

فصل اول :

معرفی روشهای تعمیرات و نگهداری

۱-۱ مقدمه :

طی سالهایی که ماشین آلات و تجهیزات مکانیکی ابداع و تکامل یافته اند، موضوع نگهداری و تعمیرات آنها پیوسته به عنوان سبکی از مهمترین مسائل مرحله بهره برداری مورد توجه بوده است. در یک مجموعه ماشین آلات هر قطعه مکانیکی در ارتباط تنگاتنگ با سایر قسمتهای مجموعه است، تا مجموعه ماشین آلات بتواند بازدهی مطلوبی داشته باشند و به عبارت دیگر مجموعه صنعتی بوجود بیاید. در اکثر تاسیسات صنعتی و مهندسی حداکثر استفاده از هر کدام از دستگاهها اصلی ترین موضوع مورد نظر است و همچنین حداقل هزینه بهره‌نگهداری و تعمیرات را داشته باشد.

بنابراین هر تکنیک یا روشی که در رابطه با نگهداری و تعمیرات ماشین آلات مورد استفاده قرار می دهد، اگر بتواند هزینه های کار از طریق جلوگیری از خرابی ماشین آلات را کاهش دهد، قابل قبول و پسندیده خواهد بود.

در چند دهه گذشته روشهای متعددی در زمینه نگهداری و تعمیرات برای ماشین آلات صنعتی توسعه یافته است. البته روشهای مورد استفاده در ماشین آلات مختلف با هم متفاوت خواهند بود.

از آنجایی که هم اکنون روشهای بسیار مختلفی وجود دارند که جنبه کاربردی و عملی پیدا کرده است، انتخاب ترکیبی از روشهای مختلف نگهداری و تعمیرات یا شروع مراقبت وضعیت در یک مجموعه ماشین آلات می تواند انواع مختلفی داشته باشد.

از جمله عوامل مهم در انتخاب ترکیب فوق می توان از سرمایه گذاری اولیه برای نگهداری و تعمیرات، کیفیت پرسنل نگهداری و تعمیرات، انواع ماشین آلات و تاثیری که نگهداری و تعمیرات می تواند بر روی بازدهی کل مجموعه داشته باشد و غیره نام برد.

۱-۲ روشهای نگهداری و تعمیرات

بکارگیری روشهای نگهداری و تعمیرات پیشرفته از طرق مختلفی موجب کاهش هزینه های مستقیم و غیر مستقیم صنایع و پروژه های عمرانی و افزایش سودآوری کمپانی مورد نظر خواهد شد که مهمترین آنها عبارتند از:

۱- از طریق رابطه آن با آماده به کار بودن دستگاهها (که یک هزینه غیرمستقیم برای نگهداری و تعمیرات است).

۲- از طریق صرفه جویی در هزینه های مستقیم نگهداری و تعمیرات.

۳- از طریق رابطه آن با عمر مفید دستگاه (عمر طولانی تر دستگاه منجر به سودآوری بیشتر سیکل عمر دستگاه می شود).

۴- از طریق کاهش اثرات تخریبی روی محیط زیست که معمولاً از خرابیهای ناگهانی ناشی می شود .

۵- از طریق افزایش ایمنی که اثراتورها و افرادی که در نواحی کار دستگاه تردد می کنند .

بطور کلی کار نگهداری و تعمیرات ماشین آلات از طریق یکی از روشهای ذیل تحقق می یابد .

۱- تعمیرات بعد از خرابی breakdown maintenance

۲- نگهداری و تعمیرات منظم پیشگرا regular preventive maintenance

۳- نگهداری و تعمیرات مبتنی بر وضعیت دستگاه condition based maintenance

۱-۲-۱ روش نگهداری و تعمیر پس از خرابی :

این روش قدیمی ترین و ساده ترین روش نگهداری و تعمیرات است که در طی دوره کاری دستگاه هیچ نوعی عملی مربوط به نگهداری و تعمیرات انجام نمی گیرد تا زمانی که خرابی رخ دهد و اپراتور به ناچار کار دستگاه را قطع کند تا عملیات تعمیراتی روی آن انجام گیرد .

عمده ترین عیب این روش عدم امکان پیش بینی خرابی و زمان توقف است . اتکاء کامل به روش تعمیرات بعد از خرابی توسط هر مدیر صنعتی که به کار گرفته شود یک روش غیر کارا ، و پرهزینه خواهد بود . برخی از مسائل ناشی از این روش عبارتند از :

۱- هیچگونه اختار قبلی در مورد وقوع خرابی به پرسنل نگهداری و تعمیرات داده نمی شود ، تا برای انجام کارهای تعمیراتی آماده باشند ، بنابراین اگر قطعات یدکی در دسترس نباشد ممکن است انجام عملیات تعمیراتی روزها و گاهی هفته ها طول بکشد .

۲- وقتی زندگی انسانها مورد تهدید باشد ، نظیر هواپیمای مسافربری و غیره ، توضیحی برای استفاده از این روش وجود ندارد .

۳- وجود یک نقصیه در یک قطعه از ماشین می تواند باعث تسریع در خرابی و نیز در توسعه تسریع آن با سایر قطعات گردد .

۴- خرابی و توقف ناگهانی ماشین آلات که در یک مجموعه از ماشین آلات کار می کنند بطور اجتناب ناپذیری بر کار دیگر ماشینها و قسمت های فعال اثر بازدارنده خواهد داشت و این پدیده علاوه بر ضایعات سنگین مالی ، برای ماشین آلات نظامی نظیر تانکها در هنگام عملیات جنگی دارای حساسیت ویژه ای خواهد بود .

۵- در مواردی که ماشین آلات خارج از محیط های بسته کارگاهی و دور از مراکز تعمیرات فعالیت دارند (نظیر پروژه های عمرانی ، حمل و نقل و) یا (on site) در صورت بروز خرابی هایی که نیاز به تعمیرات اساسی داشته باشند ، انجام عملیات تعمیراتی دچار مشکلات عدیده ای خواهد شد که طولانی تر شدن مدت خواب دستگاه و افزایش هزینه های تعمیراتی از آن جمله است . معمولاً در رابطه با ماشین آلات عمرانی و حمل و نقل ، خسارات مالی ناشی از توقف دستگاه و وقفه در کار به میزان قابل بیش توجهی از هزینه تعمیرات است .

۶- به خاطر طبیعت غیر قابل پیش بینی بودن خرابی ، بایستی انبار یدکی ، موجودی قابل توجهی داشته باشد . در نتیجه سرمایه گذاری اولیه افزایش خواهد یافت .

۷- چون برنامه از پیش تعیین شده ای برای نگهداری و تعمیرات وجود ندارد ، پرسنل موجود در این بخش را نیز می توان به نحو مقتضی آرایش داد .

موارد فوق برای کشورهای در حال توسعه که عملاً وارد کننده ماشین آلات و قطعات آنها می باشد به مراتب حادث تر می باشند ، بویژه اینکه بعضاً حتی در صورت تأمین منابع مالی ، به لحاظ مسائل سیاسی دسترسی به اقلام مورد نیاز امکان پذیر نمی باشد .

استفاده از روش تعمیر پس از خرابی فقط در موارد خاصی توجیه پذیر است . به عنوان مثال دستگاههایی که نسبتاً ساده هستند و قابلیت دسترسی به دستگاه یدکی یا قطعه یدکی سریعاً و با هزینه پایین امکان پذیر می باشند (ترجیحاً هزینه ای پایین تر از آنچه که برای انجام سایر روشهای نگهداری و تعمیرات لازم می باشد) ، از این روش استفاده می کنند نمونه ای برای این روش وسایل ساده الکتریکی نظیر لامپ مخصوص روشنائی می باشد که هیچ عملی بهتر از این نخواهد بود که تا لحظه وقوع خرابی آن را مورد استفاده قرار دهیم و سپس آن را عوض کنیم . مثالهای مشابهی که روش نگهداری تعمیر پس از خرابی را می توان در آنها اعمال کرد ، قطعات فرسایشی نظیر کفشهای ترمز اتومبیل ، زغالهای تجهیزات الکتریکی و... می باشند .

۲-۲-۱ روش نگهداری و تعمیرات برنامه ریزی شده

این روش اساساً برای برطرف کردن معایب موجود در روش نگهداری و تعمیرات پس از خرابی توسعه داده شده است . کنترل ، بازرسی و تعویض قطعات حساس ماشین آلات در فاصله های زمانی منظم و از پیش تعیین شده ، شاخص های اصلی این روش می باشند . بازرسی سطح روغن از طریق سطح سنج شیشه ای کنار مخزن روغن ، کنترل سطح وویسکوزیته روغن روی گیج روغن و اعمال مشابه ، نظیر سرریز دوباره روغن کارهایی هستند که در این روش نگهداری و تعمیرات برنامه ریزی شده را می توان به دو شاخه عمده تقسیم بندی کرد :

الف) نگهداری و تعمیرات اصلاحی: که عملیات تنظیم و یا تعمیرات جزئی به عهده اپراتور دستگاه یا پرسنل و تعمیرات می باشد که در طی بازدیدهای منظم لزوم آنها تشخیص داده می شود.

ب) نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه: که عبارت است از یافتن و اصلاح هر شرایطی که ممکن است باعث خرابی ماشین گردد قبل از اینکه چنین خرابی اتفاق افتد.

برخی از شرکتها که تا حدی نسبت به انجام تعمیرات پیشرفت کرده اند، به جای استفاده از روش تعمیرات پس از خرابی، از روش نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه استفاده می کنند که بامقایسه نسبت به روش اول بسیار کاراتر و سودمندتر است.

استفاده از این روش نگهداری و تعمیرات، در واقع برای حل بعضی از معایبی است که در روش قبلی به آنها اشاره شد، ولی در این روش نیز یک سری مسائل عمده در انتخاب فاصله ایده آل بین سرویسها وجود دارد. تجهیزات مهندسی عموماً در یک فاصله معین از کار نمی افتد، بنابراین انتخاب فاصله سرویس مناسب آسان نیست و خرابیهایی که هر از چندگاهی در حد فاصل بین بازرسیها اتفاق می افتند، غیر قابل اجتناب می باشند. مسائل زیادی در رابطه با انجام کارهای تعمیراتی در فاصله های زمانی ثابت بوجود خواهد آمد. برخی از این مسائل بطور اجمال عبارتند از: بازوبسته کردن بخودی خود میتواند باعث آسیب و فرسودگی گردد.

۱- عدم دقت کافی در مراحل باز و بست قطعات منجر به آسیب و بروز خرابیهای ماندگار در سیستم می شود که بلافاصله پس از شروع به کار مجدد دستگاه، خود را نشان می دهد.

۲- تعمیرات زمانی ممکن است، منجر به تعویض قطعاتی شود که عملاً سالم می باشند و بخش قابل توجهی از عمر مفید آن باقی مانده باشد.

۳- چون اطلاعاتی دقیقی درباره وضعیت قطعات مختلف در دسترس نیست، ممکن است مشکلات و عیوب در سیستم باقی مانده و در بین فاصله زمانی تعمیرات (دوره ای) بروز نمایند.

۴- انجام تعمیرات دوره ای بصورت کامل و دقیق برای یک مجموعه از ماشین آلات مستلزم دقت 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... چرا که این مجموعه دارای پراکندگی بالایی بوده و اغلب در مناطق دور از مراکز تعمیراتی فعال هستند. و به همین دلیل نیازمند تشکیلات وسیع تر و تامین نیروی انسانی و هزینه بیشتر می باشد.

فاصله زمانی ایده آل برای انجام بازرسی های لارم بستگی به عوامل مختلفی دارد. از جمله شرایط کاری (بار، سرعت، آگاهی اپراتور و...) محیط اطراف (رطوبت، گرد و خاک، محیط، درجه حرارت بیش از حد و...) این مساله همچنین به برنامه ریزی تولید نیز بستگی دارد که چه زمانی دستگاه در دسترس قسمت نگهداری

و تعمیرات قرار گیرد. در برخی موارد استفاده از اطلاعات توصیه شده توسط سازنده دستگاه خیلی مفید خواهد بود که راهنمایی برای زمان مکان بازرسی قطعا مهم دستگاه را ارائه خواهد کرد.

یک روش برای انتخاب فاصله زمانی موثر بین بازدیدهای متوالی استفاده از آنالیز آماری برای خرابی یک عضو است که ممکن است توسط سازنده دستگاه انجام گرفته باشد. فاصله واقعی برای بازدیدهای دستگاه را می توان با استفاده از نتایج ثبت شده خرابی دستگاه و در برخی مواقع با استفاده از تجربیات یک اپراتور ورزیده بهینه کرد.

یک روش دیگر برای انتخاب فاصله زمانی موثر یا به عبارت دیگر میزان استفاده از روش نگهداری و تعمیرات برنامه ریزی شده استفاده از تحلیل اقتصادی می باشد. بدین ترتیب که وقتی فاصله بین بازدیدهای متوالی افزایش یابد، احتمال وقوع خرابی افزایش می یابد و در این صورت مدیریت نگهداری و تعمیرات متحمل هزینه توقف خواهد شد. از طرف دیگر کوتاه کردن دوره تناوب تعمیرات منجر به افزایش هزینه ها شود.

با مواردی که به طور مختصر بدانها اشاره کردیم، می توان اطمینان حاصل کرد که در مدیریت نگهداری و تعمیرات بخش های صنعتی، پیاده کردن قسمت های مختلف دستگاه در زمانهای ثابت، غیر اقتصادی بوده و بهترین روش آن است که در عمل به بازرسی ها متکی باشیم، و لازم به ذکر است که روش نگهداری و تعمیرات برنامه ریزی شده علیرغم برنامه ریزی تمام محدودیتها در مقایسه با روش نگهداری و تعمیر پس از خرابی از کارایی بسیار بالاتری برخوردار است.

۳-۲-۱ روش نگهداری و تعمیرات پیش بینی شده (مراقبت وضعیت)

روش نگهداری و تعمیرات بر مبنای وضعیت بر این اساس استوار شده است که با آنالیز آثار و نشانه هایی که از کارکرد ماشین دریافت می کنیم به چگونگی وضعیت و در واقع میزان سلامتی دستگاه پی ببریم که در نتیجه می تواند به صورت اقتصادی و با ایمنی بالایی نگهداری و تعمیرات برنامه ریزی شده می باشد، بدین نحو که دقیقا از بازتاب اطلاعات ناشی از وضعیت ماشین بهره برداری می شود و برای نگهداری و تعمیر دستگاه اقدامات مقتضی انجام می گیرد.

همان طور که از نام (تعمیرات پیش بینی شده) پیداست، این روش به انواع خرابی های خاصی اشاره می کند که می توان قبل از وقوع خرابی آنها را شناسائی کرد. بنابراین قبل از وقوع خرابی، فرد تعمیرکار، قطعات یدکی، ابزار و وقت لازم برای توقف دستگاه را می توان برنامه ریزی کرد. در صورتی که ترکیب مناسبی از تکنیکهای مختلف روش نگهداری و تعمیرات پیش بینی شده انتخاب شود، محاسن عمده ای خواهد داشت که عبارتند از:

- هزینه نگهداری و تعمیرات پایین تر می آید.

- زمان خواب دستگاه برای تعمیرات کم می شود.

- حجم انبار قطعات یدکی مورد لزوم کمتر می شود .
- طول عمر دستگاه بیشتر می شود .
- قابلیت تولید ، افزایش پیدا می کند .
- شرایط کار مطمئنی خواهیم داشت .
- سود حاصله بیشتر می شود .
- قابلیت برنامه ریزی برای پرسنل قسمت نگهداری و تعمیرات افزایش پیدا می کند .
- تعطیلی غیر منتظره در روند تولید کاهش پیدا می کند.

۳-۱ گروه بندی تکنیکها مراقبت وضعیت

در چند دهه گذشته به دلیل وجود مزایای فراوان روش نگهداری و تعمیرات پیش بینی شده ، (مراقبت وضعیت) توجه زیادی بدان شده است ، به همین دلیل تعداد زیادی از تکنیکهای مورد استفاده در این روش توسعه پیدا کرده اند ، که این تکنیکها را می توان در گروههای زیر طبقه بندی کرد :

الف) مراقبت عینی

ب) مراقبت کارآیی یا عملکرد

ج) مراقبت ارتعاشات

د) مراقبت ذرات فرسایشی

س) آنالیز روغن

۱-۳-۱ مراقبت عینی

برای بازرسیهای عینی تجهیزات مختلفی وجود دارند که از اجزاء داخلی داخلی دستگاهی که مونتاژ شده و به عبارت دیگر از اجزاء غیر قابل دسترس دستگاه تصاویری را در اختیار ما قرار می دهند ، نمونه هایی از این تجهیزات که معمولاً مورد استفاده قرار می گیرند عبارتند از آینه ها ، بوراسکوپ ، لنزهای درشت کننده ، استروبوسکوپ (چرخش سنچ) و ...

با استفاده از این وسایل بازرسی می توان بدون احتیاج به پیاده کردن قسمتهای مختلف دستگاه با خواباندن دستگاه برای مدت زمان معین ، مشاهداتی را در رابطه با وضعیت ظاهری (رنگ ، شکل ، بافت) قسمت مورد نظر انجام

داد، و در واقع با انجام مراقبت‌های مذکور توقف در فرایند فعالیتهای تولیدی به حداقل می‌رسد. این روش همچنین روش مناسبی برای انجام آزمایشات میانی است که توسط آن می‌توان به گسترده‌گی کاری که در پیاده کردن آنتی دستگاه مورد نیاز است، اشرف کاملتری پیدا کرد.

۲-۳-۱ مراقبت کارآئی یا عملکرد دستگاه

تکنیکهائی که در این گروه قرار گرفته اند به عملکرد یک عضو یا یک سیستم که بایستی دارای کارآئی باشد توجه می‌کنند و در واقع این تکنیکها روشهایی را برای اندازه گیری نرخ خروجی سیستم اعمال می‌کنند. مثالهایی از این دسته شامل اندازه گیری فشار، گشتاور و پارامترهای الکتریکی (ولتاژ، آمپر، وات) جریان مایع یا گاز سرعت و ... می‌باشد.

نکته قابل توجهی که وجود دارد این است که در بیشتر حالتها اطلاعات مورد نیاز به احتمال قوی در سیستم وجود دارند و برای کنترل دستگاه و یا فرایند تولید مورد استفاده قرار می‌گیرند و برای نشان دادن وضعیت تجهیزات فقط بایستی این اطلاعات را با یک الگو و نسبت معین استخراج کنیم و در واقع با تحلیل یکنواختی، سطح کیفی، نرخ خروجی سیستم وضعیت دستگاه را مورد ارزیابی قرار دهیم. چنانچه ملاحظه می‌شود، اطلاعات ساده توسط تجهیزات معمولی قابل دسترس هستند را می‌توان برای مراقبت کارآئی دستگاه مورد استفاده قرار داد، که در واقع استفاده صحیح از اطلاعاتی است که خوانده می‌شود. تغییرات قابل توجه در مقادیر خوانده شده یک راهنمای مناسب برای کشف ایرادی است که الزاما در دستگاه رخ داده است.

۳-۳-۱ مراقبت ارتعاشات

تمام تجهیزات مکانیکی برخی از اشکال سیگنالهای ارتعاشی را تولید می‌کنند که این امر هیچ ارتباطی به چگونگی طراحی، تولید و مونتاژ آنها نیز ندارد، شکل موج ارتعاشی شامل طیفی از فرکانسهای مختلفی هستند که در این طیف وجود دارند، افزایش قابل توجه سطح ارتعاشات را می‌توان برای تشخیص علت خرابی دستگاه مورد استفاده قرار داد. در سایر لحظات سیگنال خروجی از جایگاه یاتاقان احتمالا شامل اطلاعات مفید فراوانی خواهد بود که نمی‌توان این اطلاعات را توسط دستگاههای ساده بازرسی بدست آورد. تکنیکهای مختلفی توسعه پیدا کرده اند که دسترسی به این سیگنالها را با تحلیل فرکانس، فرم تک موج و آمار امواج به علت ریشه ای خرابی، دسترسی پیدا می‌کنند.

۴-۳-۱ مراقبت ذرات فرسایشی

فرسایش اجزاء مختلف یک دستگاه غیر قابل اجتناب می‌باشد اگر چه در طراحی اجزاء ماشین علوم مربوط به فرسایش استفاده می‌شود و اخیرا نیز بیش از پیش به آن توجه می‌شود، ولی وجود ذرات فرسایشی و ذرات آلوده کننده در سیستم روغنکاری هنوز مرسوم است با بررسی کمیت فرسایشی (توزیع اندازه، شکل و ترکیب شیمیایی

ذرات) می توان نشانه هایی از وضعیت اجزاء ماشین که در داخل روغن قرار دارند بدست آورد بنابراین بازرسی منظم نمونه روغنهایی که از دستگاه گرفته می شوند اطلاعات به دست آورد بنابراین بازرسی منظم نمونه روغنهایی که از دستگاه گرفته می شوند اطلاعات مهمی را در مورد شرایط سلامتی دستگاه در اختیار ما قرار می دهد . به عنوان مثال اگر سیستم روغنکاری معیوب باشد ، احتمال زیادی وجود دارد که تماس فلزی رخ دهد و ذرات فلزی بزرگی که ناشی از فرسایش تراشه ائی ، (abrasive wear) هستند ، در روغن ظاهر شوند . مورد دیگری که می توان به عنوان مثال بیان کرد ، عدم تجهیز دستگاه مورد نظر با یک سیستم فیلتر با کیفیت بالایی باشد که در این حالت آلودگیهایی نظیر گرد و خاک و ماسه به راحتی می توانند از محیط اطراف وارد مخزن روغن بشوند ، در نتیجه این ذرات باعث بروز خرابی در قطعات متحرکی می شوند که فاصله بین سطوح دو جسم در حال حرکت آنها کوچکتر از ذرات آلوده کننده باشد .

۵-۳-۱ آنالیز روغن :

در یک دستگاه که دارای سیستم روغنکاری می باشد ، نه تنها ذرات فرسایشی دارای نشانه هایی از سلامتی یا عدم سلامتی دستگاه هستند ، بلکه مشخصات روغنی که ذرات فرسایشی را از محل ایجاد شان حمل می کند نیز حاوی اطلاعات مهمی در مورد سلامتی دستگاه خواهد بود . مشخصات فیزیکی روغن نظیر ویسکوزیته ، رنگ و بو ، سطح افزودنیها نظیر TAN ، TBN و ترکیبات شیمیایی روغن اطلاعات مهمی را در اختیار پرسنل قسمت نگهداری و تعمیرات قرار می دهد که می توانند با تحلیل مناسب آنها به علل ریشه ائی خرابی پی ببرند . تجزیه روغن سالیان درازی به وسیله صنایع عمده و ارتش به عنوان بخشی از تجهیزات نگهداری و تعمیرات مورد استفاده قرار گرفته و در حال حاضر به طور موفقیت آمیزی در صنایع کوچکتر استفاده می شود . عمده ترین نقطه قوت این تکنیک قابلیت شناسایی فرسایش و آلودگی در مراحل اولیه است . بنابراین این امکان فراهم خواهد شد که اقدامات لازم در جهت معالجه و پیشگیری خرابی و توقف دستگاه یا بهینه سازی زمانبندی برنامه نگهداری و تعمیرات صورت گیرد .

۴-۱ انتخاب گروه مناسبی از تکنیکهای مراقبت وضعیت

انتخاب یک گروه مناسب از تکنیکهای مراقبت وضعیت برای یک ماشین ، بایستی پس از بررسی اجزائی از ماشین که بیشترین خرابی در آنها به وقوع پیوندند ، انجام گیرد . تکنیکهای موجود در گروههای نظارت بر عملکرد و عینی یک ارزیابی عمومی از وضعیت را ارائه می کنند ، در صورتیکه تکنیکهای مربوط به ارتعاشات و تجزیه روغن اطلاعات ریزتری از کیفیت دستگاه را ارائه خواهند کرد .

تکنیکهای مراقبت وضعیت از طریق آنالیز ارتعاشات برای دستگاههای چرخان نظیر ژنراتور و توربین از کارآئی بالاتری برخوردار است . در واقع آنالیز ارتعاشات برای تجزیه و تحلیل مسائل موجود در قسمتهای دینامیکی دستگاه، به عنوان یک وسیله تشخیص مورد استفاده قرار می گیرد ، به عبارت دیگر آنالیز ارتعاشات عبارت است از

مقایسه میدان نوسان ارتعاشات در یک فرکانس شناخته شده و تعیین متوسط سطح ارتعاشات آن دستگاه که در روند آنالیز، این مقدار با آخرین مقداری که برای آن دستگاه محاسبه شده است مقایسه می گردد. افزایش قابل توجه میدان نوسان در یک فرکانس مشخص نشان خواهد داد که تغییری در شرایط آن قطعه از دستگاه رخ داده است. اغلب برای اثبات وجود یک ایراد و در جزء مشخص بایستی فرکانس کنترل آن را افزایش دهیم.

برای دستگاههای با اجزاء رفت و برگشتی نظیر بوش و پیستون، روش آنالیز روغن توصیه شود. تکنیکهای تجزیه روغن به عنوان یک روش مناسب برای نظارت بر ماشین آلات عمرانی مورد استفاده قرار می گیرد، زیرا بیشتر قسمتهای اصلی نظیر موتور، دیفرانسیل، سیستم هیدرولیک، فاینال درایو، سیستم انتقال قدرت از نوع ((سطح تماس تر)) هستند و با تجزیه نمونه روغن کشیده شده از این قسمتها یک دید جامع از وضعیت آنها بدست خواهیم آورد. کارآیی بالای این روش به خاطر این واقعیت است که روغن چنین قسمتهایی در تماس دائم با سطح قطعات مختلف بوده و قادر است اطلاعات را از چنین سطوحی از طریق نمونه به تشکیلات نظارتی منتقل کند که به نوبه خود می تواند پیش از اینکه خرابی به سطح فاجعه آمیز خود برسد اخطار لازم را به پرسنل نگهداری و تعمیرات بدهد.

به هر حال این واقعیت غیر قابل انکار است که هیچ کدام از تکنیکهای ((مراقبت وضعیت)) به تنهایی جواب فراگیر و جامع برای پیش بینی خرابی دستگاه را ارائه نخواهد کرد، ولی در صورتی که ترکیب هوشمندانه ای از این تکنیکها مورد استفاده قرار گیرد، پرسنل و مدیران نگهداری و تعمیرات را قادر می سازد تا سرچشمه ایرادهای موجود را به نحو موثری شناسایی کنند و قبل از اینکه ایراد پیشروی کند یا خرابی ثانوی را به وجود بیاورد آن را برطرف کنند.

فصل دوم :

آنالیز روغن به عنوان یک روش
مراقبت وضعیت

۱-۲ مقدمه :

امروزه به کارگیری روشهای نوین نگهداری و تعمیرات ، به طور روز افزونی مورد توجه مدیران و کارشناسان صنایع مختلف قرار گرفته است و خرابیهای مکانیکی در سیستم های هیدرولیکی ، موتورها و غیره ، به کمک این روشها تا حد زیادی مهار شده است تا جائیکه صاحبان ناوگانهای بزرگ ماشین آلات : عمرانی ، حمل و نقل (زمینی ، هوایی ، دریایی) کشاورزان و معدن و همچنین صنایع تولیدی بزرگ ، نظیر : نفت و فولاد و سازمانهای نظامی ، برنامه های تعمیرات پیشگیرانه و دیگر کنترلها را از طریق برنامه های مراقبت وضعیت کامل (condition monitoring) و بهینه سازی می نمایند .

