



شرکت توان کاو نت
(سهامی خاص)

شناسایی و کنترل فرسایش
از طریق آزمایشهای:

AES (اسپکتروسکوپی)

PQ (سنجش ذرات آهنی)

PC (شمارنده ذرات)

DRF (فروگرافی مستقیم)

آدرس: خیابان دکتر شریعتی، بالاتر از تقاطع شهید بهشتی، کوچه شهرتاش، پلاک ۳۲ طبقه سوم
تلفن: ۸۸۵۱۳۷۶۱ فاکس: ۸۸۵۱۳۷۶۰
پست الکترونیکی contact@tavannet.com



شرکت توان کاو نت
(سهامی خاص)

آدرس : خیابان

دکتر شریعتی،

بالا تر از تقاطع

شهید بهشتی،

کوچه شهر تاش

، پلاک ۳۲ طبقه

سوم

تلفن :

۸۸۵۱۳۷۶۱

فاکس :

۸۸۵۱۳۷۶۰

پست

الکترونیکی:

contact@

tavannet

.com

مقدمه

همراستا با بکارگیری فن آوری آنالیز روغن در صنایع مختلف نیاز به دانستن مفاهیم رایج در این مقوله و

کاربرد هریک از آزمایشات مختلفی که بر روی روغن انجام می پذیرد نیز افزایش پیدا کرده است.

شرکت توان کاو به عنوان اولین ارائه کننده خدمات آنالیز روغن و ذرات فرسایشی در کشور همواره از

طرق مختلف سعی در پاسخگویی به این نیاز را داشته است. مطالبی که در این جزوه می آید برای آن

دسته از علاقمندانی تهیه شده که به منظور مراقبت و نگهداری تجهیزات، ماشین آلات و سیستمهای

مختلف از تکنیک های آنالیز روغن استفاده می نمایند و یا تمایل به استفاده از این شیوه نوین را دارند.

مدیرعامل شرکت توان کاو نت

غلامحسین نوروزیان



شرکت تھان کاو نت
(سهامی خاص)

فهرست مطالب

صفحه ۴	- آزمایش AES (اسپکتروسکوپی)	آدرس : خیابان دکتر شریعتی، بالا تر از تقاطع شهید بهشتی، کوچه شهرتاش ،پلاک ۳۲ طبقه سوم
صفحه ۵	- آزمایش PQ (سنجش ذرات آهنی)	تلفن : ۸۸۵۱۳۷۶۱
صفحه ۹	- آزمایش PC (شمارنده ذرات)	فاکس : ۸۸۵۱۳۷۶۰
صفحه ۱۱	- آزمایش DRF (فروگرافی مستقیم)	پست الکترونیکی: contact@ tavannet .com

آزمایش اسپکتروسکوپی Atomic Emission Spectroscopy

این آزمایش بمنظور شناسایی و اندازه گیری میزان عناصر فرسایشی، آلاینده و عناصر افزودنی موجود در روغن مورد استفاده قرار می گیرد. تراکم ذرات یادشده در این آزمایش برحسب PPM (Parts Per Million) اندازه گیری می شود و تنوع عناصر ، سرعت و دقت از ویژگی های اصلی این تکنولوژی می باشد. از طریق دستگاه اسپکتروسکوپ عناصر ذیل شناسایی و اندازه گیری می گردد :

عناصر آلاینده :	عناصر فرسایشی :
۱۰- سیلیسیوم (Si)	۱- آهن (Fe)
۱۱- سدیم (Na)	۲- کرم (Cr)
۱۲- بور (B)	۳- آلومینیوم (Al)
۱۳- وانادیم (V)	۴- مس (Cu)
عناصر افزودنی :	۵- سرب (Pb)
۱۴- روی (Zn)	۶- قلع (Sn)
۱۵- فسفر (P)	۷- نیکل (Ni)
۱۶- کلسیم (Ca)	۸- نقره (Ag)
۱۷- باریم (Ba)	۹- مولیبدن (Mo)

آزمایش Spectroscopy از مهم ترین آزمایشات مورد استفاده در شناسایی وضعیت فرسایشی سیستمها و پی بردن به میزان افزودنیهای روغن می باشد . از طرفی با توجه به اینکه ذرات با اندازه کمتر از ۵ میکرون از طریق Spectrometer قابل شناسایی می باشند لذا برای شناسایی ذرات بزرگتر از ۵ میکرون لازم است تا از آزمایشات PQ ، DRF ، PC و آزمایش فروگرافی مشاهداتی (Analytical Ferrography) کمک گرفت.



