

موفقیت‌های حاصل از مراقبت وضعیت ماشین‌آلات عمرانی از طریق آنالیز روغن

حسن بهادری یکتا^۱

وزارت جهاد کشاورزی ۰۳۱۰۲۲۵۰۹۱۲ تهران خ فلسطین شمالی پ ۸۰

E-mail:hby402000@yahoo.com

چکیده

در این مقاله سعی شده ضمن معرفی روش مراقبت وضعیت از طریق آنالیز روغن بعنوان اقتصادی ترین روش نت ماشین‌آلات عمرانی موفقیت‌هایی که در اثر اجرای این روش در طی چهار سال با آزمایش قریب به ۶۰۰۰ نمونه روغن از سیستم‌های مختلف حدود ۶۰۰ دستگاه از این نوع ماشین‌آلات که منجر به کاهش هزینه تعمیرات و بالا رفتن بهره‌وری و افزایش عمر دستگاه‌ها شده را بیان می‌نماید.

واژه‌های کلیدی: آنالیز روغن - روانکار - آلوده‌کننده ها - فرسایش

۱- مقدمه

چون روانکاری اغلب سیستم‌های اصلی ماشین‌آلات عمرانی (موتور، هیدرولیک، گیربکس و انتقال قدرت) به روش اصطکاک تر (Hydrodynamic Lubrication) انجام می‌گیرد (۱) بنابراین روغنی که پیوسته در حال گردش و تماس با قطعات مختلف داخلی سیستم است حاوی اطلاعات جامعی در مورد فعل و انفعالات درونی سیستم بوده و این اطلاعات از طریق آزمایش‌های مختلفی که روی نمونه روغن انجام می‌شود قابل استحصال می‌باشد. با تحلیل نتایج حاصله می‌توان علل و منشاء فرسایش را شناسایی و نسبت به اصلاح آن اقدام نمود (۲). امروزه استفاده از این روش به عنوان ابزار قدرتمندی در کنترل وضعیت ماشین‌آلات علاوه بر بهره‌برداران، توجه تولیدکنندگان را نیز به خود جلب کرده بطوریکه ارائه خدمات پس از فروش و گارانتی را منوط به نتایج حاصل از آنالیز روغن نموده‌اند. نظر به اینکه طی سال‌های اخیر آزمایشگاه‌های آنالیز روغن نسبتاً مجهزی در داخل کشور ایجاد شده، بکارگیری این روش می‌تواند گام مناسبی در راستای کاهش فرسایش (افزایش عمر مفید) و کاهش هزینه‌های بکارگیری، نگهداری و تعمیرات ماشین‌آلات باشد.

^۱ - کارشناس ارشد مهندسی نگهداری و تعمیرات ماشین‌آلات

۲- هدف از اجرای طرح

باعنایت به شرایط و موقعیت کار ماشین آلات عمرانی (که عموماً در محیطهای پرگرد و غبار و مرطوب کار میکنند) و آثار فرسایش شدید سطوح اجزاء داخلی هر یک از سیستمها بدلیل نفوذ سیلیس و آب و استفاده از روانکار نامناسب، اجرای طرح با هدف بررسی و شناسایی علل و منشاء نفوذ آلوده کننده‌های مذکور به داخل سیستمهای مختلف این نوع ماشین آلات و ارائه راهکارهای مناسب جهت پیشگیری و کاهش نفوذ آن و استفاده از روانکارهای توصیه شده از سوی سازنده دستگاه‌ها از سال ۸۰ شروع گردید (نمودار شماره ۱).

۳- آنالیز روغن

هدف اصلی از آنالیز روغن افزایش قابلیت اطمینانی و بازدهی ماشین بوده که با اعمال طولانی کردن پریودهای تعویض روغن و ملزومات مصرفی، تعویض قطعات و کاهش زمان خواب ناشی از خرابی و تعمیر، به حد اقل برسند. تحقق این امر با انجام آزمایشهای لازم جهت کنترل هویت روانکار، آلوده کننده ها و فرسایش اجزاء داخلی سیستم امکان پذیر می باشد.

