

نگهداری پیشگیرانه ( preventive maintenance ) ، بازرسی سیستماتیک ، تشخیص خطاهای احتمالی پیش از وقوع .

تولید پایدار در بهره وری بیشتر و خلق ارزش پایدار

نویسنده : قاسم علی پور سرملی (سرشیفت مکانیک شرکت صنایع سیمان گیلان سبز)

gh.13655691@gmail.com

## چکیده

یکی از مهم ترین عوامل موثر در افزایش قیمت تمام شده کالاها ، هزینه نگهداری و تعمیرات ماشین آلات تولیدی می باشد. سیمان نیز به عنوان یکی از کالاهایی که در پروژه های زیر بنایی کشور نظیر سد سازی و مسکن و ... کاربرد دارد تاثیر زیادی بر روی قیمت ارائه خدمات در این پروژه ها را دارا می باشد. ایران یکی از تولید کنندگان مهم سیمان در جهان می باشد و با توجه به اینکه این صنعت جزء صنایع مادر محسوب میشود و حجم سرمایه بالایی از منابع مالی کشور صرف احداث کارخانجات سیمان گردیده است حفظ و نگهداری این سرمایه و جلوگیری از استهلاک بیش از حد آن یک وظیفه تلقی شده و در این میان کسانی که نسبت به چگونگی نگه داشت بهتر آن آگاهتر باشند مسئولیت بیشتری در قبال جامعه دارا میباشند از روش های نگهداری و تعمیر نوین که راهگشای بسیاری از مشکلات مراکز صنعتی میباشد. نگهداری و تعمیرات بر اساس شرایط Condition Based maintenance می باشد.

## کلمات کلیدی

Condition based maintenance, over load

fundamental train frequency (FTF) /. Failure potential

نگهداری و تعمیرات بر مبنای وضعیت Condition based maintenance سیستم نت اقتضایی مرحله تکمیلی نسل سوم روش های نگهداری و تعمیرات میباشد که از دهه ۱۹۷۰ به تدریج در صنعت وارد شده است .

### سیر تکاملی نگهداری و تعمیرات

تعمیر در صورت خرابی (B.M)	مرحله اول تکامل	سال ۱۹۵۰
نت پیشگیرانه (P.M)	مرحله دوم تکامل	سال ۱۹۶۰
نت برنامه ریزی شده (P.M)	مرحله سوم تکامل	سال ۱۹۷۰
۱. نگهداری و تعمیرات برنامه ریزی شده ۲. نگهداری و تعمیرات بهره ور ۳. نگهداری و تعمیرات بهره ور فراگیر ۴. نگهداری و تعمیرات وابسته به شرایط CBM	مرحله تکمیلی	سال ۱۹۸۰

نگهداری و تعمیرات مبتنی بر وضعیت که به تعبیر دیگر نت پیشینانه /پیشگویانه نت متکی به شرایط فنی نت اقتضایی نیز نامیده می شود . موثر ترین استراتژی موجود برای مدیریت دارایی های فیزیکی است که در کنار برنامه های نت پیشگیرانه (P.M) تکنیک های Finding Failure ، طراحی مجدد ( redesign ) و ... عناصر اصلی ( RCM ) را تشکیل میدهند .

برای استقرار و عملیاتی کردن نت بر اساس وضعیت از ابزار مراقبت وضعیت CM استفاده می گردد.

این استراتژی بر این باور است که اغلب خرابی های ماشین آلات و تجهیزات صنعتی پس از رسیدن به یک مرحله مشخص نشانه هایی از خود بروز میدهند که می توان این نشانه ها را به صورت ارتعاشات ، صدا و امواج آلتراسونیک ، ذرات فرسایشی ... تشخیص داده و وقوع خرابیها را پیش بینی کرد .