عوامل و مولفه های موثر در راهبری ماشین آلات و تجهیزات ، نظیر کیفیت قطعات و مواد مصرفی ، شرایط کار و عوامل تشدید فرسایش (آلودگیها و غیره) که در روشهای سنتی نگهداری و تعمیرات ، غیر قابل کنترل تصویری می شدند به کمک روشهای نوین کاملاً قابل بررسی شده و از این طریق اعمال کنترلهای اقتصادی و مدیریتی و ایمنی در حد غیر قابل تصویری ممکن گشته است .

در اینجا آنالیز روغن به عنوان یک روش مراقبت وضعیت معرفی می شود .

۲-۲ آنالیز روغن یک روش کنترل و عیب یابی

روغن سیستم های مکانیکی به دلیل اینکه پیوسته در حال گردش و در تماس با قطعات مختلف داخلی سیستم است ، حاوی اطلاعات وسیعی از طریق آزمایشهای مختلفی که روی نمونه روغن انجام شود قابل استحصال است .

می توان گفت ماشینهای مکانیکی بر روی لایه روغن (فیلم روغن) که به طور تقریبی با قطر سلول خون برابر است سوار می باشند . کنترل اینکه روغن تمیز و فاقد هر گونه آلودگی (آب ، گرد و خاک و ...) مانده است ، بسیار حیاتی است . روغن همانند خون در بدن انسان نشانه های سلامتی ماشین را در خود حمل می کند . آنالیز روغن مشابه آزمایش خون انسان و مهندس CM مشابه پزشک است .

با استفاده از آنالیز روغن میتوان تشخیص فرسایشهای احتمالی در آینده را داد ، از این طریق فعالیتهای تعمیراتی برنامه ریزی نموده و خرابی های زنجیره ای را به حداقل می رساند .

همچنین این روش تشخیص سریع آنکه ذرات مشاهده شده به واسطه فرسایش بوده یا آلودگیهایی که روغن در خود جا داده است مهیا می کند . مقایسه خواص فیزیکی و شیمیایی روغن را با روغن نو ، این مقایسه مشخص می کند که آیا روغن هنوز خاصیت روانکاری کافی را دارا است یا خیر ، و نتایج دیگری که می توان در عیب یابی و کنترل سیستم ها و ماشین آلات از طریق آنالیز روغن بدست آید.

۲-۳ دلایل حیاتی برای آنالیز روغن :

۱- کنترل مطمئن پروسه پیش اقدام

* سلامتی و تمیزی روانکار ، قبل از انبار نمودن کنترل شود .

به این دلیل که فرض اینکه روغن نو ، تمیز است یک پیش فرض خطرناک است .

* سلامتی و تمیزی روانکار در انبار کنترل شود .

روانکارها بسیار مستعد برای جذب آلودگی ها ، حتی در ظروف در بسته هستند . آزمایشهای شمارنده ذرات ، رطوبت و ویسکوزیته در محل ، دوباره می تواند شرایط مطمئن را به وجود آورد .

* تشخیص سریع فیلترهای معیوب

ابزار دیگری مانند آنالیز روغن ، برای تشخیص خوب سلامت روغن وجود ندارد و قابل مقایسه نیست یک نشاندهنده اختلاف فشار شاخصی کند ، جهت تشخیص زمان انقضای مصرف فیلتر است و هنگامی که فیلتر آسیب می بیند اطلاعات لازم را ارائه نمی دهد .

* تأیید اینکه آب بندیها (seals) و هواکش ها از آلودگی به دورند .

* تأیید سالم بودن روغن

* روغن در مراحل خصوص خود مورد استفاده قرار گرفته است .

* تأیید اینکه سیستم ها پس از تعمیرات و قبل از بازگشت به سرویس کاری به طور مناسب تمیز شده اند .

تأیید تمیزی سیستم های جدید و تازه تعمیر از طریق آزمایش آنالیز روغن تأیید مینماید که سیستم های آماده برای استفاده هستند و احتمال فرسایش زود هنگام و یا خرابی پیش بینی نشده حداقل است .

همچنین هرگونه فرسایش که به واسطه بارگذاری غیر عادی و شرایط کاری غیر عادی است از این طریق آشکار می شود .

۲- روشهای نگهداری و تعمیرات پیشگویانه ، تکنیکهای عیب یابی را توسعه می دهد .

* تشخیص فرسایش های احتمالی در آینده

هر مکانیزم فرسایش با افزایش تعداد ذرات همراه است . انجام آزمایشات آنالیز روغن روتین شما را از آگاهی مشکلات احتمالی دستگاه مطمئن می سازد و زمان در اختیار بودن دستگاه را جهت تصمیم گیریها به حداقل برسانید.

* تشخیص سریع اینکه ذرات فرسایش ، قادر خواهید بود که تشخیص دهید ، ذرات مشاهده شده حاصل فرسایش بوده یا نه . عکس العمل در قبال فرسایش با عکس العملی که در مقابل آلودگیهای که در اثر خرابی آبندها ، هواکشها و غیره به وجود آمده متفاوت است .

تشخیص سریع طبیعت مشکل ایجاد شده کمک بزرگی در تصمیم گیری صحیح خواهد بود .

* در سیستم های روانکاری و هیدرولیک پیشرفته ، منابع احتمالی ذرات را به سرعت میتوان با انتخاب یک محل نمونه گیری ثانویه محدود تر کرد .

آلودگی نمی تواند از نواحی مختلفی در سیستم ایجاد شده باشد . با نمونه گیری قبل و بعد از اجزاء سیستم ، فیلترها و غیره به سرعت عملکرد نا درست یک ناحیه را تشخیص داده ، عیب یابی را به ناحیه مربوطه محدود نمائید .

* تشخیص شدت مشکل ایجاد شده بوسیله نرخ تغییرات جواب آزمایشات .

هنگام تشخیص یک مشکل این سوال مطرح می شود که آیا سریعاً اقدام به توقف دستگاه نموده یا با توقف بعدی زمان بندی شده منتظر ماند ، ارزیابی نرخ تغییرات آزمایشهای آنالیز روغن ، گرانروی و رطوبت به وضوح شدت مشکل دستگاه را مشخص می کند .

* تائید مشکل ایجاد شده از راههای دیگر

میتوان از طریق دیگر cm مثل آنالیز ارتعاشات ، مشکل را تائید یا رد کرد .

* استنتاج کلی و مشترک از سیستم برای تشخیص سریع ریشه های مشکل .

هنگامی که نمونه ها در یک بازه زمانی کوتاه از نقاط مختلف گرفته می شوند و تستهای شمارنده ذرات ، رطوبت ، فرسایش و ویسکوزیته بر روی آنها انجام می گیرد همواره می توان یک برداشت کلی از وضعیت سیستم داشت . به طور مثال اگر تمام اجزاء یک سیستم هیدرولیک افزایش فرسایش داشته باشند مقدار ذرات غیر آهنی همچنان مقدار پائین را نشان دهد ، احتمالاً فرسایش ایجاد شده با روانکار در ارتباط است .

* تائید سودمندی صلاحیت اعمال نگهداری و تعمیرات

۳- موثر بودن سازماندهی مجموعه را بهبود می بخشد .

* کارمندان در برنامه مالکیت دخالت دارند .

* نتایج آزمایشات ناچیز انگاشته نشده و سپس بایگانی شوند و در آینده مورد استفاده قرار گیرند .

* افراد در تمام سطوح نسبت به اهمیت روانکار تمیز ، سالم و فاقد هر گونه آلودگی آگاه می شوند .

فصل سوم

شناخت روغن و افزودنیهای آن

۱-۳ مقدمه :

برای پیشبرد اهداف آنالیز روغن ، شناخت روغن به عنوان یک روانساز لازم و ضروری است .

روانکاری با Tribology عدم تسهیل حرکت نسبی سطوح در تماس با یکدیگر تعریف شده است در هر جا که سطوح در جوار و تماس با یکدیگر دارای حرکت نسبی هستند . روانکاری نقش مهمی در وقوع حرکت به نحو صحیح ، مداوم و اقتصادی ایفا می کند و هر طرح مکانیکی و ساختمان ماشین صنعتی متأثر از این علم و دانش است عدم روانکاری صحیح ماشین آلات علاوه بر آنکه باعث تقلیل راندمان مکانیکی و پایین آمدن بازده زمانی ماشین می شود منتج به فرسایش بیش از حد ، فرسودگی و از کار افتادگی زود رس آنها می گردد .

۲-۳ مهم ترین خواص روغنهای روانساز :

روغنهای روانساز برای اینکه بتوانند وظایف مورد نظر را به درستی انجام دهند باید دارای خواص معینی باشند که مهمترین این خواص عبارتند از :

- ۱- دارای گرانروی مناسبی باشند تا تشکیل لایه روغن و کاهش اصطکاک و غیره را به خوبی انجام دهند .
- ۲- در مقابل حرارت و اکسیژن هوا (تجزیه حرارتی و اکسید شدن) مقاومت کافی داشته باشد .
- ۳- از زنگ زدن ، خوردگی و سائیدگی بیش از حد قطعات جلوگیری کنند .
- ۴- دارای مواد پاک کننده و معلق نگهدارنده باشند تا از ته نشین شدن رسوبات در لایه های قطعات جلوگیری کنند
- ۵- در هوای سرد به اندازه کافی روان باشند تا شروع و ادامه حرکت قطعات به آسانی صورت گیرد .
- ۶- با قطعات لاستیکی آبیندی سازگاری داشته باشند .
- ۷- از نظر عوامل نظیر فراریت و آتش گیری دارای وضع مناسب باشند .
- ۸- در هنگام کار ایجاد کف نکنند.
- ۹- بتوانند اثرات نامطلوب ناشی از کار دستگاه از قبیل احتراق سوخت در موتورها ، اختلاط بخار در توربین های بخار و غیره را تا حد امکان تقلیل دهند .
- ۱۰- قدرت جذب آلودگیها و معلق نگه داشتن آنها را داشته باشند .

۳-۳ مهمترین وظایف روغنهای روانساز :

- ۱- مقاومت ناچیز در برابر تنش برشی
- ۲- انتقال حرارت و خنک کردن قطعات متحرک
- ۳- روانسازی و جدا سازی سطوح فلزی از یکدیگر با ایجاد لایه مناسبی از روغن بین قطعات متحرک به منظور کاهش اصطکاک و ساینده‌گی آنها .
- ۴- جلوگیری از اثرات ضربه قطعات بر یکدیگر
- ۵- حفاظت سطوح فلزی دستگاه در برابر خوردگی شیمیایی و زنگ زدگی .
- ۶- جذب آلودگیها و معلق نگهداشتن مواد خارجی و ترکیبات شیمیایی حاصل از احتراق سوخت و انتقال ذرات
- ۷- انتقال نیرو و مواد دیگر

۳-۴ روش تولید روغنهای روانساز

به منظور آشنایی مختصر با تولید روغنهای روانساز ، ارائه مطالب اصلی لازم است ، که اشاره ای به آن شده است . به منظور ساخت یک روغن که بتواند کلیه مشخصات لازم را بر حسب عملکرد داشته باشد ، دو ماده اصلی به نام روغن پایه و مواد افزودنی را با یکدیگر مخلوط می کنند .

روغن پایه ماده ای است نفتی و یا سنتتیک (مصنوعی) که حدود ۹۵-۹۰ درصد روغن را بر حسب نوع روغن تمام شده تشکیل می دهد . رکن اساسی روغن تمام شده روغن پایه است و بعد از مخلوط شدن با مواد دیگر تبدیل به روغن محصول می گردد.

برای تهیه این ماده در حال حاضر سه راه وجود دارد که عبارت است از برش مواد نفتی ، تصفیه روغنهای مصرف شده و تهیه مصنوعی آنها (سنتتیک) .

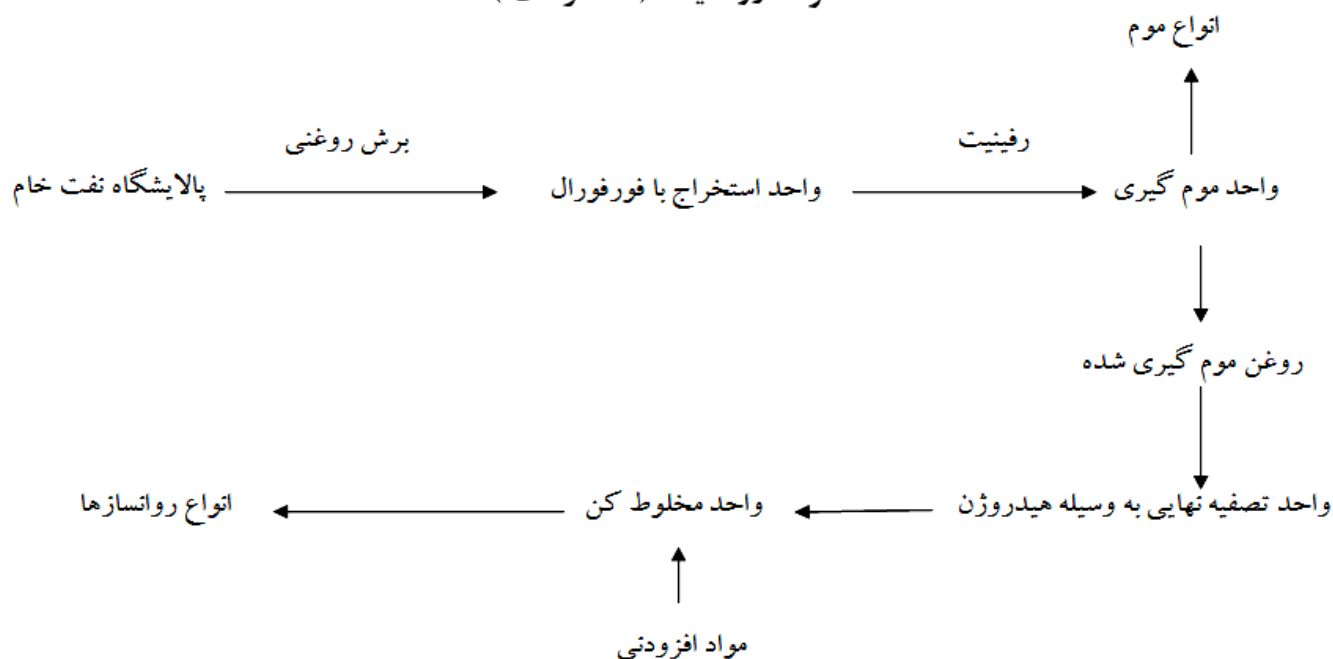
منشا اصلی روغنهای روانساز معدنی نفت خام می باشد . نفت خام پس از استخراج ، در پالایشگاهها طی عمل تقطیر در فشار محیط به اجزاء یا برش هایی مانند گاز ، حلال نفتی ، بنزین ، نفت سفید و نفت گاز تفکیک می شود . باقیمانده برج تقطیر فشار محیط امکان تقطیر و جلوگیری از تجزیه حرارتی در حین عمل تقطیر به برج تقطیر در خلأ منتقل شده و در فشار کم به اجزایی به نام برش روغنی یا لوب کات و نیز قیر یا آسفالت تفکیک می گردد . روغن پایه حاصله از فرایند فوق فقط قادر به انجام برخی وظایف مورد نیاز می باشد . لذا به این روغن مواد شیمیایی مخصوصی که ماده افزودنی (additives) نامیده می شدند اضافه می گردد .

بدین ترتیب انواع گوناگونی از روغنهای موتور روغنهای صنعتی تهیه می شوند .

شکل شماتیک تهیه روغن در زیر آورده شده است .

فورفورال یک آلدئید به فرمول $C_3H_4O_2$ است .

مواد اروماتیک (اکسترکت)



۳-۵ انواع روان کننده :

روان کننده های مورد مصرف در دنیای صنعتی امروز را می توان از نظر حالت در چهار رده تقسیم بندی کرد .

۱- روان کننده های گازی :

به خصوص هوا برای روانکاری در کاربردهایی که سرعت بسیار زیاد و بار کم و ثبات محور چرخش مورد نظر است مورد استفاده قرار می گیرند . از گازهای بی اثر ، بخار آب و گازهای کلرینه نیز استفاده می گردد. امتیاز این نوع گرانروی کم ، پایداری شیمیایی ، انتقال حرارت سریع و تحمل دمای بالا و پایین است .

۲- روان کننده های مایع :

طیف وسیعی از سیالات از گازهای مایع تحت فشار تا انواع روغن های سنتتیک را در بر می گیرد . ((روغنهای نفتی ، روغنهای سنتتیک ، روغن های حیوانی ، روغن های گیاهی آب)) کاربرد روان کننده های مایع در

روانکاری به روش هیدرودینامیک با لایه ضخیم یا لایه نازک روان کننده است و به این مناسبت رایج ترین نوع روان کننده مورد استفاده است . پر مصرفترین روان کننده مایع روغن معدنی حاصل از پالایش نفت خام است .

۳- روان کننده های نیمه جامد :

شامل انواع گریس و چربی های جامد و موم در مواردی که آب بندی محل روانکاری برای استفاده از روان کننده مایع مشکل است و یا شرایط کار یک بار روانکاری ، برای طول عمر مکانیزم را توجی نماید و ر یاتاقانهای ساچمه ای و غلطکی ((بالبرینگ و رولر برینگ)) که روانکاری از نوع الاستوهیدرودینامیک حکمفرماست به کار می رود

۴- روان کننده های جامد :

برای روانکاری در شرایط بخصوص کار مانند خلاء کامل یا بار و حرارت زیاد و در مواردی که روانکاری حدی حاکم^۱ است به کار می رود .

با توجه به اینکه برای آشنایی بیشتر با آنالیز روغن ، شناختن خصوصیات روغن لازم و ضروری است . از بین انواع روانکاری ذکر شده ، روغن به عنوان روانکار مایع مورد بررسی قرار می گیرد.

ویسکوزیته :

مهمترین خاصیت تمام روانکارها ویسکوزیته ((مقاومت سیال در مقابل جاری شدن)) است . ویسکوزیته تابعی از دما و وزن ملکولی است . بدین ترتیب که گرم کردن روغن روانکاری ویسکوزیته آن را کاهش و سرد کردن افزایش ویسکوزیته را همراه دارد . با افزایش وزن ملکولی ویسکوزیته افزایش می یابد .

محاسبات طراحی نیاز به اطلاعاتی در مورد ویسکوزیته دینامیک سیال دارد . واحد آن در سیستم $NS / m_2 / S_1$ است اما معمولاً واحد سانتی پواز ($1 \times 10^3 NS / m^2$) مورد استفاده قرار می گیرد .

ویسکوزیته سینماتیک معمولاً برای اندازه گیری ویسکوزیته روانکار در صنعت روغن به طور فزاینده ای مورد استفاده قرار می گیرد . ویسکوزیته سینماتیک نسبت به ویسکوزیته دینامیک به چگالی سیال در یک دمای مشخص است . ویسکوزیته سینماتیک را می توان در یک ویسکومتر شیشه ای معلق که در یک حمام با دمای ثابت قرار گرفته است خواند . واحد S_1 آن به m^2 / s اما سانتی استوک (CST) که $1 \times 10^{-6} m_2 / s$ است معمولاً مورد استفاده قرار می گیرد .

ویسکوزیته و درجه حرارت :

ویسکوزیته روغنها با درجه تغییر می کند و ویسکوزیته روغنهای متفاوت با تغییر مقدار مشخصی درجه حرارت مقادیر متفاوتی تغییر می کنند . کاهش این تغییرات برای روغنهایی که در عملیاتی نظیر روانکاری موتورهای شاخص ویسکوزیته پایین با تغییر درجه حرارت مقدار زیادی تغییر خواهد کرد و ویسکوزیته روغنی که دارای احتراقی مورد استفاده قرار می گیرند خیلی مناسب خواهد بود . برای اینکه این موتورها در حالت سرد راه انداز می شوند و در حالت داغ به کار ادامه می دهند . واحدی که معمولاً برای اندازه گیری تغییر نسبی ویسکوزیته روغن با شاخص ویسکوزیته بالایی است با تغییر درجه حرارت به همان میزان قبلی مقدار کمتری تغییر خواهد کرد وقتی که سیستمی راه اندازی می شود روغنها با دو روغن مرجع که به صورت دلخواه شاخص ویسکوزیته صفر ، بدترین و ۱۰۰ بهترین به آنها نسبت داده شده باشد مقایسه می شود . اما هم اکنون بیشتر روغنها دارای شاخص ویسکوزیته ای خارج از حدود مذکور است .

راه غیر مستقیم برای نشان دادن رفتار ویسکوزیته در مقابل درجه حرارت طبقه بندی روغنهای موتور به صورت ((چند درجه ای)) اتوماتیک است . این عمل بر مبنای طبقه بندی روغن موتور توسط انجمن مهندسين اتومبیل (SAE) انجام می گیرد . اتفاقی که می افتد این است که روغن با VI بالا می تواند در یک زمان مشخص نیاز مربوط به بیش از یک درجه را تامین کند . روغنهای چند درجه ای (اتوماتیک) $20\text{ W} / 50\text{ SWE}$ یا $10\text{ W} / \text{SAE}$ ۳۰ نشان داده می شوند دارای مشخصه ویسکوزیته - درجه حرارت مطلوبی هستند

۳-۶ مواد افزودنی به روغن :

به طور کلی می توان مواد افزودنی را این صورت تعریف کرد ((آنها موادی هستند که خاصیت نظری را که روغن پایه به تنهایی دارا نمی باشد به آن می دهند یا اینکه خاصیتی را که به طور ضعیف در روغن وجود دارد تشدید و تقویت می کنند)) اگر چه تعداد مواد افزودنی که امروزه شناخته و به کار برده می شود بسیار متنوع است ، اما مکانیزم عمل و خواص آنها از نظر تعداد محدود و کم است . آنها اغلب برای کاهش تجزیه اکسیداتیو و حرارتی روغن ، کاهش رسوبات مضر راسب شده روی سطوح روغنکاری شده ، کاستن از میزان خوردگی و زنگ زدگی ، کنترل اصطکاک و کاهش سائیدگی به کار گرفته می شوند . همچنین برای فراهم آوردن برخی خواص فیزیکی در روغنها مانند ویسکوزیته ، اندیس گرانروی و جلوگیری از کف مورد استفاده قرار می گیرند : به همین دلیل می توان کلیه مواد افزودنی را به چند دسته عمده زیر تقسیم بندی نمود که هر کدام دارای خواص مشابه و خاص خود هستند .

ضد اکسیداسیون^۱

بازدارنده خوردگی^۲

عوامل مقاوم در برابر فشار^۳

متفرق کننده ها^۴

عوامل ضد کف^۵

عوامل ضد سایش^۶

بهبود دهنده های انددیس گرانی^۷

پاک کننده ها^۸

که به تفصیل در مورد هر کدام از آنها توضیح داده خواهد شد . بد نیست ابتدا تاریخچه از روغنهای روان کننده و مواد افزودنی ارائه شود . اولین بار که از مواد شیمیایی به عنوان افزودنی به روان کننده ها استفاده شد ، در اواسط قرن نوزدهم بود که رایس لیتل^۹ از مخلوط صابون و روغنهای روان کننده استفاده کرده و گریس را تولید نمودند . به موازات اختراع و کاربرد اتومبیل در اواخر قرن نوزدهم مسئله روانکاری بیشتر مورد توجه قرار گرفت . در سال ۱۹۱۷ براون دریافت که هر گاه از روغن های معدنی با فسفر قرمز ، مخلوط شوند از اکسیداسیون آنها جلوگیری به عمل می آید . اگر چه این پدیده به صورت تجاری مورد استفاده قرار نگرفت .

ولی این ایده را نتیجه ترکیبات آلی فسفر در صنعت افزودنیها مورد مطالعه و کاربرد قرار گیرد . تقریباً اولین پیشنهاد صنعتی در زمینه مواد افزودنی توسط ولز^{۱۰} و ساتکومب^{۱۱} در سال ۱۹۲۰ ارائه شد ، که مقدار جزئی از اسیدهای چرب سنگین را با روغن مخلوط نمودند و توانایی آن را در کاهش اصطکاک افزایش دادند . بوهم^{۱۲} اولین کسی بود که صنعت ساخت مواد افزودنی را به شکل امروزی در سال ۱۹۳۱ با ساخت ماده کاهش دهنده نقطه ریزش بنا نهاد و از آن پس صنعت روانکاری و ساخت و مواد افزودنی به طور وسیع و تجارتي آغاز گردید.

^۱ - Anti Oxidants

^۲ - Corrosiom Inhibitor

^۳ - Exterme Pressure Agents

^۴ - Dispersants

^۵ - Anti foming Agents

^۶ - Anti Wear Agents

^۷ - Viscosity Index Improvers

^۸ - Detergents

^۹ - Raecz Little

^{۱۰} - Wells

^{۱۱} - Southcomb

^{۱۲} - Boehm

۱-۶-۳ افزایشده های ویسکوزیته : VI-Improvers

انتخاب روغن پایه و روشهای تصفیه روغن می تواند مقادیر نسبتا بالایی را برای VI به ما بدهد . اما حتی روغنهایی که دارای ویسکوزیته - درجه حرارت خوبی هستند . اغلب بایستی نیازهای خاص مورد کاری خود و مثلا اینکه برای روغن موتور یا روغن هیدرولیک است را بر آورده کنند . با استفاده از افزودنیهای که افزایشده ویسکوزیته می باشند می توان به این حالت رسید که باعث می شود که روغنها نسبت به حالتی که بدون افزودنی هستند با افزایش درجه حرارت مقدار کمتری رقیق شوند . افزایشده های ویسکوزیته بایستی به دقت انتخاب شوند با روغن پایه و سایر افزودنیهای که احتمالا مورد استفاده قرار گرفته اند سازگار باشد . محدوده کاری افزودنیها بر مبنای اینکه در موقع استفاده چند حالت موثر خود را حفظ می کنند متغیر می باشد. انتخاب نا مناسب افزایشده ویسکوزیته موجب می شود که تاثیرش هنگام عملیات از بین برود و ویسکوزیته روغن به همراه شاخص ویسکوزیته افت کند .

تقریبا تمام بهبود دهنده های اندیس گرانروی امروز ، پلیمرهایی هستند که غلظت روغن را در درجه حرارتهای بالا بیشتر می کنند ، تا در درجه حرارتهای پایین و این امر به خاطر تغییر شکل ملکولهای پلیمر در درجات حرارت روغن است . این پلیمرها عبارتند از :

الف) پلی ایزو بوتیلن

ب) پلی متا اکریلات ها

ج) کوپلیمر وینیل استات و استر فوماریک اسید

د) پلی اکریلاتها

از این ترکیبات امروزه نه تنها جهت نگه داشتن ویسکوزیته روغن در درجه حرارتهای متفاوت استفاده می کنند بلکه در ساخت روغنهای چند درجه ای^۱ یا به اصطلاح ((چهار فصل)) هم بهره می جویند .

۲-۶-۳ مواد افزودنی ضد ساییدگی^۲

در شرایط خاصی که روانکاری هیدرودینامیک نمی تواند وجود داشته باشد ، برای یک روانکار مقاومت در برابر فشار فوق العاده و فرسایش مهمتر از ویسکوزیته خواهند بود .