۴- آلوده کننده ها

بدون تردی آلوده کننده ها (گرد و خاک، آب و سوخت) منشاء اصلی ایجاد فرسایش سطوح اجزاء داخلی ماشین آلات می باشند. چگونگی نفوذ و کیفیت اثرات مخرب آنها به اختصار بیان می گردد:

۴-۱- خاک سخت تر از فولاد

خاک (سیلیس) پس از اکسیژن فراوانترین عنصر موجود در روی پوسته زمین بوده و دارای سختی بالاتر از فولاد است که ذرات بسیار ریز آن بصورت گرد و غبار در هوا پراکنده می باشند (۵). با عنایت به شرایط و موقعیت کار ماشین آلات عمرانی (محیطهای پر گرد و غبار) در صورت طراحی نامناسب یا عدم دقت لازم در ساخت، مونتاژ، سرویس و تعمیرات، ذرات سیلیس به داخل قسمت‌های مختلف ماشین آلات (موتور، هیدرولیک، انتقال قدرت و غیره) نفوذ کرده (شکل شماره ۱) و موجب فرسایش شدید در سطوح اجزاء داخلی سیستم می گردند (شکل شماره ۲).

۴-۲- آب آلوده کننده فراموش شده

آلودگی آب مخبرتراز آلوده کننده‌های جامد بوده و اغلب عامل اولیه ایجاد فرسایش سطوح اجزاء داخلی ماشین آلات می باشد. آب علاوه بر اینکه بطور مستقیم روی اجزاء داخلی ماشین آلات اثر گذاشته و موجب فرسایش آنها می گردد بلکه با نفوذ به داخل روانکار قادر است بیش از ۸۰ درصد عمر آن را کاهش دهد. آب ممکن است به سه صورت در داخل روانکار مشاهده شود: ۱- به صورت محلول در روغن ۲- به صورت اشباع (امولسیون) ۳- بیشتر از حالت امولسیون (دو فاز آب آزاد و روغن امولسیون) که بیشترین اثرات فرسایش (بدلیل کاهش تراکم پذیری آب نسبت به روغن و از بین رفتن فیلم روغن هیدروپناتیک) مربوط به این حالت میباشد همچنین بدلیل ایجاد پدیده تردی هیدروژنی در بلبرینگها بیشترین فرسایش ناشی از آب نیز مربوط به سطوح بلبرینگها می باشد. (شکل شماره ۳) (۴).

۴-۳- آلودگی با سوخت

آلودگی روغن با سوخت معمولاً در موتورهای احتراق داخلی بدلیل نشتی پمپ انژکتور و یا کنترل ضعیف احتراق اتفاق می افتد که موجب افزایش دما و انبساط بیش از حد پیستون در داخل سیلندر شده و منجر به فرسایش رینگ، پیستون و جداره سیلندر می گردد (شکل شماره ۴).

۵- آزمایشهای انجام شده

آزمایشهای انجام شده روی هر نمونه عبارتند از : (۱) آزمایش طیف نگار تابشی (نشر اتمی) با قابلیت ردیابی ۱۹ عنصر (۲) آزمایش کمیت سنج ذرات (PQ) با قابلیت شناسایی ذرات آهنی با ابعاد بیش از ۵ میکرون (۳) آزمایش نقطه اشتعال (۴) آزمایش وجود آب (۵) آزمایش گرانی در ۴۰ درجه سانتیگراد.

۶- تجزیه و تحلیل اقدامات اصلاحی

با عنایت به مطالب مذکور (موقعیت و شرایط کار ماشین آلات عمرانی ، نوع سیستم روانکاری ، نقش کیفیت روانکار و آلوده کننده ها در فرسایش سطوح اجزا داخلی سیستم های ماشین آلات عمرانی) اینک ضمن تجزیه و تحلیل هریک از موارد مذکور ، اقدامات اصلاحی انجام شده بیان می گردد :

