

بررسی روند استقرار پایش وضعیت مبتنی بر آنالیز ارتعاشات

و اثر بخشی آن

حسین غلامزاده ثانی^۱، علیرضا رضائی^۲، عباس روحانی^۳

^۱ و ^۲ شرکت سیمان زاوه تربت - دفتر فنی

^۳ شرکت مهندسی ارتعاشات بهروش

Rezaee.85@gmail.com

چکیده

آنچه که در این مقاله به آن پرداخته می‌شود، گزارشی جامع از روند استقرار سیستم نگهداری و تعمیرات مبتنی بر پایش وضعیت (CM) در کارخانه سیمان زاوه تربت و بررسی آن از دیدگاه فنی و اقتصادی است. خواهیم دید چگونه اهتمام مدیریت ارشد در بکارگیری ابزار موثر و روشهای مناسب نگهداری و تعمیرات در یک واحد صنعتی بزرگ می‌تواند مزایای فنی و اقتصادی قابل توجه به همراه داشته باشد. این مقاله نگاهی است گذرا به نتایج بیش از 750 نفر ساعت جمع آوری اطلاعات شامل اندازه گیری و ثبت پارامتر-های ارتعاشاتی ماشین آلات با همکاری دفتر فنی و مشاور، حدود 600 نفر ساعت پردازش اطلاعات و تحلیل نتایج با همکاری دفتر فنی و مشاور، بیش از 1460 نفر ساعت اقدام اجرایی جهت بالانس، انجام تنظیمات و تعویض یاتاقان با همکاری مشترک دفتر فنی و واحد تعمیرات مکانیک.

واژه های کلیدی : نگهداری و تعمیرات ، پایش وضعیت ، جمع آوری اطلاعات ، مزایای فنی و اقتصادی

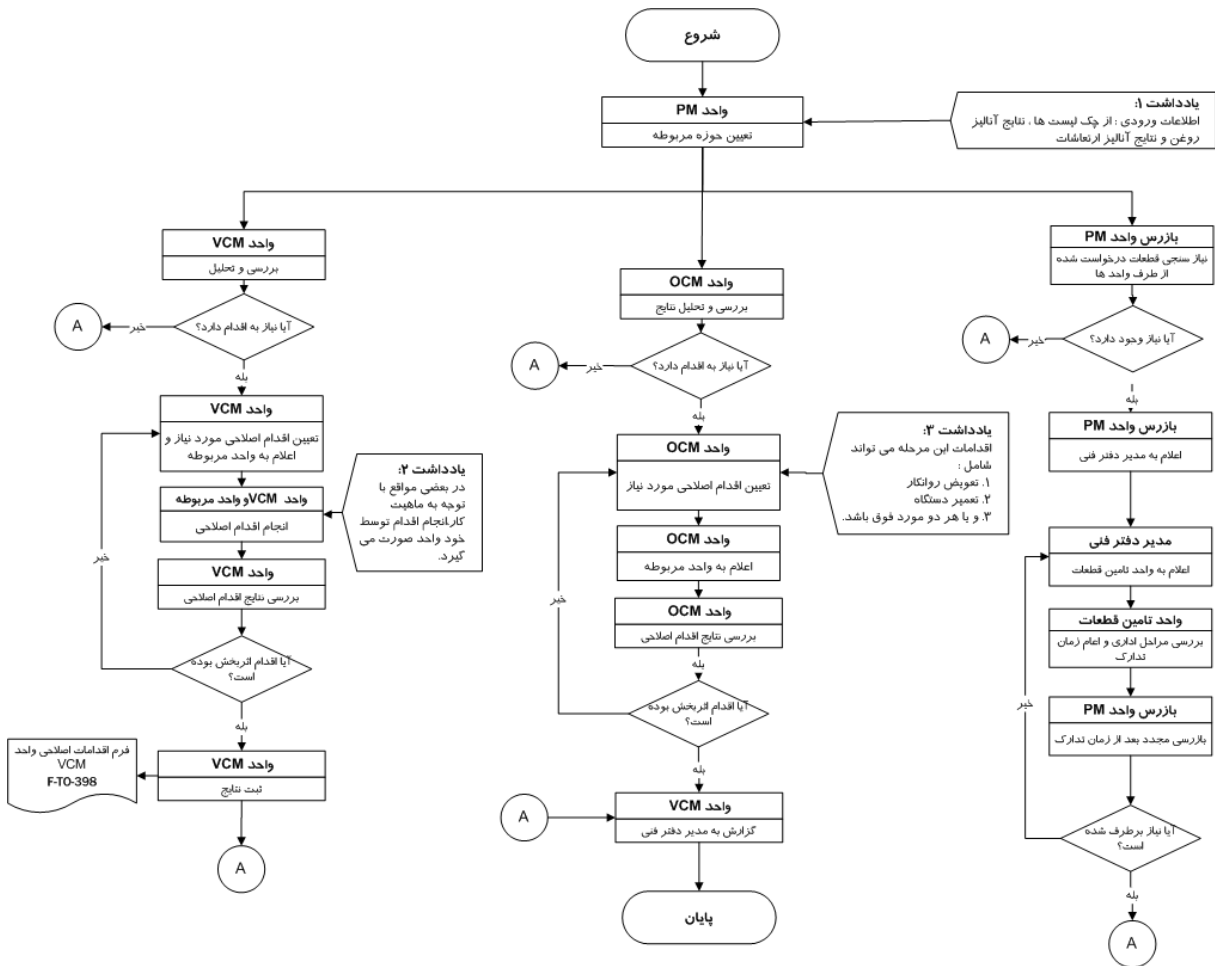
مقدمه :