شرکت توهان کاو نت
(سهامی خاص)

آدرس : خیابان
دکتر شریعتی،
بالا تر از تقاطع
شهید بهشتی،
کوچه شهر تاش
پلاک ۳۲ طبقه
سوم

تلفن :

۸۸۵۱۳۷۶۱

فاکس :

۸۸۵۱۳۷۶۰

پست

الکترونیکی:

contact@

tavannet

.com

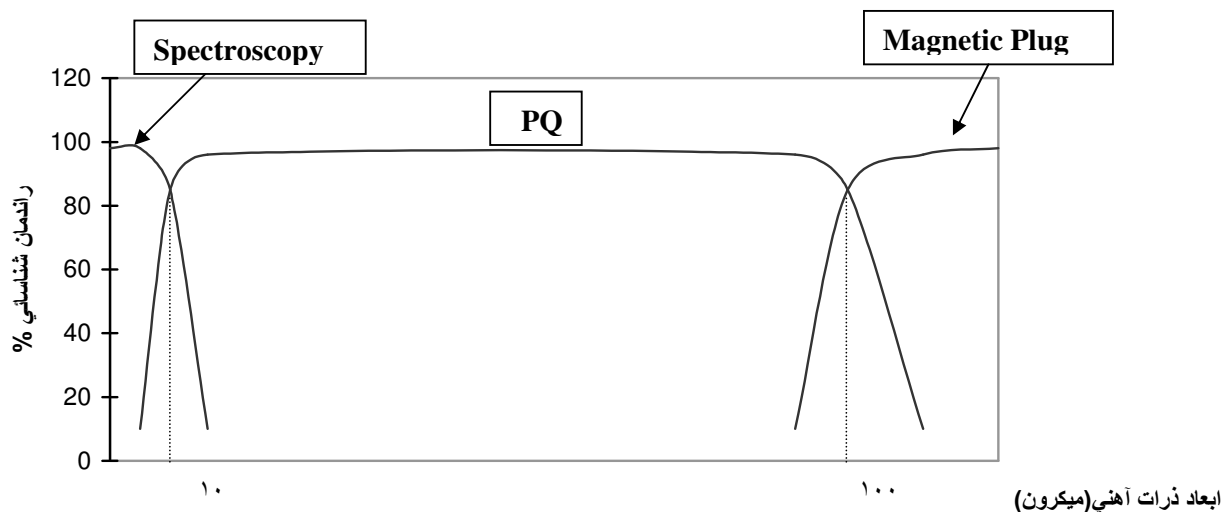
(Particle Quantifier) PQ

PQ شاخص ذرات آهنی موجود در روغن می باشد. هرچند که مقدار **Fe** از طریق آزمایش اسپکتروسکوپی بدست می آید ولی از آنجائیکه این روش قادر است فقط ذراتی را اندازه بگیرد که حداکثر ابعادشان ۵ الی ۶ میکرون باشد لذا شناسایی ذرات بزرگ آهنی عملاً از طریق اسپکتروسکوپی میسر نمی باشد.

بنابراین برای اینکه بتوانیم ذرات آهنی (که نسبت به سایر عناصر فلزی مهمتر و در گستره بیشتری از قطعات ماشین ها حضور دارند) را تا محدوده ابعاد ۱۰۰ میکرون شناسایی کنیم می بایستی از شیوه های دیگر کمک گرفت.

آزمایش **PQ** روشی است که طی آن بدون اینکه روغن مصرف شود از طریق میدان مغناطیسی ذرات آهنی تشخیص داده می شوند.

برای روشن شدن مطلب به نمودار زیر توجه شود.



همانطور که از شکل فوق پیداست با استفاده از این سه تکنیک تمامی گستره ابعادی ذرات آهنی قابل شناسایی می باشند.



شرکت توان کاو نت
(سهامی خاص)

آدرس : خیابان
دکتر شریعتی،
بالا تر از تقاطع
شهید بهشتی،
کوچه شهرتاش
، پلاک ۳۲ طبقه
سوم
تلفن :
۸۸۵۱۳۷۶۱
فاکس :
۸۸۵۱۳۷۶۰
پست
الکترونیکی:
contact@
tavannet
.com

این نمودار محدوده توانایی ما را از طریق سه تکنیک مختلف اسپکتروسکوپی، PQ و پلاگ مغناطیسی، برای شناسایی ذرات آهنی (از اندازه اتم آهن تا بیش از ۱۰۰۰ میکرون یا یک میلی متر) نشان می دهد.

با اندازه گیری شاخص PQ در یک دوره زمانی میتوان میزان ذرات آهنی تولید شده در سیستم را شناسایی نمود.

