

## کنترل آلودگی در گیرکسها

### مقدمه:

سایش و خوردگی، اصطلاحاتی هستند که مکرراً در بیان و تفسیر طول عمر سیستم های مکانیکی استفاده می شوند. سایش معمولاً در نتیجه حضور آلودگیها و نقصان خواص روانکاری به وقوع می پیوندد. در گیرکسها نیز مثل سایر سیستم های مکانیکی، حضور آلودگیها نه تنها سبب از بین رفتن خواص روغن روانکار می شوند بلکه تخریب خود تجهیزات و دندانه های درگیر را نیز به همراه دارد.

نکته مهم در این است که اگر چه دنده ها در اشکال و اندازه های مختلف ساخته می شوند، اما همگی آنها نیازمند روانکاری هستند. چرا که همه دنده ها در اشکال و اندازه های مختلف دارای حرکت بوده و نیروی مکانیکی را به صورت چرخشی انتقال می دهند. لذا از آنجاییکه دنده ها در ارتباط با روغن روانکار هستند، کیفیت روغن به شدت بر طول عمر آنها موثر است. در این مقاله، ضمن بررسی آثار ناشی از حضور آلودگی در دنده ها، به خصوص در انواع جدید که در آنها از تکنولوژی سخت سازی سطوح بهره گرفته شده است، روشهای کنترل آلودگی در این سیستمها بیان گردیده است.

### آثار آلودگیهای روغن بر روی دنده ها

به طور کلی، وظیفه روغنهای روانکار، ایجاد لایه روانکار بین سطوح جهت ممانعت از تماس مستقیم فلز با فلز می باشد. لذا در نگهداری و کنترل روغن روانکار گیرکسها، دو اصل باید مد نظر قرار گیرد: روغن باید قادر به انجام وظایف خود بوده و عاری از هرگونه آلودگی باشد.

حضور آلودگیها در روغن، باعث تخریب و از بین رفتن سلامت و تضعیف خواص روانکاری روغن می شود. بدین ترتیب با از بین رفتن لایه روانکار بین دو سطح و یا عدم توانایی لایه روانکار در انجام وظایف خود، سطوح فلزی در تماس با یکدیگر تحت بار به طور سطحی به یکدیگر جوش می خورند. (این پدیده به خصوص به علت از بین رفتن لایه روانکار در نقاطی که ذرات حضور دارند، اتفاق می افتد) در نتیجه حرکت نسبی بعدی، نواحی جوش خورده شکسته شده و ذرات فلزی به جای می مانند. تکرار این عمل باعث فرسایش و از بین رفتن فلز و تجمع ذرات فلزی می شود.



مکانیزم خوردگی فرسایشی(فرسایش)

فرسایش یا خوردگی فرسایشی به صورت حفره هایی که بوسیله محصولات خوردگی احاطه شده است، ظاهر شده و بسیار مخرب می باشد. فرسایش غالباً باعث کنده شدن سطح، از بین رفتن تلورانس و لق شدن اجزایی که در تماس با یکدیگر هستند می شود. همچنین به دلیل لق شدن، ارتعاشات بیشتری در هنگام کار به وجود می آید که باعث شکست فلز در اثر خستگی می شود.

آثار فرسایش در فلزات نرم بیش از فلزات سخت و مستحکم نمایان می شود. در نظر داشته باشید که طراحی و ساخت گیربکسها در سالهای اخیر به طور قابل توجهی تغییر کرده است. تکنولوژی جدید سخت سازی سطوح و متالوژی، امکان ساخت دنده های کوچکتر را در تامين قدرتهای یکسان فراهم ساخته است. این سطوح سخت اگر چه در برابر آسیبهایی ناشی از ذرات نسبت به فرسایش مقاوم تر هستند اما به شدت در برابر خوردگی تنش ناشی از حضور ذرات در روغن، حساس و آسیب پذیر می باشند. این خوردگی بیشتر در خط تماس دندانه ها در هنگام جابجایی بار رخ می دهد. زمانیکه يك ذره به منطقه بار وارد می شود، به علت داشتن سطح مقطع کم، باعث ایجاد تنش های موضعی شدید در آن نقطه به بزرگی تا 10000 psi می شوند. این تنشها ممکن است در اثر وجود حفره، شیار یا هر گونه غیر یکنواختی حاصل شده و باعث ایجاد ترکهای ریزو فرورفتگیها در سطح فلز شوند. آلیاژهایی با استحکام بیشتر نسبت به ایجاد ترك مستعدتر می باشند.



