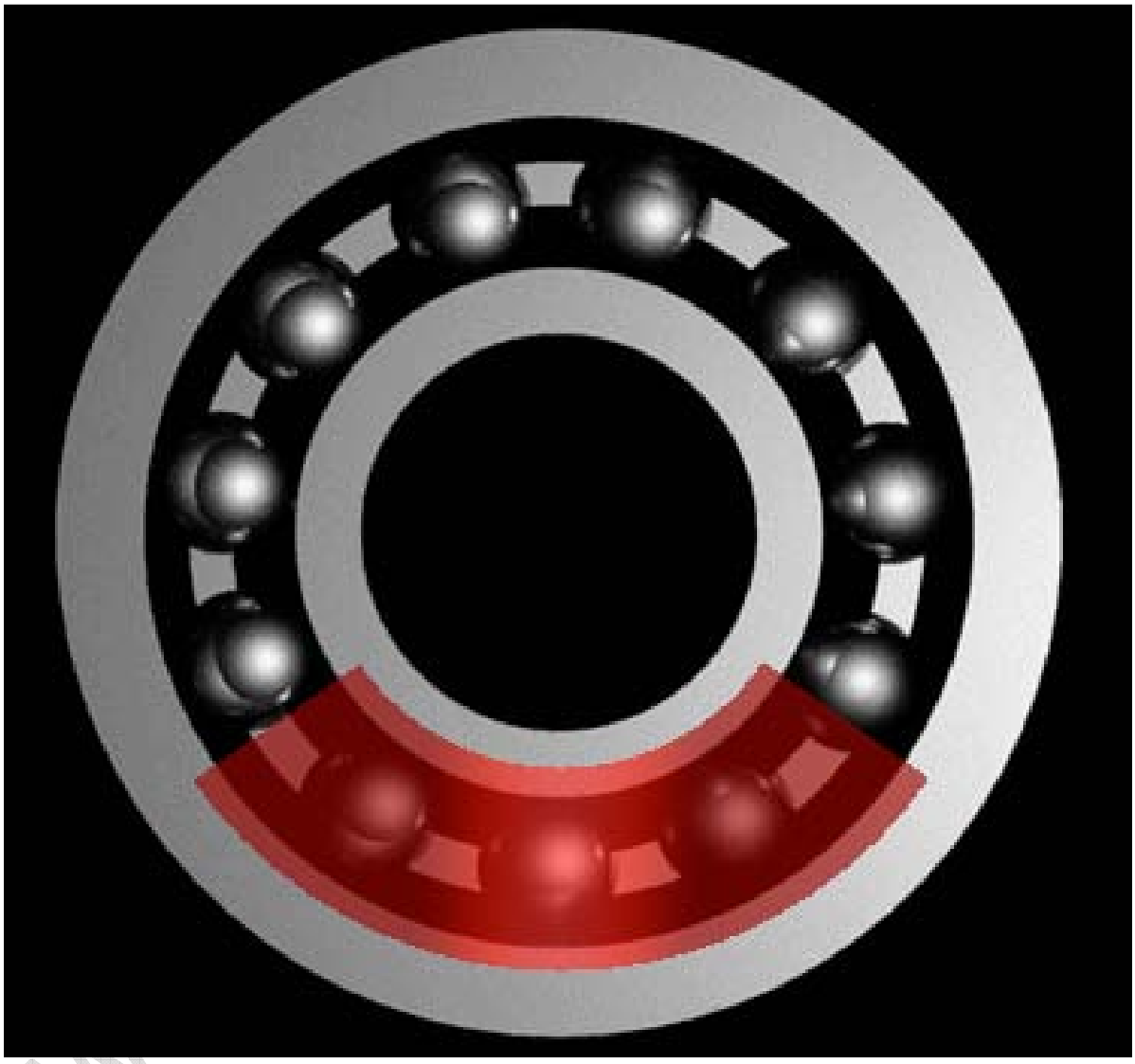
rkazemie@gmail.com
09131255986

تشخیص خرابی بیرینگ های ساچمه ای با آنالیز ارتعاشات



تحقیق و ترجمه: مهندس صابر اصغری

ویرایش: مهندس غلامرضاکاظمی

شهریور ۹۰

تشخیص خرابی بیرینگ های ساچمه‌ای

تشخیص خرابی بیرینگ های ساچمه‌ای بالاترین الویت بسیاری از تحلیلگران ارتعاش است. تشخیص خرابی در ابتدایی ترین مراحل باید در الویت باشد، با این حال در واقعیت بسیاری از آنالیست ها در اولین یا دومین مرحله خرابی قادر به کشف آن نیستند. این مقاله قصد دارد کمک کند تا خرابی را در مرحله اول تشخیص دهید به طوری که بتوانید برنامه نگهداری و تعمیرات تان را در کنترل داشته باشید .

در این مقاله چهار مرحله از خرابی بیرینگ و چگونگی استفاده موفق از مافوق صوت، شوک پالس، اسپایک انرژی، peakvue، enveloping/demodulation و روش های آنالیز شکل موج و آنالیزطیف تشریح خواهد شد. همچنین اینکه چرا نباید بر روند تغییرات سطح ارتعاش کلی[1] تکیه کرد تشریح می شود.

کاهش خرابی های بیرینگ

هیچ مقاله‌ای بدون بحث در مورد اینکه چرا بیرینگ زود خراب می‌شود نمی‌تواند کامل باشد. الویت اول باید به حداقل رساندن دلایل خرابی بیرینگ باشد در صورت موفقیت دیگر نیاز نخواهید داشت روی تکنیک های آنالیز بیشتری تکیه کنید. منظور این نیست که بخواهیم آنالیز های ارتعاشات را کنار بگذاریم. یا اینکه حتی بخواهیم برنامه مانیتورینگ ارتعاشات را کوچک کنیم (زیرا همیشه خرابی بیرینگ و دیگر خطاهای مکانیکی وجود خواهند داشت) نکته این است که راه قابلیت اطمینان تجهیزات با آنالیز ارتعاش آغاز نشده باشد.

واقعیت این است که اگرخرید، حمل و نقل، ذخیره، نصب، و روانکاری بیرینگ درستی داشته باشید، و ماشین‌ها بالانس، هم‌محور و کارکرد خوبی دور از فرکانس های طبیعی، داشته باشند، طول عمر بیرینگ طولانی‌تر خواهد شد.

---

[1] Overall

www.cmmlearn.com

ممکن است روی بسیاری از این فاکتورها کنترل نداشته باشید، اما اگر با آنالیز ارتعاشات درگیر هستید چیز وجود دارد که قطعا می توانید انجام دهید: در جستجوی شرایطی باشید که باعث کاهش طول عمر بیرینگ خواهد شد، وقتی بیرینگ آسیب دیده‌ای را پیدا کردید از آنالیز ریشه علت ها[۲] غافل نشوید.

