسیون، به سرب یاتاقان ها حمله میکنند (قبل از فلزات دیگر). یک سازنده ماشین آلات معتقد است که اگر محتوای گوگرد سوخت از ۰/۵ به ۱ درصد افزایش یابد فرسایش چهار برابر افزایش خواهد یافت.

بنابراین روغن مصرفی دیزلهای سنگین، باید دارای TBN متناسب با میزان درصد گوگرد سوخت مصرفی باشد. به اعتقاد بسیاری از کارشناسان، بعد از اینکه مقدار TBN روغن کار کرده به نصف مقدار روغن نو آن رسید تعویض آن الزامی می باشد. در نمودار شماره ۳ رابطه بین گوگرد سوخت مصرفی و TBN روغن مشخص شده است. بنابر این عدم تناسب مقدار اولیه TBN با محیط اسیدی داخل موتور، عامل اصلی تشدید فرسایش و خوردگی شیمیایی آهن، سرب و مس می باشد.

برای پیشگیری از فرسایش خوردگی، تعویض بموقع روغن ضروری است، بویژه وقتی از سوخت با گوگرد



(نمودار شماره ۳)

بالا استفاده شود.

عدد اسیدی (TAN) :

این عدد نشان دهنده افزایش مقدار اسیدیته در یک روغن میباشد. افزایش مقدار اسید در طول عمر کارکرد روغن یک راهنما برای زمان تعویض آن است. در برخی از صنایع، زمانیکه مقدار عدد اسیدی روغن به دو برابر عدد اسیدی روغن کار نکرده رسید تعویض روغن باید انجام شود.

منابع و منشاء عناصر فرسایشی در آنالیز روغن

از جداول زیر میتوان بعنوان راهنمای مناسبی برای تعیین منشاء (منابع بوجود آورنده) عناصر فرسایشی که توسط آنالیز روغن مشخص می گردد استفاده نمود:

آهن (Fe): آهن عمومی ترین فلز فرسایشی در روغن می باشد. در بیشتر قطعات و تجهیزات پایه اصلی آنرا آهن تشکیل میدهد. لذا آهن بشکل پراکنده و گسترده در روغن وجود دارد و بعنوان یک منبع مهم تولید ذرات فرسایشی مطرح میباشد.

منبع و منشأ عنصر آهن (Fe)	تجهیزات
متداولترین گروه فلز فرسایش - موتور شامل: لاینرهای سیلندر (بوش) - رینگهای پیستون - Valve train - میل لنگ - میل بادامک - دنده های فنری (Spring gears) - واشرهای قفلی - مهره ها - پین ها - اتصالات - بلوک سیلندر - اوایل پمپ	موتور
یاتاقانهای غلطکی: غلطکها (فولاد با آلیاژ تنگستن) محفظه قرار گرفتن غلطکها و نگهدارنده آنها. یاتاقانهای ژورنال: یاتاقانهای شفت - پوشش یاتاقانهای کشکی - کلیدها قفلی (Locking keys)	یاتاقانها
دنده های اصلی - پنیونها - دندانه های سختکاری شده - پینهای قفلی	دنده ها
دنده ها - یاتاقانها - لنتهای ترمز - کلاچ - اسپولها - پمپها - شفت قدرت خروجی (PTO)	انتقال قدرت
پمپ - موتور - پره های پمپ - هوزینگ پمپ - شیرهای سروو - پیستونها - سیلندرهای هیدرولیک	سیستمهای هیدرولیک
پمپ جاروب - Lubes - پره ها - اتصالات میل بادامک - یاتاقانها - سیلندرها - هوزینگ - شفتها - غلطکها	کمپرسورها
دنده کاهنده - شفت - یاتاقانها - لوله ها - کیس توربین	توربین ها

مس (Cu): مس فلز با ارزشی است که مصرف آن بطور گسترده در صنایع مختلف وجود دارد، بدلیل اینکه این فلز قابلیت چکش خواری خوبی داشته و علاوه بر آن هادی حرارت و سرما میباشد. این فلز در سیستم کاهش دهنده اصطکاک (برینگ ها و یاتاقانها) نیز همانند استفاده آن در انتقال حرارت بطور گسترده و فراوان مورد مصرف میباشد.

منبع و منشأ مس (Cu)	قسمت
بوش سوپاپهای لکوموتیو - بوش گژن پین - بادامک - کولر روغن - تراست واشرها - گاورنر - یاتاقانها Valve gear Train Thrust buttons	موتورها
یاتاقانهای غلطکی: آلیاژ بکاررفته در جنس محفظه نگهدارنده غلطکها یاتاقانهای ژورنال: لایه های یاتاقان ژورنال Locking Keys, Slinger rings	یاتاقانها

البرز تدبیر کاران

شرکت فنی و مهندسی

خدمات تحقیقاتی و صنعتی مراقبت وضعیت (Condition Monitoring Services)



دنده ها	بوشها - تراست واشرها
انتقال قدرت	کلاچها - دیسکهای فرمان - یاتاقانها
سیستمهای هیدرولیک	صفحات فشاری - پمپ - بوشها - سیلندر - پیستون پمپ - کولر روغن
حرارتی	لوله های کولر - موج گیرها - صفحات
کمپرسورها	یاتاقانها - صفحات فرسایش - تراست واشرها - اوایل پمپ - کولرهای روغن - ترموستات - فیلترهای جداساز
توربین ها	یاتاقانها - لوله ها - کولرها

قلع Sn: این فلز بصورت آلیاژ همراه سرب و مس در روکش یاتاقانها بکار رفته است. آلیاژ مذکور بصورت لایه ای فدا شونده در روی یاتاقانها کاربرد دارد

قسمت	منبع و منشأ عنصر قلع (Sn)
موتورها	(Valve Train) بوش گژن پین - بوشهای میل بادامک - تراست واشر - گاورنر
یاتاقانها	یاتاقانهای غلطکی: آلیاژ محفظه غلطکها - یاتاقانهای ژورنال: روکش یاتاقانهای ژورنال (باییت)
دنده ها	بوشها
انتقال قدرت	کلاچها - دیسکهای فرمان - یاتاقانها
سیستم هیدرولیک	صفحات فشاری پمپ - بوشها - میتواند بعنوان افزودنی نیز در برخی از روغنهای هیدرولیک وجود داشته باشد.
کمپرسورها	یاتاقانها - فیلترهای جداساز
توربینها	یاتاقانها - لوله ها - کولرها

آلومینیوم (Al): آلومینیوم یکی از فلزات با ارزش در تجهیزات، بخاطر داشتن استقامت بالا می باشد. همچنین مقاومت بسیار زیادی در مقابل خوردگی ها دارد. آلیاژهای آلومینیوم با دیگر فلزها باعث افزایش مقاومت حرارتی می شود. امروزه از این فلز با ارزش در ساختار تجهیزات بصورت ویژه استفاده می شود.

قسمت	منبع و منشأ عنصر آلومینیوم (Al)
موتورها	سیلندر - پیستونها - هوا دهنده ها - بوشهای اوایل پمپ برخی یاتاقانها - برخی بوش میل بادامک - برخی کولرهای روغن
یاتاقان	یاتاقانهای غلطکی: در آلیاژ محفظه نگهدارنده غلطکها - Locking Keys
دنده ها	بوشها - تراست واشر - آلودگیهای گریس
انتقال قدرت	بوشها - کلاچها
سیستم هیدرولیک	برخی از سیلندرهای پمپ - پیستون - کولرهای روغن - بصورت کمپلکس در آلودگی گریس

البرز تدبیر کاران

شرکت فنی و مهندسی

خدمات تحقیقاتی و صنعتی مراقبت وضعیت (Condition Monitoring Services)



مبدل‌های حرارتی	لوله های کولر - موج گیر - صفحات
کمپرسورها	هوزینگ - یاتاقانها - سیلندر - صفحات فرسایش تراست واشر - یاتاقانها - اوایل پمپ - کولرهای روغن
توربین ها	یاتاقانها - لوله ها - کولرها سیستمهای EHC : رسوبات ناشی از ترکیبات پوشش فیلترها

کرم (Cr): کرم بعنوان یک فلز مهندسی استفاده می شود و جهت افزایش سختی و مقاومت در مقابل خوردگی بکار می رود. این فلز در سیستمهایی که در شرایط سخت کار می کنند بیشتر بکار می رود.

قسمت	منبع و منشاء عنصر کرم (Cr)
موتورها	رینگها - لاینرها - سوپاپهای دود - از سیستم خنک کاری
یاتاقانها	در آلیاژ غلطکهای یاتاقانهای غلطکی - یاتاقانهای مخروطی
دنده ها	برخی یاتاقانها - پوشش شفتها - برخی از دنده ها خاص دارای پوشش کرم می باشند
انتقال قدرت	یاتاقانها - فیلتر آب (تصفیه کننده آب)
سیستمهای هیدرولیک	لاینرها سیلندر - اسپولها
مبدل‌های حرارتی	لوله های کولر - موج گیرها - صفحات
کمپرسورها	هوزینگ - یاتاقانها - سیلندرها - صفحات فرسایش - تراست واشرها - قسمت بالائی یاتاقانها - اوایل پمپ - کولر روغن
توربینها	پوشش شفت - برخی از یاتاقانها

سرب (Pb): فلزی است نرم که بعنوان سطح فرسایشی فدا شونده استفاده می شود. بویژه در یاتاقانهای ژورنال جزء اصلی باییت می باشد.

قسمت	منبع و منشاء عنصر سرب (Pb)
موتورها	یاتاقانهای اصلی - یاتاقانهای ثابت و متحرک - می تواند بخشی از آلودگی ناشی از گازوئیل باشد.
یاتاقانها	در یاتاقانهای غلطکی در قسمت محفظه نگهدارنده غلطکها - در یاتاقانهای ژورنال - قسمت اعظم باییت پوشش یاتاقانها
دنده ها	یاتاقانها - می تواند از رنگ پوسته دیواره های کیس دنده ها باشد.
سیستمهای هیدرولیک	یاتاقانها
کمپرسورها	یاتاقانها
توربینها	یاتاقانها



سیلیکون (Si)

بیشترین آلودگی مشاهده شده در آنالیز روغن مربوط به عنصر سیلیکون (ناشی از سیلیس SiO_2) می باشد.

سیلیس بطور وفور در پوسته زمین وجود دارد، ماسه کریستال بسیار سختی است و می تواند بمیزان زیادی از فلزات را مورد سایش قرار دهد.

منبع و منشأ عنصر سیلیکون (Si)	قسمت
بلوک سیلندر (در آلیاژ آلومینیوم) - نفوذ گرد و خاک از محل تنفس موتور - منابع خارجی	موتورها
در آلیاژ یاتاقانهای غلطکی بهمراه آلومینیوم	یاتاقانها
بوشها - تراست واشرها - آبنند سیلیکونی - از افزودنی ضد کف روغن	دنده ها
کفشکهای ترمز - صفحات کلاچ - گرد و خاک	انتقال قدرت
برخی آبندهای الاستومتریک پمپ - کولرهای روغن	سیستمهای هیدرولیک
لوله های کولر - موج گیرها - صفحات	مبدل حرارتی
گرد و خاک - آبنند سیلیکونی - یاتاقانها - کولر (آلیاژ آلومینیومی)	کمپرسورها
گرد و خاک - آبنند سیلیکونی - افزودنی ضد کف	توربین

نقره (Ag): نقره هادی خوبی برای جریان الکتریکی و حرارت می باشد و برای استفاده در یاتاقانها دارای مزیت می باشد. و باعث ایجاد حداقل اصطکاک می شود. نقره در صورت وجود روی در افزودنی روغن دچار خوردگی شدید می شود. به همین علت در لکوموتیوها می بایست از عدم وجود روی در افزودنی روغن قبل از مصرف آن اطمینان حاصل کرد. نقره عموماً "در قسمتهای بیرونی تجهیزات صنعتی بکار می رود.

منبع و منشأ عنصر نقره (Ag)	قسمت
سوپاها - گاید سوپاپ - لاینرهای سوپاپ - یاتاقانها میتواند از گرد و غبار باشد	موتور
در آلیاژ غلطک یاتاقانهای غلطکی - محل قرار گرفتن غلطکهای یاتاقان	یاتاقانها
از آلیاژ فولاد دنده ها	دنده ها
یاتاقانها - سروو شیرها - پیستونها	سیستمهای هیدرولیک
یاتاقانها	کمپرسورها
یاتاقانها - شفت - دنده های کاهنده	توربین

دیگر فلزات فرسایشی

منابع احتمالی	عنصر
موتورهای جت - یاتاقانها - آلودگی ناشی از رنگها	تیتانیم
آلودگی سوخت - آلیاژ فولاد	وانادیم

مواد افزودنی:

علاوه بر عناصر فوق، عناصر مختلف دیگری نیز وجود دارند که در آنالیز روغن شناسائی می شوند. اکثر آنها در جدول زیر لیست شده اند.

منبع احتمالی	عنصر
در افزودنی های ضد خوردگی - در اثر نشت مایع سیستم خنک کاری به داخل موتور - از املاح - آب دریا - گرد و خاک	سدیم
ضد سایش - ضد خوردگی - ضد اکسیداسیون	فسفر
افزودنی پاک کننده - در آلیاژهای فولاد	منیزیم
افزودنی پاک کننده - افزودنی جهت خنثی سازی سولفور سوخت موتور در آلودگی گریسها	کلسیم
افزودنی ضد خوردگی، ضد سایش، ضد اکسیداسیون و می تواند از مایع خنک کاری باشد، آلودگیهای گریس	بر
مواد افزودنی ضد خوردگی - پاک کننده - ضد زنگ	باریم
ضد سایش - ضد خوردگی - ضد اکسیداسیون - آلیاژ یاتاقانها - تراست واشرها	روی

تعیین تناوب نمونه گیری روغن ماشین آلات

نمونه گیری روغن و آنالیز آن در دستگاه ها عمدتاً به منظور تعیین روند فرسایش، کیفیت روغن و اندازه گیری آلاینده های موجود در روغن انجام میشود. این عمل یکی از روشهای بسیار موثر در کاهش هزینه های نگهداری و تعمیرات میباشد.

در هر حال بمنظور استفاده از برنامه آنالیز روغن ماشین آلات، باید برای تعیین تناوب های زمانی نمونه گیری چند عامل را در نظر گرفت:

- ۱- ریسک مطمئن (حتی المقدور طوری رفتار کنیم که خود را در شرایط سخت و بروز عیوب و توقفهای ناگهانی برای دستگاه قرار ندهیم).
- ۲- محیط عملیات ماشین نظیر؛ گرد و غبار، رطوبت و غیره
- ۳- وضعیت تجهیزات و امکانات موجود (قطعات، مواد مصرفی و لوازم ذخیره)
- ۴- تعمیرات؛ کیفیت عملیات سرویس، نگهداری و تعمیرات یک عامل مهم در تعیین فاصله زمانی نمونه گیری میباشد.



۵ - کیفیت روغن و سوخت؛ بدیهی است که روغن و سوخت با کیفیت پائین بر استهلاک روغن و دستگاه اثر میگذارد.

۶ - تجربه اپراتور؛ دانش فنی اپراتور در مراقبت و نگهداری موثر دستگاه اثر مستقیم بر برنامه ریزی نمونه گیری دارد.

مشاوره با آزمایشگاه، کسب اطلاعات از سازنده دستگاه و دریافت مشخصات و کیفیت روغن از تولید کننده آن میتواند راهنمای موثری برای بهره برداران دستگاه باشد.

بطور کلی، یک نقطه بهینه برای تناوب زمان نمونه گیری میتواند با توجه به دوره های زمانی تعویض روغن تعیین گردد. پس از ایجاد بانک اطلاعاتی برنامه مراقبت وضعیت و ایجاد چند سابقه از دستگاه، می توان نسبت به اصلاح و بهینه سازی فاصله زمانی نمونه گیری اقدام نمود.

جدول زیر بر اساس شرایط متعارف کارکرد دستگاه ها و تجهیزات، تناوب نمونه گیری در نظر گرفته شده است، از این رو میتواند بعنوان یک الگوی اولیه مورد استفاده دست اندرکاران قرار گیرد.

ماشین آلات عمرانی		ردیف
تناوب نمونه گیری نرمال (ساعت / کیلومتر) (Scheduled Oil Sampling) (SOS)	نوع دستگاه	
۲۵۰ ساعت / ۱۰ هزار کیلومتر	موتورهای دیزلی	۱
۵۰۰-۷۰۰ ساعت / ۲۰ تا ۳۰ هزار کیلومتر	دیفرانسیل ها	۲
۵۰۰-۷۰۰ ساعت / ۲۰ تا ۳۰ هزار کیلومتر	فاینال درایو	۳
۵۰۰ ساعت / ۲۰ هزار کیلومتر	انتقال قدرت	۴

صنعت و ماشین آلات دریائی			
نمونه گیری موردی (براساس تقویم) (Random Oil Sampling) (ROS)	تناوب نرمال نمونه گیری (Scheduled Oil Sampling) (SOS)		نوع تجهیزات
	بر اساس تقویم	بر اساس ساعت	
سه ماهه	ماهانه	۵۰۰	توربین های بخار
سه ماهه	ماهانه	۵۰۰	توربین های آب
سه ماهه	ماهانه	۵۰۰	توربین های گاز
سه ماهه	ماهانه	۵۰۰	دیزل ژنراتورهای ثابت
سه ماهه	ماهانه	۵۰۰	موتورهای با سوخت گاز طبیعی
سه ماهه	ماهانه	۵۰۰	کمپرسورهای هوا / گاز
سه ماهه	ماهانه	۵۰۰	کمپرسورهای سیستم های برودتی
سه ماهه	ماهانه	۵۰۰	گیربکس های سنگین



هر شش ماه	هر ۳ ماه	—	گیربکس های نیمه سنگین	۹
سه ماهه	ماهانه	۵۰۰	موتور با قدرت ۲۵۰۰ اسب و بالاتر	۱۰
هر شش ماه	سه ماهه	—	هیدرولیک	۱۱
سه ماهه	ماهانه	۲۵۰ ساعت	موتورهای دیزل	۱۲

توجه: کارکرد نرمال یعنی اینکه دستگاه بطور پیوسته در حال کار باشد.

نمونه گیری روغن :

هرچند تهیه نمونه روغن کار مشکل و پیچیده ای بنظر نمی رسد، با این حال این بخش از کار برنامه CM، بی نهایت مهم و تاثیر گذار می باشد. نمونه ای که از دستگاه گرفته میشود باید نماینده واقعی کل روغن باشد و در حقیقت نقش کلیدی و تعیین کننده در ارزیابی وضعیت دستگاه دارد. نمونه روغنی که وضعیت واقعی سیال را بیان نمی کند نه تنها ارزشی ندارد بلکه ممکن است نتایج آن منجر به اشتباهات تصمیمگیری و خسارات پر هزینه ای شود.

لذا اجرای یک برنامه نمونه گیری صحیح در درجه اول اهمیت قرار دارد. همچنین در اجرای یک برنامه مراقبت وضعیت موثر، آموزش نیروهای انسانی درگیر با این کار بایستی یک اقدام جدی و اساسی تلقی گردد.

نحوه نمونه گیری روغن از دستگاه ها :

مهمترین نکاتی که در ارتباط با نمونه گیری صحیح، باید مورد توجه واقع شود بشرح زیر است:
الف) نمونه گیری بایستی یکسان انجام گیرد و عواملی نظیر نقطه برداشت نمونه از قسمت مورد نظر و غیره نبایستی در نمونه گیری بعدی تغییر کند.

ب) در موتورهای (دیزل/بنزین)، نمونه بایستی بلافاصله پس از خاموش نمودن دستگاه گرفته شود. برای آن دسته از سیستمهایی که روغن آنها از طریق پمپ روغن گردش ندارد (دیفرانسیل و گیربکسهای بدون پمپ و غیره)، بهترین روش اینستکه، قبل از نمونه گیری دستگاه مدتی حرکت نماید و بلافاصله پس از توقف

نمونه گیری انجام شود. برای دستگاههایی نظیر توربینها و غیره که نمونه گیری در حال کار دستگاه انجام می شود، طبق دستورالعمل های سازندگان عمل شود.

ج) در سیستم هیدرولیک نمونه گیری میتواند از شیر نمونه گیری در مسیر فشار یا تانک سیستم انجام شود. در سیستم دنده ها، محل گنج روغن که به تشتک (کارتل) راه دارد.

ه) برای پیشگیری از آلودگی محیطی نمونه روغن (آب باران، ذرات گرد و غبار معلق در هوا و غیره)، بویژه در شرایط هوای نامناسب، دقت کافی معمول گردد.

ح) نمونه گیری بایستی از حد وسط ارتفاع مخزن روغن انجام شود.

در بیشتر ماشینها نقاط مختلفی برای نمونه برداری روغن وجود دارد. بطور مثال ؛ محل گنج روغن یا درپچه ریختن روغن (در برخی از موتورها) محل مناسب خواهد بود.



استفاده از پمپ مخصوص نمونه گیری روغن، امکان برداشتن نمونه را مستقیماً از قسمت مورد نظر به ظرف نمونه فراهم می نماید (بدون اینکه هیچگونه آلودگی به داخل ظرف نمونه یا روغن نفوذ نماید). ظروف نمونه پلاستیکی یکبار مصرف، با ظرفیت حدود ۳۰ سی سی برای بیشتر سیستمها کافی خواهد بود. در ارتباط با نمونه های روغن نو و برخی از سیستم های حساس و مهم، نمونه با حجم بیشتری مورد نیاز است که با مشاوره آزمایشگاه معین می گردد.