شرکت سیمان زاوه تربت با ظرفیت تولید روزانه 3500 تن کلینکر در زمستان 1387 راه اندازی گردید . استفاده از تجهیزات با آخرین تکنولوژی روز صنعت سیمان در کنار بکارگیری نیروی جوان و آموزش دیده بستری مناسب جهت بهره گیری از روش‌ها و ابزار نوین نگهداری و تعمیرات را در کارخانه فراهم آورده است . نگهداری و تعمیرات بر اساس پایش وضعیت، از جمله موثرترین روش‌های حال حاضر نگهداری و تعمیرات است ، که می‌تواند نقش مهمی در استفاده مفید و موثر از منابع، کاهش ضایعات و هزینه-ها، افزایش راندمان و بهره‌وری داشته باشد ، و قطعاً با گذشت زمان مزایای بهره گیری از چنین ابزار و روش‌هایی بیشتر آشکار خواهد شد ، زیرا که عمده فایده این روش‌ها به استفاده دراز مدت آنها می‌باشد.

1- کارشناس PM

2- کارشناس CM

یکی از مهمترین نتایج به کارگیری سیستم نگهداری و تعمیرات مبتنی بر پایش وضعیت واقعی تر کردن ، اصلاح و افزایش کارایی برنامه PM است. نمودار شماره (1) چگونگی استفاده از پایش وضعیت در راستای برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات در کارخانه سیمان زاوه تربت نشان می دهد.



نمودار شماره 1- بکارگیری ابزار پایش وضعیت در برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات

بررسی مزایای اقتصادی استقرار سیستم پایش وضعیت

هر واحد صنعتی را صرف نظر از نوع فرایند و محصول می‌توان یک بنگاه اقتصادی بشمار آورد که توجیه پذیر بودن هزینه‌های صرف شده در موفق یا ناموفق قلمداد شدن یک فعالیت نقش کلیدی دارد.

برای استقرار سیستم پایش وضعیت مبتنی بر آنالیز ارتعاشات در کارخانه سیمان زاوه تربت حدود 32 میلیون تومان بودجه شامل خرید دستگاه آنالیز ارتعاشات (حدود 18 میلیون تومان) عقد قرارداد با مشاور آنالیز ارتعاشات (حدود 12 میلیون تومان) و آموزش پرسنل (حدود یک میلیون تومان) صرف شده است.