این مقاله با اشاره به اینکه تشخیص خرابی ساچمه های بیرینگ بالاترین الویت برای بسیاری از تحلیلگران ارتعاش است آغازشده است. حقیقت غم انگیز اینستکه برای بسیاری از تحلیلگران این تنها الویت است، نابالانسی، عدم هم محوری، soft foot و رزونانس اغلب الویت کمتری دارند. اگرچه این شرایط خرابی بیشتر در ابتدای نمودارهای خرابی می آیند، تشخیص آنها می‌تواند بسیار دشوار باشد. آنالیز فاز یکی از قوی‌ترین تکنیک‌ها است و در عین حال ابزاری است که می تواند کمک بزرگی در تشخیص این شرایط خرابی باشد اما باید سر فصل مقاله دیگری باشد.

نکته این است که این شرایط استرس بیشتری روی بیرینگ وارد می‌کنند، در نتیجه عمر بیرینگ را کاهش می‌دهند. اگر مراقب این شرایط نباشید، خیلی زود اولین مراحل خرابی بیرینگ را خواهید دید.

الگوی خرابی بیرینگ

قبل از اینکه به چهار مرحله خرابی بیرینگ وارد شویم، بهتر است در واژه هایی عمومی توصیف کنیم که چگونه ارتعاش تغییر می کند. بطور کلی، خرابی بیرینگ در چهار نیروی فرکانسی ظاهر می شود: فرکانس عبور ساچمه از رینگ خارجی[۳]، فرکانس عبور ساچمه از رینگ داخلی[۴]، فرکانس چرخش ساچمه[۵]، و فرکانس چرخش کیج[۶]. این مطلب را عمیق‌تر بحث خواهیم کرد، اما اول حرکت (انرژی باند پهن) را توضیح می دهیم:

برگزاری دوره های آموزشی CM و بالانسینگ در شرکت شما (Field training).

---

[۲] root cause analysis
[۳] BPFO
[۴] BPFI
[۵] BSF
[۶] fundamental train frequency (FTF)

اگر بیرینگی کم روانکاری شده باشد، می‌توانیم افزایشی در سطح صدا در فرکانس‌های بالا را در آن تشخیص دهیم که در فرکانس خاصی نیست، در عوض به تعدادی از فاکتورهایی که در ساخت ماشین لحاظ شده‌اند بستگی خواهد داشت. البته نمی‌توانید آنرا بشنوید، چرا که بالاتر از محدوده شنوایی است.

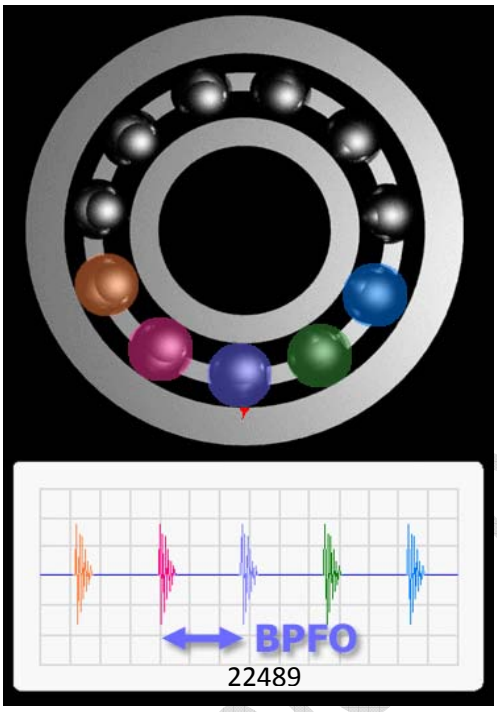
همچنانکه روانکاری بدتر می‌شود، سطح صدا افزایش خواهد یافت، اما فرکانس صدا به آرامی کاهش می یابد، از فرکانس خیلی بالا به فرکانس بالا جابجا خواهد شد. نه اینکه بگوییم نمی‌توانید شرایط فرکانس پایین‌تر را تشخیص دهید بلکه در فرکانس بالاتر قوی‌تر است.

همچنانکه فیلم روانکار بین سطح بیرینگ کاهش پیدا می‌کند، تماس فلز با فلز را بیشتر خواهیم داشت، که باعث ایجاد "امواج استرس [۷]" می شود. امواج استرس (همچنین به عنوان شوک پالس نامیده می شوند) که مانند امواج در یک حوضچه هستند. لحظه‌ای که سطوح فلزی تماس پیدا می کنند، موجی از انرژی از نقطه تماس با سرعت صوت ساطع می‌شود. همه اینها خیلی سریع، احتمالا در کمتر از یک هزارم ثانیه اتفاق می افتد.

حتی اگر دلیل اساسی خرابی بیرینگ روانکاری ناقص نباشد، اگر بیرینگ‌ها بخاطر نصب نامناسب، برجستگی‌های ناشی از بار استاتیکی زیاد (شرایطی استکه بیرینگ ارتعاش زیاد دارد در حالیکه در اندازه‌گیری قبلی شرایط خوبی داشته است)، EDM، ناهمراستایی، یا هردلیلی، آسیب دیده باشد. با پیشرفت خرابی زیر سطحی زمانی خواهد رسید که تماس فلز با فلز بین دو سطح روی خواهد داد، یا امواج استرس از سطح زیری تولید خواهد شد. عیب‌های زیر سطحی به علت نیروهای فوق‌العاده‌ای که بیرینگ تجربه می کند به آرامی پیشرفت خواهند کرد. تفاوت در این است که این خرابی‌ها احتمالا متمرکز شوند، مثلا در پایین رینگ خارجی. صدای ناشی از بیرینگ بعلت روانکاری ناقص نسبتا ثابت است (به صورت راندومی است، بنابراین تناوبی نیست)، در حالی که وقتی شرایط خرابی توسعه می یابد (به عنوان مثال یک ترک یا پریده‌گی) منبع جدیدی از ارتعاشات تناوبی ارائه خواهد شد. اگرآسیب روی رینگ خارجی باشد، هر وقت ساچمه های بیرینگ از آن محل عبور کنند ضربه‌ای در ارتعاش بوجود خواهد آمد. وقتی نقطه خرابی بین ساچمه‌های بیرینگ باشد، ارتعاشی وجود ندارد (ارتعاش کم

[۷] stress waves

است). نکته مثبت این است که می توانیم فرکانس های این ارتعاش را محاسبه کنیم (می توانیم تعیین کنیم چند بارساچمه ها از آن نقطه عبور خواهند کرد). نکته منفی این است که دامنه ارتعاش خیلی خیلی کم است.



ارتعاش "ضربه ها" که ناشی از عبور ساچمه‌ها از محل آسیب دیده رینگ خارجی هستند

با افزایش میزان خرابی، شاهد تناوب بیشتر تماس بین سطوح فلزهستیم. همچنانکه ترکها پیشرفت می کنند، یا خرابیهای زیر سطحی رشد می کنند و در نهایت شکست در سطح رخ می دهد، ارتعاش به سه روش کلیدی تغییر خواهد کرد:

۱-ارتعاش تناوبی خواهد شد و درک ماهیت عیب آسان‌تر می‌شود. آسیب روی رینگ خارجی الگوی متفاوتی با فرکانس آسیب روی رینگ داخلی و ساچمه‌های بیرینگ و کیج دارد.

