

خبر نامه شماره ۵

این یک خبر نامه تخصصی برای کارشناسان آنالیز ارتعاشات، مدیران نگهداری و تعمیرات و آموزش صنایع انرژی، نفت و گاز و پتروشیمی، نیروگاه ها، شیمیایی، فولاد و سیمان و .. و سازندگان ماشین های دوار است. خواهشمند است برای کسانی که مناسب می دانید فوراً ارسال نمایید و در صورتی که اشتباهها برای شما ارسال شده ضمن عرض پوزش آن را پاک نموده و با مراجعه به سایت www.tavator.com ایمیل خود را از عضویت خارج نمایید.

آیا با آنالیز ارتعاش می توان ایجاد ترک در کوپلینگ را پیش بینی نمود؟

یکی از چالش های آنالیز ارتعاشات عیب یابی کوپلینگ - نه همراستایی - است و برای کارشناسان پایش وضعیت همواره این سؤال مطرح است که آیا می توان توسط تکنیک هایی مانند طیف های فرکانسی و سیگنال زمانی و آنالیز فازی و بطور کلی آنالیز ارتعاشات خرابی های کوپلینگ را قبل از شکست نهایی کوپلینگ پیشگویی کرد یا باید به روشهای دیگر تکیه نمود. آیا کوپلینگ ها فرکانس های مشخصی دارند - مثلاً تعداد پیچ ضربدر سرعت چرخشی - یا مثلاً شکل موج زمانی خاصی دارند؟ در این مقاله نتیجه خواهیم گرفت که اگر چه آنالیز ارتعاشات نقش بسیار بسیار ارزنده ای در آشکار سازی عیوب مختلف ماشین های دوار دارد اما یک تکنیک جادویی نیست و در رابطه با باعیب یابی خود کوپلینگ کارآیی چندانی ندارد و باید سایر روشهای نگهداری از جمله بازرسی های دوره ای نیز مورد استفاده قرار گیرد.

یک سؤال

امروز کوپلینگ پین بوشی ID Fan شکسته شد و پس از بررسی مشخص شد که ترکی در کوپلینگ ایجاد شده و پس از گسترش به شکست کوپلینگ منتهی شده است. فن باید بطور دائم کار کند و کاور محافظ کوپلینگ هم امکان بازرسی چشمی را غیر ممکن ساخته است. آیا می توان روشی برای پیش بینی این نوع خرابی ارائه کرد؟

آنالیز ارتعاشات و عیوب کوپلینگ

برخی اعتقاد دارند نیم هارمونیک می تواند نشانه خوبی از خرابی های کوپلینگ (شکستگی پین، پارگی صفحات، استهلاک دندان، شکستگی زبانه ها، ترک در هاب و ..) باشد اما باید به این نکته توجه داشت که نیم هارمونیک می تواند نشانه عوامل دیگری همچون مالش سیل، شلاق روغن، و چرخش روغن، مالش روتور، استهلاک ژرنال بیرنگ در مراحل اولیه، فرکانس های طبیعی سازه ای در سازه های غیر خطی (به ندرت)، بعضی یاتاقان های ضد اصطکاکی و بعضی مشکلات کوپلینگ، لقی های یاتاقان (معمولاً به همراه ضرابی از نیم هارمونیک و بطور کلی هارمونیک های X/n مشاهده می شود) و در مواردی که ناهمراستایی شدید وجود دارد (ماشین بصورت دستی همراستاسازی شده باشد) قابل مشاهده است. بنابراین نمی توان بطور اختصاصی نیم هارمونیک را به خرابی کوپلینگ ارتباط داد.

