

# مراقبت وضعیت ماشین آلات از طریق آنالیز روغن

علی اصغر نهالپوری<sup>۱</sup>

اداره کل راه و ترابری آذربایجان شرقی - تبریز- میدان راه آهن

Nahalparvari - cm @ yahoo .com

## چکیده

آگاهی از نفوذ آلاینده ها در سیستم ماشین آلات و تأثیر آن ها در ایجاد خوردگی و فرسایش قطعات فلزی مورد بحث و بررسی در مقاله می باشد . نتایج آنالیز نمونه های روغن که طی سالیان متمادی توسط نگارنده مقاله در بخش ماشین آلات مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و تطبیق وضعیت عناصر فرسایشی با نحوه فرسایش قطعات با نمایش عکس ها و نمودارها از مطالب تأکیدی مقاله می باشد . همچنین تأثیر آلاینده ها ، مخصوصاً آب بر روی عناصر و کیفیت روغن های روانکار مورد بحث می باشد . نتایج اجرای مراقبت وضعیت ماشین آلات با روش آنالیز روغن در جلوگیری از نفوذ آلاینده ها و استفاده از روغن های مناسب و افزایش کارکرد روغن های مصرفی و همچنین پیش بینی تعمیرات قبل از گسترش خرابی بسیار مؤثر بوده است در نهایت مراقبت وضعیت ماشین آلات از طریق آنالیز روغن بعنوان یک روش مؤثر نگهداری و تعمیرات (نت) شناخته شده و توصیه می گردد.

**واژه های کلیدی:** روغن - آنالیز- مراقبت وضعیت - فرسایش - آلودگی.

## ۱- مقدمه

هر مجموعه صنعتی یا خدماتی بدون بکارگیری یک برنامه نگهداری صحیح از امکانات ، بالاخص تجهیزات و ماشین آلات ، توانمندیهای خود را به سرعت از دست می دهد. عدم استفاده مطلوب از نیروهای مجرب و عدم جایگزینی متد جدید در مدیریت نگهداری و مراقبت به جای روش سنتی در مجموعه های بزرگ صنعتی و ناوگانهای عظیم ، باعث استهلاک سریع تجهیزات و ماشین آلات خواهد شد .

مطمئناً هزینه های سنگین قطعات یدکی از یک سو و تعمیرات زود هنگام بعلت عدم مراقبت صحیح از طرف دیگر و همچنین کاهش خدمات یا محصول نهایی بعلت توقف های طولانی و متوالی تجهیزات و ماشین آلات باعث خواهد شد که قیمت تمام شده محصول یا خدمت بیشتر از مقدار محاسبه شده باشد.

در نتیجه ضرورت بکارگیری یک روش جدید نت (نگهداری و تعمیرات) جهت صرفه جویی در هزینه ها و استفاده بهینه از تجهیزات و ماشین آلات برای اجرای هرچه سریعتر پروژه ها بیش از پیش احساس می شود.

### ۱-۱- مراقبت وضعیت:

مراقبت وضعیت عبارتست از اندازه گیری منظم فاکتورهای مناسبی از ماشین و مقایسه مقادیر بدست آمده به منظور بررسی تغییرات رفتاری و سلامت ماشین .

روش های متعددی برای مراقبت وضعیت (CM) ابداع شده است از جمله : آنالیز ارتعاشات و آنالیز روغن .

<sup>1</sup> - مسئول CM اداره راه آذربایجان شرقی

که در یک برنامه نت (نگهداری و تعمیرات) با توجه به نوع تجهیزات و میزان دقت مورد نیاز از یک و یا ترکیبی از روش های موجود استفاده می کنند .

### ۱-۲- مراقبت وضعیت ماشین آلات از طریق آنالیز روغن :

بسیاری از سیستم ها مانند بدن انسان وابسته به سیالات هستند . در واقع آنالیز روغن در حال کارکرد همانند انجام آزمایش های طبی روی خون است . برنامه آنالیز روغن نه تنها روشی مفید برای تعیین شرایط عملیاتی روانکار است بلکه روشی مؤثر برای ارزیابی سریع و آسان برنامه های تعمیرات و نگهداری ماشین آلاتی است که به نوعی از روانکار استفاده می کنند .