- ✓ از ابتدای استقرار سیستم پایش وضعیت تاکنون بیش از 90 مورد نامیزانی شناسایی و بالانس توسط پرسنل انجام شده- است که با توجه به هزینه بالانس در صنعت در صورت انجام بالانس توسط عوامل خارج از کارخانه هزینه این تعداد اقدام اصلاحی به بیش از 45 میلیون تومان تجاوز می‌کرد.
- صرفنظر از صرفه جویی‌های مستقیم ریالی که به آن اشاره شد، نباید فراموش کرد که اطمینان از صحت عملکرد ماشین آلات و قطعات، کاهش توقفات ناخواسته و افزایش عمر قطعات از دستاوردهای غیر مستقیم بکارگیری آنالیز ارتعاشات است که به لحاظ فنی و اقتصادی بسیار حایز اهمیت می‌باشند.
- ✓ ضمن آنکه مسلماً فواید بکارگیری چنین ابزار و روشهایی در دراز مدت بیش از پیش آشکار خواهد شد.

تشریح مراحل استقرار سیستم نگهداری و تعمیرات مبتنی بر آنالیز ارتعاشات

شرکت سیمان زاوه تربت یکسال پس از راه اندازی با شناسایی و ارزیابی مشاورین فعال در زمینه آنالیز ارتعاشات، شرکت بهروش را با توجه به امتیازات فنی و اقتصادی بعنوان مشاور خویش برگزید. بر اساس طرح از پیش تعیین شده کل زمان در نظر گرفته شده در قرار داد شش ماه بود، که در مرحله اول طی دو ماه روند ذیل توسط مشاور طی شد:

✓ تدوین شناسنامه CM برای 170 تجهیز تحت پایش

✓ ایجاد Data Base نرم افزاری

✓ 2 مرحله داده برداری و تعیین نقاط اندازه‌گیری و مارک زدن آنها

✓ ارزیابی اطلاعات اندازه‌گیری شده و تحلیل مقادیر کلی ارتعاشات

✓ اعلام موارد غیر عادی در دو سطح آلام و تریپ

پس از اتمام مرحله نخست با توجه به آموزش و توانمند سازی پرسنل کارخانه، طبق برنامه مقرر گردید ماهانه داده برداری توسط پرسنل کارفرما انجام و جهت تحلیل و بررسی برای مشاور ارسال شود. پس از اتمام ماه ششم با توجه به کسب تجربه و مهارت لازم کلیه مراحل جمع آوری داده و تحلیل آن توسط پرسنل سیمان زاوه انجام گرفته و در موارد خاص اقدام اصلاحی با مشورت مشاور انجام می‌پذیرفت.

جهت تعیین مقادیر مجاز ارتعاشات و حدود هشدار و خطر برای ماشین‌های تحت پایش از استاندارد ISO10816 و ISO 14694 استفاده شده است. پس از سه مرحله داده برداری و تحلیل پارامترهای ارتعاشی ماشین آلات تحت پایش تصمیم بر آن شد که با توجه به سطح ارتعاش ماشین آلات، اهمیت آنها در پروسه تولید و رفتار ارتعاشاتی آنها مقادیر هشدار و خطر تعریف شده در استاندارد، بازنگری شوند. به عنوان مثال در ابتدای استقرار سیستم پایش وضعیت با توجه به بالا بودن میزان ارتعاشات، برای فن‌ها مقادیر هشدار و خطر به ترتیب 11.8 و 18 میلی‌متر بر ثانیه در نظر گرفته شد که این مقادیر پس از بازنگری به 7.1 و 11 میلی‌متر بر ثانیه تغییر پیدا کرد.

تهیه برنامه زمانی بازرسی ها :

با توجه به منحنی‌های مربوط به احتمال خرابی هر دستگاه می‌توان بازه زمانی بهینه اندازه‌گیری‌ها را محاسبه نمود. فاصله زمانی بازرسی برای ماشین‌آلات کارخانه سیمان زاوه مطابق جدول شماره (1) می‌باشد.