کوپلینگ ها تنوع بسیار زیادی دارند و رفتار ارتعاشی آنها می تواند متنوع باشد اما فقط وقتی همراه با ناهمراستایی و لقی یاتاقان باشد در ارتعاش دخالت می کند. اگر سایر عوامل مانند ناهمراستایی و لقی یاتاقان وجود نداشته باشد المان های کوپلینگ هنگام خرابی کوپلینگ نمی توانند بعنوان یک فرکانس اختصاصی در طیف فرکانسی نقش داشته باشند زیرا بعنوان یک واحد دورانی کامل در انتقال قدرت نقش دارد. دقت نمایید در چرخ دنده ها عکس العمل نیروهای انتقالی بین دنده ها به

یاتاقان‌ها انتقال یافته و باعث ایجاد نیرویی با فرکانس درگیری چرخ دنده‌ها می‌شود اما در کوپلینگ تنها کوپل انتقال می‌یابد و هیچگونه نیروی عکس‌العمل در یاتاقان ایجاد نمی‌کند. بنابراین اگر ناهمراستایی و لقی وجود نداشته باشد حتی اگر تعدادی از پیچهای کوپلینگ هم شکسته باشد یا دندانه‌ها یا زبانه‌ها خرد شده باشد هیچ عکس‌العملی در یاتاقان ایجاد نکرده و دلیلی ندارد که با یک فرکانس مشخص در طیف فرکانسی ظاهر گردد. فرکانس‌هایی که بعضی دوستان از حاصلضرب تعداد پیچ‌های کوپلینگ در سرعت چرخشی یا تعداد دندانه‌ها یا زبانه‌ها در کوپلینگ محاسبه می‌کنند هیچ ارتباطی با خرابی کوپلینگ ندارد اگر چه در حضور ناهمراستایی این فرکانس‌ها ممکن است مشاهده گردد که نشانه ناهمراستایی است نه خرابی کوپلینگ.

عوامل خرابی کوپلینگ‌ها

کوپلینگ‌ها المان‌های بادوامی هستند و اگر خوب نصب شوند، خوب روانکاری شوند (نوعی) و ماشینها خوب همراستاسازی شده باشند، سالیان سال کار می‌کنند. اما باید به این نکته نیز توجه داشت که کوپلینگ‌ها در بسیاری از موارد نقش فیوز را هم عمل کرده و بعنوان ضعیف‌ترین المان در مسیر انتقال قدرت طراحی می‌شود. بنابراین خستگی ناشی از بارهای دینامیکی عامل اصلی شکست در کوپلینگ‌هاست. این خستگی اگر در طراحی در نظر گرفته نشده باشد، باعث کاهش عمر استاندارد کوپلینگ می‌گردد. بر این اساس عیوب مختلفی که می‌تواند در خرابی کوپلینگ نقش داشته باشد را می‌توان بصورت زیر دسته‌بندی نمود:

۱- عوامل ارتعاشی

- a. ناهمراستایی کوپلینگ‌های با المان‌های انعطافی - همه انواع ناهمراستایی
- b. لقی یاتاقان - مخصوصاً همراه با نابالانسی یا ناهمراستایی
- c. ارتعاشات پیچشی - اگر کوپلینگ در مسیر این نوع ارتعاشات باشد.
- d. لقی همه المان‌های کوپلینگ - در این حالت ناهمراستایی‌های مجاز نیز باعث ایجاد ارتعاش می‌گردد.

۲- عوامل غیر ارتعاشی

- a. کوپلینگ صلب، ماشین ناهمراستا ولی کوپلینگ همراستا - در این وضعیت ممکن است وجود ناهمراستایی ارتعاش ایجاد نکند اما باعث بارهای دینامیکی شدیدی بر شافت و کوپلینگ می‌گردد.
- b. گشتاورهای دینامیکی - باعث خستگی المان‌ها می‌گردد، مثلاً در کمپرسورهای رفت و برگشتی.
- c. بار بیش از حد - جنس کوپلینگ و نوع آن بخوبی انتخاب نشده باشد.
- d. ساخت و نصب نامناسب - عدم رعایت انطباق‌ها و هم‌مرکزی‌ها که خود می‌تواند عاملی برای ایجاد ارتعاش باشد.
- e. روانکاری نامناسب - افزایش حرارت کوپلینگ و کاهش تنش تسلیم و مقاومت خستگی مواد المان‌های کوپلینگ.