۶-۱ کیفیت روانکار

با توجه به نقش اساسی و مهم روانکار در فراهم نمودن بستر ایجاد فرسایش سطوح اجزاء داخلی سیستم، بدیهی است برای اینکه روانکار قادر باشد وظایف خویش را بنحو مطلوب انجام دهد باید دارای ویژگیهای مشخص شده از سوی طراح و سازنده ماشین باشد. نتایج حاصل از آنالیز نمونه روغن سیستمهای مختلف ماشین آلات (موتور، گیربکس، هیدرولیک، دیفرانسیل و فینال درایو) در سال ۸۰ نشان داد بیش از ۳۲ درصد روانکارها فاقد سطح کیفیت لازم بودند. علاوه بر آن بیش از ۶۸ درصد روانکارهای استفاده شده فاقد گرانی مناسب بودند (هیدرولیک با ۷۸/۴۷ درصد بیشترین و موتور با ۶۸ درصد کمترین فراوانی استفاده از روغن با گرانی مناسب را داشتند). با توجه به نقش و اهمیت کیفیت روانکار مخصوصاً گرانی که در کلیه سیستمهای ماشین آلات دارای نقش اساسی می باشد اقدام به بررسی جهت شناسایی علل و منشاء مشکل گردید که دلیل عمده این امر عدم آگاهی کاربران از مشخصه ها و فاکتورهای موثر در انتخاب روغن بود. برای رفع نقیصه ضمن برگزاری سمینارهای آموزشی در ارتباط با آشنایی با انواع روانکارها، جداول مربوط به مشخصه روانکارهای توصیه شده برای سیستمهای مختلف کلیه ماشین آلات تدوین و در اختیار بهره برداران قرار گرفت. نتایج حاصله از نمودار شماره ۲ بیانگر این واقعیت است که فراوانی استفاده از روانکارهای نامناسب در سال ۸۳ نسبت به سال ۸۰ به میزان ۲۱ درصد کاهش یافته بعبارتی دیگر در سال ۸۱ به میزان ۳۲ درصد روانکارهای استفاده شده فاقد گرانی مناسب بودند در حالیکه در سال ۱۳۸۳ فقط ۱۱ درصد از روانکارها فاقد گرانی مناسب بودند. براساس تحقیقات بعمل آمده علت مرتفع نشدن کامل این مشکل فقر دانش فنی کارپردازان و عدم صداقت فروشندگان روانکارها بوده بطوریکه مواردی مشاهده شد که مشخصات روانکار خریداری شده با مشخصه نوع روانکار اعلام شده از سوی فروشنده مغایرت داشته است.

۶-۲ آلوده کننده ها:

بررسیهای انجام شده نشان داد که منشاء اصلی ایجاد فرسایش سطوح اجزاء داخلی ماشینی آلات عمرانی پس از روانکار نامناسب ورود مواد خارجی اعم از جامد و مایع (آلوده کننده ها) به داخل سیستم می باشد. با توجه به نمودار شماره (۳) عمده ترین نوع آلوده کننده ها سیلیس، آب و سوخت بوده که بررسی های لازم در خصوص چگونگی نفوذ و پیشگیری از ورود آن به داخل سیستم انجام و مشخص شد محلهای اصلی ورود سیلیس شامل : هواکش ها شکل شماره (۵)، بخار کشتا، لوله ها و اتصالات سیستم هوارسانی، و اشراهای صدمه دیده در محل گبج اندازه گیری روغن ، در پوش محل سرریز روغن، آببندها و گردگیرهای صدمه دیده شکل شماره (۶) بوده و علاوه بر آن نگهداری (انبار داری نامناسب) روغن نو، آلودگی قطعات نو در هنگام تعمیر، عدم دقت در هنگام انجام سرویسهای زمانی نیز از عوامل موثر در نفوذ سیلیس به داخل سیستم می باشد.

علاوه بر سیلیس (خاک)، آب آلوده کننده فراموش شده‌ای است که سلامت سیستمهای مختلف را مورد تهدید قرار داده که ممکن است در نتیجه بخار آب موجود در محفظه داخلی سیستم، نشتی سیستم خنک‌کننده و یا از طریق سیلها و آببندهای معیوب با روغن سیستم ترکیب گردد.

آلودگی روغن با سوخت نیز از مواردی است که عموماً در موتورهای احتراق داخلی اتفاق می افتد. در موتورهای دیزل آلودگی ممکن است به دلیل نشتی پمپ انژکتور و یا کیفیت ضعیف احتراق که نتیجه آن مخلوط شدن سوخت محترق نشده با روغن موتور می باشد اتفاق بیافتد. علاوه بر موتور آلودگی سوخت در سیستمهای هیدرولیک با فراوانی ۴/۲ درصد و دیفرانسیل با ۵۱/۰ درصد نیز مشاهده شد بررسیهای انجام شده نشان داد که این آلودگی بطور عمد و به دلیل باورهای غلط و فقر دانش تخصصی سرویسکاران اتفاق افتاده است بطوریکه بدلیل در اختیار نداشتن روغن مناسب برای سیستمهای هیدرولیک و یا فاینال درایو از روغن با گرانیوی بالاتر (روغن دنده) استفاده و برای رقیق کردن (تهیه روغن مناسب) آنرا با گازوئیل مخلوط می کردند.