جدول شماره 1 - برنامه زمان بندی بازرسی ماشین‌آلات تحت پایش

دسته	توصیف ماشین‌آلات	فاصله زمانی اندازه‌گیری
1	ماشین‌آلات مهم در خط تولید که توقف آنها باعث توقف خط تولید شده و تعمیر آنها نیاز به هزینه و زمان طولانی دارد.	دو هفته
2	ماشین‌آلات با درجه اهمیت متوسط که در صورت توقف خط تولید می‌تواند تا مدتی به کار ادامه دهد یا دارای ماشین Stand by هستند.	یک ماه
3	ماشین‌های که در خط تولید نقش کلیدی ندارند و یا دارای سرعت بسیار پائین هستند.	دو ماه
4	ماشین‌های هر یک از سه دسته فوق که ارتعاشات آنها از وضعیت عادی خارج شده و در وضعیت تحت مراقبت یا نیاز به اقدام قرار دارند.	بسته به مورد بین یک تا هفت روز متغیر می‌باشد.

پارامترهای مورد استفاده در آنالیز

پارامتر ارتعاشی مورد نیاز برای هر تجهیز دامنه سرعت ارتعاشات بر حسب mm/s و منحنی¹ FFT¹ (آنالیز فرکانسی) می‌باشد که در برنامه پایش وضعیت، اندازه‌گیری و ثبت شده است. علاوه بر آن در مواردی سیگنال زمانی ارتعاش بر حسب mm/s و از پارامتر شتاب در قالب BC² و منحنی Envelope (عیوب فرکانس بالا نظیر خرابی یاتاقان و چرخدنده) استفاده شده است.

Fast Fourier Transformation -1

Bearing Condition-2

بررسی اثر بخشی سیستم نگهداری و تعمیرات مبتنی برپایش وضعیت به کمک آنالیز ارتعاشات

نمودارهای شماره (2) و (3) به ترتیب وضعیت ماشین آلات دوار تحت پایش را در ابتدای استقرار سیستم نگهداری و تعمیرات مبتنی برپایش وضعیت به کمک آنالیز ارتعاشات و ده ماه پس از آن نشان می دهد.

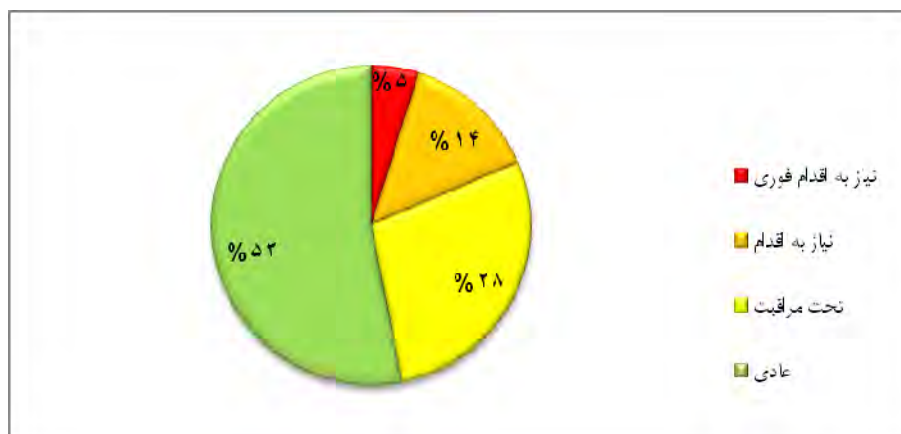
ملاک طبقه بندی در نمودار مذکور استاندارد ISO 10816 می باشد که در آن هر یک از سطوح به شکل زیر تعریف می شوند:

عادی: به ماشینی گفته می شود که ارتعاشات آن در محدوده مجاز می باشد.

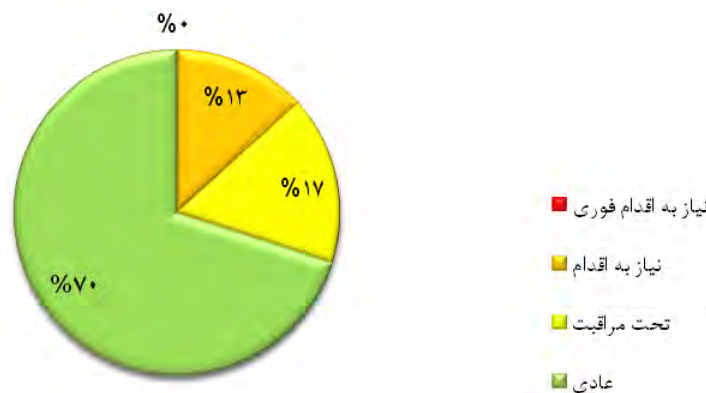
تحت مراقبت: ارتعاش ماشین در بعضی نقاط از حد توصیه شده استاندارد فراتر رفته و با تغییر زیادی داشته است. با این حال ماشین قادر به ادامه کارکرد بدون نیاز به اقدام اصلاحی (ولی تحت مراقبت بیشتر) می باشد.

