

آنالیز روغن

## مقدمه

- امروزه در بسیاری از شرکت ها، تلاش بر این است تا اطلاعات جامع تری از تجهیزات را بصورت طبقه بندی شده در اختیار داشته باشند و با کنترل اطلاعات و شرایط لازم از بوجود آمدن توقف های غیر منتظره جلوگیری کنند.
- با توسعه تکنولوژی و پیشرفت صنایع، کنترل تجهیزات ماشین آلات و روانکارها به یک برنامه مدرن آنالیز روغن تبدیل شده که نتیجه آن مراقبت و نگهداری بهینه تجهیزات، صرفه جویی در مصرف انرژی و افزایش عمر ماشین آلات خواهد بود.



## تعریف آنالیز روغن

- " آنالیز روغن " از خانواده برنامه های PM، یک برنامه اجرایی نگهداری و تعمیرات بر پایه مراقبت وضعیت شرایط روانکار است که با تمرکز بر وضعیت روانکار و انجام آزمایش های گوناگون در محل کار با استفاده از تجهیزات و آزمایشگاه های معتبر صورت می گیرد.
- در کل، اساس کار آنالیز روغن عبارتست از: انعکاس وضعیت دقیق ماشین برای یک دوره زمانی معین از طریق نشان دادن وضعیت دستگاههای مکانیکی در حال کار.

# مواد خارجی موجود در داخل روغن

۱ - موادی که در اثر تغییرات فیزیکی و شیمیایی روغن - از قبیل اکسیداسیون در روغن - به وجود می آیند.

۲ - مواد خارجی از قبیل ضدیخ و سوخت و آب که وارد روغن می شوند.

۳ - مواد حاصل از سایش قطعات ماشین که وارد روغن می شوند.



## رقیق شدن روغن در اثر اختلاط با سوخت

در این حالت کیفیت روانکاری کاهش یافته و باعث افزایش ساییدگی قطعات و بالا رفتن دمای کار موتور می‌شود. روغن، سطوح فلزی موتور را از هم جدا کرده، آب‌بندی بین محفظه احتراق و محفظه میل لنگ را فراهم آورده و وظیفه انتقال حرارت در موتور را نیز بر عهده دارد که در صورت رقیق شدن، این وظایف را به خوبی انجام نداده و باعث ایجاد عیوب دیگری در موتور می‌شود..



# دلایل رقیق شدن روغن

(۱) نشستی یا معیوب بودن انژکتورها

(۲) درجا کار کردن بیش از حد

(۳) تراکم ناقص

(۴) رینگ‌ها یا واشرهای فرسوده

(۵) تایمینگ نامناسب (تنظیم نبودن زمانی سوپاپ‌های موتور)

(۶) اپراتور یا راننده‌های کم تجربه

(۷) شرایط محیطی کار

(۸) نشستی از پمپ سوخت و واشر آن

(۹) نسبت نامناسب هوا به سوخت کیفیت پایین سوخت

(۱۰) استفاده از موتور به جز مواردی که موتور برای آن طراحی شده

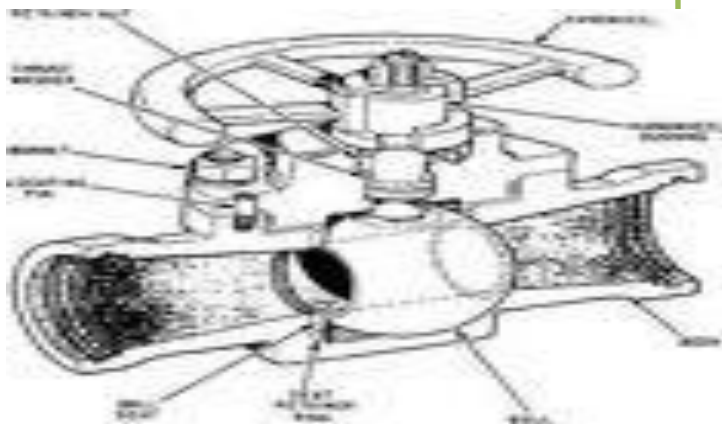
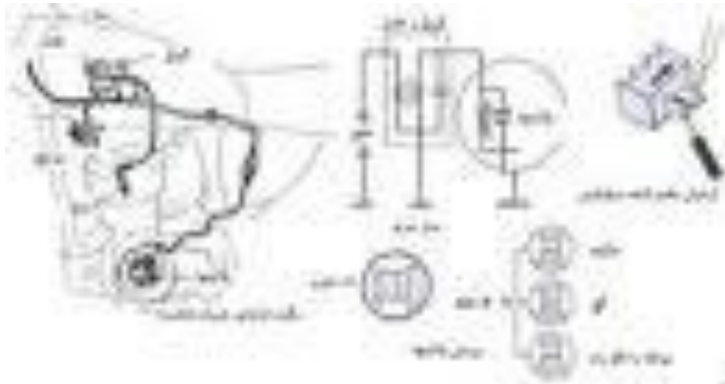