موفقیت و پیشرفت هر سازمان و تشکیلاتی به ویژه کارخانجات صنعتی مستلزم داشتن روشهای موثر برنامه ریزی و کنترل و اجرای دقیق و منظم آنها در کلیه مراحل میباشد با توجه به اینکه این اصل تولید باید با موثرترین و اقتصادی ترین روش صورت گیرد توقفات اضطراری و هم چنین خرابی در ماشین آلات عامل مهمی در عدم دسترسی به بهره وری مورد نظر و از پیش تعیین شده خواهد بود .

در فرایند تولید ماشین آلات همواره در حال فرسوده شده هستند بنابراین سیستم نگهداری و تعمیرات یکی از مهم ترین مسائل کارخانجات صنعتی بویژه سیمان می باشد .

maintenance که مترادف آن در زبان فارسی (نگهداری و تعمیرات) میباشد شامل کلیه عملیاتی است که برای سالم و مرتب نگه داشتن ابزار کار چه ماشینی و چه غیر ماشینی در نظر گرفته شده است ، در صنایع عملیاتی از قبیل بازدید مرتب تجهیزات ، روغن کاری منظم و رفع عیوب و نواقصی کوچک که احتمالاً در حین کار دیده میشود و یا تعمیر و اصلاح ماشین آلات در فواصل معین و در نهایت کلیه اموری که باعث برقرار داشتن وضعیت صحیح کار می شود . maintenance نامیده می شود .

## هدف از ایجاد یک سیستم نگهداری و تعمیرات عبارتند از :

۱. جلوگیری از توسعه و افزایش عیوب
  ۲. برطرف کردن معایب جزئی قبل از احتیاج به تعمیرات کلی و یا اضطراری (EM)
  ۳. کاهش توقف ها و جلوگیری از زیان های ناشی از وقفه در فرآیند تولید
  ۴. کاهش تعمیرات کلی و تکراری
  ۵. ازدیاد طول عمر ماشین الات و صرفه جویی در خرید ماشین آلات جدید.
  ۶. افزایش راندمان تولید ماشین آلات و کاهش هزینه های تولید
  ۷. امکان پیش بینی قطعات یدکی مورد نیاز در فرآیند تولید.
- چگونگی کیفیت و هم چنین کمیت کالاهای تولید شده رابطه مستقیم با عملکرد دقیق ماشین آلات دارد. لذا آزمایش و تست هر دستگاه برای دستیابی به دقت لازم و رسیدن و به استاندارد های موردنظر از عوامل مهم تولید می باشد.

## چهار مورد از راهبرد های این حوزه به شرح ذیل می باشد :

۱. اصلاحی (CM) corrective maintenance
۲. پیشگیرانه (P.M) preventive maintenance
۳. قابلیت اطمینان محور (RCM)
۴. پیش بینانه (P.M.D)

## روش اصلاحی (CM) از هفت بخش تشکیل شده است :

۱. آنالیز ارتعاشات
۲. آنالیز روغن
۳. ترموگرافی
۴. آنالیز آلتراسونیک
۵. آنالیز کارایی
۶. آنالیز مدار موتور
۷. تست های الکتریکی

## انواع فعالیت های cm به شرح ذیل می باشد :

اندازه گیری ارتعاشات

نمونه برداری از روانکارها

تست ضخامت دیواره مخازن هوای فشرده

تست عایقی الکترو موتورهای خط تولید (میگر)

تستهای آلتراسونیک ترکهای سطحی و عمقی

این دسته از فعالیت ها به دلیل نیاز به توقف کامل دستگاه ها هم چنین تجهیزات خاص اندازه گیری در زمان تعمیرات اساسی و با کمک از شرکت های معتبر در این امر استفاده می گردد که عمدتاً بر روی شفت ها و شل کوره و ... انجام می گردد. بسیاری از تحلیل های ارتعاشی به منظور کنترل وضعیت یاتاقانها از آنجا که این تکنولوژی توانایی پیش بینی برخی از خرابی ها را دارد تقریباً ابزاری قابل اعتماد می باشد. ۹۰ درصد خرابی یاتاقانها را میتوان حتی ماه ها قبل از آنکه اتفاق بیفتد پیش بینی کرد.

