بررسی مولفه‌های فرسایشی و آنالیز روغن موتور تراکتور مسی فرگوسن MF399 بر اساس شرایط کاری

افسانه محمدی سرواله[۱]، محمد حسین کیانمهر[۲*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران
۲- استاد گروه مهندسی فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران
kianmehr@ut.ac.ir

چکیده

به منظور انتخاب تکنیک مناسب مراقبت وضعیت یک ماشین، بایستی علاوه بر آشنایی کامل با طرز کار دستگاه، بررسی لازم از اجزاء ماشین صورت گیرد و قطعاتی که احتمال خرابی بیشتر دارند تعیین شوند. 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. لازمه رسیدن به اهداف مذکور تحلیل دقیق مقادیر آزمایشگاهی به همراه بررسی سوابق تعمیراتی و شرایط کارکردی تجهیزات می‌باشد .در این تحقیق سعی شده است تا رفتار فرسایشی موتور تراکتور مسی فرگوسن مدل MF399 به مدت ۵ سال مورد بررسی قرار گیرد. داده‌های استفاده‌شده شامل مقادیر ذرات فرسایشی، مواد افزودنی، آلودگی‌های موجود در روغن، آزمایش PQ، آنالیز عنصری و فرو گرافی تجزیه‌ای می‌باشد. ذرات بسیار ریز سیلیس که منشأ اصلی آلودگی روغن است در محیط کار ماشین‌های کشاورزی به وفور وجود دارد. سیلیس باعث فرسایش در رینگ، سیلندر و پیستون، یاتاقان‌ها و اکثر قطعات موتور می‌شود. با افزایش ذرات سیلیسی، مقدار فرسایش عناصر آهن، آلومینیوم، کروم، مس و سرب افزایش‌یافته است. به این ترتیب اعمال یک برنامهٔ مؤثر کنترلی و نظارتی بر وضعیت تجهیزات و سیستم‌های مکانیکی، کاهش هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم را برای پروژه‌های کشاورزی به دنبال خواهد داشت .

واژگان کلیدی: روان‌کار، نگهداری و تعمیرات، آنالیز روغن، آلوده کننده‌ها، فرسایش

مقدمه

طی سالیان متمادی به موازات ساخت و تولید انواع ماشین‌آلات و تجهیزات مکانیکی در کشاورزی و ارتقاء تکنولوژیک آن‌ها، موضوع نگهداری و تعمیرات (نت) به عنوان یکی از مهم‌ترین مسائل بهره‌برداری مورد توجه بوده است. با بهره‌گیری از روش‌های نوین نگهداری و تعمیرات، امکان بهینه‌سازی عملکرد سیستم‌ها و کنترل پارامترهای مختلف، نظیر روند استهلاک، کیفیت قطعات و مواد مصرفی و کیفیت تعمیرات، کاهش مصرف سوخت و انرژی، کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی، کاهش وقفه‌های زمانی در بهره‌برداری از ماشین‌آلات و افزایش ایمنی همراه باصرفه جویی‌های مالی و افزایش بازده اقتصادی فراهم خواهد آمد. برای انتخاب

تکنیک مناسب مراقبت وضعیت یک ماشین، بایستی ابتدا بررسی لازم از اجزاء 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، تکنیک‌های نظارت بر اساس عملکرد و مشاهده یک ارزیابی عمومی وضعیت را ارائه می‌دهند. روش‌های نظارت از راه آنالیز ارتعاشات معمولاً برای ماشین‌آلات دوار، به‌کاربرده می‌شوند. نظیر: الکتروموتور، ژنراتور و توربین. اما روش آنالیز روغن بر روی تمامی ماشین‌آلات و تجهیزات مکانیکی که دارای روغن به عنوان روان کار و یا به عنوان انتقال قدرت هستند قابل‌استفاده می‌باشند. 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 (مسعودی، ۱۳۸۵).

