

## پایش وضعیت (CM)، تحولی در کاهش هزینه صنعت

محمد مهدی موحدی<sup>۱</sup>، ولی اله رضایی نصرتی<sup>۲\*</sup>، امیر عباس یزدانی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروزکوه

<sup>۲</sup> دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروزکوه (عهده دار مکاتبات)

<sup>۳</sup> دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروزکوه

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۸۸. تاریخ داوری: اردیبهشت ۱۳۸۸. تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۸۸

### چکیده

در عصر پر رقابت امروز، یکی از دل‌مشغولی‌های مدیریت صنایع در شرکت‌ها، عمدتاً کاهش هزینه‌های تمام شده محصولات است. زیرا اقدامی که می‌تواند شرکت‌های تولیدی را در این محیط رقابتی موفق دارد، علاوه بر کیفیت برتر تولیدات، کاهش حساب شده هزینه‌ها می‌باشد. یکی از مهم‌ترین نقاطی که مدیران می‌توانند در زمینه کاهش هزینه‌ها مانور دهند، فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات (نت) است زیرا استفاده از تکنیک‌ها و روش‌های علمی به طور حتم کمک زیادی در این زمینه خواهد کرد. برای نشان دادن موارد فوق، شرکت صنایع چوب و کاغذ مازندران به عنوان مطالعه موردی انتخاب شده تا چگونگی استفاده صحیح از سیستم پایش وضعیت (CM) از طریق آنالیز روغن، بررسی شود تا به موقع از خرابی‌های ناشی از دستگاه‌ها آگاهی یافته و از این طریق با تعمیرات پیشگیرانه، جلوی زیان را قبل از اینکه به وقوع بپیوندد، گرفته شود و ثانیاً به طور چشمگیری صرفه‌جویی در مصرف روغن و متعاقب آن کاهش هزینه‌ها را داشته باشیم.

**کلمات کلیدی:** بهره‌وری اقتصادی، پایش وضعیت (CM)، کاهش هزینه.

### ۱- مقدمه

ماشین در حال خراب شدن است. مدیران صنایع، بدین طریق و با نگهداری پیش‌بینانه، قبل از آن که سیستم تولید با مشکل مواجه شود، عیوب دستگاه‌ها را شناسائی و آن را در اولین فرصت برطرف می‌نمایند که صرفه‌جویی زیادی در برداشته و در نهایت باعث کاهش هزینه تمام شده محصول خواهد شد.

در مقاله حاضر، با هدف بررسی بهره‌وری اقتصادی پایش وضعیت با به‌کارگیری تکنیک‌های آنالیز روغن، ضمن مروری مستند بر ادبیات موضوعی که در این رابطه ارائه شده، نتایج حاصل از تحقیقات در رویکرد موردنظر، طی مطالعه موردی انجام شده در شرکت مورد مطالعه را تشریح و مورد بررسی قرار می‌دهیم تا تاثیر اقدامات انجام شده به منظور بهره‌وری اقتصادی مطلوب را از طریق به‌کارگیری یک سیستم پایش وضعیت کارا در یک مورد عملی، آشکار ساخته و تاثیر سیستم پایش وضعیت در سازمان را مشاهده نماییم. در پایان مقاله، موارد مذکور جمع‌بندی شده، نتیجه‌گیری و پیشنهاداتی ارائه می‌گردد.

