

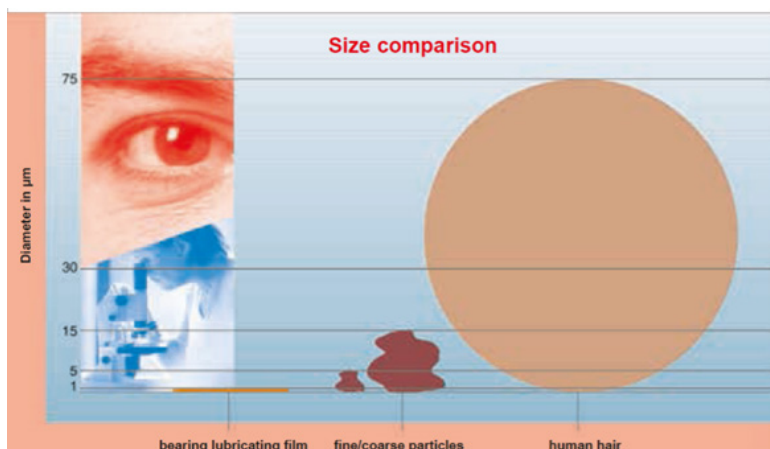
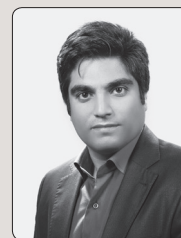
شمارش ذرات روغن توربین

(بخش یازدهم)



بهره‌برداری و تعمیراتی (O&M)

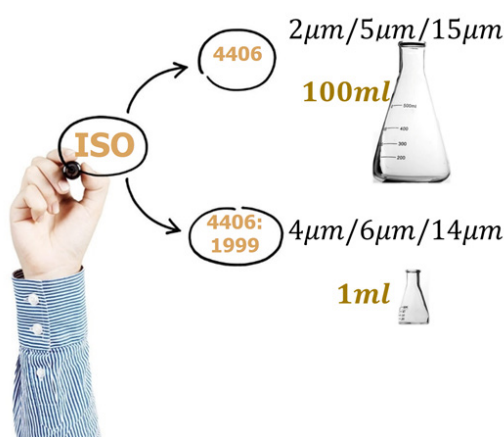
سعید کردی زاده
شرکت بهره‌برداری و تعمیراتی مپنا
Site@kordizade.com



تصویر (۱-۱۱) - ارتباط قدرت دید با اندازه اشیاء و آلودگی‌ها

ذرات موجود در روغن نقش عمده‌ای در خرابی تجهیزات مکانیکی دارد. قریب به چهل سال از پیدایش فناوری شمارش ذرات در صنعت می‌گذرد. بیش از ۸۰٪ خرابی‌ها به علت آلودگی ناشی از ذرات جامد معلق می‌باشد؛ بنابراین با کنترل آلودگی، بیشترین حجم مشکلات سیستم‌های گوناگون را می‌توان مدیریت نمود.

همان‌طور که در تصویر (۱-۱۱) نشان داده شده است، چشم انسان تنها ذرات بزرگ‌تر از ۷۰ میکرون را می‌بیند، از طرفی ذرات و آلودگی‌ها معمولاً ابعادی بین ۵ تا ۱۵ میکرون دارند. این مساله اهمیت انجام آزمایش شمارش ذرات را (Particle Counting) برای تشخیص دقیق تعداد و اندازه آلودگی‌ها، نشان می‌دهد.



تصویر (۲-۱۱) - استاندارد ISO 4406

استاندارد ISO 4406

آزمایش شمارش ذرات روغن توربین، معیاری از بازدهی فیلتر است و یک دید کلی در مورد تمیزی سیستم روغن کاری توربین، به شما می‌دهد. تا سال 1999 استاندارد 4406 ISO تعداد ذرات بزرگ‌تر از دو میکرون، پنج میکرون و پانزده میکرون را در 100 ml روغن گزارش می‌کرد، ولی از سال 1999 به بعد استاندارد ISO 4406:1999 تعداد ذرات بزرگ‌تر از چهار میکرون، شش میکرون و چهارده میکرون را در 1 ml روغن گزارش می‌کند.