عوامل ارتعاشی را به سادگی می‌توان با آنالیز ارتعاشات آشکار سازی نمود و قبل از تاثیر بر کوپلینگ، آنها را مرتفع نمود، اما مواردی که معمولاً قابل پیش‌بینی نیستند در اثر عوامل غیر ارتعاشی ایجاد می‌شوند که آنالیز ارتعاشات نمی‌تواند در آشکارسازی آنها نقش مهمی داشته باشد.

روشهای غیر ارتعاشی پایش وضعیت

برای پایش وضعیت کوپلینگ هایی که تحت عوامل غیر ارتعاشی وجود دارند، مخصوصاً کوپلینگ هایی که روی ماشین های حیاتی نصب شده و شکست آنها می تواند خسارت های قابل توجهی از لحاظ توقف تولید و هزینه های تعمیراتی داشته باشد، معمولاً روشهای بازدیدها و تست های دوره ای مطرح می شود. این روشها ممکن است زمان و هزینه در بر داشته باشد اما برای ماشین های مهم لازم است اجرا شود. در این قسمت به مهمترین آنها به همراه شرح ویژگی های هر کدام می پردازیم:

روشهای هنگام کار ماشین

مانند ارتعاش سنجی می توان هنگام کار ماشین بعضی تست ها را انجام داد. این روشها عبارتند از:

۱- مشاهده با چراغ استروبوسکپ

بعنوان یک روش معمول در بسیاری از موارد توصیه شده است و می تواند ترک ها، پیچ های لق یا شکسته، پارگی صفحات و .. را نشان دهد اما نکته حائز اهمیت این است که تنها وقتی خرابی های کوپلینگ با چراغ استروبوسکپ قابل مشاهده است که خرابی به حد خطرناکی گسترش یافته باشد. در این صورت یا باید خیلی شجاع باشید یا از قدرت انفجاری کوپلینگ که در شرف از هم پاشیدگی است بی خبر باشید که با یک چراغ استروبوسکپ به مشاهده چنین کوپلینگی مشغول شوید. البته کاور کوپلینگ هم باید از نوعی باشد که کوپلینگ را بتوانید ببینید یا آن را برداشته باشید که در این صورت خطر آن را چند صد برابر کرده اید.

۲- ترموگرافی

ترموگرافی مخصوصاً در آشکارسازی ناهمراستایی های غیر ارتعاشی (کوپلینگ های صلب) و همچنین مشکلات روانکاری بسیار موثر است. بنابراین در ماشین های حیاتی توصیه می شود حتماً از این روش استفاده شود.

۳- التراسونیک هوایی - صوت سنجی

در برخی موارد توصیه شده که با ضبط صدای کوپلینگ و شنیدن آن در یک محیط آرام و یا آنالیز آن، صداهای ناشی از باز و بست ترک ها و یا صفحات پاره شده کوپلینگ شناسایی شوند. اما شخصاً فکر نمی کنم با این همه صداهای متنوعی که در مجاور ماشین وجود دارد بتوان این موارد را استخراج کرد.

روشهای هنگام توقف ماشین - PM

هنگام توقف ماشین و در قالب برنامه های PM می توان تست های NDT زیر را جهت بازرسی کوپلینگ ها انجام داد:

۱- امواج برشی التراسونیک

روش التراسونیک از روشهای موثر در آشکارسازی ترک هاست. این روش کمی وقت گیر و هزینه بر است و بنابراین فقط برای موارد حساس استفاده می شود.

۲- ذرات مغناطیس

روش دیگری است برای آشکارسازی ترک ها که موثر تر از روش قبلی است.

۳- مایع نافذ

معمول ترین و ارزان ترین روشهای ترک یابی است که حداقل باید از این روش در ترک یابی ها استفاده کرد.