با عنایت به موارد مذکور و نقش آلوده کننده ها در ایجاد بستر فرسایش سطوح اجزاء داخلی ماشین آلات پس از شناسایی علل و منشا نفوذ آنها، اقدامات لازم جهت پیشگیری و کاهش میزان ورود آنها به داخل سیستم انجام گردید که از جمله آن تدوین دستورالعمل آموزشی تحت عنوان "شناسایی و کنترل آلوده کننده های روغن سیستمهای مختلف ماشین آلات" و ارائه توصیه های لازم جهت بازدید و کنترل محل های نفوذ و در صورت لزوم تعویض آنها و همچنین کنترل صحت و کیفیت انجام سرویسهای زمانی و استفاده از فیلتر هواکش، بخارکش، سیل، آببند و با کیفیت مناسب موجب شد در سال ۸۳ نسبت به سال ۸۰ فراوانی آلوده کننده آب بیش از ۸۲ درصد، سیلیس قریب به ۸۱ درصد و سوخت بیش از ۴۴ درصد کاهش پیدا کند (نمودار شماره ۳)

۳-۶ فرسایش سطوح اجزاء داخلی :

همانگونه که ذکر شد عامل اصلی ایجاد فرسایش سطوح اجزاء داخلی ماشین آلات عمرانی، استفاده از روانکارهای نامناسب و نفوذ آلوده کننده به داخل سیستم می باشند. بدیهی است با اصلاح موارد مذکور میزان فرسایش کاهش خواهد یافت. با عنایت به کاهش میزان استفاده از روغن های نامناسب (نمودار شماره ۲) همچنین کاهش فراوانی نفوذ آلوده کننده ها به داخل سیستم (نمودار شماره ۳) میانگین فرسایش عناصر اصلی داخل سیستم نیز در سال ۸۳ نسبت به سال ۸۰ کاهش چشمگیری داشت (نمودار شماره ۴) بعنوان نمونه Cu بیش از ۹۹ درصد، Al قریب به ۹۹ درصد و Fe بیش از ۶۸ درصد کاهش داشته، در واقع کاهش میزان فرسایش نسبت مستقیم با افزایش عمر سیستم دارد.

علاوه بر موارد مذکور استفاده از این روش ضمن پیشگیری از خرابی، موجب کاهش تعمیرات و هزینه های مربوطه نیز شده که نمونه ای از آن در جدول شماره (۱) بیان گردیده است.

جدول شماره ۱ چند نمونه از اقدامات اصلاحی (پیشگیرانه) انجام شده

ردیف	نوع و کد دستگاه	تشخیص بر اساس نتایج آنالیز روغن	اقدامات اصلاحی انجام شده	نتیجه حاصله
۱	موتور کمپرسی ۱۴- ۹۱۴	آلودگی سوخت (نقص در سیستم سوخت رسانی)	نوبت اول: بازدید لوله ها و سوزنهای انژکتور نوبت دوم: تعمیر پمپ سه گوش	مشکل مرتفع نشد مشکل مرتفع شد
۲	موتور کمپرسی ۱۴- ۳۴۲	مشاهده ذرات درشت آهنی و آلومینیومی ناشی از فرسایش شدید	یکی از سیلندرها "گرفتگی پیستون" داشته که رفع جداره سیلندر و پیستون عیب شد	مشکل مرتفع شد
۳	موتور کمپرسی ۱۴- ۳۸۱	مشاهد آثار گلیکول و ذرات مس ناشی از نشت مایع سیستم خنک کننده به داخل روغن	واشر سر سیلندر تعویض شد	مشکل مرتفع شد
۴	موتور لودر ۱۳-۸۱۱	مشاهده ذرات فرسایشی آهنی، آلومینیومی و سیلیس ناشی از فرسایش پیستون و جداره سیلندر بدلیل تزریق سوخت بیش از حد مجاز و کار کردن موتور با دمای بالا	پمپ انژکتور تنظیم شد	مشکل مرتفع شد
۵	موتور و گیربکس های یک دستگاه لودر و دو دستگاه تراک میکسر	وضعیت سیستمهای مذکور نرمال بود	قبل از آنالیز روغن قرار بوده که اجزاء مذکور تعمیر اساسی شوند که بر اساس نتایج آنالیز روغن از انجام تعمیر جلوگیری شد	بیش از یک سال است که سیستمهای ذکور بدون نقص در حال کار می باشند