نمونه ها به همراه فرمهای تکمیلی مربوطه، بایستی در اسرع وقت به آزمایشگاه ارسال شود. ارسال نمونه معمولاً از طریق پیک و یا پست های سریع (پیشتاز و غیره) انجام می شود.

وسایل و تجهیزات مورد نیاز جهت نمونه گیری روغن:

به منظور استاندارد نمودن کار نمونه گیری، وسایل زیر مورد نیاز می باشد:

۱- کیف مخصوص حمل نمونه روغن

۲- پمپ مخصوص نمونه گیری

۳- ظرف ویژه نمونه روغن

۴- شلنگ نمونه گیری

۵- فرمهای مخصوص نمونه روغن،

کلیه لوازم مذکور از طریق آزمایشگاه قابل تهیه می باشد

در پایان این سئوالات مطرح می باشد:

آیا همواره پیشگیری بهتر از تعمیر است؟ و

آیا با توجه به مطالب مطروحه، راهبری ماشین آلات و تجهیزات بدون استفاده از برنامه

آنالیز روغن

امری کارشناسی و اقتصادی است؟



سلسله مقالات فن آوری

مراقبت وضعیت ماشین آلات

Machinery Condition Monitoring

آنالیز ذرات فرسایشی و روانکارها

Lubricant & Particle Analysis

- مقدمه
- قسمت های نمونه گیری روغن:
- ارسال نمونه ها
- اهمیت نمونه گیری
- وسایل و تجهیزات نمونه گیری
- راهنمای پر کردن فرم اطلاعات همراه نمونه
- دستورالعمل نمونه گیری از مخازن و بشکه های روغن نو
- لیست آزمایشات و حجم نمونه روغن مورد نیاز

واحد تحقیقات و آزمایشگاه

شرکت فنی و مهندسی البرز تدبیر کاران

پاییز ۱۳۸۵

بسمه تعالی

نکات مهم در برنامه نمونه گیری روغن

مقدمه

امروزه بکارگیری روشهای نوین نگهداری و تعمیرات (نت) بطور روز افزون مورد توجه مدیران صنایع مختلف قرار گرفته است. تا جایی که سازمانهای نظامی، صاحبان ناوگانهای بزرگ عمرانی و حمل و نقل (زمینی، دریایی، هوایی) و ماشین آلات معدن و غیره، انجام بازمینی های منظم زمانی و آزمایشهای مستمر روغن را اساس برنامه (نت) قرار داده اند. بمنظور بهره برداری هر چه بیشتر از تواناییهای CM یا (OAMCM) Oil Analysis Machinery Condition Monitoring شایسته است در ارسال نمونه روغن نکات ذیل مورد توجه قرار گیرد:

- ۱- تکمیل دقیق و صحیح فرم مربوط به اطلاعات همراه نمونه روغن (مطابق شکل ۲) بسیار ضروری و تعیین کننده می باشد فرم آن به پیوست می باشد (لطفا قبل از استفاده تکثیر شود).
- ۲- درب ظرفهای نمونه روغن باید قبل و بعد از نمونه گیری همواره بسته باشد تا از ورود آلودگیهای مختلف به آن جلوگیری شود (ظرف نمونه گیری به هیچ وجه با آب و یا مواد دیگر شستشو نشود).
- ۳- نمونه گیری میبایست بر اساس اصولی که در این دستورالعمل ذکر میشود انجام گیرد

قسمت های نمونه گیری روغن:

در برنامه CM، نمونه گیری از کلیه سیستمهایی که در آنها از روغن بعنوان روانکار یا انتقال قدرت استفاده می شود انجام می شود نظیر:

- ۱- موتور ۲- هیدرولیک ۳- گیربکس ۴- دیفرانسیل و فاینال درایو ۶- کمپرسور ۷- توربین و ...

شرایط و نحوه نمونه گیری روغن از قسمتهای مختلف دستگاه :

۱- موتور

نمونه روغن موتور باید بلافاصله بعد از خاموش شدن دستگاه گرفته شود.

نمونه گیری از محل گیک انجام می شود

علت نمونه گیری بلا فاصله پس از خاموش شدن موتور این است که : روغن کاملاً "هموژن (همگن) بوده و ذرات فرسایشی در کل مخزن معلق می باشد تا نمونه گرفته شده نماینده واقعی از قسمت مربوطه دستگاه باشد.



نمونه گیری باید از وسط عمق مخزن روغن (کارتل) انجام گیرد.

برای اینکار طول شیلنگ نمونه گیری را با شمشیر گیج مطابقت داده و علامت گذاری می کنیم.

شیلنگ را تا محل علامت داخل گیج کرده و مقدار ۲۰ الی ۳۰ سی سی نمونه برمی داریم

۲- هیدرولیک :

منبع روغن هیدرولیک (تانک هیدرولیک) معمولاً محل مناسبی برای تهیه نمونه روغن می باشد. نمونه گیری از وسط عمق مخزن و پس از گردش کامل روغن (بعد از مدتی کار کرد سیستم هیدرولیک) در کل سیستم هیدرولیک انجام می شود.

توجه : باید مراقبت لازم در حین نمونه گیری بعمل آید چون ممکن است فشار یک روغن در هنگام باز کردن درب تانک باعث پاشیده شدن روغن به بیرون گردد.

ذرات فلزی موجود در روغن هیدرولیک نسبت به روغن سایر قسمتهای یک دستگاه بسیار کمتر بوده و از طرفی این قسمت نسبت به سایر قسمتها حساس تر می باشد.

توجه : جهت انجام تستهای تکمیلی برای سیستمهای هیدرولیک بهتر است از ظرف ۱۰۰ سی سی استفاده شود (نظیر: PC و یا PA).

۳- گیربکس :

برای نمونه گیری از این قسمت لازم است که دستگاه مدتی کوتاه حرکت کرده تا روغن همگن شود (در صورتیکه دستگاه متوقف و یا خاموش بوده است) ، سپس نمونه گیری از طریق گیج منبع ذخیره روغن انجام می گردد.

۴- دیفرانسیل، فاینال درایو :

برای نمونه گیری از این قسمتها معمولاً از محل پر کردن روغن اقدام به نمونه گیری می شود. بدیهی است در این قسمتها نیز هموژن بودن روغن الزامی می باشد. در دستگاه هایی که تعداد دیفرانسیل آن ها بیشتر از یک میباشد، ذکر دیفرانسیل جلو، عقب و یا وسط در فرم اطلاعات نمونه ضروریست.

۵ - نمونه گیری از توربینها :

برای نمونه گیری از توربینها در صورت عدم وجود محل های مخصوص نمونه گیری (شیر نمونه گیری) از تانک روغن نمونه گیری بعمل آید و در فرصت های مقتضی شیرهای لازم در محل های مناسب (Sampling Point) نصب میگردد.



ارسال نمونه ها :

مناسبتین روش برای ارسال نمونه ها به آزمایشگاه استفاده از پست پیشتاز، پیک یا تیپاکس می باشد. پس از حصول اطمینان از عدم نشتی ظرفهای نمونه، آنها را به همراه فرم اطلاعاتی مربوطه در کیسه پلاستیکی قرار داده پس از بسته بندی مناسب به آزمایشگاه ارسال نمائید. بدیهی است نمونه روغن باید بلافاصله پس از انجام نمونه گیری ارسال شود.

اهمیت نمونه گیری :

یکی از عوامل موثر در موفقیت برنامه آنالیز روغن، انجام صحیح نمونه گیری است. تجربه نشان داده است که به علت سادگی کار اغلب به این امر بی توجهی می شود. لذا ضرورت آموزش نیروها و اجرای یک روش نمونه گیری صحیح از اهمیت و اولویت خاصی برخوردار است و توجیه نیروهای اجرایی به حساسیت فرایند نمونه گیری از اهمیت بسزائی برخوردار است .

ذرات فرسایشی موجود در روغن حاوی اطلاعات فراوانی راجع به نوع فرسایش و سایر عوامل و تغییرات روغن می باشد. لذا نمونه گیری بایستی بنحوی انجام شود تا میزان و درصد ذرات فرسایشی موجود در نمونه برداشته شده مشابه کل روغن موجود در سیستم باشد. بدین منظور نحوه نمونه گیری پیوسته بایستی یکسان باشد. بهترین زمان برای نمونه گیری درست پس از توقف دستگاه می باشد. نمونه نبایستی از کف یا سطح مخزن روغن برداشته شود بلکه باید طول شلنگ نمونه گیری طوری انتخاب شود تا از وسط مخزن روغن کشیده شود. ذرات موجود در سطح فوقانی روغن همواره کمتر و در سطح تحتانی آن بیشتر از مقدار واقعی است زیرا در اثر ته نشین شدن ذرات در قسمت کف تجمع می کنند و در نتیجه نمونه برداشته شده از قسمت میانی واقعی ترین شرایط را خواهد داشت. ظرف نمونه بایستی به اندازه یک سوم خالی باشد تا بتوان قبل از آزمایش با تکان دادن آن را کاملاً مخلوط نمود.

نکته مهم : اگر در مرحله اول، نمونه گیری از طریق مجرای گیج انجام شده باشد ، لازم است که در مراحل بعدی از همین مجرا نمونه گیری بعمل آید. به تجربه ثابت شده که با تغییر شرایط، محل و نحوه نمونه گیری، نتایج نیز دستخوش تغییر شده است. به همین دلیل انتخاب بهترین نقطه برای نمونه گیری نیز در ابتدا حائز اهمیت می باشد.

وسایل و تجهیزات نمونه گیری :

کیف مخصوص نمونه گیری به منظور استاندارد بودن کار نمونه گیری، طراحی و تهیه شده است (مطابق شکل ۳) که در اختیار قرار می گیرد، این کیف شامل وسایل زیر است ۱- پمپ مخصوص نمونه گیری ۲- ظرفهای نمونه ۳- شیلنگ نمونه گیری ۴- فرمهای مخصوص اطلاعات همراه نمونه

تذکر: شیلنگ و پمپ نمونه گیری به هیچ وجه نباید با مواد نفتی مثل گازوئیل یا بنزین شستشو شوند بلکه همانطوریکه در قسمت ذیل ذکر شده است با ۲ تا ۳ بار نمونه گیری، شیلنگ توسط خود روغن شستشو خواهد شد.

در صورتیکه شیلنگ نمونه گیری بصورت یکبار مصرف استفاده نگردد، جهت استفاده مجدد از آن بایستی آثار روغن نمونه قبل کاملاً رفع شود. به این منظور کافی است ابتدا قسمت بیرون شیلنگ با دستمال کاغذی مناسب تمیز شود. سپس با همان شیلنگ و ظرف نمونه ای که همیشه به این منظور استفاده میشود، ۲ تا ۳ دفعه نمونه گیری انجام شود و پس از پر شدن ظرف نمونه از روغن، آنرا باز کرده تخلیه نموده و ظرف نمونه نو به پمپ بسته شود و نمونه گیری اصلی مجدداً انجام شود. همانطوریکه ملاحظه می شود، در ۲ تا ۳ بار نمونه گیری، داخل شیلنگ از روغن قبلی پاک می شود.



شکل شماره ۱

راهنمای پر کردن فرم اطلاعات همراه نمونه :

پس از تهیه نمونه روغن از قسمتهای مختلف یکسری اطلاعات جهت تحلیل و بررسی دقیق تر نتایج

البرز تدبیر کاران

شرکت فنی و مهندسی

خدمات تحقیقاتی و صنعتی مراقبت وضعیت (Condition Monitoring Services)



بدست آمده از آنالیز روغن مورد نیاز می باشد. این اطلاعات در فرمهای همراه نمونه ثبت می شود. توضیحات مختصری در مورد نحوه پر کردن فرم اطلاعات (مطابق شکل شماره ۲):

۱- شماره نمونه: بمنظور شناسائی نمونه هائیکه در هر بسته به آزمایشگاه ارسال می شود، لازم است نمونه ها شماره شوند. فرضاً اگر در یک بسته ۱۰ نمونه ارسال میگردد، شماره ۱ تا ۱۰ روی فرم نمونه ها به ترتیب نوشته شود. همین شماره روی بدنه ظرف نمونه نیز منعکس شود.

۲- مالک دستگاه: در این قسمت نام مشتری ویا مالک دستگاه ذکر شود (شرکت، سازمان و یا شخص).

۳- کد دستگاه: در سازمانها و یا شرکت ها بمنظور شناسائی ماشین آلات یا دستگاه ها، شماره یا کد خاصی به آنها اختصاص داده شده است. در رایانه آزمایشگاه نیز جهت ثبت سوابق و اطلاعات مربوطه از همین کد دستگاه استفاده می شود. لذا قید کردن این کد بسیار حائز اهمیت است.

آزمایشگاه آنالیز روغن البرز تدبیر کاران Alborz Tadbir Karan برگه اطلاعات همراه نمونه	
شماره نمونه:	این برگه همراه نمونه روغن ارسال شود
کارکرد روغن: کیلومتر	مالک دستگاه / مشترک:
ساعت	کد دستگاه:
کارکرد دستگاه:	نام و مدل دستگاه:
ظرفیت روغن دستگاه (لیتر):	سازنده دستگاه:
نام و نوع روغن:	قسمت نمونه گیری از دستگاه:
سرریز روغن (لیتر):	پروژه / محل کار:
تولید کننده روغن:	تاریخ نمونه گیری:
نام نمونه گیر:	تاریخ تعویض روغن:
	تاریخ تعمیر اساسی:
	توضیحات:
کد داخلی ISO ATK-F5080101	

شکل شماره ۲

۴- نام و مدل دستگاه: با توجه به بکارگیری مواد مختلف در ساخت قطعات قسمت موتور، گیربکس و ... و تنوع دستگاهها، می بایستی نام و مدل دستگاه مورد نظر با دقت درج گردد (مانند PC220-7).

۵- قسمت نمونه گیری: منظور یکی از قسمتهای: موتور، گیربکس، هیدرولیک و ... می باشد.

۶- نام نمونه گیر: ذکر نام نمونه گیر جهت پیگیریهای بعدی ضروریست.

۷- نام، نوع و تولید کننده روغن: یکی از عواملی که در فرایند فرسایش مؤثر است نوع و کیفیت روغن است، با توجه به تنوع روغن های ساخت داخل و خارج، درج صحیح و کامل این مشخصات جهت شناسائی و تطبیق آنها ضروری می باشد (مانند آذرخش ویژه ۴۰ بهران).

۸- کارکرد روغن: یکی از فاکتورهای مهم برای ارزیابی نتایج آزمایش روغن ساعت یا کیلومتر کارکرد روغن می باشد. در صورت خرابی و از کارافتادن آنها می توان بطور تقریبی ساعت کارکرد را یادداشت کرد.

۹- تاریخ تعویض روغن: تاریخ تعویض روغن نیز از اطلاعات مورد نیاز آزمایشگاه می باشد.

۱۰- تاریخ نمونه گیری: فاصله تاریخ نمونه گیری تا وصول نمونه در آزمایشگاه نباید از حداکثر ۷۲ ساعت تجاوز نماید. در صورت تاخیر در ارسال، چنانچه عیب و یا شرایط بحرانی در دستگاه وجود داشته باشد، این احتمال وجود دارد که قبل از آزمایش نمونه و اقدام بموقع، خرابی و یا خسارتی ایجاد شود لذا با پر کردن این قسمت پیوسته فرایند تهیه و ارسال نمونه تا دریافت نتایج کنترل می شود.

۱۱- سرریز روغن به لیتر: در حد فاصل دو تعویض روغن، بعضاً بدلیل کاهش روغن ماشین آلات (روغن ریزی و یا روغن سوزی) ناچاراً در حد نیاز به آنها روغن اضافه می شود. میزان سرریز روغن در ارزیابی نتایج آزمایش روغن ضروریست (میزان سرریز روغن از تاریخ تعویض آن تا تاریخ نمونه گیری مد نظر می باشد).

۱۲- توضیحات: در این قسمت هر توضیح ضروری در مورد نمونه و یا دستگاه ذکر شود.

تناوب نمونه گیری:

فاصله زمانی دو نمونه گیری از هر قسمت (موتور؛ گیربکس و...) بستگی به نوع؛ حساسیت؛ شرایط کار و همچنین میزان کارکرد دستگاه دارد

جدول تناوب نمونه گیری روغن براساس شرایط متعارف کارکرد دستگاهها و تجهیزات

ردیف	نام قسمت	تناوب نمونه گیری نرمال ساعت / کیلو متر
۱	موتور	۲۵۰-۳۲۰ ساعت یا ۱۰ تا ۱۵ هزار کیلومتر
۲	دیفرانسیال	۵۰۰-۷۰۰ ساعت یا ۳۰ تا ۴۰ هزار کیلومتر
۳	گیربکس	۵۰۰-۷۰۰ ساعت یا ۳۰ تا ۴۰ هزار کیلومتر
۴	فاینال درایو	۵۰۰-۷۰۰ ساعت یا ۳۰ تا ۴۰ هزار کیلومتر
۵	هیدرولیک	۵۰۰-۷۰۰ ساعت یا ۳۰ تا ۴۰ هزار کیلومتر
۶	کمپرسور	۵۰۰-۷۰۰ ساعت یا یک تا یک و نیم ماه
۷	توربین	۵۰۰-۷۰۰ ساعت یا یک تا یک و نیم ماه
۸	دیزل ژنراتور	۵۰۰-۷۰۰ ساعت یا یک تا یک و نیم ماه



نکته مهم: در صورتی که هر نوع موتورهای فعالیت زیادی ندارد حداکثر هر ۶ ماه یک نمونه جهت بررسی وضعیت روغن آن موتور، ضروری است.

دستور العمل نمونه گیری از مخازن و بشکه های روغن نو

به منظور کنترل و تطبیق روغنهای نو از نظر مواد افزودنی موجود در آن و ارزیابی مشخصات فیزیکی و شیمیایی آنها (ویسکوزیته، TAN، TBN، Oxidation Stability، Demulsibility، Water Separability، Foaming و...)، رعایت نکات زیر در نمونه گیری روغن حائز اهمیت می باشد:

- ۱) استفاده از ظروف یکبار مصرف و عاری از آلودگی ضروری است.
- ۲) اطراف محل نمونه گیری (درپوش بشکه و مخزن) قبلاً تمیز شود.
- ۳) دقت شود هنگام نمونه گیری، آلودگی های محیطی نظیر گرد و خاک یا آب باران و غیره وارد ظروف نمونه نشود.
- ۴) استفاده از پمپ نمونه گیری بمنظور اطمینان و سهولت در نمونه گیری توصیه می شود.
- ۵) در خریدهای انبوه روغن، نمونه گیری بصورت Random توصیه می شود. بطور مثال چنانچه ۱۰۰ بشکه روغن موتور در انبار نگهداری می شود لازم است تعدادی از بشکه ها (۳ تا ۱۰ بشکه) بطور تصادفی انتخاب و از آن ها نمونه تهیه شود.
- ۶) بعد از نمونه گیری، لازم است بشکه های مربوطه علامت گذاری شوند.
- ۷) در نمونه گیری از مخازن با حجم بالا (حدود ۵۰۰۰ lit) توصیه می شود نمونه از قسمت های بالایی، میانی و کف بطور جداگانه تهیه و بصورت تفکیک شده همراه با کد و علامت گذاری مشخص ارسال گردد.
- ۸) تکمیل فرم های نمونه گیری در مورد روغن های نو نیز لازم بوده و البته فقط قسمت نام و نوع روغن و تولید کننده روغن و نام نمونه گیر مورد نیاز می باشد.
- ۹) علامت گذاری، کد گذاری و .. بر روی بشکه های نمونه گیری شده ضروری میباشد. و لازم است این شماره ها و علائم بر روی نمونه های ارسالی نیز وجود داشته باشد.
- ۱۰) طبق لیست پیوست، حجم نمونه روغن نو متناسب با نوع آزمایشات درخواستی مشخص شده است. (ضمناً مقداری روغن اضافه جهت تکرار تست ها در آزمایشگاه نیز در نظر گرفته شود)

لیست برخی از آزمایشات و حجم نمونه روغن مورد نیاز:

ردیف	نوع آزمایش	حجم روغن مورد نیاز آزمایش
۱	آنالیز عنصری روغن (۲۱ عنصر) Elemental Analysis	۵cc
۲	گرانروی ۴۰°C Viscosity@40°C	۵ cc
۳	گرانروی ۱۰۰°C Viscosity@100°C	۵ cc
۴	شاخص گرانروی (VI) Viscosity Index	-
۵	عدد قلیابیت کل Total Base Number	۲۰ cc
۶	عدد اسیدی کل Total Acid Number	۲۰ cc
۷	نقطه اشتعال (باز) Flash point (Open Cup)	۱۰۰ cc
۸	آزمایش کف Foaming Test	۵۰۰ cc
۹	تشخیص خوردگی Copper Strip Corrosion	۵۰ cc
۱۰	تست قطره Spot Test	۵ cc
۱۱	دانسیته ۱۵°C Density@15°C	۱۰ cc
۱۲	نقطه ریزش Pour Point	۱۰۰ cc
۱۳	اندازه گیری رنگ روغن Color	۱۰۰ cc
۱۴	خاکستر ASH	۲۰ cc
۱۵	خاکستر سولفاته Sulfated ASH	۲۰ cc
۱۶	پایداری اکسیداسیون Oxidation Stability	۵۰ cc
۱۷	شمارنده ذرات Particle Counter(PC)	۱۰۰ cc
۱۸	شکل شناسی ذرات Particle Analyzer (Morphology)	۵۰ cc
۱۹	سنجش ذرات فرسایشی Particle Quantifier (PQ)	۲۰ cc
۲۰	فروگرافی مستقیم Direct Reading Ferrography(DRF)	۵ cc
۲۱	فروگرافی مشاهداتی Analytical Ferrography(AF)	۱۰ cc
۲۲	ضریب شدت فرسایش TDPQ	۲۰ cc
۲۳	آلودگی آب Gross Water Content	۱ cc
۲۴	اندازه گیری آب و رسوبات (سانتریفیوژ) Water & Sediment %	۵۰ cc
۲۵	اندازه گیری آب (کارل فیشر) Water Determination	۵ cc
۲۶	اندازه گیری آب (تقطیر) Water by Distillation	۳۰ cc
۲۷	اندازه گیری میزان آلودگی سوخت Fuel Dilution	۳۰ cc
۲۸	اندازه گیری مواد نامحلول در پنتان Insolubles	۳۰ cc
۲۹	اندازه گیری مواد نامحلول در تالوئن Insolubles	۳۰ cc
۳۰	نقطه اشتعال (بسته) Flash Point (Closed Cup)	۵ cc
۳۱	نقطه اشتعال (بسته) Flash Point (Closed Cup)	۵ cc