۴- بازرسی های چشمی

علاوه بر روشهای فوق اولین کاری که انجام می شود بازرسی چشمی کل کوپلینگ است که می توان خرابی هایی که توسعه پیدا کرده اند را حتی با چشم غیر مسلح مشاهده نمود.

بازرسی های فوق را می توان در برنامه های PM گنجانده و براساس حساسیت ماشین زمان های آن را برنامه ریزی کرد. بعنوان مثال در یک شرکت کوپلینگ ماشین های موجود در محوطه باز را هر شش ماه یک بار و کوپلینگ ماشین های ایزله (محیطی) را هر یک سال یک بار بازرسی می کنند.

برای دستیابی به بهترین برنامه PM لازم است برای کوپلینگ هایی که شکسته اند یک آنالیز ریشه یابی عیوب RCA انجام گردد و براساس نتایج آن برای PM برنامه ریزی نمود. در ادامه نمونه ای از اطلاعاتی که در یک برنامه ریشه یابی عیوب لازم است جمع آوری شود آورده شده است:

آنالیز ریشه یابی عیوب RCA

برای اینکه بهترین برنامه بازرسی برای کوپلینگ بدست آید باید سئوالاتی مانند سئوالات زیر پاسخ داده شود:

۱. کوپلینگ چه نوعی است؟
۲. ترک و خرابی های مورد نظر در چه قسمتی اتفاق افتاده است؟
۳. قدرت و دور چقدر است؟
۴. سازنده اصلی کوپلینگ کیست، مدل و ترکیب مواد از چیست؟
۵. فرآیند نصب کوپلینگ چگونه بوده است؟
۶. این کوپلینگ بین چه ماشین هایی نصب شده است؟
۷. آیا جعبه دنده هم در این میان وجود دارد؟
۸. زمان بین خرابی ها چقدر است؟
۹. آیا قبلاً بدون ترک مدتها کار کرده یا از ابتدا این مشکل را داشته است؟
۱۰. آیا اخیراً هر یک از ماشین های کوپل شده را عوض کرده و یا شرایط کاری آنها را تغییر داده اید؟
۱۱. اگر این مشکل فقط یک بار است که اتفاق افتاده است، آیا آنالیز متالورژی انجام داده اید؟ آیا آنالیز مکانیزم شکست انجام شده است؟
۱۲. اگر ترک بارها اتفاق افتاده آیا ارتعاشات پیچشی بررسی شده است. (معمولاً هزینه بر است و معمول هم نیست، این کار را می توان با استفاده از استرین گیج و پکیج های تله متری انجام داد.)
۱۳. آیا کوپلینگ شکسته از تامین کننده معتبر تهیه شده است؟ یا امور کالا قیمت پایین تر را مد نظر قرار داده و جنس با کیفیت پایین خریداری کرده و باعث توقف تولید شده است!

علاوه بر پاسخ به سئوالات فوق فعالیت های تحلیلی از جمله موارد زیر سودمند خواهد بود:

۱. اگر ترک عیب غیر معمول است کوپلینگ را برای کارشناسی و علت یابی بیشتر برای سازنده بفرستید.
۲. انجام آنالیز شکست مواد برای تعیین نوع شکست (در اثر خستگی و یا بیش بارگذاری برشی یا ..)

۳. بررسی سابقه شکست کوپلینگ های مشابه، عمر کوپلینگ چقدر بوده است؟ کی عوض شده، آیا بیش از ۵ سال پیش است؟
۴. اگر شکست زود رس است - کمتر از دو سال- و کوپلینگ از تامین کننده معتبر تهیه شده بهتر است آزمایش متریال انجام شود تا از ترکیب مواد مورد نظر اطمینان حاصل گردد.

نظرات دوستان

برخی دوستان نظراتی عموماً در تایید موارد فوق داشته اند که خواندن آنها بد نیست.

