

به نام پروردگار

**عنوان مقاله :**

**شناسایی عيوب رایج در برخی از تجهیزات دوار  
کارخانجات سیمان از طریق آنالیز و تحلیل ارتعاشی**

مؤلف : عبدالرضا پوروزیری نسب

رئیس برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات

شهریور 91

سیمان ممتازان کرمان - واحد مهندسی و برنامه ریزی

## فهرست مطالب :

صفحه	عنوان
3	مقدمه .....
3	چه موقع متوجه اشکال ارتعاشی می شویم .....
4	فن ایر اسلاید .....
4	فن گریت کولر .....
5	موتورهای با توان بالا مانند آسیاهای سیمان و مواد ، Mill فن و ID فن .....
5	Mill فن و ID فن .....
6	فن بگ فیلتر .....
۶	عیب یابی بیرینگها .....
۶	نکاتی در خصوص داده برداری ارتعاشی .....
7	منابع .....

## شناسایی عیوب رایج در برخی از تجهیزات دوار کارخانجات سیمان از طریق آنالیز و تحلیل ارتعاشی

### مقدمه :

زمانیکه ماشین آلات دوار، ارتعاشات و یا صدای بیش از حد معمول ایجاد می کنند میتوان حدس زد که اشکال مکانیکی در آنها پیدا شده است. این طبیعی است که وضعیت سلامت یک ماشین را با میزان صدا و ارتعاشی که ایجاد می کنند مرتبط دانست. از نیمه دهه ۱۹۵۰ اندازه گیری و آنالیز ارتعاشات بصورت مهمترین تکنیک در کنترل وضعیت ماشین آلات در حین کار در آمده است. این تکنیک را ارزیابی مکانیکی و یا Mechanical Analysis می نامیم.

ارزیابی مکانیکی در واقع ارزیابی پارامترهایی چون ارتعاشات، حرکات شفت، درجه حرارت و کلیه شرایط دیگری است که به ما امکان میدهد وضعیت سلامت ماشین در حین کار را تعیین نمایم.

تمام ماشین آلات دوار دارای ارتعاش هستند حتی در بهترین شرایط خود به دلیل وجود عیب و نقصهای جزئی در هنگام ساخت آنها، دارای مقداری ارتعاشات خواهند بود. بنابراین هر ماشین دواری اعم از یک توربین ژنراتور، یک ماشین تراش، یک جاروی برقی و یا یک هواکش دارای مقداری ارتعاشات در حد نرمال می باشد.

هنگامیکه ارتعاشات ماشین آلات افزایش می یابد، همیشه دلیل آن یک اشکال مکانیکی یا الکتریکی است. هیچگاه ارتعاشات ماشین آلات بدون دلیل افزایش پیدا نمی کند و عاملی این افزایش را باعث می شود. عاملی چون بهم خوردن تعادل جرمی، سایش یاتاقانها و یا چرخ دنده ها، میس الاینمنت و ... حال این سؤال مطرح می شود :

### چه موقع متوجه اشکال ارتعاشی می شویم :

- 1- امکان ایستادن کنار ماشین بیشتر از ۱۰ دقیقه وجود نداشته باشد
- 2- وقتی شخص مهمی از وضعیت ماشین شکایت می کند زیرا رابطه متقابل بین اهمیت یک شخص و حساسیت آن نسبت به سروصدا و ارتعاش وجود دارد.
- 3- وقتی که قسمت خستگی پذیر تجهیز متناوبا تعویض میشوند. مانند کویلینگها، آبندها و یاتاقانها
- 4- هنگام پیدایش ترک
- 5- هنگام پایین آمدن کیفیت محصول
- 6- سپری نشدن عمر تجهیز

با یک برنامه منظم ارزیابی مکانیکی شرایط ماشین آلات که آنرا تعمیرات پیشگیرانه یا Predictive Maintenance می نامیم میتوان پیدایش عیوب را از روی بررسی پرودیک میزان ارتعاشات، نتایج آنالیز روغن، ترموگرافی و ... به موقع تشخیص داده و قبل از آنکه خرابی پیش آید اقدام لازم جهت رفع عیب را به عمل آورد.