تاکنون تحقیقات بسیاری بر روی تأثیر روش‌های نوین عیب‌یابی و تعمیرات ماشین‌آلات صورت گرفته است. در یکی از تحقیقات، به منظور بهبود عیب‌یابی از پایش پایگاه داده و سامانه‌های هوشمند کمک گرفته شده است (Macian, *et al* 2003). هم‌چنین، از پایش روغن برای پیش‌بینی عیوب در موتورهای دیزلی شرکت‌های حمل‌ونقل استفاده نموده شده است (Mendonca and Sunderhaft, 2006)، و تحلیل آنالیز روغن به منظور پایش وضعیت موتورهای دیزلی (Verdegan, *et al* 1998). تحقیقات اولیه و پیگیری‌های لازم جهت معرفی و به‌کارگیری برنامه‌های مراقبت وضعیت از طریق آنالیز روغن از سال ۱۳۶۸ در صنعت کشور بنیان گذاشته شد. مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهد، کنترل مستمر کیفیت، صحت، آلودگی‌های روغن و سرویس‌ها از طریق CM، در بیش از ۸۰٪ موارد، فرسایش‌های غیرعادی را کاهش می‌دهد (مسعودی، ۱۳۶۸). مدل عیب‌یابی مکانیکی موتور تراکتورهای مسی فرگوسن مدل MF399 از طریق نتایج آزمایش‌های آنالیز روغن مطابق شرایط کاری ارائه شده است (برقعی و ابراهیم زاده، ۱۳۸۲). چگونگی نفوذ آلاینده‌ها به سیستم ماشین‌آلات و تأثیر آن‌ها در ایجاد خوردگی و فرسایش قطعات فلزی مورد بحث و بررسی قرارداده شده است (نهالپروری، ۱۳۸۴). علیزاده (۱۳۸۹) با مطالعه روی‌داده‌های نتایج آنالیز روغن موتور کامیون الگوی خاصی متناسب با مؤلفه‌های روغن ارائه کرد و با بکار گرفتن منطق فازی و ایجاد یک سلسله از قوانین به تشخیص و پیش‌بینی عیوب در موتور دیزل پرداخته شد. عملکرد نانو روان کارها در افزایش راندمان و کاهش هزینه‌های نت موتور را مورد بررسی قرار گرفته است (طاهری، ۱۳۸۴). روش‌های پایش وضعیت از طریق آنالیز روغن دارای قابلیت بالا در تشخیص و کنترل عیوب است. از عیوب احتمالی موتورتراکتور می‌توان به شرایط کارکرد غیرعادی پیستون، رینگ و سیلندر اشاره نمود لازمه رسیدن به اهداف مذکور تحلیل دقیق مقادیر آزمایشگاهی به همراه بررسی سوابق تعمیراتی و شرایط کارکردی تجهیزات می‌باشد. در این تحقیق سعی شده است تا رفتار فرسایشی موتور تراکتور مسی فرگوسن مدل MF399 مورد بررسی قرار گیرد .

از اهداف این پروژه می‌توان موارد زیر را نام برد: ارزیابی و تعیین شاخص‌های فرسایشی موتورهای تراکتور، بررسی رفتار مؤلفه‌های فرسایشی روغن با توجه به وضعیت کل موتور، آنالیز ذرات فلزی جهت تشخیص فرسایش قطعاتی که در تماس با روغن هستند به منظور پیش‌بینی تعمیرات. به طور کلی برنامهٔ مراقبت وضعیت ماشین‌ها با ثبت و کنترل عوامل موثر در سامانه موجب می‌شود خرابی حداقل، کیفیت تولید یا خدمات در کشاورزی به حداکثر و هزینه‌ها به کمترین مقدار ممکن رسانده شود.

مواد و روش‌ها

روش انتخاب نمونه‌ها

در این تحقیق با استفاده از نتایج آنالیز روغن موتور تراکتور مسی فرگوسن مدل MF399 از تاریخ ۱۳۸۲/۱/۲۵ تا ۱۳۸۷/۱۱/۱۵ به عیب‌یابی موتور تراکتور پرداخته شده است. داده‌های استفاده‌شده در این تحقیق از واحد انفورماتیک شرکت البرز تدبیر کاران گرفته شده است که شامل مقادیر عناصر فرسایشی و مؤلفه‌های موجود در روغن به همراه نظر تحلیل‌گر آزمایشگاه در مورد هر کدام از عناصر و وضعیت کلی موتور می‌باشد. موتور این تراکتورها، موتور دیزل چهار زمانه شش سیلندر آب خنک بود. نام روغن‌ها عموماً ارژن۴۰، آذرخش ویژه۴۰، و D7000 ۴۰ بود. تراکتورهای مذکور در شرایط کاری سنگین و پر گرد و خاک کار می‌کنند و در صورتی که عملیات آن‌ها به علت خرابی متوقف شود، علاوه بر هزینه‌های تعمیرات به دلیل ایجاد وقفه در عملیات زراعی خسارت-های زیادی را موجب خواهند شد.