^۱ - Multi - grade

^۲ - Anti wear additives

موتورهایی که در شرایط سخت کار می کنند و عمل روغنکاری در آنها دارای مرزهای به خصوصی است بر روی اجزای خاصی از موتور مانند: سوپاپها، اسبک^۱، تایپیتها^۲، بالابرنده های سوپاپ^۳ و بادامکها ساییدگی ممکن است رخ بدهد.

مواد افزودنی ضد ساییدگی از چنین ضایعاتی جلوگیری می کنند بدین صورت که در صورت شکسته شدن فیلم روغن دمای ناحیه شکست افزایش می یابد و در آن ماده افزودنی با سطح فلز واکنش می دهد و ایجاد فیلم مقاوم محافظ می نماید. ترکیبات قطبی مثل چربیها، اسیدها استرها دارای هیدروکربنهای با زنجیره بلند بوده و از قسمت قطبی زنجیره جذب فلز می شوند. ترکیبات زنیک دی الکیل یا دی آریل، دی تیوفسفاتها به عنوان مواد افزودنی ضد ساییدگی در روغنهای صنعتی به کار می روند. در شرایطی که دو سطح به سختی روی یکدیگر بلغزند لایه روغنی سطوح پاک شده و اصطکاک بین آنها زیاد می شوند.

۳-۶-۳ بهبود دهنده های اصطکاک^۴

جهت کاهش اصطکاک در قسمت های متحرک موتور بهبود اقتصادی سوخت در فرمولاسیون روغنهای موتور از انواع صابونهای فلزی، استرها و آمیدها استفاده می شود. این مواد کشش زیادی نسبت به سطوح فلزی دارند و با قرار گرفتن بر روی این سطوح ایجاد یک فیلم کاهنده اصطکاک را می نمایند. در صورت مصرف یک درصد از بهبود دهنده های اصطکاک تا ۴ درصد در مصرف سوخت صرفه جویی می شود.

۳-۶-۴ ترکیبات افزودنی مقاوم کننده در برابر فشار:

ترکیبات مقاوم در برابر فشار یا مواد افزودنی e.p ترکیبات شیمیایی هستند که به منظور جلوگیری از تخریب ناشی از تمامی سطوح فلزی با یکدیگر به روغنهای روان کننده افزوده می شوند. روغنهای معدنی به تنهایی عمل روانکاری را به خوبی انجام می دهند. مادامی که فیلمی از روغنهای بین سطوح در تماس با یکدیگر قرار گیرد که این همان روانکاری هیدرو دینامیک است و به پارامترهای روغن من جمله ویسکوزیته بستگی دارد. اما وقتی که فشار یا سرعت مالش بین دو سطح متحرک آنقدر زیاد باشد که فیلم روغن فشرده شود و از روی سطوح پاک کرد، تماس فلز با فلز رخ می دهد. این نوع روانکاری به روانکاری حدی معروف است و به پارامترهای مربوط به سطوح در تماس از قبیل ((میزان صیقلی بودن و اصطکاک)) بستگی دارد. و تحت این شرایط تخریب حاصل از تماس فلز با فلز رخ می دهد. این وظیفه عوامل e.p است که از بروز چنین حالتی جلوگیری کند.

مکانیزم عمل ترکیبات e.p به این ترتیب است که آنها تحت شرایط روانکاری حدی با سطوح فلزی واکنش داده و فیلمی از نمک های فلزی تشکیل می دهند که این فیلم به صورت یک روان کننده جاده عمل می کند. مواقعی که

^۱ - Roker arms
^۲ - tappets
^۳ - valve lifter
^۴ - Friction modifiers

دو سطح تحت شرایط با درجه حرارت زیادی روی یکدیگر می لغزد اصطکاک و سایش بین سطوح تماس آنها زیاد خواهد شد. سرعت واکنش تشکیل لایه روی فلز تابعی از درجه حرارت سطح فلز است. لازم به ذکر است که حرارت ایجاد شده در سطح، در اثر تماس قسمتهایی زیر در دو سطحی که روی یکدیگر حرکت می کند و شکستن جوش های موضعی تولید شده در سطوح است.

در اثر تداوم لغزیدن دو سطح روی یکدیگر، ممکن است بعضی از قسمتهای لایه تشکیل شده روی سطوح از بین بروند ولی در اثر واکنش شیمیایی مجدد، این لایه ترمیم شده و تا موقعی که ماده افزودنی در روغن وجود داشته باشد عمل ترمیم لایه از بین رفته، به سرعت صورت می گیرد.

سختی شرایط لغزیدن دو سطح روی یکدیگر، یکی از عوامل موثر بر میزان فعالیت ماده افزودنی فشار پذیر است مناسب ترین حد فعالیت مادافزودنی جایی است که بدون اینکه خوردگی شیمیایی یا زنگ زدگی بوجود آورد، ساییدگی را حداقل کند. مواد افزودنی که بیش از حد فعال هستند، یک لایه ضخیم روی سطح فلز تشکیل می دهند. این لایه در برابر ساییدگی نسبت به لایه های با ضخامت کمتر مقاومت بسیار کمتر داشته و در اثر ساییدگی این لایه اصطکاک زیاد شده و در نهایت منجر به ساییدگی سطح فلز می شود.

مواد افزودنی خاص با فلزات مختلف واکنشهای مختلفی از خود نشان می دهند. به همین دلیل برای فلزات بهتر است از مواد افزودنی که برای استفاده بین دو سطح لغزنده فولاد بسیار مناسب است.

در همان شرایط برای دو سطح لغزنده از جنس فولاد - برنز مناسب نیست. از عوامل مهم دیگر در رابطه با مواد افزودنی فشار پذیر، واکنش شیمیایی زیاد این مواد با سطوح زیر در اثر حرارتهای موضعی است. این واکنش موضعی سبب می شود که سطوح زیر صیقلی شده و با وارد بر آنها به طور یکنواخت بر روی تمام سطوح پخش شود. در نتیجه اصطکاک های موضعی از بین رفته و سایش کم می شود.

این مواد دارای ترکیبات شیمیایی هستند که دارای گوگرد، کلر یا فسفر (به صورت عنصری یا ترکیب) بوده و بسته به مورد استفاده، باید ماده ای انتخاب شود که فعالیت شیمیایی لازم را داشته باشد.

ترکیبات گوگرد دار که در بعضی مواقع ممکن است دارای ترکیبات کلر دار یا فسفر دار نیز باشند. در روغن های حل شونده مورد استفاده قرار می گیرند. ترکیبات دارای گوگرد و فسفر، در روغنهای دنده های صنعتی نیز به کار می روند. در موارد خاص ترکیبات دارای گوگرد، کلر و سرب در روغن دنده های اتوماتیک مورد استفاده قرار میگیرد.

۵-۶-۳ بازدارنده های اکسیداسیون :

در اثر حرارت دادن به روغن در مجاورت هوا ، روغن شروع به اکسید شدن می کند . اکسید شدن روغن باعث افزایش ویسکوزیته و تولید اسید های آلی در روغن می شود . اسید های آلی تولید شده سبب تشکیل رسوبات لاکه و صیقلی روی سطوح فلزی داغی می شوند که با روغن در تماس هستند . در صورتی که درجه حرارت خیلی بالا باشد ، سبب اکسید شدن زیاد روغن و نهایتا ایجاد رسوبات کربنی و سرباره می شود . این محصولات میتوانند موجب خوردگی یا تاقانها یا گرفتگی خطوط روغن یا فیلترها شوند . البته اکسید شدن روغن به عواملی دیگر ، مثل وجود آب و واکنش با محصولات احتراق و یا سوخت نسوخته در موتورها نیز به وجود می آید . سرعت اکسیداسیون روغن به عوامل مختلفی بستگی دارد . افزایش درجه حرارت و وجود مقدار زیادی هوا در روغن باعث افزایش سرعت اکسیداسیون می شود .

فلزات زیادی از قبیل مس و روی و آهن و اسید های آلی و معدنی و وجود سولفور در روغن به عنوان کاتالیزور سرعت اکسیداسیون را افزایش می دهند .

مکانیزم پیچیده عمل اکسیداسیون هنوز به درستی مشخص نشده است . ولی اعتقاد کلی این است که این عمل از طریق واکنش زنجیری رادیکال آزاد صورت می گیرد . شروع کننده های واکنش زنجیری اکسیداسیون ، ملکولهای ناپایدار موجود در روغن است . این مواد ابتدا با اکسیژن وارد واکنش شده و تولید پراکسید می نمایند . پراکسید های تولید شده به ملکولهایی که اکسید شده اند حمله کرده و باعث تسریع عمل اکسیداسیون روغن می شود .

هر ماده ای که بتواند از تشکیل ملکولهای پراکسید جلوگیری کند می تواند از اکسیداسیون روغن جلوگیری کند . در واقع عمل اصلی این بازدارنده ها از بین بردن رادیکالهای آزاد یا واکنش ، پراکسیدها تشکیل شده است .

مواد بازدارنده اکسیداسیون به دو دسته اصلی تقسیم می شوند یک دسته که در درجه حرارت های کمتر از ۹۳ درجه سانتیگراد پیشرفت اکسیداسیون بسیار کند بوده ، به عنوان مثال از این نوع مواد می توان فنل های آلکیل و آمین های آرماته را نام برد . از این مواد در ساخت توربین و سیستم های هیدرولیک که تحت شرایط درجه حرارت متوسط کار می کنند استفاده می شود .

دسته دوم موادی هستند که در شرایطی که درجه حرارت عملکرد بیش از ۹۳ درجه سانتیگراد باشد مورد استفاده قرار می گیرد . در درجه حرارت های بیش از ۹۳ درجه سانتی گارد ، اثرات کاتالیستی فلزات باعث می شود که سرعت اکسیداسیون روغن افزایش یابد . در چنین شرایطی باید از مواردی استفاده شود که خاصیت کاتالیستی فلز را کم کنند .

این مواد معمولاً با سطح فلز واکنش شده و باعث تشکیل یک لایه روی سطح نیز می شوند. این مواد به مواد کم کننده فعالیت فلز معروف می باشند. به عنوان نمونه از این نوع مواد می توان دی تیوفسفاتها با دی تیوفسفات روی را نام برد.

دی تیوفسفاتها برای درجه حرارت های کمتر از ۹۳ درجه سانتی گراد نیز مورد استفاده قرار گرفته و باعث از بین رفتن پر اکسیدها در نتیجه کم کردن سرعت اکسیداسیون می شوند.

وقتی شرایط عملکرد روغن سخت باشد، بازدارنده های اکسیداسیون نمی توانند به طور کامل از اکسید شدن روغن جلوگیری کنند.

حاصل پروسه اکسید شدن ایجاد مواد اسیدی درون روغن است که ایجاد خوردگی در مس، سرب و کادمیوم موجود در یاتاقانهای موتور می نمایند.

این نکته مورد توجه است که مقاومت در برابر اکسیداسیون تنها به ماده افزودنی بازدارنده و اکسیداسیون بستگی نداشته بلکه کیفیت تصفیه روغن نیز تاثیر زیادی در مقاومت روغن در برابر اکسیداسیون دارد. اگر روغن پایه از کیفیت تصفیه خوبی برخوردار باشد در صورت افزودن مواد بازدارنده اکسیداسیون به آن، دارای مقاومت بسیار خوبی در برابر اکسیداسیون خواهند شد.

۶-۶-۳ جلوگیری از خوردگی:

اغلب خوردگیها در اثر اکسید شدن روغن که منجر به تولید اسیدهای آلی می شود به وجود می آید.

خوردگی یاتاقانها در موتورهای احتراق داخلی یکی از مواردی است که توسط اسیدهای آلی صورت می گیرد بعضی از فلزات مانند سرب، (در یاتاقانهای مس - سرب یا سرب - برنز) به راحتی توسط اسیدهای آلی مورد حمله قرار می گیرند. استفاده از روکش های آلیاژهای سرب - قلع یا ایندیوم - سرب، مقاومت سرب را در برابر خوردگی افزایش می دهند. استفاده از مواد افزودنی بازدارنده و خوردگی تگشیل یک لایه مقاوم روی سطوح این فلزات شده و از رسیدن اسیدهای آلی به سطح فلز جلوگیری می کند.

این لایه ممکن است روی سطح جذب شده و یا آن پیوند شیمیایی برقرار کند.

عمده منابع اسیدهای معدنی قوی در روغنکاری ها ناشی از آلودگیهای محصول احتراق است. همچنین سوختهای دیزل مقداری سولفور همراه دارند که این سولفور باعث تشکیل اسید سولفوریک می شود. در سوختهای بنزینی مقدار بسیار کمی سولفور دارد ولی در عوض ترکیبات پرمید و کلرید همراه دارد که در شکل گیری اسیدهای هالوژن موثر هستند. خوردگی سولفور بیشتر در یاتاقانهای نقره ای و یا مسی دیده می شوند.

از مواردی که به عنوان بازدارنده خوردگی مورد استفاده قرار می گیرند دی تیوفسفات روی را می توان نام برد . البته ترکیبات دیگری که شامل ترکیبات گوگرد و فسفر باشند نیز به عنوان بازدارنده خوردگی مورد استفاده قرار می گیرند .

اسیدهای معدنی قوی در دیواره های سیلندر جمع شده و بوسیله روغن به قسمتهای مختلف موتور هدایت می شوند . وجود این اسیدها در روغن باعث ساییدگی از نوع خوردگی در رینگها و دیواره های سیلندر ، خوردگی میل سوپاپ و قسمتهای دیگر موتور خواهد شد . استفاده از مواد افزودنی را خاصیت قلیایی زیاد ، می تواند این اسیدها را خنثی نموده و مشکلات ناشی از تولید اسید در موتور را به حداقل برساند .

۷-۶-۳ افزودنیهای ضد زنگی :

یکی از مهمترین خواص روغن به خصوص در موتورهای دریای و لوکوموتیو قدرت جلوگیری آنها از زنگ زدن قطعات فلزی موتور است .

چنین زنگ زدگی اغلب به دلیل وجود رطوبت در اتمسفر بوده که به صورت قطره در داخل موتور می شوند و یا در سرویسهای سفر کوتاه در زمستان ، موتور در حالت سرد رانده می شود و آب بدین صورت وارد موتور می گردد . در صورتی که روغن موتور فاقد ترکیبات ضد زنگ زدگی باشد قادر به جلوگیری از زنگ زدن سطوح فلزی درون موتور نیست . این مواد ترکیبات قطبی بوده و تمایل زیادی به جذب شدن روی سطح فلز دارند به وسیله واکنش شیمیایی یا فیزیکی بین این مواد ترکیبات این مواد و سطح فلز یک لایه محکم و یکنواخت روی سطح فلز تشکیل می شود . وجود این لایه باعث جلوگیری از رسیدن آب به سطح فلز شده و در نتیجه از زنگ زدگی جلوگیری می شود . از این دسته می توان آمین ساکسینالنها و سولفوناتها فلزات قلیایی خاکی نام برد . در انتخاب این مواد باید دقت زیادی به عمل آورد تا از شکل خوردگی فلزات غیر آهنی و تشکیل امولسیون با آب جلوگیری شود . نتیجه انتخاب صحیح این مواد جهت جلوگیری موثر از زنگ زدگی فوق العاده موثر است .

۸-۶-۳ بازدارنده های کف :

در بسیاری از موارد روغن در حین کار کرده هم می خورد و در نتیجه شروع به کف کردن می کند . در خیلی از مواقع مقدار بسیار کم کف مشکلات زیادی به وجود می آورد . برای رفع این مشکلات باید به روغن مواد افزودنی ضد کف اضافه نمود .

مقاومت یک روغن در برابر کف کردن بستگی به نوع نفت خام ، کیفیت تصفیه ویسکوزیته ان دارد .

یکی از معروفترین مواد افزودنی ضد کف ، پلیمرهای سیلیکونی است افزون این مواد در حد ppm به روغن باعث برطرف شدن کف روغن می شود .

برای اینکه این مواد به خوبی در روغن حل شده در اثر گذشت زمان از روغن جدا نشوند باید دارای طول زنجیر مشخص باشند .

مشکلی که استفاده از مواد افزودنی سیلیکون دار به وجود می آورد ، داخل نمودن مقداری هوا در روغن است . امروزه برای رفع این اشکال از پلیمرهای آلی به جای مواد سیلیکون دار استفاده می شود . البته در صد افزایش این نوع مواد به روغن بیش از مواد سیلیکون دار است . مکانیزم عمل این مواد مشخص نیست اما گفته می شود که سیلیکون به حبابهای هوا چسبیده و کشش سطحی آن را افزایش می دهد تا به محض رسیدن به حباب به سطح روغن به سرعت گسیخته می شوند .

۹-۶-۳ پایین آوردنده های نقطه ریزش :

دمایی که سیالیت روغن در آن متوقف می شود در واقع نقطه انجماد آن بسته به شرایط محیطی موجود است . شکل ظرف ، سرعت خنک کردن همگی عوامل مهمی هستند .

روغنهای معدنی ترکیبات پیچیده ای دارند و دارای یک نقطه انجماد دقیق نظیر آب نیستند . بنابراین انواع مختلف روغنها به طور وسیعی دارای نقاط ریزش مختلفی هستند .

همانطور که اشاره شد ، در تصفیه روغن فرایندی تحت عنوان موم گیری وجود دارد که طی آن موم های موجود در روغن جدا می شوند ، ولی در اثر سرما کریستالیزه شده و باعث سفت شدن و بستن روغن می گردد .

برای جلوگیری از این عمل ترکیبات شیمیایی تحت عنوان پایین آورنده های نقطه ریزش استفاده می کنند که عمل آنها در روغن مشابه ضد یخ در آب رادیاتور ها است .

انواع مختلف روغنها به طور وسیعی دارای نقاط ریزش مختلفی هستند روغنهایی که دارای پایه پارافیک هستند حاوی مقدار زیادی ترکیبات مومی هستند که باعث می شوند دمای که سیالیت روغن متوقف می شود ، خیلی بالاتر از دمای باشد که روغنهایی با پایه نفتیک سیالیت خود را از دست می دهند ، حتی اگر روغنهای با پایه نفتیک دارای همان ویسکوزیته ای که روغن با پایه پارافیک دارد . بیشتر روغنهای تهیه شده دارای دو نوع روغن پایه هستند . نقطه ریزش این روغنها همچنین نقطه ریزش روغنهایی با پایه پارافیک خالص را می توان با زدودن ترکیبات مومی شکل از روغن کاهش داد . چون زدودن محصولات مومی گران است می توان برای کاهش نقطه ریزش به همراه زدودن ترکیبات مومی شکل از روغن ، از افزودنیها نیز استفاده نمود .

این مواد پلیمرهای با وزن مولکولی بالا هستند . استفاده از این مواد در روغن از رشد کریستالهای مومی در درجه حرارتهای پایین که منجر به انجماد یا کند شدن جریان روغن می شود ، جلوگیری می کن .

این مواد به طور کلی در دو نوع وجود دارند :

۱- پلیمرهای الکیل آروماتیک که جذب کریستالهای مومی شکل شده و از رشد آنها جلوگیری می کند .

۲- پلی متاکریلاتها که از رشد کریستالهای مومی جلوگیری می کنند.

این مواد نمی توانند از تشکیل کریستالهای مومی در روغن در درجه حرارتهای پایین جلوگیری کنند بلکه از رشد کریستالهای تشکیل شده و جلوگیری می کنند . البته جلوگیری از رشد کریستالها صد در صد نمی باشد و اگر درجه حرارت خیلی پایین برود کریستالها با وجود مواد افزودنی شروع به رشد می کنند . بسته به نوع روغن پایه ، این مواد افزودنی می توانند نقطه ریزش روغن را تا حدود ۲۸- درجه سانتیگراد پایین ببرند ولی مقدار محصول ۱۷- درجه سانتیگراد تا ۱۱- درجه سانتیگراد است .

۱۰-۶-۳ پاک کننده ها :

واژه پاک کننده به آن دسته از مواد افزودنی اطلاق می شود که توانایی کاهش و جلوگیری از نشستن رسوبات بر روی قسمتهای داغ موتور را داشته باشند . رسوبات تشکیل شده سبب اختلال در سیستم گردش روغن پر شدن شیارهای روی پیستون و در نتیجه چسبندگی و ساییدگی رینگها و به هم خوردن میزان لقی های مجاز قطعات حساس مثل سوپاپهای هیدرولیک در سیستم سیلندر می شوند . پاک کردن این رسوبات بسیار مشکل است ، مگر اینکه از وسایل پاک کننده مکانیکی استفاده نماییم .

استفاده از مواد افزودنی پاک کننده و متفرق کننده ((در ادامه توضیح خواهد داده شد)) در روغن ، باعث به تاخیر افتادن تشکیل دسوب درموتور می شود . عامل بسیار مهم در جلوگیری از تشکیل رسوب در موتور می شود . عامل بسیار مهم در جلوگیری از تشکیل رسوب تعویض به موقع روغن است . با تعویض به موقع ، قبل از اینکه روغن خاصیت پاک کنندگی و متعلق نگه داشتن ذرات در خود را از دست بدهد ، آلودگیهای معلق در روغن از سیستم گردش روغن خارج خواهند شد . مواد پاک کننده یک سری ترکیبات شیمیایی هستند که از تشکیل و زیاد شدن میزان رسوبات جلوگیری می کنند . این رسوبات معمولاً تحت شرایط درجه حرارت بالا ، از احتراق سوختهایی که دارای مقدار زیاد گوگرد یا مواد دیگری که در اثر احتراق تولید مواد اسیدی می کنند ، ایجاد می شوند .

عمده ترین مواد پاک کننده که در حال حاضر مورد استفاده قرار می گیرد ، صابونهای مواد آلی و نمکهای فلزات قلیایی خاکی مثل باریم ، کلسیم ، منیزیم و همچنین فنالهای این فلزات (یا فنل سولفیدهای این فلزات) است .

فسفوناته های باریم نیز گاهی اوقات مورد استفاده قرار می گیرند . سولفاناتها و فناتها ممکن است به صورت خنثی یا فوق قلیایی ساخته می شوند ، این امر با افزودن درصد بیشتری از فلزات کلسیم ، باریم و یا منیزیم ، در ساختمان شیمیایی ماده افزودنی امکان پذیر است . مواد پاک کننده فوق قلیایی کاربرد زیادی در موتورهای دیزلی دارند.

خاصیت فوق قلیایی این مواد باعث خنثی کردن اسیدهای قوی سبب کم شدن خوردگی و سایش در اثر زنگ زدگی می شود همچنین تمایل روغن به تجزیه در اثر وجود اسیدهای آلی را نیز به حداقل می رساند . مواد پاک کننده آلی فلزی در محفظه احتراق ایجاد خاکستر سولفات می کنند . در بسیاری از این موارد این خاکسترها باعث تشکیل رسوب در محفظه احتراق می شوند . همچنین ممکن است این خاکسترها با ایجاد یک لایه روی قطعاتی مثل سوپاپها ، از سایش آنها جلوگیری کنند . اگر مقدار این خاکسترها از حد معینی بیشتر باشد ، باعث ایجاد اشکالاتی در کارکرد موتور ، خصوصا موتورهای بنزینی می شود. در نتیجه مقدار خاکستر سولفات مواد پاک کننده نباید از حد مشخصی که استانداردها تعیین کرده اند بیشتر باشد .

۱۱-۶-۳ متفرق کننده ها :

همانطور که اشاره شد پاک کننده ها به ترکیباتی گفته میشود که قابلیت جلوگیری از راسب شدن ذرات بر روغن در اثر کارکرد موتور در درجه حرارت پایین و سرد شدن بخارات آب (در نتیجه تولید آب) و احتراق ناقص را بصورت معلق در آورده و مانع از ته نشین شدن آن شود. با تعویض روغن این لجن ها از موتور خارج می شوند این لجن ها که اغلب در شرایط کارکرد کوتاه و سرد موتور یا به اصلاح حرکت و ایستهای کوتاه مدت تشکیل می شوند عبارتند از مخلوط پیچیده ای از احتراق سوخت، سوخت خام، سرب و آب در صورتیکه این لجن در روغن به صورت معلق در نیاید بر روی قسمت های مختلف موتور نشسته و مانع از عملکرد صحیح موتور می گردد. وقتی که درصد گوگرد در گاز وئیل خیلی کم باشد، درصد افزایش مواد فوق قلیایی به روغن نیز کم خواهد بود، همین درصد کم باعث جلوگیری از خوردگی قطعات موتور در درجه حرارت های بالا می شود. این مواد دارای خاصیت متفرق کنندگی بوده و از نشست لجن ها روی قطعات مختلف نیز جلوگیری خواهد کرد.

بین مواد و پاک کننده و مواد متفرق کننده اختلاف کاملاً مشخصی وجود ندارد. مواد پاک کننده دارای مقداری خاصیت متفرق کنندگی بوده و متقابلاً مواد متفرق کننده نیز دارای مقداری خاصیت پاک کنندگی هستند.

به عنوان نمونه از مواد متفرق کننده پلیمری بدون فلز که امروزه مورد استفاده قرار می گیرند، می توان از ساکسین اسیدهای پلیمری، مواد حاصل از واکنش بین الفین ها و PS، پلی استرها و بنزیل آمیدها را نام برد. ساختمان اصلی این مواد هیدروکربورهای بلند زنجیری هستند که ابتدا اسیدی شده و سپس با ترکیبات بازی نیتروژن دار خنثی می شوند. قسمت هیدروکربورهای این مواد باعث حل شدن آنها در روغن شده و قسمت نیتروژن دار آنها خاصیت متفرق کنندگی را به عهده دارد. در نتیجه این دو خاصیت، ماده افزودنی ابتدا در روغن به خوبی حل شده و سپس باعث معلق نگه داشتن آلودگی های موجود در روغن می شود. اولین استفاده از مواد پاک کننده و متفرق کننده، در روغن موتور بوده ولی امروزه در روغن های صنعتی نیز مورد استفاده قرار می گیرد. استفاده از این مواد باعث جلوگیری از مواد لاکه و صیقلی حاصله از اکسیداسیون روغن روی قطعات مختلف می شود.

۱۲-۶-۳ افزودنیها دارای قابلیت جدایی پذیری:

ورود آب به داخل روانکارهای توربین آب و بسیاری از روانکارها که در یک سیال در حال چرخش هستند اجتناب ناپذیر است. یعنی روغن بایستی دارای قابلیت جدایی پذیری خوبی باشد، تا بتوان در مواقع ضروری روغن را از آب جدا کرد.

در روغنهای مربوط به دستگاه هایی که حرکت برشی دارند، سیالات هیدرولیکی مقاوم در مقابل آتش و در بعضی از روانکارهایی که در دیوارهای سیلندر موتورهای دیزلی کشتی مورد استفاده قرار می گیرند، برای پایداری محلولهای امولسیون از افزودنیهای خاصی در روغن استفاده می کنند.

۷-۳ موارد کیفیت روغن مرغوب

با توجه به مواردی که تاکنون بیان گردید ، روغن باید دارای کیفیتهای مشخصی باشد که در زیر به آنها اشاره خواهد شد .

۱- **سیال بودن روغن** : روغن موتور بایستی سیال دارای ضریب اصطکاک بسیار کمی باشد تا بتوان آن را بدون آنکه از قدرت موتور بکاهد به آسانی به قسمتهای مختلف موتور فرستاد.