در این مقاله سعی شده است تا عیوب رایجی که در برخی از تجهیزات دوار کارخانجات سیمان شایع است و می توان آنها را از طریق آنالیز ارتعاشی شناسایی کرد را معرفی نمود. شناسایی این عیوب بیشتر بر پایه تجربه و آنچه که در طول مدت این چند سال کسب شده ارائه گردیده است. بدین منظور عیوب ایجاد شده را که بر اساس نوع ماشین دسته بندی شده است به شرح زیر می باشد:

### 1- فن ایر اسلاید:

بیشترین نوع تجهیزات دوار در یک کارخانه سیمان از نوع ایر اسلایدها می باشد، تجهیزاتی ساده، کوچک اما بسیار حساس و گاهی اوقات حیاتی. به گونه ای که ممکن است با توقف این تجهیز به مدت طولانی، دپارتمان پخت متوقف شود.

حدود ۹۰٪ عیوب فنهای ایراسلاید مربوط به آنبالانسی است که تنها با هواگیری و تمیز کاری ایمپلر برطرف می گردد، در مواردی هم که نیاز به بالانس وجود داشته باشد تنها با بالانس یک صفحه ای مشکل برطرف می گردد اما در موارد بسیار نادر بالانس دو صفحه ای نیاز می باشد که در این خصوص موارد زیر مطرح است:

1-1- به عنوان یک اصل کلی، هر چه قطر ایمپلر بیشتر باشد، وزنه آزمایشی سبکتری بایستی نصب گردد از این رو اگر قرار باشد ایمپلر ایراسلاید را که عیب آنبالانسی در آن تشخیص داده شده است را به صورت دو صفحه ای بالانس کنید، بهتر است وزنه حدود ۵ الی ۱۰ گرمی برای پروانه ته موتور (خنک کن موتور) و وزنه ۲۰ الی ۵۰ گرمی برای خود ایمپلر انتخاب شود. همچنین بهتر است که از روش ضربدری برای بالانس دو صفحه ای این گونه فنها استفاده گردد. بدین گونه که صفحه A و خروجی شماره ۱ دستگاه بالانس را متناظر با بیرینگ NDE موتور قرار می دهیم اما اولین تست ران و نصب وزنه آزمایشی را روی ایمپلر فن انجام می دهیم و صفحه B و خروجی شماره ۲ دستگاه بالانس را متناظر با بیرینگ DE یا همان سمت ایمپلر قرار داده و دومین تست ران و نصب وزنه آزمایشی را روی پروانه انتهای موتور انجام می دهیم.

1-2- اگر در منحنی فرکانسی ایر اسلایدها، هارمونیکهای دور دیده شود احتمال لقی ایمپلر روی شافت وجود دارد این عیب بعد از آنبالانسی بیشترین آمار مربوط به خرابی این نوع از تجهیزات می باشد.

1-3- اما گاهی اوقات به خاطر ماهیت این گونه از فنها، تنها جهت آکسیال هر دو طرف موتور بالا خواهد بود، در این حالت مادامی که ویریه در جهت های شعاعی (عمودی یا افقی) در محدوده مجاز و نرمال باشد، مشکلی را ایجاد نخواهد کرد.

### 2- فن گریت کولر:

1-2- با توجه به اینکه این گونه تجهیزات در معرض آلودگی کمتری نسبت به فنهای ایر اسلاید قرار دارد، تمیز کاری ایمپلر چندان تغییر قابل توجهی را در بالانس کردن و از بین بردن فرکانس دور فن ایجاد نمی کند، عیوب رایجی

2-2- که در این گونه از تجهیزات دیده می شود میس الایمنت ( حدود ۸۰٪ ) و لقی بیرینگ ( ۲۰٪ ) می باشد به طور کلی برای فنهای Overhung بهتر است که عملیات بالانس یک صفحه ای انجام گیرد و صفحه سمت یاتاقان لوز را به عنوان صفحه بالانس در نظر بگیریم .

3-2- گاهی اوقات اگر در هنگام بالانس ۲ صفحه ای این گونه از فنها ( Overhung ) و بعد از اضافه کردن وزنه نهایی ، ویریه یکی از یاتاقانها نسبت به ویریه یاتاقان دیگر به مقدار قابل توجهی بالاتر رود ، در این حالت همانجا بالانس ۲ صفحه ای را متوقف کرده و به صورت تک صفحه ای بالانس را ادامه می دهیم ضمنا بهتر است که در این حالت صفحه بالانس را، صفحه سمت موتور قرار دهیم .