آزمایش‌های انجام‌شده

نمونه‌های روغن موتور تراکتور مسی فرگوسن MF 399 در هر ۱۴ هفته به مدت ۵ سال گرفته شد و آزمایش‌های زیر بر روی آن انجام شد:

ویسکوزیته روغن: چگونگی اندازه‌گیری و گزارش: بر اساس تعریف، مقاومت یک سیال در برابر جاری شدن، ویسکوزیته یا گرانروی نامیده می‌شود که به عنوان مهم‌ترین خاصیت فیزیکی یک روان کار، مطرح است. گرانروی، یک عامل مهم در تشکیل لایه مناسب است و عامل مهمی که بر روی ویسکوزیته روغنی در حال کار تأثیر گذاشته و سبب تغییر آن می‌شوند، اکسیداسیون و آلودگی در حین کار است.

شاخص گرانروی: یک خاصیت مهم دیگر روغن‌ها شاخص گرانروی آن‌ها می‌باشد. این شاخص یک عدد بدون واحد بوده و وابستگی ویسکوزیته سینماتیک به دما را نشان می‌دهد. شاخص گرانروی از مقایسه ویسکوزیته سینماتیک روغن مورد آزمایش در دمای $40\ ^{\circ}C$ با ویسکوزیته دو روغن مرجع که یکی دارای شاخص برابر با صفر و دیگری دارای شاخص برابر با ۱۰۰ و دارای ویسکوزیته یکسان با روغن مورد آزمایش در دمای $100\ ^{\circ}C$ می‌باشند. جداول مورد نیاز برای محاسبه شاخص گرانروی از ویسکوزیته محاسبه‌شده در دمای $40^{\circ}C$ و $100^{\circ}C$ در استاندارد ASTM D2270 ذکر شده است.

آزمایش PQ: با به‌کارگیری آزمایش ساده PQ، می‌توان برنامه CM ماشین‌آلات (موتور ، سیستم هیدرولیک و ...)را به آسانی انجام داد. از ده‌ها نوع ذرات و عناصر موجود در روغن، دستگاه PQ تنها ذرات آهن آزاد موجود در نمونه روغن را به طور تقریب برآورد

می‌نماید، زیرا بر اساس حسگر مغناطیسی عمل می‌نماید و تنها نسبت به ذرات با خاصیت آهن‌ربایی (ذرات آهن آزاد) موجود در روغن، حساسیت دارد.

آنالیز اسپکترومتری (عنصری): این آزمایش روشی است برای تعیین و شمارش (سنجش) عناصر فلزی در روغن کارکرده که در نتیجه سایش، آلودگی و یا تخریب افزودنی‌ها به وجود می‌آیند. در این روش، روغن کارکرده در ارتباط مستقیم با یک منبع انرژی قرار می‌گیرد تا هر کدام از عناصر مقدار مشخصی از انرژی را جذب کنند و بدین ترتیب غلظت عناصر موجود در روغن مشخص می‌شود. این نتیجه بیانگر تمام عناصر فلزی نامحلول (حتی افزودنی)، ذرات آلودگی خواهد بود. امروزه این آزمایش، یکی از مهم-ترین آزمایش‌های آزمایشگاه‌های آنالیز روغن محسوب می‌شود و به وسیله آن می‌توان به اطلاعات دقیقی در ارتباط با آلودگی و شرایط سایشی دست یافت. تنها محدودیت این روش این است که برای ذرات بزرگ‌تر از ۵ میکرون، نتایج قابل قبولی ارائه نمی-دهد. از طرفی از آنجایی که نتایج آزمایش بر روی ذراتی با قطر بزرگ‌تر از ۱۰ میکرون، نتایج غیرطبیعی محسوب می‌شوند. بنابراین در تعیین عوامل فرسایش می‌بایست به این ذرات توجه شود و تعداد آن‌ها حساب شود. دقت این روش (با توجه به دقت دستگاه شمارنده ذرات) بین ۳ تا ۱۰ درصد است.