علی‌رغم تمام تغییرات و پیشرفت‌ها در نظام مدیریتی، حتی امروزه هم در بسیاری از شرکت‌ها و کارخانجات موضوع نگهداری و تعمیرات ناشناخته باقی مانده و کم اهمیت تصور می‌شود. بسیاری از مدیران سازمان‌ها به موضوع نت فقط به عنوان یک مرکز هزینه و عاملی برای صرف بودجه نگاه می‌کنند. هنوز هم فلسفه نت سودمند در شرکت‌ها درک نشده و معمولاً در محیط تولیدی ناهمگونی و تعارضات بین واحد تولید با واحد نت بسیار به چشم می‌خورد. از سویی موفقیت واحد نت در انجام ماموریت‌ها و وظایفش، تا حد زیادی به چگونگی نگرش و میزان توجه مدیریت ارشد به موضوع نت برمی‌گردد و تاثیر همکاری نیروهای واحد تولید و اپراتورهای دستگاه در اثر بخشی برنامه‌های نگهداری و تعمیراتی غیر قابل انکار است. شرکت‌های تولیدی برای توسعه محصولات و کیفیت بهتر آن، نیاز به ماشین‌آلاتی دارند که حداقل خرابی‌ها را داشته باشد و یکی از عوامل کلیدی که می‌تواند کمک شایانی به نت نماید، روغن‌کاری صحیح و برنامه‌ریزی شده دستگاه‌ها می‌باشد. آنالیز روغن به درستی نشان می‌دهد که ماشین‌آلات در چه وضعیتی هستند و احتمالاً کدام قطعه

\* vali.rezaee49@gmail.com

## ۲- بیان مساله

راهی برای تشخیص علائم فرسایش عادی یا خرابی آنی<sup>۲</sup> دستگاه یا فرایند در زمان مناسب برای دوری جستن از خرابی‌های اتفاقی است. بدون شک به وسیله پایش وضعیت می‌توان عمر دستگاه‌ها را طولانی‌تر کرده، از منابع انسانی کمتر استفاده کرد و نهایتاً هزینه تمام شده محصولات را به طور محسوسی کاهش داد. به کمک پایش وضعیت می‌توان وضعیت دستگاه را زیر نظر گرفته و در صورت انحرافات پیاپی از رفتارها عادی اقدام لازم برای برنامه‌ریزی بازدید یا تغییرات لازم در زمان مناسب را اتخاذ نمود. در صورتی که تا زمان اجرای هر مرحله از تغییرات زمان‌بندی شده دستگاهی بر اساس نتایج پایش وضعیت رفتار غیرعادی از خود نشان ندهد، آن دستگاه مورد بازدید قرار نمی‌گیرد و به این ترتیب می‌توان حجم قابل توجهی از فعالیت‌های مربوط به امور نگهداری پیش‌گیرانه را کاهش داد [۳].

### ۳- مزایای پایش وضعیت

به‌کارگیری سیستم پایش وضعیت دارای مزایای مشهودی است که به طور اختصار و اجمال می‌توان این مزایا را تحت عناوین زیر برشمرد:

- کاهش سطح تعمیرات عمومی و جلوگیری از توسعه خرابی در سیستم
- کاهش تعداد خرابی‌های سنگین و پرهزینه
- کاهش مصرف قطعات مصرفی و قطعات انباری
- کاهش هزینه سرویس با استفاده از روش افزایش فاصله زمانی سرویس‌ها
- کاهش هزینه‌های ناشی از توقف دستگاه
- افزایش عمر مفید دستگاه
- افزایش امکان برنامه‌ریزی
- افزایش کارایی ماشین
- بهبود ایمنی کار دستگاه
- امکان کنترل کیفیت تعمیرات
- امکان کنترل کیفی مواد مصرفی همچون روغن و فیلترها
- کنترل فرسایش غیرعادی و کاهش خرابی‌های زودرس
- آماده بکار بودن بیشتر ماشین به ویژه در مواقع حساس

همان طوری که قبلاً بیان شد، یکی از طرق مهم برای پایش وضعیت، آنالیز روغن سیستم می‌باشد که در صورت اجرای این روش مزایای اقتصادی زیادی عاید سازمان می‌گردد.

### ۴- آنالیز روغن

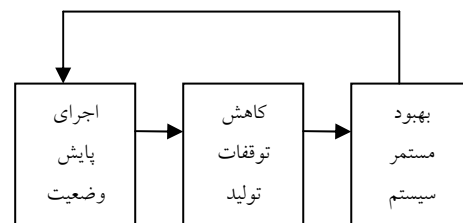
امروزه تکنیک‌های آنالیز روغن به عنوان یکی از مؤثرترین روش‌های نظارت و کنترل ماشین‌آلات صنعتی، عمرانی، حمل و نقل و نظامی مورد استفاده واقع می‌شوند. در واقع به دلیل این که روغن در تماس دائم با سطوح قطعات مختلف سیستم قرار می‌گیرد، اطلاعات درون سیستم را در خود جمع نموده و از روش انجام آزمایش‌های متعدد روی روغن، این