البته انتظار این نیست که روند PQ همواره صعودی باشد ولی در اثر عوامل مختلفی معمولاً شیب منحنی تغییرمی نماید. از جمله این عوامل آلودگی آب، تجمع ذرات در اثر کارکرد طولانی روغن، نامناسب بودن گرانش و ورود آلودگی از محیط (سیلیس) به داخل روغن را میتوان نام برد.

شکل زیر روند افزایش PQ را در یک گیربکس نوار نقاله مربوط به مجتمع فولاد مبارکه اصفهان نشان میدهد.



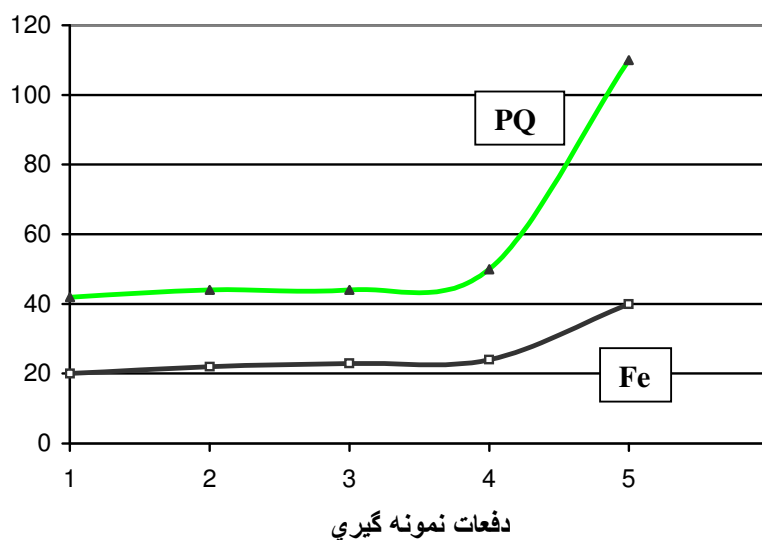
در این جا اشاره به دو نکته مناسب بنظر میرسد: اول اینکه برخلاف تصور معمول، در طی عملکرد هر دستگاهی، حتی در حالتی که وضعیت روغن و دستگاه کاملاً نرمال میباشد در نتیجه فرآیند سایش و اصطکاک، مرتباً ذرات فلزی با اندازه های مختلف (ریز و درشت) از سطوح قطعات جدا شده و وارد روغن می گردد ولی مقدار آنها از یک حد مشخصی بیشتر نمی شود. فقط زمانی که در اثر عواملی وضعیت روغن و یا دستگاه از حالت عادی خارج شود تعداد ذرات رو به افزایش می گذارد. هرچه سرعت و مقدار این افزایش بیشتر باشد، پایان عمر قطعه نزدیکتر خواهد بود. در این رابطه دانستن نرخ افزایش

ذرات درشت آهنی از اولویت بیشتری برخوردار است. آزمایشی که از آن طریق بتوان این نرخ افزایش را بدست آورد **DRF** نام دارد که در صفحات بعد توضیح داده خواهد شد.

مساله دوم پس از مشاهده افزایش های غیر عادی عناصر ، بررسی و شناسائی علت و یا علل آن میباشد. به این منظور بررسی نتایج سایر آزمایشات مثلاً آزمایش گرانروی یا آلودگی آب کمک موثری خواهد نمود.

همانطور که اشاره شد افزایش ذرات درشت همواره با افزایش ذرات ریز توأم بوده هرچند هر دو لزوماً با یک نرخ افزایش پیدا نمی کنند. بنابراین با افزایش **PQ** طی دوره های متوالی انتظار داریم **Fe** نیز مرتباً افزایش داشته باشد.

در نمودار زیر، هماهنگی تغییرات **PQ** و **Fe** کاملاً مشهود است.



البته در مواردی این قاعده به چشم نمی خورد. **Fe** تقریباً بدون تغییر می ماند ولی **PQ** به شدت افزایش دارد و یا بالعکس. برای هر یک از این حالت ها دلایلی وجود دارد که با بررسی نتایج سایر آزمایشات شاید بتوان به یک توضیح منطقی دست پیدا نمود.