۲- **مقاوم بودن روغن** : چون عمل احتراق در موتور تولید حرارت زیادی می نماید لذا روغن باید در آن درجه حرارت مقاومت نموده و اکسید نشود . زیرا مواد اکسید شده باعث اختلال در عمل روغنکاری می گردند .

۳- **خاصیت پاک کنندگی روغن** : معمولاً پس از کار مداوم و حرارت زیاد ، مواد لجنی در روغن موتور تولید می شوند که برای جلوگیری از آن ، روغن باید دارای مواد پاک کننده باشد .

۴- **خاصیت ضد خوردگی و ضد زنگ** : در نتیجه عمل احتراق مقداری و مواد آب اسیدی در روغن ایجاد می گردد که به داخل موتور نفوذ کرده و باعث زنگ زدگی و خوردگی در قسمتهای مختلف آن می گردد . یک روغن موتور خوب باید دارای مواد ضد خوردگی و ضد زنگ باشد .

۵- **بالا بودن شاخص ویسکوزیته** : تغییرات ویسکوزیته روغن موتور مرغوب در درجه حرارتهای مختلف باید حتی المقدور کم باشد تا عمل روغنکاری بخوبی انجام پذیرد .

۶- **خاصیت ضد فرسودگی** : روغن موتور باید در مقابل فشار و درجه حرارت تولید شده در اثر اصطکاک دائم سطوح فلزات با یکدیگر مقاومت نموده و خاصیت خود را حفظ نماید.

به طور کلی عوامل مختلفی سبب می شود که روغن پس از مدتی کیفیت اصلی خود را از دست بدهد و به اصطلاح کثیف شود و تعویض آن پس از مدتی اجتناب ناپذیر است. این نکته را نباید فراموش کرد که اگر روغن موتور تمیز

بماند و تغییر رنگ ندهد، دلیل بر مرغوبیت آن نیست که کلیه کثافات و دوده موتور را در خود به حالت معلق نگه دارد و حتماً تغییر رنگ بدهد. برای آن که روغن موتور کار خود را به بهترین وجهی انجام دهد باید روغن کثیف شده را در فواصل زمانی که به شرایط کاری موتوری بستگی دارد تعویض نمود. چنانچه روغن کثیف و مصرف شده تعویض نگردد باعث ازدیاد مصرف سوخت موتور، فرسودگی، خوردگی و کثیفی آن شده و در نتیجه از قدرت موتور به میزان قابل توجهی می‌کاهد و زمان تعویض قطعات مختلف آن را تقلیل می‌دهد.

فصل چہارم

نمونہ گیری روغن ونکات آن

۱-۴ مقدمه :

یکی از عوامل موثر در موفقیت برنامه آنالیز روغن انجام صحیح نمونه گیری sampling است. تجربه نشان داده که به علت سادگی کار اغلب به این امر بی توجهی می شود. این در حالی است که روش نمونه گیری ودقت در آن بسیار مهم است. زیرا اگر در نمونه گیری اشتباهی رخ دهد ممکن است در نتایج حاصل از آنالیز روغن وذرات فرسایشی نیز اشتباه صورت گیرد. نمونه گیری غلط باعث از بین رفتن هزینه وزمان می شود لذا ضرورت آموزش نیروها واجرای یک روش نمونه گیری از اهمیت خاصی برخوردار است. توصیه نیروهای اجرائی به حساسیت ودقت مورد نیاز در فرایند نمونه گیری این است که در عین سادگی به توجه خاصی نیاز دارد.

۲-۴ نمونه گیری :

ذرات فرسایشی حاوی اطلاعات وبازگو کننده نوع فرسایش است که در سیستم اتفاق افتاده است لذا نمونه گیری بایستی به نحوی انجام شود تا میزان ودرصد ذرات فرسایشی در نمونه برداشته شده، مشابه کل روغن موجوددر سیستم باشد. بدین منظور نحوه نمونه گیری پیوسته بایستی یکسان باشد بهترین زمان برای نمونه گیری درست در زمان حرکت دستگاه است یعنی به صورت دینامیکی. اگر این امر ممکن نباشد بهترین شرایط برای نمونه گیری درست پس از توقف دستگاه است.

نمونه نبایستی از کف یا سطح روغن کارتل یا مخزن هیدرولیک وغیره برداشته شود بلکه باید طول شلنگ نمونه گیری طوری انتخاب شود تا ازوسط روغن،نمونه کشیده شود. این باید توجه شود که ارتفاع محل ومکان نمونه گیری ثابت باقی بماند وتغییر نکند ذرات موجود درسطح فوقانی روغن همواره کمتر در سطح تحتانی آن بیشتر از مقدار واقعی است در اثر ته نشین شدن ذرات در قسمت کف کارتل تجمع می کنند. 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 کاملاً مخلوط نمود.

فاصله زمانی برای نمونه گیری به عوامل مختلف بستگی دارد نظیر: شرایط کاری دستگاه واهمیت آن،نوع ووضعیّت سلامت آن، کیفیت مواد مصرفی نظیر فیلتر وروغن وغیره.

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

۳-۴ تکنیکهای نمونه گیری روغن برای مراقبت وضعیت از طریق آنالیز روغن:

آنالیز ذرات فرسایشی روشی است برای دریافتن روند فرسایش غیر عادی در ماشین آلات که میزان کارایی آن هم به تکنیکهای نمونه گیری صحیح، بستگی دارد. نمونه های قابل قبول باید حاوی منتخبی واقعی از ذرات فرسایشی موجود در کل سیستم باشد. از آنجایی که ذرات فرسایشی و آلاینده ها در سیستم روانکاری به طور یکنواخت پخش شده است آشنایی با این نکات برای کاربری صحیح روشهای آنالیز ذرات فرسایشی اساسی است.

دوره عمر یک ذره

نمونه گیری از لوله

نمونه گیری از مخزن

تاثیر فیلترهای سالم

نمونه های گریس

تفاوت نمونه گیری

ظروف نمونه و در پوشها

لوازم نمونه گیری

دوره عمر ذرات فرسایشی

برای ایجاد سیستم مراقبت وضعیت سلامت ماشینها به وسیله آنالیز ذرات فرسایشی، لازم است که نمونه روغن شامل منتخب واقعی ذرات باشد از آنجائی که ذرات به صورت پراکنده در سیال وجود ندارد نمی توان تصور کرد که پخش یکنواخت آنها در کل روغن وجود دارد. در نتیجه باید توجه زیادی به روش استخراج نمونه بشود.

طی کار عادی سیستم های هیدرولیک و روانکاری تراکم ذرات فرسایشی برای هر شرایط کاری خاص به یک تعاون مختص به خود می رسد. از آنجایی که در هر سیستم مکانیکی در حال کار ذرات فرسایشی به طور دائم تولید می شوند، به دست آوردن سطح تعادل به این معنا است که به همان نرخ که ذرات تولید می شوند از سیستم حذف شوند.

عوامل موثر بر زمان کاری برای رسیدن به تعادل عبارتند از:

* تصفیه فیلتر اسیون: میانگین مدت زمانی که یک ذره با اندازه و ترکیب معین از میان فیلتر عبور می کند.

* نرخ گردش دوره ای چمچ روغن: بر اساس حجم در هر واحد زمان، تقسیم بر حجم روانساز در سیستم می باشد.

* خاصیت پراکنده سازی روانکار: یک سیال ممکن است محتوای مواد پاک کننده باشد که از تجمع ذرات جلوگیری و چسبندگی سطح را کم می کند.

* موانع فیزیکی: ممکن است ذرات در موانع و فضاهای فیزیکی ته نشین شده، یا به طور موقت به سطح بچسبد برای آنکه نمونه های واقعی روانکار برای آنالیز روغن و ذرات فرسایشی فراهم گردد این راهنمایی ها باید پیروی شوند.

- نمونه ها باید از یک نقطه از سیستم برداشته شوند و این مجددا تاکید می شود از آنجائی که ذات بزرگ در آنالیز ذرات فرسایش مهم هستند بایستی کوشش شود تا نمونه قبل از فیلتر گرفته شود البته برای مشخص شدن سلامت فیلتر ها نمونه قبل و بعد از فیلتر نیز گرفته می شود.

- نمونه ها باید در شرایط وضعیت دستگاه برداشته شوند.

- اگر نمونه ها در زمان کار ماشین نمی توانند برداشته شوند، نمونه گیری باید در کمتر از پانزده دقیقه بعد از خاموش شدن دستگاه صورت گیرد.

اثر تعویض روغن نکته دیگری است از آنجائی که تعویض کامل روانکار اکثریت ذرات را از سیستم دفع می کند دوره کار مورد نیاز برای هر ملشین برای برگشتن به حالت تعادل ذرات بایستی در نظر گرفته شود. هر ماشین مشخصات زمانی خاص برای بازگشت به وضعیت تعادل ذرات دارد. ذرات درشت زودتر از ذرات ریز به تعادل می رسند.

۱-۳-۴ نمونه گیری از لوله ها :

نمونه گیری دینامیک از سیستم در حال کار بهترین نمونه و نماینده واقعی سیال را می دهد برای نتیجه بهتر ، نمونه باید قبل از فیلتر از لوله برداشته شود (روغن از قسمت ها و قطعات مختلف روئیده می شود) .

نمونه باید نماینده تمام سیستم باشد روغن در جریان باید از همه قسمت های فرسایشی بگذرد . اگر لوله بزرگ است و سرعت سیال پایین ، از نمونه گیری از قسمت های انتهایی اجتناب شود چون ذرات فرسایشی به دلیل اینکه جریان آرام است به تدریج رسوب می کنند شیر نمونه گیری باید همیشه قبل از برداشتن نمونه فلاش شوند .

۲-۳-۴ نمونه گیری از مخازن :

دو امکان اصلی اشتباه در نمونه گیری از مخازن وجود دارد که هر دو ناشی از تمایل طبیعی ذرات به رسوب کردن است :

۱- اگر نمونه از قسمت ته مخزن گرفته شود ، ممکن است به دلیل ته نشین حجم بالایی از ذرات به دست آید .

۲- اگر نمونه بعد از مدت زیادی ، بعد از خاموش شدن ماشین برداشته شود (بیشتر از ۱۵ دقیقه) مقدار کمی از ذرات ممکن است به دلیل ته نشین شدن به دست آید .

موارد ذیل توصیه هایی برای نمونه گیری از مخازن هستند .

* بهتر است نمونه در هنگام کار ماشین برداشته شود اگر چنین کاری ممکن نیست ، نمونه باید در مدت ۱۵ دقیقه بعد از خاموش شدن ماشین تهیه شود .

* اگر سیستم شامل یک خط نمونه گیری ثابت است ، مسیر قبل از نمونه گیری بایستی flash شود .

نمونه گیری باید از مرکز مخزن یا میانه عمق سیال تهیه شود . حجم روغن بی حرکت در مسیر بایستی بر آورد شود و دو برابر این مقدار ، بایستی قبل از برداشتن نمونه اصلی خارج شود .

اگر از لوله ای ایستاده نمونه گیری می شود ، باید طوری طراحی شود که ذرات مستقیماً درون لوله ته نشین نشوند .

۳-۳-۴ تأثیر فیلترهای سالم :

فیلترها جمعیت ذرات را به دو روش تغییر می دهند نخست اینکه آنها مقدار ذرات در روغن را کمتر می کنند . دوم اینکه فیلترها ذرات درشت را به طور موثرتری نسبت به ذرات ریز دفع می کنند بنابراین شمار ذرات درشت ، کاهش می یابد . در نتیجه نمونه ها باید از محل قبل از فیلتر گرفته شوند ، تا اطمینان از بهترین نمونه روغن سیستم حاصل شود .

۴-۳-۴ نمونه های گریس :

برداشتن نمونه های گریس مشکل استثنایی دارد زیرا گریسها مثل روغن در گردش نیستند و با توجه به طراحی یاتاقان ها ، ذرات فرسایشی در جای مشخصی متمرکز می شوند .

۴-۴ تناوب نمونه گیری :

تناوب نمونه گیری بستگی به طبیعت کار و نحوه استفاده از دستگاه و چگونگی مهم بودن هشدارهای سریع بستگی دارد. خرابیها در اثر فعالیتهایی که فراتر از توانایی طراحی شده ماشین است یا از تاثیرهای شرایط محیط کاری ناشی می شوند.

تجربه نشان داده است که به طور کلی برداشتن ماهیانه نمونه، اطمینان لازم را برای تشخیص به موقع از آغاز فرسایش غیر عادی و به حداقل رساندن پیامدهای آن را ایجاد می نمایند زمان تناوب حداکثری نیز برای سیستم های تعریف شده که در ادامه به آن اشاره خواهد شد.

تناوبهای طولانی تر امکان پیشرفت مخفی خرابی را افزایش می دهد.

۴-۵ وسایل و تجهیزات نمونه گیری :

به منظور استاندارد بودن نمونه گیری، اقلام زیر توسط آزمایشگاه تهیه و تحویل می گردد و لازم است کار نمونه گیری طبق دستورالعمل زیر انجام شود.

۱- پمپ مکش روغن : این پمپ مکش دستی است و احتمال آلودگی روغن از این طریق به حداقل میرسد (تصویر پمپ مذکور در ادامه آورده شده است).

۲- ظروف مخصوص نمونه گیری ۳۰ CC به تعداد لازم

۳- برجسب جهت درج شماره و مشخصات نمونه به تعداد ظرف نمونه گیری

۴- تیوپ پلی اتیلن : شلنگهای با قطر خارجی یک چهارم و یا پنج شانزدهم اینچ برای کار در نمونه گیری استفاده می شود و در نمونه گیری های بسیار حساس و دقیق شلنگهای یک بار مصرف استفاده می شود. ولی در سایر موارد طبق دستورالعمل نمونه گیری که در ادامه آمده عمل می شود.

۵- 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، سر ریز روغن به لیتر، نام و نوع روغن، تولید کننده روغن، نام نمونه گیر، شماره نمونه.

۶- کیف حامل نمونه : به منظور حمل مطمئن نمونه کیف حمل نمونه با ظرفیت بیش از سی نمونه طراحی و تولید شده است. از ویژگیهای این کیف قابلیت نگهداری این ظروف نمونه تحت زاویه ۴۵ درجه است که احتمال نشت روغن از ظروف را به حداقل می رساند. همچنین پمپ نمونه گیری در این کیف جاسازی شده است.

۶-۴ دستورالعمل نمونه گیری :

معمولا از سیستم های زیر جهت اجرای برنامه مراقبت و وضعیت از طریق آنالیز روغن نمونه برداری می شود .

۱- موتور

۲- سیستم های هیدرولیک

۳- سیستم های انتقال قدرت نظیر : گیربکس ، دیفرانسیل ، فاینال درایو

۶-۱-۴ نحوه نمونه گیری از موتور :

نمونه روغن را 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 می شود .

به منظور سهولت در نمونه گیری دقیق ، معمولا طول شلنگ را قبلا با در نظر گرفتن طول شمشیرک (گیج) روغن مشخص می نمایند تا هر بار آنرا تا عمق مورد نظر به داخل موتور وارد نمود . تناوب زمانی پیشنهادی برای نمونه گیری از موتورها هر یک بار در میان عوض کردن روغن است . به هر حال حداکثر زمانی بین دو نمونه گیری از یک موتور دو ماه پیشنهاد می شود .

۶-۲-۴ نحوه نمونه گیری روغن هیدرولیک :

قبل از هر چیز نباید فراموش کثرت که سه بار روغنی که از سیستم هیدرولیک برداشته می شود دور ریخته شود تا سرنگ و شلنگ از آغشته بودن به روغن قبلی پاک شود .

نمونه گیری قسمت هیدرولیک اغلب مربوط به دستگاههای سنگین می باشد 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 باعث پاشیدن روغن به بیرون نشده و ایمنی لازم را مراعات نمود .

ذرات فلزی که در این روغن وجود دارد نسبت به سایر روغنهای (گیر بکس ، دیفرانسیل و ...) خیلی کمتر بوده و از طرفی این قسمت نسبت به سایر قسمتها حساستر می باشد . در صورتیکه روغن برای مدتی در حالت سکون پیدا کرده باشد ، بهتر است دستگاه را روشن کرده و با حرکت دادن اهرم های هیدرولیک روغن به طور کامل در سیستم جریان یابد و در این حالت روغن آماده نمونه گیری است .

تناوب نمونه گیری در سیستم های هیدرولیک با توجه به شرایط آن متغیر می باشد و حداقل هر ۵۰۰ ساعت یکبار است . به منظور تجزیه و تحلیل نتایج داشتن حداقل سه مرحله نمونه گیری لازم است به این ترتیب چنانچه هر

دستگاه به طور متوسط ۱۰۰۰ ساعت کارکرد در مدت ۶ ماه داشته باشد طی یک سال حداقل چهار بار از سیستم هیدرولیک نمونه گیری خواهد شد .

۳-۶-۴ نمونه گیری از گیربکس :

مجددا قبل از هر چیز نباید فراموش شود که سه بار نمونه روغن که از قسمت گیربکس برداشت می شود ، دور ریخته شود تا سرنگ و شلنگ از آغشته بودن به روغن قبلی پاک شود .

نمونه گیری از گیربکس از طریق گیج منبع ذخیره روغن انجام می گیرد . زمان بندی برای نمونه گیری در این قسمت در دستگاههای سنگین و نیمه سنگین ، مشابه قسمت هیدرولیک انجام می شود و در دستگاههای نیمه سنگین اگر کیلومترشمار آنها سالم باشد حداقل هر ۱۲۰۰۰ کیلومتری یکبار یا بر اساس هر سه بار تعویض موتور یک بار از آن قسمت گرفته می شود .

۴-۶-۴ نمونه گیری از قسمت دیفرانسیل ، فاینال درایو :

مشابه موارد قبلی ، ابتدا به از بین رفتن آثار نمونه قبل در سرنگ و شلنگ مطمئن شد . دسترسی به این قسمتها آسانتر از سایر قسمتها است . لیکن به علت غلیظ بودن روغن این قسمتها ، کشیدن روغن آن مشکلتر است . حتی مشاهده شده است که به علت تعویض روغن دیفرانسیل بعضی از ماشین آلات نیمه سنگین روغن به حالت لجن در آمده و خارج کردن آن با سرنگ غیر ممکن می گردد .

قبل از نمونه گیری دستگاه بایستی مدتی فعال بوده باشد . برای شرایط عادی سالی دو بار ، هر شش ماه نمونه گیری برای این قسمتها توصیه می شود . در حالیکه تهیه نمونه در فاصله های زمانی کوتاهتر پیشرفت و بروز خرابی را کاهش می دهد .

۷-۴ ثبت اطلاعات همراه نمونه روغن :

بعد از تهیه نمونه از قسمتهای مختلف ، اطلاعاتی که برای تجزیه و تحلیل و بررسی نتایج مورد نیاز است عبارتند از :

۱- کد دستگاه : رمز دستیابی به سوابق و ثبت اطلاعات جدید در دستگاه رایانه با کد ویژه است .

۲- نام و مدل دستگاه : ذکر مشخصات فنی دستگاه به همراه نمونه ضروریست . زیرا طراحی مواد و متالورژی به کار رفته در ساخت موتور گیربکس و غیره در هر ماشین ، عمدتاً با ماشینهای دیگر متفاوت است . ارزیابی نتایج آزمایش روغن با توجه به مشخصات ماشین صورت می گیرد .

۳- قسمت : منظور یکی از قسمتهای موتور ، گیربکس ، هیدرولیک و ... است .

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 می توان پیوسته فرایند تهیه و ارسال نمونه تا دریافت نتایج را کنترل کرد .

۵- کارکرد روغن : یکی از مهمترین فاکتورهای ارزیابی نتایج آزمایش روغن ساعت یا کیلومتر کارکرد روغن است . لذا انعکاس و ذکر ساعت یا کیلومتر دقیق روغن بسیار مهم است . در صورت خرابی و از کار افتادن آنها می توان 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 است ، نوع و کیفیت روغن است . با توجه به تنوع تولید روغن در کشور ، درج روغن و سازنده روغن بر روی برگ اطلاعات نمونه ضروریست زیرا مقادیر عناصر مختلف به عنوان افزودنی در این روغنهای یکسان نبوده و فرمولهای شیمیایی ، 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 است . با توجه به تنوع و پراکندگی دستگاهها و انجام نمونه گیری توسط نمونه گیران متفاوت ، 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 شباهت در نتیجه آزمایش ، مورد را از شخص نمونه گیر سوال نمود . همچنین مسئولیت کیفیت نمونه گیری قابل پیشگیری خواهد بود .

۸-۴ خاتمه عملیات :

برخی از افراد خواهان طرز خاصی از نمونه گیری و یا دستورالعمل و یا دیگر راهنمایی ها برای تشخیص دقیق محل نمونه گیری تجهیزات را دارند . متأسفانه قاعده خاصی مشخص نشده که مشخصاً بهترین محل نمونه گیری دستگاهها را تعیین کند .

گوناگونی زیاد جعبه دنده ها پایه های یاتاقان ، کوپلینگها ، توربینها ، کمپرسورها ، و غیره تعیین کلی نمونه گیری را مشکل کرده است . آنهایی که بیشترین آشنایی را با کار داخلی دستگاه دارند برای انتخاب محل و یا نصب شیر یا روش نمونه گیری بهترین هستند . بنابراین مجدداً نکات زیر برای انتخاب شیر نمونه گیری یا محلی نمونه گیری تاکید می شود .

۱- به یاد داشته باشید همه نمونه ها باید از نزدیکترین نقطه به محل خروج روغن از آخرین قطعه با قسمت روانکاری شده برداشته شوند . (قبل از ریختن روغن به کارتل) این روش کمک می کند تا اطمینان حاصل شود که نمونه نماینده وضعیت فرسایشی و آلاینده های موجود در سیستم است .

۲- اگر از شیر نمونه گیری استفاده می شود معمولاً در سیستم کم فشار و یا بدون فشار تا جائیکه ممکن است اتصال نمونه گیری کوتاه باشد. مطمئن شوید شیر در حالتی که روانکار جریان متلاطم دارد و نماینده کل جریان است، متصل شده باشد. قبل از نمونه گیری روغن را کد مسیر باید با فشار شستشو شود. حجم روغن را کد را بر آورد کنید و قبل از نمونه گیری اجازه دهید دو برابر این حجم به داخل ظرف ضایعاتی ریخته شود.

۳- اگر برداشتن نمونه طی کار دستگاه نامطمئن است، دستگاه را خاموش کنید و نمونه را تا ظرف ۱۵ دقیقه بردارید. رسوب در روغنهای گرم و یا داغ خیلی سریعتر رخ می دهد. بنابراین اطمینان کنید که از ناحیه بالای مخزن یا منبع نمونه گیری نکنید. نقطه نمونه گیری در میانه یا در دو سوم ارتفاع مخزن یا کارتل است.

۴- اگر از پمپ نمونه گیری استفاده می شود در برداشتن نمونه تکراری از یک ماه تا ماه بعد مشکلاتی وجود دارد، بنابراین دقت برای نمونه گیری ضروری است. اطمینان حاصل کنید شما از روغن را کد مانده، نمونه گیری نمی کنید و اگر شما ممکن است، شلنگ را به سیم یا میله ای متصل کنید. عمل جایی که شما از آن نمونه بر می دارید را علامت بزنید تا از محل یکسان نمونه بگیرید.

مجدداً تاکید می شود که هدف گرفتن نمونه است که نماینده واقعی میزان آلودگی، فرسایش، رسوب و یا گازهای در گردش درون روغن است. مکانیک متصدی بهتر از دیگران تجهیزات را درک می کند و چنانچه با اهداف نمونه گیری آشنا شود، بهترین فرد برای مشاوره جهت تعیین نقطه نمونه گیری یا نصب شیر نمونه گیری است.

۹-۴ نحوه استفاده از پمپ:

۱- درپوش ظرف نمونه ۱ را باز کنید.

۲- ظرف نمونه ۱ را در محل کله گی مورد نظر کاملاً محکم نموده تا آب بندی گردد.

۳- شیلنگ شفاف را از داخل پیچ ۳ وارد ظرف نمونه گیری نمائید (حداقل ۲ الی ۳ سانتیمتر وارد ظرف نمونه گیری شود)

۴- پیچ ۳ را کاملاً سفت نمائید تا آببندی گردد سپس سر دیگر شیلنگ را تا وسط مخزن روغن ماشین مورد نظر وارد کنید.

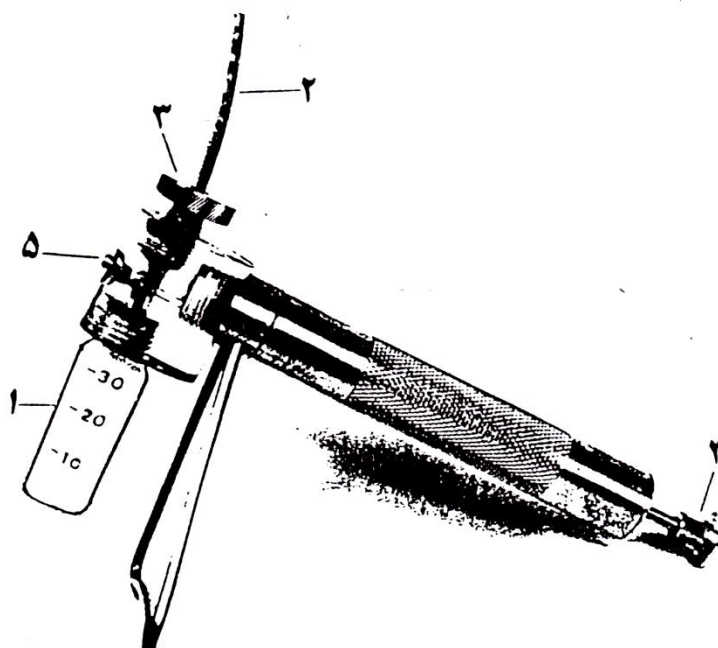
۵- پمپ ۴ را سریع تا انتها کشیده و در همان حالت نگه دارید تا روغن به میزان لازم در ظرف نمونه گیری وارد گردد سپس دسته پمپ را رها کنید.

۶- پس از ورود روغن به میزان لازم در ظرف نمونه، سوپاپ هوا ۵ را فشار دهید تا عمل مکش قطع گردد.

۷- ظرف نمونه گیری از پمپ را با ز نموده و در پوش آن را محکم ببندید .

۸- همواره پمپ را بر روی پایه آن بر روی میز قرار دهید تا از آلوده شدن ظرف نمونه و خود پمپ جلوگیری گردد

۹- توجه نمائید هیچگاه پمپ را به پهلو زمین نگذارید زیرا ممکن است روغن وارد مجرای مکش شده و عمل مکش را مختل نماید .



شکل ۴-۱- نمونه ای از پمپ روغن

۱۰-۴ نکات مهم نمونه گیری روغن از ماشین آلات

۱- بسته به شرایط و محیط کار دستگاه معمولاً فاصله های زمانی نمونه گیری توسط مهندس مراقبت وضعیت تعیین می گردد . با این حال در بسیاری از صنایع تناوب ۲۵۰ ساعت پذیرفته شده است .

۲- بجز موارد خاص نمونه گیری در ساعت کارکرد پائین توصیه نمی شود زیرا معمولاً نمونه روغن با ساعت کار پائین فاقد اطلاعات کافی می باشد .

۳- معمولاً برای موتورها نمونه گیری قبل از تعویض روغن (پس از حداقل ۱۲۰ ساعت کار) انجام می شود .