پر واضح است که برای رسیدن به یک وضعیت مطلوب، داشتن یک هدف منسجم و برنامه‌ریزی مدون در جهت رسیدن به هدف مطلوب، لازم و ضروری است. تجربه ثابت کرده، عاملی که می‌تواند شرکت‌ها را از بازار پر رقابت امروز نجات دهد، استفاده از تکنیک‌ها و روش‌های علمی برای بهینه نمودن امور می‌باشد. در این تحقیق ابتدا تعریفی از مفهوم پایش وضعیت ارائه می‌شود و در مورد مراحل آن نیز مطالبی به طور مختصر ارائه می‌گردد و سپس در مورد آنالیز روغن توضیحاتی ارائه شده و در ادامه خواص فیزیکی و شیمیایی روغن که در این تحقیق از آن‌ها استفاده شده مورد بررسی قرار می‌گیرد و در نهایت مطالب ارائه شده جمع‌بندی شده و نتایج و یافته‌های تحقیق به تحلیل در خواهد آمد.

### ۳- مفهوم پایش وضعیت

نگهداری و تعمیر پیش‌گیرانه یک فعالیت اخطاردهنده در خصوص از کارافتادگی تجهیزات است که مستلزم پایش سیستم‌های ماشین‌آلات برای تعیین خرابی در حال وقوع در مواد و تجهیزات می‌باشد که نشان می‌دهد که از کارافتادگی اولیه شروع شده و می‌تواند منجر به از کارافتادگی پیشرفته و خرابی کامل شود. نگهداری و تعمیر پیش‌بینانه به عنوان پایش وضعیت فرسوده شدن مواد و تجهیزات نیز شناخته می‌شود و بر این اصل استوار است، تا زمانی که وضعیت تجهیزات، نشان‌دهنده رخ دادن فرسودگی در قطعات ماشین‌آلات نباشد، نیازی به نگهداری و تعمیر عکس‌العملی وجود ندارد [۱].

منظور از نگهداری و تعمیرات بر اساس وضعیت (Condition Based Maintenance) عبارت است از به دست آوردن علائم و نشانه‌هایی از وضعیت سیستم، در حالی که ماشین مشغول کار می‌باشد، دستگاه بتواند در یک شرایط ایمنی و اقتصادی به کار ادامه دهد یا مورد تعمیر واقع شود. روش‌های متعددی برای سیستم پایش وضعیت ابداع و متداول شده است که از آن جمله می‌توان به آنالیز روغن، آنالیز ارتعاشات، آنالیز صوت و امثال آن اشاره کرد [۷و۶].

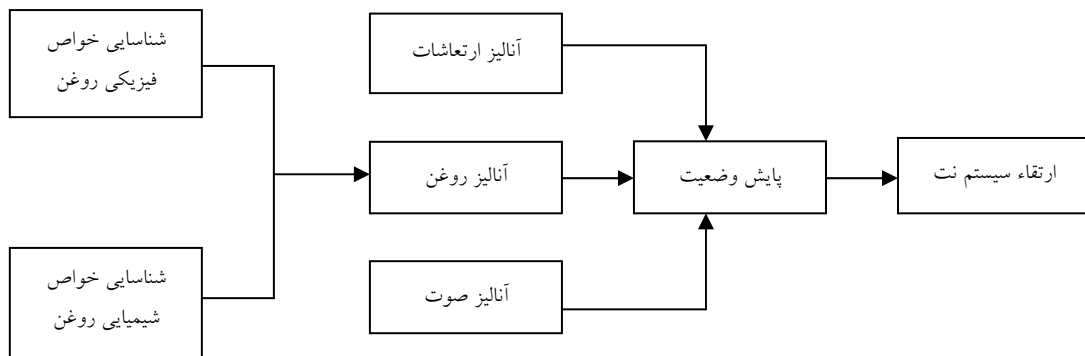


شکل (۱): فرایند بهبود مستمر

مدل فوق بیانگر این موضوع است که اجرای پایش وضعیت می‌تواند کاهش توقفات را به همراه داشته باشد و در نتیجه زمانی که توقفات تولید به حداقل ممکن کاهش یابد در پی آن بهبود مستمر سیستم را خواهیم داشت و این عامل می‌تواند بقای سازمان‌ها را موجب شود. پایش وضعیت