۲-فرکانس "انرژی باندپهن" بطور مشهود کاهش خواهد یافت. به آرامی از فرکانس خیلی بالا به فرکانس بالا، و سرانجام، به فرکانس‌های پایین حرکت خواهد کرد. وقتی بیرینگ کاملا آسیب دیده باشد ارتعاش در رنج شنوایی خواهد بود و می‌تواند با طیف سرعت معمولی تشخیص داده شود. وقتی بیرینگ خیلی بد آسیب دیده باشد توده‌ای از پیک در طیف ایجاد خواهد شد و باعث می شود "noise floor" طیف سرعت بالا بیاید.

۳- قدرت نیروهای درگیر افزایش خواهد یافت و در نتیجه دامنه ارتعاش رشد خواهد کرد، تشخیص خرابی آسان‌تر می شود.

قدرت دانش

ممکن است دو سوال در ذهن ایجاد شود: چرا نیاز است بدانیم که بیرینگ خرابی خیلی کمی دارد در صورتیکه هنوز مدتی طولانی از عمر آن باقی مانده است، و چرا نیاز است بدانیم آسیب در رینگ داخلی، رینگ خارجی، اجزای بیرینگ یا کیج است؟

اینها سوال های خوبی هستند

دو هدف پایه در آنالیز ارتعاشات وجود دارد: توقف ماشین (بیرینگ ها) قبل ازخرابی سنگین، و ارائه آگاهی به اداره نگهداری (و تولید) در کنترل ماشین. اگر در مراحل ابتدایی بدانید خرابی در حال توسعه است، می توانید تصمیم بگیرید چه کاری مهم تر است. براساس حساسیت ماشین، در دسترس بودن قطعات یدکی، مطالبات تولید، وجود برنامه های نگهداری وتعمیرات، می توانید تصمیم بگیرید چه باید بکنید. آگاهی از ماهیت و شدت شرایط خرابی باعث می شود اوضاع در کنترل باشد. و برای روشن شدن یک نکته، زمان تا شکست، و ماهیت شکست برای رینگ داخلی، رینگ خارجی، اجزای بیرینگ، و کیج متفاوت است.

تشدید

در این مرحله به معرفی یک اصطلاح دیگر نیاز داریم تشدید. وقتی به یک زنگ ضربه می‌زنید، در یک فرکانس مخصوص ارتعاش خواهدکرد. در حقیقت علاوه بر فرکانس غالبی که می‌شنوید در واقع در تعداد زیادی از فرکانس‌ها ارتعاش می کند. زنگ‌ها با اندازه و شکل‌های مختلف در فرکانس‌های مختلفی ارتعاش می‌کنند که به جرم وسختی‌شان بستگی دارد. میزان لرزش (و یا صدا در این مورد) که می شنویم بسته به میزان نیروی مورد استفاده در ضربه به زنگ، و میزان استهلاک آن است. ماشین‌ها و بیرینگ‌ها (و شتاب‌سنجی که برای اندازه‌گیری ارتعاشات استفاده می کنیم)، به همان شیوه عمل می کنند همه با فرکانس طبیعی ارتعاش خواهند کرد. بدلیل

روانکاری کم "انرژی پهن باندی" ایجاد خواهد شد، رزونانس تحریک می‌شود. وقتی تماس فلز با فلز اتفاق می‌افتد، و وقتی خرابی ظاهر می شود (زیر سطح ها، پریده‌گی‌ها، ترک‌ها) این نیروها دوباره رزونانس را تحریک می‌کنند.

ممکن است متعجب شده باشید چه ارتباطی بین رزونانس‌ها با خرابی بیرینگ باید باشد. آنها به دو دلیل مهم هستند: رزونانس ارتعاش را تقویت می کند، اندازه گیری آنرا آسانتر می‌سازد، و می‌توانیم با کمک رزونانس در شتاب‌سنج دامنه ارتعاش را بیشتر کنیم.

تکنیک های تشخیص خرابی بیرینگ

تکنیک های زیادی وجود دارد که می توانند در تشخیص خرابی بیرینگ بکار روند. خلاصه‌ای از آنها در زیر آمده است:

آلتراسونیک

فرکانس‌های بالا (بالای رنج شنوایی) ارتعاش ناشی از بیرینگ، که انتشار اکوستیک نامیده می شوند، می‌توانند رصد شوند، یا با قرائت دسیبل نرخ تغییر آنها می تواند رسم شود، یا با گوش دادن از طریق هدفون‌ها چراکه صدا "heterodyned"است (یعنی می تواند از ترکیب دو جریان متناوب جریانی با فرکانسی برابر مجموع یا تفاضل فرکانس دو جریان مزبور حاصل شود) بطوریکه در رنج شنوایی ما قرارگیرد. اگر بیرینگ در شرایط خوبی باشد، باید صدای خفه و صافی داشته باشد. اگر صدای غرش بالای منظمی، یا صدای ترک مانند می‌شنوید، ممکن است بیرینگ به روانکاری نیاز داشته باشد، یا ممکن است آسیب دیده باشد. این یک روش ساده قابل استفاده است. لذا به تناوب می‌تواند برای کشف خرابی بیرینگ استفاده شود که البته در مراحل بعد با یکی از تکنیک‌های آنالیز ارتعاشی که در زیر تشریح می شوند قابل آزمایش است. این روش‌ها حتی می‌تواند در طول روانکاری استفاده شوند تا از گریسکاری کم یا زیاد جلوگیری شود-همیشه باید در این مورد دقت زیادی کرد.

www.cmmlearn.com

Shock Pulse Method: SPM®

شرکت spm در سال ۱۹۶۰ سنسور ارتعاشی را پیشرفت داد که با یک روش قابل پیش‌بینی در حدود ۳۰ کیلو هرتز رزونانس می‌کرد. هنگامی که روانکار ناکافی است، و در مرحله ابتدایی خرابی بیرینگ، سنسور به تشدید می افتد. Carpet یا کف طیف ارتعاش بررسی می شود، اگر پیک هایی، یا spike وجود داشته باشد ناشی از تماس فلز با فلز است. اگر سنسور بدرستی نصب شده باشد، روش شوک پالس، نیز که توسط شرکت PRÜFTECHNIK استفاده می شود، می تواند ماهیت مشکل روانکاری و شدت خرابی بیرینگ را نشان دهد. همچنین در روش مشابهی می توان از تکنیک envelop استفاده کرد، که یک طیف و شکل موجی برای آنالیز دقیق ارائه می دهد.