نیاز به اقدام: شدت ارتعاش ماشین به حدی است که برای کارکرد طولانی مدت ماشین مضر است و باید در اولین فرصت ممکن اقدام اصلاحی انجام پذیرد.

نیاز به اقدام فوری: شدت ارتعاش ماشین به حدی است که امکان آسیب دیدن ماشین وجود دارد و لذا باید از ادامه کار ماشین تا برطرف شدن مشکل جلوگیری گردد.



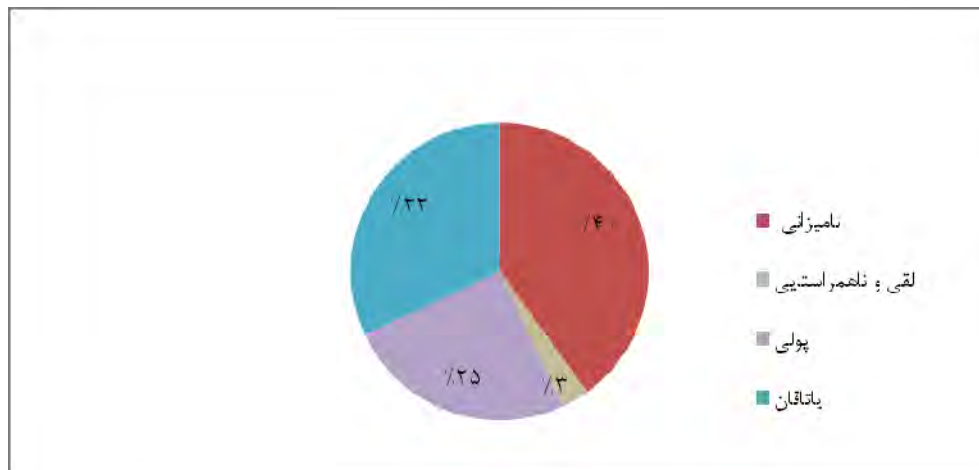
نمودار شماره 2- وضعیت ماشین آلات تحت پوشش آنالیز ارتعاشات در بهمن 1389



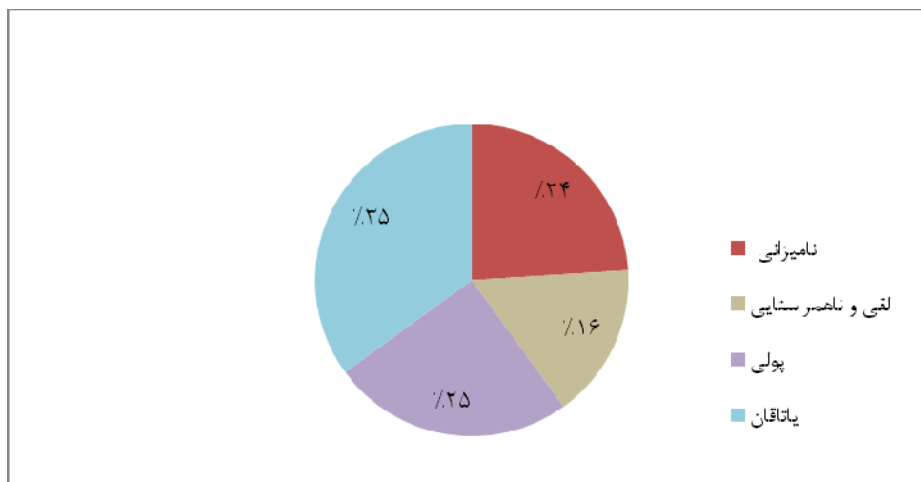
نمودار شماره 3- وضعیت ماشین آلات تحت پوشش آنالیز ارتعاشات آبان 1389

میزان سهم هریک از عیوب قابل شناسایی به کمک آنالیز ارتعاشات در ماشین آلات تحت پایش

نمودار شماره (4) نشان می‌دهد همان طور که انتظار می‌رفت نامیزانی شایع ترین عیب در ماشین آلات دوار در یک واحد صنعتی است. درکارخانجات سیمان سایش ناشی از مواد ساینده موجود در غبار، مهم ترین عامل ایجاد نامیزانی در فن‌هاست که این امر در فن‌هایی که از دیپارتمان پخت به بعد قرار دارند به وضوح مشاهده می‌شوند.