شناسایی نوع و محل عیوب میسر می‌گردد. از روش آنالیز روغن می‌توان علاوه بر شناسایی نوع و کیفیت روغن برای ادامه کار عیوب مختلف همچون خوردگی، مشکلات یاناقان‌ها، فرسایش غیرعادی رینگ و پیستون موتورها، فرسایش غیرعادی شافت‌ها و دنده‌های گیربکس‌ها و پمپ‌های هیدرولیک را نیز شناسایی و نسبت به رفع عوامل آن اقدام نمود. در شکل (۲) جایگاه فرایند آنالیز روغن در ارتقا سیستم نت به نمایش درآمده است.

اطلاعات در اختیار تشکیلات کنترلی و نظارتی ماشین‌آلات قرار می‌گیرد. با استمرار این نظارت می‌توان هر گونه تغییر وضعیت روغن و دستگاه را شناسایی و قبل از پیشرفت و توسعه خرابی و رسیدن به مرحله بحرانی اقدامات پیش‌گیرانه‌ای را انجام داد. نقطه قوت این روش در شناسایی آلودگی، فرسایش و عیب سیستم در مراحل اولیه است. به این ترتیب این فرصت به دست خواهد آمد تا اقدامات لازم برای پیش‌گیری و یا برنامه‌ریزی تعمیرات در زمان مناسب صورت پذیرد. همچنین با تجزیه و تحلیل ذرات به دست آمده از روغن، از نظر مقدار، رنگ، شکل و تراکم،



شکل (۲): انواع آنالیز روغن در سیستم نت

- نقطه ابری شدن

نقطه ابری شدن یک روغن دمایی است که وقتی روغن سرد می‌شود، در آن دما روغن برای اولین بار کدر یا ابری می‌شود. این ابر مربوط به موم‌های میکروکریستالی است [۲].

- سرعت (تنش) برشی

سرعت (تنش) برشی عبارت است از نسبت سرعت برش به ضخامت لایه روغن. گرانشی روغن تحت سرعت زیاد برشی از لحاظ درک کارایی روانکاری در سرعت‌های زیاد و با وجود لایه نازک روغن اهمیت دارد [۲].

- نقطه اشتعال<sup>۷</sup> و نقطه احتراق<sup>۸</sup>

نقطه اشتعال کمترین دمایی است که در آن روغن به مقدار کافی به بخار تبدیل می‌شود و با هوا مخلوطی قابل اشتعال به وجود می‌آورد، به طوری که در مجاورت شعله، روشن و فوراً خاموش گردد و نقطه احتراق یعنی کمترین دمایی که بخار روغن به مقداری رسیده باشد طوری که در مجاورت شعله، روشن و سریع خاموش شود [۲].

- پایداری در مقابل اکسیداسیون

اکسیداسیون روغن، در حضور فلزاتی مانند مس و آهن با دمای بالا، تقریباً حتمی است و شدت عمل آن بستگی به میزان پایداری روغن دارد. اما روغن‌های خوب پالایش شده نیز قادر نیستند مدت زیادی دماهای بالا را تحمل کنند [۲].

۴-۱ خواص فیزیکی روغن‌ها

هر یک از روغن‌های روانکار دارای برخی خواص و ویژگی‌ها می‌باشند، که در کارایی و اثربخشی آن‌ها در امر روانکاری‌های صنعتی، مؤثر بوده و در فرایند آنالیز روغن‌های مورد آزمایش، برای بررسی و تعیین هر یک از خواص آن‌ها پرداخته می‌شود. این خواص در ادامه به اختصار مورد بررسی قرار می‌گیرند.

- گرانشی<sup>۳</sup>

گرانشی، خاصیتی از یک سیال است که سبب مقاومت آن سیال در مقابل حرکت می‌شود. این خاصیت از نظر مکانیکی نسبت تنش برشی<sup>۴</sup>، به سرعت برش<sup>۵</sup> است.