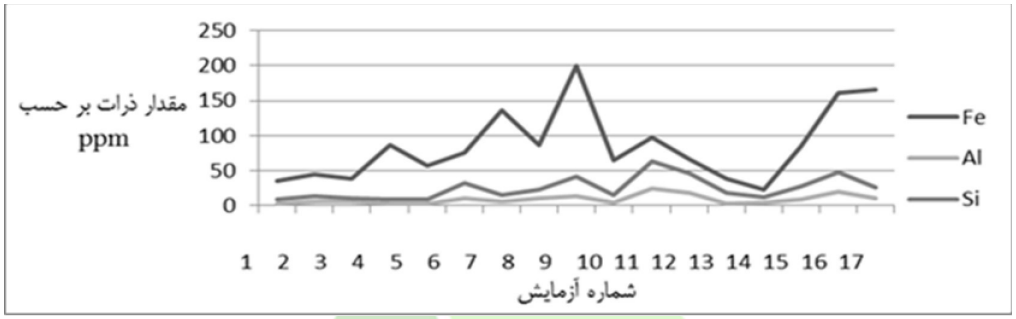
فرو گرافی تجزیه‌ای (AF)**:** این آزمایش نیز یکی از روش‌های مهم در تعمیر و نگهداری است که اجرای آن نیاز به داشتن اطلاعات وسیعی درباره انواع مکانیزم سایش درون ماشین‌آلات دارد.

تست آب: وجود بیش از حد آب در سیستم باعث کاهش تحمل بار در لایه روغن می‌شود و در مواردی که حرارت به اندازه کافی وجود داشته باشد، باعث ایجاد خوردگی و سایش در سیستم می‌شود. در بعضی شرایط، آب با تأثیر منفی بر ادتیوها باعث تسریع اکسیداسیون و تشکیل رسوبات در سیستم می‌شود. در بیشتر تجهیزات، آلودگی آب در روغن نباید از ۲۵٪ تجاوز کند و در روغن-های توربین و سیستم‌های کنترل، بیش‌ترین میزان مجاز آب 200 ppm است. البته بسته به نوع دستگاه، آلوده شدن روغن توسط آب متفاوت است و با توجه به میزان آلودگی، روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری آن وجود دارد.

عناصر و مواد مختلف که در آزمایش‌های فوق شناسایی شدند عبارت‌اند از ذرات فرسایشی (Fe, Al, Cd, Cr, Cu, Ni)، مواد افزودنی یا ادیتیوها (Ba, Ca, Mg, P, Zn)، آلودگی‌های موجود در روغن (Si, Pb, K) و تست آب.

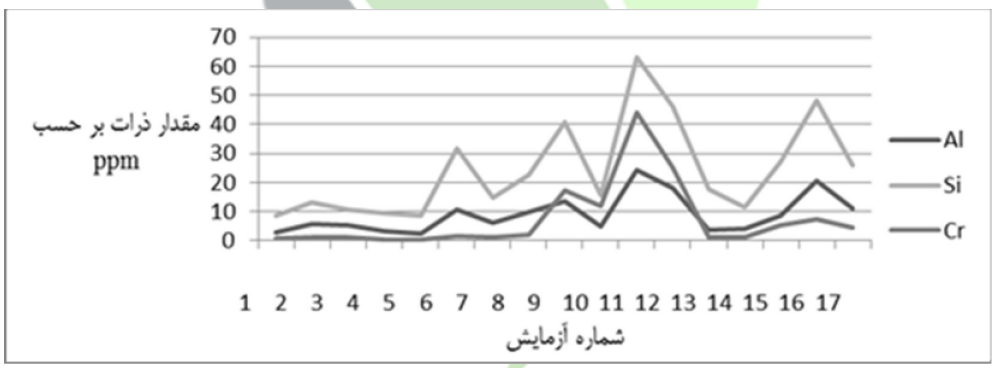
نتایج و بحث

نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌های روغن موتور تراکتور مسی فرگوسن مقادیر آهن (Fe)، کروم (Cr)، آلومینیوم(Al)، سرب (PB)، سیلیس (Si)، مس (CU) و ذرات آهن آزاد موجود در نمونه (PQ) را نشان می‌دهد. با توجه به شکل (۱) می‌توان دریافت که با افزایش ذرات سیلیسی، مقدار فرسایش عناصر آهن و آلومینیوم موجود در پیستون و آستری سیلندر افزایش‌یافته است. سیلیس به عنوان یکی از عوامل اصلی آلودگی روغن سیستم‌های مکانیکی شناخته می‌شود. ذرات بسیار ریز سیلیس از منبع اصلی آن که پوسته بیرونی زمین است به صورت گرد و غبار معلق در هوا در محیط کار ماشین‌های کشاورزی به وفور وجود دارد.



