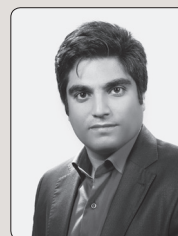


آب در روغن توربین

(بخش هشتم)



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



منشأ آب در روغن توربین

۱- کولر روغن

کولر روغن توربین یک مبدل حرارتی است. به وسیله آن روغن توربین بدون تماس با آب خنک می‌شود. بدنه کولر روغن در توربین، به دلیل خوردگی (Erosion) دچار نشتی می‌شود و این نشتی باعث ورود آب از کولر روغن، به روغن توربین می‌گردد.

۲- کندانس آب در مخزن ذخیره روغن

زمانی که دمای روغن توربین افزایش می‌یابد، روغن توربین آب بیشتری را در خود حل می‌کند. با کاهش دما، آب حل شده در روغن توربین، از روغن بیرون رانده می‌شود؛ به عنوان مثال در توربین بخار E-Type Siemens آب حاصل از نشت بخار در یاتاقان LP توربین، وارد روغن می‌شود و در نقاط سرد توربین (مثل مخزن ذخیره روغن) آب از روغن توربین خارج می‌گردد. در نتیجه به تدریج و به صورت متوالی به روغن توربین، آب اضافه می‌شود.

۳- Seal Steam Gland توربین بخار

اختلال در عملکرد Seal Steam Gland که وظیفه آب‌بندی توربین را بر عهده دارد، باعث ورود آب به روغن توربین می‌شود.



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.

انواع حالات آب در روغن

- ۱- آب محلول (Dissolved Water)
- ۲- آب امولسیون (Emulsified Water)
- ۳- آب آزاد (Free water)

Free water Emulsified water Dissolved water

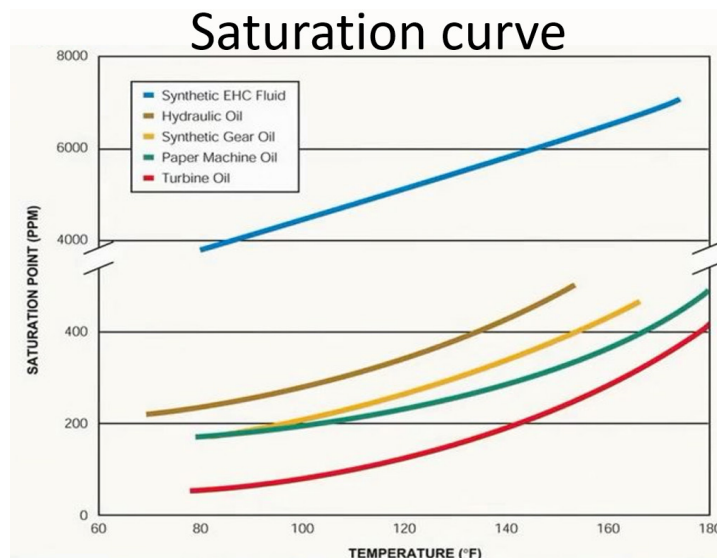


تصویر (۸-۱) - انواع حالات آب در روغن

نقطه اشباع آب در روغن توربین

حالت‌های مختلف آب در روغن، وابسته به سطح اشباع شدن روغن توربین است. سطح اشباع شدن روغن، توانایی روغن در پذیرش آب به صورت محلول می‌باشد و به پایه روغن، ادتیه‌های روغن، دمای روغن و مقدار آب موجود در آن بستگی دارد.

همان‌طور که در تصویر (۸-۲) مشاهده می‌کنید، نقطه اشباع (Saturation Point) برای انواع مختلف روغن با توجه به مقدار آب و دما مشخص شده است؛ به عنوان مثال اگر آب موجود در روغن توربین ۲۰۰ ppm باشد، طبق نمودار اگر دمای روغن به ۱۴۰°F برسد، تمام ۲۰۰ ppm آب موجود در روغن به صورت آب محلول (Dissolved water) می‌باشد. حال اگر دمای روغن از ۱۴۰°F کمتر شود، مقداری از این ۲۰۰ ppm آب، به آب آزاد (Free water) تغییر حالت می‌دهد. توربین‌سازها حد مجاز آب در روغن توربین را کمتر از نصف مقدار آب در حالت اشباع در نظر می‌گیرند. لازم به ذکر است که روغن توربین نسبت به سایر روغن‌ها پایین‌ترین نقطه اشباع را دارد و از لحاظ انحلال آب در روغن، ضعیف می‌باشد.