شرکت توان کاوه نت
(سهامی خاص)

آدرس : خیابان

دکتر شریعتی،

بالا تر از تقاطع

شهید بهشتی،

کوچه شهر تاش

، پلاک ۳۲ طبقه

سوم

تلفن :

۸۸۵۱۳۷۶۱

فاکس :

۸۸۵۱۳۷۶۰

پست

الکترونیکی:

contact@

tavannet

.com

زمانی که نرخ تغییرات PQ نسبت به Fe بالاتر است، می بایستی حساسیت بیشتری به خرج داد. از نقطه نظر فرسایش، همه ذرات آهنی دارای اهمیت یکسان نیستند. ذرات کمتر از ۵ میکرون عملاً از فیلتر عبور کرده و از فاصله لقی بین قطعات و سطوح نیز براحتی عبور می کنند و آثار فرسایش زیادی ندارند. (باستثناء سیستمهای هیدرولیک که رسوب این ذرات کوچک در داخل شیرهای کنترل و قسمت‌های حساس می تواند باعث اختلال در عملکرد بشود).

ذرات با اندازه بزرگتر از ۲۵ میکرون نیز معمولاً در فیلتر جذب و از سیستم روغن خارج می شوند و یا بدلیل ابعاد بزرگ قادر نیستند وارد فواصل لقی کوچک بشوند و در نتیجه تأثیر فرسایشی روی سطوح نخواهند داشت. بنابراین ذرات با ابعاد بین ۵ تا ۲۵ میکرون که تقریباً هم اندازه اکثر لقی ها و فواصل بین سطوح هستند و بیشترین خراش و سائیدگی بر روی قطعات را ایجاد می نمایند از نظر فرسایش حائز اهمیت می باشند. بنابراین جدا از اینکه چه عاملی باعث افزایش فرسایش و تولید ذرات درشت گردیده (که البته در جای خود بایستی مورد توجه قرارگیرد) صرف حضور این ذرات در داخل روغن و دستگاه برای هشدار کافی است.

همچنین باید در نظر داشت که تأثیر ابعاد ذرات درشت بر فرسایش، مخصوص فلز آهن نمی باشد و در مورد همه عناصر صدق می نماید. خصوصاً ذراتی که از محیط اطراف به روغن وارد می شوند. بعنوان مثال کریستالهای عنصر سیلیسیوم که بعضی اشکال آن از نوع کوارتز و بسیار سخت می باشد می تواند بر روی سطوح فلزی و حتی فولادی خراش ایجاد نماید. این ماده بسیار خطرناک به وفور در محیط طبیعی یافت می شود و در صورتی که منفذی بداخل سیستم پیدا شود از آنجا وارد روغن می گردد. بنابراین کنترل ابعادی ذرات در کنار کنترل ماهیتی آنها از اهمیت فوق العاده ای برخوردار می شود و لازم است تا از روشهای مؤثری برای شناسایی میزان آلودگی در روغن کمک گرفت. یکی از مؤثرترین این شیوه ها آزمایش شمارنده ذرات است که در ادامه خواهد آمد.



شرکت توان کاو نت
(سهامی خاص)

PC (Particle Counter) شمارنده ذرات

این آزمایش براساس استاندارد **ISO 4406** صورت می پذیرد و با استفاده از این تکنیک قادر خواهیم شد تا نسبت به ابعاد ذرات جامد معلق و میزان آنها در روغن شناسایی و کنترل داشته باشیم. در این آزمایش با استفاده از تابش نور لیزر تعداد ذرات در یک میلی لیتر روغن شمارش می شوند. این شمارش برای ذرات با ابعاد مختلف بطور جداگانه انجام می شود. این تقسیم بندی اندازه ای عبارتست از: بزرگتر از ۲ میکرون ، بزرگتر از ۵ میکرون ، بزرگتر از ۱۰ میکرون ، بزرگتر از ۱۵ میکرون ، بزرگتر از ۲۵ میکرون و بزرگتر از ۵۰ میکرون.

به عنوان مثال نتیجه آزمایش شمارنده ذرات برای روغن یک توربین گازی به شرح زیر بدست آمده است:

SIZE	CUMMULATIVE	DIFFERENTIAL	CLASS
2	9473	7600	20
5	1873	1280	17
10	593	450	16
15	143	120	14
25	23	18	12
50	5	5	9

ستون اول از چپ اندازه ذرات می باشد. ستون سوم Differential تعداد ذرات شمارش شده در آن سایز در یک میلی لیتر روغن و ستون دوم Cumulative تعداد ذرات شمارش شده در هر اندازه بعلاوه تعداد ذراتی که از اندازه های بالاتر شمارش شده می باشد. ستون چهارم از چپ نیز کد ایزو برای هر سایز را مشخص نموده است (Class).