### 3- موتورهایی با توان بالا مانند آسیابهای سیمان و مواد ، Mill فن و ID فن:

3-1- در این گونه از موتورها با توجه به سنگین بودن شافت ، می توان مقداری ارتعاشات جزئی در جهت آکسیال را نسبت به جهات دیگر مشاهده کرد . همچنین در صورتی که شافت معیوب شود و سپس عملیات تعمیراتی روی شافت معیوب انجام گرفته شده باشد ، به علت اینکه نمیتوان به طور ۱۰۰٪ خمیدگی ایجاد شده در شافت را برطرف کرد ، در منحنی فرکانسی این موتور علائم لقی ( هارمونیکهای متعدد سرعت دورانی و احتمال ایجاد ارتعاش در فرکانس ۰.۵ برابر دور و هارمونیکهای آن ) دیده می شود . چون این لقی و خمیدگی با هم وجود دارد سبب خیزش شافت در جهت محور شافت شده و ویریه در جهت محوری ( آکسیال ) را بالا می برد همچنین امکان دارد که باعث شل شدن پیچها و اتصالات کولپینگ نیز شود .

3-2- در بعضی مواقع اتفاق می افتد که به محض خاموش کردن موتور ویریه موتور به طور ناگهانی کاهش پیدا می کند ، این عیب ناشی از عیب مغناطیسی است نه مکانیکی ، یعنی به دلیل اینکه کف یا پایه های موتور به درستی کف تراشی نشده است در اثر محکم کردن پیچهای پایه موتور ، استاتور حالت اعوجاج پیدا کرده و از روتور فاصله می گیرد در نتیجه در هنگامیکه موتور روشن می شود این حالت مغناطیسی نامتقارن ایجاد شده و باعث بروز ارتعاش می گردد ، برای برطرف کردن آن می بایست بر روی پایه های موتور ساعت اندیکاتور نصب کرده و پیچهای پایه را آنقدر شل و سفت کرد تا به مینیمم مقدار ارتعاشی برسیم سپس به ازای اندازه های قرائت شده در ساعت اندیکاتور از شیم استفاده کرده و سپس پایه ها را کاملا محکم کنیم .

3-3- اگر ارتعاش ۱۰۰ هرتز ( ۲ برابر فرکانس شهری ) برای این گونه از موتورها بوجود آید میتوان از روشهای زیر برای برطرف کردن ارتعاش استفاده کرد :

۳-۳-۱- ایزوله سازی بهتر موتور

۳-۳-۲- تعویض با موتوری با کیفیت و راندمان بالاتر

۳-۳-۳- تعویض با موتوری که یاتاقان ژورنال داشته باشد زیرا یاتاقانهای ساچمه ای ، ارتعاش ۱۰۰ هرتز را بیشتر به روتور و اطراف انتقال می دهند .

### 4- Mill فن و ID فن:

4-1- ۸۰٪ عیوب ایجاد شده در اینگونه از تجهیزات آنبالانسی می باشد که در ID فن خوردگی و در Mill فن کثیفی ایمپلر باعث ایجاد آن می شود. اگر چه نسبت ضخامت ( پهنای ایمپلر ) به قطر ایمپلر بزرگتر از ۰.۵ می باشد اما

بالانس تک صفحه ای بهتر و سریعتر جواب میدهد همچنین بهتر است که صفحه یاتاقان لوز به عنوان صفحه بالانس در نظر گرفته شود .

4-2- ۲۰٪ بقیه عیوب در اینگونه تجهیزات ، لقی نوع C یا لقی بیرینگ روی شافت می باشد که بارزترین علائم ارتعاشی آن ناپایدار بودن زاویه فاز و وجود هارمونیکهای دور ماشین در منحنی فرکانسی است .

#### 5- فن بگ فیلتر :

5-1- ۸۰٪ عیوب ایجاد شده در اینگونه از تجهیزات آنبالانسی است که اکثرا با تمیز کاری ایمپلر برطرف می گردند. جهت بالانس کردن این تجهیزات با توجه به اینکه از نوع Overhung می باشد بهتر است که به صورت یک صفحه ای بالانس شود .

5-2- ۲۰٪ بقیه عیوب در اینگونه از تجهیزات ، شامل ناهمراستایی پولیها و عدم کشش یکسان تسمه ها می باشد .

#### 6- عیب یابی بیرینگها :

6-1- معمولا برای عیب یابی بیرینگها بهتر است که از مقادیر Envelope و Bearing Condition ( BC ) استفاده کرد البته استفاده از Envelope بیشتر توصیه می شود . اگر در این منحنی مقدار پیکها در حد هزارم میلیمتر باشد میتوان از آنها چشم پوشی کرد اما اگر در حد دهم ( ۰.۳ یا ۰.۴ ) باشد می توان گریسکاری و تحت نظر بودن آن را پیشنهاد داد و در نهایت اگر مقدار این پیکها در حال افزایش باشد و یا Side band های آن در حال رشد باشند نشان از سایش ساچمه ها و خرابی بیرینگ دارد .