## عمده ترین دلایل خرابی بیرینگ ها عبارتند از :

۱. آلودگی (گرد و غبار و رطوبت) و ...
۲. تنش غیر مجاز (over load)
۳. عدم روانکاری مناسب
۴. نقص داخل بیرینگها در فرآیند ساخت

یاتاقانها معمولاً به ۱۰ درصد عمر مفید خود می رسند در شرایط آزمایشگاهی عمر یاتاقانها بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ سال محاسبه می شود. اما سوال این است که چرا هیچ بیرینگی به این طول عمر نمی رسد. در پاسخ باید گفت که در آزمایشگاه هیچ نوع آلودگی خاک یا رطوبت وجود ندارد. روانکاری بیرینگ ها با شرایط عالی انجام شده و بارهای وارده نیز از حد مجاز طراحی عبور نمی کنند. به هر حال آنچه که مسلم است این است که با نگهداری یاتاقان در شرایط مناسب تر می توان طول عمر بیرینگ ها را افزایش داد. هرچند پیش بینی خرابی یا تاقانها اطلاعات مفیدی برای مصرف کننده محسوب میشود اما مسئله مهم تر یافتن منشا این خرابی ها در بیرینگ ها میباشد.

هر ارتعاش با یک فرکانس خاص صورت میگیرد. آگاهی از فرکانس یک ارتعاش در تشخیص مشکل ایجاد کننده این ارتعاش بسیار مهم است. در مورد یاتاقانها نیز وضع به همین منوال است. همه المان های یاتاقانهای غلتکی ارتعاشی با فرکانس معین ایجاد میکنند. و افزایش ارتعاشات بیانگر وضعیت آنهاست.

## چهار فرکانس ارتعاشی یاتاقانها عبارتند از :

۱. Fundamental train frequency
۲. Ball spin frequency (عیوب مربوط به ساچمه ها سریعاً باید رفع گردد)
۳. Outer race frequency (زمان پیشگویی تا چند ماه قبل)
۴. Inner race frequency (زمان پیشگویی تا چند هفته قبل)

## روابط محاسبه این فرکانس ها عبارتند از :

$$FTF = \frac{rps}{2} \left[ 1 - \frac{Bd}{pd} \cos \Omega \right] \quad OR = N (FTF)$$

$$Bs = \frac{pd}{2BD} (rps) \left[ 1 - \left( \frac{Bd}{pd} \right)^2 \cos^2 \Omega \right] \quad IR = N(RPS - FTF)$$

که N تعداد ساچمه ها و RPM سرعت چرخشی رینگ داخل میباشد

که در این روابط : RPS تعداد دور حلقه داخلی در ثانیه PD قطر گامی

BD قطر ساچمه ها N تعداد ساچمه ها  $\Omega$  زاویه تماس

یاتاقانهایی که هیچ نیروی محوری را تحمل نمی کنند زاویه تماس بر آنها صفر است. این رابطه تئوری بوده و مقادیر اندازه گیری شده ممکن است اختلافاتی بهمراه داشته باشد. این اختلاف ها وقتی که یاتاقان تحمل بار محوری قابل توجه داشته باشد بیشتر است. زیرا این شرایط زاویه تماس را تغییر میدهد. شرکت SKF نرم افزاری جهت بدست آوردن این فرکانس ها دارد که با انتخاب نوع بیرینگ و وارد کردن RPM رینگ داخلی، فرکانس های خرابی بیرینگ را مشخص می کند.