آدرس : خیابان

دکتر شریعتی،

بالاتر از تقاطع

شهید بهشتی،

کوچه شهرتاش

، پلاک ۳۲ طبقه

سوم

تلفن :

۸۸۵۱۳۷۶۱

فاکس :

۸۸۵۱۳۷۶۰

پست

الکترونیکی:

contact@

tavannet

.com



شرکت تवान نت
(سهامی خاص)

آدرس : خیابان

دکتر شریعتی،

بالتر از تقاطع

شهید بهشتی،

کوچه شهرتاش

، پلاک ۳۲ طبقه

سوم

تلفن :

۸۸۵۱۳۷۶۱

فاکس :

۸۸۵۱۳۷۶۰

پست

الکترونیکی:

contact@

tavannet

.com

این کد برای هر سایز بسته به تعداد ذرات شمارش شده می تواند عدد متفاوتی باشد و مبنای آن جدول استاندارد زیر می باشد.

تعداد ذرات در یک میلی لیتر روغن		کد ایزو code
از	تا	
80/000	160/000	24
40/000	80/000	23
20/000	40/000	22
10/000	20/000	21
5/000	10/000	20
2/500	5/000	19
1/300	2/500	18
640	1/300	17
320	640	16
160	320	15
80	160	14
40	80	13
20	40	12
10	20	11
5	10	10
2.5	5	9
1.3	2.5	8
0.64	1.3	7
0.32	0.64	6
0.16	0.32	5
0.08	0.16	4
0.04	0.08	3
0.02	0.04	2
0.01	0.02	1
0.005	0.01	0
0.0025	0.005	00

توجه شود که در جدول فوق اعداد نوشته شده در ستونهای اول و دوم (تعداد ذرات) اعدادی هستند که از ستون **Cummulative** (انباشته) (رجوع شود به صفحه قبل) بدست می آیند.

همانطور که توضیح داده شد ذرات با ابعاد بین ۵ و ۲۵ میکرون در تحلیل فرسایش از اهمیت بیشتری برخوردار هستند. بنابراین در جواب آزمایش شمارنده ذرات ردیف مربوط به اندازه ۵ و ۱۵ بیشتر مد نظر قرار می گیرد و جواب بصورت دو عدد X / Y اعلام می گردد. در مورد مثال بالا میزان سطح آلودگی یا سطح تمیزی بصورت 14 / 17 گزارش می شود.



شرکت توان کاو نت
(سهامی خاص)

آدرس: خیابان

دکتر شریعتی،

بالا تر از تقاطع

شهید بهشتی،

کوچه شهرتاش

پلاک ۳۲ طبقه

سوم

تلفن:

۸۸۵۱۳۷۶۱

فاکس:

۸۸۵۱۳۷۶۰

پست

الکترونیکی:

contact@

tavannet

.com

هرچقدر این دو عدد کوچکتر باشند، روغن تمیزتر بوده و ایمنی کارکرد سیستم بالاتر است.

در سالهای اخیر ذرات بین ۲ و ۵ میکرون نیز مورد توجه قرار گرفته برخی آزمایشگاهها میزان تمیزی را بصورت $X / Y / Z$ گزارش می کنند. (بطورمثال 20 / 17 / 14).

یادآور می گردد که ذرات اندازه گیری شده از این آزمایش از نظر نوع و جنس شناسایی نمی شوند و هدف عمدتاً کنترل ابعادی ذرات می باشد. بنابراین نتیجه این آزمایش در کنار سایر آزمایشات بررسی می شود تا اطلاعات کاملتری از وضعیت روغن و ذرات بدست آید.

DRF (Direct Reading Ferrography) فروگرافی مستقیم

همانطور که قبلاً اشاره شد چون حضور آهن نسبت به سایر عناصر در کلیه ماشین آلات بیشتر می باشد لذا سهم بیشتری از فرسایش نصیب قطعات آهنی می گردد. در نتیجه حجم بیشتری از سرمایه گذاری صنعتی از ناحیه فرسایش و استهلاک فلزات آهنی در معرض تهدید می باشد. بنابراین طبیعی است که مطالعات و کنترل های بیشتری بر روی آن اعمال گردد.

آزمایش فروگرافی مستقیم تکنیکی را به خدمت می گیرد که بتواند میزان پیشرفتگی فرسایش غیر عادی را شناسایی نماید. این مسئله بسیار اهمیت دارد. زیرا خرابی نهایی یک قطعه یا دستگاه زمانی اتفاق می افتد که فرسایش بسیار پیشرفته باشد.

در توضیح این پدیده می توان گفت که پیشرفت فرسایش و توسعه آن در سطح و عمق قطعات صورت می پذیرد و یکی از علامت ها و نشانه های آن جدا شدن ذرات بسیار درشت از سطوح فلزات است (ذرات با ابعاد بیش از ۵۰ میکرون).