۴- از ظرف نمونه گیری یکبار مصرف استفاده شود .

۵- برای پیشگیری از آلودگی درب ظرف نمونه گیری قبل و بعد از نمونه گیری پیوسته بسته باشد .

- ۶- کار نمونه گیری بایستی پیوسته از یک نقطه مشخص و با روش یکسان انجام شود .
- ۷- هیچگاه ظرف نمونه پر از روغن نشود بلکه تا ۱/۳ آن خالی باشد .
- ۸- قبل از نمونه گیری از قسمتهایی که فاقد سیستم گردش روغن هستند (نظیر گیربکسهای معمولی) ماشین مدتی حرکت نمایند .
- ۹- قبل از نمونه گیری از سیستمهای هیدرولیک مدتی از دستگاه استفاده شود (به طور مثال : جکها بالا و پائین شوند)
- ۱۰- نمونه گیری از موتور بلافاصله پس از خاموش کردن آن صورت گیرد .
- ۱۱- شیلنگ نمونه گیری را از محل شمشیرک (گیج) وارد کارتل روغن نمائید .
- ۱۲- نمونه نباید از کف (کارتل / مخزن) یا از قسمت بالا ، روغن برداشته شود بهترین محل برداشتن نمونه قسمت میانی عمق روغن می باشد .
- ۱۳- با توجه به آلوده شدن شیلنگ پس از هر بار نمونه گیری به صورت زیر عمل شود :
- الف- قسمت بیرونی شیلنگ با دستمال یکبار مصرف تمیز شود .
- ب- ظرف نمونه دور ریز را به پمپ بسته ، اقدام به کشیدن نمونه نمائید . پس از پر شدن ظرف آن را از پمپ باز نموده محتوای آن را دور بریزید .
- ج- ظرف نمونه تمیز را به پمپ بسته و نمونه مناسب را برای ارسال به آزمایشگاه تهیه نمائید .
- ۱۴- اطراف محل نمونه گیری قبلا تمیز شود .
- ۱۵- دقت شود هنگام نمونه گیری آلودگیهای محیطی نظیر آب باران یا گرد و خاک وارد ظرف نمونه نشود .
- ۱۶- فرم اطلاعات همراه نمونه به دقت تکمیل شود .
- ۱۷- نمونه گیری جناجه بلافاصله بعد از فیلتر انجام گیرد ذرات درش تر فرسایش پنهان می مانند بنابراین قبل از فیلتر نمونه واقعی تر است. درسیستم هایی که تعداد المان های زیادی دارند برای بررسی دقیقتر توصیه می شود در صورت امکان نمونه گیری بعد از المان (مثلا پس از هر یاتاقان) همیشه از یک محل برداشته شود.

فصل پنجم :

آلودگیهای روغن و ارائه
آزمایشات ASTM مربوط به آن

۱-۵ مقدمه :

با آزمایش نمونه روغن گرفته شده از ماشین اندازه گیری قابلیت روان کننده برای انجام وظایف اصلی ممکن گشته و همچنین اطلاعات وسیعی راجع به کار و شرایط سلامت ماشین به دست می آید .

تکنیکهای آنالیز روغن می توان به عنوان روشهای مفیدی برای نظارت و کنترل ماشین آلات صنعتی ، عمرانی ، حمل و نقل و نظامی مورد استفاده قرار گیرند . در حقیقت با استمرار این نظارت می توان قبل از پیشرفت و توسعه خرابی و رسیدن به مرحله بحرانی اقدامات پیشگیرانه ای را معمول داشت .

آزمایشهایی که معمولاً بر روی نمونه های روغن انجام می شود 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 و سوخت و غیره .

۴- آزمایش آلودگیها شامل مواردی نظیر : ذرات فرسایشی نرمال ، خوردگی شیمیایی ، خستگی ذرات دوره آبیندی و غیره .

در این فصل به بررسی سه مورد اول مد نظر این است و به دلیل وجود روشهای مختلف برای شناسایی مورد چهارم بحث مورد نظر در فصول بعدی آورده می شود .

۲-۵ آلودگی های روغن :

بر اساس تحقیقات به عمل آمده آلودگی روغنهای مصرفی ، حتی روغنهای نو ، یکی از عوامل عمده استهلاک سیستم های هیدرولیک موتورها و دیگر تجهیزات است . در یک مقایسه مسیزان 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 فیلتراسیون ضعیف ، آب بندی Sealling ضعیف و غیره است .

آلودگیهای معمول عبارتند از :

- محصولات احتراق سوخت

- سوخت مایع

- ذرات جامد نظیر گرد و خاک و فلزات سائیده شده

- آب

- افزودنیهای مربوط به خنک کاری

ابتدا به بررسی الودگی ناشی از گرد و خاک که به عنوان یکی از عمده ترین الودگیهای روغن است می پردازیم .

۱-۲-۵ الودگی روغن در اثر ذرات خاک گرد و خاک :

رابطه فی ما بین میزان آلودگی و قابلیت اطمینان سیستم ، توسط کمیته ای در صنایع یکی از کشورهای صنعتی بررسی گردید . نتیجه محققین نشان داد که ۵۵٪ مسائل گزارش شده ناشی از وجود گرد و خاک است البته این نتایج بهبود قابل ملاحظه ای را در مقایسه با ارزیابی که دو سال قبل از آن انجام شده بود نشان می داد . این بهبود نتیجه مستقیم استفاده از ابزار موثر درد کار فیلتر هوا و روغن بوده است ، هر چند سیالات روانکار تحت شرایط تمیزی تهیه می شوند ولی در مراحل حمل و نقل و انبار نمودن آنها در تانکها ، بشکه ها ، آلودگیهای نظیر گرد و خاک ، فلزات ، فیبرها و آب و غیره به داخل روغن نفوذ می کند.

در روسیه یک تجزیه و تحلیل جالب آماری روی اطلاعات عملیاتی و تستهای ویژه انجام شده است که عامل اصلی محدود کننده عمر مورد انتظار موتورها را فرسایش تراشه ای معرفی کرده است . این فرسایش ناشی از گرد و خاک که همراه با سوخت روان کننده ها و غیره به داخل سیستم نفوذ می نماید است . طبق این تحقیقات عمر موتورها ۷۰٪ به وسیله فرسایش و ۳۰٪ از طریق شکست قطعات تعیین می شود براساس این گزارش فرسایش از نوع تراشه ای که عمدتاً ناشی از آلودگی است ۶۰٪ کل فرسایش حین کار برای مناطق ملایم و ۸۰٪ برای مناطق همراه با گرد و غبار بیشتر را تشکیل می دهد .

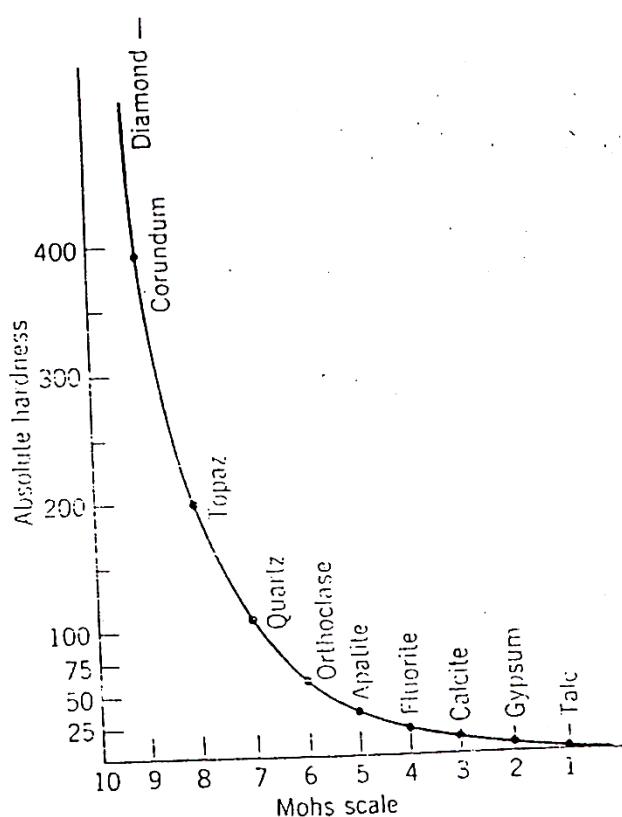
آیا تا کنون از خود پرسیده اید چرا بر سر راه هوای ورودی به موتورها فیلتر نصب می گردد ؟ مگر در هوای اطراف ما چه چیزی وجود دارد که ورودش به موتور را ممنوع می نماییم ؟ حتما پاسخ گرد و خاک است . پاسخی که کاملاً صحیح است ولی بسیاری از مواقع نمی توان ذرات گرد و خاک معلق در هوا را دید اما باز هم با باز کردن فیلتر هوا از تجمع خاک و گرد و خاک و غبار در پشت فیلتر متعجب می شویم . جالب است که بدانیم بعد از اکسیژن ، سیلیس فراوانترین عنصر موجود روی پوسته زمین است . 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 به صورت آزاد (کوارتز ، شن و غیره) و یا به صورت ترکیبی از اکسیدهای فلزی یافت می شود . که در این حالت اخیر به آن سیلیکات گفته می شود .

ساختمان سیلیکا کریستالی بوده و در شکلها 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 است که دارای سختی نسبتاً بالایی است در نمودار زیر سختی چند ماده معدنی از جمله کوارتز نشان داده شده است .

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



شکل ۵-۱-

نحوه فرسایش :

فیلترهای 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 دیوار سیلندر میگردد . حال بسته به اندازه ذرات و اندازه لقی بین رینگ پیستون و جداره سیلندر برخی از ذرات که اندازه آنها کمتر و یا برابر فاصله باشد ، از انجا عبور کرده وارد محفظه روغن می شوند و ذرات درشت 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 باشد در حین عبور باعث ایجاد خراش و فرسایش خواهد شد . بنابراین خطرناک ترین ذرات آنهایی هستند که هم اندازه فاصله بین سطوح باشند .

تاثیر دیگر ذرات بر هم زدن توزیع یکنواخت باربر 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 فلز گشته و ذرات 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 دستگاهها از ورود گرد و غبار امری مهم و الزامی خواهد بود .

شکل دیگری از سیلیس ، سیلکون گفته می شود . سیلیکونها ترکیبات الی هستند که به طور مصنوعی تولید می شوند و در صنایع روغنکاری و رنگ نیز کاربرد زیادی دارند بسیاری از سیلها و واشرها از جنس سیلکون هستند . اگر منبع ورود سیلیس به روغن از ناحیه واشر معیوب و یا سیل سیلکونی باشد خطری برای دستگاه محسوب نمی شود و عملا هم تاثیرات فرسایشی بر روی قطعات مشاهده نمی گردد که در جدول شماره یک به آن اشاره شده است .

جدول ۵-۱-

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

حساسیت رینگ ها به فرسایش ناشی از سیلیس در مقایسه با حساسیت یاتاقانها بیشتر است . علت شدت فرسایش بیشتر در رینگها ، فاصله لقی آنها با دیواره است که کمتر از فاصله لقی یاتاقانهاست . مطلب دیگر اینکه ذرات کمتر از ۱۰ میکرون ، تاثیر خیلی بیشتری بر شدت فرسایش دارند . از طرفی ذرات بیش از ۱۰ میکرون به دلیل وجود فیلتر، تراکم کمتری نسبت به ذرات کوچکتر دارند .

نحوه ورود سیلیس به موتور و تعیین محل فرسایش :

الف : بسته به اینکه گرد و غبار از چه طریقی به داخل روغن موتور نفوذ کرده است نوع فرسایش متناوب 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 (در فصل آینده توضیح داده می شود) مقادیر Si و Fe و Al بالا خواهند بود .

ب) لکن در بعضی اوقات مقادیر Si و Pb و Cu نسبت به بقیه عناصر افزایش زیاد داشته که در اینگونه موارد می توان نتیجه گرفت که سیلیس از غیر مجرای هوا ، به درون موتور نفوذ کرده است در این موارد فرستایش یاتاقان مشاهده خواهد شد ، بدون فرسایش در قسمت بالایی موتور . بنابراین باید به دنبال محلهایی دیگر به غیر از مسیر هوا برای ورود سیلیس بود در صورت معیوب بودن آنها نسبت به ترمیم اقدام نمود از جمله این عوامل می توان به هواکش breather ، سیلها یا واشرهای صدمه دیده در محل اندازه گیر و سر ریز روغن اشاره نمود . همچنین ممکن است نحوه نگهداری نامناسب روغن باعث ایجاد آلودگی شده باشد .

ج) چنانچه افزایش سیلیس در روغن ناشی از خوردگی سیلهای سیلیکونی باشد در این حالت فرسایشی وجود ندارد و بازدید و تعویض سیل صدمه دیده ، برای پیشگیری از صدمات الزامی است .

د) در مواردی نیز فرسایش ناشی از سیلیس در هر قسمت فوقانی و تحتانی موتور مشاهده می شود که در این صورت کلیه بازدیدها و مراقبتهای الف و ب میبایست انجام شود .

میزان آلودگی سیلیس و درصد وجود سیلیس توسط آزمایش اسپکترومتری در آزمایشگاهها مشخص می شود .

۲-۵-۲ آلودگی ناشی از وجود آب :

وجود آب اثرات نامطلوب روی کارایی روغنهای گوناگون دارد ولی به هر حال آب از طرق گوناگون ، مثل احتراق سوخت در موتورها و یا نشت آب در توربینها وارد روغن می شود ، که باید به طریقی (مثل تبخیر) از آن جدا می شود . اندازه گیری مقدار آب از لحاظ اثری که روی خواص بازدارندگی خوردگی و اکسیداسیون روغن دارد ضروری است . وجود آب می تواند روی عمر روغن اثر ۳ تا ۱۰ برابر داشته باشد و در بعضی از یاتاقان ها خوردگی شدید به وجود آورد . بعضی روغنهای مثل روغن توربین و روغنهای تجهیزات پنوماتیک طوری ساخته می شوند که نسبت به آب مقاومت بیشتری داشته باشند ، در حالتی که اکثر روغنهای تنها نسبت به مقادیر بسیار کم رطوبت مقاوم هستند . ولی مقدار زیاد آب باید در مدت زمان معینی از آن جدا شود . اکثر روغنهای توربین ، بخاری تا ۰/۲ درصد آب قابل تحمل است (به شرطی که خوردگی ایجاد نکند)

روغنهای هیدرولیک و روغن موتورها نیز نسبت به رطوبت حساس هستند. آب در روغن موتور اگر تبخیر نشود یا 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. در روغنهای هیدرولیک نیز وجود آب باعث خوردگی می شود. و حد تحمل این نوع روغنها عموماً زیر ۰/۱ درصد است.

این باید مورد توجه قرار گیرد که در صورتی که آب موجود در روغن حل شده باشد، با توجه به اینکه مقدار آن معمولاً بسیار ناچیز بوده و نمی تواند صدمه جدی به دستگاه برساند، خیلی مورد توجه نبوده و حساسیت بر انگیز نیست. ولی چنانچه آب در روغن از نوع آب آزاد و یا امولسیون باشد به شدت خطرناک بوده و به طور جدی باید کنترل شود و وجود آلودگی آب در روغن باعث پیدایش فرسایش شدید و بالا رفتن مقدار عناصر آهن، مس و سرب در روغن شده است. کلیه قسمت‌های آهنی داخل موتور که با آب در تماس باشند در معرض خوردگی شیمیایی قرار می گیرند و ذرات به تدریج از سطوح جدا شده وارد روغن می گردد. علت جدا شدن ذرات آهن تشکیل هیدروکسید فریک $Fe(OH)_3$ و اکسید فریک Fe_2O_3 است که به علت ضعیف بودن کریستالها در اثر وارد آمدن فشار بر روی سطوح خورده شده، و از سطح جدا می شوند در نتیجه لایه زیرین در معرض آب و خوردگی قرار می گیرند. چنانچه به همین منوال دستگاه به کار خود ادامه دهد به تدریج خوردگی در سطوح عمیق می شود و باعث استهلاک بسیار سریع آن می گردد.

از نقاط دیگری که به آلودگی آب بسیار حساسند یاتاقانها هستند زیرا به دلیل ایجاد پدیده ی تردی هیدروژنی در بلبرینگ ها بیشترین فرسایش ناشی از آب نیز مربوط به سطوح یاتاقان است
به طور کلی آب بیش از حد در روغن موتور می تواند مسائل مختلفی را به وجود آورد.

- باعث زنگ زدگی و خوردگی شدید خواهد شد که منجر به فرسایش بالا شده و زمینه ای برای خرابی خواهد بود

- می تواند با تشکیل آب یا حبابهای بخار در تکیه گاههای با بار سنگین فیلم روغن را معیوب کند.

- می تواند ضمن ترکیب با آلودگی ها تشکیل رسوب بدهد که رسوب می تواند مجاری روغن و فیلترها را مسدود کند.

- آب با گاز در رفته از محفظه احتراق، ترکیب شده و اسیدهای خورنده تولید می کند.

- آب تاثیر مخربی روی افزودنیهای روغن خواهد داشت و در حالت‌های خاص موجب جدا شدن این افزودنیها از روغن خواهد شد.

تشخیص میزان آلودگی با آب، آزمایش شماره D95 مربوط به ASTM با نام تقطیر است که در آزمایشگاههای دقیق میزان آلودگی آب با روش ساترِفِوژ مشخص می شود

۳-۲-۵ آلودگی با سوخت

یکی دیگر از منابع آلودگی سوخت مایع است که از طرق مختلف بسته به نوع موتور و شرایط کاری وارد روغن می شود در موتورهای بنزینی معمولیترین علت آلودگی با سوخت استارت زدن سرد و بالا بودن نسبت بنزین به هوا است . در موتورهای دیزلی معمولاً ناشی از چکیدن سوخت از انژکتور ؛ نشت از بستها و آب بندها و اگر پمپ توسط بادامک چرخانده شود ، پارگی دیافراگم پمپ .

نفوذ سوخت موجب کاهش ویسکوزیته به روغن کارتر می شود . کاهش ویسکوزیته اغلب به مفهوم افزایش سرعت فرسایش است . در حالتها بحرانی روغنکاری نامناسب می تواند موجب خرابی حاصل از ساییده شدن قطعات موتور ، یا حتی شکستن تکیه گاهها شود .

اجزاء سنگین تر بنزین ضمن ترکیب با Nox (اکسیدهای نیتروژن) شروع به تشکیل رسوب در محفظه میل لنگ (کارتر) می کنند و مشکلات خاصی را ایجاد می کند .

۳-۲-۴ آلودگی با محصولات حاصل از احتراق

وقتی سوخت در محفظه احتراق می شود درصد خیلی کمتر از محصولات احتراق از محفظه احتراق در رفته و وارد محفظه میل لنگ (کارتر) می شود .

ترکیبات سولفور که ناشی از سوخته های دیزلی و مخزنی باشند ، ترکیباتی که از سوختن افزودنیها بنزین سرب دار ناشی می شود و اجزا سوختن که به طور جزئی اکسید شده باشند ، از محصولات احتراق هستند . این محصولات می توانند موجب افزایش ویسکوزیته روغن و تشکیل رسوبات و خوردگی اجزاء موتور شوند .

۳-۲-۵ آلودگی با افزودنیهای ضد یخ :

افزودنیهای ضد یخ که در سیستم های خنک کاری موتورهای قطار کشتی و موتورهای دیزلی مورد استفاده قرار می گیرند و معمولاً نمکهای محلول در آب هستند که شامل سدیم بور و یا کروم هستند . وقتی که مایع خنک کاری موتور محفظه میل لنگ را آلوده می کند هر نوع افزودنی ضد خوردگی موجود در مایع خنک کاری داخل روغن خواهد شد . این مواد حتی بعد از اینکه آب تبخیر شد در روغن باقی خواهد ماند . این ترکیبات عموماً با افزودنیهای روغن سازگار نبوده و اغلب فوق العاده مضر هستند .

اتیلن گلیکول به عنوان ضد یخ مورد استفاده قرار می گیرد . اگر این ماده وارد روغن شود مشکلاتی نظیر تولید رسوبات چسبنده را موجب می شود که در حالتهای شدید می تواند موجب توقف موتور شود .

۳-۵ تغییرات گرانیروی روغن در اثر آلودگی

۱-۳-۵ عوامل افزایش گرانیروی :

۱- آلودگی سیلیس یا آب

۲- اکسیدسیون

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

۲-۳-۵ عوامل کاهش گرانیروی

۱- در اثر آلودگی روغن با سوخت محترق نشده

۲- مقادیر زیاد آب معلق که باعث کاهش تحمل فشار یک روانکار میشود

افزایش گرانیروی به دلیل تاثیر منفی بر سیالیت روغن و کاهش گرانیروی به دلیل عدم ایجاد فیلم مناسب روغن مابین قطعات میتواند صدمات جبران پذیری را وارد آورد

۴-۵ نقطه اشتغال و احتراق^۱

روشهای آزمون استاندارد بر اساس استانداردهای ASTM عبارتند از ۹۲, ۰, ۱۳۱۰, D۹۳.

این تستها اساسا برای اندازه گیری میزان آتشگیری و فراریت روغن ها و به طور تقریبی برای تعیین حد پایین (حداقل) انفجار این مواد به کار می روند .

نقطه اشتعال که در آن به اندازه کافی ، روغن به بخار تبدیل شده و با هوا مخلوطی قابل اشتعال بسازد که در اثر آتش زدن در یک نقطه آتش بگیرد و خاموش شود .

نقطه احتراق برای روغنها به طور تقریبی ۳۰ درجه سانتیگراد بالاتر از نقطه اشتعال آنهاست . کمترین درجه حرارتی است که در آن روغن آنقدر بخار تولید کند که احتراق آن ادامه یابد در هر دو حالت احتراق به شرطی به وقوع خواهد پیوست که نسبت بخار روغن به هوا در یک محدوده معین قرار بگیرد .

مواد افزودنی می توانند نقطه اشتعال روغن را افزایش دهند همچنین کاهش قابل توجه نقطه اشتعال توسط افزودنیها نیز ممکن نیست مگر با نشت بنزین و یا سوخت به روغن .

^۱ - flash & Fire point

۵-۵ نیتراسیون روغن :

نیتراسیون روغن در تمام موتورهایی که با هوا تنفس می کنند وجود دارد در موتورهای گاز سوز نیتراسیون روغن بیشتر از موتورهای دیگر به چشم می خورد و تاثیرات بدی دارد . فرایند احتراق در محفظه احتراق شروع می شود و مقداری از نیتروژن موجود در هوا با اکسیژن وارد واکنش شده و اکسید نیتروژن (NOx) تولید می شود این گازها با سوخت و روغن واکنش انجام می دهند که نیترات و سایر ترکیبات شامل نیتروژن تولید می کنند . از انجائی که در موتورهای گازی خیلی نسبت سوخت به هوا کم است دمای کار بالایی دارند و نسبت به سایر انواع سوختها NOx بیشتری تولید می کنند . نیتراسیون شدید در موتورهای گاز طبیعی معمولا تولید رسوباتی به شکل گریس می کند که از سرباره ها و رسوباتی که در سایر انواع موتورها تولید می شود متفاوت است .

بعضی از عوامل کاری مانند بارهای سنگین موتور ، نسبت هوا به سوخت فقیر و تایمینگ جرعه نامناسب ، میتوانند سرعت نیتراسیون در هر موتوری را افزایش دهند این پدیده موجب افزایش مقدار اسید، اکسیداسیون سریع، چسبیدن رینگ، کربن ته نشین شده، افزایش هزینه های نگهداری، خوردگی فلزات سایشی، افزایش سایش، افزایش اکسیداسیون روغن، افت توان و آلودگی محیط از طریق اکسیدهای نیتروژن می شود.

جدول ۵-۲-لیست آزمایشات ASTM

اسم آزمایش	شماره ASTM	هدف	واحد نتیجه
تقطیر اب در محصولات نفتی	D۹۵	اندازه گیری مقدار الودگی ناشی از آب	درصد حجم
رقیق کننده بنزین در روغن مصرفی	D۳۲۲	اندازه گیری مقدار رقیق شدگی ناشی از بنزین	درصد حجم
نقطه اشتعال توسط COC	D۹۲	کنترل آلودگی ناشی از سوخت	C
کروماتوگرافی گاز رقیق شده گازوئیلی در روغن مصرفی	D۳۵۲۴	اندازه گیری مقدار رقیق شدگی ناشی از گازوئیل	درصد حجم
رقیق کننده بنزینی در روغن مصرفی	D۳۵۲۵	اندازه گیری مقدار رقیق شدگی ناشی از بنزین	درصد جرم
ضد یخ پایه گلیکول در روغنهای مصرفی	D۲۹۸۲	آزمایش وجود یا عدم وجود گلیکول	هیچ
مواد غیر محلول در روغنهای مصرفی	D۸۹۳	کنترل آلودگیهایی که موجب تشکیل سرباره و لاک می شوند	درصد جرم
عدد پایه مجموع در محصولات نفتی TBN	D۲۸۹۶	اندازه گیری ترکیبات بازی (خنثی کننده اسید) که در روغن وجود دارد	MgKOH g
عدد اسیدی قوی	D۶۶۴	تشخیص حضور اسیدهای قوی نظیر اسید سولفوریک	MgKOH g
ویسکوزیته - سینماتیک	D۴۴۵	برری افزایش و کاهش ویسکوزیته	est
شاخص ویسکوزیته روغنها	D۲۲۷۰	شاخص ویسکوزیته را محاسبه می کند و می تواند برای تشخیص افزایشده های مقاومت برشی مورد استفاده قرار گیرد	— —

آزمایشات مربوط به افت کیفیت ، شامل اکسیداسیون ، نیتراسیون ، از بین رفتن تاثیرات مواد افزودنی و افت ویسکوزیته در روغتهای اتوماتیک توسط ASTM مشخص شده است . همچنین آزمایشات مربوط به آلودگی روغن شامل آلودگی ناشی از محصولات احتراق ، سوخت ، آب و ضد یخ و افزودنیهای آن ، توسط ASTM تعریف و مشخص شده است که جدولی در رابطه با این آزمایشات ارائه شده است انجمن آزمایشات و مواد امریکا (ASTM) یک سری از آزمایشات مربوط به روغن موتور را بسط داده است که به عنوان استاندارد صنعتی در نظر گرفته می شوند این عمل امکان مقایسه نتایج آزمایشگاههای مختلف را فراهم می کند این آزمایشات و روش انجام آنها در نشریه ۰۳-۰۲-۰۱-۰۵ مربوط به انتشارات سالانه ASTM آمده است .

سایر آزمایشات آنالیز روغن مربوطه به ذرات جامد و فلزات فرسایشی است . مقدار این ذرات و نوع آنها با آزمایشات اسپکتروسکوپی ، فرو گرافی ، PQ و . . . مشخص می شوند . در ادامه مطالب به بررسی روشهای آزمایشگاهی عنوان شده پرداخته می شود .