Spike Energy

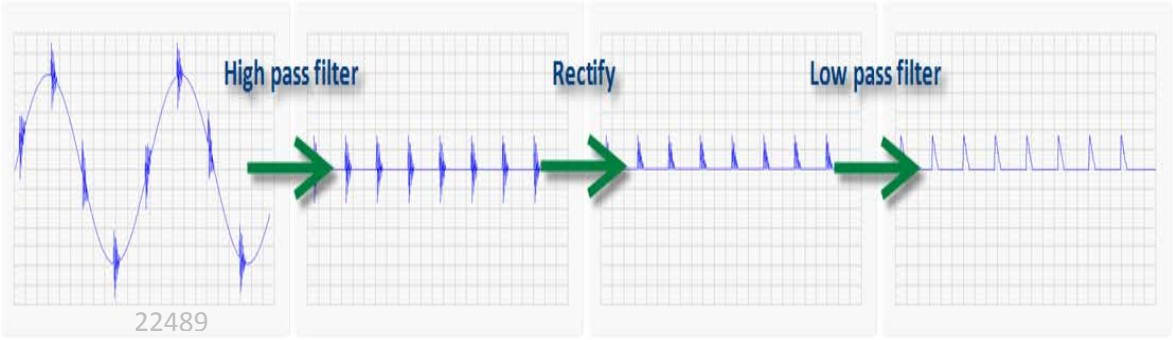
که در ۱۹۷۰توسط شرکت IRD Mechanalysis توسعه داده شده (توسط entek و سپس توسط Rockwell خریداری شد) روش اسپایک انرژی از رزونانس شتاب سنج نصب شده مشابه روش شوک پالس استفاده می کند. ارتعاش سنسور (که در محدوده فرکانس تشدید فیلتر می شود) در فرآیندی که سطح پیک را نگه می دارد عبور می کند بطوری که ترند gSE قرائت شده می تواند رسم شود. علاوه بر آن، یک طیف و

www.cmmlearn.com

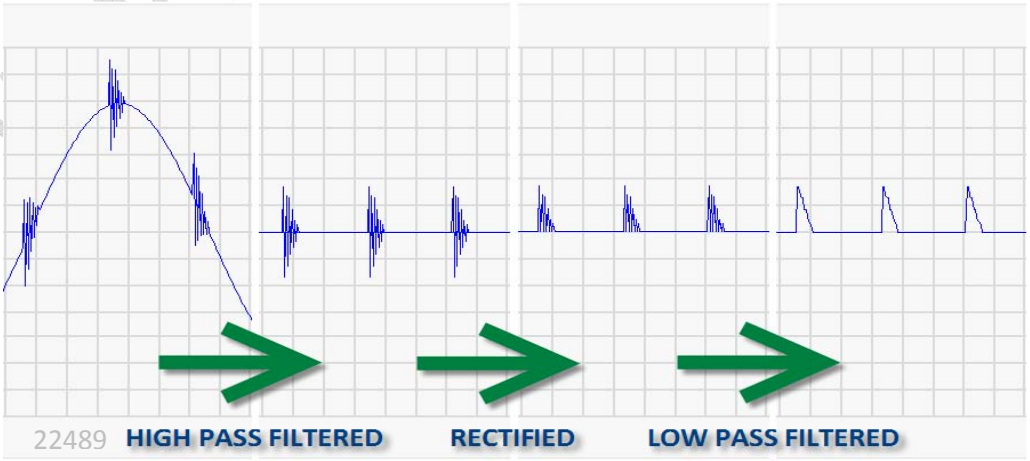
شکل موج زمانی را می توان با روشی مشابه به envelop نمایش داد. خیلی مهم است که از یک سنسور برای همه اندازه گیری ها استفاده شود، زیرا سنسور متفاوت قرائت دامنه های مختلفی را ارائه خواهد کرد.

Enveloping and Demodulation

این دو نام ضرورتا استفاده شدند تا یک روش را توصیف کنند. این فرآیند برای دو عملکرد استفاده شده است: حذف دامنه بالا، ارتعاش فرکانس پایین (که در غیر اینصورت ارتعاش دامنه کم بیرینگ را تحت شعاع قرار می‌داد)، وتبدیل ضربات فرکانس بالا " SPIKE " به یک سیگنال فرکانس کم بطوریکه آنالیز طیف و شکل موج زمانی بتواند انجام شود. در این مثال، زمان بین هر "ضربه" زمانی است که طول می کشد تا هر ساچمه بیرینگ از روی محل خراب شده روی رینگ خارجی عبور کند- فرکانس گذر ساچمه روی رینگ خارجی نامیده می‌شود (BPFO) – آن که در شکل زیر نشان داده شده است. ضروری است تا فیلتر بالاگذری بدرستی تنظیم شود تا ارتعاشی که باقی می‌ماند فقط از بیرینگ بیاید (و نه مثلا از گیر بکس)



Or



اگر هیچ خرابی وجود نداشته طیف envelope دارای نویز خواهد بود، و اگر خرابی وجود داشته باشد پیک (وهارمونیک‌های) نیروهای فرکانسی بیرینگ را در خود خواهد داشت. همچنانکه خرابی توسعه می یابد دامنه این پیک ها افزایش خواهد یافت، در مرحله آخر خرابی بیرینگ noise floor بالا خواهد رفت و پیک ها را در خود خواهد بلعید.

PeakVue

روشPeakVue ابتکار شرکت CSI (Emerson Process Management) است،که یک طیف و شکل موج زمانی را برای تشخیص خرابی بیرینگ در مرحله ابتدایی ارائه می دهد. این روش به رزونانس سنسور نصب شده متکی نیست. و تفاوت مهمی با تکنیک envelope دارد. از سیگنال آنالوگ سنسور در فرکانس‌های خیلی بالا (102KHz) نمونه برداری می‌شود تا امواج تنشی کوتاه مدت استخراج شوند. با استفاده از الگوریتم ثبت پیک شکل موج زمانی (و طیف حاصل) قابل مشاهده برای آنالیست نگهداشته می‌شوند تا ترند سطوح پیک را بتوان رسم کرد. فیلتر بالا گذری برای حذف سیگنال دامنه بالا فرکانس پایین استفاده می‌شود، همینطور در همه روش ها، انتخاب تنظیمات درست فیلتر مهم است.

چهار مرحله خرابی بیرینگ

بطور کلی خرابی های بیرینگ در چهار مرحله تشریح شده است (شخصا ترجیح می دهم تعداد مراحل بیشتری در نظر بگیرم زیرا از نقطه نظر ارتعاشی، بیشتر از چهار تغییر می بینیم.)