6-2- اگر در منحنی Envelope مقدار یکی از پیکها از ۱ میلیمتر بر ثانیه بالاتر باشد و در منحنی فرکانسی نیز این پیک دیده شود می توان برای تعویض بیرینگ اقدام کرد .

6-3- همچنین اگر در منحنی فرکانسی ، فرکانسهای مربوط به ریس داخلی مشاهده شود نیز می توان دستور تعویض بیرینگ صادر شود زیرا در بیرینگها معمولا ابتدا ریس خارجی عیب دار شده و سپس به ریس داخلی سرایت می کند البته تمامی این موارد به شرطی است که ریس داخلی متحرک و ریس خارجی ثابت باشد .

6-4- عمده علل از کار افتادن بیرینگها شامل :

۶-۴-۱- آلودگی ( بیشترین علت که تا ۴۰٪ می باشد )

۶-۴-۲- تنش غیر مجاز

۶-۴-۳- عدم روانسازی

۶-۴-۴- نقصهایی که بعد از تولید ایجاد می شوند .

6-5- اگر کلیه علل در مورد بیرینگها ( ۴ دلیل فوق ) برطرف شود ولی کماکان خرابی بیرینگها رخ دهد ، میتوان در مورد طراحی نامناسب مشکوک شد .

#### نکاتی در خصوص داده برداری ارتعاشی :

1- برای داده برداری ماشین آلات با دور های متفاوت بهتر است که یا در شرایط کاملا یکسان داده برداری و آنالیز انجام گیرد یا ماشین را چند دستگاه متفاوت فرض کنیم به عنوان مثال وقتی فنی با دور 1500 rpm و روز دیگر با دور 3000 rpm

می چرخد بایستی آنرا دو ماشین با دورهای ۱۵۰۰ و ۳۰۰۰ به صورت دو روت جداگانه در دستگاه تعریف کرد

2- از دیگر مواردی که در حین داده برداری حائز اهمیت است ، مسایلی از قبیل صداهای غیر طبیعی ، روغن ریزیها و ... میباشد زیرا آنچه که مبینیم و آنچه که اندازه می گیریم مکمل هم خواهند بود .

3- اگر از جای خیلی گرم به جای گرم یا سرد میرویم بایستی حدود ۱۰ الی ۱۵ ثانیه داده برداری از تجهیز را متوقف کنیم تا سنسور شتاب سنج بتواند این تغییر دمای ناگهانی را قبول کند .

4- اگر در مقایسه دو فرکانس از یک دستگاه در دو مرتبه جداگانه ، فرکانسهای بالا حذف شوند یکی از این ۳ دلیل را میتوان برای آن مطرح کرد :

۱-۴- تماس ناکافی سنسور با ماشین

۲-۴- لقی سر کابل

۳-۴- استفاده از Extansion Probe

5- در حین داده برداری زاویه فاز ، به هیچ عنوان نبایستی جای سنسور نوری عوض شود .

6- اگر هارمونیکهای زیادی را در مقایسه با روزهای قبلی که مربوط به یک تجهیز می باشند را مشاهده کردیم میتوان لقی پیکاپ را مد نظر قرار داد زیرا وجود هارمونیکهای زیاد میتواند دلیل بر لقی باشد پس باید مطمئن بود که آیا پیکاپ لقی است یا عیب لقی بیرینگ وجود دارد .

وظیفه یک آنالیزر و تحلیل گر ارتعاشی تنها این نیست که مدیر تولید را نسبت به عیوب و خرابیهای یاتاقان مطلع سازد ، این کار را کامپیوتر هم می تواند انجام دهد ، بلکه باید برای این خرابیها ، الگوهای بدست آورد و دلایل منطقی برای ایجاد آنها ارایه داد .

### تشکر و قدردانی :

در پایان وظیفه خود می دانم که از آقای مهندس امینی که مدتی را در سمت ریاست کارخانه سیمان ممتازان ، بنده را در آنالیز و تحلیل موارد ارتعاشی راهنمایی کرده و همچنین از آقای مهندس فراهانی ، مدیر عامل شرکت فرآپایش باختر به عنوان بانی راه اندازی سیستم کاندیشن مونتورینگ در کارخانه سیمان ممتازان ، تشکر کنم .

### منابع :

- 1- Shock & Vibration Handbook – McGraw-Hill – 2011
- 2- Practical Machinery Vibration Analysis & Predictive Maintenance – Girdhar-2004
- 3- [www.engdyn.com](http://www.engdyn.com)
- 4- [www.lord.com](http://www.lord.com)