البرز تدبیر کاران

شرکت فنی و مهندسی

خدمات تحقیقاتی و صنعتی مراقبت وضعیت (Condition Monitoring Services)



ردیف	نوع آزمایش	حجم روغن مورد نیاز آزمایش
۳۲	آنالیز عنصری گریس (۲۱ عنصر) Elemental Analysis	۱۰ گرم
۳۳	میزان نفوذ پذیری گریس Cone Penetration	۷۵۰ گرم
۳۴	نقطه قطره شدن گریس Dropping Point	۱۰ گرم
۳۵	آنالیز عنصری نفت گاز (۲۱ عنصر) Elemental Analysis	۱۰ cc
۳۶	سختی آب Total Hardness	۱۰۰ cc
۳۷	یون کلر Chloride Ion	۱۰۰ cc
۳۸	یون سولفات Sulphate Ion	۱۰۰ cc
۳۹	احتراق ناقص Soot Determination	۱۰ cc
۴۰	قدرت عایقی Dielectric (Break Down Voltage)	۷۵۰ cc
۴۱	پایداری برشی Shear Stability	۵۰۰ cc
۴۲	خاصیت جداسازی آب از روغن Demulsibility	۴۰ cc
۴۳	پایداری اکسیداسیون Oxidation Stability (RBOT)	۵۰ cc
۴۴	قابلیت تفکیک آب از روغن Water Separability	۱۲۰ cc
۴۵	ممانعت از زنگ زدگی (با آب مقطر) RUST-Preventing	۵۰۰ cc
۴۶	ممانعت از زنگ زدگی (با آب دریا) RUST-Preventing	۵۰۰ cc
۴۷	PH	۱۰ cc
۴۸	وزن مخصوص Specific Gravity	۱۰ cc
۴۹	نقطه ابری شدن Cloud Point	۱۰۰ cc
۵۰	تعیین کلرید و سولفات های معدنی در روغنهای عایقی	۱۵۰ cc
۵۱	Air release	۲۵۰ cc

سلسله مقالات فن آوری

مراقبت وضعیت ماشین آلات

Machinery Condition Monitoring

آنالیز ذرات فرسایشی و روانکارها

Lubricant & Particle Analysis

CM: چالشهای انتخاب آزمایشها و روشها

- چکیده
- مقدمه
- تعریف مراقبت وضعیت
- تاریخچه CM
- اهداف اصلی از بکارگیری CM
- ارکان لازم جهت ایجاد و پیاده سازی CM جامع
- آزمایش و تکنیکهای CM
- CM و ذرات فرسایشی
- انتخاب آزمایش ذرات فرسایشی
- ارزیابی ذرات فرسایشی آهنی
- تطبیق نتایج PQ و آنالیز عنصری
- مقایسه نتایج PQ با آلودگی سیلیس
- مقایسه نتایج PQ با دیگر نتایج آزمایشگاه
- برخی مشکلات و محدودیتهای روشهای غیر آزمایشگاهی

شماره

۳۱

واحد تحقیقات و آزمایشگاه

شرکت فنی و مهندسی البرز تدبیر کاران

پاییز ۱۳۸۶



به نام خدا

برنامه مراقبت وضعیت از طریق آنالیز روغن و

چالشهای انتخاب آزمایشها و روشها

علی رضا مسعودی - عبدالصمد محمدی

www.alborztadbir.com

شرکت فنی و مهندسی البرز تدبیر کاران

چهارمین کنفرانس بین المللی نگهداری و تعمیرات ایران

پائیز ۱۳۸۶

چکیده

هر چند فن آوری مراقبت وضعیت (CM) در جهان امروز، با اهداف و انگیزه های متنوع و متفاوتی بکاربرده میشود، ولی میتوان دو هدف اصلی: شناسایی بموقع فرسایش غیر عادی و پیشگیری فرسایشهای غیرعادی را بعنوان مهمترین اهداف این فن آوری به حساب آورد. در این ارتباط، حصول اطلاعات دقیق و قابل اتکاء از روغن، بعنوان کلیدی ترین عامل موفقیت برنامه های CM، از طریق روشهای آزمایشگاهی آنالیز روغن (Laboratory Base Analysis)، و بکارگیری تجهیزات اندازه گیری دقیق و استاندارد انجام می شود. در عین حال، از طریق انجام تستهای پراکنده و غیر آزمایشگاهی نیز میتوان اطلاعاتی را در مورد روانکار و ذرات موجود در آن بدست آورد.

تحقیق حاضر در جهت یافتن پاسخ به این سؤال انجام شده است که نوع و کیفیت آزمایشهای روغن، تا چه میزان در تحقق اهداف و انتظارات CM جامع موثر می باشد و ترویج این ایده که با جایگزینی روشهای غیرآزمایشگاهی میتوان CM جامع را با هزینه بسیار کمتر محقق نمود، تا چه میزان میتواند صحیح باشد، بویژه، برای سیستمهای هیدرولیک، موتورها و غیره، بکار گیری روشهای CM غیرآزمایشگاهی، از چه میزان کارائی و قابلیت اطمینانی برخوردار است. لذا، سعی شده است با ارائه نمونه های واقعی، مقایسه مستندی از نتایج دو رویه فوق صورت گیرد و از این طریق تفاوتهای غیرقابل اغماض آنها به تصویر کشیده شود. در این مقاله ضمن ابراز نگرانی، ترویج CM غیر استاندارد و خودساخته، که صرفا با هدف بازاریابی و فروش تجهیزات داخلی و خارجی صورت می گیرد، به نقد کشیده شده است.

کلمات کلید: Condition Monitoring (CM), Wear Particle Analyser (WPA), Particle Quantifier

(PQ), روش غیر آزمایشگاهی, Direct Reading Ferrography (DRF), Particle Density (PD)



مقدمه

نزدیک به دودهه قبل تحقیقات اولیه برای معرفی و بومی سازی CM در ایران، توسط دکتر علیرضا مسعودی (مؤلف) آغاز گردید. خوشبختانه امروزه این فن آوری تا حد زیادی در صنایع مختلف کشور شناخته شده و در سطح گسترده ای بکار برده میشود. در حال حاضر صنایعی چون: نفت، گاز، پتروشیمی، حمل و نقل، معدن، ماشین آلات عمرانی و غیره از این فن آوری بهره گرفته و کارشناسان زیادی در این زمینه فعالیت می نمایند. براساس گزارشهای موجود، منافع حاصل از بکارگیری CM در کشور، در زمینه های فنی/اقتصادی و مدیریتی قابل توجه بوده است. کاهش هزینه های راهبری، افزایش قابلیت اطمینان و بهره وری ماشین آلات، از جمله نتایج اجرای CM تلقی میشود. اکنون که بکارگیری CM در سازمانها و صنایع مختلف کشور در حال ترویج و توسعه است، ضرورت تعمیق مفاهیم CM، تبیین روشهای صحیح و اطلاع رسانی به کاربران، بیشتر احساس میشود.

امروزه از طرف سازندگان و فروشندگان داخلی و خارجی، انواع روشها و تجهیزات آنالیز روغن، در شرایطی تبلیغ، بازاریابی و فروخته میشود که فن آوری CM هنوز در صنعت کشور به بلوغ و جایگاه علمی لازم خود نرسیده است. لذا این نگرانی کاملاً وجود دارد که صنعت کشور به بازار فروش انواع روشها و تجهیزات آنالیز روغن تبدیل شود و کاربران ناگزیر از بکارگیری روشهای آزمون خطا در رسیدن به نیازها و اهداف خود شوند. عدم تامین انتظارات نهایتاً انحطاط و زوال فن آوری CM را در جامعه صنعتی بدنال خواهد داشت. در این ارتباط، تنویر اذهان کاربران CM و ارتقاء سطح آگاهی آنها در شناخت از توانائیا و محدودیتهای آزمایشهای مختلف در انتخاب روشهای صحیح CM و پیشگیری از انحراف و آسیب پذیری این فن آوری در کشور ضروری است.

۱- تعریف مراقبت وضعیت (CM)

مراقبت وضعیت عبارت است از: استخراج اطلاعات دقیق از درون سیستم مکانیکی جهت ارزیابی وضعیت آن، بمنظور شناسائی هرگونه فرسایش غیرعادی و علل آن می باشد، در حالیکه وقفه ای در کار و فعالیت سیستم ایجاد نشود.

۲- تاریخچه CM

- از سال ۱۹۴۰ میلادی در راه آهن کشور آمریکا و بتدریج در برخی از ارتشهای جهان استفاده از آنالیز روغن جهت مراقبت وضعیت ماشین آلات آغاز شده است
- از سالهای ۱۹۷۰ به بعد شرکت کاتر پیلار، بزرگترین تولید کننده ماشین آلات راهسازی و معدنی جهان، اجرای CM را در سطح وسیع آغاز نمود و در حال حاضر بیش از ۱۵۰ آزمایشگاه مجهز آنالیز روغن در اقصی نقاط دنیا دایر نموده است
- در ایران، از سال ۱۳۶۸ کار معرفی و بومی سازی CM بطور جدی آغاز شد و تا ۱۳۷۳ تداوم یافت که منجر به ارائه الگوها و مبانی روشنی در زمینه نحوه پیاده سازی CM در صنایع ایران گردید
- در سال ۱۳۷۴ اولین آزمایشگاه CM با امکانات اولیه در مرکز آموزش عالی وزارت جهادسازندگی راه اندازی شد



۳- اهداف اصلی از بکارگیری CM

در اکثریت صنایع، اساسی ترین هدف از اجرای فن آوری مراقبت وضعیت، شناسایی فرسایش غیرعادی و شناسایی عوامل و پیشگیری از بروز عیوب احتمالی میباشد (Proactive Maintenance). اهداف و انتظارات مهم از اجرای CM در صنایع مختلف را میتوان به شرح ذیل خلاصه نمود:

- تشخیص و کنترل بموقع فرسایش و عیب قبل از بروز خسارت سنگین
- کنترل کیفیت مواد مصرفی (روغن / فیلتر)، افزایش عمر آنها
- برآورد زمان دقیق تعمیر و برنامه ریزی تعمیرات
- شناسایی آلودگیها و نحوه ورود آنها به داخل سیستم
- کنترل عمر و جلوگیری از تعویض مواد و قطعات قبل از پایان عمر
- تحقیقات نظیر: مطالعه و مقایسه کیفیت ماشین آلات/قطعات و شناسایی عیوب کثیرالوقوع
- ارتقاء کنترلهای مدیریتی
- کنترل و بهینه سازی PM و غیره

۴- ارکان لازم جهت ایجاد و پیاده سازی CM جامع

- ۱- آزمایشگاه جامع CM
- ۲- کنترل و کالیبراسیون مستمر تجهیزات مطابق با استانداردها
- ۳- دانش فنی و تجربه جهت تحلیل و مهندسی نتایج آزمایشها
- ۴- کادر آزمایشگاهی مجرب
- ۵- برنامه های نرم افزاری لازم
- ۶- ایجاد سیستم CM در سازمان کاربر

۵- آزمایش و تکنیکهای CM

هرچند استخراج هر گونه اطلاعات از روغن سیستمهای مکانیکی، میتواند نوعی آگاهی در جهت کنترل وضعیت روغن و یا سیستم باشد، ولی هر گونه اقدام اصلاحی جدی، متناسب با دانش فنی کاربر و نوع و دقت آزمایشها خواهد بود. در سالهای دور، از طریق روشهای نظیر بازدید و مشاهده رنگ / حالت روغن و یا استشمام آن، نوعی ارزیابی از وضعیت ماشین و روانکار صورت می گرفت. روشها و تجهیزات اولیه آنالیز روغن، دارای محدودیت، در تنوع و سطح استانداردها بوده و لذا دامنه اطلاعات در مورد روغن و ذرات موجود در آن نیز از گستردگی لازم برخوردار نبود. در دهه ۵۰ و ۶۰ میلادی، روشهای آنالیز عنصری و آزمایشهای مختلف ذرات، بیش از پیش توسعه یافت و گامی موثر در جهت توسعه فن آوری CM برداشته شد. آزمایشها و اطلاعات حاصل از آنالیز روغن، به سه دسته کلی قابل تقسیم می باشد:

- آزمایشها و اطلاعات مربوط به روغن
- آزمایشها و اطلاعات مربوط به سیستم مکانیکی
- آزمایشهای مشترک

طراحی و تولید تجهیزات آزمایشگاهی، چه دستگاههای ساده ای نظیر: ویسکومتر دستی و غیره و چه تجهیزات پیچیده ای نظیر: دستگاههای مختلف الکتروشیمیائی، طیف سنجی اتمی، لیزری و غیره، در جهت اندازه گیری و یا تشخیص یکی از دهها مختصات فیزیکی / شیمیائی روغن و یا ذرات و عناصر موجود در آن میباشد. بهره گیری از صدها نوع آزمایش و



روشهای استاندارد، برای ارزیابی و کنترل روغن و ماشین، مستلزم تجهیزات متناسبی است که آزمایشگاههای آنالیز روغن در سراسر دنیا، خود را به دستگاهها و تجهیزات مربوطه مجهز نموده اند.

از طرف دیگر، برخی روشها و تجهیزات سیار (آزمایش روغن و یا ذرات فرسایشی)، برای برآوردهای کلی و سریع صحرائی یا کارگاهی (غیر آزمایشگاهی) ابداع و معرفی شده است (Quick Check). بکارگیری این تجهیزات در چهارچوب و هماهنگی با CM جامع و متناسب با انتظارات / دقت و توانائی آنها تنظیم شده است و پیوسته بایستی نتایج آن از طریق نتایج آزمایشگاه جامع کنترل شود. بویژه اینکه پیوسته عواملی نظیر: اصالت تجهیز، نبود کادر متخصص و عدم اطمینان از بکارگیری روشهای استاندارد و کالیبراسیون، بر احتمال خطا و ناکارآمدی و انحراف نتایج این روشها می افزاید.

۶- CM و ذرات فرسایشی

پدیده فرسایش در سیستمهای مکانیکی، منشاء تولید طیف وسیعی از انواع ذرات فرسایشی میباشد. در فرسایش عادی، ذرات فرسایشی بسیار ریز و دارای تراکم پائین می باشد. در حالیکه در مراحل اولیه افزایش فرسایش، تراکم ذرات ریز نیز افزایش خواهد یافت. در صورت عدم اطلاع و رفع علت، فرسایش تدریجاً به حالت غیرعادی در خواهد آمد و ذرات فرسایشی در اندازه های بزرگتر تولید خواهد شد. جنس ذرات فرسایشی بستگی به محل و قطعه فرسایشی مربوطه در ماشین خواهد داشت. به این ترتیب، ویژگیهای ذرات فرسایشی از نظر اندازه، شکل و تراکم آنها متاثر از عوامل و مکانیزم های فرسایشی بسیار متفاوت خواهد بود.

مهمترین و در عین حال آسانترین وظیفه 'CM تشخیص شروع تغییر روند فرسایش، قبل از فرسایش غیرعادی است. کنترل روند فرسایش عناصری نظیر: آهن، مس، سرب، آلومینیوم و غیره برای کنترل فرسایش قسمتهای حساس سیستمهای مکانیکی نظیر: یاتاقانها، رینگ، پیستون و غیره از اهمیت خاص برخوردار است.

۷- انتخاب آزمایش ذرات فرسایشی

بطور معمول آزمایشگاههای CM، متناسب با گرایشهای خاص خود، دارای مجموعه ای از تجهیزات عمومی و تخصصی هستند. باتوجه به اینکه آزمایشها و تجهیزات آزمایشگاهی، هر یک دارای تواناییها و محدودیتهای خاص خود می باشند، معمولاً برای رفع ناکارآمدی نسبی هر آزمایش و افزایش دقت، از آزمایشهای کمکی و پوششی استفاده میشود. در بسیاری از موارد، انجام یک آزمایش و فقدان آزمایش کمکی/پشتیبان، منجر به کاهش دقت و یا اشتباه در تشخیص و تصمیمگیری خواهد شد. بطور مثال: برای ارزیابی سطح تمیزی روانکارها، میتوان از آزمایشهای مختلفی استفاده نمود، نظیر: PA، PD و PC. هر یک از این آزمایشها با تجویز جداگانه ای انجام شده و نتایج آزمایش آن به نحو متفاوتی سطح تمیزی روانکار را ارزیابی می نماید. انتخاب و استفاده از هر یک از آزمایشهای فوق، بستگی به نظر کارشناس CM، نوع دستگاه و سطح و نوع برنامه CM دارد.

در ارتباط با شناسائی دقیق عناصر فرسایشی نیز انجام آزمایشهای مختلف اجتناب ناپذیر است. انتخاب صحیح آزمایشها، برای تشخیص دقیق نوع، محل و شدت فرسایش، تعیین کننده می باشد.

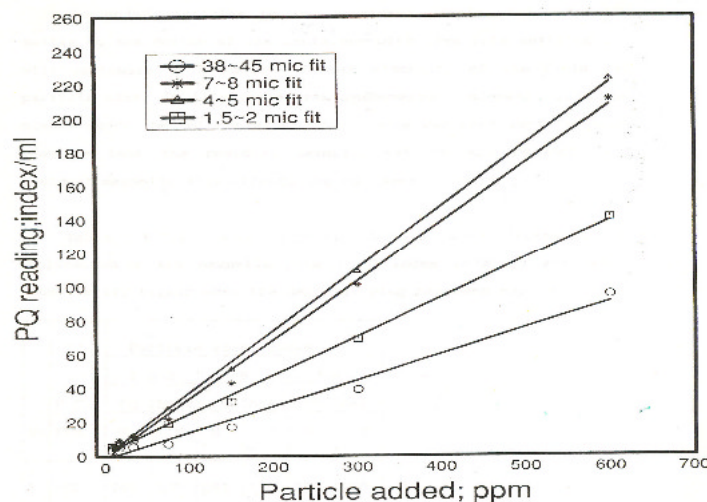
آزمایش آنالیز عنصری، بدلیل ارائه اطلاعات گسترده و دقت نتایج، در مقایسه با سایر تجهیزات آنالیز روغن، بعنوان ستون فقرات برنامه های آنالیز روغن در جهان شناخته شده و نقش استراتژیک و انحصاری آن برای شناسائی و اندازه گیری مقدار عناصر مختلف موجود در روغن، غیرقابل انکار است. اطلاعات جامعی که این تست در مورد عناصر موجود در روغن ارائه می کند در سه گروه: فلزات فرسایشی، عناصر آلاینده و مواد افزودنی طبقه بندی میشود. به بیان دیگر

برنامه های CM، بدون اتکاء به آزمایش آنالیز عنصری، از اعتبار و قابلیت اطمینان لازم برخوردار نمی باشند. این واقعیت با مراجعه به گزارشها، منابع و سایت های مختلف صنایع و مراکز تحقیقاتی مربوطه در جهان، قابل بررسی است. یکی از امتیازات شاخص آزمایش آنالیز عنصری، توانائی آن در شناسائی و اندازه گیری مقدار ذرات فرسایشی بسیار ریز (کوچکتر از یک میکرون) و شناسائی شروع تغییر روند و یا تشدید فرسایش قطعات مختلف آلیاژی نظیر یاناقانها، شیرهای هیدرولیکی، اسپولها، رینگ، پیستون، سیلندر و غیره در مراحل اولیه می باشد. این ویژگی مهمترین انتظار از اجرای CM را محقق می سازد. همچنین از طریق این آزمایش مهمترین عامل متداول فرسایش یعنی آلودگیها، قبل از ایجاد فرسایش غیرعادی و عیب، قابل تشخیص و پیشگیری می باشد. این ویژگی، یکی از مهمترین اهداف برنامه های CM یعنی: ارزیابی کیفیت سرویس و نگهداری/کنترل و پیشگیری عیب را محقق می نماید.

۸- ارزیابی ذرات فرسایشی آهنی

باتوجه به اهمیت ذرات فرسایشی آهنی بعنوان یکی از شاخصهای مهم فرسایش سیستمهای مکانیکی، علاوه بر آزمایش آنالیز عنصری، روشهای متعدد دیگری نیز برای ارزیابی مقدار این فلز در روغن، معرفی شده است. در برنامه های آزمایشگاهی آنالیز روغن، این روشها در کنار آزمایش آنالیز عنصری، بعنوان آزمایشهای کمکی/پشتیبانی بکاربرده می شوند، نظیر: PA، PQ، AF، DRF و غیره. این آزمایشها در واقع جهت افزایش توانمندی برنامه CM در کنار آزمایش آنالیز عنصری بکار برده میشوند (۳).