مرحله اول

در مرحله اول خرابی جزیی است، بیرینگ فقط 10 تا 20 درصد از عمرش را طی کرده است. اگر در این مرحله بیرینگ تعویض شود ممکن است هیچ عیبی را نبینید. آسیب عمدتا زیر سطحی است. در این مرحله باید به مراقبت وضعیت بیرینگ ادامه دهید، اما باید همچنین علل ریشه ای و درمان آنرا در نظر داشته باشید: روانکاری بیرینگ، چک کردن بالانس و همراستایی، اصلاح شرایط تشدید، و غیره

www.cmmlearn.com

وقتی تماس فلز با فلز وجود دارد موج های تنشی تولید خواهند شد، با این حال آنها راندومی هستند (غیرتناوبی) تا زمانی که خرابی‌های زیر سطحی توسعه یابند. تکنیک های آلتراسونیک هوایی (انتشار اکوستیک) شوک پالس، اسپایک انرژی، PeakVue و enveloping، همه می توانند در این مرحله استفاده شوند. با این حال میزان موفقیت عموما به روش نصب سنسور، و انتخاب تنظیم فیلتر بستگی خواهد داشت.

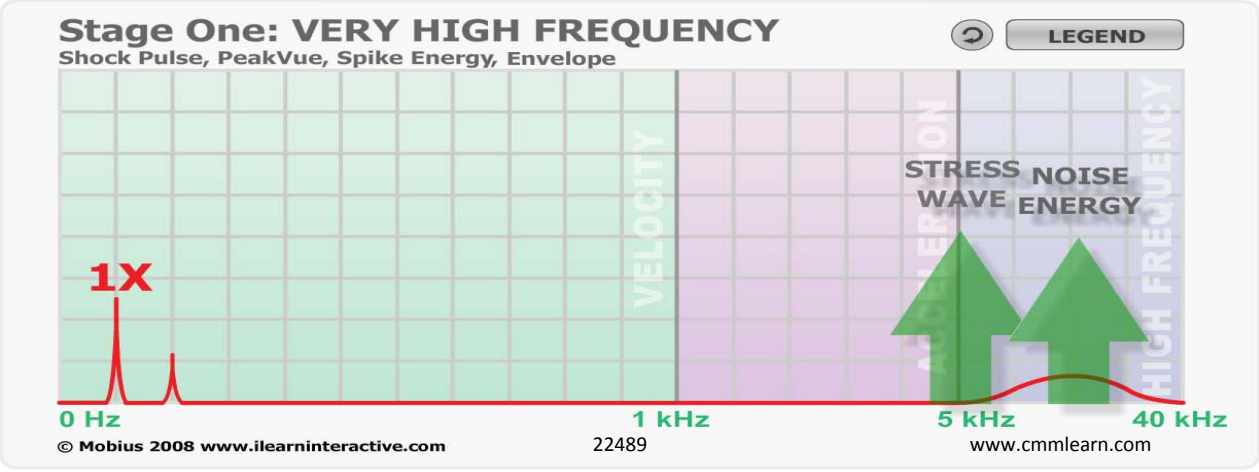
مرحله دوم

همچنانکه خرابی گسترش می یابد، خرابی های زیر سطحی رشد خواهند کرد، سرانجام شکست در کل سطح، باعث پریده گی، ترک، پوسته شدن و غیره می شود. در نتیجه الگوی ارتعاش بتدریج تغییر می کند. ضربات

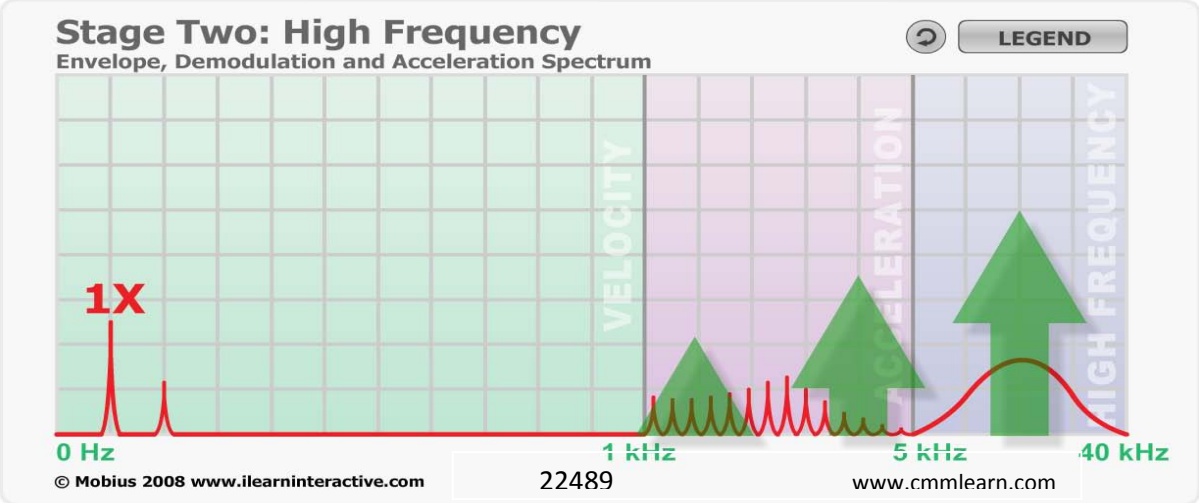
بیشتر خواهند شد، تناوب ارتعاشی معینی وجود خواهد داشت. اکنون ۵ تا ۱۰ درصد از عمر بیرینگ باقی مانده است. مجددا باید علت های ریشه ای را در نظر بگیرید و روانکاری را چک کنید با این حال باید با تناوب بیشتری بیرینگ را مانیتور کرد.

آسیب	• رویت آسیب مشکل است • آسیب زیر سطحی است
عمر	• ۵ تا ۱۰ درصد عمر L_{10} بیرینگ باقی مانده است
فعالیت	• روانکاری درستی انجام دهید • مراقبت وضعیت را با تناوب بیشتری ادامه دهید

تکنیک های فرکانس بالا مانند شوک پالس، انرژی اسپایک، آلتراسونیک هوایی، وPeakVue در ادامه موثر خواهند بود.Enveloping (demodulation) نیز، در رابطه با پیک های قابل رویت در فرکانس‌های نیروی بیرینگ (BPFO, BPFI, BSF and FTF) بسته به ماهیت عیب بهمراه هامونیک ها موثر خواهد بود. همچنین امکان دارد هارمونیک های فرکانس های نیروی بیرینگ در طیف شتاب نیز رویت شوند، و آنالیز شکل موج زمانی علائمی از خرابی را نشان دهد (مخصوصا برای ماشین های دور پایین). پیک ها ممکن است در طیف سرعت نیز پدیدار شوند، اما شاید در اواخر مرحله دو، وقتی آسیب برجسته شده است.



HFD	• روش های موثری هستند • ترند به رشد خود ادامه می دهد
Envelope	• فرکانس های خرابی ظاهر می شوند • ارتعاش کف باید رشد کند
طیف	• در طیف شتاب وجود دارد • در طیف سرعت نیست
شکل موج زمان	• ارتعاش در کف موجود نیست • مفید برای ماشین های سرعت پایین



مرحله سوم

اکنون آسیب آشکار ترشده است. اگر بیرینگ را تعویض کنیدآسیب را خواهید دید. در این وضعیت کمتر از ۵درصد عمر بیرینگ باقی مانده است. اکنون زمان آن است که بیرینگ تعویض شود. مگر اینکه ریسک خرابی کمتر از نیاز به ماشین باشد.