- نقطه ریزش<sup>۶</sup>

نقطه ریزش عبارت است از پائین‌ترین دمایی که وقتی روغن تحت شرایط خاصی به تدریج سرد می‌شود، هنوز جاری است. دانستن نقطه ریزش روغن، از لحاظ اینکه در سرما بتوان و یا نتوان روغن را به وسیله پمپ انتقال داد اهمیت دارد [۲].

3- Viscosity  
4- Shear Stress  
5- Shear Rate  
6- Pour Point

7- Flash Point  
8- Fire Point

## ۵- روانکاری در شرکت چوب و کاغذ مازندران (مطالعه موردی)

این مجتمع یکی از بزرگ‌ترین صنایع منطقه شمال کشور محسوب می‌شود که انواع مختلف کاغذهای روزنامه، چاپ و تحریر و فلوتینگ موردنیاز صنایع و نشریات داخلی را در دو خط جداگانه تولید می‌نماید. دارا بودن فناوری تولید سطح بالا و خط تولید پیوسته کاغذسازی، توجه به مسایل فنی و نگهداری ماشین‌آلات سطح بالایی را طلب می‌کند. نظر به اهمیت بر شمرده نگهداری پیش‌گیرانه و لزوم بهره‌گیری از تکنیک‌های آنالیز روغن در صنایع، در این مجتمع نیز فرایند آنالیز روغن از طریق تست‌های گوناگون در اواسط سال ۸۲ آغاز شد. امید بر این بود که شرکت با اجرای مدون آنالیز روغن، زمان طولانی‌تری از روغن استفاده نموده و با دورریز روغن کمتری مواجه شده و اجرای مؤثر و مداوم این برنامه موجب افزایش طول عمر دستگاه‌ها و کاهش مربوط به قطعات یدکی شود چرا که وجود آلاینده‌ها در سیستم، موجب کاهش راندمان سیستم، شتاب در سایش قطعات و در نهایت خرابی ماشین‌آلات می‌شود. واحد روانکاری شرکت، با آنالیز روغن در حال گردش داخل سیستم، اطلاعات مفیدی از وضعیت روغن در حال مصرف به دست می‌آورد. این اطلاعات در خصوص نوع آلاینده‌ها و مبدأ ورود آن‌ها به سیستم و تغییرات در کیفیت روغن، مانند تغییرات ویسکوزیته هستند که با تحلیل این اطلاعات در خصوص ادامه مصرف و یا تعویض روغن مورد آزمایش، تصمیم‌گیری می‌شود. شکل (۳) الگوریتم فرایند آنالیز روغن در مجتمع را نشان می‌دهد.

## ۶- روش تحقیق

پس از بررسی شرایط موجود، شناسایی مشکلات و موانع و تعیین استراتژی و اتخاذ راه‌کارهای اولویت‌دار، نوبت به اجرای آن می‌رسد و بر این اساس بایستی زمینه برای عملیاتی کردن راه‌کارها فراهم شود تا بتواند منجر به محقق‌سازی اهداف و مأموریت‌های کلان سازمان گردد [۴]. نظر به مشکلات موجود، سازمان مورد مطالعه در راستای طرح موردنظر، راه‌کارهایی برای رفع مشکلات و بهبود فرایند مصرف قبلی اتخاذ نموده و به کار گرفت.

در این تحقیق ابتدا سعی شده است تعاریفی مختصر در رابطه با پایش وضعیت ارائه گردد. سپس طی یک مطالعه موردی در صنایع چوب و کاغذ مازندران، مطالب ارائه شده در مورد پایش وضعیت مورد بررسی و کاوش قرار گرفت. در ابتدا وضعیت آنالیز روغن در کارخانه مزبور مورد مطالعه قرار گرفته و فرایند آن به صورت شکل (۳) ترسیم شده است. در توضیح شکل (۳) باید گفت فرایند آنالیز روغن با برنامه‌ریزی که از طریق واحد برنامه‌ریزی نت صورت می‌گیرد. شروع می‌شود. نمونه‌گیری توسط تکنسین آزمایشگاه روغن صورت گرفته و پس از مشاهده ظاهری روغن برای آزمایش و آنالیز به واحد آزمایشگاه حمل می‌گردد. در آزمایشگاه مرکزی روغن، آزمایشاتی از قبیل گرانیروی در ۴۰ درجه سانتی‌گراد، گرانیروی در ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد، آلودگی آب، نقطه انجماد، شاخص