در استفاده از نتایج آزمایشهای کمکی باید توجه داشت که، این آزمایشها به شدت تحت تاثیر فاکتورهای مختلفی نظیر: تراکم ذرات فرسایشی آهنی، اندازه ذرات، توزیع اندازه ای ذرات (Size Distribution) و ترکیبات آهن در روغن: اکسیدهای مختلف آهن (ناشی از زنگ زدگی و یا انواع خوردگی)، میباشند. براساس یک پروژه تحقیقاتی، نمونه های روغن کالیبره (دارای مقدار مشخصی از ذرات آهنی با اندازه های متفاوت)، مورد آزمایش PQ قرار گرفتند. همانطوریکه در نمودار شکل (۱) ملاحظه می شود، نتایج PQ برای نمونه های دارای ذرات در اندازه ۱~۲ میکرون و ذرات حدود ۴۰ میکرون، بمراتب پائینتر از نتایج نمونه های دارای ذرات ۴ تا ۸ میکرون (۱) می باشد. ملاحظه میشود که این آزمایش، برای مقادیر یکسان از ذرات آهنی، بسته به اندازه ذرات، نتایج بکلی متفاوتی را، تا ۱۰۰٪ تفاوت، نشان می دهد. این پدیده برای سایر تکنیکهای کمکی مشابه نیز کم و بیش وجود دارد.

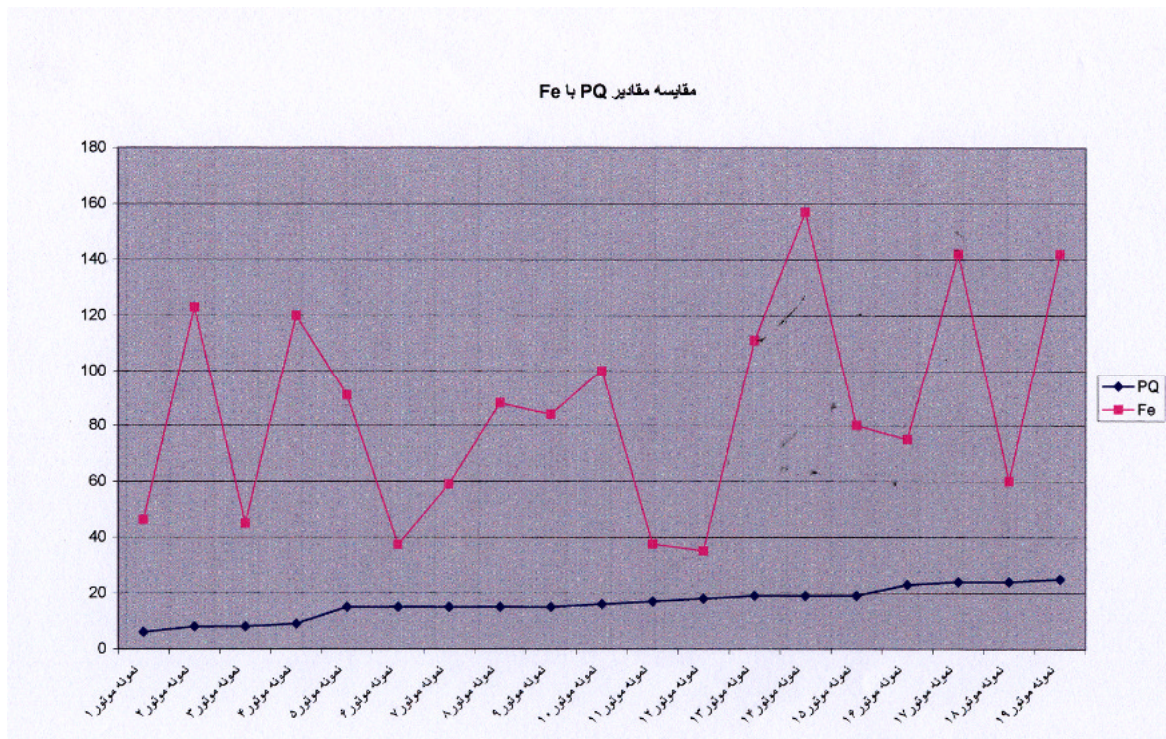


شکل (۱)

در آزمایشگاههای آنالیز روغن، جهت اندازه گیری میزان آهن در روغن، از طریق آزمایش آنالیز عنصری و پشتیبانی یکی از آزمایشهای کمکی فوق، میزان خطاهای احتمالی به حداقل ممکن رسانده میشود. لذا در برنامه های CM تنها اتکاء به آزمایشهای کمکی، بدون آگاهی و اطلاع از نتایج آنالیز عنصری، غیر قابل اطمینان میباشد.

۹- تطبیق نتایج PQ و آنالیز عنصری

در آزمایشگاه این شرکت، آزمایش PQ بعنوان تست کمکی آنالیز عنصری بکار برده میشود و هر روزه نتایج آزمایشهای مختلف نمونه های رسیده، جهت کنترل و تحلیل مورد ارزیابی و مقایسه قرار میگیرد و اطلاعات وسیعی در مورد نتایج آزمایشها و امکان تحقیق و مقایسه نتایج آنها وجود دارد. به منظور بررسی برخی مغایرتها در نتایج آزمایشها و تحقیق در مورد آزمایش PQ، اطلاعات موجود در بانک اطلاعات این آزمایشگاه مورد استفاده قرار گرفت. به این منظور، تعدادی از نمونه های واقعی روغنهای موتور کار کرده با نتایج PQ عادی، بطور کاملا اتفاقی (رندوم) انتخاب شده و با نتایج آزمایش آنالیز عنصری (آهن) همان نمونه ها مقایسه شد. همانطوریکه در نمودار شکل (۲) ملاحظه می شود، در حالیکه نتایج PQ وضعیت نمونه ها را کاملا عادی نشان داده است، نتایج آزمایش آنالیز عنصری، نوسانات زیاد و موارد فرسایشی شدید و بسیار نگران کننده را از فلز آهن گزارش نموده است.

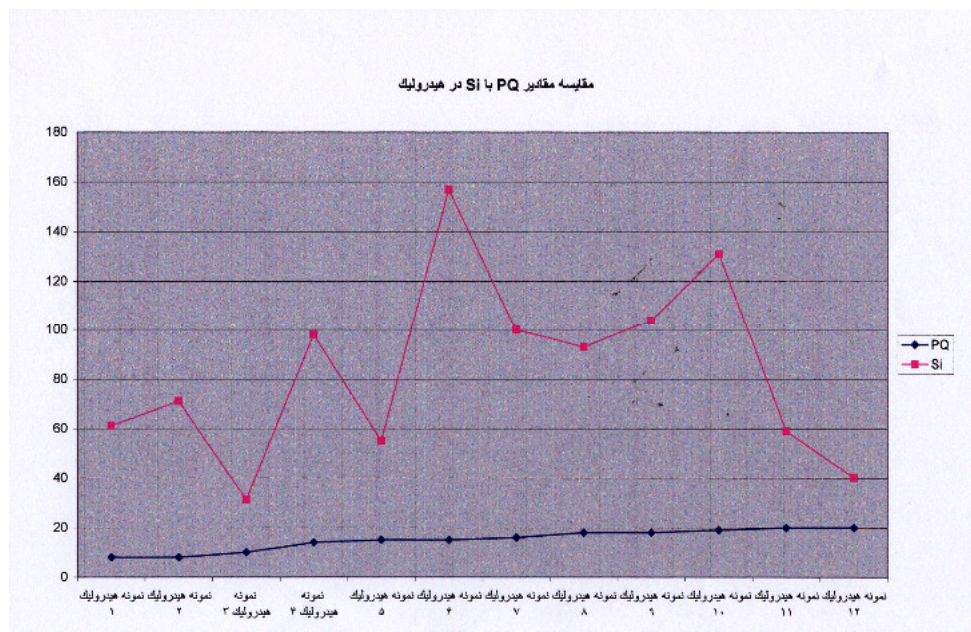


شکل (۲)

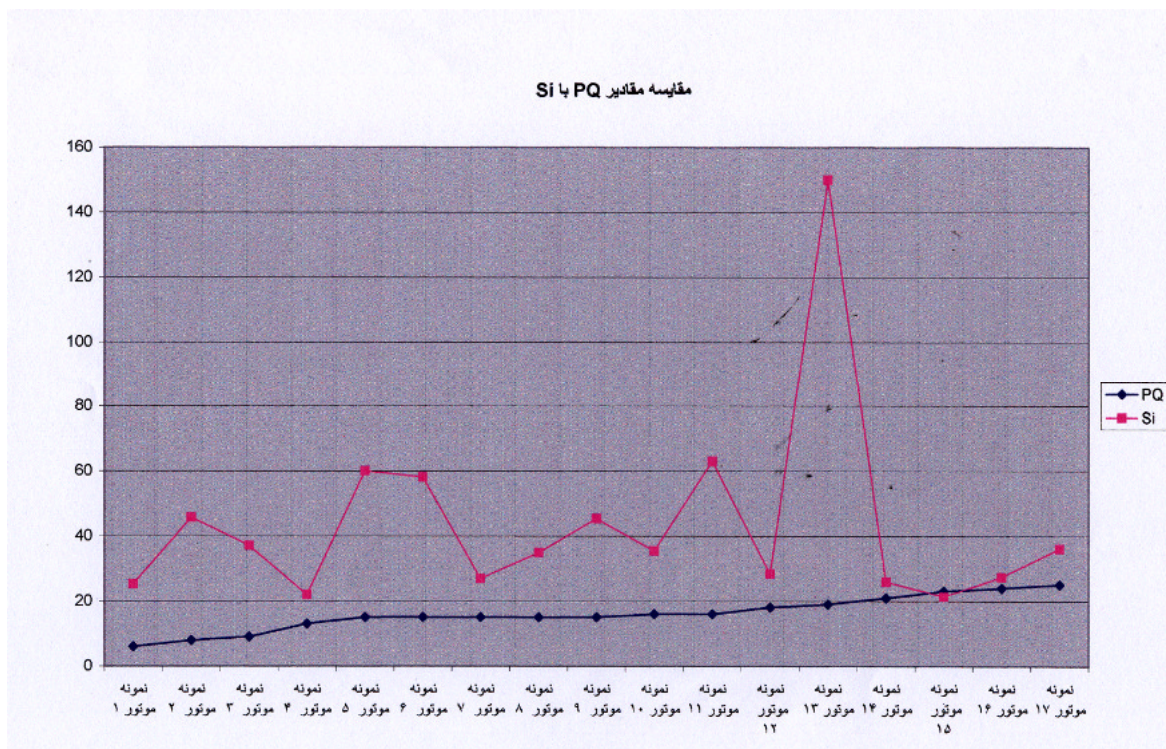
همانطوریکه نتایج این بررسی نشان می دهد، عدم اطلاع و تطبیق نتایج آزمایشها و اطلاعات حاصله از تکنیکهای کمکی/ فرعی، با نتایج آزمایش مرجع (آنالیز عنصری)، بشدت احتمال اشتباه و یا انحراف در تشخیص وضعیت سیستم را افزایش می دهد.

۱- مقایسه نتایج PQ با آلودگی سیلیس:

بر اساس مطالعات انجام شده، در بیش از ۸۰٪ موارد از فرسایشهای غیرعادی سیستمهای مکانیکی، آلودگی سیلیس نقش موثر دارد (۲). علی رغم فیلتر موجود در سیستمهای مکانیکی، حتی سیستمهای حساس نظیر سیستمهای هیدرولیک و یا موتورها، معمولا ذرات آلاینده سخت، نظیر ترکیبات Si در اندازه های بسیار ریز (کوچکتر از ۵ میکرون) میتوانند به آسانی از سیستم فیلتر عبور نموده و به همراه نمونه در کل مجموعه حرکت نماید و قطعات را مورد تهاجم قرار دهد. نتیجه این فرسایش (Abrasive wear)، تولید ذرات بسیار ریز فرسایشی می باشد. ذرات ریز آلاینده و ذرات ریز فرسایشی تولید شده، در همان مراحل اولیه و قبل از توسعه فرسایش، از طریق آزمایش آنالیز عنصری قابل تشخیص بوده و مشکل ایجاد شده با کمترین هزینه قابل پیشگیری خواهد بود. در حالیکه در روشهای غیر آزمایشهای و تستهای کمکی نظیر PQ، نه تنها نمیتوان عناصر آلاینده، بویژه Si را شناسائی نمود، بلکه پس از توسعه و پیشرفت فرسایش، احتمال تشخیص عیب و علت وجود خواهد داشت. به منظور بررسی این موضوع، مجددا از بانک اطلاعات این آزمایشگاه، نتایج تعدادی از نمونه های روغن هیدرولیک و نمونه های روغن موتور، با مقادیر PQ عادی، بطور اتفاقی (رندم) انتخاب گردید و با مقادیر سیلیس موجود در نمونه های مشابه مقایسه شد. نمودارهای شکل (۳) و (۴) نشان می دهد، در حالیکه مقادیر سیلیس دچار افزایش نگران کننده و حتی بحرانی شده اند، وضعیت نتایج تست PQ عادی است. به این ترتیب ملاحظه میشود که از این طریق مهمترین نقش CM که تشخیص شروع افزایش فرسایش است محقق نشده است.



شکل (۳)



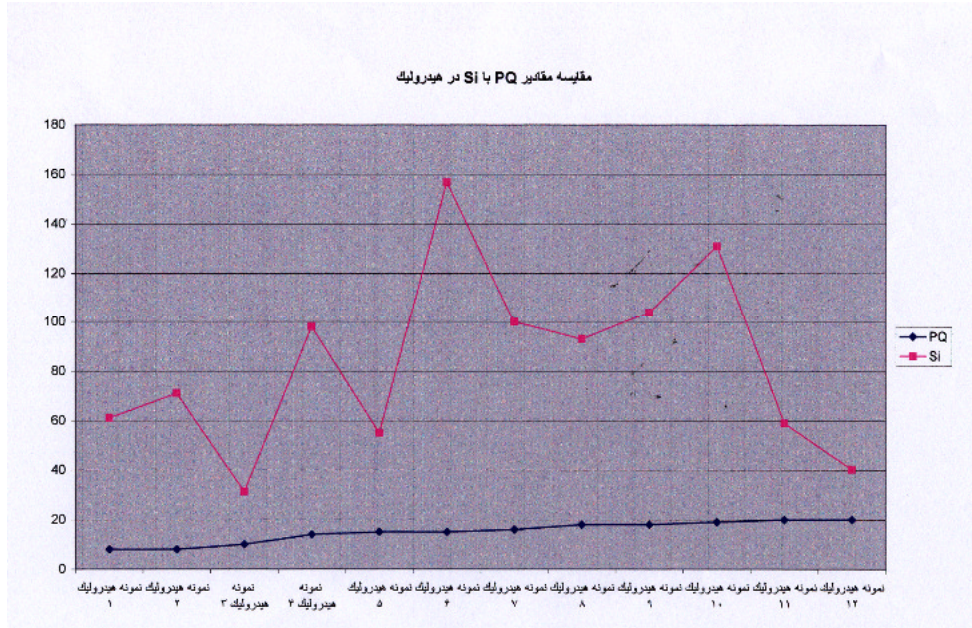
شکل (ع)

۱۱- مقایسه نتایج PQ با دیگر نتایج آزمایشگاه

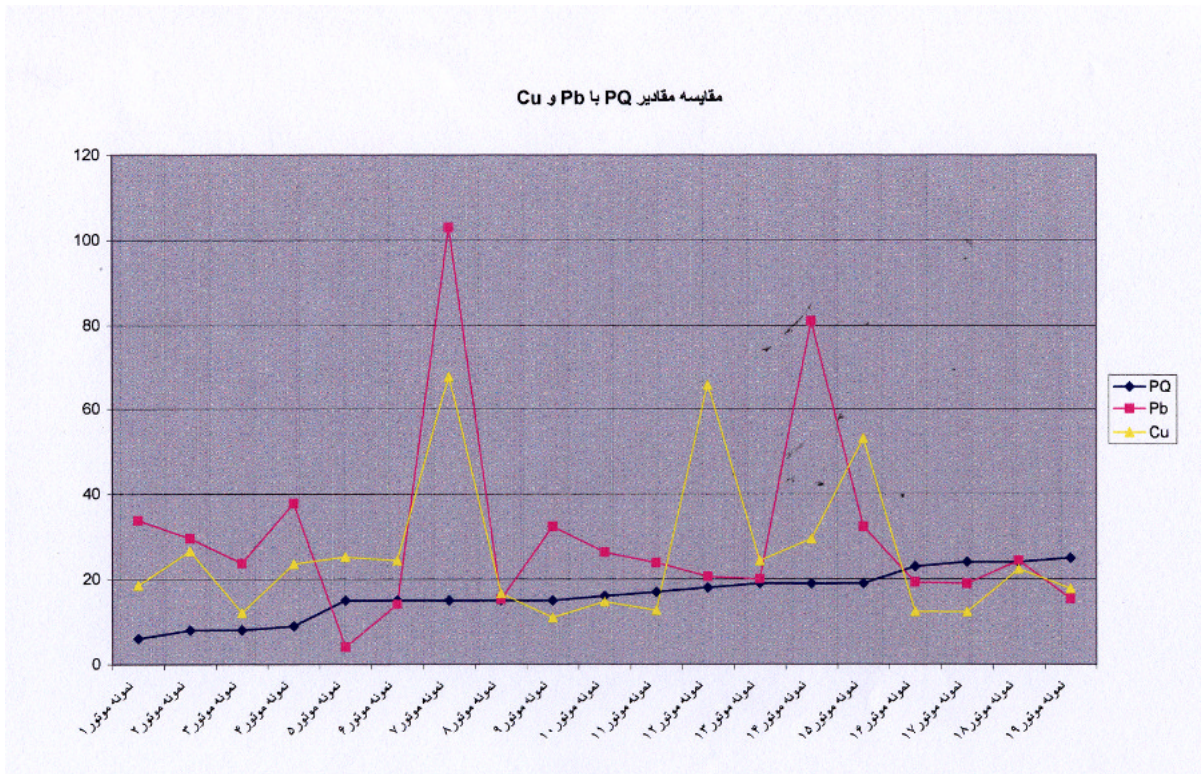
یکی از نگرانی‌های جدی در بکارگیری آزمایش‌های کمکی نظیر PQ، عدم دسترسی به اطلاعات مربوط به عناصر فرسایشی مهمی چون مس، سرب، آلومینیوم و غیره است. با توجه به اینکه این تست تنها بخشی از اطلاعات ذرات فرسایشی آهنی را نشان می‌دهد، وضعیت فرسایش قطعات مهم آلیاژی، نظیر یاتاقانها، پیستون و غیره از طریق این آزمایش غیرقابل کنترل و مانیتور خواهد بود.

به منظور بررسی این موضوع، تعدادی از نمونه‌های روغن موتور و هیدرولیک کار کرده‌ای که دارای نتایج عادی PQ بودند، بطور رندوم انتخاب شده و با مقادیر عناصر فلزی (Cu, Pb, Al) موجود در همان نمونه‌ها مقایسه شدند. نتایج در نمودار شکل (۵)، (۶) و (۷) نشان داده شده است. همانطوریکه ملاحظه میشود، در هیچیک از نمودارها، وضعیت نگران کننده و یا بحرانی فلزات فوق الذکر، از طریق PQ قابل شناسائی نبوده است.

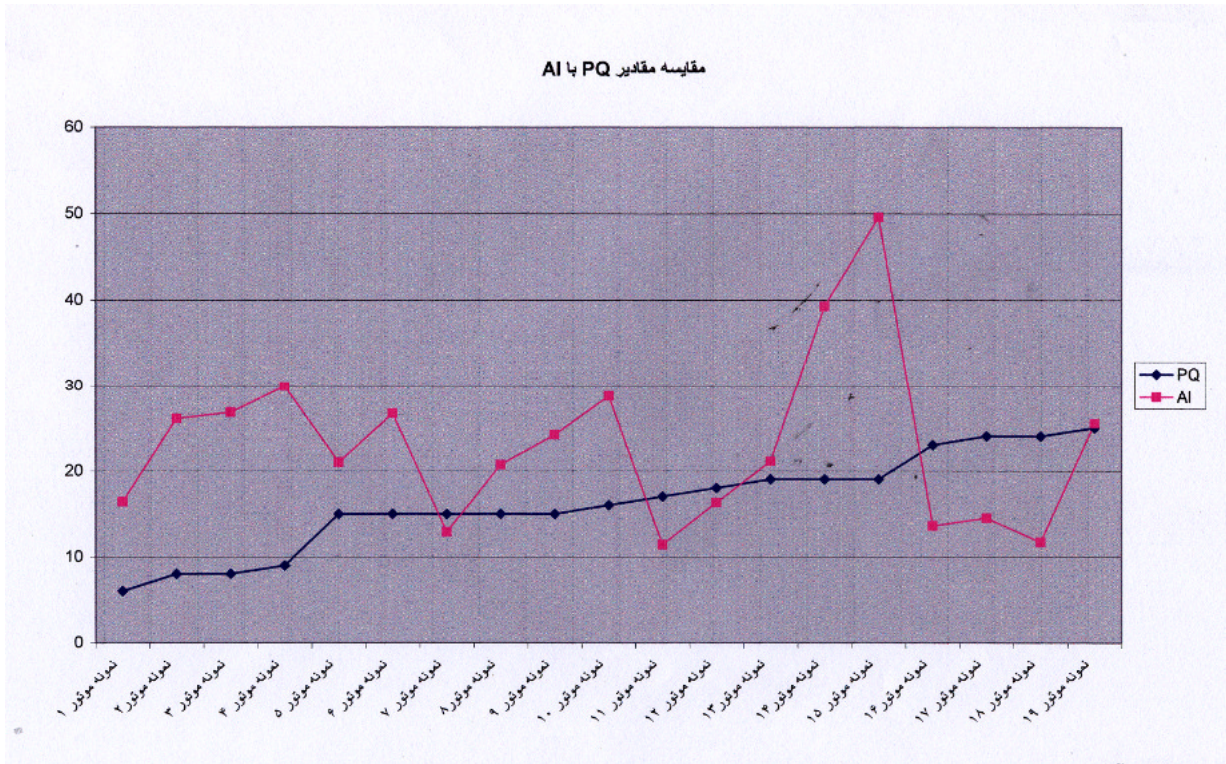
همانطوریکه در دو نمونه گزارش آنالیز جامع روغن ملاحظه میشود، شکلهای (۸) و (۹)، در حالیکه نتیجه PQ عادی است، فرسایش سرب و مس و آلومینیوم و غیره، ناشی از فرسایش غیرعادی قطعات مهمی چون یاتاقان و پیستون و رینگ، غیرعادی می باشد. در CM جامع، انتظار می رود از طریق اطلاعات حاصل از آزمایشها بتوان از وضعیت سلامت و یا عیب دستگاه اطمینان حاصل نمود.