نحوه گزارش استاندارد ISO 4406

همان‌طور که در تصویر (۳-۱۱) نشان داده شده است، فرض کنید در 1 ml روغن 1654 ذره بزرگ‌تر از 4 میکرون، 495 ذره بزرگ‌تر از 6 میکرون و 52 ذره بزرگ‌تر از 14 میکرون وجود داشته باشد، نحوه گزارش این ذرات طبق استاندارد ISO 4406 بدین شرح است:

- چون عدد 1654 بین 1300 و 2500 است؛ لذا کد 18 به ذرات بزرگ‌تر از 4 میکرون اختصاص می‌یابد.
 - چون عدد 495 بین 320 و 640 است؛ لذا کد 16 به ذرات بزرگ‌تر از 6 میکرون اختصاص می‌یابد.
 - چون عدد 52 بین 40 و 80 است؛ لذا کد 13 به ذرات بزرگ‌تر از 14 میکرون اختصاص می‌یابد.
- در نهایت سطح تمیزی این روغن بر اساس استاندارد ISO 4406:1999 به صورت 18/16/13 گزارش می‌شود. همان‌طور که در تصویر (۳-۱۱) مشاهده می‌کنید، با افزایش یک واحدی کد ISO 4406:1999 (مثلاً از 18 به 19) آلودگی و ذرات موجود در روغن، دو برابر می‌شود.

ISO 4406:1999

PARTICLE COUNT DATA		NUMBER OF PARTICLES / ML			R4/R6/R14 ISO 18/16/13
Size in Microns	Number of Particles Larger than Size per mL	More Than	Less Than or Equal To	Range Number	
4	1654	80,000	160,000	24	
6	495	40,000	80,000	23	
10	122	20,000	40,000	22	
14	52	10,000	20,000	21	
20	21	5,000	10,000	20	
50	1.3	2,500	5,000	19	
75	0.22	1,300	2,500	18	
100	0.05	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	

تصویر (۳-۱۱) - تفسیر اعداد استاندارد ISO 4406

ما را با نام نشریه نگهداری و تعمیرات (NetsaNews.ir) در اینستاگرام دنبال نمایید. تصاویر، ویدیو و ایده‌های خلاقانه خود را جهت به اشتراک گذاشتن در اینستاگرام به آدرس ایمیل NetsaNews@gmail.com ارسال نمایید.

چرا معیار سطح تمیزی روغن، ذراتی با سایزهای چهار، شش و چهارده میکرون است؟

علت اهمیت اندازه‌گیری ذرات با سایزهای چهار، شش و چهارده میکرون به دلیل اثرات مخرب این ذرات در هر سه رژیم روغن کاری می‌باشد؛ زیرا ذرات با اندازه مساوی یا کمی بیشتر از تلورانس دینامیکی بخش‌های متحرک، بیشترین آسیب را وارد می‌کنند.

انواع رژیم روانکاری

۱- روانکاری هیدرودینامیک (HDL) Hydrodynamic Lubrication

در این حالت فیلم روغن اجزای متحرک را کاملاً از یکدیگر جدا می‌نماید و هیچ‌گونه تماس فلز با فلزی وجود ندارد. روانکاری یاتاقان‌های ژورنال با این رژیم می‌باشد.

۲- روانکاری الاسترویدرودینامیک (EHL) ElastoHydrodynamic Lubrication

در این حالت فیلم روغن محبوس شده بین سطوح، به دلیل فشار زیاد این ناحیه به حالت الاستیک تغییر شکل می‌یابد. روغن در این نواحی به صورت سفت شده (Solidify) می‌باشد. در بال و رولر برینگ‌ها این نوع رژیم روانکاری وجود دارد.

۳- روانکاری مرزی (BL) Boundary Lubrication

در شرایط کاری و باری شدید، دمای زیاد، سرعت لغزش کم و سطوح خشن مانند چرخ‌دنده‌ها، روانکاری مرزی در بین سطوح اتفاق می‌افتد.