هرچه فرسایش شدیدتر شود **تعداد** ذرات درشت جدا شده از سطح نیز بیشتر می گردد. بنابراین چنانچه بتوانیم از طریقی نرخ افزایش ذرات درشت را مشاهده نمائیم، قادر خواهیم بود از وقوع خرابی ها آگاه شده و قبل از اتفاق، اقدامات پیشگیرانه لازم را صورت دهیم.

با انجام آزمایش DRF دو عدد بدون واحد DL و DS بدست می آید.

DL معرف میزان ذرات درشت آهنی و DS ذرات کوچک آهنی (کوچکتر از ۵ میکرون) می باشد.



شرکت توان کاه نت
(سهام، خاص)

آدرس : خیابان

دکتر شریعتی،

بالا تر از تقاطع

شهید بهشتی،

کوچه شهر تاش

، پلاک ۳۲ طبقه

سوم

تلفن :

۸۸۵۱۳۷۶۱

فاکس :

۸۸۵۱۳۷۶۰

پست

الکترونیکی:

contact@

tavannet

.com

آنچه برای کارشناس مسئول مراقبت وضعیت (CM) اهمیت دارد نرخ افزایش ذرات درشت در مجموع ذرات می باشد. بنابراین ابتدا (IS Index Of Severity شاخص پیشرفتگی فرسایش) محاسبه میشود.

$$IS = (DL + DS) (DL - DS)$$

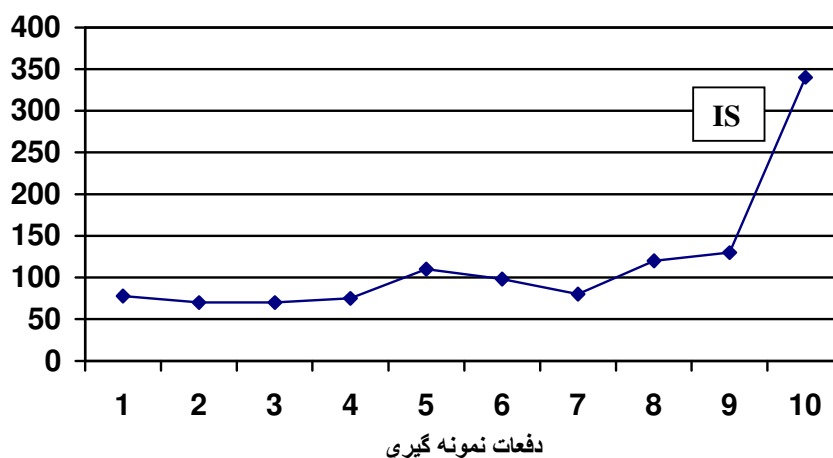
DL + DS = total concentration مجموع تراکم ذرات آهنی

DL - DS = size distribution توزیع اندازه ای ذرات آهنی

سپس با مقایسه IS در دوره های مختلف نمونه گیری براحتی می توان نرخ افزایش IS را مشاهده نمود.

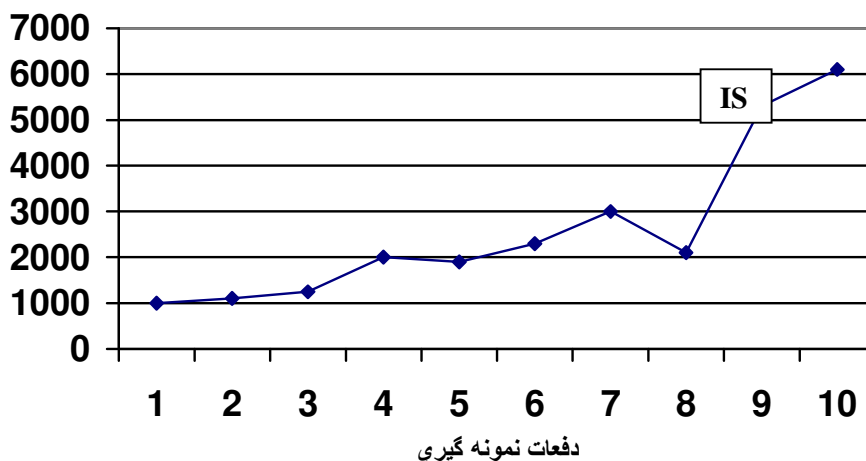
هرچند این قاعده برای ماشین ها و سیستمهای مختلف یکسان است ولی اعداد و ارقامی که از سیستمهای مختلف بدست می آید لزوماً با یکدیگر برابر و قابل مقایسه نیستند. در این مورد به دو مثال زیر توجه نمائید:

نتایج IS برای يك دستگاه كمپرسور مجتمع پتروشیمی اراك





نتایج IS برای یک دستگاه توربین بخار مجتمع پتروشیمی اراک



تفاوت میزان IS در دو دستگاه مختلف بدین شکل قابل توضیح است که مقدار سطحی از قطعات آهنی که در معرض تماس و سایش می باشند از یک دستگاه به یک دستگاه دیگر می تواند بسیار متفاوت باشد. عوامل دیگری از قبیل مقاومت سایشی قطعات، سرعت، فشار، نحوه انتقال قدرت از طریق قطعات، محیط کار، حجم روغن و ... نیز در این مسئله مؤثر می باشند.