۶-۵ عدد خنثی شدن^۱

عدد خنثی شدن یک روغن ، عبارت است از مقدار (بر حسب mg) باز (KOH) یا اسیدی (HCL, HClO₄) که برای خنثی کردن مواد اسیدی یا بازی موجود در گرم روغن لازم است و واحد آن چه برای قلیائیت روغن و چه برای اسیدیته آن mg (KOH)/g است . عدد قلیایی در روغنهای موتوری معرف میزان ادتیوهای پاک کننده (Detergent) و متفرق کننده (Dispersant) در روغن است و زمانی که عدد قلیایی در اثر کارکرد به نصف میزان اولیه آن برسد، زمان تعویض روغن فرا رسیده است. عمل تعویض روغن زمانی انجام می شود که مقدار عدد اسیدی روغن به دو برابر میزان اولیه آن رسیده باشد. افزایش ناگهانی در عدد اسیدی نشان دهنده بوجود آمدن یک حالت غیرطبیعی (مانند حرارت بیش از حد) در سیستم بوده و در شرایط عملیاتی نیازمند تحقیق و بررسی است. لازم به یادآوری است که عدد اسیدی اولیه روغن تنها معرف میزان ادتیوهای افزوده شده به «روغن نو» بوده و تغییرات این عدد در حین کارکرد بسیار مهم است دقت این آزمایش در حدود ۱۵٪ است

روغنهای موتور و انواع روغنهای ماشین آلات صنعتی به علت دارا بودن مواد افزودنی ، ممکن است خاصیت اسیدی یا بازی و یا هر دو (در آن واحد) ، داشته باشند . از این گذشته روغنهای پس از مدتی کار کردن به علت تجزیه و اکسید شدن عموماً تولید اسید نموده و به سمت اسیدی شدن تغییر می یابند .

عدد خنثی شدن در روغنهای به صورت اسیدیته کلی (Total Acid NO = TAN) و قلیائیت کل

(Total Base NO = TBN) بیان می شوند . اسیدیته و قلیائیت ترکیبات ضعیف و قوی دارد اسیدهای خیلی قوی (HCL₄) و بازهای قوی (KOH) هستند و باز ضعیف مربوط به ترکیباتی هستند که طبق تئوریهای مدرنتر شیمی

^۱ - Neutralization Number

اسید و باز محسوب می شوند (نظریه لوئیس). مثل انواع افزودنی. این اسیدها و بازهای ضعیف در یک روغن نمی توانند یکدیگر را خنثی کنند. ولی با بازهای قوی و اسیدهای قوی، وارد واکنش می شوند و قابل اندازه گیری هستند. به همین دلیل نباید به صرف اسیدی بودن یک روغن آن را نامرغوب دانست بلکه بایستی ماهیت اسیدیته مزبور را روشن نمود. روغن موتورهای مرغوب اسیدیته ای حدود ۲ تا ۳ mg(kOH)/g و قلیائیتی حدود ۵ (برای روغنهای بنزینی) و تا بیش از ۳۵ (برای روغنهای دیزلی) دارند.

$$(TAN = 2 - 3, TBN = 5 - 35mgkoH / g)$$

با توجه به اینکه اغلب روغنهای خاصیت قلیایی بالایی دارند به معرفی TBN پرداخته می شود. TBN نشان دهنده قلیائیت ذخیره شده در روغنها به خصوص روغنهای موتور است. یعنی اینکه TBN معرف توانایی روغن در مقابله با محیط اسیدی است. چنانچه روغنی فاقد مواد افزودنی یا خاصیت بازی باشد نمی توانیم برای این روغن از TBN به عنوان یک مشخصه استفاده کنیم. به همین دلیل برای روغنهای هیدرولیک آزمایش TBN انجام نمی شوند.

در موتورهای احتراقی روغن می بایست دارای خاصیت ضد اسید می باشد، به طوریکه باز TBN، موجود در روغن به اسیدهای حاصل از احتراق داخل موتور مانند اسیدسولفوریک حمله کنند و قبل از اینکه بتواند سطوح فلزات را از بین ببرد آنرا خنثی می کند. بنابراین TBN در اثر مصرف شدن بتدریج کاهش می یابد.

گوگرد در سوختها در اثر احتراق تبدیل SO₂ و تا حدی SO₃ و نهایتا اسید می شود. لذا گوگرد از لحاظ اسیدی کردن روغنها، مهم است. اما در عین حال یکی از عناصر تشکیل دهنده بسیاری از مواد افزودنی نیز می باشد. چنین گوگردی که به صورت ترکیب موجود دارد تا میزان ۰/۵ در صد بی ضرر است.

روغنهای روان کننده در معرض تماس با هوا و اکسیژن، به علت 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. این مواد اکسیده میشوند البته هر روغنی که بیشتر پالایش شده باشد دیرتر اکسید می شود. با این وجود بهترین روغنهای در مقابل حرارتهای بالا قادر به تحمل نیستند، لذا اکسیده شدن روغنهای منجر به ایجاد دو نوع مواد ناخواسته ذیل میگردد:

۱- مواد غیر محلول در روغن که عمدتاً اسیدهای الی و پراکسیدها هستند. نکته مهم اینکه خود این محصولات اکسیداسیون، بویژه پراکسیدها کاتالیزور واکنش اکسیداسیون هستند و سرعت اکسیده شدن روغن را افزایش می دهند.

- اکسیداسیون روغنهای باعث افزایش ویسکوزیته روغنهای می شود.
- رسوبات حاصل از اکسیداسیون ممکن است باعث چسبیدن قطعات به یکدیگر شوند.

- رسوبات حاصل از اکسیداسیون باعث ساییده شدن آنها و نیز سبب مسدود شدن سوراخهای فیلترها و راههای باریک عبور روغن می شود.

بطور خلاصه ، ایجاد اسید و عدم وجود قلیا جهت خنثی نمودن آن ،لجن ، کف کردن زیاد ، جدا نشدن روغن از آبی که احتمالا با آن مخلوط می شود ، خورندگی و ویسکوز شدن (عدم جاری شدن روغن) جزء صدمات اکسیداسیون روغن به شمار می روند.

۵-۷ چگونگی اندازه گیری TBN

ابتدا نمونه روغن بوسیله حلال رقیق می شود و سپس مقداری اسید هیدروکلریک یا پرکلریک را به عنوان رقیق شده روغن و حلال افزوده می شود ، تا نمونه خنثی شود این روش را اصطلاحا تیتراسیون می نامند . در این فرآیند از اسید پرکلریک یا هیدروکلریک به عنوان تیترانت استفاده می شود . پس از پایان تیتراسیون مقدار حجم اسید مصرفی ثبت و از روی آن TBN محاسبه میگردد. عدد خنثی سازی (TBN) با استفاده و لتمبر و PH متر اندازه گیری میشود و نقطه خنثی شدن معمولا در حدود $PH=4$ اتفاق می افتد .

واحد $MG(KOH)/g(OIL)$ میلی گرم پتاس در یک گرم روغن نکته ای که باید مورد توجه قرار گیرد این است که روش استاندارد ASTM D-۶۶۴ برای اندازه گیری TBN منقرض شده (ASTM) این روش را رد کرده است) و به جای آن D-۲۸۹۶ (روش پرکلریک اسید) بعنوان روش پیشنهاد شده برای روغنهای نو است .

فصل ششم :

معرفی آزمایشات مربوط به ذرات فرسایشی

۱-۶ مقدمه :

در فصول قبل برای بررسی کیفیت روغن به یکسری از آزمایشات ساده اشاره شد . آزمایشات قبلی تجهیزات پیچیده ای نیاز ندارد و می توان به عنوان آزمایشات اولیه آنالیز روغن از آنها نام برد . این آزمایشات اطلاعات اولیه ای از وضعیت دستگاه در اختیار کارشناسان قرار میدهد برای اطمینان از نتایج حاصله و همچنین عیب یابی از طریق مراقبت وضعیت بایستی از تکنیکهای پیشرفته تر و در نتیجه از دستگاههای پیچیده تر استفاده کرد .

بررسی ذرات فرسایشی که منشاء آن خود دستگاه است ، جالب و ضروری است در این فصل روشهای اسپکترومتری فروگرافی ، PQ معرفی می شود .

۲-۶ عناصر مهم :

قبل از بررسی روشهای مربوط به ذرات فرسایشی ذرات و عناصر مهمی که در روغن وجود دارد و یا ممکن است در اثر فرسایش در روغن دیده شود معرفی می شود.

لیست زیر یک اشاره عام در مورد ذرات قابل تشخیص است بدین مفهوم که در هر کدام از انواع ذرات چه عناصری ممکن است وجود داشته باشد.

ذرات فرسایشی آهنی و فولاد Fe,C,Cr,Mo,Mn,NI

ذرات فرسایشی غیر آهنی Cu,Sn,Zn,Al,Pb

گرد و خاک SI,O,Al,Ca,MG

روغن پایه C,H,O

افزودنیها Zn,Mo,S,C n

۳-۶ اسپکترومتری :

این تکنیک یکی از کاربردی ترین برنامه های آنالیز روغن است SOAP Spectroscopic Program Oil Analysis یافتن نوع ذرات و جنس ذرات فرسایشی فوق العاده جذاب است . با شناخت نوع ذره می توان تا درصد زیادی به علت وجود پیدایش ذره فرسایشی ، پی برد. برخی از تجربیات و همچنین استفاده از روشهایی مانند روش Anderson با استفاده از شکل مناسبی و رنگ شناسی به طور تقریبی ریشه ذرات را نشان می دهد. امروزه روشهایی نظیر اسپکترومتری با وجود هزینه بالا جنس ذرات را دقیقاً مشخص می کند . اسپکترومتر علاوه بر مشخص کردن ذرات تعداد آنها را نیز مشخص می کند.

اسپکترومتری به چهار تکنیک یا چهار شاخه تقسیم می شود .

۱- اسپکترومتری جذب اتمی AAS

۲- اسپکترومتری نشر اتمی AES

۳- اسپکترومتری فلورانس اتمی XRF&EDXRF&WDXRF

۴- اسپکتر و متری جرمی MS

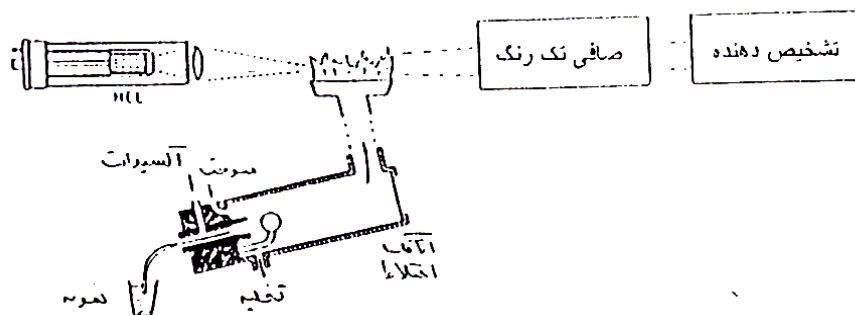
در ادامه به معرفی هر یک از شاخه های اسپکترومتری پرداخته می شود .

۱-۳-۶ اسپکترومتری جذب اتمی AAS

اسپکترومتری جذب اتمی را می توان اولین تکنیک اسپکترومتری نامید که تقریباً از اوایل سال ۱۹۶۰ برای آنالیز ذرات مورد استفاده قرار گرفت .

اسپکترومتری جذب اتمی هنوز هم به عنوان یک روش خیلی دقیق مورد توجه است ولی با این وجود خیلی کند است برای آنالیز تنها یک عنصر نمونه آزمایش حدود ۵ دقیقه در اجاق مخصوص AA نگه داشته می شود .

این آنالیز برای ذرات حدود ۱ میکرومتر و کمتر است .



شکل ۶-۱-۶ نمایش از اسپکتروسکوپی جذب اتمی

اگر به جای اجاق از شعله استفاده شود امکان سریعتر انجام شدن آنالیز وجود خواهد داشت .

در این تکنیک اتمهای عناصر انرژی را به صورت نور باریک طول موج مشخص جذب می کنند . این تکنیک شامل سوزاندن یک نمونه روغن رقیق شده است که به داخل یک محیط با درجه حرارت بالا پاشیده می شود یک صافی تک رنگ طیف مربوط به هر عنصر مشخص را شناسایی می کند .

اتاقکی که نمونه را به صورت گاز در آورده و مخلوط می کند ، روغن را به داخل اتاقک مکیده و آنرا با مقدار مورد لزوم رقیق کننده ، مخلوط کرده و مقدار مورد نیاز گاز را به آن اضافه می کند . از آنجایی که درجه حرارت بالایی مورد نیاز است معمولا یک شعله اکسی استیلن یا هوا-استیلن مورد استفاده قرار می گیرد .

رقیق کننده نمونه روغنهای معدنی متیل ایزو بوتیل کتون است که به نسبت ۰.۳ML از روغن LOOML از رقیق کننده است بیش از ۴۲ عنصر را می توان با استفاده از این روش تشخیص داد اما از آنجایی که منبع نور (HCL) معمولا بایستی برای هر عنصر جدید عوض شود در صورتیکه بیش از یک عنصر بایست شناسایی شود زمان قابل توجهی نیاز است .

۲-۳-۶ اسپکترومتری نشر اتمی AES

این روش نیز مانند روش قبل ، یک سری طول موجهایی در طیف نور وجود دارند که بایست بررسی شوند . با این تفاوت که در این حالت هیچ منبع نور خارجی وجود ندارد نور زمانی تولید می شود که اتمها یا یونهای تحریک شده که بصورت ناپایدار هستند به حالت پایدار خود برگردند . برای اینکه این تحریک و ناپایداری تولید شود از یک شعله اکسید نیتروس استفاده می شود تا درجه حرارتی معادل ۳۰۰۰K ایجاد کند . در این حرارت خطوط طیفی تشکیل می شود شدت این طیف بستگی مستقیم با نوع و کمیت عناصر موجود تغییر خواهد کرد . با وجود این بایستی این نکته در نظر گرفته شود که این درجه حرارت نظیر آنچه در شعله AA مورد استفاده قرار گرفت (شعله مورد استفاده در آزمایش قبل) نیست و در اثر مقدار مشخصی تداخل ، بسیاری از محاسن طیف از بین می روند . به همین علت است که پیشرفتهای اسپکترومتری نشر اتمی (AES) در زمینه های مختلفی نظیر روشنائی قوس الکتریکی /جرقه بوجود آمده است . مثلا دستگاه RDE درجه حرارت بالاتری دارد و می تواند برای آنالیز ذرات مفیدتر باشد . دستگاههای مربوط به تکنیک AES مخصوصا دستگاههایی که قادر به آزمایش بیش از یک عنصر در یک زمان واحد باشند ، مرتبا در حال پیشرفت هستند . اسپکترومترهای مدرن در حد بالایی اتوماتیک سریع و کامپیوتری هستند بطوریکه می توانند بیش از شصت عنصر را کمتر از یک دقیقه شناسایی نموده .

۳-۳-۶ اسپکترومتری فلورسانس اشعه (WDXRF,EDXRF,XRF)

منشاء این تکنیک جایگزینی در سطح اتمی است و می توان آنرا به این پدیده تشبیه کرد که وقتی نور به فلورور سانت می تابد ، تولید رنگ می کند . منتهی تفاوتی که در این تکنیک وجود دارد منبع نور است که اشعه X است .

این تکنیک نسبت به سایر تکنیکهای اسپکتر و متریک که برای آنالیز ذرات فرسایشی مورد استفاده قرار می گیرد دارای سه مزیت عمده است .

۱- نمونه ها را میتوان به شکل جامد یا سیال مورد آنالیز قرار داد ، یعنی روغنها ، گریسها ، لایه های نازک پودر یا تکه هایی از اجزاء جامد میتواند مورد آنالیز قرار گیرند .

۲- محدوده دینامیکی عناصر به نحوی است که عناصری را که غلظتشان در حدود ppm است همزمان با عناصری که در صد بالایی از وزن نمونه را به خود اختصاص می دهند، میتوان مورد آنالیز قرار داد.

۳- این تکنیک غیر مخرب است.

فرآیند این آنالیز، شامل قرار دادن چند میلی متر از روغن در یک ظرف مشخص و تابانیدن اشعه X به ظرف است. تابش باعث می شود که الکترونهاى اتمهای موجود در نمونه به سطح انرژی بالاتری حرکت کنند وقتی به آنها اجازه برگشت به سطح اولیه شان داده شد به اندازه دقیقی از سطح انرژی که برای هر عنصر مشخص لازم است اشعه X از خود منتشر می کنند. این انتشار انرژی فلوئورسانس نامیده می شود. شدت تابش در آن سطح انرژی، در اولین تقریب، به صورت مستقیم با غلظت عنصر در نمونه متناسب است. بنابراین با جمع آوری اشعه X منتشر شده و آنالیز شدت آنها به عنوان انرژی نمونه، این امکان وجود خواهد داشت که نه تنها حضور یک عنصر را تشخیص دهد بلکه غلظت هر کدام از عناصر موجود را نیز محاسبه کند. زمان آنالیز توسط تجهیزات مختلف XRF میتواند بین چند ثانیه تا چند دقیقه باشد به وجود عناصر در عرض چند ثانیه میتوان دسترسی پیدا کرد اما برای محاسبه کمیت نسبی آنها زمان بیشتری لازم است.

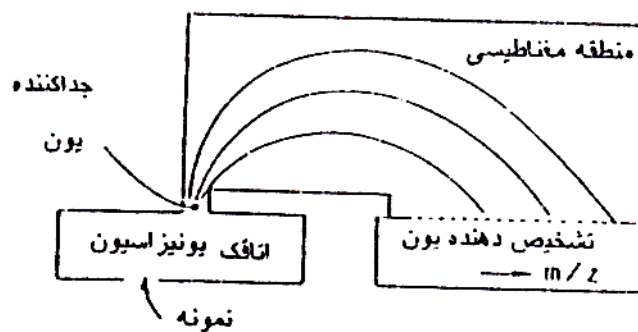
یکی از کاربردهای مهم در خط ذرات فرسایشی برای هواپیما در حال پرواز است.

OUTO KUMPU طی همکاری با قسمت ALISON جنرال موتورز، یک XRF را برای تشخیص عناصر تیتانیوم آهن، نقره، و مس مورد استفاده قرار دادند.

قطعاتی که از این عناصر ساخته شده اند در طی عملیات معمولی هواپیما ساییده می شوند، اما در انتهای عمر مفید آنها سرعت فرسایش به شدت زیاد می شود. این مورد استفاده کنندگان هواپیما را قادر می سازد که برای نگهداری و تعمیرات و پیاده کردند قسمتهای مختلف هواپیما در بهترین زمان ممکن برنامه ریزی کنند.

۴-۳-۶ اسپکترومتری جرمی MS:

اسپکترومتری جرمی یکی دیگر از تکنیکهای آنالیز روغن است و برای بررسی عناصر و ترکیبات آلی موجود مورد استفاده قرار می گیرد. مقدار کمی از روغن توسط یک پیت به داخل اسپکترومتر وارد می شود. روغن هنگام عبور از دستگاه یونیزه می شود. سپس یونها بر مبنای اختلاف جرمشان از اتاقک خارج می شوند که یک مشخصه بویژه را بوجود می آورند. طیف جرمی که شکل میگیرد توسط یک تشخیص دهنده که یونها روی آنها سیگنالی متناسب با غلظت یونها تولید می کند. نحوه این عمل بطور شماتیک در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۶-۲-نمایی از اسپکترومتر جرمی

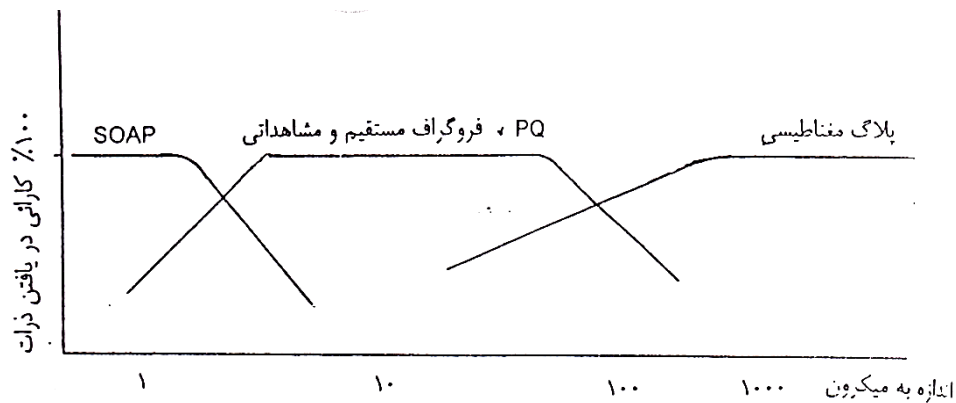
اسپکترومترهای جرمی اولیه نیاز به کاربرهایی با تخصص فوق العاده بالا داشت ، اما پیدایش نرم افزارهای مطلوب برای استفاده کنندگان که با کامپیوترهای شخصی سازگار هستند ، قابلیت کاربردی این تکنیک را به خوبی افزایش داده است .

این تکنیک چه از نظر هزینه اولیه دستگاه و چه از نظر هزینه عملیات و تعمیرات ممکن است گران قیمت باشد با وجود این اندازه ذرات می تواند بین کمتر از ۱۲ میکروگرم تا یک میلی گرم (از PPB تا در صدی از جرم) متفاوت باشد و آنالیز همزمان نیز امکان پذیر است

۶-۴-۶-۴ فروگرافی :

فروگرافی تکنیکی است که در حدود سالهای ۱۹۷۰ توسعه پیدا کرد و از سال ۱۹۸۰ به بعد مراجع تصمیم گیرنده در مورد آنالیز ذرات فرسایشی آنرا به عنوان یک تکنیک معرفی کردند .

لزوم آنالیز فروگرافی به دلیل این است که با پیشرفت SOAP فقط امکان بررسی ذرات کوچکتر از ۴ میکرون وجود دارد و برای ذرات بزرگتر دقت ندارد . از طرف دیگر ذرات خیلی بزرگ ((بزرگتر از ۵۰ میکرومتر)) توسط درپوشهای مغناطیسی جذب می شود و از آن مقدار ذرات محاسبه می شود . فاصله بین این دو روش فروگرافی پر می کند . محدوده این تکنیک حدود ۱ میکرومتر تا ۲۰۰ میکرومتر است که حد فاصل دو روش فوق را پر می کند . بعد از شناخت فروگرافی تجهیزات دیگری بر مبنای روش فروگرافی تولید شد که یکی از این ابزار RPD است .

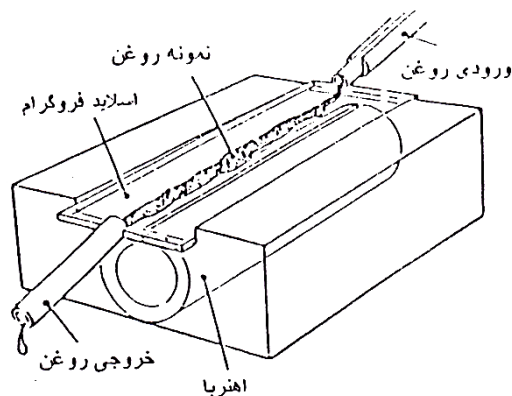


شکل ۶-۳- نمایش میزان کارآیی تکنیکهای مختلف در تشخیص ذرات

۴ml نمونه روغن پس از رقیق شدن، روی یک اسلاید به طول ۵۵ میلیمتر که تمیز و آماده است، جریان می یابد. شدت میدان مغناطیسی در طول اسلاید به تدریج افزایش پیدا می کند (بدلیل متغیر بودن فاصله آهن ربا با اسلاید) ذراتی که به خاصیت مغناطیسی واکنش نشان می دهند. به طرف اسلاید کشیده می شوند. ذرات بزرگتر سریعتر از ذرات کوچکتر ته نشین می شوند. همراه با ذرات فرو مغناطیسی سایر ذرات که با ذرات فلز در تماس هستند. جذب اسلاید می شوند. در واقع مقدار کمی ذرات غیرفلزی نیز روی اسلاید یافت می شوند اما معمولاً شکل توزیع این ذرات خیلی منظم نیست.

بعد از ته نشینی ذرات، یک سیال خیلی فرار روی اسلاید ریخته می شود تا ذرات را کاملاً از روغن جدا کند و یک نمونه آزمایش خشک از ذراتی که به اسلاید شیشه ای چسبیده اند به وجود آید. به این اسلاید فروگرام گفته می شود. ذرات آهن روی اسلاید پخش می شوند. خطوط مغناطیسی باعث می شوند که خطوط افقی کاملاً مشخصی بوجود آید که ذرات در امتداد این خطوط ته نشین می شود.

پس از تهیه فروگرام دو روش آزمایش فروگرام تحت فروسکوپ و فروگرام با خواندن مستقیم انجام میشود.



شکل ۶-۴- اساس عملیات فروگرافی

آزمایش فروگرام تحت فروسکوپ در واقع آزمایش ظاهری یا به عبارت دیگر بررسی ظاهری فروگرام تحت میکروسکوپ فروسکوپ است. این میکروسکوپ شامل منابع نور انتقالی و انعکاس معمولی است. همچنین دارای فیلتر پلاریزه کننده و دو فیلتر رنگی (قرمز و سبز) است. با استفاده از فیلترها و با یک روش ثابت، امکان ایجاد یک اطلس از شکل ها، رنگها، اندازه ها وجود دارد که به ذرات فرسایشی و غیره فرسایشی مربوط است. اطلس ذرات فرسایشی ۱۹۸۲/۱۹۹۱ را میتوان برای این منظور مورد استفاده قرار داد (راهنمای تشخیص ذرات فرسایشی مربوط به مرکز تربیولوژی دانشگاه SWANSEA را نیز می توان به عنوان یک مرجع شناسایی این ذرات قرار داد).

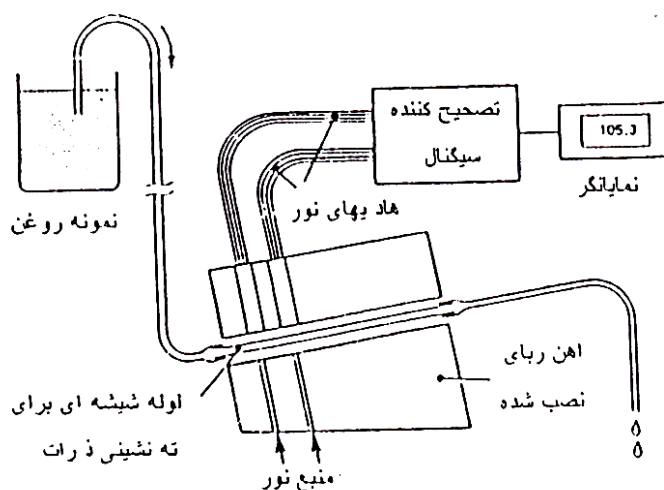
گرم کردن ذرات موجود روی اسلاید اطلاعات بیشتری را در مورد طبیعت ذرات فرسایشی خواهد داد. اگر چه گرم کردن اسلاید، داخل یک اجاق نیز امکان پذیر است اما روش بهتر استفاده از یک سطح داغ است. در اطلس ذرات فرسایشی ۱۹۸۲/۱۹۹۱ فرض شده است که اسلاید به مدت ۹۰ ثانیه، روی سطح با دمای مشخص قرار گیرد. نتایج زیر حاصل شده اند که کمک زیادی به شناسایی فلزات و آلیاژهای مختلف می کند.