نتیجه

- ۱- نظر به اینکه با اجرای برنامه مراقبت وضعیت از طریق آنالیز روغن می توان دو عامل اصلی (کیفیت روانکار و آلوده کننده ها) که در مهیا نمودن بستر ایجاد فرسایش سطوح اجزاء داخلی ماشین آلات عمرانی مؤثرند را کنترل نمود بنابراین این مناسب ترین شیوه جهت پیشگیری از ایجاد خرابی ماشین می باشد.
- ۲- با استفاده از این روش ضمن آگاهی از شروع عیوب جزئی و شناسایی منشاء و رفع عیب، از توسعه عیب پیشگیری نموده و علاوه بر آن از انجام تعمیرات غیر ضرور جلوگیری می گردد.

۳- مراقبت وضعیت از طریق آنالیز روغن شیوه مطمئنی برای کنترل‌های مدیریتی جهت ارزیابی صحت و کیفیت انجام فعالیتهای کاربران ماشین (اپراتورها ، سرویسکاران و تعمیر کاران) می باشد.

۴- با عنایت به امکان نگهداری سوابق فرسایشی اجزاء هر یک از سیستمها، روش مناسبی برای تهیه منحنی فرسایش دستگاه (Bath tube) می باشد .

۵- با استفاده از این روش علاوه بر شناسایی نواقص طراحی وساخت ، می توان مشکلات ناشی از اپراتوری نادرست دستگاه را نیز شناسایی نمود بنابراین روشی مناسب برای دوره گارانتی محصول و ارائه خدمات پس از فروش می باشد.

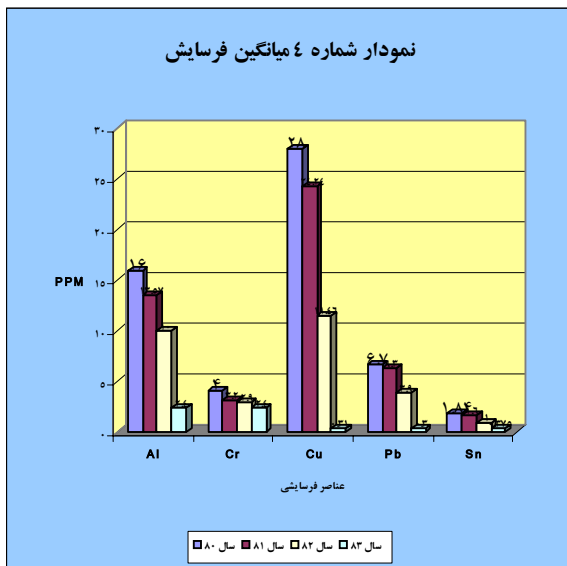
۶- بانجام اقدامات اصلاحی لازم (پیشگیرانه) جهت جلوگیری از ایجاد بستر فرسایش ، علاوه بر کاهش هزینه نگهداری و تعمیرات از فرسایش سطوح اجزاء داخلی به میزان بیش از ۸۰ درصد کاسته و عمر مفید ماشین آلات افزایش پیدا می نماید.

۷- روش مناسبی برای استفاده در کارهای تحقیقاتی ، بهینه کردن محصول و مهندسی معکوس می باشد.