## آلودگی با آب یا ضد یخ

آزمایش آنالیز روغن هرگز مقدار آب موجود در روغن موتور را نشان نمی‌دهد، زیرا روغن موتور به قدری داغ است که آب موجود در آن بخار می‌شود، بنابراین آنالیز آب فقط در سیستم‌های هیدرولیک، گیربکس‌ها و... استفاده می‌شود. آنالیز روغن عناصر شیمیایی ضد یخ موجود در روغن را بر حسب جزء در میلیون سدیم و پتاسیم نشان دهد. زمانی که مقادیر سدیم و پتاسیم در روغن محفظه میل لنگ مشاهده شد، مشخص می‌شود که آلودگی ضد یخ اتفاق افتاده است

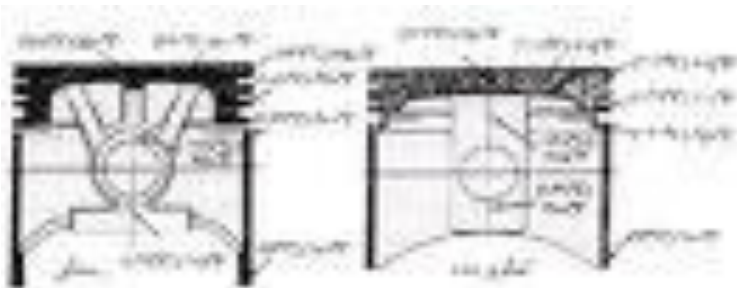
# دلایل بروز این پدیده



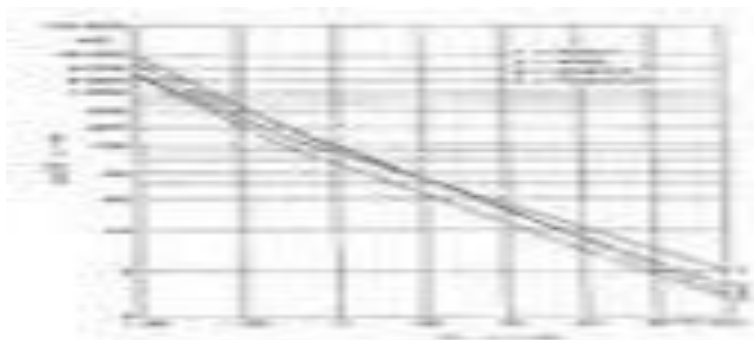
- ۱) دمای کار پایین موتور
- ۲) وجود سوراخ یا حفره در واشرها
- ۳) آلودگی در حین سرویس
- ۴) ماشین کار نامناسب سطوح سیلندر و سر سیلندر
- ۵) آب بندی نامناسب
- ۶) آلودگی روغن نو
- ۷) انبار کردن نامناسب روغن نو
- ۸) محصولات محفظه احتراق
- ۹) آب بندی نامناسب خنک کننده روغن
- ۱۰) آچار کشی نامناسب سر سیلندر
- ۱۱) آلودگی نمونه در حین نمونه برداری



## معایب رخداد



- (۱) به خرابی موتور
- (۲) روغن کاری غیر موثر
- (۳) دمای کار بالا
- (۴) اتلاف انرژی
- (۵) سایش فلزی
- (۶) از بین رفتن اثر افزودنی های روغن
- (۷) به وجود آمدن ترکیبات اسیدی
- (۸) افزایش مقدار فلزات ساییده شده
- (۸) افزایش ویسکوزیته
- (۹) اتلاف مایع خنک کننده