شکل (۵)



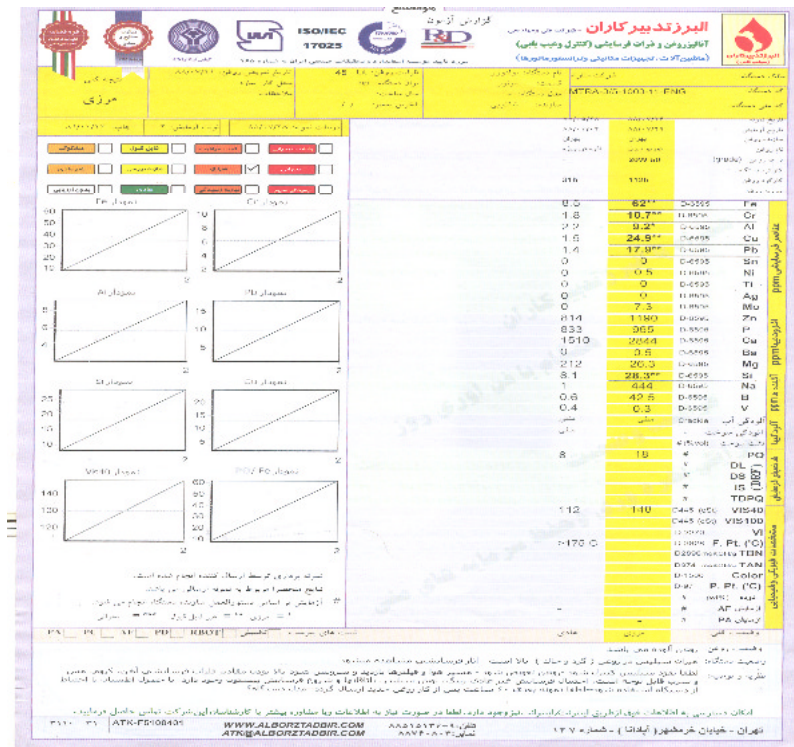
شکل (۶)



شکل (۷)

عنصر	مقدار	واحد	محدوده استاندارد
Fe	60	D-6509	
Cr	11.7	D-6525	
Al	14.3	D-6522	
Si	11.6	D-6526	
Pb	35.6	D-6506	
Sr	7.1	D-6508	
Ni	2.0	D-6509	
Ti	0.2	D-6508	
Ag	0	D-6522	
Mo	3.3	D-6506	
Zn	2.52	D-6509	
P	285	D-6525	
Ca	164	D-6506	
Ba	0	D-6506	
Mg	13.8	D-6506	
Se	0.1	D-6506	
Na	18.8	D-6509	
B	0.8	D-6522	
V	0	D-6506	

شکل (۸)



شکل (۹)

۱۲- برخی مشکلات و محدودیتهای روشهای غیر آزمایشگاهی

صرفنظر از موارد فوق، آزمایشهای آنالیز روغن و ذرات فرسایشی، بعنوان روشهای اندازه گیری دقیق، بایستی طبق استانداردهای بین المللی انجام شود. زیرا با اتکاء بر نتایج این آزمایشها، وضعیت سلامت و یا عیب سرمایه های عظیم ماشین آلاتی و تجهیزاتی ارزیابی شده و در ارتباط با نگهداری و تعمیرات آنها تصمیم گیری میشود. حساسیت و دقت در نتایج آزمایشها مستلزم بکارگیری تجهیزات استاندارد، اعمال کنترل مستمر آزمایشگاهها از نظر فاکتورهای محیطی (دما، رطوبت و غیره)، کالیبراسیون مستمر تجهیزات و کادرفهای آموزش دیده و مجرب و غیره می باشد. در روشهای غیر آزمایشگاهی، تامین شرایط فوق و کنترل موارد ذکر شده تقریباً غیرممکن و یا غیر اقتصادی است. به بیان دیگر، ایجاد شرایط استاندارد و قابل قبول برای انجام آزمایشها، مستلزم تامین شرایطی است که تحقق آن در محیط های مختلف کارگاهی و غیر آزمایشگاهی، از نظر مدیریت، تخصص، هزینه و دیگر جنبه ها غیرعملی است. از طرف دیگر، بکارگیری تجهیزات آزمایشگاهی (حتی در صورت استاندارد و قابل قبول بودن کیفیت آن تجهیزات) بدون رعایت ضوابط فوق الذکر، منجر به نتایج غیر قابل اطمینان خواهد شد. آیا کاربر میتواند اطلاعات محدود و غیر قابل اطمینان را مبنای تشخیص و تصمیمات جدی قرار دهد.

شاید به همین دلایل، در دهه های گذشته، الگوهای روشهای غیر آزمایشگاهی آنالیز روغن در دنیا توسعه نیافته و توسط هیچیک از شرکتهای بزرگ نظیر کاترپیلار که از پیشتازان فن آوری CM در جهان هستند، توصیه نشده و بکاربرده نمی شود.



نتیجه :

- ۱- روشهای استاندارد آزمایشگاهی CM جامع، راهی مطمئن برای کنترل و عیب یابی ماشین آلات و تجهیزات بوده و نقش تعیین کننده ای در کاهش هزینه راهبری و افزایش بهره وری دارد.
- ۲- روشهای غیر آزمایشگاهی و تستهای کمکی ذرات، بعنوان روشهای صحرائی یا کارگاهی (Field Check)، بدلیل محدودیتهای زیاد در اطلاعات و عدم دقت کافی و عدم اطمینان از رعایت کنترلهای لازم، بدون پشتیبانی و کنترل از طرف آزمایشگاههای جامع استاندارد، غیر قابل اطمینان بوده و میتواند منجر به عدم تشخیص بموقع و یا تشخیص اشتباه شود.
- ۳- با توجه به شرایط اقلیمی ایران، رایج ترین عامل فرسایش ماشین آلات آلودگی سیلیس میباشد. عدم امکان شناسائی و کنترل این عامل، یکی از مهمترین عوامل ناکارآمدی روشهای غیر آزمایشگاهی میباشد.
- ۴- در روشهای غیر آزمایشگاهی، عدم امکان فراهم آوردن مجموعه عوامل موثر در آزمایش روغن به نحو استاندارد، و نبود نیروهای متخصص، در مجموع باعث شده تا در سراسر دنیا، روشهای متمرکز آزمایشگاهی همچنان بعنوان گزینه فراگیر CM در همه صنعت بکار برده شود.
- ۵- مقایسه CM مبتنی بر روشهای آزمایشگاهی، از نظر قابلیتها (حجم اطلاعات و وقت)، با تستهای غیر آزمایشگاهی، قیاسی مع الفارق بوده و با توجه به نتایج این تحقیق، میتوان گفت، ترویج ایده جایگزینی روشهای غیر آزمایشگاهی بجای روشهای استاندارد CM جامع، به بهانه CM ارزان و اقتصادی، ناشی از عدم آگاهی کافی و یا انگیزه های بازاریابی و فروش تجهیزات داخلی و خارجی ارزیابی میشود.
- ۶- بکار گیری روشها و یا تجهیزات متداول CM، مطابق الگوها و استانداردهای شناخته شده بین المللی میباشد. طرح و ترویج روشها و یا تجهیزات جدید و یا ابتکاری CM، مستلزم پشتوانه های علمی/تحقیقاتی و کسب مجوز و تأییدیه های لازم از مراجع ذیصلاح میباشد. بنابر این، ترویج و فرهنگ سازی روشهای خود ساخته، فاقد وجهت علمی بوده و برای آینده فن آوری CM در صنعت کشور نگران کننده است
- ۷- علاوه بر موارد مطروحه در این کار تحقیقی، در ارتباط با روشهای غیر آزمایشگاهی CM، مشکلات و نگرانیهای متعدد دیگری وجود دارد که بایستی بطور جداگانه مورد بررسی قرار گیرد.
- ۸- با توجه به موارد فوق الذکر، نیاز به تحقیقات بیشتری جهت ارزیابی زیانهای ناشی از ترویج ایده فوق الذکر و نگرانی از انحراف در فرهنگ بکارگیری CM در کشور احساس میشود.
- ۹- در دنیا الگوی شناخته شده CM غیر آزمایشگاهی، (بدون اینکه زیر نظر و هماهنگ با آزمایشگاه مرکزی باشد) معرفی نشده است

منابع:

- 1- A. R. Masoudi, "Evaluation of Wear Debris Analysis Techniques With Reference to Iranian Construction Industry Applications", University of Wales, 1991
- ۲- علی رضا مسعودی "استراتژی پیش اقدام و کنترل فرسایش سیستمهای مکانیکی در ایران" / دومین کنفرانس بین المللی نگهداری و تعمیرات ایران / دانشگاه علم و صنعت ایران ۱۳۸۲
- 3- H. Jones and A. R. Masoudi "Profitable Condition Monitoring: The Role for Contamination Control" / Department of Mech. Eng. University of Swansea 1992



سلسله مقالات فن آوری

مراقبت وضعیت ماشین آلات

Machinery Condition Monitoring

آنالیز ذرات فرسایشی و روانکارها

Lubricant & Particle Analysis

روغنهای نو، یکی از منابع مهم آلودگی سیستمهای مکانیکی

- چکیده
- مقدمه
- آلودگیهای روانکارها و صنایع آن
- مکانیزم فرسایش تراشه ای (Abrasive)
- خسارت ناشی از آلودگی روانکارها
- روش تحقیق
- انجام آزمایشها
- بررسی ذرات آلاینده
- نتیجه

شماره

۳۲

واحد تحقیقات و آزمایشگاه

شرکت فنی و مهندسی البرز تدبیر کاران

تابستان ۱۳۸۵



به نام خدا

علی رضا مسعودی - فرشید طاهری

واحد تحقیقات البرز تدبیر کاران

www.alborztadbir.com

چهارمین کنفرانس بین المللی نگهداری و تعمیرات ایران

پائیز ۱۳۸۶

چکیده:

آلودگی روغن بعنوان یکی از علل اصلی و ریشه ای فرسایشهای غیر عادی سیستمهای مکانیکی شناخته میشود. به همین دلیل، شناسائی و کنترل منابع آلودگی روانکارها پیوسته مورد توجه و علاقه دست اندرکاران برنامه های نگهداری و تعمیر بوده است. امروزه این واقعیت که آلودگی روانکارهای نو یکی از منابع مهم آلودگی سیستمهای مکانیکی است، پدیده ای غیر قابل انکار می باشد. هرچند در این ارتباط کارهای مطالعاتی زیادی در دنیا انجام شده است، ولی در این کار تحقیقاتی، سعی شده است برای اولین بار در ایران وضعیت تمیزی روانکارهای نو و نقش آنها در آلودگی سیستمهای مکانیکی مختلف مورد بررسی قرار گیرد. به این منظور، نمونه هایی از انواع روانکارهای نو نظیر: روغنهای موتور، هیدرولیک، توربین و غیره که توسط تولیدکنندگان داخلی و خارجی به بازار و صنعت کشور ارائه می شود به کمک تکنیکهای مختلف مورد آزمایش و ارزیابی قرار گرفت تا سطح تمیزی آنها بطور دقیق اندازه گیری شود. نتایج تحقیق در قالب مقاله حاضر ارائه شده است.

واژه های کلیدی: فرسایش تراشه ای، سطح تمیزی

Particle Counting (PC), Condition Monitoring, Cleanliness Level, Particle Density (PD), Particle Analyser (PA), Analytical Ferrography (AF),

مقدمه:

یکی از اهداف بسیار مهم در بکارگیری فن آوری مراقبت وضعیت (CM)، شناسائی و کنترل عوامل ریشه ای فرسایش غیرعادی سیستمهای مکانیکی می باشد. براساس تحقیقات بعمل آمده، آلودگی روانکارها، یکی از عوامل مهم فرسایش و خرابی تجهیزات در ایران و جهان می باشد (۲۰۱). به همین دلیل، در برنامه های CM، ارزیابی و کنترل آلودگیهای روانکارها از مهمترین فاکتورهای کنترل تلقی می شود.



هر چند وجود روانکار برای آن دسته از تجهیزات مکانیکی که دارای سیستم روانکاری هستند حیاتی است، ولی حضور روانکار آلوده و یا فاقد کیفیت خود عامل ایجاد و تشدید انواع فرسایشها در سیستم مکانیکی می باشد. وجود ذرات جامد آلاینده در روانکارها، صرفنظر از نوع و منبع آنها، یکی از انواع متداول آلودگیهای روانکارها می باشد که باعث فرسایش قطعات داخلی سیستمهای مکانیکی، بویژه قطعات متحرک می شود. به همین دلیل، امروزه آلودگی روانکارها به ذرات جامد معلق، بعنوان یکی از منابع اصلی فرسایش سیستمهای مکانیکی شناخته میشود.

از آنجائیکه در سیستم روانکاری سیستمهای مکانیکی، روغن در همه نقاط داخلی دستگاه جریان دارد، ذرات جامد آلاینده همراه با سیال به قطعات مسیر حرکت آسیب می رساند. بویژه در ارتباط با قطعات ظریف و حساس متحرک نظیر یاتاقانها، شیرهای هیدرولیک، اسپولها و غیره، این پدیده از اهمیت بیشتری برخوردار است. به همین دلیل کنترل روانکارها از نظر کیفیت و میزان آلودگی، برای حفظ و سلامت تجهیزات بسیار حائز اهمیت می باشد. هرچند حفظ و پاکیزگی روانکارها بطور کامل بسیار مشکل و شاید غیرممکن باشد، ولی بهبود سطح تمیزی آنها براساس استانداردها و متناسب با نوع و میزان حساسیت تجهیزات مختلف مکانیکی و توصیه های سازندگان آنها، دور از دسترس و غیر ممکن نمی باشد.

جامعه صنعتی جهان در برخورد با این معضل مشترک، شاخصها و استانداردهای خاصی را ارائه نموده و بمنظور ارزیابی و کنترل آلودگیها، تکنیکهای مختلفی را معرفی و توصیه می نماید تا از این طریق از خسارتهای گسترده آلودگیهای روانکارها پیشگیری و احتراز شود. استانداردهای NAS1638 و ISO4406 از جمله آزمایشها و روشهای کنترل سطح تمیزی روانکارها می باشد که در این ارتباط تعریف و معرفی شده اند {۳}.

آلودگیهای روانکارها و منابع آن:

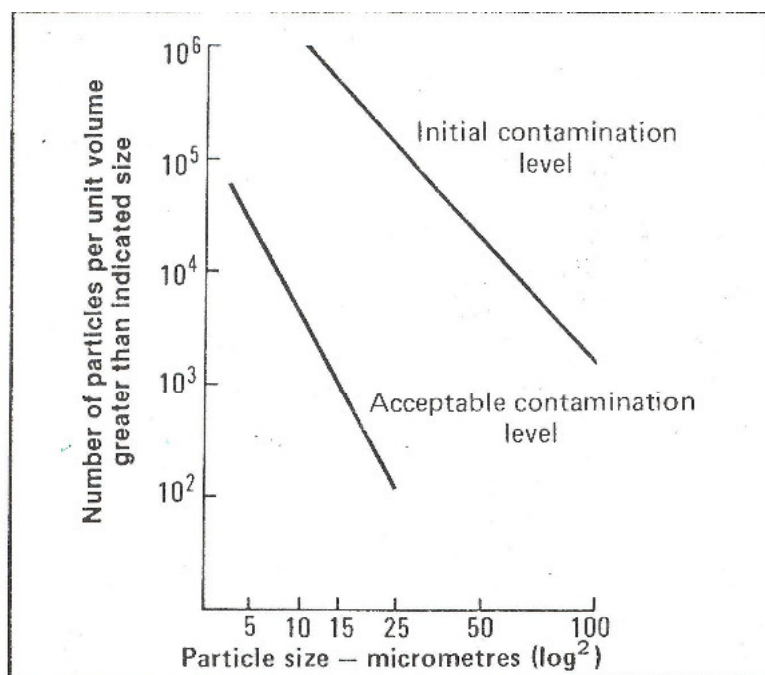
صرفنظر از آلودگیهای روانکارها به مواد شیمیائی و سیالات نظیر: آب، سوخت و غیره، در صنایع مختلف آلودگی تجهیزات مکانیکی به ذرات جامد بستگی به چگونگی عواملی نظیر موارد زیر خواهد داشت:

- نوع و دقت طراحی،
- شرایط و محیط کاری،
- کیفیت نگهداری و غیره.

بطور کلی وجود ذرات آلاینده در سیستمهای مکانیکی میتواند از دو منبع داخل و یا خارج دستگاه باشد. نفوذ ذرات آلاینده جامد به داخل سیستمهای مکانیکی عمدتاً مربوط به مرحله کار دستگاه می باشد. با اینحال روانکارهای نو و آلوده به ذرات معلق جامد، بعنوان یکی از منابع مبتلابه ورود آلودگی به داخل همه تجهیزات مکانیکی شناخته می شود {۳}.

در بسیاری از موارد، روانکارها قبل از اینکه مورد استفاده قرار گیرند، از طرق مختلفی دچار آلودگی میشوند نظیر: مرحله تولید، حمل و نقل یا نگهداری و غیره. به این ترتیب آلودگی همراه با روغن نو وارد سیستم مکانیکی میشود. ذرات آلاینده در روغنهای نو متناسب با مقدار، جنس، نوع و اندازه، میتواند منجر به آثار فرسایشی در سیستمهای مکانیکی گردد. بطور کلی میتوان گفت که آلودگیهای روغنهای نو، بالقوه همان آثار تخریبی و فرسایشی ذرات جامد معلق در روغنهای کارکرده یعنی فرسایش تراشه ای (Abrasive Wear) را خواهد داشت. به همین دلیل در بسیاری از سیستمهای حساس مکانیکی، توصیه می شود پس از تعویض روغن، به دستگاه مدتی فرصت داده شود تا بدون بار (Idle)، کار کرده و بتواند روغن نو را به کمک سیستم فیلتر خود تصفیه نماید.