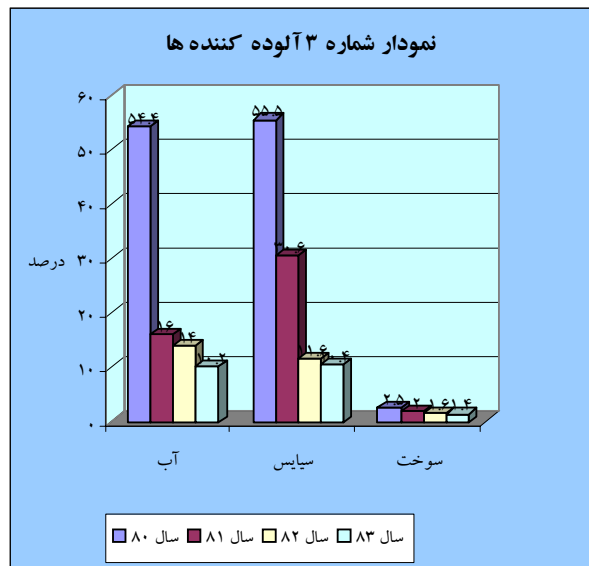
۸- بدلیل وجود آزمایشگاههای آنالیز روغن در داخل کشور (عدم نیاز به سرمایه گذاری اولیه) روشی اقتصادی است.

۹- برای انجام آزمایش نیاز به حمل دستگاه به محل آزمایشگاه نبوده بنابر این علاوه بر سهولت کار، هزینه آن نیز پایین است .

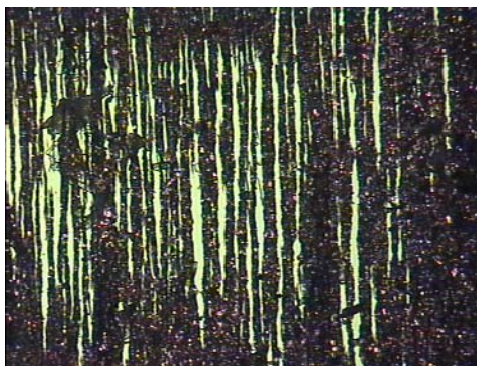
۱۰- روش غیر مخرب است .



شکل شماره ۲ فرسایش ناشی از نفوذ سیلیس



شکل شماره ۱ انباشتگی سیلیس با بزرگنمایی ۱۰۰ برابر



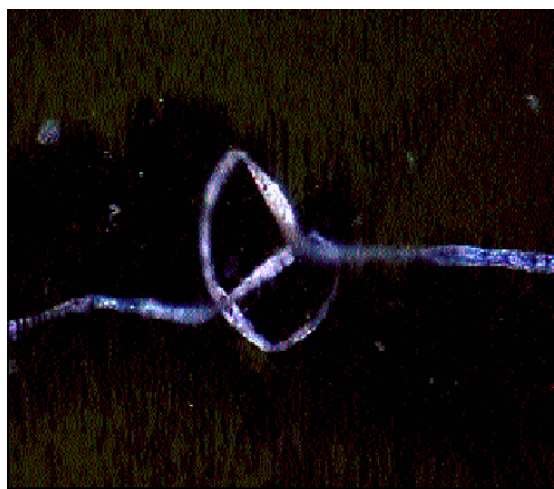
شکل شماره ۴ فرسایش ذرات آهنی با بزرگنمایی ۱۰۰ برابر



شکل شماره ۳ فرسایش ناشی از نفوذ آب



شکل شماره ۶ تکه کنده شده از کاسه نمد با بزرگنمایی



شکل شماره ۵ تکه کنده شده از فیلتر با بزرگنمایی ۵۰۰ برابر

منابع و مراجع:

- [۱] ویلز، ج. جورج. اصول روانکاری، ترجمه مهندس محمود ترکی، مهندس محمود ذوقی، چاپ اول انتشارات پژوهشگاه صنعت نفت ایران ، ۱۳۷۱
- [2] Surapol Raadnui Wear Particles:University of Wales Swansea March 1995
- [3] Sowers , J.(2001). “Use Statistical Analysis to Create Wear DebrisAlarmLimits Practicing Oil Analysis Magazine.November 2001.
- [4] Trevor M.Hunt,Handbook of wear debris analysis and practice detection in liquids applied science London and New Yourk 1993
- [5] Emad Khorshid and Aly Nawwar-a review Of The Effect of Sand Dust and Filtration on Automobile Engine Wear Kuwait University
- [6] Mark Barnes , “ Water The Forgotten Cntamination “Practicing Oil Analysis Magazine Issue Number : 200107