مقطع ترکهای تنش در فولاد زنگ نزن (500×)

وجود ذرات در پیشروی ترکها بسیار موثر است. چرا که ذرات (گوه) منجر به تنشهای بالایی در راس ترک می گردد. زیرا راس ترک يك شیار تیز است که عامل تجمع تنش می باشد. بدین ترتیب در این نواحی تغییر شکل پلاستیکی صورت می گیرد که باعث تغییر خواص ماده می شود. از طرفی با افزایش پهناي دهانه ترکها، سطح مقطع فلز کم شده و مقدار تنش در واحد سطح فلز افزایش می یابد. افزایش تنش به حد تنش تسلیم، به شکست و گسیختگی مکانیکی فلز می انجامد. البته زمان در این نوع خوردگی پارامتر مهمی می باشد. زیرا خسارات فیزیکی مهم در مراحل نهایی صورت می گیرد.

به این دلیل و به علت سایر تغییرات در طراحی و ساخت گیربکسهای جدید، بیشتر از هر زمان دیگری لازم است که بر روی کنترل آلودگیها که باعث صدمه به دنده ها می شوند، تمرکز نمود. نظیر آنچه تا بحال در مورد سیستمهای هیدرولیک، یاتاقانها و توریو ماشینها انجام می گرفته است. شروع کنترل آلودگی روغن در گیربکسها، منجر به اصلاح خواص و افزایش عمر روغن روانکار و دنده و کاهش هزینه های تعمیرات و نگهداری خواهد شد.

## تشخیص منابع آلودگی:

آلودگی عبارتست از هر شیء یا ماده خارجی که به داخل سیستم نفوذ کرده و باعث آسیب به اجزای سیستم و یا اساساً کاهش در بازدهی و تاثیر منفی بر عملکرد سیستم می شوند. آلودگیها معمولاً شامل ذرات سخت جامد، رطوبت، دمای بالا و اکسیداسیون می باشند. مثالهای دیگری شامل تشعشع یا فرایندهای فیزیکی و شیمیایی ناشی از محیط نیز وجود دارد.

ذرات جامد و رطوبت در مدت حمل و نقل و انبار داری به روغن اضافه می شوند. ولی قسمت اصلی آلودگی پس از شارژ روغن به سیستم گیربکس اضافه می شود. نقاط ورود آلودگی در یک گیربکس به آسانی قابل شناسایی است. این نقاط عبارتند از درزها و هواکشها. علاوه بر این، آلودگی ممکن است در هنگام تعمیرات، تخلیه و شارژ مجدد روغن به داخل سیستم نفوذ کند. سرعت ورود آلودگیها به داخل سیستم به شرایط محیطی، نوع آلودگی و شرایط عملیاتی ماشین بستگی دارد. به عنوان مثال در شرایط محیطی گرم و مرطوب، احتمال ورود رطوبت به طور قابل ملاحظه ای افزایش می یابد و تحت همین شرایط، ورود ذرات جامد گرد و خاک کاهش می یابد. به عبارت دیگر تحت شرایط سرد، خشک و وزش باد، خطر نفوذ ذرات گرد و غبار (با پایه سیلیکا)، به حداکثر خود می رسد. هر یک از صنایع ممکن است دارای آلودگیهای خاص خود باشد نظیر گرد و غبار ذغال، گرد و غبار سنگ معدن آهن یا مواد شیمیایی در یک واحد پتروشیمی که در این میان ذرات گرد و غبار خاک و سیمان از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

## **مبارزه با منابع آلودگی و کنترل آلودگی در گیربکسها:**

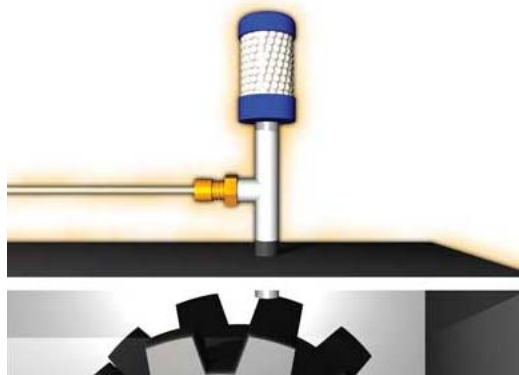
در بحث کنترل آلودگی روغن، همواره باید هر دو مورد جلوگیری از ورود آلودگی و جداسازی آلودگی از روغن، همزمان مورد توجه قرار گیرد. با رعایت نکات ذیل می توان به این موارد دست یافت.