آسیب	• رویت آسیب آسان است • تا حدودی شدید است
عمر	• کمتر از ۵ درصد عمر L_{10} بیرینگ باقی مانده است
فعالیت	• حتی الامکان بیرینگ را تعویض کنید • مراقبت وضعیت را با تناوب بیشتری ادامه دهید

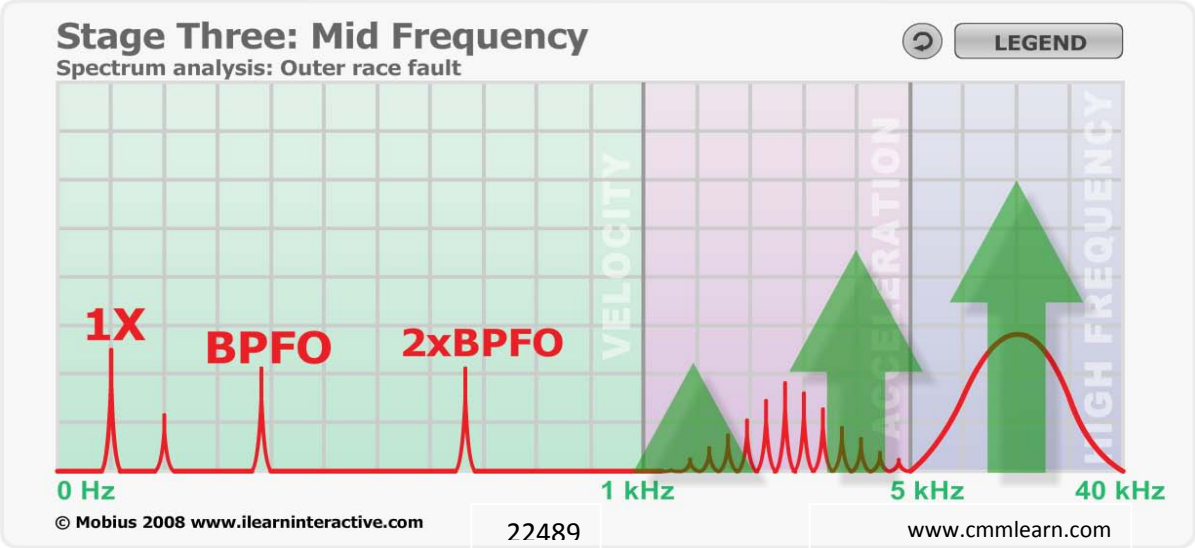
تکنیک‌های فرکانس بالا هنوز هم وجود خرابی را نشان می‌دهند. قرائت های شوک پالس و اسپایک انرژی (gSE) هنوز رشد می کنند و دامنه پیک های طیف envelope به رشد خود ادامه می دهند.

HFD	• روش های موثری هستند • ترند به رشد خود ادامه می دهد
Envelope	• فرکانس های خرابی ظاهر می شوند • ارتعاش کف باید رشد کند
طیف	• در طیف شتاب وجود دارد • در طیف سرعت موجود است
شکل موج زمان	• ضربات قابل مشاهده هستند • مدولاسیون قابل مشاهده است

در مرحله سه شما قطعا پیک هایی را در طیف سرعت خواهید دید که بسته به شرایط خرابی مطابق فرکانس‌های نیروی بیرینگ (BPFO, BPFI, BSF and FTF) می باشند

- اگر آسیب روی رینگ خارجی بیرینگ موجود باشد (در ماشین افقی)، هارمونیک هایی از فرکانس BPFO وجود خواهد داشت، در ابتدا هارمونیک ها ممکن است دامنه کمتری از پیک BPFO داشته باشند، اما با رشد خرابی هارمونیک ها رشد خواهند کرد تا نسبت به پیک BPFO دامنه بیشتری پیدا کنند.

برگزاری دوره های آموزشی CM و بالانسینگ در شرکت شما (Field training).



- اگر آسیب روی رینگ داخلی باشد، پیکی در فرکانس BPFI وجود خواهد داشت. هارمونیک های این فرکانس وجود خواهند داشت، و مجاورهای 1rpm حول هارمونیکها و فرکانس پایه را احاطه خواهند کرد. مجاورها بعلت پدیده ای به نام مدولشن (modulation) ظاهر می شوند. همچنانکه منطقه آسیب در داخل وخارج از منطقه بار جابجا می شود، ضربه کم و زیاد خواهد شد (یکبار در دور)
- اگر ساچمه های بیرینگ آسیب دیده باشند، ممکن است پیکی در فرکانسBSF وجود داشته باشد، اما به احتمال زیاد در فرکانس دو برابر (زیرا آسیب روی ساچمه ها باعث ضربه به رینگ داخلی و خارجی در هر دور می شود). باز هم مجاورها و هارمونیک را خواهیم دید، اما در این هنگام فاصله مجاورها معادل فرکانس کیج خواهد بود– زیرا هر ساچمه با کیج به داخل و خارج منطقه بار جابجا می شود.