نمودار شماره 4- درصد عیوب شناسایی شده در ابتدای استقرار سیستم آنالیز ارتعاشات



نمودار شماره 5- درصد عیوب شناسایی شده پس از ده ماه استقرار سیستم آنالیز ارتعاشات

نمودار شماره (5) به روشنی نشان می‌دهد که آنالیز ارتعاشات و اقدام اصلاحی بالانس چگونه توانسته است کاهش چشمگیری در متداول ترین عیب یعنی نامیزانی در ماشین آلات تحت پایش داشته باشد. اهمیت این امر از آن جهت بیشتر روشن می‌شود که در نظر داشته باشیم که بسیاری از ماشین آلات دوار تحت پایش در معرض سایش تدریجی و مداوم و در نتیجه ابتلا به نامیزانی قرار دارند. آنالیز ارتعاشات کمک کرد تا با شناسایی و اقدام به موقع و مناسب گستردگی و شدت این عیب در ماشین آلات تحت پایش کاهش چشمگیری یابد.

بررسی اثربخشی سیستم آنالیز ارتعاشات بر فن های غبار گیر (Bag Filter Fan)

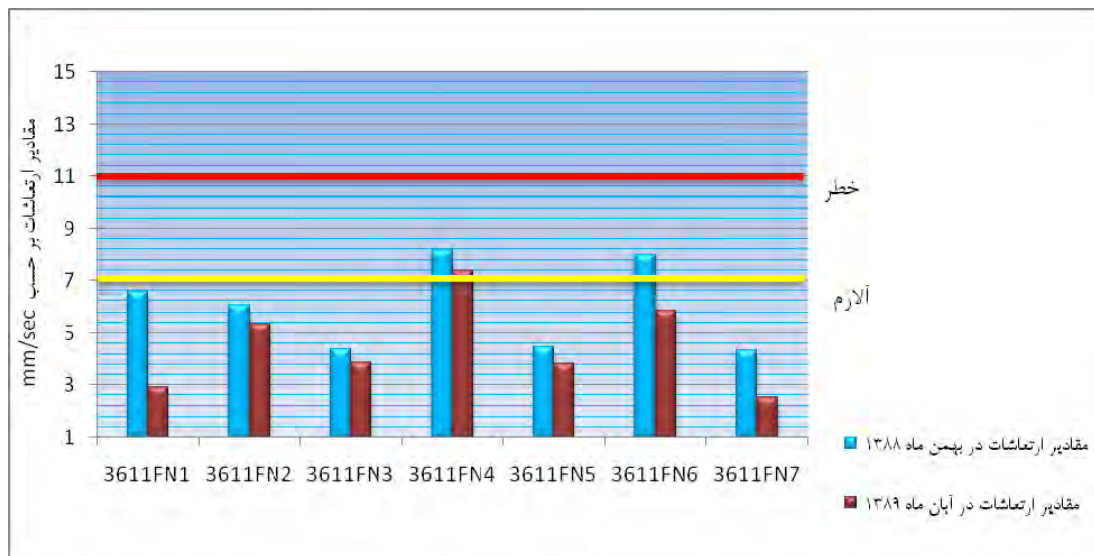
نمودار شماره (6) میزان ارتعاشات در بگ فیلترهای خط تولید که شامل چهار دستگاه فن با توان های 11 تا 250 کیلو وات و سرعت دورانی 1500 تا 3000 دور در دقیقه می باشند را، در ابتدا و ده ماه پس از استقرار سیستم آنالیز ارتعاشات نشان می دهد :



نمودار شماره 6 - مقایسه تغییرات میانگین ارتعاشات بگ فیلترهای خط تولید به تفکیک دپارتمان