کاربرد	رژیم روغن کاری
یاتاقان‌های توربین	هیدرودینامیک
بلبرینگ و رولر برینگ	الاستویدرودینامیک
چرخ‌دنده‌ها	لایه مرزی

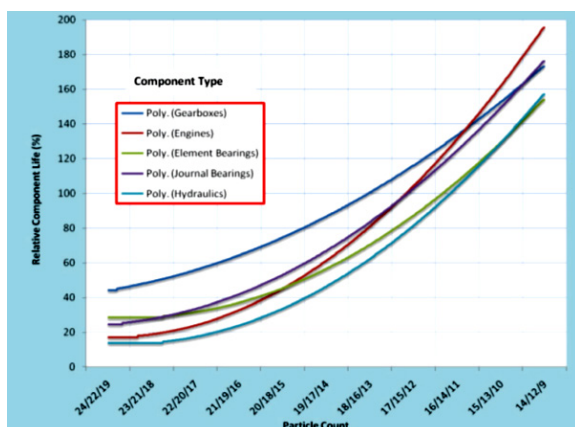
تصویر (۴-۱۱) - انواع رژیم‌های روغن کاری و کاربرد آن‌ها

حد مجاز آلودگی روغن در تجهیزات مختلف

در تصویر (۵-۱۱) حد مجاز آلودگی روغن در تجهیزات مختلف دسته‌بندی شده است. همان‌طور که مشاهده می‌کنید با افزایش فشار، حد مجاز سطح تمیزی سخت‌گیرانه‌تر می‌شود؛ زیرا افزایش فشار مستلزم کاهش تلورانس‌ها و لقی‌ها است؛ در نتیجه ذرات ریزتر اثر مخرب‌تری نسبت به همان ذره در فشار پایین‌تر ایجاد می‌کند.

	Low/Medium Pressure Under 2000 psi (moderate conditions)		High Pressure 2000 to 2999 psi (low/medium with severe conditions)		Very High Pressure 3000 psi and over (high pressure with severe conditions)	
	ISO Target Levels	Micron Ratings	ISO Target Levels	Micron Ratings	ISO Target Levels	Micron Ratings
Pumps						
Fixed Gear or Fixed Vane	20/18/15	20	19/17/14	10	18/16/13	5
Fixed Piston	19/17/14	10	18/16/13	5	17/15/12	3
Variable Vane	18/16/13	5	17/15/12	3	not applicable	not applicable
Variable Piston	18/16/13	5	17/15/12	3	16/14/11	3 ^o
Valves						
Check Valve	20/18/15	20	20/18/15	20	19/17/14	10
Directional (solenoid)	20/18/15	20	19/17/14	10	18/16/13	5
Standard Flow Control	20/18/15	20	19/17/14	10	18/16/13	5
Cartridge Valve	19/17/14	10	18/16/13	5	17/15/12	3
Proportional Valve	17/15/12	3	17/15/12	3	16/14/11	3 ^o
Servo Valve	16/14/11	3 ^o	16/14/11	3 ^o	15/13/10	3 ^o
Actuators						
Cylinders, Vane Motors, Gear Motors	20/18/15	20	19/17/14	10	18/16/13	5
Piston Motors, Swash Plate Motors	19/17/14	10	18/16/13	5	17/15/12	3
Hydrostatic Drives	16/15/12	3	16/14/11	3 ^o	15/13/10	3 ^o
Test Stands	15/13/10	3 ^o	15/13/10	3 ^o	15/13/10	3 ^o
Bearings						
Journal Bearings	17/15/12	3	not applicable	not applicable	not applicable	not applicable
Industrial Gearboxes	17/15/12	3	not applicable	not applicable	not applicable	not applicable
Ball Bearings	15/13/10	3 ^o	not applicable	not applicable	not applicable	not applicable
Roller Bearings	16/14/11	3 ^o	not applicable	not applicable	not applicable	not applicable

تصویر (۵-۱۱) - حد مجاز آلودگی روغن در تجهیزات مختلف

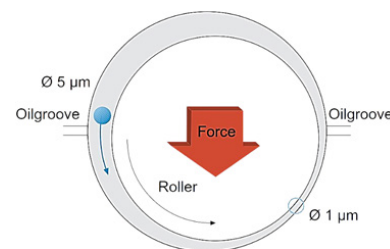


تصویر (۶-۱۱) - ارتباط عمر ماشین با ذرات موجود در روغن

رابطه عمر ماشین با سطح تمیزی روغن

مطالعات آماری انجام شده توسط شرکت دیس کیس^۱ در خصوص ارتباط عمر ماشین با ذرات موجود در انواع روغن، در تصویر (۶-۱۱) نشان داده شده است. همانطور که شما خواننده گرامی مشاهده می کنید، افزایش عمر تجهیزات با افزایش سطح تمیزی روغن رابطه مستقیم دارد.