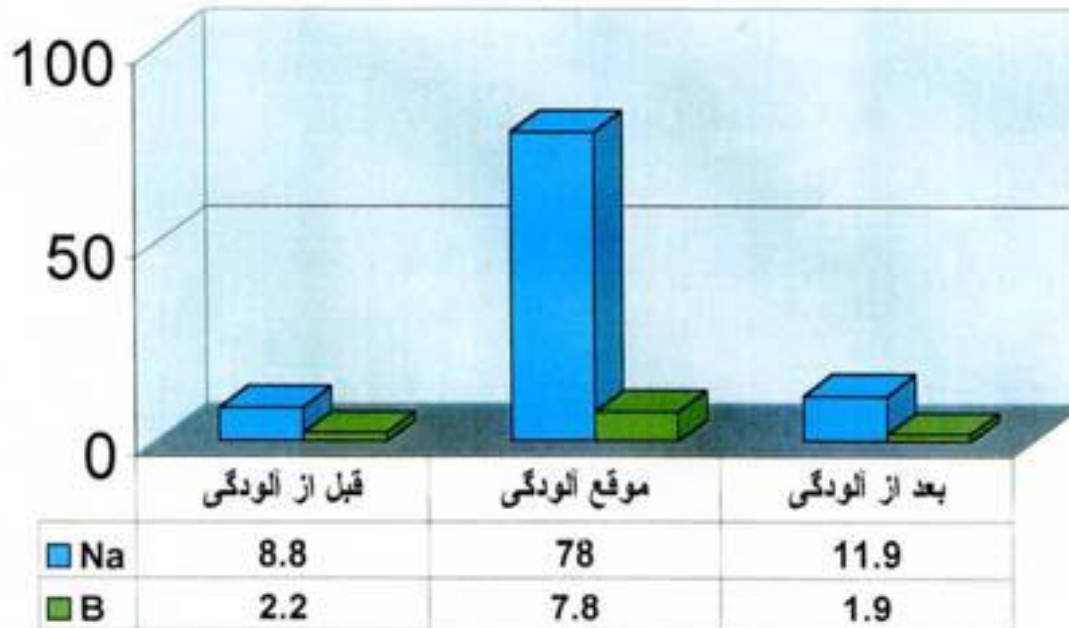
## افزودنی‌های روغن

بر: واسطه‌ی ضد سایش، ضد اکسید، از اجزای روغن‌های بدون بو

کلسیم: پاک‌کننده‌ها، انتشار دهنده‌ها، خنثی‌کننده‌های اسید  
باریم: مواد بازدارنده خوردگی، پاک‌کننده‌ها، مواد بازدارنده زنگ زدگی

روی: ضد اکسیدها، مواد بازدارنده خوردگی، افزودنی‌های ضد سایش، پاک‌کننده‌ها، افزودنی‌های فشار بحرانی  
فسفر: واسطه‌های ضد زنگ، شمع جرقه و کاهنده حجم محفظه احتراق.

Unit: PPM



مبنای تحلیل  
۳۰ نمونه  
موتور  
Engine

## نقش روانکار

- روانکار بسیاری از آلودگی ها را از محیط عملکرد قطعات دور نموده و مواد مورد نیاز آنها را از قبیل مواد جلوگیری کننده از سایش، مواد مقاوم در برابر فشارهای بالا ، EP ، مواد محافظت کننده در برابر خوردگی و غیره را در اختیار قطعات قرار می دهد.

- روغن با اجزای مکانیکی در تماس بوده، مواد خارجی آلاینده و ذرات و براده های فلزی ساییده شده از قطعات مکانیکی را گرفته و به صورت معلق در خود نگاه میدارد.



# تأثیر آب روی افزودنی ها و پایه روغن روانکارها



(۱) محدودکننده های زنگ زدگی

(۲) بهبود دهنده غلظت

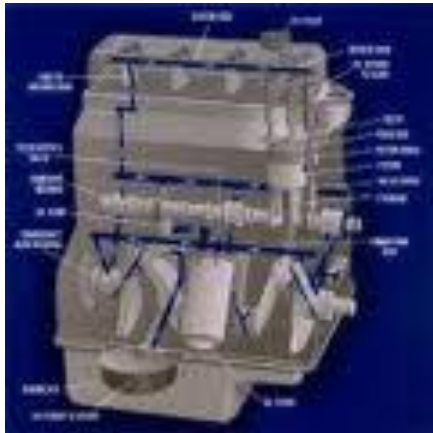
(۳) پایه روغن

تأثیرات جانبی آن عبارتند از:

(۱) تولیدات جنبی نامطلوب مثل لعاب،  
لجن و ...

(۲) رسوب روی سطوح

(۳) غلیظ شدن روانکار



## نقش روانکار

- از آنجایی که تماس روغن با قطعات در حال کار در حد تماس مولکولی می باشد، انجام یک سری تست های بخصوص بر روی روانکار مصرفی می تواند علاوه بر وضعیت کیفی خود روغن، اطلاعات با ارزشی در مورد سایر قطعات در تماس با روغن ارائه دهد و یک متخصص علم روانکاری با استفاده از این اطلاعات می تواند برنامه نگهداری و تعمیر مناسب را ارائه دهد.