- جرم مخصوص و چگالی<sup>۹</sup>

چگالی، جرم واحد حجم یک ماده است. برای به دست آوردن حجم از روی جرم و یا برعکس، از چگالی استفاده می‌شود. در روانکاری نیز، به منظور تشخیص یک نوع روغن و یا برشی از یک روغن و تبدیل گرانیروی مطلق به سینماتیک (چگالی / گرانیروی دینامیک - گرانیروی سینماتیک) و همچنین در معادله مربوط به محاسبه افزایش دما در یک لایه روغن، به کار می‌رود.

- انبساط حرارتی<sup>۱۰</sup>

با افزایش دما، حجم مقدار معینی از روغن زیادتر شده و در نتیجه، چگالی آن کمتر می‌شود. میزان این تغییر، به صورت ضریب انبساط حرارتی، برای تعیین حجم مخزنی که روغن در آن قرار گرفته و گرم می‌شود، مفید است [۲].

- ضریب الاستیسیته و تراکم‌پذیری<sup>۱۱</sup>

ضریب الاستیسیته، میزان مقاومت یک مایع را از نظر کاهش حجم بر اثر تراکم نشان می‌دهد. کاهش حجم، چگالی را افزایش می‌دهد و در واقع می‌توان گفت که تراکم‌پذیری، عکس ضریب الاستیسیته است [۲].

## ۴-۲- خواص شیمیایی روغن‌ها

روغن‌ها دارای خواص شیمیایی نیز هستند که در این قسمت به طور مختصر توضیحاتی ارائه می‌گردد. نفت خامی که روغن از آن حاصل می‌شود، شامل هزاران ترکیب شیمیایی است که برخی از آن‌ها پس از پالایش هنوز در روغن باقی می‌مانند. اکثر روغن‌های تجاری، مخلوطی از هیدروکربن‌های پارافینیک، نفتیک و مقادیر کمی از هیدروکربن‌های آروماتیک می‌باشند. لازم به توضیح است که ایجاد تغییر نسبت این هیدروکربن‌ها در روغن‌های مختلف، به طور مستقیم بر میزان کارایی روغن‌ها، اثر می‌گذارد.

ترکیبات آروماتیک، دارای حلقه‌های بنزنی و یا ترکیبات دیگری با خواص مشابه بنزن هستند. نسبت انواع هیدروکربن‌ها در یک روغن پایه به روش تجزیه شیمیایی، تعیین می‌شوند. روغن‌های پایه معدنی دارای تعداد زیادی از اجزا مثل گوگرد، نیتروژن، اکسیژن، ترکیبات فلزی و آب به مقدار کم هستند. انواع این اجزا بستگی به میزان پالایش برش روغنی دارد. روغن‌های پارافینیک، نسبت به روغن‌های نفتیک، پایداری بیشتری در مقابل اکسیده شدن دارند. روغن‌های نفتیک، مقدار گاز بیشتری را در مقایسه با روغن‌های پارافینیک در خود حل می‌کنند. روغن‌های پارافینیک نسبت به روغن‌های نفتیک (با گرانیروی یکسان) نقطه اشتعال بالاتری دارند و همچنین به علت وجود موم پارافینی در روغن‌های پارافینیک، نقطه ریزش آن‌ها بالاتر از روغن‌های نفتیک است [۲].