جدول ۶-۱- مشخصات فلزات و آلیاژهای مختلف

درجه حرارت	رنگ	جنس
در C ۲۰	قرمز / زرد	آلیاژ مس / طلا
در C ۳۳۰	آبی خالدار / نارنجی	احتمالاً سرب اکسید شده / قلع
	آبی	کربن و فولاد کم آلیاژ
	زرد کاهی / برنز	فولادهای آلیاژهای متوسط
	قهوه ای مایل به زرد	کادمیم
	طوسی روشن	کربن و فولادهای کم آلیاژ
در C ۴۰۰	قهوه ای مایل به زرد روشن	تیتانیم
	قهوه ای مایل به زرد / زرد کاهی با مقداری رنگ زرشکی تیره	مولیبدنیم
	برنز تیره با کمی آبی خالدار	فولادهای آلیاژ متوسط
	زرد	فولاد ضد زنگ
	برنز یا آبی	آلیاژهای با نیکل بالا
در C ۴۸۰	قهوه ای مایل به زرد	تیتانیم، روی
	زرد کاهی برنزی یا مقداری آبی	فولاد ضد زنگ
	آبی یا آبی / طوسی	آلیاژهای نیکل
در C ۵۴۰	قهوه ای مایل به زرد تیره	تیتانیم
	قهوه ای مایل به زرد آبی	روی

نکته دیگر آنکه آلومینیوم ، نقره ، کروم و منیزیم در محدوده های دمائی بالا تغییر قابل ملاحظه ای در رنگشان رخ نخواهد داد مواد آلی در دماهای بالا نیمسوز می شوند و یا از شکل طبیعی خارج می شوند و یا حتی در ۳۳۰C بخار می شوند .

روش دوم خواندن مستقیم است . شدت ذرات بزرگتر می توان محاسبه کرد و یا مقدار عددی به دست آورد . در این روش ، شدت نور بصورت اتوماتیک خوانده می شود . شکل شماتیک فروگراف با خواندن مستقیم در زیر نشان داده شده است .



شکل ۵-۶- شکل شماتیک فروگراف با خواندن مستقیم

در این تکنیک یک میلی متر از روغن به داخل یک مسیر روغن کشیده می شود که دارای دو منبع نور با فاصله ۵ میلیمتر از یکدیگر هستند که نور عبوری از روی روغن تحت پردازش قرار می گیرند . این دستگاه نسبت ذرات بزرگتر (DI) و در مقابل نسبت به ذرات کوچکتر (Dds) را می دهد. ذرات بزرگتر (پنج میکرومتر و بیشتر) نوعاً در اثر فرسایش و مخصوصاً خستگی بوجود می آیند در حالی که ذرات کوچکتر (یک میکرومتر تا دو میکرومتر) ناشی از فرسایش نرمال هستند . شدت ذرات بزرگتر نسبت به کوچکتر توسط یک سیستم نمایش دیجیتالی بین یک تا ۱۹۰ نشان داده می شود .

آنچه برای کارشناس مسئول مراقبت (cm) اهمیت دارد ندخ افزایش ذرات درشت در مجموع ذرات ست بنبرین ابتدا Is (Index of severity "شاخص پیشرفتگی فرسایش") محاسبه شود

$$Is = (DI + Dds) (DI - Dds)$$

$DI + Dds$ = مجموع تراکم ذرات

$DI - Dds$ = توزیع اندازه ذرات

در خصوص نحوه تفسیر نتایج بررسی سه مثال مفید است

۱- در وضعیتی که فرسایش عادی و کیفیت روغن نیز مناسب است روند شاخص های فرسایش تقریباً ثابت است . حال اگر به دلیل مثلاً کاهش گرانروی روغن ضخامت فیلم روغن بقدری کم می شود که تماس مستقیم سطوح اتفاق بیفتد قطعات ذرات بیشتری نسبت به وضعیت تعادلی قبل تولید میگردد همانطور که قبلاً گفته شد شروع فرسایش غیر عادی با افزایش ذرات درشت همراه است هرچند مقدار ذرات ریز هم با شدتی کمترافزایش خواهد یافت . این مساله باعث می شود تا سهم ذرات درشت در مجموع ذرات افزایش یافته شاخص IS با سرعت بیشتری افزایش یابد.

اگر این وضعیت ادامه یابد وریشه یابی نشود تا خرابی نهایی قطعه یا دستگاه پیش میرود و IS به اعداد بسیار بالایی می رسد.

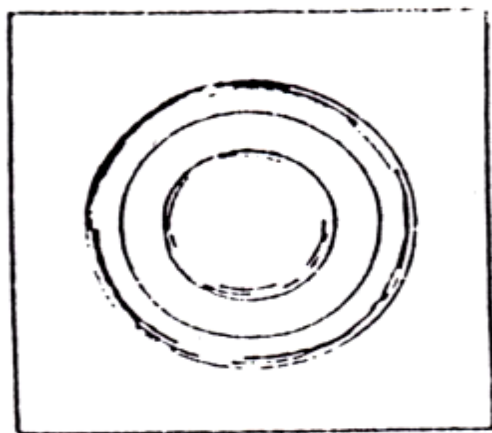
۲- ممکن است روند نتایج آزمایش صعودی سریع و کاهش مجدد به مدار معمول رانشان دهد این حالت مشخصه دوره ی آبیندی ($break-in$) می باشد زمانی که دستگاه نو برای اولین بار راه اندازی میشود یا پس از انجام تعمیرات اساسی نمونه گیری داشته باشیم شاهد این مسئله خواهیم بود. دلیل این افزایش هم این است که در داخل سیستم های نو یا روی سطح قطعات تازه تعمیر شده ذرات مختلفی وجود دارد که در همان ساعات اولیه کارکرد در اثر فشار و حرکت قطعات از روی سطوح و یا داخل مجاری سیستم جدا شده و با عبور روغن از فیلتر جذب شده و یا در ته مخزن نشست میکند

۳- زمانی که اعداد DI و Dds به هم خیلی نزدیک باشند در نتیجه IS کاهش می یابد این حالت زمانی اتفاق می افتد که سهم ذرات درشت در مجموعه ذرات تولید شده ناچیز می شود معمولاً در شرایطی که خوردگی شیمیایی توسعه می یابد این حالت مشاهده می شود زیرا اکثر ذرات آهنی ناشی از واکنش های شیمیایی در ابعاد زیر یک میکرون است

۵-۶ ته نشین کننده دورانی ذرات RPD

دستگاه مزبور ذرات را توسط یک حرکت دورانی ته نشین می کند . دستگاه فروگراف برای کشیدن ذرات به طرف پائین و ته نشین کردن آن روی اسلاید از یک نیروی مغناطیسی استفاده می کرد ولی در این دستگاه از نیروی گریز از مرکز استفاده می شود. یک اسلاید که یک صفحه مربعی شکل از جنس شیشه است ، روی محور دورانی RPD توسط آبندهای لاستیکی کنده نگهداری می شود . در قسمت بالا و زیر اسلاید ، دو آهنربای دائمی قرار دارند که باعث بوجود آمدن میدان مغناطیسی دایره ای شکل می شوند . همانطور که سیال به طرف بیرون اسلاید دورانی جریان پیدا می کند ، ذرات فرومغناطیسی رسوب می کنند . ذرات بزرگتر روی رینگ اول ، ذرات

کوچکتر روی رینگ دوم و گاهی اوقات رینگ سوم ته نشین می شوند . نمونه اسلاید RPD در شکل زیر آورده شده است .



سه حلقه هم مرکز

شکل ۶-۶-اسلاید RDF با ذرات ته نشین شده

RPD از سه رینگ هم مرکز با شعاع تقریبی ۷۵ و ۱۰۷ میلیمتر استفاده می کند ، زمان انجام آزمایش RPD حدود ۸-۵ دقیقه است که یک سیکل کامل طی می شود.

۶-۶ آنالیز کننده ذرات فرسایشی WPA

اساس کار این دستگاه بر مبنای تاثیری است که ذرات فرومغناطیسی روی میدان مغناطیسی می گذارند . در آنالیز کننده ذرات فرسایشی wear particle Analyser روغن از داخل یک فیلتر مخصوص عبور داده می شود . ساختمان فیلتر به نحوی است که ذرات بزرگتر از یک میکرون در داخل آن گیر می کند. فیلتر های مخصوص firon شامل شبکه ای از الیاف مغناطیسی می شوند و نیروی جاذبه قوی برای ذرات مغناطیسی ایجاد می کنند .

حضور ذرات روی فیلتر باعث افزایش میدان مغناطیسی روی دستگاه آنالیز کننده wpa می شود و از طریق افزایش میدان می توان به میزان ذرات جمع شده روی فیلتر پی برد .

۶-۷ کمیت سنج ذرات PQ

این دستگاه (particle Quantifier) در مرکز تربیولوژی دانشگاه Swansea توسعه پیدا کرد و برای کمیت سنجی ذرات که روی اسلاید RPD ته نشین شده اند یا در فیلتر با روزنه های کوچک گیر کرده اند یا در یک نمونه روغن که در داخل یک ظرف پلاستیکی ریخته شده است ، مورد استفاده قرار می گیرد . دستگاه PQ در یک نمونه مشخص کمیت ذرات را بر مبنای خاصیت مغناطیسی آنها اندازه گیری این دستگاه یک سیم پیچ جذب کننده مارپیچی شکل دارد و وقتی یک نمونه شامل ذرات فرومغناطیسی در میدان آن قرار می گیرد ، تغییراتی در این

میدان بوجود می آید ، تغییرات این میدان اندازه گیری شده و به صورت عددی نشان داده می شود که شاخص PQ نامیده می شود . این عدد به صورت یک نماد پایه ای از وضعیت غیر معمول شرایط دستگاه مورد استفاده قرار می گیرد .

۸-۶ آزمایش TDPQ

این آزمایش توسط دستگاه PQ انجام میگردد و در واقع عبارت است از اندازه گیری شاخص PQ در زمانهای متوالی در یک نمونه روغن ، بدین ترتیب که بطری حامل نمونه روغن پس از مخلوط شدن روی دستگاه PQ قرار می گیرد و هر ۵ ثانیه یکبار نمونه روی میدان مغناطیسی قرار می گیرد و مقدار شاخص PQ ثبت می شود .

تغییرات شاخص PQ در زمان که در واقع ناشی از ته نشینی ذرات و روغن است ، مبنای تحلیل است که در نهایت میزان شدت فرسایش را به ما نشان خواهد داد .

آزمایش PQ میزان ذرات مغناطیسی را در نمونه روغن نشان می دهد ولی هیچ ذهنیتی در مورد شدت فرسایش به ما نخواهد داد . ولی آزمایش TDPQ با توجه به سرعت ته نشین ذرات شدت فرسایش را نیز در اختیار ما قرار خواهد داد

فصل هفتم :

آنالیز شناسی ذرات فرسایشی

۷-۱ مقدمه :

آزمایشات ذرات فرسایشی در واقع اندازه گیری و آنالیز ذراتی است که در طی فرسایش دستگاه تولید می شوند.

ذرات فرسایشی را می توان به عنوان محصول کنده شده مواد از سطوحی در نظر گرفت که نسبت به هم حرکت نسبی داشته و یا در اثر خوردگی ناشی شده باشند. آنالیز ذرات فرسایشی اطلاعات مهمی را مورد شرایط مکانیکی دستگاه تامین می کند. آنالیز ذرات به دو شاخه تقسیم می شود. آنالیز کمی و آنالیز شکل شناسی.

آنالیز کمی یکی از معمولترین روشهایی است که برای مراقبت ذرات فرسایشی مورد استفاده قرار می گیرد با استفاده از این روش گستردگی و سرعت فرسایش را می توان سریعاً و بدون نیاز به آزمایش ذرات فرسایشی از طریق میکروسکوپ تحت مراقبت قرار داد. در این روش با خواندن سریع کمیت ذرات می توان شدت فرسایش را تحت مراقبت قرار داد.

از تجهیزاتی که برای آنالیز کمی می توان نام برد، اسپکترومتر، ویسکومتر، دستگاه pQ و فروگرافی و موارد دیگر است که در فصول قبل به اختصار به آنها اشاره شد. دسته دیگر از آزمایشات آنالیز شکل شناسی است که در این فصل به آن اشاراتی شده است.

۷-۲ آنالیز شکل شناسی:

آنالیز شکل شناسی عبارت است از مطالعه ذرات فرسایشی و زمانی انجام می گیرد که نیاز به بررسی در مورد حالت و منبع فرسایش داشته باشیم، چون این آنالیز زمان و تجربه قابل توجهی نیاز دارد، در این روش ذرات فرسایشی تحت نظارت قرار می گیرند و مشخصات ظاهری استخراج می شود سپس سعی می شود که ارتباطی بین ظاهر ذرات و انواع مختلف فرسایش برقرار شود. از طریق این آنالیز اطلاعات مشخصی درباره شرایط سطوح متحرک دستگاه، عناصری که این سطوح از آنها ساخته شده اند، مکانیزم شکل گیری آنها و چگونگی فرسایش موجود در عملیات سیستم استخراج می شود.

با استفاده از آنالیز شکل شناسی، ذرات فرسایشی را می توان بر مبنای مکانیزم شکل گیری ذرات یا به عبارت دیگر بر مبنای مکانیزمهای فرسایش طبقه بندی کرد. فرسایش مکانیکی شامل فرآیندهای فرسایش عادی، فرسایش تراشه ای خوردگی، خستگی می باشد. انواع مختلف فرسایش ممکن است به تنهایی، پشت سر هم یا همزمان رخ دهند. تمام انواع فرسایش یک نکته مشترک دارند که در نتیجه اعمال تنش بیش از حد در نقاط تماس رخ می دهد.

اساساً ذرات فرسایشی را می توان در شش گروه مجزا از نظر مشخصات مکانیزم فرسایش طبقه بندی کرد.

۳-۷ انواع ذرات فرسایشی از نظر مشخصات مکانیزم فرسایش

۱- فرسایش مالشی یا فرسایش مرحله راه اندازی

۲- فرسایش برشی

۳- خستگی سطحی

۴- فرسایش شدید لغزشی

۵- ترکیب فرسایش غلتشی و لغزشی

۶- خوردگی

۱-۳-۷ فرسایش مالشی:

ذرات ناشی از فرسایش مالشی از برش لایه های سطحی تولید می شود. این ذرات به شکل صفحه هایی بوده و اندازه ابعاد اصلی آنها بین نیم میکرون تا ۱۵ میکرون می باشد و نسبت بعد اصلی به ضخامت از حدود ۱:۱۰ تا ۱:۳۰ برای ذرات تغییر می کند.

در طی مرحله راه اندازی، ذرات فرسایشی به صورت ذرات بزرگتری خواهند بود که منجر به صاف شدن سطوح می شود. وقتی که سطوح فرسایشی به حالت پایداری رسیدند، ذراتی که از این سطوح تولید می شوند به حالت عادی خود بر خواهند گشت. آلودگی روغن می تواند سرعت تولید ذرات فرسایش مالشی را افزایش دهد. آلودگی روغن به مشخصاتی نظیر غلظت اندازه، شکل و ترکیبات آن بستگی دارد.

۲-۳-۷ فرسایش برشی

فرسایش برشی خرابی سطوحی است که از لغزش در حال تماس بین یک سطح و مواد سخت تر بوجود می آید. فرسایش برشی وقتی رخ می دهد که برخی از سطوح سخت از محل خود خارج می شوند یا می شکنند، و ذرات این سطح سخت که دارای لبه های تیز می باشد با سطح نرم درگیر شده و موجب فرسایش برشی می شود. محدوده اندازه ذراتی که بدین ترتیب بوجود می آیند بطور متوسط دو تا پنج میکرون پهنا و ۲۵ تا ۱۰۰ میکرون طول دارد. فرسایش برشی همچنین وقتی رخ می دهد که ذرات تراشه ایی سخت که از سطوح سخت جدا شده اند توسط سیال روانکاری به قسمتهای دیگر حمل شود و در سطوح نرم فرو برود. ذرات سخت همچنین می تواند از منابع آلودگی خارجی باشد. اندازه طول ذراتی که با این مکانیزم بوجود می آیند بین پنج تا ۵۰ میکرون متغیر خواهد بود و ضخامت آن تقریباً ۰/۲۵ میکرون خواهد بود.

۳-۳-۷ خستگی تماس غلشی

فرسایش خستگی سطحی نتیجه حرکت لغزشی یا غلشی تکراری روی سطوحی است که بطور خاصی با هم در تماس هستند. این فرآیند بار گذاری و بار برداری تکراری روی مولکولهای سطحی مواد تاثیر می گذارند و موجب ترکهای سطحی می شود، که منجر به حفره های سطحی بزرگ می شود.

فرآیند فرسایش خستگی غلشی در سه مرحله رخ می دهد: آماده شدن مواد، شروع ترکهای اولیه و پیشرفت ترک. خرابی سطحی یا شکستی که توسط فرآیند خستگی بوجود می آید به شرایط محیط بستگی دارد، سه نوع مشخص ذراتی که در اثر خستگی غلشی بوجود می آید عبارتند از: پوسته ای، لایه ای و ذرات کروی.

ذرات پوسته ای: به شکل ورقه ایی مسطحی هستند که نسبت بعد اصلی به ضخامت آن ۱۰:۱ می باشد. اولین حالت غیر عادی را می توان از افزایش وجود چنین ذراتی تشخیص داد. افزایش غلظت ذرات پوسته ایی معمولا اولین اخطار برای شروع خرابی مکانیکی خواهد بود.

ذرات لایه ای: ذرات فلزی خیلی نازک هستند که بعد اصلی آنها بین ۲۰ تا ۵۰ میکرون و نسبت ضخامت آنها ۱:۳۰ می باشد.

ذرات کروی: از مشخصات خستگی غلشی می باشد. واضح است که ذرات کروی ناشی از فرآیند تغییر شکل حاصل می شوند. ذرات فلزی تحت یک یا تعداد بیشتری از عوامل زیر قرار می گیرند و به شکل کروی در می آیند. فشار ناشی از روغن که به فاصله بین سطوح ترک وارد می شوند یا فشار در سطوح شکسته شده در طی حرکت نسبی ترک وسطوحی که با هم در تماس هستند. معمولا ذرات کروی تا قبل از اینکه ترک خیلی پیشرفت کرده باشد قابل تشخیص است.

۴-۳-۷ فرسایش شدید لغزشی

تحت شرایط لغزشی بین دو سطح، وظیفه اصلی روانکار بوجود آوردن شرایط حرکت نسبی با اصطکاک پایین و بدون خرابی می باشد. فرسایش شدید لغزشی وقتی شروع می شود که در اثر بار یا سرعت، تنش سطوح لغزشی به بیش از حد معمول می رسد و در نتیجه در سطوحی که با هم تماس پیدا می کنند فرسایش و خرابی بوجود می آید. نسبت ذرات بزرگ به کوچک به میزان افزایش حد تنش و تجاوز آن از حد نرمال تنش بستگی دارد. اگر میزان تنش به آرامی افزایش پیدا کند، قبل از اینکه فرسایش شدید لغزشی شروع شود، مقدار زیادی از ذراتی که مشابه ذرات حاصل از فرسایش مالشی هستند، تولید خواهد شد، اندازه ذرات حاصل از فرسایش شدید لغزشی حدودا ۱۵ میکرون می باشد و نسبت بعد اصلی به ضخامت تقریبا ۱۰:۱ می باشد.

۵-۳-۷ ترکیب فرسایش غلشی و لغزشی

در سیستم های دنده ترکیبی از فرسایش غلشی و لغزشی است که موجب تولید ذرات می شود. این ذرات شبیه ذرات پسته ای حاصل از خستگی می باشند. کچلی دنده ها در نتیجه بار یا سرعت خیلی بالا خواهد بود زیرا گرمای بیش از حد تولید شده موجب از بین رفتن فیلم روغن و در نتیجه فرسایش دنده های در گیر می شود. به محض شروع کچلی معمولا تمام دنده ها تحت تاثیر قرار می گیرند و حجم عظیمی از ذرات فرسایشی تولید می شود. در هنگام کچلی دنده ها میزان ذرات بزرگ نسبت به ذرات کوچک خیلی کم خواهد بود. تمام ذرات معمولا دارای سطحی زبر و محیطی دندانه دار می باشند.

ذرات حاصل از خستگی، دارای سطحی صاف و شکلی نامنظم می باشند. نسبت بعد اصلی به ضخامت بین ۴:۱ تا ۱۰:۱ تغییر می کند. بسته به طراحی دنده، ذرات تکه ای که ناشی از تنش کششی از روی سطح دنده کنده می شوند، باعث ترکهای خستگی می شوند و قبل از اینکه ذرات پسته ای تولید شود این ترکها به عمق زیاد دنده نفوذ می کنند.

۶-۳-۷ خوردگی

تعدادی از عواملی که روی طبیعت خوردندگی روغن تاثیر دارند عبارتند از: درجه حرارت، طبیعت شیمیایی سیال، پایداری در مقابل اکسیداسیون، که در واقع تعدادی از عوامل افت کیفیت در سیستم می باشند. وقتی روانکار افت کیفیت پیدا می کند یا به عبارت دیگر اکسیداسیون در آن رخ می دهد، تغییرات فیزیکی و شیمیایی در آن بوجود می آیند. محصولات حاصل از اکسیداسیون روغن اصولا اسیدی می باشند. اسید آلی ضعیفی که بدین ترتیب بوجود آمده است به سرب موجود در یاتاقانهای می چسبد و فاز سرب در یاتاقانهای سرب-مس و برنز-سرب را قبل از سایر فلزات حل می کند.

سولفور ناشی از سوخته های دیزلی، باعث بوجود آمده و اسید سولفوریک می شود که در واقع ناشی از فرآیند احتراق می باشد. اسید به بوش سیلندر و سایر اجزاء موتور می چسبد و باعث خرابی های فاحشی می شود. یک تولید کننده معتقد است که اگر محتوای سولفور سوخت از نیم درصد به یک درصد افزایش پیدا می کند فرسایش، خوردگی چهار بار مخرب تر خواهد بود. فرسایش خوردگی توسط تکنیک فروگرافی با خواندن مستقیم قابل تشخیص است. در فرسایش خوردگی نسبت ذرات بزرگ به کوچک خیلی نزدیک به یک می باشد.

۴-۷ شناسایی ذرات فرسایشی

اگر شناسایی فرسایشی را در فرآیند منطقی بررسی کنیم، مبنای تشخیص و شناسایی ظاهری (بصری) خواهد بود. به همین دلیل عدم سازگاری بین تعدادی از متخصصین ذرات فرسایشی را میتوان ناشی از نبودن یک مرجع بین المللی

و یک استاندارد شناخته شده در مورد انواع ذرات فرسایشی ارتباط آنها با فرآیندهای فرسایش و منبع بوجود آمدن آنها دانست. البته یک سری کارهای ارزشمند در این زمینه وجود دارد.

– سال ۱۹۷۶ Bowen Scott, Seifert Westcott : در مقاله فروگرافی این افراد توضیح داده شده است که ذرات فرسایشی یکسان که دارای خصوصیات ویژه مشابهی هستند، می توانند به عنوان مدرکی مورد استفاده قرار گیرند که این ذرات تحت شرایط یکسانی بوجود آمده اند. آنها ثابت کردند که ذراتی که با مکانیزمهای فرسایشی مختلف تولید می شوند را میتوان با توجه به ویژگیهایی که نسبت به هم دارند شناسائی کرد. انواع اصلی ذرات فرسایشی نظیر مالشی، برشی، لغزشی و خستگی، همانطور که توضیح داده شد، اطلاعاتی را درباره شرایط فرسایش به ما خواهد داد. به عنوان مثال همانطور که گفته شد، ذرات مالشی دارای شکل صفحه ای می باشند و نشان دهنده فرسایش نرمال و مجاز می باشند، در حالیکه فرسایش برشی ذراتی به شکل حلقه کوچک و رشته های خم شده تولید می کند.

– اطلس ذرات فرسایشی : توسط Wesctcott, Bowen در سال ۱۹۷۶ تهیه گردید و در سال ۱۹۸۲ توسط Anderson مورد تجدید نظر و توسعه قرار گرفت. این دو اطلس برای مرکز مهندسی هوایی نیروی دریایی تهیه گردید. این اطلس اطلاعات قابل توجهی در مورد شناسائی انواع ذرات فرسایشی و همچنین توضیحی در مورد انواع مکانیزمهای فرسایشی که موجب بوجود آمدن این ذرات می شوند را در اختیار استفاده کننده قرار میدهد. ذراتی که در این اطلس توضیح داده شده اند یا از جنس فولاد هستند یا آلیاژهای فولادی می باشند. در این مجموعه ۱۶ نوع از ذرات توضیح داده شده است که شامل ذرات مالشی، برشی، خستگی غلتشی، لغزشی، لغزشی شدید و اکسیدهای غیر فلزی می شود. این اطلس ذرات فرسایشی را دقیقاً توضیح می دهد و به مشخصات اندازه و نسبت ضخامت به طول نیز اشاره می کند اما هیچگونه توضیحی در مورد سایر خواص ارائه نمی دهد. بطور کلی میتوان گفت که این اطلس به جای اینکه تشخیص سیستماتیکی از ذرات فرسایشی را ارائه دهد در واقع توضیحی از تجربیاتی است که حاصل شده است. با وجود این اطلس مزبور هنوز هم بهترین مرجعی است که در مورد ذرات فرسایشی وجود دارد.

– سال ۱۹۸۷ price : این شخص در مجموعه ای که گردآور کرد، برای تشخیص ذرات فرسایشی از دستگاه RPD استفاده کرد. او ذراتی را که دارای خصوصیات ویژه یکسانی بودند و ارتباط آنها با شرایطی که در آن بوجود آمده اند را توضیح داد و بنابراین اطلاعات مشخصی را در مورد شرایط سطوح متحرک ارائه کرد. بیش از ۱۲ نوع مختلف از ذرات فرسایشی در این مجموعه گردآوری شده اند که شامل ذرات مالشی برشی، لغزشی شدید، خستگی چرخنده ای، خستگی غلتشی و ذرات فلزی غیر آهنی و یک سری ذرات متفرقه می باشد. در کل می توان گفت که این مجموعه اطلاعاتی را برای کمک به شناسائی انواع مختلف ذرات فرسایشی و در نتیجه اطلاعاتی در مورد شرایط فرسایش را در خود گرد آورده است.

- سال ۱۹۹۱ Stecki, Andersosn: فرآیندی را که این افراد پایه گذاری کردند را می توان به عنوان پایه هائی برای توسعه سیستماتیک معرفی کرد که بصورت یک سیستم تخصصی برای شناسائی ذرات فرسایش مورد استفاده قرار می گیرد. در این سیستم شبیه تمام آلودگیهائی که در نمونه روغن یافت می شود تفاوتی بین ذرات نوع فلزی و غیرفلزی قائل شده اند. این سیستم ذرات فرسایشی را در کل به ۲۵ نوع مختلف تقسیم کرده است. روش کار با این سیستم بدین ترتیب است که از طریق یک روند از پیش تعیین شده و توسط سوالاتی که سیستم می کند و جوابی که استفاه کننده می دهد به مشخصات ویژه ذرات فرسایشی دسترسی پیدا می کند. بدین ترتیب استفاده کننده قادر خواهد بود که ذرات را در طبقه بندی مشخصشان شناسائی می کند و همچنین معنی ذرات در وضعیت دستگاه را بررسی کند. استفاده کننده در اولین برخورد با سیستم با سطح A; ; برخورد خواهد کرد، سپس با استفاده از قسمت ((ادامه بده)) که در قسمت اطلاعاتی وجود دارد بهترین سازگاری برای ذره داده شده پیدا خواهد شد. سطح A مربوط به خاصیت بازتاب پذیری ذره می باشد، اگر بازتاب پذیر باشد، استفاده کننده به زیر شاخه A-۱ و اگر ذره بازتاب نا پذیر باشد استفاده کننده، به زیر شاخه A-۲ خواهد رفت. این ساختار به روش مشابه ادامه خواهد داشت تا جائیکه استفاده کننده به اسم ذره برسد. در سیستمی که این افراد طراحی کردند فقط سه مشخصه ذره مبنای طبقه بندی قرار گرفت که عبارتند از: بازتاب پذیری (رنگ)، شکل سطح برش خورده ذره و چند مشخصه از چگونگی سطوح، با این حال به نظر می رسد که در این سیستم بازتاب پذیری اصلی ترین خاصیت مورد استفاده برای شناسائی ذرات می باشد.