تصویر (۸-۲) - منحنی نقطه اشباع آب در انواع مختلف روغن‌ها

مشکلات حضور آب در روغن توربین

۱- اکسیداسیون روغن

آب موجود در روغن، کاتالیزور اکسیداسیون است؛ بنابراین فرایند اکسید شدن روغن توربین با حضور آب تسریع می‌شود.

۲- کاهش مقاومت فیلم روغن در تحمل بار

با افزایش فشار روغن، ویسکوزیته روغن افزایش می‌یابد؛ اما در مورد آب، مسئله این‌طور نیست؛ با افزایش فشار، ویسکوزیته آب ثابت می‌ماند و حتی ممکن است کاهش یابد؛ بنابراین روغن آلوده به آب در نقاط پرفشار (مانند یاتاقان‌های توربین) مسئله‌ساز است، زیرا وجود آب در روغن باعث کاهش مقاومت فیلم روغن در یاتاقان توربین می‌شود. این مساله احتمال خستگی تماسی (Contact Fatigue) و پوسته پوسته شدن (Spalling) بابیت یاتاقان توربین را به همراه دارد.



تصویر (۸-۳) - خستگی تماسی بابیت یاتاقان به دلیل حضور آب در روغن توربین

۳- حذف ادتیه‌های روغن به وسیله آب

مولکول آب یک مولکول قطبی است، به همین دلیل ادتیه‌های آنتی‌اکسیدان (Antioxidant)، بازدارنده از زنگ‌زدگی (Rust inhibitor) و ضدکف (Defoamer) به این مولکول می‌چسبند. در ادامه این ادتیه‌ها که توسط تعدادی مولکول آب احاطه شده‌اند، بزرگ و حجیم می‌گردند و در فیلترهای مکانیکی سیستم روغن‌کاری شکار می‌شوند.

۴- پدیده Water Etching

به مرور زمان مقداری از ادیوهای روغن توربین تخریب می‌شود. واکنش بین آب و ادیوهای روغن تخریب شده، سولفید هیدروژن و اسیدسولفوریک تولید می‌کند. این پدیده باعث ایجاد خوردگی مخزن ذخیره روغن و سایر سطوح فلزی می‌شود.

۵- پدیده ترد شدن هیدروژن (Hydrogen Embrittlement)

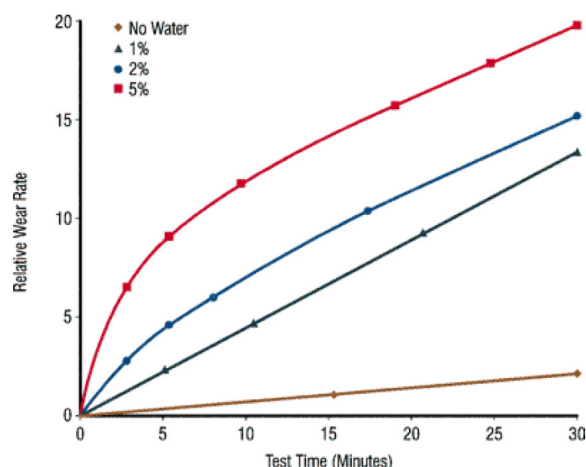
مولکول آب به ترک‌های میکروسکوپی فلزات مانند بابت یاتاقان توربین، نفوذ می‌کند و تحت فشار بسیار زیاد در این منطقه، به مؤلفه‌های اکسیژن و هیدروژن تجزیه می‌شود. این تجزیه با انفجار همراه است. نیروی انفجاری موجب بزرگ‌تر شدن ترک‌های میکروسکوپی می‌شود و نهایتاً ورقه ورقه شدن سطح بابت یاتاقان توربین را به همراه دارد.

۶- پدیده هیدرولیز (Hydrolysis)

هیدرولیز یا آبکافت منجر به تشکیل اسید و لجن در روغن توربین می‌شود.

۷- سایش سطوح

بر اساس مطالعات انجام شده در شرکت نوریا، ۵٪ افزایش آب موجود در روغن، طی بیست دقیقه زمان آزمایش، نرخ سایش را بیست برابر می‌کند.