## مزایای آنالیز روغن

- کاهش آسیب ها و خسارت های وارده به ماشین آلات
- کاهش هزینه ها
- افزایش بهره وری
- افزایش کیفیت فرآورده های تولید

## انواع آنالیز روغن

انواع آزمایشات انجام شده بر روی روغن ها را می توان در پنج گروه کلی تقسیم بندی نمود :

1. میزان اکسیداسیون روغن
2. مقدار و نوع فلزات موجود در روغن
3. مقدار آب موجود در روغن
4. میزان وجود ناخالصی های محیطی در روغن
5. آزمایشات کیفی روغن

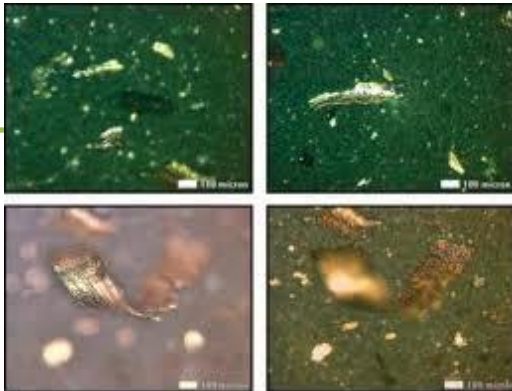


# انواع دستگاه‌های آنالیز روغن



## مقدار و نوع فلزات موجود در روغن

- در هنگام کار مقادیر میکروسکوپی فلزات سایشی توسط سیستم وارد روغن می شود که نمونه گیری های منظم و متوالی و ارزیابی مقدار عناصر فرسایشی این نمونه ها، تغییرات غیر متعادل را مشخص خواهد کرد.
- از این طریق می توان به علل احتمالی آن پی برده و در بسیاری از موارد می توان سایش را کنترل یا پیشگیری کرد.



# مقدار و نوع فلزات موجود در

## روغن

- مقدار و نوع فلزات موجود در روغن، نشان دهنده میزان سایش قطعات مختلف مانند یاتاقانها، رینگها، پیستونها، میل لنگ و غیره میباشد. با تکرار آزمایش در فواصل زمانی معین میتوان زمان مناسب جهت تعویض قطعات را مشخص نموده و قبل از بروز خسارت برنامه تعمیر آنها را تدوین نمود.
- اندازه گیری تعداد ذرات جامد بر اساس استاندارد ISO 4406 و بر حسب تعداد در میلی لیتر حجم روانکار انجام می شود. بسته به اصول طراحی و کارکرد، تجهیزات گوناگونی برای شمارش ذرات وجود دارد.

عناصر فلزی سایشی، عناصر افزودنی و عناصر آلاینده که ممکن است در روغن وجود داشته باشند عبارتند از:

- آهن (Fe): سیلندرها، واشرها، میل لنگ، چرخ دنده ها، میل بادامک، مکانیزم سوپاپ
- مس (Cu): بوشها، یاتاقانها، بوشهای بادامک، خنک کننده های روغن، بوشهای مکانیزم سوپاپ، واشرهای پیشرانه ای، یاتاقانها یا بوشهای میل بادامک
- آلومینیوم (Al): پیستونها، یاتاقانها، سیلندرها، بوشها، محفظه پمپ روغن، دمنده ها، یاتاقانهای پیشرانه ای، یاتاقانها یا بوشهای میل بادامک

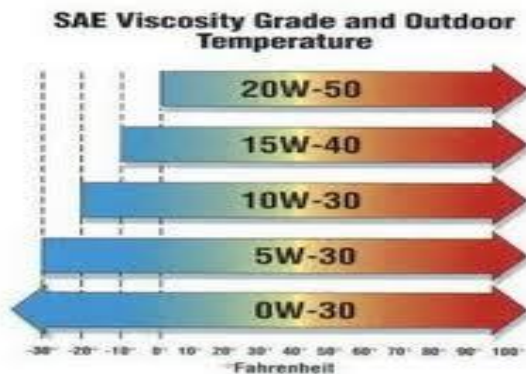
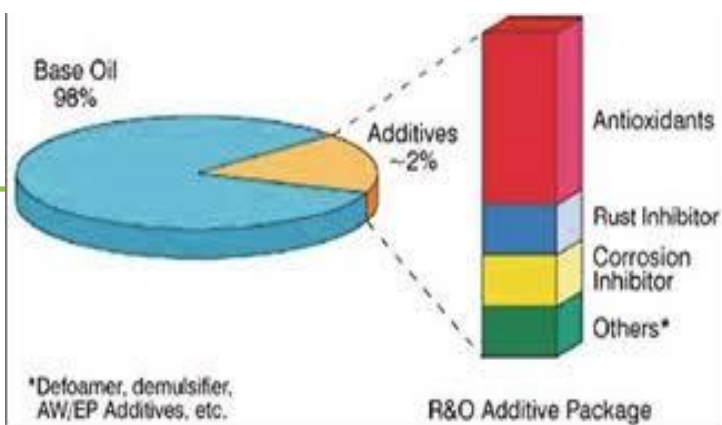
- کروم (Cr): رینگها، یاتاقانهای غلتکی یا مخروطی، واشرها، سوپاپ آگزوز
- سرب (Pb): یاتاقان ها
- سیلیس (Si): افزودنی ضدکف، گردو خاک
- سدیم (Na): افزودنی های روغن، ضدیخ، گردو خاک
- نیکل (Ni): انواع خاصی از یاتاقانها، سوپاپها و گایدهای سوپاپ
- نقره (Ag): انواع خاصی از یاتاقانها، لحیم برخی از خنک کننده های روغن
- مولیبدن (Mo): رینگ ها، انواع خاصی از یاتاقانها
- منیزیم (Mg): پوسته یا بدنه انواع خاصی از موتورها، افزودنی های روغن