در خصوص نحوه تفسیر نتایج آزمایش DRF بررسی سه مثال زیر مفید خواهد بود.

الف- در وضعیتی که فرسایش عادی و کیفیت روغن نیز مناسب است روند شاخصهای فرسایش (DL و DS) تقریباً ثابت خواهد بود . حال اگر بدلیل مثلا کاهش گرانروی روغن ضخامت فیلم روغن بقدری کم شود که تماس مستقیم سطوح فلزی اتفاق بیفتد قطعاً ذرات بیشتری نسبت به وضعیت تعادلی قبل تولید میگردد. همانطور که پیشتر توضیح داده شد شروع فرسایش غیر عادی با افزایش ذرات درشت همراه است. هرچند مقدار ذرات ریز هم با شدتی کمتر افزایش خواهد یافت . این مساله باعث میشود تا سهم ذرات درشت در مجموع ذرات افزایش یافته شاخص IS با سرعت بیشتری بالا رود.

اگر این وضعیت تداوم یابد و ریشه یابی نشود تا سرحد خرابی نهائی قطعه و یا دستگاه پیش میرود و IS به اعداد بسیار بالائی میرسد. انتظار این است که با اجرای برنامه آنالیز روغن هیچیک از دستگاههای تحت مراقبت هرگز فرصت رسیدن به این وضعیت را نیابند.

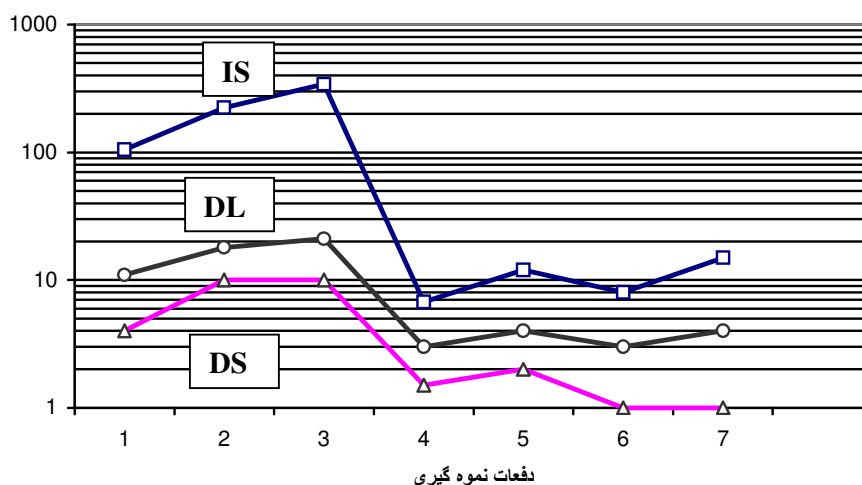
ب- ممکن است روند نتایج آزمایش DRF صعودی سریع و کاهش مجدد به مقادیر معمولی را نشان دهد. این حالت مشخصه دوره آبنندی (break -in) میباشد. زمانی که دستگاه نو برای اولین بار راه اندازی میشود یا پس از انجام تعمیرات اساسی نمونه گیری داشته باشیم شاهد این مساله خواهیم بود. دلیل این افزایش هم این است که در داخل سیستمهای نو و یا بر روی سطوح قطعات ، تازه تعمیر شده ذرات مختلفی وجود دارند که در همان ساعات اولیه کارکرد در اثر حرکت و فشار 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 میکنند. با توجه به اینکه این پدیده پایدار نبوده و در مدت کوتاهی پایان میپذیرد انتظار میرود که شاخصهای فرسایش کاهش قابل ملاحظه ای را نشان دهند.