بررسی اثربخشی سیستم آنالیز ارتعاشات بر فن های خنک کن (Cooling Fans)

نمودار شماره (7) میزان ارتعاشات در فن های خنک کن کولر که شامل هفت دستگاه فن با توان های 150 تا 250 کیلو وات و سرعت دورانی 1500 دور در دقیقه می باشند را در ابتدا و ده ماه پس از استقرار سیستم آنالیز ارتعاشات نشان می دهد :



نمودار شماره 7 - مقایسه تغییرات میانگین ارتعاشات فن های گریت کولر خط تولید

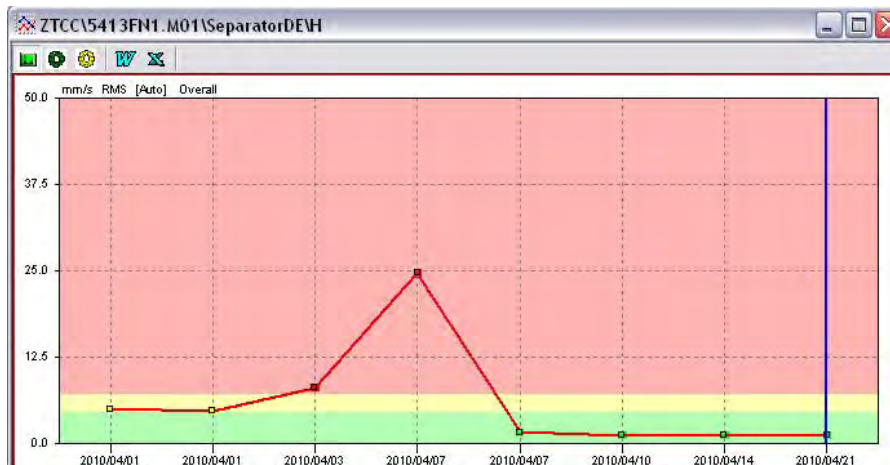
بررسی چند مورد از اقدامات اصلاحی در کارخانه سیمان زاوه تربت

1- شناسایی ترک در استراکچر فن :

فن سپراتور دپارتمان آسیای سیمان با موتوری با توان 395 کیلووات، سرعت دورانی 990 دور بر دقیقه و وزن روتور 1500 کیلوگرم نقش کلیدی در فرایند تولید دارد به گونه‌ای که توقف این فن منجر به توقف کامل دپارتمان آسیای سیمان می‌گردد (شکل شماره 1). میزان ارتعاشات ماشین در یک مقطع زمانی به طور ناگهانی افزایش یافت به علت قرار گرفتن ماشین در شرایط اقدام فوری تصمیم به توقف و بازرسی وضعیت کلی ماشین گرفته شد. که پس از بازرسی وجود ترک در استراکچر فن مشاهده و اقدام اصلاحی انجام شد. کاهش میزان ارتعاشات مطابق نمودار شماره (8) مشخص می‌باشد.



شکل شماره 1- فن سپراتور آسیای سیمان



نمودار شماره 8- ترند ارتعاشات فن سپراتور آسیای سیمان

2- اصلاح موقعیت استراکچر فن :