شکل ۱. فرسایش عناصر آهن و آلومینیوم با افزایش ذرات سیلیسی

همان طور که در شکل (۲) ملاحظه می‌شود بررسی نتایج آزمایش نمونه‌های روغن نشان می‌دهد که به طور کلی در قسمت‌های مختلف ماشین‌های کشاورزی موارد فرسایش بحرانی عناصر کروم و آلومینیوم در حضور آلودگی بیش از حد سیلیس بوده است.

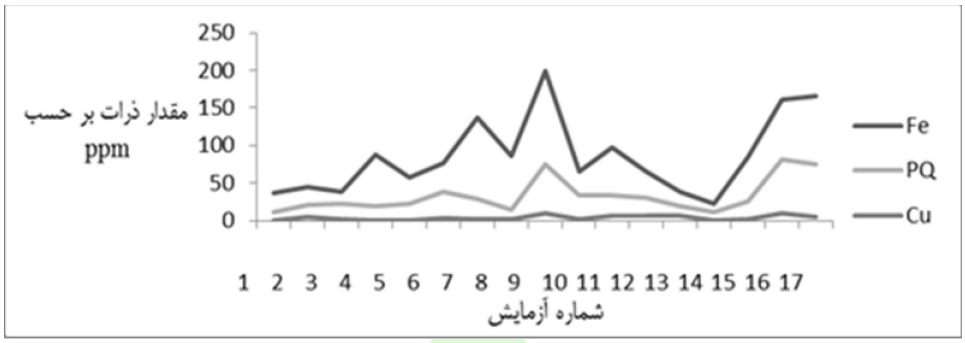


شکل ۲. فرسایش عناصر کروم و آلومینیوم با افزایش ذرات سیلیسی

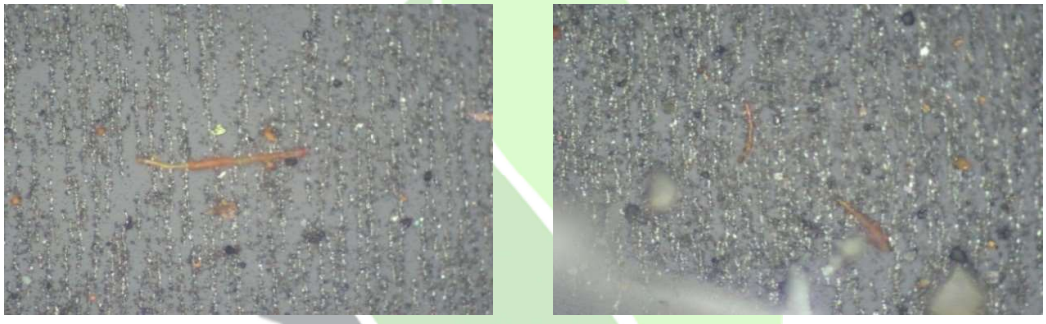
وضعیت سیستم فیلتراسیون مورد رسیدگی قرار گرفت، نفوذ سیلیس رفع شده و روغن جدید پس از نیم ساعت کار تعویض شد. در نمونه‌گیری‌های بعدی در مقایسه با قبل بهبودی نسبی مشاهده می‌شود اما سرویس دقیق و به موقع هواکش همیشه لازم است.

با توجه به شکل (۱) می‌توان دریافت که با افزایش ذرات سیلیسی، مقدار فرسایش عنصر آهن افزایش‌یافته و در شکل (۳) دیده می‌شود، مقدار PQ با افزایش مقدار آهن افزایش‌یافته و متعاقباً مقدار مس بالا می‌رود. نمودار نشان می‌دهد که مقدار آهن رابطه مستقیم با مس دارد. در این حالت احتمال فرسایش قابل‌توجه یاتاقان‌ها نیز وجود دارد. سرب فلزی است نرم که به عنوان سطح

فرسایشی فدا شونده استفاده می‌شود. به ویژه در یاتاقان‌های اصلی ژورنال جز اصلی بابیت می‌باشد. نتایج به دست آمده از آنالیز میکروسکوپی ذرات فرسایشی شکل (۴) نشان‌دهنده تراشه‌های آلیاژ مس و ذرات ریز فرسایشی به میزان متوسط می‌باشد.