فرض کنید روغن توربین گازی سطح تمیزی 19/17/14 داشته باشد. در صورتی که پمپ روانکاری با دبی 200 لیتر بر دقیقه، هشت ساعت در شبانه روز و 230 روز سال، عملکرد داشته باشد، این پمپ 140 کیلوگرم آلودگی را طی یک سال به یاتاقان توربین منتقل می کند. جالب است بدانید که دبی پمپ روغن توربین گازی MGT70 مینا، 1074 لیتر بر دقیقه می باشد.



The amount of dirt passing the pump per year, if the oil passes with a capacity of 200 ltr/min 8 hours a day, 230 working days per year

ISO Code	Description	Suitable for	Dirt/year
ISO 14/12/10	Very clean oil	All oil systems	8.5 kg *
ISO 16/14/11	Clean oil	Servo & high pressure hydraulics	17 kg *
ISO 17/15/12	Light contaminated oil	Standard hydraulic & lube oil systems	34 kg *
ISO 19/17/14	New oil	Medium to low pressure systems	140 kg *
ISO 22/20/17	Very contaminated oil	Not suitable for oil systems	> 589 kg *

تصویر (۷-۱۱) - مقدار کل آلودگی وارد شده به یاتاقان توربین

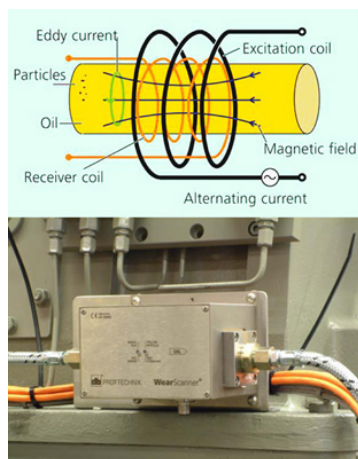


تصویر (۸-۱۱) - آزمون انسداد نور (Light Blockage)



تصویر (۹-۱۱) - آزمون انسداد منفذ (Pore Blockage)

آزمون انسداد نور به دلیل وجود آب و هوا در روغن ممکن است دچار خطا شود. از آنجایی که در روغن توربین مخصوصاً توربین بخار، آلودگی روغن با آب محتمل است، پیشنهاد می‌کنم سطح تمیزی روغن توربین را با آزمون انسداد منفذ اندازه‌گیری نمایید. روش و کیفیت نمونه‌گیری روغن در نتیجه آزمایش شمارش ذرات روغن، بسیار تاثیرگذار است. در مورد روش‌های صحیح نمونه‌گیری در فصل هفدهم به تفصیل صحبت خواهد شد.



تصویر (۱۰-۱۱) - پایش وضعیت آنالین سطح تمیزی روغن

انواع آزمایش شمارش ذرات

۱- آزمون انسداد نور (Light Blockage)

در این روش نمونه روغن توربین از مجرای عبور داده می‌شود. همان‌طور که در تصویر (۸-۱۱) نشان داده شده است، ذرات و آلودگی‌های موجود در روغن مانع عبور نور از روغن می‌شوند. کاهش شدت نور عبوری از نمونه روغن توسط فتو دیود اندازه‌گیری می‌شود و معیاری برای تمیزی روغن می‌باشد.

۲- آزمون انسداد منفذ (Pore Blockage)

در این روش روغن از فیلتری با مش مشخص عبور داده می‌شود. میزان کاهش فلو و اندازه مش فیلتر نشان‌دهنده تعداد ذرات در یک سایز مشخص می‌باشد. از طریق مذکور با تعویض فیلتر و انجام مجدد آزمایش، تعداد ذرات در سایر سایزها نیز محاسبه می‌شود.