Source: Noria Corporation

تصویر (۴-۸) - ارتباط سایش با مقدار آب روغن

۸- رشد میکرو ارگانیسم‌ها و باکتری‌ها

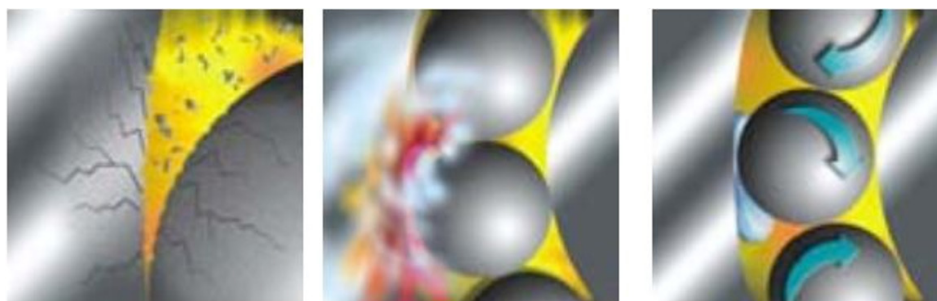
آب محیط مناسبی برای رشد و تکثیر میکرو ارگانیسم‌هایی نظیر قارچ‌ها و باکتری‌ها است. این پدیده علاوه بر تولید محصولات جانبی خورنده، می‌تواند منجر به گرفتگی فیلتر و اختلال در جریان روغن شود.

۹- پدیده هوادهی (Aeration)

وجود آب در روغن باعث شدت یافتن مشکلات آب (در اثر وجود هوا) و همچنین کف کردن روغن می‌شود. مولکول آب کشتش سطحی بین مولکول‌های روغن را کاهش می‌دهد و باعث تشکیل فوم و حباب در روغن می‌شود. هوای محبوس در روغن باعث تضعیف فیلم روغن، افزایش حرارت، اکسیداسیون، کاویتاسیون و اختلال در جریان روغن کاری می‌شود.

۱۰- کاویتاسیون بخار (Vaporous Cavitation)

اگر فشار آب موجود در روغن در نواحی کم فشار (مانند ورودی پمپها و یا ناحیه ورودی به یاتاقان توربین) از فشار بخار اشباع آب در همان دما کمتر شود، آب موجود در روغن به بخار آب تبدیل می‌شود. در ادامه حبابهای بخار آب در نواحی پر فشار (مانند خروجی پمپها و یا نواحی تحت بار یاتاقانها) به سرعت منقبض می‌گردد و به مایع تبدیل می‌شود. در پایان مایع آب تحت فشار، منفجر می‌شود و برخورد شدید قطرات آب منفجر شده به سطوح فلزی اطراف، نیروی شدیدی وارد می‌کند. این برخورد شبیه میکروجت‌های سوزنی است و باعث تشکیل خستگی‌های سطحی (Surface Fatigue) و فرسایش (Erosion) سطوح می‌شود.



تصویر (۵-۸) - میکروجت‌های سوزنی آب

راهکارهای حذف آب از روغن توربین

استفاده از دستگاه پیوری فایر

حجم بسیاری از آب آزاد روغن توربین، به واسطه زمان توقف روغن در مخزن ذخیره روغن، از آن جدا می‌شود. در توربین برای حذف آب روغن از دستگاه پیوری فایر استفاده می‌شود. جدایی آب از روغن از طریق فرایند سانتریفیوژ و به کمک نیروی گریز از مرکز انجام می‌شود. این روش تنها قادر است که آب آزاد روغن را جدا کند و در جداسازی آب در حالت امولسیون و آب محلول، کارآمد نمی‌باشد. زمان تناوب استفاده از دستگاه پیوری فایر مطابق با اظهار نظر سازنده توربین است.