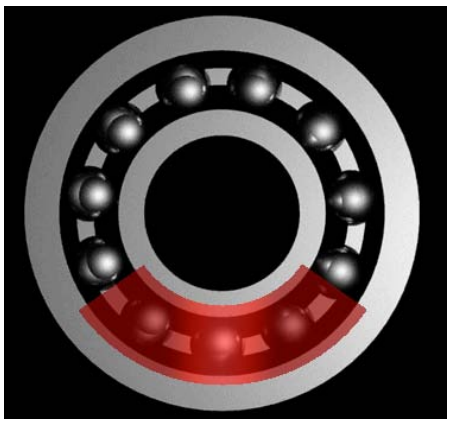
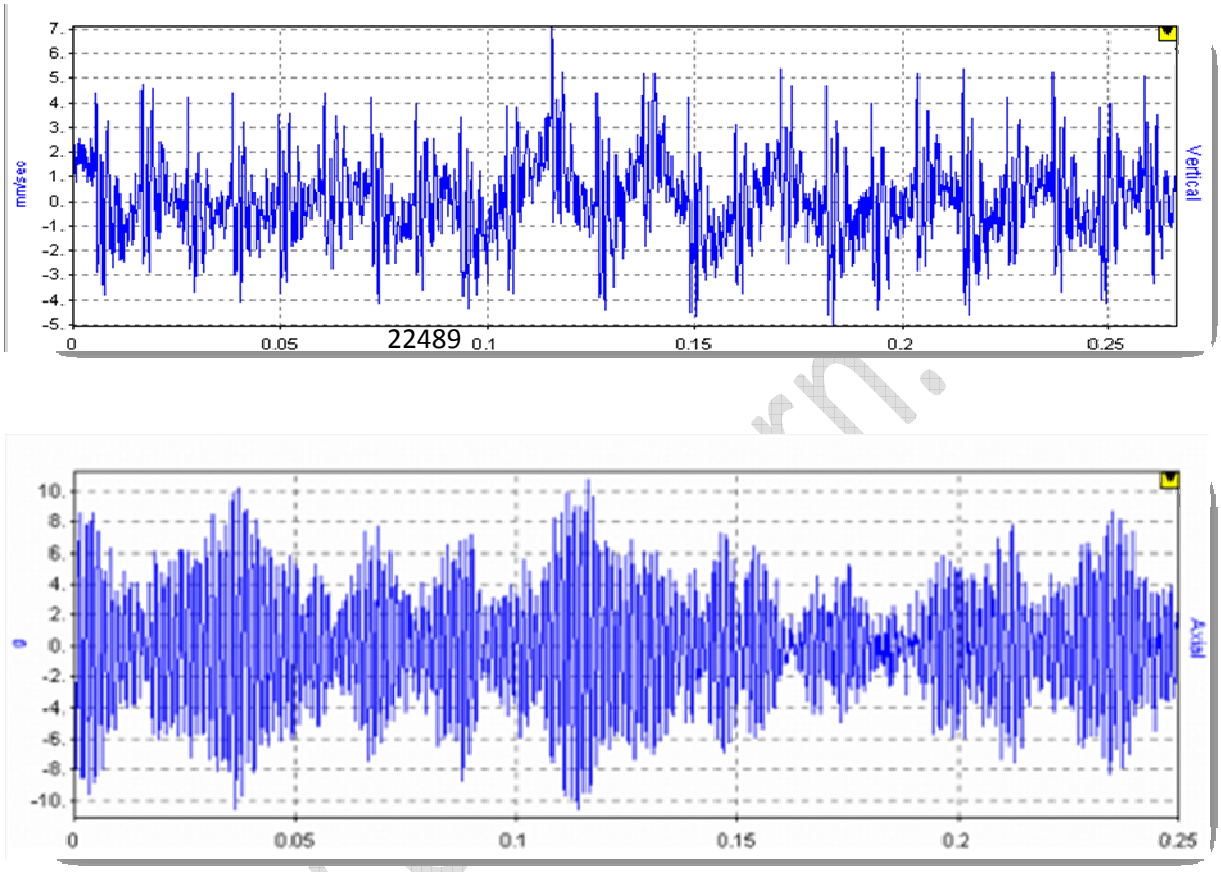


Figure x – A rolling element bearing highlighting the load-zone

www.cmmlearn.com

در آنالیز شکل موج زمانی نیز وجود مدولاسیون آشکار خواهد بود، و ضربه ها در شکل موج زمانی دیده خواهند شد. شکل موج زمان دقیقا آنچه داخل بیرینگ اتفاق می افتد را نشان می دهد- هر ضربه قابل مشاهده است. باید دقت شود تا مدت ثبت و وضوح صحیحی انتخاب شود به طوری که رویت جزییات لازم ممکن باشد.



مرحله چهارم

اکنون بیرینگ خرابی قابل توجهی دارد. بیرینگ باید تعویض شود، ریسک خرابی سنگین منجر به خارج از سرویس شدن ماشین وجود دارد.

برگزاری دوره های آموزشی CM و بالانسینگ در شرکت شما (Field training).

آسیب	• رویت آسیب خیلی آسان است • تا حدودی شدید است
عمر	• کمتر از ۱ درصد عمر L_{10} بیرینگ باقی مانده است
فعالیت	بیرینگ را فورا تعویض کنید

در حالی که هنوز تکنیک های فرکانس بالا استفاده می شوند، بیرینگ برخی تغییرات مهم را تجربه خواهد کرد، که می تواند باعث شود تا ارتعاشات فرکانس بالا کاهش یابند: سطح ارتعاش شوک پالس و اسپایک انرژی و PeakVue و envelope ممکن است کاهش یابد. همچنانکه آسیب ادامه پیدا می کند، برخی موارد زیرمی تواند اتفاق بیافتد .

۱-سایش های زیادی وجود دارند که باعث می شوند لبه های تیز هموار شوند، بنابراین در ارتعاشات فرکانس بالا کاهش وجود دارد

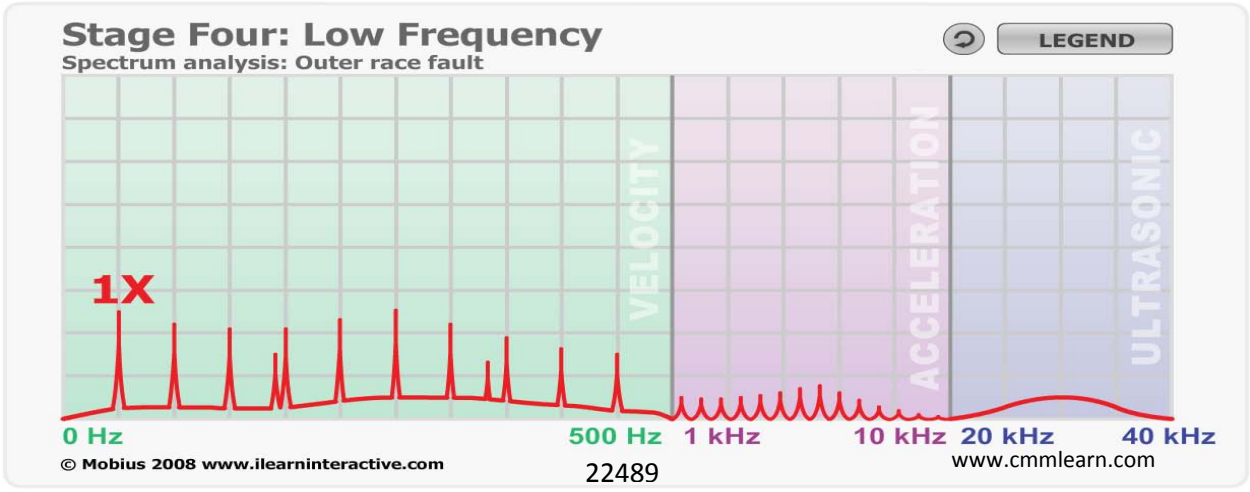
۲-اکنون آسیب خیلی زیاد شده است، بطوریکه ارتعاش کمتر متناوب است. ممکن است پیک های مشخص متمایزی را در فرکانس های کلیدی بیرینگ نبینید. این پیک ها بالا و پایین خواهد شد، و ظاهرا پیک های راندومی به نظر می رسند و ارتعاشات کف طیف رشد خواهند کرد، این امر برای طیف سرعت و طیف envelope صادق است.

۳-همچنانکه بیرینگ بیشتر ساییده می شود، لقی بیرینگ بیشتر خواهد شد. در نتیجه، شاهد افزایش ارتعاش در سرعت دوران و هارمونیک هایش خواهید بود یعنی لقی.

www.cmmlearn.com

۴-در مرحله چهارم سطح rms کلی افزایش خواهد یافت. زیرا سطح کلی (برطبق استانداردهای ISO) تنها با ارتعاشات زیر ۱۰۰۰ هرتز تحت تاثیر قرار می گیرد، به همین خاطر است که آن در مراحل آخر به خرابی بیرینگ حساس می شود.