علاوه بر فلزات سایشی، تعدادی افزودنی های فلزی وجود دارند که در بیشتر روغنکاری های مدرن از آنها استفاده می شود. این عناصر عبارتند از:

- بور (B): واسطه های ضدسایش، ضداکسیدها، اجزای روغن های بدون بو
- کلسیم (Ca): پاک کننده ها، انتشاردهنده ها، خنثی کننده های اسید
- باریم (Ba): مواد بازدارنده خوردگی، پاک کننده ها، مواد بازدارنده زنگ زدگی
- روی (Zn): ضداکسیدها، مواد بازدارنده خوردگی، افزودنی های ضدسایش، پاک کننده ها، افزودنی های فشار بحرانی
- فسفر (P): واسطه های ضدزنگ، شمع جرقه و کاهنده حجم محفظه احتراق

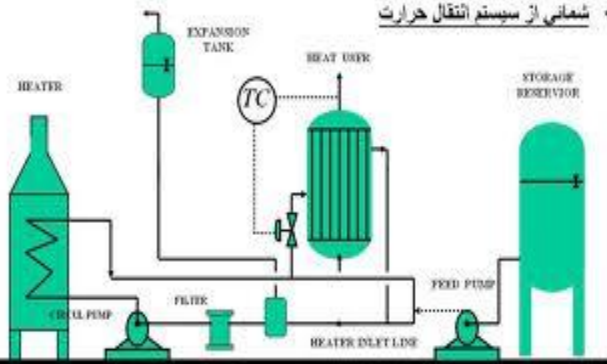
# میزان اکسیداسیون روغن

- میزان اکسیداسیون روغن نشانه ای از میزان حرارت منتقل شده به قطعات مکانیکی و از آنجا به روغن می باشد و با رسم نمودار اکسیداسیون می توان مقاطعی را که حرارت بیش از حد اعمال شده را مشخص و عیب یابی نمود.
- طی فرایند اکسیداسیون روغن دچار تغییرات شیمیایی شده و در نتیجه ی وارد شدن مواد تولید شده از اکسیداسیون به روغن، کارایی آن کاهش می یابد.



# مشکلات اکسیداسیون بیش از حد روغن

شعانی از سیستم انتقال حرارت



- تشکیل رسوبات لاکه

- خوردگی فلزی

- افزایش ویسکوزیته

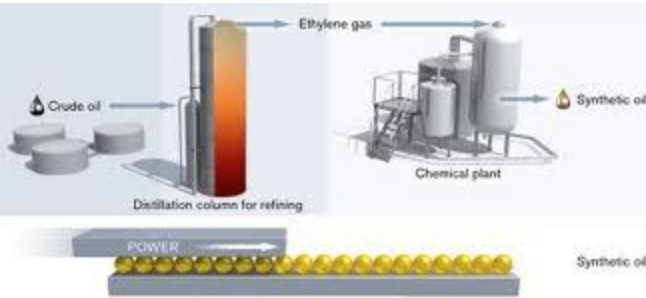
- گرفتگی فیلتر

- همچنین تولید اسیدهای آلی

- در صورتی که حرارت خیلی بالا

- باشد رسوبات کربنی در روغن

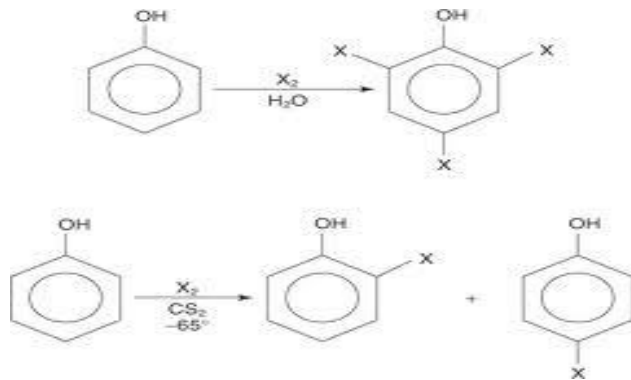
- تشکیل خواهد شد.