سیستم مزبور میتواند برای افرادی که هیچ تجربه ای در مورد آنالیز ذرات ندارند و یا حداقل تجربه کمی دارند، به عنوان یک وسیله کمک آموزشی مورد استفاده قرار گیرد و همچنین برای محققین با تجربه سیستم می تواند برای کمک به تشخیص این کتابچه، امکان بررسی و تشخیص معنی بیشتر ذرات فرسایشی فلزی و غیر فلزی وجود خواهد داشت. این نوع تشخیص را به آسانی می توان در یک سیستم تخصصی مورد استفاده قرار داد.

۷-۵ سیستم نظام مند برای ذرات فرسایشی

در بیشتر سیستم های اطلاعاتی، مدل اطلاعات باید در ذهن فرد آنالیز کننده جایگزین شده باشد. چرا که آنالیز اطلاعات در حین استخراج اطلاعات مشکل خواهد بود. بنابراین قبل از اینکه اطلاعاتی از سیستم های تخصصی اخذ می کنیم، بایستی فرد آنالیز کننده اطلاعات، مفهومیهای روشنی از اینکه اطلاعات در چه موردی هستند و چگونه باید آنها را طبقه بندی کرد، داشته باشد.

در این پروژه روندی که برای شکل دادن اطلاعات مربوط به ذرات فرسایشی در نظر گرفته شده است بر مبنای عنوان اصلی به شکل زیر می باشد :

۱- انواع ذرات فرسایشی

۲- خواص ظاهری ذرات فرسایشی

۳- تقدم خواص ظاهری ذرات فرسایشی

۴- نقش ظاهر ذرات فرسایشی

ایجاد یک ساختار منسجم بر اساس این چهار اصل باعث بوجود آمدن یک سیستم قابل انعطاف می شود که می توان بدون اینکه تغییر اساسی در کل ساختار بوجود بیاید هر نوع تعدیلی را در اطلاعات اعمال کرد. بدین معنی که می توان انواع ذرات ، خواص ، تقدم و نقش آنها را به ساختار اضافه کرد ، تعدیل کرد و یا حذف کرد ، بدون اینکه تغییر کلی در سیستم بوجود بیاید .

۶-۷ خواص ظاهری ذرات

خواص ظاهری در واقع با بررسی این واقعیت که سایر چیزها بر اساس چه خصوصیتی دیده می شوند ، یک تعبیر ذهنی از آنها را برای ما بوجود خواهد آورد . طبقه بندی خصوصیات ظاهری ذرات فرسایشی ضروری می باشد ، تا خصوصیتی را که برای تشخیص مهم هستند و میتوان در مراحل تحقیقی آینده از آنها استفاده کرد را استخراج کنیم. اساسا برای توصیف ساده اینکه یک متخصص ذرات فرسایشی در طی آنالیز چه چیزی را مشاهده می کند ، باید یک روال منطقی پدید می آمد . شاید به نظر برسد که یک راه حل ساده می توان برای آن پیدا کرد ، اما در عمل انجام این کار خیلی ساده نخواهد بود ، بعد از بررسیهای فراوانی که توسط متخصصین ذرات فرسایشی انجام گرفته است ، تخمین زده شده که شش نوع مختلف از خواص ظاهری وجود دارند که برای شناسایی ذرات فرسایشی

می تواند مورد استفاده قرار گیرند .

۱- شکل خارجی : ملاحظه شکل محیطی ذره

۲- جزئیات لبه : ملاحظه شکل ذره در نقاط خاص

۳- اندازه : بررسی اندازه ذرات (ابعاد اصلی)

۴- بافت : ملاحظه بافت سطح ذره

۵- رنگ : بررسی رنگ ذره

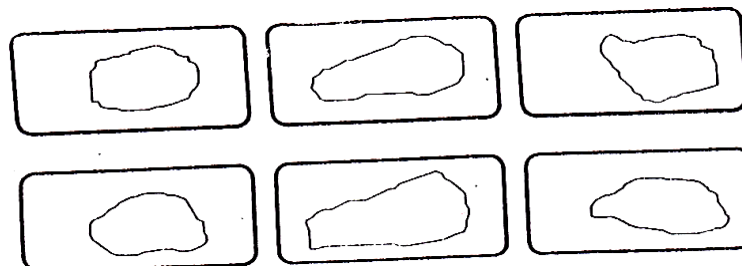
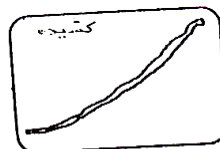
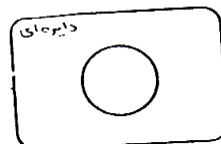
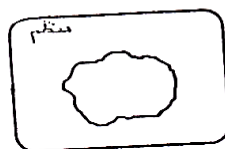
۶- نسبت ضخامت : بررسی ضخامت عمومی ذره نسبت به ابعاد اصلی

معنی خواص ظاهری ذرات این است که در شناسائی تمام انواع ذرات فرسایشی بایستی به تمام این شش نوع خاصیت توجه کنیم . هر کدام از شش خاصیت ذکر شده می تواند دارای انتخابهای مختلفی باشد ، یکی از این انتخابها برای هر خاصیتی جایگزین می شوند تا آن را به صورت مقتضی توضیح دهند . هر کدام از خواص میتواند تعدادی از این انتخابها را داشته باشد. این انتخابها می توانند بصورت قابل توجهی متفاوت از هم باشند ، یکی از این انتخابها بایستی حالت عمومی داشته باشد ، ولی سایرین معمولاً کمیاب خواهند بود و یا در مورد انواع خاصی از ذرات کاربرد خواهند داشت.

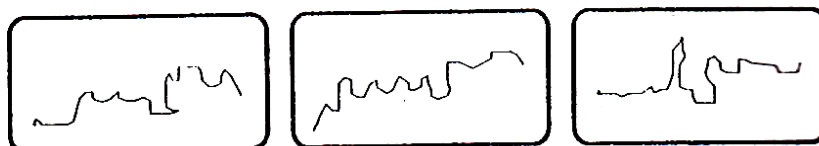
۱-۶-۷ خاصیت شکل محیطی

این خاصیت میتواند چهار انتخاب مختلف داشته باشد . انتخابها عبارتند از : منظم ، غیر منظم، دایره ای و کشیده . شکل منظم نشان دهنده حالت عادی برای شکل ذره می باشد . اگر چه شکل نامنظم نشان دهنده شکل محیطی ذره ای است که حالت منظم ندارد ، ولی هر نوع شکل محیطی را که نتوان در سه نوع انتخاب دیگر طبقه بندی کرد در این طبقه قرار می دهند : شکل کشیده نشان دهنده ذرات لاغر و دراز می باشد .

خاصیت شکل ظاهری



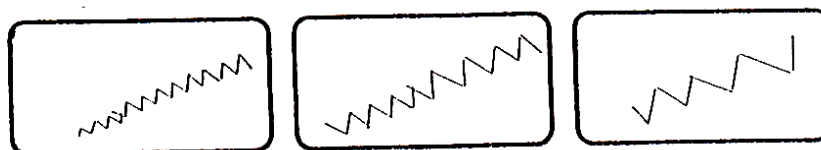
شکل ۷-۱- مثالهایی از انتخاب شکل منظم برای خاصیت شکل محیطی



شکل ۷-۲- مثالهایی از انتخاب شکل برای خاصیت جزئیات لبه



شکل ۷-۳- مثالهایی از انتخاب شکل مستقیم برای خاصیت جزء لبه ها



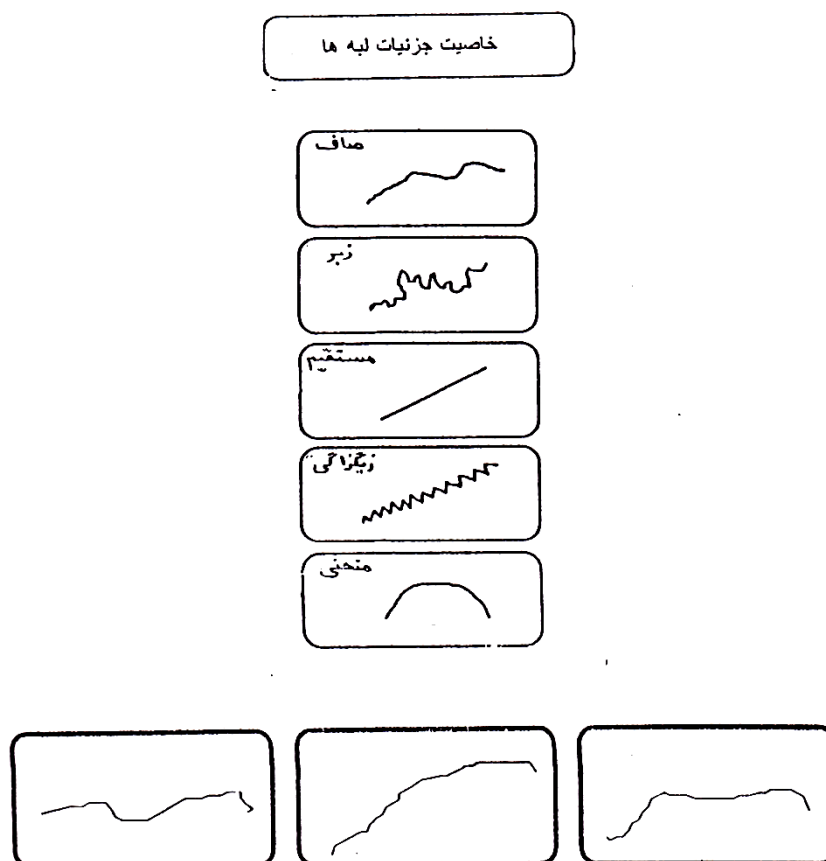
شکل ۷-۴- مثالهایی از انتخاب شکل دندانه دار برای خاصیت جزء لبه دار

بعضی از انواع ذرات را میتوان با بیش از یک نوع انتخاب توضیح داد . به عنوان مثال شکل محیطی یک ذره که در نتیجه مالش بوجود آمده است میتواند منظم و یا غیر منظم باشد . بنابراین شناسایی ذرات مالشی ، قسمتی که به انتخابهای شکل محیطی ذره توجه می کند : هیچ تاثیری در شناسایی ذره نخواهد داشت چرا که ذره می تواند شامل هر دو نوع انتخاب منظم و غیر منظم باشد

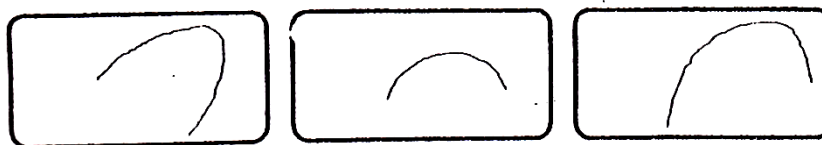
۲-۶-۷ خاصیت جزئیات لبه ها

این خاصیت می تواند پنج انتخاب مختلف داشته باشد . انتخاب صاف را می توان به عنوان نمونه ای که دارای لبه های منظم است در نظر گرفت و در مقابل انتخاب زبر را می توان به عنوان حالتی در نظر گرفت که دارای تغییرات سریع در لبه ها باشد . انتخاب مستقیم نشان دهنده لبه های مستقیم و انتخاب داندانه دار نشان دهنده لبه های زیگزاگی می باشد ، انتخاب منحنی نشان دهنده لبه های صافی هستند که بطور تدریجی خم می شوند و می توان آن را به شکل یک کمان در نظر گرفت .

شکلهای زیر مثالهایی برای هر کدام از انتخابهای مختلف جزئیات لبه های ذره نشان می دهند .



شکل ۷-۵-مثالهایی از انتخاب شکل صاف برای خاصیت جزء لبه ها



مثالهایی از انتخاب شکل منحنی برای خاصیت جزئیات لبه‌ها

شکل ۶-۷- مثالهایی از انتخاب شکل منحنی برای خاصیت جزئیات لبه‌ها

۷-۶-۳ خاصیت اندازه

این خاصیت به شش انتخاب مختلف تقسیم می شود. انتخابها نشان دهنده ابعاد اصلی ذره است. که عبارتند از خیلی کوچک (۱-۵)، کوچک (۵-۱۰)، متوسط (۱۰-۲۵)، بزرگ (۲۵-۵۰)، خیلی بزرگ (۵۰-۱۰۰) و بی نهایت بزرگ (بزرگتر از ۱۰۰) (مقادیر بر حسب میکرومتر است).

۷-۶-۴ خاصیت بافت

این خاصیت نشان دهنده بافت سطحی ذره است و می تواند هفت انتخاب مختلف داشته باشد. انتخاب صاف نشان دهنده یک بافت صاف معمولی می باشد و انتخاب زیر نشان دهنده بافت غیر معمول و اتفاقی می باشد. انتخاب خط بندی شده نشان دهنده سطحی است که دارای خطوط موازی می باشد. انتخاب سوراخ دار نشان دهنده فضاهای خالی روی سطح می باشد به نحوی که شیب ذره را می توان دید. انتخاب ترک دار را میتوان به عنوان یک خط تقسیم کننده توضیح داد که دارای یک علامت باریک و ظریف ناشی از برش یا شکستگی سطح ذره می باشد. انتخاب کچل شده نشان دهنده بافتی است که با سوراخهای کوچک و سطحی پوشیده شده است به نحوی که پشت ذره را نمی توان دید. انتخاب دنداندار نشان دهنده ذراتی است که شامل قسمتهای ۷ شکل روی سطحشان می باشد.

۷-۶-۵ خاصیت رنگ

این خاصیت می تواند ۱۲ انتخاب مختلف داشته باشد. انتخابهای متفاوت نشان می دهند که سطح ذرات دارای رنگهای مختلفی خواهند بود. خاصیت رنگ نقش مهمی در شناسایی انواع ذرات غیر آهنی، اکسید و غیر فلزی دارد. به عنوان مثال انواع ذرات مسی دارای رنگ صورتی می باشند، در حالیکه آلومینیوم، کروم و نیکل رنگ سفید نقره‌ای را از خود نشان می دهند.

انتخابهای خاصیت رنگ شامل رنگهای روشن، تیره و کدر، قهوه‌ای، سیاه، زرد، کرمی، آبی، قرمز، نقره‌ای، مخلوط و سایر رنگهاست.

۶-۶-۷ خاصیت نسبت ضخامت :

این خاصیت نشان دهنده نسبت ضخامت به ابعاد اصلی ذره است میتواند هفت انتخاب مختلف داشته باشد . انتخابها را میتوان به شکل زیر برای ذرات نشان داد :

خیلی ضخیم (۱:۱) ، ضخیم (۱:۵-۱:۱) ، ضخامت جزئی (۱:۱۰-۱:۵) ، ضخامت متوسط (۱:۲۰-۱:۱۰) ، نازک جزئی (۱:۳۰-۱:۲۰) ، نازک (۱:۴۰-۱:۲۰) و خیلی نازک (کوچکتر از ۱:۴۰) .

از روی مطالب عنوان شده و تجربه فرد ملاکهایی برای تشخیص فرسایش بدست می آید . عنوان این مطالب آشنایی با مواردی بود که برای آنالیز شکل شناسی لازم است . در ضمن تقدم هر یک از موارد گفته شده باز هم با نظر کارشناس و مهندس cm است .

به عنوان مثال برای تشخیص ذره برشی آهنی تقدم به صورت ، ۱-شکل محیطی ۲-اندازه ۳-بافت ۴-رنگ ۵-نسبت ضخامت است که برای سایر موارد شاید به چنین شکل نباشد .

فصل هشتم :

منشاء ذرات فرسایشی

۸-۱ مقدمه :

در دو فصل گذشته معرفی روشهایی برای آزمایش نمونه روغن گرفته شده از دستگاه برای بررسی ذرات مشاهده شده در روغن و مشخص کردن نوع و مقدار آن انجام شده منشاء هر یک از ذرات فرسایشی به عضوی از ماشین بر می گردد که تحت فرسایش واقع شده است . با انجام آزمایشات مربوط به ذرات فرسایشی می توان حد بحرانی را منظور کرد و با استفاده از آن به مشکل دستگاه پی برد و قبل از هر گونه اتفاقی آنرا پیشگیری کرد . در این فصل به منشاء هر یک از عناصر مشاهده شده در آنالیز روغن اشاره می شود :

۸-۲ معرفی عناصر

آنالیز روانکار از سه جهت قابل بررسی است .

- مراقبت و جلوگیری از آلودگی روغن بواسطه ذرات خارجی
 - مقایسه خواص فیزیکی و شیمیایی روغن با روغن نو ، این مقایسه مشخص می نماید که آیا روغن هنوز خاصیت روانکاری کافی را داراست یا خیر .
 - آنالیز ذرات جهت تشخیص وضعیت فرسایش قطعاتی که در تماس با روغن هستند .
- دو مورد اول در فصول گذشته به آنها اشاراتی شد و همچنین ضررهای ناشی از ورود گرد و غبار زیاد و اسیدی بودن روغن و... ارائه شد.
- مراقبت و کنترل وضعیت فرسایشی دستگاه یکی از سه وجه مهم آنالیز روغن است . حرکت نسبی قطعات روانکاری شده همواره با اصطکاک میان سطوح در تماس همراه است . با وجودی که این قطعات را معمولاً با لایه نازکی از روغن پوشیده اند با این حال اصطکاک باعث فرسایش تدریجی قطعات می شود . ذرات فلزی جدا شده از سطح به اندازه ای کوچک هستند که در یک سیستم روغن کاری چرخشی به صورت معلق باقی می مانند . از آنجایی که محصولات فرسایش همان ترکیب مواد سطحی قطعات را دارند که از آن جدا شده اند ، لذا میزان نسبی فلزات مختلف موجود در روغن رابطه مستقیم با وضعیت فرسایش مجموعه قطعات روانکاری شوند دارد . مهمترین روشی که امروزه جهت تشخیص میزان فلزات فرسایشی بکار می رود آنالیز عنصری روغن است .

جدول ۸-۱- عناصر یافت شده در آنالیز ذرات فرسایش

عناصری که معمولاً در آنالیز ذرات فرسایشی مورد آزمایش قرار میگیرند .				
آلاینده‌ها و افزودنی‌ها	فلزات فرسایشی	خنک کننده‌ها و افزودنی‌ها	افزودنی‌های روغن	آلاینده‌ها و فلزات فرسایشی
سیلیس Si	آهن Fe	-سدیم Na	-روی Zn	وانادیم V
	-آلومینیوم Al	-بور B	-فسفر P	
	-کروم Cr		-کلسیم Ca	
	-مس Cu		-منیزیم Mg	
	-سرب Pb		-باریم Ba	
	-قلع Sn		-مولیبدن Mo	
	-نیکل Ni			
	-نقره Ag			

۳-۸ ارتباط عناصر با قطعات ماشین آلات :

شناخت قطعات هر یک از ماشین آلات اصل لازم و ضروری برای بررسی ذرات مشاهده شده در روغن است . در اینجا معرفی قطعات ماشین آلاتی که در بیشتر جاها منشاء این عناصر است آورده شده است این اطلاعات از جدول Mccadde, Gulla اقتباس شده است .

آلومینیوم :

واشرها ، حایل ها ، میل لنگ موتورهای رفت و برگشتی ، پوسته بعضی از تجهیزات ، پوسته بلب‌رینگها در دنده های خورشیدی ، سطح برخی از یاتاقانها و پیستونها .

آنتیموان :

آلیاژهای تکه گاهها ، گریس

باریم :

افزودنیهای روغن (مواد پاک کننده و ضد خوردگی و ضد زنگ زدگی) ، گریس ، آب ناشی از نشت مایع خنک کاری ، آبندها ، گرد و خاک ناشی از هوا

کلسیم:

افزودنیهای روغن ، گریس ، بعضی از تکیه گاهها

کروم:

ورقه های فلزی (جایگزینی نقره در بسیاری از موتورهای جدید) ، آبندها ، پوسته بلبرینگها ، رینگهای پیستون و دیواره های سیلندر در موتورهای رفت و برگشتی ، ماده لازم برای جلوگیری از خوردگی کرومات (ناشی از نشت مایع خنک کاری)

مس:

تکیه گاههای محوری ، پین پیچشی بوشها ، خنک کننده های روغن ، دنده ها ، شیرها ، بوشهای توربورشارژ و اشرها، رادیاتورهای مسی

توجه شود که مس معمولاً در ساختمان های آلیاژهای برنز و برنج وجود دارد ، بنابراین وجود مقدار اضافی قلع (برای برنز) یا روی (برای برنج) را به همراه خواهد داشت .

آهن :

دیواره های سیلندر ، راهنمای سوپاپ، میل سوپاپ ، رینگ پیستون ، بلبرینگ و رولبرینگ ، شیار تکیه گاهها سیم های ایمنی ، واشرهای قفلی ، پیچ و مهره پین (بدیهی است که آهن معمولترین عنصر در ذرات فرسایشی است) .

سرب :

فلز تکیه گاهها (اغلب به همراه مقدار زیادی مس و آلومینیوم خواهد بود) آبندها ، رینگها ، گریسها (سرب ممکن است ناشی از سوخته های سرب دار باشد) .

منگنز:

سوپاپها، دنده ها، سیستم های ورودی و خروجی

منیزیم:

پوسته بیرونی موتور هواپیما، تجهیزات کشتی (که با آب تماس دارد)، افزودنیهای روغن

مولیبدن:

رینگهای پیستون (بعضی از موتورهای دیزلی) موتورهای الکتریکی، افزودنیهای آهن

نیکل:

فلز تکیه گاه و پره های توربین و سوپاپ ها و گایدهای آن

فسفر:

افزودنیهای روغن (واسطه ی ضد زنگ)، نشت مایع خنک کاری

سیلیکون:

گرد و خاک موجود در هوا، آبندها، افزودنیهای ضد کف (بعضی از روغنها). پمپهای فاضلاب، دندان
چرخنده ها، شفت ها، تکیه گاهها در بعضی از موتورهای رفت و برگشتی

سدیم:

نشت مایع خنک کاری، گریس، تجهیزات کشتی (که در تماس با آب هستند)

قلع:

فلز تکیه گاهها و بوش محوری، پین های پیچشی و پیستون، رینگ، آبنده روغن

تیتانوم:

فرسایش هاب تکیه گاهها، پره های دیسکهای کمپرسور و قطعات هواپیمایی

روی:

اجزاء برنجی، گریس ها، نشت مایع خنک کاری، افزودنیهای روغن. که توسط خود شرکتها بیان شده است.

دو نمونه از منابع فلزات فرسایشی و آلاینده ها در موتورها آورده شده است

جدول ۸-۲- منابع فلزات فرسایشی و آلاینده ها در موتورها (کاتر پیلار)

منبع	فلزات فرسایشی
متداولترین فلز فرسایشی	آهن fe
موتورها: بوش های سیلندر ، رینگ پیستون ها ، valve train ، اسبک ، میل لنگ sping gears ، واشر فنی ، مهره ها ، پین ها ، شاتون ها و بدنه موتور یاتاقان ها : یاتاقان ها با اجزاء غلتشی : غلتک ها ، کاسه ساچمه و محفظه ، پوشش کفشک یاتاقان های محوری	
پوشش پین پیستون ، بوش اسبک ، Oil cooler core ، یاتاقان های شاتون ، یاتاقان های اصلی	مس CU
یاتاقان های شاتون ، یاتاقان های اصلی ، سوخت آلوده (سرب از بنزین)	سرب pb
یاتاقان های شاتون ، روکش یاتاقان های اصلی (سیستم یاتاقان سه فلز tri-metal)	قلع Sn
رینگ پیستون ها ، بوش های سیلندر	کروم Cr
شاتون ها و مغزی یاتاقان های اصلی ، پیستون ها (مدل های خاص)	آلومینیوم Al
افزودنی های ضد کف در روغن نو ، ورود گرد خاک از طریق هواکش ها و بخار کش ها	سیلیس Si

جدول ۸-۳- منابع فلزات فرسایشی و آلاینده ها در موتورها (کامینز) :

منبع	فلزات فرسایشی
بوش های سیلندر ، رینگ ، پیستون ها ، vahe train ، میل لنگ ، دنده ها	آهن fe
فرسایش یاتاقان ، مس نشاندهنده ی آن است که لایه یاتاقان سائیده شده و لایه برنز در یاتاقان قابل مشاهده است .	مس CU
یاتاقان های شاتون ، یاتاقان های اصلی ، سوخت آلوده (سرب از بنزین)	سرب pb
یاتاقان های شاتون ، روکش یاتاقان های اصلی (سیستم یاتاقان سه فلز)	قلع Sn
رینگ پیستون ها	کروم Cr
آلودگی گریس ، فرسایش بدنه موتور (برخی مدل ها) ، خنک کننده	آلومینیوم Al
افزودنی های ضد کف در روغن نو ، ورود گرد خاک از طریق هواکش ها و بخار کش ها	سیلیس Si
آلودگی سوخت ، یاتاقان ها	نیکل Ni

منابع عناصر یاد شده در بالا فقط به عنوان یک مرجع کلی است و جهت بدست آوردن جزئیات بیشتر بایستی با کارخانه سازنده مشورت شود. در پایان لازم به ذکر است که امروزه به جهت کاهش مصرف سوخت و مسائل زیست محیطی، تکنولوژی ساخت موتورها خصوصا استفاده از مواد جدید به سرعت تغییر می کند.

نتیجه گیری:

در این پروژه آزمایشات مختلف آنالیز روغن ارائه شد. در اینجا لازم است به دو نکته توجه شود :

نکته اول آنکه بسته به اهمیت ماشین آلات و دستگاهها تعداد آزمایشات تفاوت است. مثلاً بررسی ذرات فرسایشی برای بعضی از نمونه ها انجام اسپکترومتری، فروگرافی، PQ، و TDPQ کافی باشد ولی در ماشین آلات پرهزینه آزمایشات WPA و RPD و آنالیز شکل شناسی به عنوان مکمل نتایج انجام می گیرد.

نکته دوم آنکه عیب یابی سیستم هابر اساس نظارت بر روند انجام می شود یعنی از مقایسه نتیجه آزمایش جدید با آزمایشات قبلی وضعیت دستگاه محک زده می شود در کل با توجه به صرفه جویی هایی که از طریق بررسی وضعیت دستگاه با آنالیز روغن می شود این روش به عنوان روش مفید در صنایع مورد استقبال قرار گرفته است.

منابع

۱- ۱۹۹۸, volume ۳, condition monitoring, J.R, Evan

۲- ۱۹۹۲, "the army oil analysis program" Florida, P.A, Fast

۳- جمشیدی ۱- تکنولوژی روغن و روان کاری- انتشارات فدک ایساتیس - تابستان ۸۴

۳- www.oil analysis.com