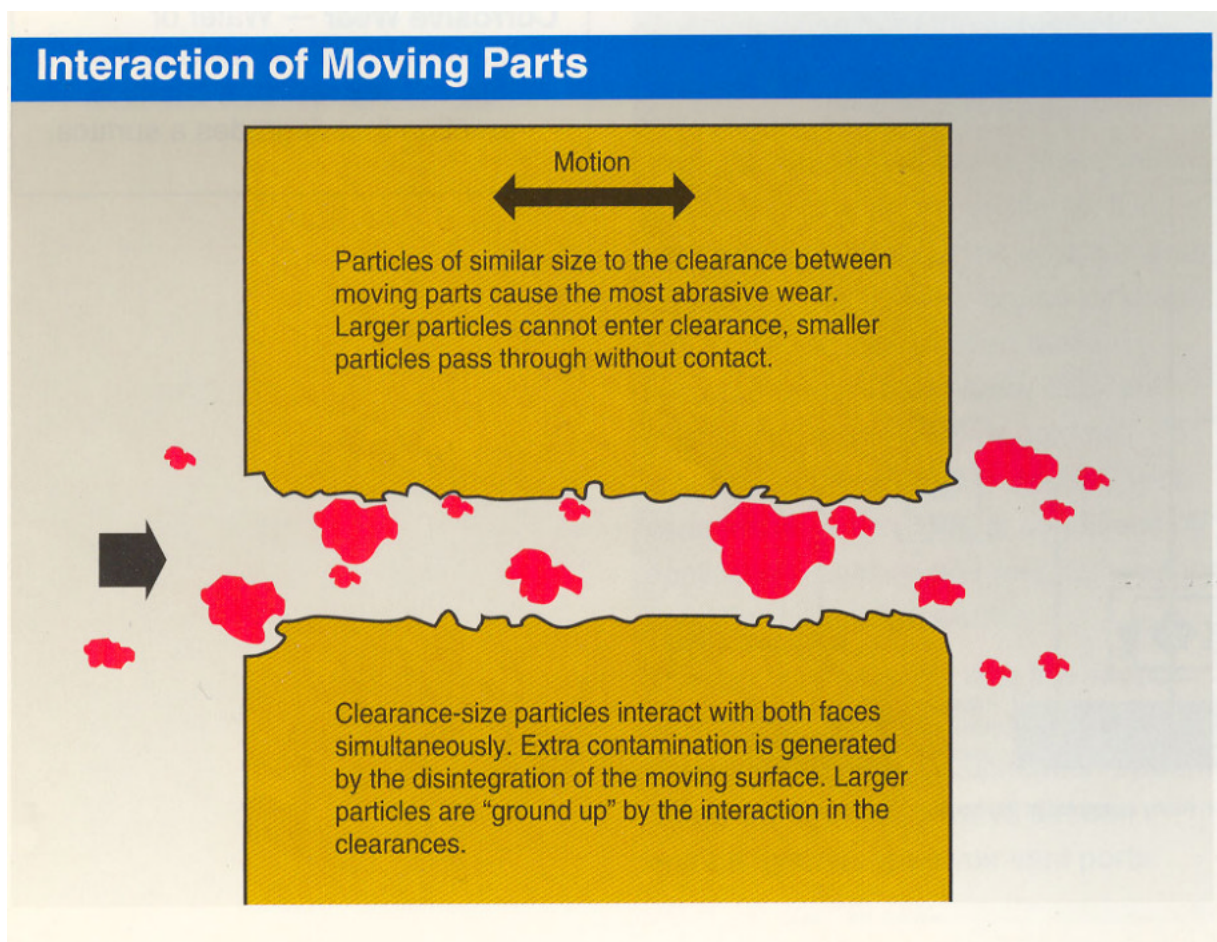
در همین ارتباط، نمودار شماره (۱)، تراکم ذرات آلاینده نمونه روغن نو، بلافاصله پس از ریختن روغن به دستگاه و قبل از کار را با تراکم ذرات نمونه همان روغن پس از مدتی از کار دستگاه مقایسه نموده است. همانطوریکه ملاحظه می شود تعداد و اندازه ذرات موجود در نمونه روغن نو در ابتدای استفاده در یک سیستم هیدرولیک به میزان قابل توجهی بیش از تعداد ذرات در همان روغن پس از مدتی کار دستگاه می باشد. به عبارت دیگر، روغن نو پس از مدتی کار در دستگاه، توسط سیستم فیلتر موجود در آن دستگاه به سطح تمیزی بالاتری رسیده است (ع).



شکل شماره (۱)

مکانیزم فرسایش تراشه ای (Abrasive)

براساس گزارشهای تحقیقاتی و مقالات علمی، فرسایش تراشه ای (Abrasive wear)، بعنوان یکی از رایج ترین مکانیزمهای فرسایشی مبتلا به سیستمهای مکانیکی، تقریباً در همه صنعت جهان شناخته می شود (۵). فرسایش تراشه ای، چه از نوع دوعضوی و چه سه عضوی، خسارت و ضایعات فراوانی را در سیستمهای متحرک مکانیکی ایجاد می نماید. فرسایش تراشه ای سه عضوی که در اثر حضور ذرات و آلاینده های جامد معلق در روانکارها بوجود می آید، باعث فرسایش جدی قطعات متحرک ماشین می شود تصویر (۲) بطور شماتیک چگونگی این پدیده را نشان می دهد.





امروزه با پیشرفت تکنولوژی، تجهیزات مکانیکی دارای طراحی های دقیقتر بوده و قطعات ماشین آلات در مقایسه با نسل قبل دارای تلورانسهای ظریف و محدودتری می باشند و به همین دلیل از قدرت، کارایی و راندمان نسبی بالاتری برخوردار هستند. از طرف دیگر، ظرافت قطعات متحرک، حساسیت و آسیب پذیری بیشتری را در برخورد با پدیده آلودگی روانکارها از خود نشان می دهند. بویژه خراش و فرسایش ناشی از مکانیزم فرسایش تراشه ای سه عضوی، باعث افت فاکتورهائی نظیر فشار سیالات، قدرت و راندمان سیستمهای مکانیکی می شود. خراشها و فرسایش ایجاد شده در سطح قطعاتی که وظیفه حفظ فشار سیالات ناقل قدرت و یا روانکاری را دارد، عامل این پدیده می باشد. ذرات جامد معلق در روغن علاوه بر ایجاد فرسایش تراشه ای میتواند در تشکیل فیلم روغن بین قطعات نیز اختلال ایجاد نماید. همچنین ذرات آلاینده، میتواند باعث گرفتگی سیستمهای فیلتر و مسیرهای حرکت روغن شود. گذرگاهها و قطعات ظریف و حساس شیرها و سیستمهای کنترل در اثر برخورد و سایش ذرات جامد آلودگی، آسیب جدی خواهند دید. ذرات فرسایشی حاصل از فرایند فرسایش تراشه ای نیز خود بطور مضاعفی باعث کاهش سطح تمیزی روانکار و تشدید فرسایش خواهد شد.

خسارت ناشی از آلودگی روانکارها

گزارشهای علمی و تحقیقاتی زیادی در مورد نقش و اهمیت آلودگی روانکارها در فرسایش و خسارات به سیستمهای مکانیکی ارائه شده است. براساس گزارش کانترپیلار، کثیفی و آلودگی روغن علت درجه یک خرابیهای سیستم هیدرولیک می باشد. مجله طراحی ماشین (Machine Design) اظهار نموده است که تنها ۱۰٪ رولر بیرینگها به حد خستگی میرسند، زیرا در ۹۰٪ موارد بدلیل آلودگی روغن دچار عیوب زودرس می شوند. شرکت Vickers، تولید کننده معتبر پمپها و سیستمهای دقیق مکانیکی، طی گزارشی اظهار نموده است که ۹۰٪ از خرابیها ناشی از آلودگیها و ذرات ساینده می باشد. شرکت Rolls Royce گزارش نموده است که در ۷۰٪ خرابیهای پیش بینی نشده موتورهای آن شرکت، آلودگی نقش موثر داشته است (۵).

در ایران نیز، طی مطالعه ای که توسط واحد تحقیقات CM شرکت البرزتدبیر کاران روی بیش از ۱۰۰۰۰۰ نمونه روغن از ماشین آلات مختلف صنایع در اقصی نقاط کشور انجام شد، مشخص گردید که بطور کلی در حدود ۸۰٪ موارد، آلودگی روغن در فرسایشهای غیرعادی تجهیزات نقش موثر داشته است (۱).

روش تحقیق

هر روزه تعداد زیادی نمونه های روغن نو (New Oil) و کارکرده (Used Oil)، جهت آنالیزهای مختلف و ارزیابی، از صنایع مختلف کشور به آزمایشگاه روغن البرزتدبیر کاران ارسال می گردد. همچنین از طرف موسسه استاندارد، نمونه های روغنهای نو جهت کنترل کیفیت از سراسر کشور به این آزمایشگاه ارسال میشود. گزارشها و مشاهدات پراکنده، نشان دهنده بالا بودن سطح آلودگی



روانکارهای نو بوده است. به این دلیل ایده بررسی دقیقتر وضعیت آلودگی روغنهای نو، در قالب پروژه حاضر مطرح گردید.

در این تحقیق، علاوه بر مشاهدات و بررسی نتایج آزمایش نمونه روغنهای نو، تعدادی از نمونه های مختلف روغن نو: موتور، هیدرولیک و توربین با هدف ارزیابی دقیقتر سطح تمیزی، بطور اتفاقی (Random)، از میان نمونه های رسیده، انتخاب گردید. علاوه بر آن تعدادی نمونه روغن نو هیدرولیک و توربین نیز مستقیماً از توزیع کنندگان آنها خریداری و تهیه شد. به این ترتیب، نمونه های انتخابی از منابع کاملاً متنوعی تهیه و مورد آزمایش قرار گرفتند. جهت ارزیابی سطح تمیزی نمونه ها و شناسائی ذرات و عناصر موجود در آنها، از آزمایشهای تخصصی زیر استفاده شد:

- آنالیز عنصری (Elemental Analysis)
- (Particle Density) PD
- (Particle Analyser) PA
- (Particle Counting) PC
- (Analytical Ferrography) AF

در برخی نمونه ها، بدلیل ناکافی بودن حجم نمونه، امکان انجام همه آزمایشها وجود نداشته است. در این مقاله نام و تولید کننده روغنهای انتخابی به هیچ وجه مطرح نشده است تا هیچگونه شائبه تبلیغاتی مطرح نشود، بلکه صرفاً نتایج تحقیق از نظر کلی مطرح شده اند.

انجام آزمایشها

کلیه نمونه های انتخابی ابتدا با روش آنالیز عنصری مورد آزمایش قرار گرفتند که نتایج حاصله در جداول (۱، ۲ و ۳) خلاصه شده است. بمنظور ارزیابی سطح تمیزی کلیه نمونه های انتخابی، از تکنیک (PA) نیز که یکی از پیشرفته ترین آزمایشها در این زمینه است استفاده گردید. (به مقاله شماره ۲۶ مراجعه شود). از طریق این آزمایش امکان شمارش ذرات معلق در نمونه و شناسائی شکل و تا حدی نوع آنها وجود دارد. همچنین بمنظور بررسی دقیقتر نتایج، کلیه نمونه ها به کمک آزمایش (PD) Particle Density مورد ارزیابی قرار گرفت. PD در واقع روش میکروسکوپیکی ارزیابی سطح تمیزی روغن می باشد.

همانطوریکه در گزارش آزمایش نمونه ها ملاحظه می شود (تصاویر ۳، ۴ و ۵)، ذرات آلاینده معلق در نمونه ها از نظر اندازه، شکل و جنس بسیار متنوع می باشند. نتایج آزمایش (PA) Particle Analyser نیز بصورت کد استاندارد مربوطه در جداول فوق الذکر خلاصه شده است. همانطوریکه در این جدول ملاحظه می شود علاوه بر آزمایش PA، برای تعدادی از نمونه ها که دارای حجم کافی روغن بودند، آزمایش شمارش ذرات (PC) Particle Counting نیز انجام گردید تا نتایج حاصل از تست PA مورد ارزیابی مجدد قرار گیرد. نتایج دو آزمایش در حد خوبی هماهنگ بودند، جداول فوق الذکر.



بررسی ذرات آلاینده

نتایج آزمایش آنالیز عنصری برای اکثریت نمونه ها، حضور ذرات آلاینده قابل توجهی را در روغنهای نو نشان داده است. همانطوریکه در جداول شماره های (۱، ۲ و ۳) ملاحظه می شود، در برخی از نمونه های روغن موتور، سطح آلودگی سیلیس، (معمولا ناشی از حضور گرد و غبار)، بالا است. در حالیکه حضور عنصر سیلیسیم در نمونه های روغنهای توربین و هیدرولیک پائین است، نتایج آزمایش آنالیز عنصری حضور قابل توجه دیگر عناصر فلزی را نیز نشان نداده است.

نتایج آزمایش PA برای نمونه های روغن هیدرولیک نو، نشان دهنده بالا بودن تعداد ذرات جامد آلاینده و پائین بودن سطح تمیزی اکثریت نمونه ها می باشد، بویژه نمونه های شماره ۳، ۵ و ۶، به ترتیب با کدهای استاندارد ۲۳/۲۱/۱۶، ۲۳/۱۹/۱۴ و ۲۳/۲۲/۱۶. این در حالی است که براساس گزارش کاربران و تولیدکنندگان تجهیزات، برای روغن کارکرده سیستمهای هیدرولیک حساس دارای فشار بالا، محدوده کدهای استاندارد: ۱۵/۱۳/۱۰ تا ۲۰/۱۸/۱۵ قابل قبول می باشد.

همانطوریکه در تصاویر شکل (۲) ملاحظه میشود، برای روغنهای موتور، آلودگی نمونه ها به مراتب بالاتر است جدول (۲). البته میزان حساسیت روغن موتور به سطح تمیزی کمتر از سیستمهای حساس توربین و هیدرولیک می باشد.

با این حال همانطوریکه نتایج آزمایشهای PD و AF نشان می دهد، شکلهای شماره ۳، ۴ و ۵، اکثریت نمونه های آزمایش شده، دارای ذرات معلق مختلف در اندازه شکلهای مختلف و بعضا بزرگی هستند. غالب ذرات جامد معلق در نمونه های انتخابی از نوع ذرات غیر فلزی، فیبرها، الیاف و ذرات پلیمری می باشد. همچنین ذرات فلزی مختلف شامل آهن، مس، باییت و اکسیدهای فلزی و غیره نیز در اکثر نمونه ها با تراکمهای مختلف دیده می شود. آزمایش AF بطور مشهودتری حضور برخی ذرات فلزی را در نمونه ها نشان می دهد.

ذرات معلق فلزی موجود در برخی نمونه ها، میتواند ناشی از بقایای ذرات فلزی جداره لوله ها، ظروف روغن و یا ذرات به جا مانده از فرایند جوش باشد. همچنین اکسیدهای فلزی میتواند مربوط به زنگ زدگی جدارهای فلزی، در حمل و نقل و یا ظروف و مخازن باشد.

شاید قابل توجه باشد که نمونه شماره ۵ موتور، متعلق به یک نوع روغن موتور وارداتی بوده و نمونه از ظرف فلزی یک لیتری کاملا بسته بندی شده انتخاب شده است. همچنین نمونه شماره ۶ موتور با نام یکی از تولیدکنندگان معتبر روغن موتور داخلی توزیع شده است. پس از بررسی مشخص شد این روغن بطور تقلبی از روغنهای بازیافتی فاقد کیفیت تهیه، بسته بندی و به نام شرکت معتبر توزیع شده است. همانطوریکه ملاحظه می شود این روغن مملو از ذرات جامد فلزی و غیر فلزی بوده است.

سطح تمیزی روغنهای توربین در مجموع بهتر از نمونه های روغن هیدرولیک و موتور می باشد. با این حال همانطوریکه ملاحظه می شود، در برخی نمونه ها، سطح تمیزی نمونه های توربین نیز رضایت بخش نمی باشد. در این ارتباط به نمونه های شماره ۲، ۴ و ۶ میتوان اشاره نمود.



از بررسی نتایج آزمایشها میتوان ملاحظه نمود که سطح تمیزی روغنهای آزمایش شده وابستگی زیادی به نوع روغنها و تولید کننده داشته است. به عبارت دیگر، سطح آلودگی روغنهای موتور به میزان قابل توجهی بالاتر از نمونه های هیدرولیک و توربین بوده است. همچنین، سطح تمیزی نمونه روغن برخی از تولید کنندگان از نمونه های مشابه بالاتر می باشد.

نتیجه

انجام این تحقیق که برای نخستین بار در کشور صورت گرفت، آگاهی مفیدی را در مورد وضعیت تمیزی روانکارهای نو ارائه می نماید. استفاده از تکنیکهای CM در جهت کنترل و حصول اطمینان از سطح تمیزی روانکارهای مصرفی، قبل از استفاده ضروری بنظر می رسد.

اکثریت نمونه های کنترل شده، به نوعی دچار آلودگیهای مختلف بوده و از سطح تمیزی مورد انتظار یک روانکار نو برخوردار نبوده اند. به همین دلیل در سیستمهای حساس، در ابتدای استفاده از روغنهای نو، بایستی احتیاط و تمهیدات لازم جهت اجتناب از آسیب ناشی از آلودگی روغن بعمل آید. هرچند نتایج آزمایش نمونه هائی را که در این کار تحقیقی مورد آزمایش و ارزیابی قرار گرفته است را نمی توان بعنوان نماینده کاملی از جامعه آماری هدف در نظر گرفت، با این حال از نتایج مجموع نمونه های آزمایش شده، میتوان وضعیت کلی روغنهای مختلف در بازار مصرف را از نظر سطح تمیزی ارزیابی نمود. باتوجه به تنوع منابع تهیه نمونه ها، میتوان نتایج بدست آمده را در حد قابل قبولی به سطح کل صنعت تعمیم داد.

صرفنظر از آثار فرایند حمل و نقل و جابجائیها، سطح تمیزی روغنهای بسته به نوع آنها متفاوت می باشد. همچنین سطح تمیزی روغنها تا حد زیادی وابسته به دقتهای فرایند تولید می باشد. به تولید کنندگان روغن اطلاع رسانی بیشتری در مورد تبعات پائین بودن سطح تمیزی محصولات انجام شود تا در فرایند تولید، تمهیدات لازم برای کنترل و حفظ تمیزی محصول بعمل آید.

جدول (۱)، نتایج نمونه های روغن هیدرولیک

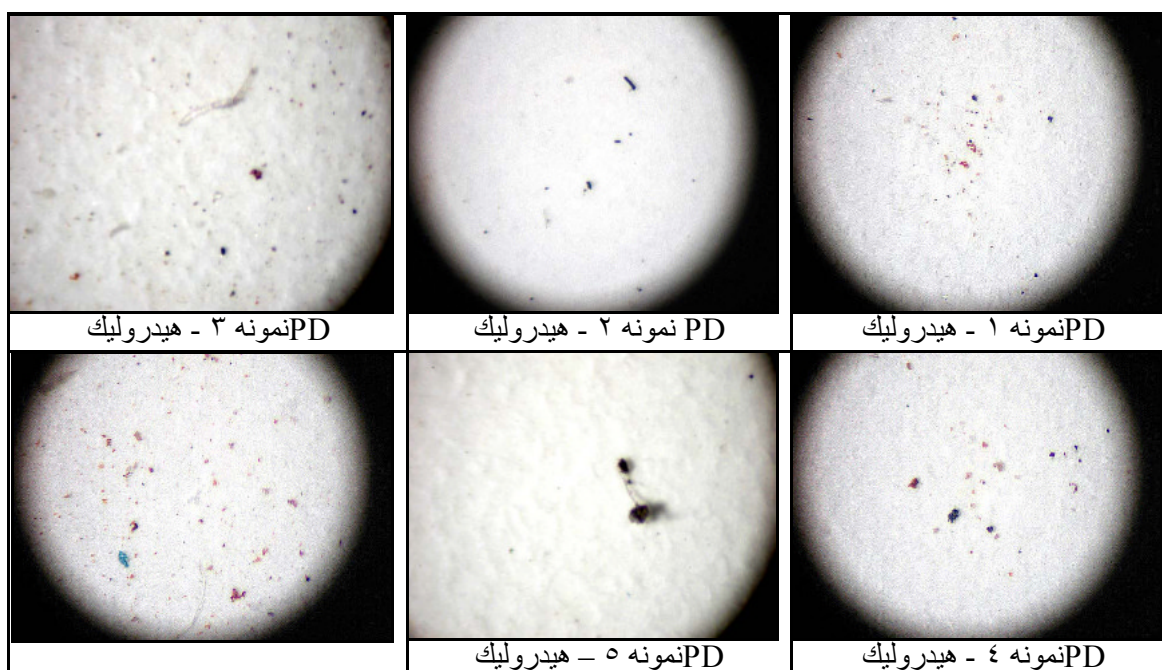
AF	PD	PC	PA	آنالیز عنصری				ردیف
				Si	Pb	Cu	Fe	
✓	✓	۱۸/۱۵/۱۱	۱۸/۱۶/۱۲	۰	۰	۰/۲	۰/۷	۱
-	✓	-	۱۹/۱۷/۱۲	۱	۰	۰	۰	۲
-	✓	-	۲۳/۲۱/۱۶	۱	۲	۰	۰	۳
-	✓	-	۱۶/۱۴/۱۰	۰	۰	۰	۱/۶	۴
-	✓	-	۲۲/۱۹/۱۴	۰/۴	۰	۰	۰	۵
-	✓	۲۲/۲۲/۱۹	۲۳/۲۲/۱۶					۶

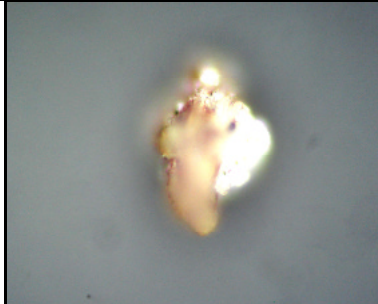
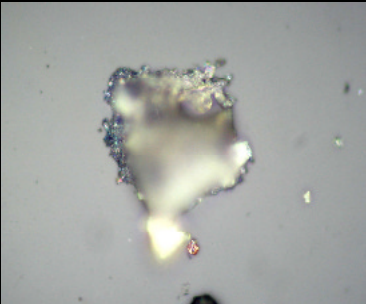
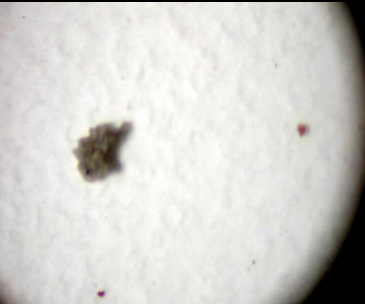
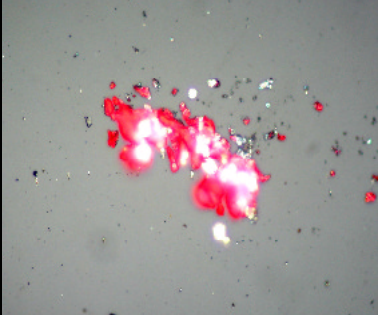
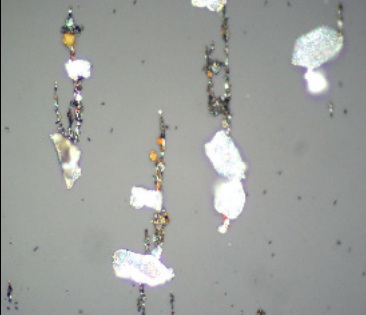
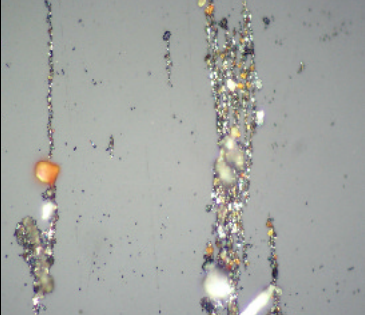
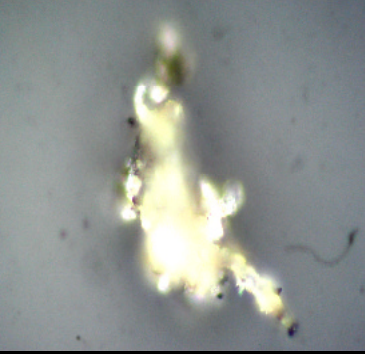
جدول (۲)، نتایج نمونه های روغن موتور