شرکت توان کاو با انجام یک کار تحقیقاتی مشترک با مجتمع پتروشیمی اراک بر روی تعدادی از

دستگاههای آن مجموعه روند فرسایش را پس از تعمیرات اساسی بدست آورده است. نمودار زیر یک

نمونه از این فعالیت تحقیقاتی میباشد

روند شاخص های فرسایش برای يك دستگاه توربین گازی در مجتمع پتروشیمی اراک



توجه شود که مدت زمان نمونه گیری از مرحله ۱ الی ۴ حدود سه شبانه روز کار پیوسته دستگاه بوده در

حالی که از مرحله ۴ الی ۷ نزدیک به ۲۰۰۰ ساعت کار طول کشیده است. این دقیقاً نشان دهنده وجود

ذرات به میزان بیش از حد مجاز در روغن بلافاصله پس از انجام تعمیرات اساسی دستگاه میباشد.

ج- چنانچه اعداد DL و DS به هم خیلی نزدیک شوند. در این حالت اختلاف دو عدد بسیار کوچک

شده و در نتیجه IS کاهش می یابد. هرچند ممکن است DL و DS به تنهایی اعداد بزرگی باشند.

در نمودار زیر این مورد بخوبی مشاهده می شود.



شرکت تھان کاو نت
(سهام، خاص)

آدرس : خیابان
دکتر شریعتی،
بالا تر از تقاطع
شهید بهشتی،
کوچه شهرتاش
پلاک ۳۲ طبقه

سوم

تلفن :

۸۸۵۱۳۷۶۱

فاکس :

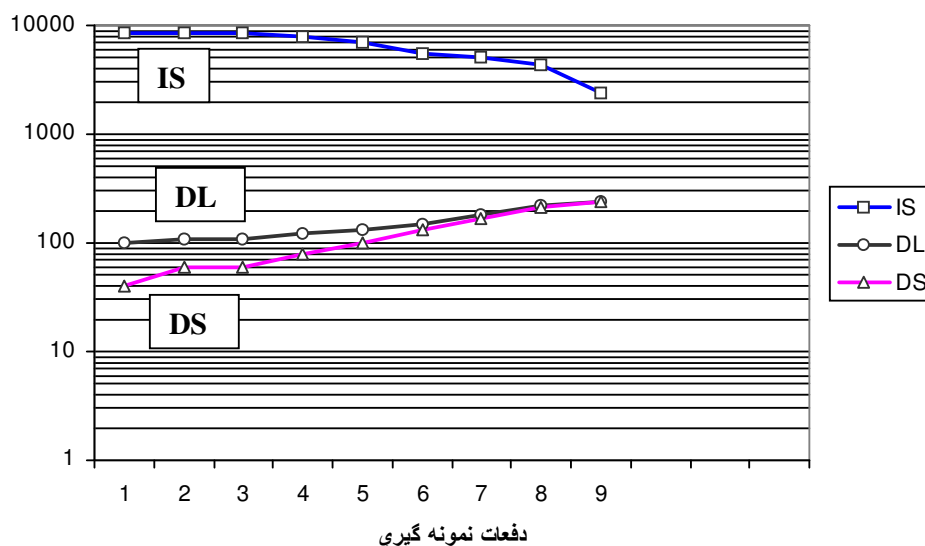
۸۸۵۱۳۷۶۰

پست

الکترونیکی:

contact@
tavannet
.com

ج- چنانچه اعداد **DL** و **DS** به هم خیلی نزدیک شوند. در این حالت اختلاف دو عدد بسیار کوچک شده و در نتیجه **IS** کاهش می یابد. هرچند ممکن است **DL** و **DS** به تنهایی اعداد بزرگی باشند. در نمودار زیر این مورد بخوبی مشاهده می شود.



این حالت زمانی اتفاق می افتد که سهم ذرات درشت در مجموعه ذرات تولید شده بسیار ناچیز می شود. این بدان معنی است که عمده ذرات آهنی معلق در روغن ذرات ریز هستند. معمولاً در شرایطی که خوردگی شیمیایی توسعه میابد این حالت مشاهده می شود. زیرا اکثر ذرات آهنی ناشی از واکنش های شیمیایی در ابعاد زیر یک میکرون می باشند. در این موقع باید دنبال علائم دیگر برای شناسایی بهتر وضعیت باشیم.

یکی از این علامتها نتیجه آزمایش اسیدیته یا **TAN** است. آزمایش **TBN** نیز در مورد موتورهای احتراقی قابل بررسی است. آلودگی آب در روغن نیز از جمله عواملی است که در ایجاد محیط خورنده بسیار مؤثر است. افزایش اسپکتروسکوپی همزمان با افزایش خوردگی در سیستم انتظار می رود. بالا رفتن کد و تعداد ذرات ۲ تا ۵ میکرون در آزمایش شمارنده ذرات هم می تواند علامت بسیار خوبی برای این نوع فرسایش باشد.