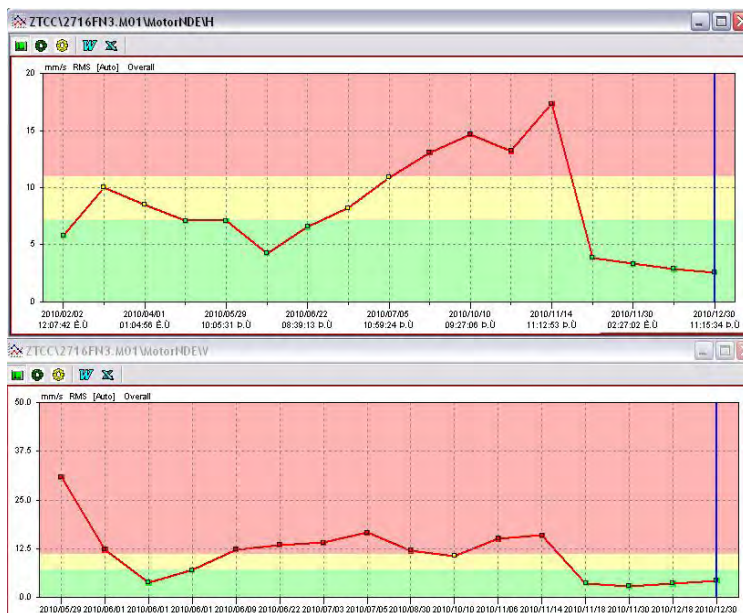
فن‌های ایراسلاید با موتوری با توان 5.5 کیلو وات و سرعت دورانی 3000 دور بر دقیقه و وزن روتور 35 کیلوگرم ، بیشترین تعداد فن در خط تولید را به خود اختصاص می‌دهند. با توجه به وزن پائین روتور، بالانس آنها از حساسیت بالایی برخوردار می‌باشد. در فن ایراسلاید دپارتمان تغذیه کوره (شکل شماره 2) پس از افزایش میزان ارتعاشات و بررسی‌های بعمل آمده با توجه به وجود علائم نامیزانی اقدام اصلاحی بالانس انجام شد که در کاهش میزان ارتعاشات تاثیر چندانی نداشت. پس از اصلاح موقعیت استراکچر و پایه‌ها، افزایش خاصیت میرایی سیستم، (شکل 3) ارتعاشات را به میزان قابل توجهی مطابق با نمودار شماره (9) و (10) کاهش داد و شرایط ماشین از اقدام فوری به عادی تغییر یافت.



شکل شماره 2- فن ایراسلاید دپارتمان تغذیه کوره



شکل شماره 3- فن ایراسلاید دپارتمان تغذیه کوره پس از اصلاح موقعیت استراکچر



نمودار شماره 9 و 10 – ترند ارتعاشات فن ایراسلاید پارتمان تغذیه کوره قبل و پس از اصلاح

3- کاهش ارتعاشات با تغییر طراحی

فن شماره 1 کولر با موتوری با توان 200 کیلو وات و سرعت دورانی 1500 دور بر دقیقه بسیار موثر در فرایند تولید است . توقف این فن منجر به توقف فرایند تولید می‌گردد. میزان ارتعاشات ماشین از همان ابتدای راه اندازی بالاتر از محدوده مجاز بود . به تدریج به علت افزایش بیش از حد مقادیر ارتعاشات و تحلیل داده‌ها نامیزانی به عنوان مهم ترین عامل ارتعاشات شناخته و 3 بار پروسه بالانس در مقاطع مختلف انجام شد که در هر مرحله کاهش نسبی ولی جزئی حاصل گردید . پس از نیاز واحد تولید به افزایش دبی فن مذکور و ضرورت استفاده از موتوری با توان 250 کیلو وات تغییر طراحی ماشین و تبدیل سیستم انتقال قدرت آن از پولی و تسمه (شکل شماره 4) به کوپل مستقیم و استفاده از یاتاقان منوبلوک (شکل شماره 5) ارتعاشات آن همان طور که در نمودار شماره (11) و (12) نشان داده شده، کاهش یافته است.



شکل شماره 4- فن شماره 1 کولر قبل از تغییر طراحی



شکل شماره 5- فن شماره 1 کولر بعد از تغییر طراحی



نمودار شماره 11 و 12- ترند ارتعاشات فن شماره 1 کولر قبل و بعد از تغییر طراحی

نتیجه گیری

تجربه و نتایج بکارگیری پایش وضعیت با آنالیز ارتعاشات در کارخانه سیمان زاوه تربت در این مقاله ارائه گردیده است. نتایج نشان دهنده بازگشت سرمایه‌گذاری اولیه در این بخش در مدت زمان کمتر از یک سال می‌باشد. در این مقاله وضعیت ماشین آلات قبل و بعد از اجرای پایش وضعیت مقایسه شده است. بکارگیری پایش وضعیت در کارخانه سیمان زاوه سبب شناسایی سریع مشکلات و اقدام در جهت کاهش آنها گردیده است. در این خصوص چند مورد از اقدامات اصلاحی انجام شده به منظور کاهش ارتعاش ماشین آلات کارخانه بیان گردید.