## **آبندی کامل سیستم**

در انتخاب درزبند و آبندی سیستم جهت جلوگیری از ورود آلودگی به سیستم و نشتی و اتلاف روانکار و کاهش مشکلات زیست محیطی باید دقت نمود. هر نقطه ای از سیستم که دارای نشتی میباشد، مورد هجوم آلودگی قرار خواهد گرفت.

## **نصب فیلتر هوا در هواکش**

در اغلب موارد، واحدهای قدیمی دارای یک لوله باز تنفسی می باشند. اگر چه امروزه واحدهای جدید دارای در پوشهای هواکش بوده که قادر به ممانعت از ورود ذرات درشت (خرده سنگها، تکه های پارچه و حشرات و جانوران) به داخل گیر بکس می باشند ولی نمی توانند مانع از ورود ذرات ریز ۱۰ میکرونی شوند. برای رسیدن به این منظور، می توان از یک فیلتر هوا با قابلیت جذب ذرات تا ۱ میکرون بهره جست. یک فیلتر چرخشی spine-on به خوبی می تواند این نقش را ایفا کند. در محیطهای مرطوب می بایست از خشک کن نیز استفاده شود. در محیطهای بسیار مرطوب از فیلترهای جداکننده آب و در در غیر اینصورت از سیستمهای جاذب رطوبت می توان استفاده نمود.



از آنجاییکه در گیربکسها در مقایسه با مخازن هیدرولیک، تغییرات حجم کم می باشد، جریان هوای کمتری از هواکش عبور می کند. به این خاطر استفاده از یک محفظه انبساط که داخل گیربکس را از تماس با هوا آبیندی می کند، مناسب است.

## استفاده از سیستمهای فیلتراسیون خارج از خط

فیلترهای داخل خط که همه جریان روغن از فیلتر عبور می کند (on-line)، قادر نیستند روغن را در حد مطلوب پاکیزگی نگه دارند. چرا که اولاً این فیلترها دارای میکرون ریت بالایی هستند (بیشتر از ۱۰ میکرون) و همچنین نمی توانند آلودگی آب و وارنیشها را از روغن جدا کنند و ثانیاً با گرفتگی سطح فیلتر و افزایش مقاومت فیلتر در برابر جریان عبوری، جریان روغن از طریق شیر به مسیر جانبی منتقل می شود. و تا زمانیکه تعویض فیلتر صورت نپذیرد، جریان از این مسیر عبور کرده و در واقع روغن اصلاً فیلتر نمی شود. استفاده از سیستمهای فیلتراسیون به چند روش امکان پذیر می باشد:

### ❖ فیلتراسیون خارج از خط و قابل حمل portable off-line filtration

در گیربکسهای کوچک که دارای پمپ کوچک و حتی یک فیلتر می باشند، فیلتراسیون کامل روغن انجام نمی گیرد. در این حالت از واحدهای قابل حمل و خارج از خط فیلتراسیون استفاده می شود. ورودی و خروجی این واحدها در اتصالات تخلیه و شارژ روغن قرار گرفته و فیلتراسیون روغن به صورت دوره ای انجام می شود. در این صورت باید به این مورد توجه نمود که روغنهایی که با یک واحد فیلتراسیون، فیلتر می شوند، از نوع یکسان باشند. دبی جریان فیلتراسیون به ویسکوزیته روغن بستگی دارد. حداقل باید حجم روغن هفت تا ده بار از واحد فیلتراسیون عبور نماید تا وضعیت روغن به حد مطلوب آلودگی برسد. به عنوان مثال، چنانچه برای فیلتراسیون یک مخزن ۱۰۰۰ لیتری از یک واحد فیلتراسیون با دبی ۲۰ لیتر بر دقیقه استفاده شود، این عمل باید حداقل به مدت ۷ تا ۱۰ ساعت انجام گیرد.