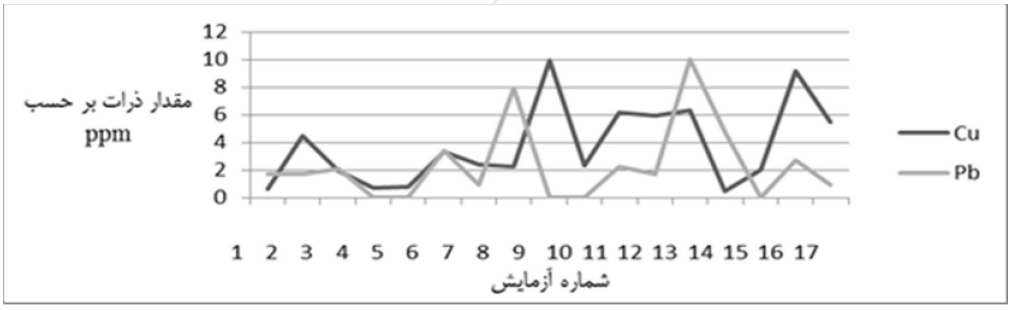
شکل ۳. افزایش PQ و فرسایش عناصر مس با افزایش ذرات سیلیسی



الف ب

شکل ۴. آنالیز میکروسکوپی ذرات فرسایشی در نمونه روغن موتور الف) تراشه‌های آلیاژ مس (۴۰ میکرون، P=2.5cm) ب) ذرات ریز فرسایشی / تراشه آلیاژ مس (۴۰ میکرون، P=6cm)

همچنین نتایج به دست آمده از آنالیز عنصری نمونه‌های روغن گرفته‌شده از موتور تراکتور برای دو عنصر سرب و مس در شکل (۵) نشان داده شده است . عناصر مس و سرب معیاری برای ارزیابی خوردگی یاتاقان می‌باشد . بررسی نتایج نشان می‌دهد که با افزایش مقدار مس مقدار سرب نیز افزایش می‌یابد که نشان‌دهنده افزایش شدید خوردگی یاتاقان با افزایش مقدار PQ می‌باشد.



شکل ۵. تأثیر افزایش مقادیر مس و سرب بر روی یکدیگر

الف

ب

شکل ۶. تأثیر سیلیس بر فرسایش یاتاقان

نتیجه‌گیری

آن چه ارائه شد مربوط به روش‌های سنجش و تحلیل روغن روان‌کاری در ماشین‌های کشاورزی بود. امروزه این علم گسترش یافته است و کاربرد آن در صنعت با توجه به مزایای اقتصادی آن روزبه‌روز بیش تر می‌شود. تنها محدودیت این روش این است که برای هر ماشین نیازمند تعریف معیارهای متفاوتی می‌باشیم. برنامه CM فقط یک روش نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه نیست بلکه یک منبع سرشار اطلاعات مدیریتی است. که می‌تواند به خوبی به آمادگی تجهیزات در جهت تدوین و برنامه‌ریزی کار و تولید کمک کند. آنالیز روغن می‌تواند به عنوان یک روش نگهداری و تعمیرات نگاه عمیق به درون ماشین داشته باشد. و شرایط نامطلوب دستگاه را که نادیده انگاشته شده و یا مخفی بوده، مشخص نماید . سیلیس به عنوان یکی از عوامل اصلی آلودگی روغن سیستم‌های مکانیکی شناخته می‌شود. ذرات بسیار ریز سیلیس به صورت گرد و غبار معلق در هوا در محیط کار ماشین‌های کشاورزی به وفور وجود دارد. نحوه ورود سیلیس به موتور از راه سیستم هوا رسانی و مجاری غیر از هوا می‌باشد که باعث فرسایش در رینگ، سیلندر و پیستون، فرسایش در یاتاقان‌ها و اکثر قطعات موتور می‌شود. که برای کنترل آن باید از فیلتر هوا، مسیر ورودی هوا، فیلترهای روغن، سیل‌ها و واشرهای معیوب محل اندازه‌گیری سرریز روغن بازدید به عمل آید و روغن تعویض شود.