### ۱-۳- اهداف کلی برنامه های مراقبت وضعیت از طریق آنالیز روغن :

الف - مراقبت و جلوگیری از آلودگی روغن به واسطه ذرات خارجی به منظور پیشگیری از آسیب قطعات.  
ب - مقایسه خواص فیزیکی و شیمیایی روغن کارکرده با روغن نو به منظور ادامه کار روغن یا تعویض آن.  
ج - آنالیز ذرات فلزی جهت تشخیص فرسایش قطعاتی که در تماس با روغن هستند به منظور پیش بینی تعمیرات .  
بطور کلی برنامه مراقبت وضعیت ماشین آلات با ثبت و کنترل فاکتورهای مؤثر در سیستم موجب می شود خرابی ماشین الات به حداقل ، کیفیت تولید یا خدمات به حداکثر و هزینه ها به کمترین مقدار ممکن رسانده شود.

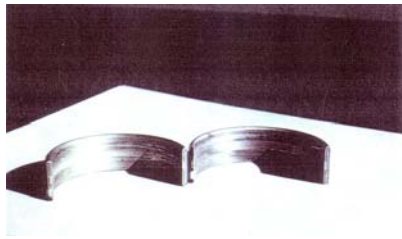
### ۲- تأثیر سیلیس در فرسایش قطعات

سیلیس به عنوان یکی از عوامل اصلی آلودگی روغن در سیستم های مکانیکی شناخته شده است. ذرات سیلیکا در شکل و ابعاد مختلف در طبیعت وجود دارد و معمولاً از مواردی که در ساخت قطعات موتور و اکثر سیستم ها بکار رفته، سخت تر می باشد. در نتیجه می تواند بر روی سطوح فولادی و فلزی خراش ایجاد نماید.  
براساس شرایط محیطی که تجهیزات یا ماشین آلات در آن کار می کنند دلایل متفاوتی برای ظهور سیلیسیم در روانکار وجود دارد. ولی بالا رفتن مقادیر سیلیسیم در روغن همیشه به معنای ورود خاک به سیستم نمی باشد بلکه عوامل دیگری نیز در افزایش مقدار سیلیسیم نقش دارند.  
با توجه به اینکه سیلیس بعنوان اصلی ترین عامل تخریب ماشین آلات و تجهیزات مکانیکی می باشد لذا افزایش مقادیر آن که با روش آزمایش اسپکترومتری در نتایج آنالیز نمونه های روغن مشخص می شود باید بسیار جدی گرفته شده و ریشه اساسی مشکل مورد بررسی قرار گرفته و راه حل مناسب در جهت کاهش آن در نظر گرفته شود.  
در صفحه بعدی نمونه هایی از افزایش مقدار سیلیس و تأثیر آن در فرسایش قطعات موتور نمایش داده می شود: (شکل ۱-۲ و ۲-۲)



شکل ۱-۲: تأثیر سیلیس بر فرسایش قطعات

نتیجه آنالیز	مشخصات دستگاه
واحد : PPM	
Si : 60.3 Fe : 198 Cr : 1.2 Pb : 23.8 Cu : 50.9 Al : 15.8	نوع دستگاه : ژنراتور قسمت : موتور قطعات معیوب : پیستون و یاطاقان



شکل ۲-۲ : تاثیر سیلیس بر فرسایش قطعات

نتیجه آنالیز	مشخصات دستگاه
واحد : PPM	
Si: 65.4 Fe: 139 Cr: 20.3 Pb: 29.3 Cu: 43.8 AL: 26.8	نوع دستگاه: بولدزر قسمت: موتور قطعات معیوب: پیستون و یاطاقان