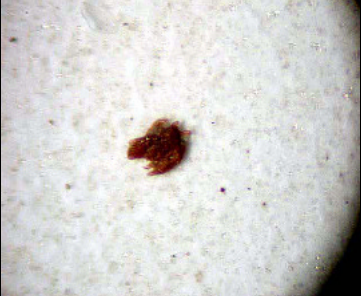

AF	PD	PC	PA	آنالیز عنصری				ردیف
				Si	Pb	Cu	Fe	
-	✓	-	۲۴/۲۲/۱۶	۲۶	۲۶	۱/۲	۲/۴	۱
-	✓	-	۲۴/۲۳/۱۹	۴/۸	۲/۳	.	۰/۶	۲
-	✓	-	۲۱/۱۸/۱۲	۵/۴	۱/۳	.	.	۳
-	✓	-	۲۳/۲۱/۱۵	۲/۹	۱/۸	.	۰/۳	۴
-	✓	-	-	۸/۹	.	.	۱/۵	۵
✓	-	-	-	.	.	.	۱/۱	۶

جدول (۳)، نتایج نمونه های روغن توربین

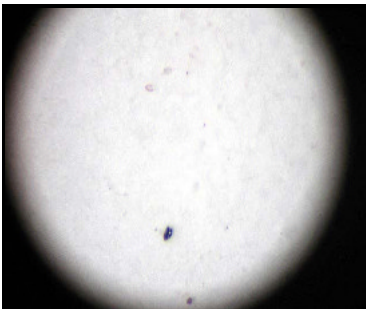
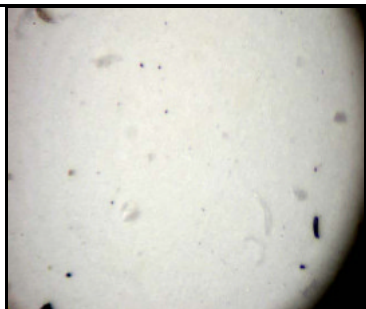
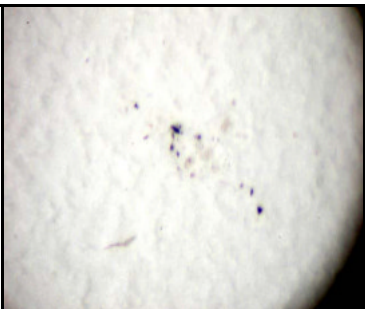
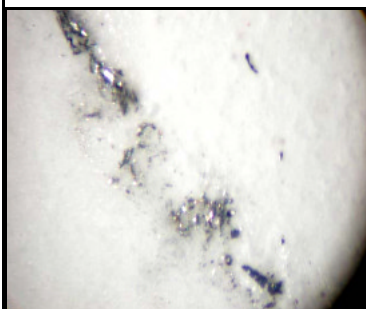


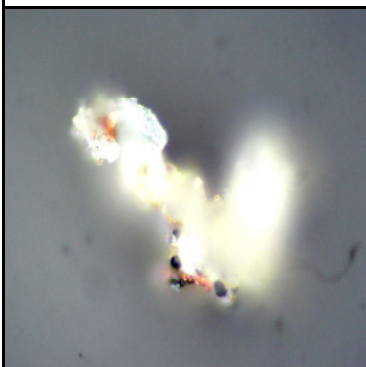
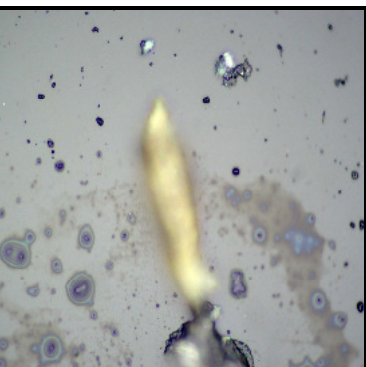

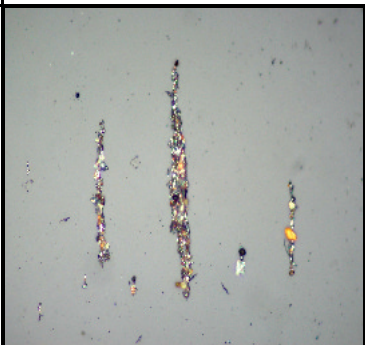
AF	PD	PC	PA	آنالیز عنصری				ردیف
				Si	Pb	Cu	Fe	
-	✓	-	۱۵/۱۳/۹	۰/۶	۰/۳	.	.	۱
-	✓	-	۱۷/۱۵/۸	۰/۴	.	.	.	۲
-	✓	۱۵/۱۲/۷	۱۶/۱۴/۱۱	.	.	.	.	۳
-	✓	۱۸/۱۵/۱۲	۱۷/۱۵/۱۲	.	.	.	.	۴
-	✓	-	۱۵/۱۴/۱۰	.	.	.	.	۵
✓	✓	-	۲۳/۲۱/۱۶	۷	۱/۶	۰/۳	۱/۱	۶



<p>PD نمونه ۶ - هیدرولیک</p> 		
<p>AF نمونه ۱ - هیدرولیک</p>	<p>AF نمونه ۱ - هیدرولیک</p>	<p>PD نمونه ۷ - هیدرولیک</p>
		
<p>AF نمونه ۷ - هیدرولیک</p>	<p>AF نمونه ۶ - هیدرولیک</p>	<p>AF نمونه ۶ - هیدرولیک</p>
<p>SCALE = 60 micron : AF 1 mm = 3 Micron : PD</p>	<p>شکل شماره (۳) تصاویر ذرات نمونه های هیدرولیک</p>	
		 <p>AF نمونه ۷ - هیدرولیک</p>

		
<p>PD نمونه ۳ - موتور</p>	<p>PD نمونه ۲ - موتور</p>	<p>PD نمونه ۱ - موتور</p>

PD نمونه ۷ - موتور	PD نمونه ۵ - موتور	PD نمونه ۴ - موتور
AF نمونه ۶ - موتور	AF نمونه ۱ - موتور	AF نمونه ۱ - موتور
AF نمونه ۷ - موتور	AF نمونه ۷ - موتور	AF نمونه ۶ - موتور
— SCALE = 60 micron : AF 1mm=3 Micron : PD	شکل شماره (۴) تصاویر ذرات نمونه های موتور	

		
PD نمونه ۳ - توربین	PD نمونه ۲ - توربین	PD نمونه ۱ - توربین
		
PD نمونه ۶ - توربین	PD نمونه ۵ - توربین	PD نمونه ۴ - توربین
		
AF نمونه ۶ - توربین	AF نمونه ۴ - توربین	AF نمونه ۴ - توربین
<p>SCALE = 60 micron : AF 1mm=3 Micron : PD</p>	<p>شکل شماره (۵) تصاویر ذرات نمونه های توربین</p>	
		
		AF نمونه ۶ - توربین



منابع:

- ۱- علی رضا مسعودی "استراتژی پیش اقدام و کنترل فرسایش سیستمهای مکانیکی در ایران" / دومین کنفرانس بین المللی نگهداری و تعمیرات ایران / دانشگاه علم و صنعت ایران ۱۳۸۲
- ۲- "بررسی جنبه های اقتصادی برنامه CM از طریق آنالیز روغن" - واحد تحقیقات البرز تدبیر کاران ۱۳۸۰
- ۳- "کنترل سطح تمیزی روغنهای هیدرولیک و روانکار با استفاده از تکنیک PA" - واحد تحقیقات البرز تدبیر کاران ۱۳۸۵
- ۴- علی رضا مسعودی "مقدمه ای بر روش مراقبت وضعیت Condition Monitoring" - ۱۳۷۴
- 5- H. Jones and A. R. Massoudi "Profitable Condition Monitoring: The Role for Contamination Control" / Department of Mech. Eng. University of Swansea 1992
- 6- Waheed Y. A. "The Condition Monitoring and the Cleanliness of the fresh lubricating oils" / Research Institute of Automotive Industry/ Budapest / Hungary 1984/



مراقبت وضعیت ماشین آلات

Machinery Condition Monitoring

آنالیز ذرات فرسایشی و روانکارها

Lubricant & Particle Analysis

ضرورت آسیب شناسی CM

- مقدمه
- چکیده
- اهداف و انتظارات کلی
- ضرورت آسیب شناسی CM
- چالشهای کلی
- پیاده سازی و بکارگیری CM
- برخی آسیبهای متداول
- تعیین اهداف و انتظارات
- برنامه نمونه گیری و استفاده از نتایج
- نقصان اطلاعات و اراده مدیریتی
- ارزیابی میزان اثر بخشی (فنی/اقتصادی)
- سیستم مکانیزه نت
- CM غیر استاندارد

شماره

۳۸

واحد تحقیقات و آزمایشگاه

شرکت فنی و مهندسی البرز تدبیرکاران

زمستان ۱۳۹۱

CM و ضرورت آسیب شناسی

علی رضا مسعودی

واحد تحقیقات شرکت البرزتدبیر کاران

atk@alborztadbir.com

اسفند ۱۳۹۱

مقدمه:

بررسی و بازنگری چگونگی روند توسعه فن آوری پایش وضعیت در صنایع مختلف ایران و آسیب شناسی روشهای بکاررفته، جهت شناخت علل عدم تحقق برخی از اهداف و انتظارات کاربران و یا مطلوب نبودن سطح بهره وری از این فن آوری، ضروری بنظر می رسد.

بیش از دو دهه (۱۳۶۸) از شروع مطالعات اولیه، برای طرح و بومی سازی فنآوری پایش وضعیت تجهیزات (Oil Condition Monitoring, CM) در ایران می گذرد. مدیران و کارشناسان در سازمانها و صنایع مختلف، متناسب با شرایط کاری، سلائق مدیریتی و یا آگاهیهای فنی خود، برخوردهای متفاوتی را در نحوه پذیرش، پیاده سازی و تداوم بکارگیری این فن آوری داشته اند.

بررسی نمونه های موفق، یا ناموفق در پیاده سازی و بکارگیری CM، نشان دهنده نقش تعیین کننده روشهایی است که در پیاده سازی و بکارگیری CM، و تعمیق و توسعه این فن آوری مورد استفاده قرار گرفته است. در بررسیهای آسیب شناسانه CM، میتوان عوامل موثر در ناکارآمدیهای احتمالی و یا عدم تحقق برخی انتظارات از این فن آوری را بیش از پیش مورد شناسائی و ارزیابی قرار داده و امکان افزایش کارایی آن را فراهم آورد. در واقع با واکاوی مستمر برنامه CM توسط کاربر و مشاورین CM، نقاط ضعف و قوت سیستم و علل نارساییهای برنامه، مورد مطالعه و اصلاح قرار میگیرد.

چکیده

هرچند طی حدود بیست سال گذشته، استفاده از فن آوری CM، توسط کاربران مختلف، گسترش یافته است، ولی ریشه یابی و تشخیص علل عدم بهره گیری از همه قابلیتهای بالقوه CM و عدم تامین انتظارات کاربران، مستلزم آسیب شناسی مستمر می باشد. ارزیابی کاربران، متناسب با مختصات کاریشان میتواند متفاوت بوده و به همین دلیل آسیب شناسی مستمر CM را باید بعنوان بخشی از برنامه CM تلقی نمایند. نتایج مطالعات آسیب شناسی نشان می دهد، عدم تعیین دقیق اهداف و انتظارات از اجرای CM، عدم نمونه گیری منظم با تناوبهای مناسب، عدم بکارگیری الگوهای صحیح ارزیابی اقتصادی، استفاده از روشها و آزمایشهای غیر استاندارد CM و نبود بسترهای مناسب اجرایی CM، را میتوان از مهمترین عوامل اختلال در کارایی CM ذکر نمود.

۱- اهداف و انتظارات کلی

باتوجه به تواناییهای گسترده CM، کاربران این فن آوری در صنایع مختلف، میتوانند براساس نیاز، آگاهیهای فنی و ویژگی های کاری و تجهیزاتی خود، اهداف و انتظارات بسیار متنوعی را از اجرا و بکار گیری CM تعقیب نمایند. برخی از اهداف و انتظارات مهم CM را میتوان به شرح ذیل خلاصه نمود:

- ۱- عیب یابی بموقع
- ۲- افزایش بهره وری
- ۳- کنترلهای مدیریتی
- ۴- کنترل و بهینه سازی PM
- ۵- ملاحظات زیست محیطی
- ۶- مطالعه و تحقیقات مختلف
- ۷- اجرای موثر RCM, RBI, ...
- ۸- کنترل کیفیت محصولات تولیدی
- ۹- شناسائی و کنترل عوامل فرسایش
- ۱۰- آگاهی از وضعیت فرسایش دستگاه
- ۱۱- کنترل صحت و دقت انجام سرویسها
- ۱۲- برنامه ریزی و کنترل کیفیت تعمیرات
- ۱۳- افزایش قابلیت اطمینان و طول عمر دستگاه
- ۱۴- کنترل کیفیت و صرفه جوئی در مواد مصرفی و قطعات

۲- ضرورت آسیب شناسی CM

بررسی روند اجرا و توسعه CM در صدها سازمان و صنعت مختلف، در بیش از بیست سال گذشته نشان می دهد که در حال حاضر سطح و تنوع بهره برداری از تواناییهای گسترده CM، بسیار محدودتر از میزان مورد انتظار بوده و در موارد زیادی کاربران از تحقق بخشهایی از انتظارات خود مایوس می شوند. در این ارتباط، بررسی علل احتمالی عدم تحقق اهداف از پیش تعریف شده و یا انحراف از برنامه های پیشبینی شده (فنی، اقتصادی و یا مدیریتی)، مستلزم ارزیابی و بازنگری گردش کار و کلیه عوامل موثر در اجرای برنامه خواهد بود. ضرورت بازنگری آسیب شناسانه در بکارگیری CM را میتوان در دو محور زیر خلاصه نمود:

الف: عدم تامین انتظارات و رضایت مندی بسیاری از کاربران از اجرای CM

ب: ضرورت توسعه و بهره برداری از همه توانمندیهای CM

مباحث آسیب شناسی CM را میتوان، حول دو محور زیر مورد توجه قرار داد:

- بررسی علل عدم کارایی برنامه CM در محدوده تعریف شده و چگونگی رفع نقایص

- برنامه ریزی نحوه توسعه و بکارگیری حوزه های جدیدتری از قابلیت های CM

۳- چالشهای کلی

پیاده سازی و اجرای CM، مستلزم برنامه ریزی و اقداماتی هماهنگ و متناسب با اهداف و انتظارات از بکارگیری این فن آوری است. پس از پیاده سازی، بازنگری و آسیب شناسی مستمر، متضمن اصلاح و ارتقاء CM می باشد. مهمترین چالشهای متداول و عوامل موثر در کاهش کارایی برنامه CM:

- ۱- عدم بکارگیری CM بصورت بسته جامع نت
- ۲- فقدان جایگاه و ارتباطات سازمانی مناسب CM
- ۳- انتظارات غیرواقع بینانه از ظرفیت و قابلیت CM
- ۴- عدم تعریف و اولویت بندی اهداف و انتظارات مشخص
- ۵- عدم برنامه ریزی و اجرای دقیق برنامه نمونه گیری SOS
- ۶- عدم دسترسی و بکارگیری همه آزمایشهای مورد نیاز CM
- ۷- ترویج و استفاده از روشهای غیر استاندارد/علمی و ناکارآمد
- ۸- عدم برنامه ریزی و پیش بینی دوره های آموزش و ارتقاء تجربه
- ۹- عدم بکارگیری سیستم جامع مکانیزه و ثبت/گردش مناسب اطلاعات
- ۱۰- عدم دسترسی به اطلاعات و منابع فنی لازم و توصیه های سازنده ماشین
- ۱۱- عدم وجود سازمان CM موثر، منابع یا مراجع رسمی و علمی فنی/آموزشی
- ۱۲- عدم تناسب نوع و میزان انتظارات با مشخصات برنامه CM مورد استفاده
- ۱۳- فقدان مدیریت روانکارها، تغییر بدون برنامه نوع و مشخصات روغنهای مصرفی
- ۱۴- عدم تمایل/ همکاری برخی از کارکنان سنتی نت در اجرای CM و گاهی اختلال تعمدی
- ۱۵- ترجیح اکثر مسئولین در تامین هزینه تعمیر (قطعه و دستمزد) بجای هزینه پیشگیری
- ۱۶- عدم سرمایه گذاریهای تحقیقاتی لازم (Base Line، شاخصها، رفتار فرسایشی و غیره)
- ۱۷- فقدان کادر و دانش فنی کافی در زمینه مهندسی CM، روغن، تکنیکهای عیب یابی و غیره
- ۱۸- عدم شناخت کافی به تنوع، توانایی و محدودیت آزمایشها و روشهای استاندارد مربوطه
- ۱۹- فقدان سیستم ارزیابی موثر اقتصادی مستقیم/ غیرمستقیم - کوتاه/ بلند مدت (منافع CM پیش اقدام، عمر دستگاه، افزایش ایمنی، کاهش توقفها و غیره)

۴- پیاده سازی و بکارگیری CM

طراحی و برنامه ریزیهای لازم، برای پیاده سازی و اجرای CM موثر، در درجه اول مستلزم مطالعه و ارزیابی سازمان نت موجود است. به همین دلیل تشریح روابط کاری و شناخت کلیه عوامل موثر در فعالیتهای نت جاری ضروری است. در این ارتباط، ارکان چهارگانه ذیل حیاتی خواهد بود:

- دانش فنی و تجربه عوامل اجرایی
- سازمان و سامانه مناسب
- برنامه ریزیها و فرایندهای عملیاتی
- آزمایشگاه و آزمایشهای CM

بدیهی است که اطلاعات حاصل از آزمایش روغن به تنهایی شرط کافی برای تحقق اهداف و انتظارات برنامه CM نمی باشد. سه محور مهم در پیاده سازی موثر CM:

- تحلیل و تفسیر نتایج آزمایشها در کنار اطلاعات میدانی
- هماهنگیهای فنی و مدیریتی با عوامل اجرایی و برنامه ریزیهای اجرایی
- انجام زنجیره اقدامات اصلاحی دستگاه و بازخور اطلاعات

براساس ارکان فوق، مهمترین تمهیدات و اقدامات لازم در اجرای صحیح CM را میتوان به شرح ذیل خلاصه نمود:

- ۱- تنظیم و اجرای برنامه مناسب نمونه گیری
- ۲- بازخورد اطلاعات حاصل از اقدامات انجام شده
- ۳- تصمیم سازی و هماهنگی در انجام اقدامات لازم
- ۴- ایجاد سازمان و نیروی انسانی لازم، براساس اهداف و انتظارات از CM
- ۵- انجام آزمایشهای مورد نیاز، پردازش نتایج/اطلاعات نمونه، تحلیل و تفسیر اولیه
- ۶- هماهنگی و تعامل با بخشهای نت (تعمیرات، سرویس و غیره)، بهره بردار و تامین
- ۷- تحلیل نهائی نتایج با در نظر گرفتن اطلاعات فنی و گزارشهای کاری دستگاه (سوابق سرویسها/تعمیرات قبلی/دیگر گزارشهای عملیاتی مربوطه)

۵- برخی از آسیبهای متداولتر CM

برخی از متداولترین عوامل مشترکی که منجر به ناکارآمدی برنامه های CM در ایران شده، مورد بررسی قرار گرفته است. مهمترین این عوامل را میتوان به شرح ذیل خلاصه نمود:

- ۱- بعضا بکارگیری CM غیر استاندارد
- ۲- عدم برنامه ریزی در نمونه گیری، انجام آزمایشهای مناسب
- ۳- عدم ارزیابی میزان اثربخشی فنی/اقتصادی CM و سیستم بازخور
- ۴- نقصان اطلاعات، دانش فنی و تجربه و مدیریت لازم در بکارگیری نتایج و اقدامات لازم
- ۵- عدم تعریف و اولویت بندی روشن از اهداف و انتظارات CM (متناسب با میزان سرمایه گذاریهای مادی، سازمانی و انسانی)

۶- تعیین اهداف و انتظارات CM

در فرایند طراحی، پیاده سازی و بکارگیری یک برنامه CM کارآمد، قبل از هرچیز، تعیین اهداف/انتظارات و اولویتهای برنامه، پایه ای ترین اقدام می باشد. عموماً انتظار کاربران از CM، براساس نیاز و بعضاً تلقی خود آنها از CM شکل می گیرد و نه براساس توانمندیهای واقعی این فن آوری و یا میزان فراهم بودن شرایط اجرایی.