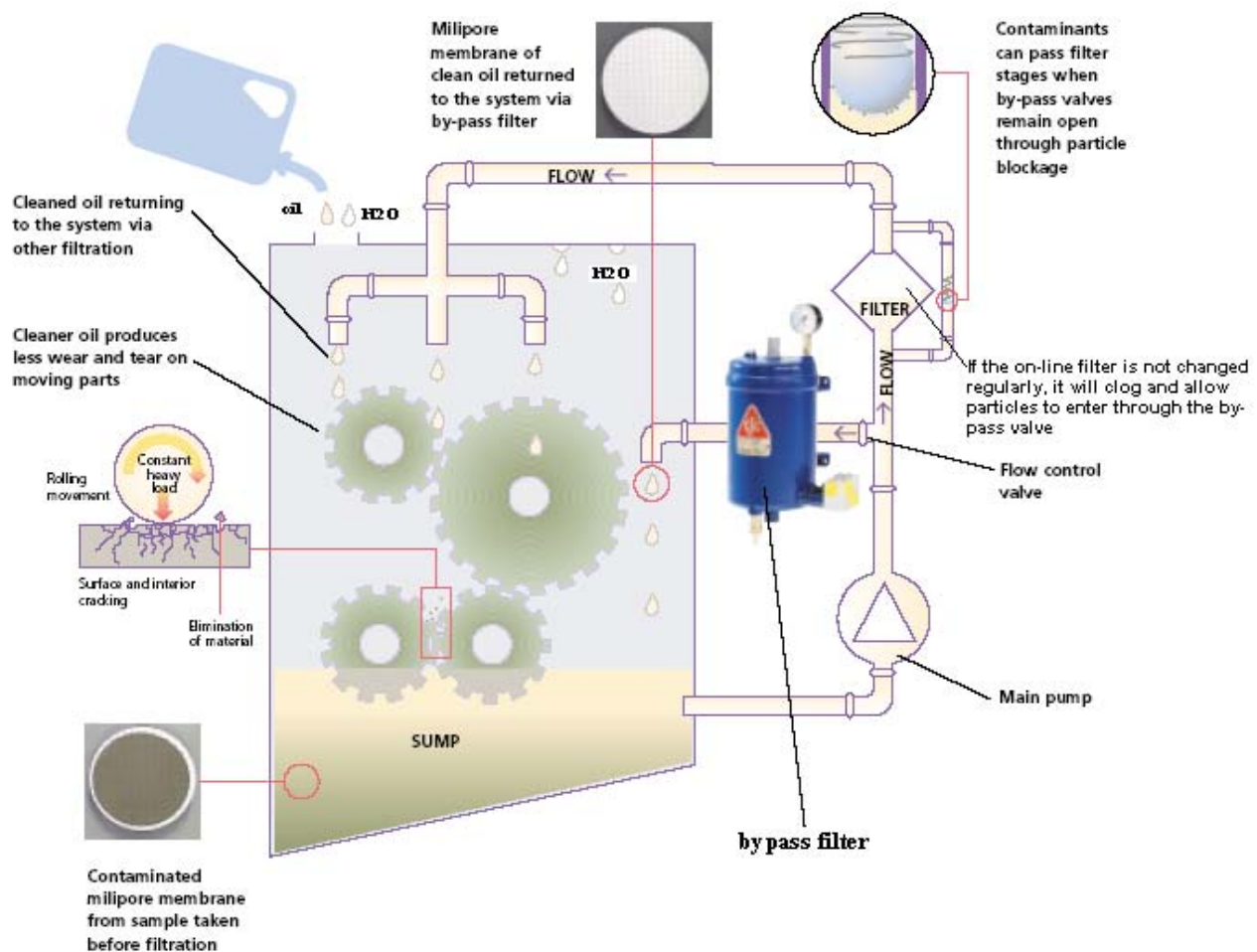


یک نمونه از سیستمهای فیلتراسیون خارج از خط

## ❖ فیلتراسیون خارج از خط و ثابت permanent off-line filtration یا فیلتراسیون مسیر جانبی by pass filtration

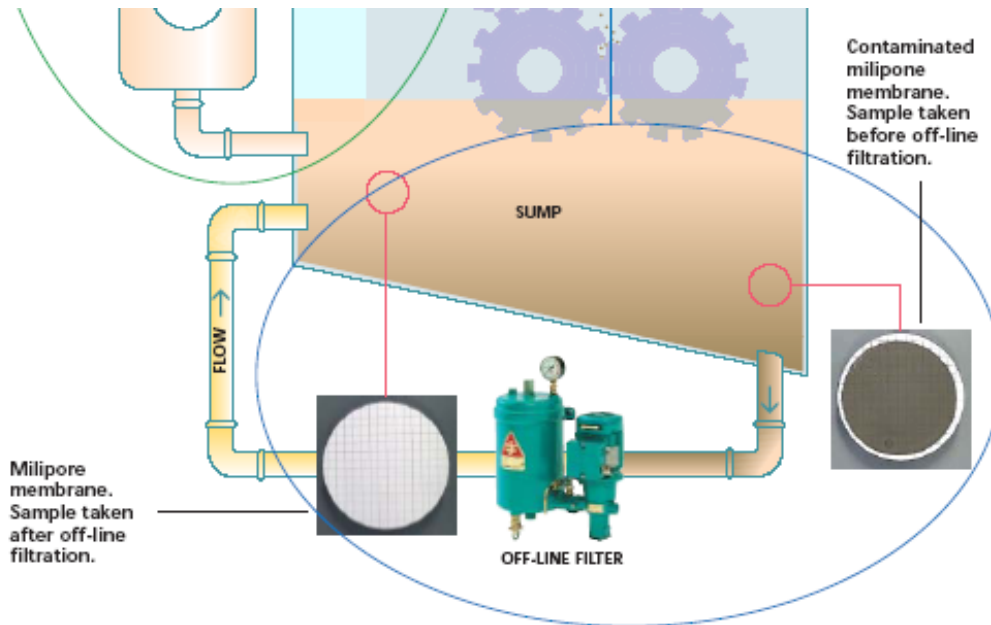
در گیربکسهای بزرگ با حجم بالای روغن و یا در جاییکه مقدار آلودگی در روغن بالا باشد و یا زمانیکه سطوح تمیزی بالایی مورد نیاز است، استفاده از یک واحد ثابت خارج از خط (واحد مستقل و دارای پمپ جداگانه) و یا یک واحد ثابت در خط جانبی مفید می باشد.

در فیلتراسیون ثابت در مسیر جانبی، قسمتی از جریان خروجی از پمپ اصلی توسط شیر کنترل جریان از خط جدا شده و وارد فیلتر می گردد.



طرح شماتیک فیلتراسیون ثابت در مسیر جانبی

در فیلتراسیون ثابت خارج از خط، سیستم دارای یک پمپ جداگانه بوده و در کنار سیستم نصب می شود و فیلتراسیون روغن به صورت پیوسته، بدون تداخل در خط اصلی انجام می گیرد. امتیاز واحدهای فیلتراسیون خارج از خط در این است که حتی زمانی که گیربکس کار نمی کند، می توانند به کار خود ادامه دهند.



طرح شماتیک فیلتراسیون ثابت در خارج از خط اصلی off-line

## بررسی سطوح تمیزی بر اساس کد ISO 4406 در سیستمهای دنده

ISO Code	Description	Suitable for	Improvement Factor	*
ISO 14/12/10	Very clean oil	All systems	200%	8,5 kg
ISO 16/14/11	Clean oil	Critical gear system	150%	17 kg
ISO 17/15/12	Light contaminated oil	Standard gear systems	100%	34 kg