جدول ۲-۱: تأثیر سیلیس در فرسایش قطعات موتور

رد	نحوه ورود سیلیس به مو	وضعیت فرسایش	عناصر فرسایشی	توصیه
۱	از طریق سیستم هوارسانی	فرسایش در سیلندر، رینگ و پیس	Al - Cr - Fe	بازدید فیلتر هوا - مسیر ورودی هوا - بازدید فیلترهای روغن و تعویض روغن
۲	از طریق غیرمجرای هوا	فرسایش در یاطاقانها	Cu - Pb	بازدید سیلها و واشرهای معیوب محل اندازه‌گیری و سرریز روغن - تعویض روغن
۳	از طریق موارد «الف» و «ب»	فرسایش اکثر قطعات داخلی موتور	کلیه عناصر ردیف «الف» و «ب»	بازدید کلیه موارد «الف» و «ب»

- بیشترین بخش‌های آسیب‌پذیر به دلیل نفوذ سیلیس: موتور
- بیشترین عناصر آسیب‌پذیر به دلیل نفوذ سیلیس: آهن، کروم، آلومینیوم، سرب و مس
- بیشترین قطعات آسیب‌پذیر به دلیل نفوذ سیلیس: رینگ و پیستون و یاطاقانها

### ۳- آلودگی آب

آب یک آلوده‌کننده جهانی است و باید درست شبیه آلودگی‌های ریز جامد از مایعات جدا شود. آب می‌تواند به حالت حل شده یا به حالت آزاد باشد خسارت ناشی از وجود آب عموماً بشرح زیر می‌باشد:

- ۱) خوردگی سطوح فلزی
- ۲) تسریع سائیدگی چسبنده
- ۳) سائیدگی بلبرینگها
- ۴) تجزیه مواد افزودنی
- ۵) اختلاف غلظت
- ۶) افزایش هدایت الکتریکی

آلوده شده روغن توسط آب می‌تواند مشکلات مختلفی از جمله کاهش کارائی، خرابی و آلودگی میکروبی را به وجود آورد. در صورت وجود میزان بیشتر آب، خواص ضدخوردگی روغن کاهش می‌یابد و افزودنی‌های حاوی روی (Zn) از روانکار خارج می‌گردند و خواص روانکاری و فشارپذیری روانکار کاهش می‌یابد.

آب به طرق مختلف می‌تواند وارد قسمت‌های مختلف ماشین‌آلات شود. زمانیکه آب بصورت معلق در داخل روغن‌های روانکار وجود داشته باشد بعنوان یک آلوده‌کننده شیمیایی تلقی می‌شود و بسته به شرایط مختلف اثرات مخرب آن در کاربردهای یاطاقانی می‌تواند به حد اثرات مخرب ذرات آلوده‌کننده رسیده یا از آن نیز فراتر رود. کنترل‌های مراقبتی در مورد ورود آب بایستی همانند ذرات بعمل آید تا تجمع آن در داخل روانکار و در نتیجه صدمه به سطوح یاطاقانها به حداقل برسد.

در این بخش سعی شده است که با استفاده از نتایج آنالیز روغن موتورها و سایر منابع، اثرات مخرب آب بر روی یاطاقانها، عناصر هیدروفیلی و ویسکوزیته روغن با تنظیم نمودارها و مطالب مورد لزوم ارائه گردد.

### ۳-۱- نحوه بررسی نتایج آنالیز روغن :

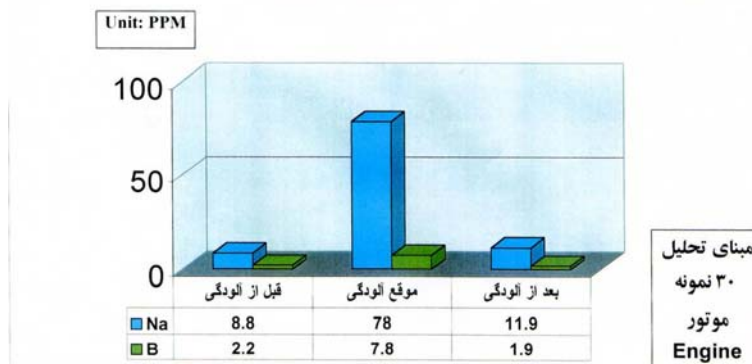
تعداد ۱۰ دستگاه از ماشین آلات مختلف که در مقطعی در قسمت موتور آلودگی آب داشتند انتخاب گردید و به تعداد ۳۰ نمونه روغن از ماشین آلات فوق در سه مرحله بشرح زیر مورد ارزیابی قرار گرفته است:

۱- قبل از آلودگی

۲- موقع آلودگی

۳- بعد از رفع آلودگی

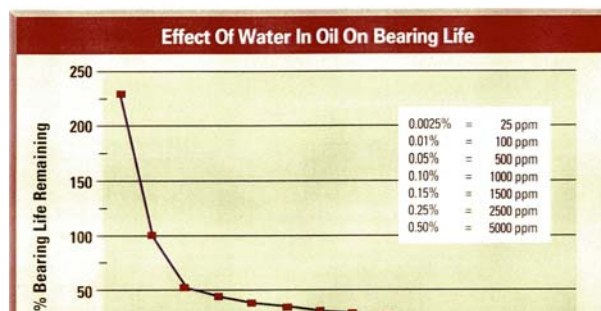
افزایش مقادیر «بر=B و سدیم=Na» در موقع آلودگی آب در سیستم موتور با توجه به اینکه یکی از ترکیبات موجود در ضدیخ بورالت سدیم ( $BO_3Na_3$ ) می باشد به همین دلیل هنگام آلودگی آب در روغن موتورها از طریق سیستم خنک کننده دستگاه، عناصر سدیم و بر در روغن مشاهده می شود که مقادیر آنها بستگی به میزان آلودگی دارد.



نمودار ۳-۱: افزایش مقادیر (سدیم و بر) در موقع آلودگی آب

### ۳-۲- تأثیر آب بر روی سطوح و عمر یاطاقانها :

- وجود آب آزاد در داخل روغن روانکار و عمر یاطاقان غلطشی را از ۱۰ تا بیش از ۱۰۰ بار کاهش می دهد.
- وجود آب آزاد در داخل روغن روانکار باعث بوجود آمدن محیط خورنده و از بین رفتن لایه مرزی روغن می شود.
- وجود آب آزاد در داخل روغن روانکار در ایجاد انواع خوردگی ها، حفره ها و صدمه زدن به سطوح یاطاقانهای ژورنال کمک می کند.
- یاطاقانهای بابیتی که اکثراً از سرب و قلع تشکیل شده اند به آسانی در مجاورت آب و اکسیژن اکسید می شوند.
- حفرات بخاردار همراه با تبخیر آب از داخل می توانند حفره هایی به شکل لانه زنبوری در روی سطوح یاطاقانها بوجود آورند.
- کلیه قسمت های آهنی داخل موتور که با آب در تماس باشند در معرض خوردگی شیمیایی قرار می گیرند و ذرات بتدریج از سطوح جدا شده و وارد روغن می گردد. (۱)



نمودار ۳-۲: تاثیر آب در روغن روی عمر یاطاقانها

### ۳-۳- تاثیر آب روی افزودنی‌ها و پایه روغن روانکارها :

استحکام و پایداری شیمیایی و فیزیکی روانکارها حتی با کمترین مقدار آب معلق مورد تهدید قرار می‌گیرد. آب می‌تواند به عنوان یک میزبان برای فعل و انفعالات شیمیایی با انواع ترکیبات و عناصر شامل افزودنی‌ها، روغن پایه و آلاینده‌های معلق در روغن به شمار آید. (تجزیه به وسیله آب). (۱)

همچنین معلوم شده است که آب به:

۱- محدودکننده‌های زنگ‌زدگی

۲- بهبود بخشنده‌های غلظت

۳- پایه روغن

حمله می‌کند.

و تأثیرات جانبی آن عبارتند از:

۱- تولیدات جنبی نامطلوب مثل لعاب، لجن و ...