Solids-Retaining Centrifugal Separator
Alfa Laval, Type MMB 305

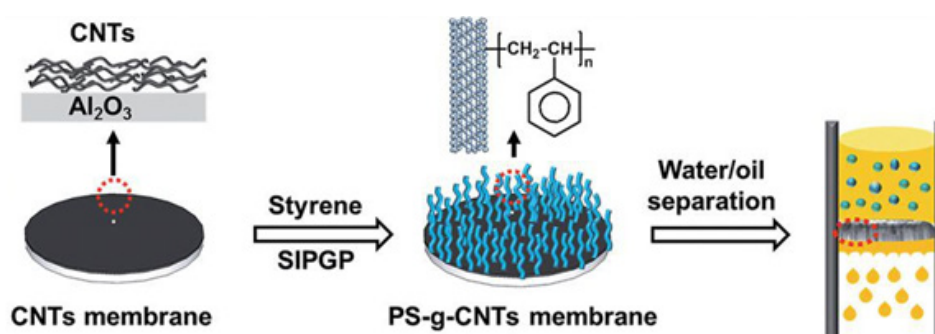


پس از هر دو هفته کارکرد توربین بخار E-Type زیمنس به مدت ۲۴ ساعت از پیوری فایر استفاده شود

تصویر (۶-۸) - دستگاه پیوری فایر

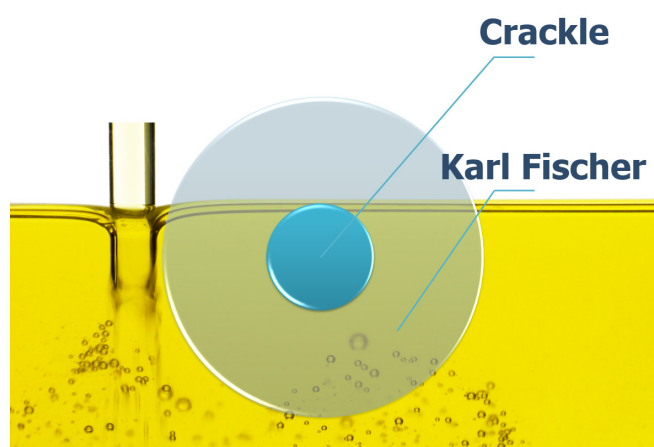
فیلترهای پلیمری (Polymeric Filter)

استفاده از فیلترهای پلیمری، می‌تواند جهت حذف آب سودمند باشد. در این نوع فیلترها از پلیمرهای جاذب قوی آب استفاده شده است. آب امولسیون و آب آزاد موجود در روغن توسط پلیمر فیلتر جذب می‌گردد، ماده‌ای ژل مانند تشکیل می‌دهد و داخل فیلتر شکار می‌شود.



تصویر (۷-۸) - فیلترهای پلیمری

محاسبه میزان آب موجود در روغن توربین

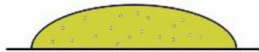
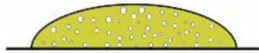


تصویر (۸-۸) - محاسبه میزان آب موجود در روغن توربین

برای مشخص کردن میزان آب موجود در روغن، دو روش آزمایشگاهی وجود دارد:

۱- آزمایش کراکل (Crackle Test) یا آزمایش تقه

در این روش یک قطره روغن توربین را به عنوان نمونه روی صفحه فلزی به دمای 130°C قرار دهید و تغییرات آن را مشاهده کنید. به عنوان مثال اگر حباب‌های کوچکی داخل این قطره روغن ایجاد شد و به سرعت ناپدید گشت، نشان‌دهنده وجود ppm 500-1000 آب داخل روغن است. لازم به ذکر است که این آزمایش یک آزمایش در محل است (On-site) و در اندازه‌گیری مقادیر کوچک آب، دقیق نیست، علاوه بر آن آزمایش مذکور قادر به اندازه‌گیری آب محلول در روغن توربین نمی‌باشد.

Observation	Crackle Test	Approximate Water Present
No visible or audible change		No free or emulsified water
Very small bubbles (≈ 0.5 mm) produced and quickly disappear		0.05 - 0.1% 500 - 1000 ppm
Bubbles approximately 2 mm are produced, gather to center, enlarge to ≈ 4 mm, disappear quickly		0.1 - 0.2% 1000 - 2000 ppm
Bubbles $\approx 2-3$ mm are produced growing to ≈ 4 mm, process repeats, possible violent bubbling and audible crackling		0.2 and more >2000 ppm

Source: Noria Corporation 

تصویر (۹-۸) - آزمایش کراکل

۲- آزمایش کارل فیشر (Karl Fischer)

دکتر کارل فیشر شیمیدان آلمانی در سال ۱۹۳۵ این روش را برای محاسبه میزان آب در روغن اختراع نمود. در آن زمان آزمایش کارل فیشر، یک روش آزمایشگاهی محرمانه بود. امروزه این آزمایش تا حد یک روش بسیار پیشرفته جهانی برای اندازه گیری آب، توسعه پیدا کرده است. این آزمایش به دو روش کارل فیشر حجمی (Volumetric Karl Fischer Titration) و کارل فیشر کولومتری (Coulometric Karl Fischer) انجام می شود.