بطور مثال: بسیاری از کاربران، CM را در درجه اول با هدف عیب یابی مورد استفاده قرار می دهند. در حالی که تحقق این خواسته، مستلزم سازوکارهای لازم از جمله: سوابق کار و تعمیرات دستگاه، وجود

کارشناسان متخصص، منابع اطلاعات فنی/تجربی در مورد ساختار دستگاه، علل خرابیها، شاخص مقادیر آزمایش، تکنیکهای مختلف تحلیل نتایج و غیره می باشد.

در صورتی که کنترل کیفیت و کاهش مصرف مواد مصرفی بعنوان الویت اول در نظر گرفته شود، هماهنگی در تنظیم تناوبها و اجرای دقیق برنامه نمونه گیری و انجام آزمایشهای لازم، برنامه ریزی سرویسها، اجرا و کنترل برنامه PM و غیره، حائز اهمیت زیادی خواهد بود. بنابراین، سطح و نوع انتظارات از CM، تناسب منطقی با میزان توجه و برنامه ریزی در پیاده سازی CM خواهد داشت. برخی از عوامل موثر در تعیین اهداف و انتظارات، به شرح ذیل است:

- ۱- محیط و شرایط کار دستگاهها
- ۲- نیروی انسانی CM (تعداد و تخصص)
- ۳- نوع صنعت از نظر ویژگیها/ روش و ارزش تولید
- ۴- نوع، ارزش، حساسیت و تعداد تجهیزات تحت پوشش CM
- ۵- تجربه و طول دوره اجرای CM (بانک اطلاعات)
- ۶- استراتژیهای نت موجود (PM، پیش اقدام و غیره)
- ۷- ساختار سازمانی و برنامه های نت / CM موجود (جایگاه، اختیارات و وظایف)

۷- برنامه نمونه گیری و استفاده از نتایج آنالیز نمونه روغن

برنامه نمونه گیری روغن از ماشین آلات و تجهیزات تحت پوشش CM، نقش تعیین کننده ای در کارایی برنامه CM و کیفیت اطلاعات استخراجی و تحقق انتظارات از CM دارد. شرکت کاترپیلار بطور مثال، اجرای برنامه نمونه گیری منظم (Scheduled Oil Sampling, SOS) را بسیار تعیین کننده ارزیابی نموده و متناسب با حساسیت و دیگر عوامل کاری موثر، تناوب نمونه گیری مشخصی را پیشنهاد می نماید.

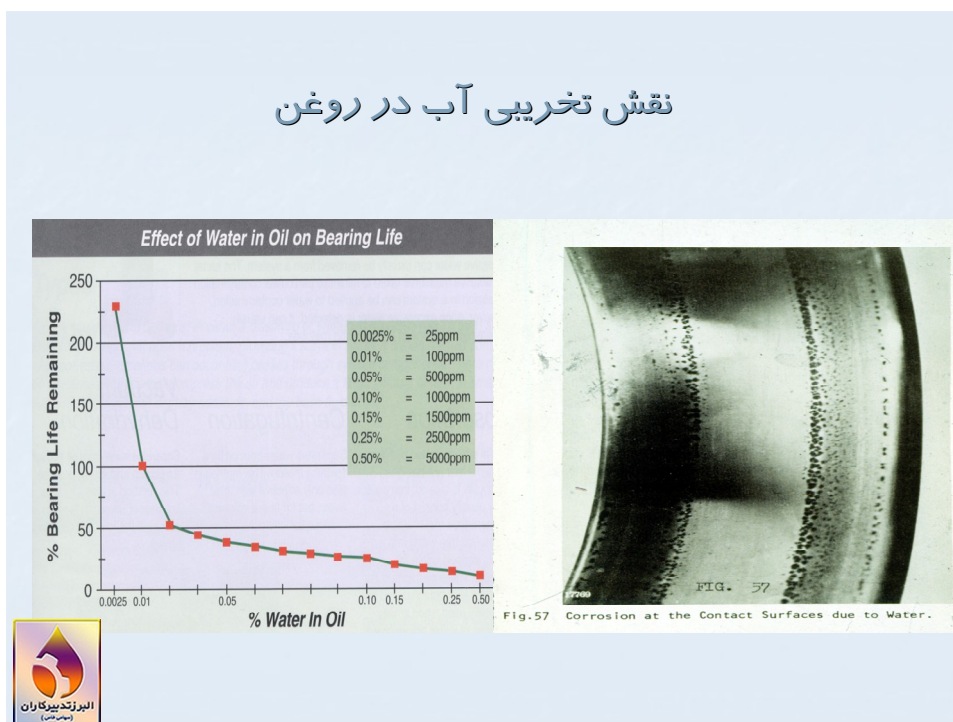
بطور معمول فاصله زمانی نمونه گیری موتورهای دیزل، ۲۵۰ تا ۴۰۰ ساعت می باشد (حدود ۵ تا ۷ نمونه در سال). در حالی که براساس مطالعه انجام شده، در بسیاری از موارد، کاربران CM در ایران، بدون پیروی از جدول زمانی خاص و بصورت اتفاقی و یا موردی اقدام به نمونه گیری می نمایند (Random Oil Sampling, ROS).

در بخشهای صنعتی، نظیر پتروشیمی و نیروگاهها، برای تجهیزات حساستری چون توربین و کمپرسور و غیره، تناوب نمونه گیری هر ۵۰۰ تا ۶۰۰ ساعت کار توصیه می شود که سالیانه بطور متوسط برای هر دستگاه حدود ۱۲ نمونه ضروری خواهد بود.

هرچند از طریق (ROS) نیز میتوان اطلاعات ارزشمندی را در ارتباط با وضعیت روغن و دستگاه بدست آورد، ولی بدون برنامه SOS نمیتوان انتظار کارایی مطلوبی از CM داشت. بطور مثال، از طریق ROS، امکان تعقیب روند فرسایش (Trend Monitoring) دور از انتظار است. به همین دلیل، در بسیاری از موارد، حداقل انتظار کاربر در اطلاع بموقع از شروع فرسایش غیرعادی و رفع عامل فرسایش (In Time Action) محقق نخواهد گردید، بلکه عموماً پس از تاثیر گذاری عامل فرسایش، پیش رفت عیب، مشکل شناسایی خواهد شد، مگر موارد اتفاقی - تصاویر ۱ و ۲.



شکل (۱)



شکل (۲)

۸- نقصان اطلاعات، دانش فنی، و اراده مدیریتی

عدم واکنش سریع و بموقع به نتایج آزمایشها، بدلیل عدم وجود سیستم مدیریتی لازم و یا عدم آگاهی و تجربه فنی، در تشخیص و اقدامات اصلاحی برای حذف مشکل، از مهمترین موانع متداول در اجرای موثر برنامه های CM و به هدر رفتن منابع می گردد، تصاویر ۳ و ۵.

همانطوریکه در تصویر (۳) ملاحظه می شود، علی رغم اینکه در نمونه های قبلی نسبت به آلودگی سیلیس و آثار فرسایشی حاد (آهن، مس، آلومینیوم و غیره) هشدار داده شده است، نتایج آخرین نمونه ها، کماکان نشان می دهد که هیچگونه اقدام موثری جهت رفع مشکل صورت نگرفته است و فرسایش حاد ناشی از عامل فرسایش ادامه دارد.

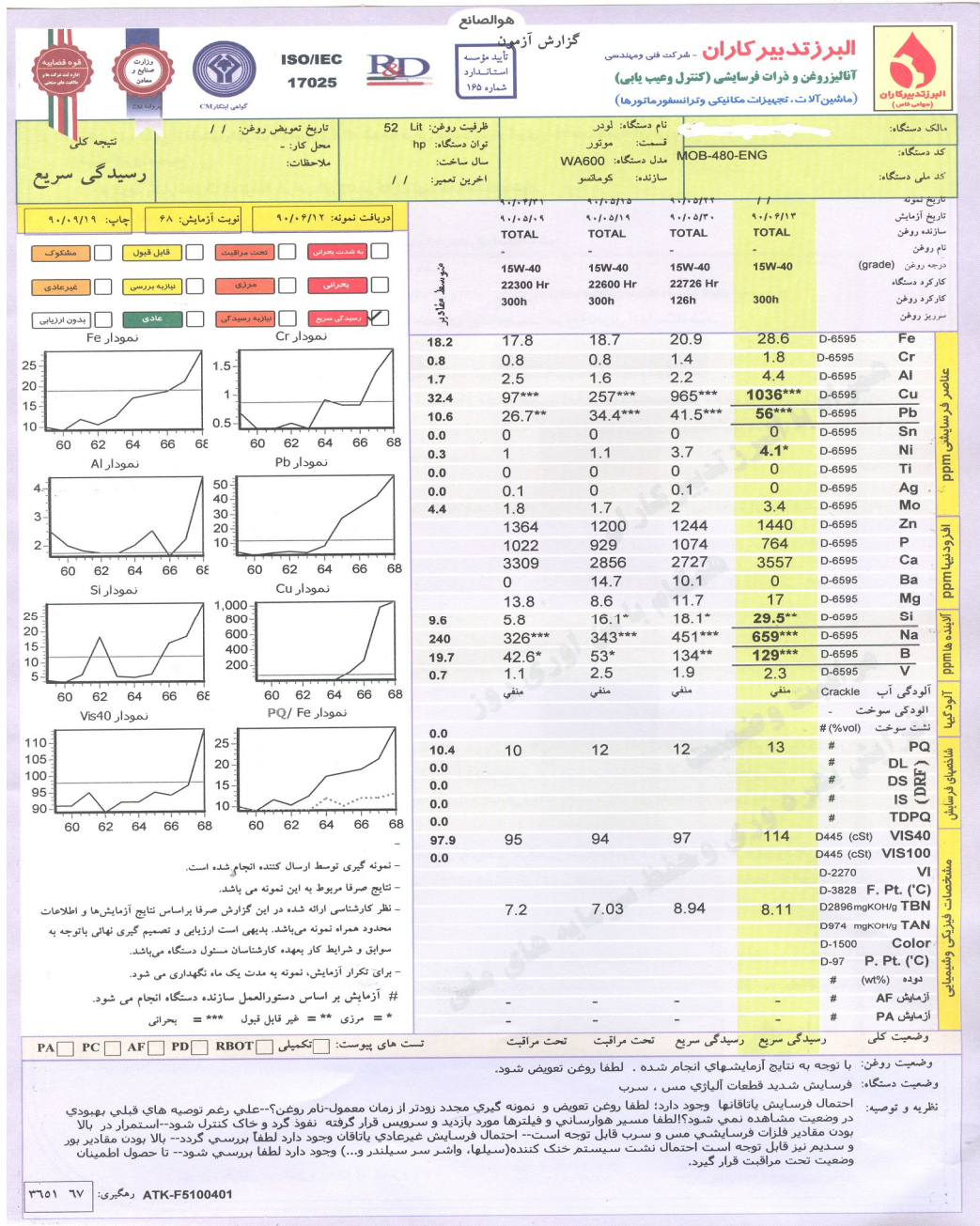
۹- ارزیابی میزان اثربخشی CM

صرفنظر از جنبه های ایمنی و قابلیت اطمینان، انگیزه اقتصادی، از مهمترین علل بکارگیری فن آوری CM می باشد. براساس نتایج مطالعه و آسیب شناسی CM، یکی از مهمترین موانع حمایت موثر مدیران از اجرای CM، عدم آگاهی و یا اطمینان آنها از آثار اقتصادی CM: کاهش هزینه ها، افزایش بهره وری و قابلیت اطمینان، می باشد. به همین دلیل وجود شاخصها و روشهای ارزیابی اقتصادی، بعنوان ضرورتی موثر در تثبیت و توسعه بکارگیری CM مورد توجه می باشد.

نتایج ارزیابی هزینه/فایده بکارگیری CM توسط صنایع مختلف در قالب شاخصهای مختلفی قابل ارائه خواهد بود. کاترپیلار بطور مثال: نسبت هزینه به منفعت را ۱ به ۱۰ تجربه کرده است (سایت کاترپیلار). برخی منابع معتبر، اجرای CM را منجر به حدود ۲۵٪ کاهش هزینه های مستقیم نگهداری و تعمیر و منافع موثر در بهبود تولید را تا دو برابر این مقدار ذکر نموده است.

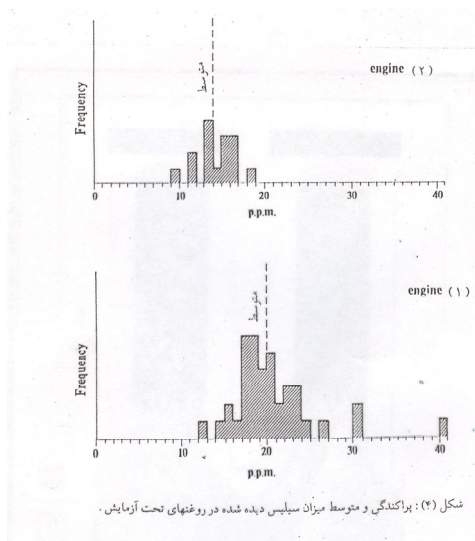
عدم وجود سیستم و یا الگوهای موثر در محاسبه و اندازه گیری میزان اثر بخشی اقتصادی CM در کاهش هزینه راهبری و یا افزایش بهره وری، بعنوان یکی از علل مهم در نبود انگیزه کافی جهت توجه، سرمایه گذاری، بکارگیری و توسعه CM شناخته می شود.

منافع و دست آوردهای اقتصادی مستقیم و غیرمستقیم حاصل از اجرای CM را میتوان در دو مقطع کوتاه مدت و بلند مدت مورد بررسی قرار داد. برآورد منافع و صرفه جوئیهای مستقیم و کوتاه مدت، نظیر: عیب یابی و تعمیرات بموقع، بطور نسبی آسانتر و ملموستر بوده و محاسبه آن سریعتر می باشد. در حالی که دست آوردهای گسترده تر از اجرای CM را میتوان در منافع غیر مستقیم و بلند مدت، از طریق اجرای فرایندهایی نظیر: کنترل و بهینه سازی نت پیشگیرانه (Preventive Maintenance)، اعمال نت پیش اقدام (Proactive Maintenance) و پیاده سازی نت پیش بینی (Predictive Maintenance)، جستجو نمود که حاصل آن، کاهش و کنترل استهلاک/افزایش عمر دستگاه، کنترل و حذف منابع هزینه و عوامل تشدید فرسایش، کاهش وقفه های کار و تولید، افزایش تولید و نهایتاً کاهش هزینه تولید و غیره خواهد بود. ارزیابی کلیه مولفه های اخیر الذکر، مستلزم روشهای محاسبه، بکارگیری الگوهای مناسب و اعمال مدیریتهای خاص می باشد. متأسفانه در حال حاضر اکثریت قریب به اتفاق کاربران، معمولاً توجه کافی به این امر نداشته و یا اصولاً فاقد توانائی و یا تجربه لازم در این زمینه می باشند. نمودارهای تصاویر ۴ و ۵، نتایج کار مشترک مدیریت فنی/مالی شرکت حمل و نقل بوداپست، با ناوگانی شامل بیش از ۲۰۰۰ دستگاه اتوبوس و کامیون در کاهش فرسایش دیزل ناوگان، از طریق شناسایی و رفع ضعف سیستم فیلتر هوا را در دو مقطع زمانی شش ماهه نشان می دهد.

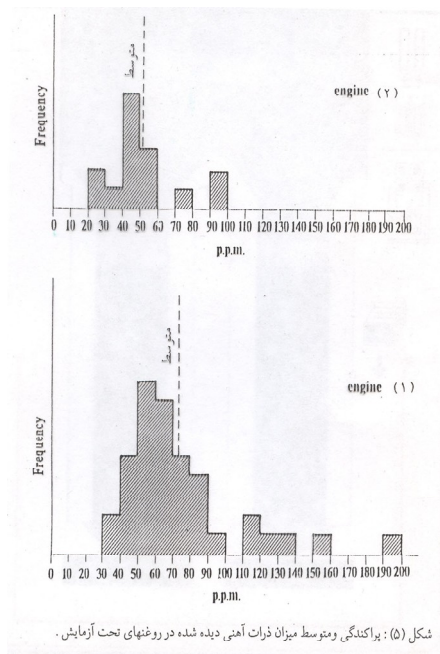


شکل (۳)

براساس این گزارش، بکارگیری موثر CM منجر به تشخیص و اصلاح سیستم فیلتر هوای موتور ماشینها، کنترل نفوذ و آلودگی سیلیس (حدود ۲۵ درصد) و نتیجتاً کاهش قابل توجه فرسایش قطعات داخلی موتور گردید (حدود ۳۰ درصد قطعات آهنی، همین میزان پیستون و غیره). صرفه جویی حاصل از این اقدام سالیانه معادل ۶۰ دستگاه اتوبوس نو برآورد گردید.



شکل (۴)



شکل (۵)

۱- سیستم مکانیزه نت

هرچند اجرا و بکارگیری انتزاعی برنامه آنالیز روغن دارای منافع خاص خود است، ولی دست آوردهای مورد انتظار از یک CM موثر و بهره ور، تنها در صورت هماهنگی و تلفیق با برنامه نت جامع و مکانیزه محقق خواهد شد، زیرا امکان تحلیل و استنتاج موثر نتایج آزمایشهای روغن، از طریق دسترسی به سوابق و اطلاعات مربوط به فعالیتهای نگهداری و تعمیرات دستگاه ممکن میگردد.

برخی از اطلاعات مهمتر که از طریق این سیستم در برنامه CM قرار می گیرد:

۱- شاخصها

۲- سوابق تعمیرات و سرویس

۳- سوابق آزمایشهای CM

۴- اطلاعات مربوط به روغن و نمونه روغن

۵- توصیه های سازنده و اطلاعات فنی دستگاه (بانک اطلاعات)

۶- اطلاعات ساختاری و کاری دستگاه (اپریشن)

بدون تامین و دسترسی سریع و آسان به اطلاعات فوق، تحلیل نتایج آنالیز روغن و ارزیابی وضعیت دستگاه و روانکار موجود، غیرممکن و یا غیردقیق خواهد بود.

۱۱- اجرای برنامه های CM غیراستاندارد

اجرای صحیح و موثر CM، مستلزم انجام حداقل آزمایشهای استاندارد، متناسب با نوع تجهیزات و انتظارات می باشد. بدیهی است که ناکافی و یا غیر استاندارد بودن آزمایشها، منجر به عدم استخراج حداقل اطلاعات لازم و یا صحیح در مورد وضعیت دستگاه و روغن شده و بطور طبیعی میتواند منجر به تشخیص و تصمیم ناصحیح و نهایتا خسارتهای پنهان و آشکار شود.

از طرف دیگر، اندازه گیری فاکتورهای مهمی چون آلودگی آب و سیلیس و همچنین فلزات فرسایشی (نظیر: مس، سرب، آلومینیوم، آهن و غیره)، بعنوان اطلاعات پایه ای برنامه CM شناخته می شود که در برنامه CM غیراستانداردی که تحت عنوان CM کارگاهی و ارزان مطرح شده است، هیچ یک از این اطلاعات پایه ای قابل استحصال نبوده و یا بدلیل غیر استاندارد بودن آزمایش، نتایج قابل اعتماد نمی باشد. بطور مثال: نتایج حاصل از بکارگیری برنامه CM غیر استاندارد، توسط یکی از ناوگانهای بزرگ حمل و نقل شهری کشور، با حدود ۱۸۰۰ دستگاه اتوبوس، مورد استفاده قرار گرفت. پس از حدود ۶ سال استفاده از این روش (۱۳۸۳ الی ۱۳۸۹)، صحت و کارایی نتایج، مورد تردید جدی قرار گرفت و متعاقبا کلیه اتوبوسها تحت پوشش برنامه CM استاندارد قرار گرفتند.

نتایج اولیه اجرای برنامه CM استاندارد، نشان داد که طی دوره استفاده از CM کارگاهی، نه تنها حداقل انتظارات از اجرای CM (کنترل و پیشگیری عوامل فرسایش، کیفیت و آلودگی روغن و عیب یابی) حاصل نشده است، بلکه باعث غفلت کاربر از وضعیت بسیار نامطلوب ناوگان گردید. نتایج شش ماهه اول CM استاندارد نشان داد که سطح آلودگی روغن (Si سیلیس) و میزان فرسایش قطعات حساس (رینگ Cr، پیستون Al، آهن Fe و غیره) بطور غیرعادی بالا بوده است، (آلودگی بالا در موتورها بیش از ۶۰٪ و حدود ۹۰٪ نیز فرسایش غیرعادی قطعات). بنابراین، CM غیراستاندارد، وضعیت نامطلوب/بحرانی روغن و قطعات موتورها را تشخیص نداده است، در حالی که کاربر بر این تصور بوده که ناوگان تحت کنترل CM است. پس از آگاهی کاربر از وضعیت دستگاهها و انجام اقدامات اصلاحی (براساس نتایج آزمایشهای CM استاندارد)، در ۶ ماه دوم اجرای CM استاندارد، روند فرسایشی و آلودگیها به میزان قابل توجهی کاهش یافت (آلودگیها بیش از ۵۰٪، فلزات فرسایشی - آهن، کروم، آلومینیوم و غیره نیز بیش از ۳۰٪).