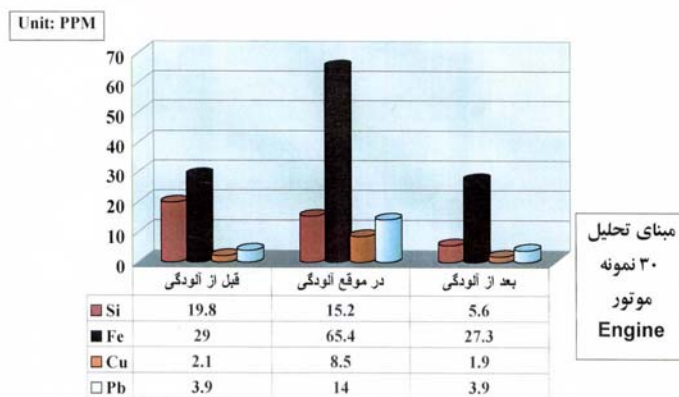
۲- رسوب روی سطوح

۳- غلیظ شدن روانکار. (۱)

### ۳-۴- تاثیر آب بر روی عناصر هیدروفیلی :

هیدروفیل یعنی آب دوست - فلزاتی که در آب می‌توانند واکنش نشان دهند فلزات هیدروفیلی نامیده می‌شوند.

مانند آهن، مس و سرب و ...



نمودار ۳-۳: تاثیر آب بر عناصر هیدروفیلی

### ۳-۵- تغییرات گرانیرو روغن در اثر آلودگی :

۳-۵-۱- عوامل افزایش گرانیرو:

الف - آلودگی سیلیس و آب

ب - اکسیداسیون

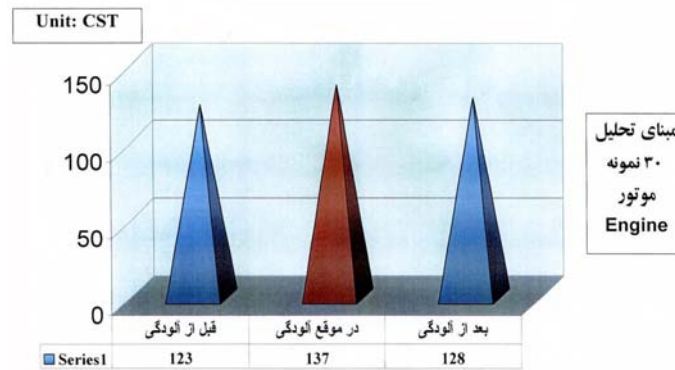
ج - شرایط سخت کار دستگاه و ایجاد درجه حرارت و فشار بالا ممکن است موجب تولید ترکیبات پلیمر در روغن شود که باعث بالا رفتن ویسکوزیته آن گردد.

۳-۵-۲- عوامل کاهش گرانیرو:

الف - در اثر آلودگی روغن با سوخت محترق نشده

ب - مقادیر زیاد آب معلق، که باعث کاهش تحمل فشار یک روانکار می‌گردد.

\* توجه: افزایش گرانیرو بدلیل تأثیر منفی بر سیالیت روغن و کاهش گرانیرو بدلیل عدم ایجاد فیلم مناسب روغن مابین قطعات می‌توانند صدمات جبران‌ناپذیری به محدوده تحت روانکاری وارد آورند.



نمودار ۳-۴: تاثیر آب بر ویسکوزیته روغن

### ۴- پیش‌بینی تعمیرات ماشین‌آلات با استفاده از روش مراقبت وضعیت:

۴-۱- مراحل پیش‌بینی و تشخیص:

۱- بررسی نتیجه آزمایش نمونه اول

۲- ارزیابی روند افزایش ذرات در نمونه‌های بعدی

۳- شناسایی عناصر اصلی فرسایش به تناسب قسمت مربوطه

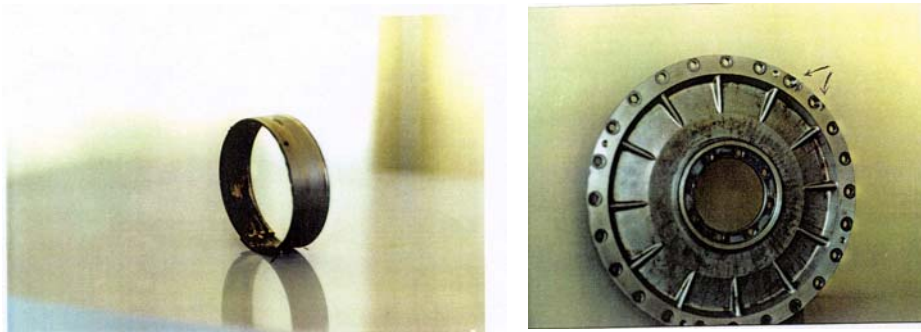
۴- کارکرد روغن مورد آزمایش

۵- ترکیب عناصر فرسایشی در نتیجه آزمایش

۶- تشخیص حد بحران

و بررسی علائم ظاهری دستگاه

اشکال (۱-۴ و ۲-۴ و ۳-۴) نمونه‌هایی از پیش‌بینی تعمیرات براساس نتایج آنالیز روغن می باشد که با کمترین هزینه راه‌اندازی گردیده است.



شکل ۱-۴

نتیجه آنالیز	مشخصات دستگاه
واحد: PPM	
Si: 12.4 Fe:31.6 Cr:0 Pb: 19.4 Cu: 241 AL: 35.7	نوع دستگاه: لودر قسمت: توربین قطعات معیوب: پره و بوش دنده





شکل ۳-۴

شکل ۲-۴	
نتیجه آنالیز	مشخصات دستگاه
واحد: PPM	
Si: 44 Fe:56.2 Cr: 5.2 Pb: 17.7 Cu: 60.8 AL: 13.8	نوع دستگاه: بولدزر قسمت: موتور قطعات معیوب: یاطاقان

نتیجه آنالیز	مشخصات دستگاه
واحد: PPM	
Si:11 Fe:611.7 Cr:0.8 Pb: 2.3 Cu: 6.8 AL: 2.2 Pa: 1192	نوع دستگاه: کمپرسی بنز قسمت: دیفرانسیال قطعات معیوب: پوسته نگهدارنده و واشرها

## ۵- نتیجه گیری

یکی از جنبه‌های مهم برنامه‌های مراقبت وضعیت ماشین‌آلات از طریق آنالیز روغن بحث صرفه‌جویی اقتصادی است. در صورتیکه آنالیز روغن بدرستی و با اعمال مدیریت صحیح اجرا شود نه تنها قادر به کاهش قابل توجه هزینه در بخش نگهداری و تعمیرات می‌باشد بلکه نقش مهمی نیز در افزایش تولید و یا خدمات خواهد داشت. برنامه CM فقط یک شیوه نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه نیست بلکه یک منبع سرشار اطلاعات مدیریتی است که می‌تواند بخوبی به آمادگی تجهیزات در جهت تدوین و برنامه‌ریزی کار و تولید کمک کند. بعنوان یک روش

نگهداری و تعمیرات آنالیز روغن می‌تواند نگاه عمیق به درون ماشین داشته باشد. و شرایط نامطلوب دستگاه را که نادیده انگاشته شده و یا مخفی بوده، مشخص نماید.

به این ترتیب اعمال یک برنامه مؤثر کنترلی و نظارتی بر وضعیت تجهیزات و سیستم‌های مکانیکی، کاهش هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم را برای صنایع و پروژه‌های عمرانی بدنبال خواهد داشت.

### **تشکر و قدردانی :**

توانایی نیازمند دانایی است و دانایی نیازمند آموزش و تحقیق .  
من هم به نوبه خود از کلیه اساتید ، برگزارکنندگان و حامیان این کنفرانس که با برگزاری این سمینار علمی سعی در افزایش دانایی و توانایی کارشناسان را دارند قدردانی می نمایم .

### **مراجع :**

[1] Beerchek , Richard C. " How Dirt and water slash Bearing Life ." Machine Design Magazine . July 6 1978.