# نیتراسیون

مواد نیتروژنی به شدت اسیدی بوده و می توانند باعث افزایش آثار اکسیداسیون شوند  
زمانی که مقدار نیتراسیون بالا رود، سرویس روغن موثر خواهد بود. ترکیبات نیتروژن در سوخت به ویژه در سوخت با مقدار سولفور بالا یافت می شود.



# عوامل بروز نیتراسیون

- ۱) عیوب توربوشارژر،
- ۲) عیوب محفظه احتراق،
- ۳) تخلیه نامناسب دود،
- ۴) آب بندی غیر موثر،
- ۵) اشکالات پمپ تخلیه دود،
- ۶) اشکالات سوخت،
- ۷) دمای کار پایین،
- ۸) نسبت نادرست هوا به سوخت
- ۹) رینگ های نامناسب

# اثرات نیتراسیون



- ۱) افزایش مقدار اسید
- ۲) اکسیداسیون سریع
- ۳) چسبیدن رینگ
- ۴) کربن ته نشین شده
- ۵) افزایش هزینه های نگهداری
- ۶) خوردگی فلزات سایشی
- ۷) افزایش سایش
- ۸) افزایش اکسیداسیون روغن
- ۹) افت توان و آلودگی محیط از طریق اکسیدهای نیتروژن

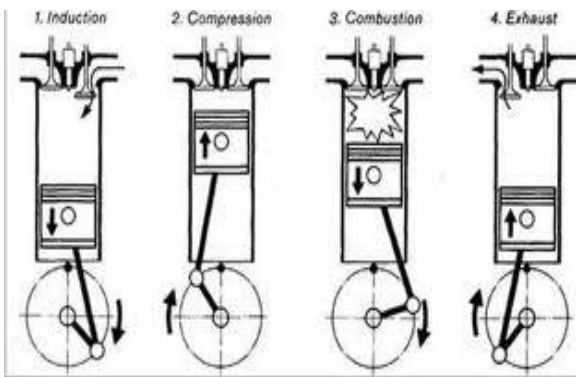
## مقدار آب موجود در روغن

- مقدار آب موجود در روغن نشانی از وضعیت عملکرد آببندها و سیلها می باشد.
- میزان آب در روغنها به مقدار زیاد در عملکرد و طول عمر روغن و تجهیزات مکانیکی که روانکاری می شوند تاثیر منفی دارد.

## مقدار آب موجود در روغن

- آب سرعت اکسیداسیون روغن ها را افزایش داده و در نتیجه تحلیل زود هنگام روغن و بازدارنده های اکسیداسیون را باعث می شود.
- آب عامل رسوب دهنده ادتیوها بوده و همچنین به طور شیمیایی با برخی ادتیوها وارد واکنش می شود.

# مقدار آب موجود در روغن



شیوه هایی که در آن حضور آب باعث خرابی جبران ناپذیر تجهیزات می شود عبارتند از:

- خوردگی
- فرسایش
- کنده شدن سطح
- شکننده شدن توسط هیدروژن



## سطح تمیزی روغن

- سطح تمیزی روغن یکی از پارامترهای مهم می باشد که عمدتاً در ارزیابی تجهیزات و سیستم های هیدرولیکی مورد بررسی قرار می گیرد.
- میزان وجود ناخالصی های محیطی نحوه عملکرد فیلترها و هواکش ها را نشان می دهد.
- معمولاً سطح تمیزی مشخصی (برای مثال عدد ناس برابر ۶) مد نظر می باشد.



## استانداردهای تعیین آلودگی های جامد

- استانداردهای متنوعی برای تعیین آلودگی های جامد در یک سیال مورد استفاده قرار می گیرد.
- روشهای NAS-1632 و ISO-4406 از جمله روشهای شمارش ذرات هستند.
- NAS-1632 توسط یک عدد و ISO-4406 توسط سه عدد به شکل ۱۳/۱۶/۱۸ نمایش داده می شوند که هر کدام بیانگر سطحی از تعداد ذرات موجود بر حسب اندازه ذرات می باشد.





## آزمایشات کیفی روغن

- نتایج آزمایشات کیفی روغن نیز وضعیت طول عمر روغن را نشان داده و می توان با دقت زیاد زمان تعویض روغن را اعلام و برنامه نت را با آن تنظیم نمود .
- از مهمترین آزمایشات کیفی روغن میتوان به آزمایش RULER که به معنای «تخمین عمر مفید باقیمانده روغن» است اشاره نمود.