در اینجا جا دارد به یکی از ابزار های توسعه P.M در کارخانجات سیمان اشاره داشته باشم. دستگاه MecAssis با قابلیت هایی که دارد وجود آن برای هر مدیر فنی و مدیر مکانیک در شرکت های سیمان ضروری است از قابلیت های این دستگاه میتوان به موارد ذیل اشاره کرد :

۱. قابلیت اندازه گیری قطر غلتک و رینگ کوره جهت بررسی مخروطی شدن و خارج شدن محور واقعی کوره از محور تراز
۲. اندازه گیری های غلتک و تبدیل اندازه گیری ها به دمای استاندارد ۲۰ درجه
۳. دارای ۱۲۰ فاز حافظه جهت ثبت اطلاعات بدون نیاز به یادداشت
۴. قابلیت اندازه گیری حرکت نسبی رینگ نسبت به کوره
۵. استفاده آسان و قابل حمل بدون نیاز به یادداشت
۶. جعبه صنعتی استاندارد جهت نگه داری و استفاده دستگاه
۷. دارای نرم افزار انحصاری با قابلیت ارسال اطلاعات به کامپیوتر و اکسپورت آنها به نرم افزار داده های اکسل جهت تحلیل (این دستگاه توسط آقایان احمد جعفری و مهندس حبیب عینی طراحی و ساخته شده است).

### با توجه به موارد ذکر شده اهداف اصلی نگهداری تجهیزات به شرح ذیل می باشد :

۱. بیشینه کردن دوره عمر مفید تجهیزات و ماشین آلات
  ۲. بیشینه کردن قابلیت اطمینان تجهیزات و ماشین آلات
  ۳. افزایش کارایی کلی تجهیزات
  ۴. به حداقل رساندن تعمیرات اتفاقی تجهیزات و ماشین آلات
  ۵. به حداقل رساندن هزینه های توقفات خطوط تولید بر اثر خرابی های دستگاه
- جهت جلوگیری از توقفات ناخواسته و افزایش بهره وری و تولید پایدار و خلق ارزش پایدار نگرش سیستمی ( نظام مند ) به نگهداری و تعمیرات الزامی می باشد .

### شاخصه های نگرشی سیستمی به نگهداری و تعمیرات

۱. ایجاد بانک های اطلاعاتی ( ماشین ها ) ابزار ؛ تجهیزات و تعمیرکاران ؛ سازمان تعمیرگاه فعالیت های نت
۲. ثبت کلیه فعالیت ها ، ارائه گزارشات و پیشنهادات

۳. اشاعه وظائف نت از محدوده تعمیرگاه به کلیه بخش های عملیاتی پشتیبانی و اداری سازمان و درگیر کردن آنها در این موضوع
۴. اولویت دادن به فعالیت های پیشگیرانه
۵. ایجاد انگیزه های مادی و معنوی در نیروهای انسانی درگیر به منظور ایجاد روحیه ی پویایی و نوآوری.

## نتیجه گیری

جهت نیل به هدف اصلی که همان تولید بالا و بهره ور و کاهش هزینه های می باشد تدوین یک برنامه مند نگهداری و تعمیرات ، جمع آوری لیست تجهیزات و کدبندی آنها و جمع آوری مشخصات کلی تجهیز و محل استقرار آن و مدارک فنی و کاتالوگ های تجهیزات و تقسیم بندی آنها به سیستم های مختلف تعمیراتی و تهیه فرم ساعت کارکرد تجهیز و تدوین چک لیست های پیشگیرانه شامل بازدید ها روانکاری ، بازرسی فنی ، آنالیز روغن و ارتعاشات و تدوین دستورالعمل های بازرسی و تعمیرات و تعیین زمان مناسب برای انجام تعمیرات اساسی و تهیه شناسنامه و دستگاه ها و تشخیص قطعات یدکی مورد نیاز برای دستگاه و میزان سفارش آنها از اولویت از اهمیت ویژه ای برخوردار است .

## مراجع و منابع

۱. نت پیشگیرانه joseph D.patton,jr
۲. تجزیه تحلیل عوامل شکست و آثار آن ، تالیف دکتر رضا طاهریان
۳. نگهداری و تعمیرات بهره ور و فراگیر " هوشنگ رستمیان "