با افزایش ذرات سیلیسی، مقدار فرسایش عناصر آهن و آلومینیوم افزایش‌یافته است. همچنین بررسی نتایج نشان می‌دهد فرسایش بحرانی عناصر کروم و آلومینیوم در حضور آلودگی بیش از حد سیلیس بوده است. با افزایش ذرات سیلیسی، مقدار PQ با افزایش‌یافته و متعاقباً مقدار مس و سرب نیز بالا می‌رود. به این ترتیب اعمال یک برنامهٔ مؤثر کنترلی و نظارتی بر وضعیت تجهیزات و سیستم‌های مکانیکی کشاورزی، کاهش هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم را برای صنایع و پروژه‌های کشاورزی به دنبال خواهد داشت .

منابع

۱- مسعودی، ع.ر. ۱۳۸۵. سلسله مقالات فن‌آوری مراقبت ماشین‌آلات. واحد تحقیقات و آزمایشگاه شرکت فنی مهندسی البرز تدبیر کاران.

۲- بی‌نام. ۱۳۸۶. ویژگی‌ها و راهنمای کاربرد محصولات شرکت. شرکت نفت پارس.

۳- نهالپروری، ع. ا. ۱۳۸۴. مراقبت وضعیت ماشین‌آلات از طریق آنالیز روغن. سومین کنفرانس ملی نگهداری تعمیرات. انجمن نگهداری و تعمیرات. تهران. ایران.

۴- طاهری، ر. ع. ۱۳۸۳. نقش نانو روان کارها در افزایش راندمان و کاهش هزینه‌های نت موتور. سومین کنفرانس ملی نگهداری تعمیرات. انجمن نگهداری و تعمیرات. تهران. ایران.

۵- برقعی، ع. م.، ابراهیم زاده، م. ر. ۱۳۸۲. دستیابی به مدل مناسبی برای شناسایی و کنترل عیوب مکانیکی موتور تراکتورها از طریق آنالیز روغن مطابق با شرایط کاری. دومین کنفرانس ملی نگهداری و تعمیرات. انجمن نگهداری و تعمیرات. تهران. ایران.

۶- علیزاده، د. ۱۳۸۹. پایش وضعیت موتور دیزل با آنالیز روغن به روش منطق فازی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی. دانشگاه تهران.

7- Macian, V., B. Tormos, P. Olmeda, and L. Monotoro. 2003. Analytical approach to wear rate determination for internal combustion engine condition monitoring based on oil analysis. Tribology International, 36: 771 - 776.

8- Mendonca, M., and N. L. Sunderhaft. 2006. Mining software engineering data survey, www.dacs.dtic.mil/techs/datamining.

9- Verdegan, B.M., L. Thibodeau, and S. L. Fallon. 1998. Lubricating oil condition monitoring through particle size analysis. SAE paper, No.881824.

Study of Erosive Elements and Oil Analysis of MF399 Tractor Engine in Working Conditions

Afsaneh Mohamadi Sarvaleh[1], Mohamad Hosein Kianmehr[2*]

1- MSc Student, Department of Biosystems Engineering, College of Abouraihan, University of Tehran
2- Professor, Department of Biosystems Engineering, College of Abouraihan, University of Tehran, kianmehr@ut.ac.ir

ABSTRACT

To choose the proper care techniques in machines, we must be familiar with the workings of the machine components and machine parts may be more likely to fail are to be determined. Using oil analysis to provide comprehensive data on the wear particles suspended in a fluid system, there. Which may include density, distribution or particle shape is. Required to achieve these objectives laboratory values as well as detailed analysis of maintenance records and operating conditions of the equipment. In this paper, we try to model MF399 Massey Ferguson Tractor Engine attrition behavior is studied for 5 years. The data used contain corrosive particles, additives, contaminants in the oil, test, PQ, elemental analysis and X-ray analysis has collapsed. Very fine particles of silica, which is the main source of oil pollution in the workplace; there are plenty of agricultural machines. Erosion of silica rings, cylinders, pistons, bearings and engine parts are most. With increasing silica particles, the erosion of iron, aluminum, chromium, copper and lead has increased. Thus, applying an effective for control and monitoring of mechanical systems and equipments will result in reducing direct and indirect costs for agricultural projects.

Key words: Lubricant - Maintenance - Oil Analysis - pollutants - Erosion