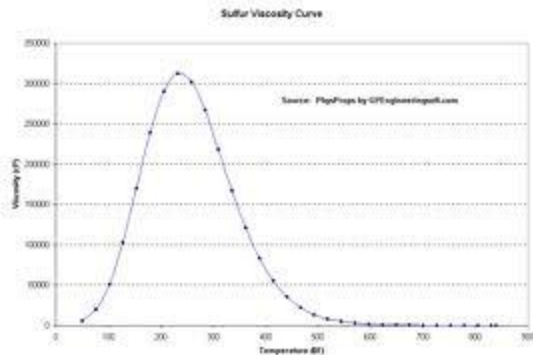


## آزمایش RULER

- در این آزمایش با اندازه گیری مقدار ترکیبات ضد اکسیداسیون و عدد اسیدی روغن، زمان تقریبی پایان یافتن عمر مفید روانکار را تعیین می گردد ، به این مفهوم که با افزایش عدد اسیدی یا TAN روغن، مسلماً از مقدار و کارآیی مواد افزودنی با خاصیت ضد اکسیداسیون کاسته می شود و زمانی فرا می رسد که میزان ادتیوهای یاد شده به قدری کاهش یافته است که روغن کاملاً اسیدی و خورنده شده و ادامه فعالیت آن موجب آسیب های شدید به دستگاه خواهد شد.

# آزمایش ویسکوزیته یا گرانیروی روغن

- آزمایش ویسکوزیته یا گرانیروی نیز از آزمایشات رایج در برنامه آنالیز روغن می باشد، در صورت کاهش ویسکوزیته، امکان تشکیل فیلم پایدار روانکار به حداقل می رسد و بر اثر تماس فلز با فلز، سایش شدیدی ایجاد گردیده که نتیجه مستقیم آن، عمر کمتر دستگاه خواهد بود.

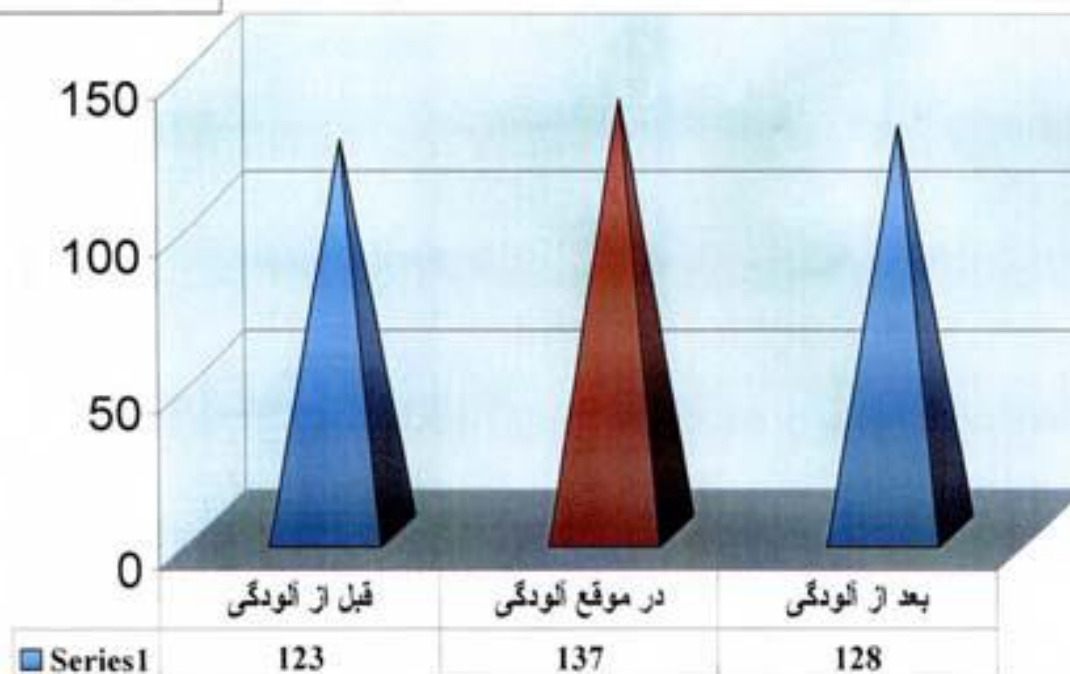


## ویسکوزیته

- ویسکوزیته مهم ترین مشخصه روغن های روانکار است. آزمایش ویسکوزیته، مقاومت داخلی روانکار را نسبت به جاری شدن نشان می دهد. آزمون ویسکوزیته به طور معمول در درجه حرارت ۴۰ و ۱۰۰ درجه سانتیگراد انجام می شود.
- نتایج آزمایش ویسکوزیته معمولاً به سه صورت ثبت می شود:
  1. نرمال
  2. زیاد
  3. کم