HFD	• ارتعاشات فرکانس بالا کمتر هستند • ترند کاهش خواهد یافت
Envelope	• فرکانس های خرابی وجود دارند • ارتعاش کف باید رشد کند
طیف	• در طیف شتاب وجود دارد • در طیف سرعت وجود دارد
شکل موج زمان	• ضربات قابل مشاهده هستند • مدولاسیون قابل مشاهده است



نکات مهم

در این مقاله تا اینجا پیشرفت خرابی بیرینگ به شکل روند خطی بحث شد. فرض شد همه این خرابی‌ها به همین روش پیشرفت کنند، و تنزل تدریجی در شرایط بیرینگ وجود دارد که در واقع اینطور نیست

۱-راه های زیادی وجود دارد که ممکن است باعث شکست بیرینگ شوند: ترک، برجستگی های ناشی از بار استاتیکی زیاد، و زنگ زدگی و خوردگی، پوسته شدن، لغزیدن، فرسایش، سایش، تخلخل الکتریکی، فرورفتگی و خراش وغیره. (مقاله های کاربردی عالی توسط سازندگان بیرینگ منتشر شده است که این خرابی های مکانیکی را شرح می دهند—آنها کمک می‌کنند بدانید چطور از مشکلات در اولین مرحله جلوگیری کنید و باعث می‌شوند تا نوع آسیب را تشخیص دهید وعلت ریشه ای را تعیین کنید.) برای مثال، اگر یک ماشین برای مدت طولانی کار نکرده باشد و برجستگی های ناشی از بار استاتیکی زیاد بوجود آمده باشد، ممکن است ماشین را بکار بیاندازید و سریعا خرابی سنگینی را تجربه کنید. مرحله یک، دو یا حتی مشخصات مرحله ۳ را نخواهد دید (از نقطه نظر تحلیل ارتعاشی بیرینگ مستقیما به مرحله ۴ رفته است)

۲-همانگونه که بیرینگ خراب می‌شود (بسته به نوع خرابی) لحظاتی وجود خواهد داشت که ترک‌ها ظاهر می‌شوند، تکه ای از فلز پوسته می‌کند و غیره. درآن لحظه الگوی ارتعاش و دامنه ممکن است تغییر کند. اکنون لبه های تیزی وجود دارد که به ساچمه ها ضربه می زنند، و تکه ای از فلز، اگرچه کوچک، داخل بیرینگ وجود دارد. اگر در آن زمان ارتعاش را اندازه بگیرید ممکن است فکر کنید ارتعاش خیلی شدید است. در حالیکه ساچمه های بیرینگ پیوسته به سطح تیز ضربه می زنند، و لبه ها گرد خواهند شد، و تکه های فلزی ممکن است با روانکار به بیرون منتقل شوند. بنابراین ارتعاش تغییر خواهد کرد. لذا ممکن است موقیتی که بهبود ارتعاش ظاهر می شود مهم باشد. می توانید قانع شوید که بیرینگ خودش تعمیر شده است. متاسفانه، بیرینگ های خود تعمیر را هنوز نساخته اند.

داده برداری

خیلی نمی توان بر این امر پافشاری کرد: روش نصب شتاب سنج روی ماشین موفقیت تکنیک های فرکانس بالا (شوک پالس، انرژی اسپایک، PeakVue، و enveloping)را تعیین خواهد کرد. تا حد امکان باید شتاب سنج نزدیک به منطقه بار نصب شده باشد، و باید روی سطح تمیز همواری نصب شده باشد، برای نتیجه

بهتر، شتاب سنج باید با پیچ نصب شده باشد. نصب مگنتی، فشاری با میله رابط و نگهداری دستی نباید استفاده شوند

نتیجه گیری

درک چگونگی و چرایی خرابی بیرینگ، و فهم نحوه عملکرد تکنیک های مختلف آنالیز بیرینگ باعث می‌شوند هشدارهای به موقعی از خرابی بیرینگ بگیرید، که به نوبه خود باعث می شود تا تولید و نگهداری ماشین ها را در کنترل داشته باشید. اگر در روش های داده برداری و تنظیمات، و مراقبت فرکانس های بیرینگ دقت کنید باید خرابی های سنگین بیرینگ کمی داشته باشید. و اگر مراقب علت ریشه ای خرابی های بیرینگ باشید، حتی تعداد کمتری خرابی بیرینگ را خواهید داشت. پیاده سازی این تکنیک ها ممکن است قدری کار داشته باشد، ممکن است به نظر برسد زمان کافی نداشته باشید تا تغییرات مناسبی انجام دهید،

اما تنها راه برای خارج شدن از حالت آتش نشانی توقف آتش در شروع آن است

تایپ:سرکارخانم مرجان محمدزاده ها

برگزاری دوره های آموزشی CM و بالانسینگ در شرکت شما (Field training).

پیرامون دوره های آموزش در محل(Field training)

تجربیات موفق دوره های قبلی در شرکت هایی نظیر پتروشیمی برزویه، خطوط لوله نفت، صنایع شیمیایی ایران(LAB)، صنایع شیمیایی اصفهان، شرکت گیتی پسند و فولاد گیلان در زمینه این دوره ها نشان می دهد با توجه به اینکه این دوره ها بصورت عملی و با استفاده از تجهیزات خاص هر شرکت و متناسب با نیاز آنها برگزار می شود انتقال دانش در محیطی واقعی تر صورت می گیرد و لذا از کیفیت بالاتری برخوردار است از مزایای دیگر آن می توان به موارد زیر اشاره کرد:

www.cmmlearn.com

نیروها از کار منفک نمی شوند، آشنایی بیشتر با توانمندی های تجهیزات اندازه گیری ارتعاش و بالانسینگ هر شرکت، کاهش هزینه آموزش بعلت عدم محدودیت در تعداد شرکت کنندگان و آشنایی تعداد بیشتری از همکاران با مباحث نگهداری و تعمیرات

۰۹۱۳۱۲۵۵۹۸۶

باتعالی

شرکت مجتمع فولاد گیلان

گواهینامه مدرس

FGC

Ferro Guilan Complex

گواهی میشود :

دوره " نگهداری و تعمیرات مبتنی بر شرایط (CBM) سطح ۱ و ۲ بانضمام دوره بالانسینگ و آشنایی با سیستم های نوین مدیریت تعمیرات همراه با کارگاه عملی" در تاریخ ۹۰/۰۵/۲۳ لغایت تاریخ ۹۰/۰۵/۲۶ بوسیله استاد جناب آقای مهندس غلامرضا کاظمی درمرکز آموزش مجتمع برگزار و با کیفیت عالی انجام پذیرفته است.

مسئول آموزش

امور اداری و توسعه منابع انسانی