ISO 19/17/14	New oil	Non critical gear systems	75%	140 kg
ISO 22/20/17	Very contaminated oil	Not suitable for gear systems	50%	> 589 kg

\* مقدار ذرات بر حسب kg که سالانه در کلاس تمیزی موردنظر پمپ می شود.

به نتایج ذیل که در یکی از واحدهای دنده کوره سیمان، حاصل شده است، توجه نمایید، نمونه اولیه شامل مقدار زیادی ذرات می باشد که نتیجه آن مشاهده فرسایش و خوردگی دندانه ها بوده است. نمونه شماره ۱ مربوط به روغن قبل از شارژ گیربکس و نمونه شماره ۲ بعد از شارژ می باشد. نمونه های بعدی بعد از راه اندازی سیستم و نصب سیستم فیلتراسیون روغن در طول مدت تست اخذ گردیده اند.

Date	01-11	17-12	2012	07-01	12-02	15-05
Particles >2 $\mu\text{m}$	>500,000	>8,000,000	215,884	19,240	15,489	7,242
Particles >5 $\mu\text{m}$	>500,000	3,257,230	65,185	10,004	6,969	5,219
Particles >15 $\mu\text{m}$	>130,000	81,250	7,080	762	549	227
ISO CLASS	20/20/18	24/22/17	18/17/13	15/14/10	14/13/9	13/12/8

این نتایج توسط یک سیستم فیلتراسیون با دبی ۱.۵ لیتر بر دقیقه و با استفاده از یک فیلتر المنت ۳ میکرون ( $\beta_3 > 75$ ) بر روی یک کربکس با حجم ۳۷۰ لیتر از روغن MOBIL GEAR SHC 632 انجام گرفته است.

کاهش تعداد ذرات از 3,257,000 ذره بزرگتر از ۵ میکرون به 6,969 ذره بزرگتر از ۵ میکرون در ۱ میلی لیتر نمونه، عمر یاتاقنهای دنده را به ۵ برابر افزایش خواهد داد.