کارل فیشر حجمی

کارل فیشر حجمی در محدوده بیشتر از ۵۰۰ ppm، بسیار دقیق می باشد. ترکیباتی صابونی (Soap)، نمک های حاصل از ذرات سایشی و ادتیوهای پایه سولفوری روغن باعث ایجاد اختلال در آزمایش کارل فیشر حجمی می شود؛ به عنوان مثال در یک روغن نو، تمیز و خشک ادتیوهای فشار بالا (Extreme Pressure (EP و ادتیوهای ضدسایش (Anti wear (AW می توانند مقدار آب را به اشتباه ۲۰۰ ppm تا ۳۰۰ ppm گزارش دهند. روش های استاندارد ASTM که در کارل فیشر حجمی استفاده می شوند (D1533، D4377، D1744 (Method A) هستند.

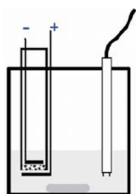
کارل فیشر کولومتری

روش کولومتری در محدوده ۱ ppm تا ۵۰۰۰۰ ppm آب، بسیار دقیق می باشد. از آنجایی که حجم آب موجود در روغن توربین معمولاً کمتر از ۲۰۰ ppm است؛

لذا استفاده از آزمایش کارل فیشر کولومتری بر اساس پروتکل ASTM D6304 (Method A) ترجیح داده می شود. روش های استاندارد ASTM که عمدتاً در کارل فیشر کولومتری مورد استفاده قرار می گیرند، شامل D6304 (Method A) و D4928، D1533 (Method A) می باشد.

**Volumetric Karl Fischer Titration**

Iodine is added by a burette during titration.
Suitable for samples where water is present as a major component: 100 ppm - 100%

**Coulometric Karl Fischer Analysis**

Iodine is generated electrochemically during titration.
Suitable for samples where water is present in trace amounts: 1 ppm - 5%

تصویر (۱۰-۸) - مقایسه آزمایش کارل فیشر حجمی و کارل فیشر کولومتری

▲ اظهار نظر توربین سازها در مورد مقدار آب روغن توربین

توربین سازهای مختلف در مورد میزان آب موجود در روغن توربین اظهار نظر کرده اند؛ به عنوان مثال آلستوم حداکثر مقدار آب روغن توربین را ۵۰۰ ppm تعیین کرده است و شرکت مپنا حداکثر مقدار آب روغن توربین های بخار و گازی خود را ۱۰۰ ppm قرار داده است.

	ASTM D4378	Ahlsom - Gas and Steam	GE - Gas	GE - Steam	Solar	MHI - Steam & Gas	Siemens/ Westinghouse
Source	ASTM D4378	HTGD901117	GEK 32568f	GEK 46506D	ES9-224	MS04-MA-CL001 and CL002	K-8962-11
Viscosity @ 40° C	+/- 5% of new oil	Exceeds ISO VG Class	25 to 41	29.6 to 36.3	+20% or -10% of new oil	26 to 39	+/- 10% of new oil
TAN	0.3 to 0.4 over new oil	0.2 rise above new oil	0.4	0.5	0.6 max for mineral oils; 0.8 for SHC	0.4 increase over new	0.3 to 0.4 over new oil
BP/VT	< 25%		< 25% of new	> 50 minutes	> 25% of new oil	> 25% of original	25% of new oil
Water	> 0.1%	500 ppm		0.1% max	2,000 ppm max		200 ppm max
Flash Point - ASTM D92	30°F drop from original			3/5-1 (191°C) minimum			
Rust Prevention - ASTM D6	light fail in 65A						
Cleanliness		17/14					
Demulsibility		60 minutes max					4 max minutes consult
Metals							minutes max
Foam	Seq I exceeds 450/10				Seq I - 300/10; Seq II - 300/10 (guideline)		Seq I - 400/10

آب
<100 ppm

برای مشاهده فایل ویدئویی این بخش، به لینک زیر مراجعه کنید و یا بارکد را اسکن نمایید.

<https://goo.gl/af4Z19>