پایش وضعیت آنالین سطح تمیزی روغن

اهمیت سطح تمیزی روغن توربین، لزوم پایش وضعیت آنالین روغن را توجیه می‌کند. امروزه وسایل اندازه‌گیری آلودگی روغن به صورت آنالین نیز وجود دارد؛ به عنوان مثال دستگاه نشان داده شده در تصویر (۱۰-۱۱) با استفاده از اصل جریان گردابی (Eddy Current) مقدار ذرات موجود در روغن را به صورت آنالین پایش می‌کند.

پیشنهاد می‌شود ماهیانه و بر اساس استاندارد ISO 4406 مقدار ذرات موجود در روغن توربین را پایش کنید. حجم روغن مورد نیاز برای انجام آزمایش 100 ml می‌باشد.

اظهارنظر توربین‌سازها در مورد سطح تمیزی روغن توربین

	ASTM D4378	Ahlstrom - Gas and Steam	GE - Gas	GE - Steam	Solar	MHI - Steam & Gas	Siemens/ Westinghouse
Source	D4378	HTGD90117	GEK 32568	GFK 46/69D	FS9-224	MS04-MA-CLO01 and CLO02	K-8962-11
Viscosity 40°C	ISO VG 32	Exceeds ISO VG 32	25 to 41	25 to 41	25 to 41	25 to 41	25 to 41
TA	0.05	0.05	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
RPVOT	< 25%	< 25%	< 25% of new	< 25% of new	< 25% of new	< 25% of new	< 25% of new
Water	> 0.1%	500 ppm	0.1% max	0.1% max	2,000 ppm max	200 ppm max	200 ppm max
Flash Point - ASTM D92	30°F drop from original		375°F (191°C) minimum	375°F (191°C) minimum			
Rust Prevention - ASTM D665	light fail in D665A		Pass	Pass			
Cleanliness		17/14	16/14	16/14	Adapt Change	17/14 max	17/14 max
Demulsibility		30 minutes max				30 minutes	30 minutes
Metals		15-25 ppm; >30 ppm limit					Trend/consult
Air Release		8 minutes for ISO VG 32			10 minutes max (guideline)		4 minutes max
Foam	Seq I exceeds 450/10				Seq I - 300/10; Seq II - 300/10 (guideline)		Seq I - 400/10

همان‌طور که در تصویر (۱۱-۱۱) مشاهده می‌کنید، توربین‌سازهای مختلف در مورد سطح تمیزی روغن اظهارنظر کرده‌اند. شرکت مپنا سطح تمیزی 17/ 14 مطابق با استاندارد 4406 ISO را به عنوان حد مجاز تمیزی روغن توربین گازی MGT70 معرفی کرده است.

تصویر (۱۱-۱۱) - اظهارنظر توربین‌سازها در مورد سطح تمیزی روغن توربین

رابطه استاندارد ISO 4406 با سایر استانداردها

علاوه بر استاندارد ISO استانداردهای دیگری از جمله ACFTD، NAS، Mil std. و SAE AS4059 در مورد سطح تمیزی روغن اظهارنظر کرده‌اند. ارتباط این استانداردها در تصویر (۱۱-۱۲) نشان داده شده است.

ISO Code 4 µ(c)/6 µ(c)/14 µ(c)	NAS 1638 (1967)	Mil Std. 1246A (1967)	ACFTD Gravimetric Level-mg/L	SAE AS4059 Standard
21/19/16	10			11
20/18/15	9			10
19/17/14	8	300		9
18/16/13	7		1	8
17/15/12	6			7
16/14/12		200		
16/14/11	5			6
15/13/10	4		0.1	5
14/12/9	3			4
13/11/8	2			3
12/10/8		100		
11/10/7	1			2

تصویر (۱۱-۱۲) - رابطه استاندارد ISO 4406 با سایر استانداردها

ما را با نام نشریه نگهداری و تعمیرات (NetsaNews.ir) در اینستاگرام دنبال نمایید. تصاویر، ویدیو و ایده‌های خلاقانه خود را جهت به اشتراک گذاشتن در اینستاگرام به آدرس ایمیل NetsaNews@gmail.com ارسال نمایید.