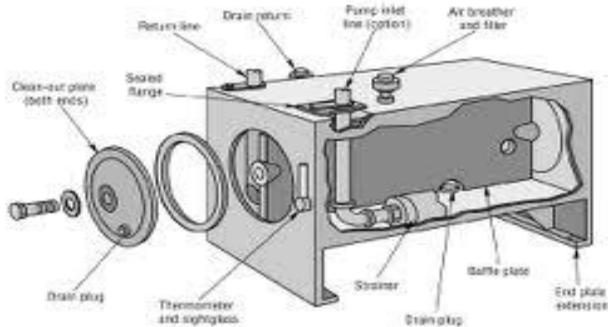
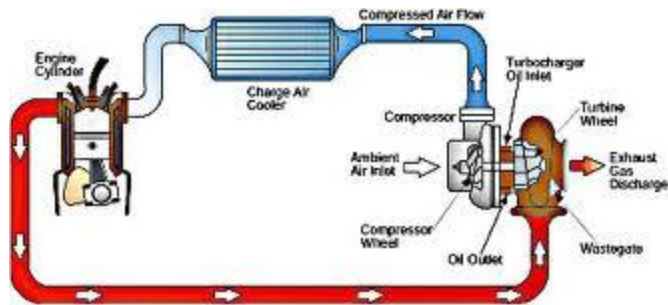
- در حالت ویسکوزیته زیاد یا کم باید برای عملیات نگهداری، علت موردنظر را جستجو و نسبت به رفع آن اقدام کرد. تغییرات ویسکوزیته متاثر از عواملی مانند:
- میزان کارکرد روغن
- محتویات روغن
- آلودگی
- ترکیب با مواد
- و ناهنجاری های دیگر بوده که بر ساعات سرویس روغن تاثیر می گذارد.

Unit: CST



مبنای تحلیل  
۳۰ نمونه  
موتور  
Engine

# علل ناهنجاری های ویسکوزیته



- ترکیب با سوخت
- مقدار زیاد دوده
- آلودگی آب
- آلودگی ضدیخ
- کمپرس
- اکسیداسیون روغن
- استفاده از روغن با درجه نامناسب
- طولانی شدن زمان سرویس روغن

## نمونه ای از نتایج

- برنامه های آنالیز روغن موجب شکوفایی صنایع فولاد ژاپن شده است. در اوایل دهه ۸۰، شرکت فولاد ژاپن با اجرای برنامه آنالیز روغن بر روی ۱۷۰ سیستم هیدرولیک، پس از پنج سال به نتایج شگفت انگیزی، مانند ۹۰ درصد کاهش خرابی پمپ، ۷۵ درصد کاهش آلودگی در سیستم و ۶۰۰ درصد افزایش عمر مفید پمپ ها دست یافت.



- این نتایج موجب ترغیب سایر شرکت ها در ژاپن شد، به طوری که شرکت فولاد ناگویا به دنبال موفقیت اولیه در اجرای برنامه آنالیز روغن ، این برنامه را در تمام کارخانه های خود و بر روی ۹ هزار گیربکس، ۱۰۲ هزار یاتاقان و ۹۰۰ سیستم هیدرولیک اجرا کرد و موفق به کاهش ۵۰ درصدی خرید یاتاقان، ۹۰ درصد تقلیل آسیب های ناشی از روانکاری، ۸۳ درصد مصرف کمتر روغن و ۱۵ درصد کاهش در مصرف گریس شد.

# نه گام اجرای آنالیز روغن

- گام اول : تعهد در برابر برنامه
- گام دوم : ثبت وضعیت فعلی
- گام سوم : انتخاب آزمایشگاه مناسب
- گام چهارم : انتخاب ماشین جهت آنالیز
- گام پنجم : انتخاب آزمایشات مورد نیاز
- گام ششم : نمونه گیری از روغن
- گام هفتم : انجام آنالیز بر روی نمونه روغن
- گام هشتم : تفسیر نتایج
- گام نهم : پیگیری میزان کارائی برنامه آنالیز روغن

## نتیجه گیری

- در نظر گرفتن یک سری آزمایشات در زمان بهره برداری از دستگاه ها نه تنها باعث کاهش بسیاری از هزینه ها چه از نظر طول عمر قطعات و چه از لحاظ زمان بهینه تعویض روغن گردیده بلکه نقش مهمی نیز در افزایش تولید و یا خدمات داشته و مسئولان فنی کارخانجات را در جهت هرچه بهتر نگهداری و کارآمد کردن ماشین آلات یاری می نماید.

# منابع

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

2) نگهداری و تعمیرات // اصول و مفاهیم آنالیز روغن در سیستم های هیدرولیک.

3) نگهداری و تعمیرات // نه گام جهت اجرای موفق آنالیز روغن.

4) <http://www.niazemarkazi.com/article/pdf/10003029.html>