- در طول چندین سال تجربه پایش وضعیت در یک مورد نادر با ترموگرافی حرارت قابل توجه کوپلینگ مشاهده شد که مشخص شد بدلیل نیستن واشر و بیرون ریختن مواد روانکار از کوپلینگ ایجاد شده است.
- کوپلینگ های قفل شده ای (جام کرده) داشتم که در فرکانس نیم هارمونیک خودش را نشان نداده است. نیم هارمونیک معمولاً در اثر ناهمراستایی بسیار ضعیف ایجاد می گردد (همراستاسازی های دستی).
- (نکته: در کوپلینگ های دنده ای برای جلوگیری از قفل کردن کوپلینگ - جام کردن- یک مقدار خارج از مرکزی حداقل در نظر گرفته شود تا دنده ها در حد مجاز روی هم بازی کنند، در غیر اینصورت دنده ها نسبت به هم ثابت بوده و ممکن است به مرور زمان قفل شود!)
- در یک کوپلینگ دیسکی دیسکها پاره شده بود با استروبوکسکپ دیده شد ولی هیچ سیگنالی در طیف فرکانسی دیده نشد.
- در یک کوپلینگ دنده ای بدون تغییری در روند ارتعاشی همه دندانه ها ساییده شد و کوپلینگ هرز شد.
- اکثر عیوب ماشین های دوار با ناهمراستایی شروع می شود و کوپلینگ ها ضعیف ترین قسمت برای شکست هستند.
- دیسک ها پاره شدند و کاور کوپلینگ دنده ای ترک برداشته اما نیم هارمونیک نشان نمی دهد.
- وقتی نیم هارمونیک را دیدید باید با چراغ استروب و ترموگرافی آنالیزهای تکمیلی را انجام دهید. نیم هارمونیک ارتباط دقیقی با کوپلینگ ندارد.
- اگر با مشاهده هر نیم هارمونیک کوپلینگ را بیرون بکشی تا آن را بازرسی کنی سرمایه هایت را بزودی از دست می دهی. اما اگر وقتتان را روی همراستاسازی دقیق و مونتاژ صحیح بگذارید نتیجه بسیار بهتری خواهید گرفت.
- خرابی های کوپلینگ فرکانس مشخصی ندارد و نمی توان شاخصی برای آن پیدا کرد بهترین روش بازدید های دوره ای چشمی برای آن است.
- در جایی که نمی توان سنسور نصب کرد. صدا را ضبط میکنم و بعد در یک محیط آرام گوش می کنم. اطلاعات مفیدی بدست می آید.
- دیگری گفته ارتعاش افقی، عمودی محوری را بگیرد و افزایش در هارمونیک اول و دوم می تواند نشان دهنده عیب کوپلینگ باشد. همچنین اطلاعات فاز اطراف کوپلینگ (باید تذکر دهم این نظر در مورد پایش بینی ناهمراستی است نه خرابی کوپلینگ)

نتیجه گیری:

- ۱- آنالیز ارتعاشات برای آشکار سازی خرابی های کوپلینگ به تنهایی کافی نیست.
- ۲- روشهای بازرسی های غیر ارتعاشی استفاده از نور استروپوسکپ (با رعایت ایمنی) و ترموگرافی و آنالیز صوت سودمند است.
- ۳- روشهای بازرسی PM اعم از ترک یابی التراسونیک، ذرات مغناطیسی، مایع نافذ و بازرسی های چشمی بسیار سودمند است اما انتخاب هر یک با توجه به هزینه های هر کدام باید برای ماشین های حساس و نیمه حساس متعادل باشد.
- ۴- استفاده از RCA اطلاعات خوبی برای برنامه ریزی های PM و حذف عوامل اصلی خرابی بدست می دهد.

درخاتمه از کلیه اساتید و دوستان محترم تقاضا مندم نظرات خود را در خصوص مطالب فوق اعلام و در صورتی که تجارب دیگری غیر از موارد مورد اشاره دارید برای من ارسال کنید.

پایان

علی اکبر وکیلی

vakili@tavator.com

شرکت مهندسی تواتر سپاهان طراحی، ساخت و نصب سیستم های مانیتورینگ ماشین های دوار

www.tavator.com