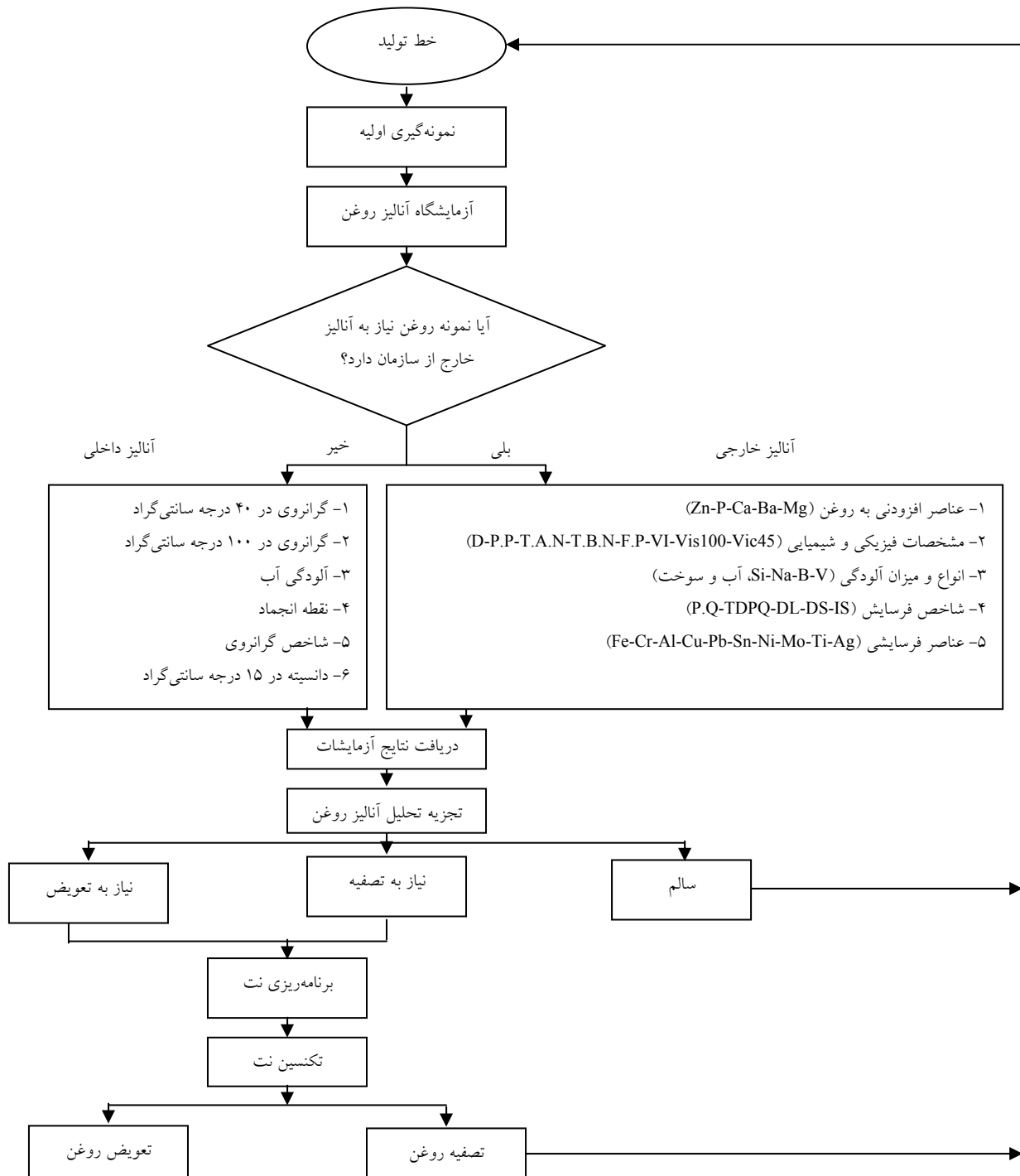
9- Density

10- Thermal Expansion

11- Bulk Modulus, Compressibility

ذی صلاح نمونه روغن به آزمایشگاه‌های خارج از سازمان حمل شده و آزمایشات دیگری مانند عناصر افزودنی به روغن (Zn-P-Ca-Ba-Mg)، مشخصات فیزیکی و شیمیایی

گرانروی، دانسیته در ۱۵ درجه سانتی‌گراد که این آزمایشات روی روغن انجام و تحلیل لازم صورت گرفته است. بدیهی است بعضی از آزمایش‌هایی که امکان اجرای آن در شرکت وجود ندارد، توسط افراد

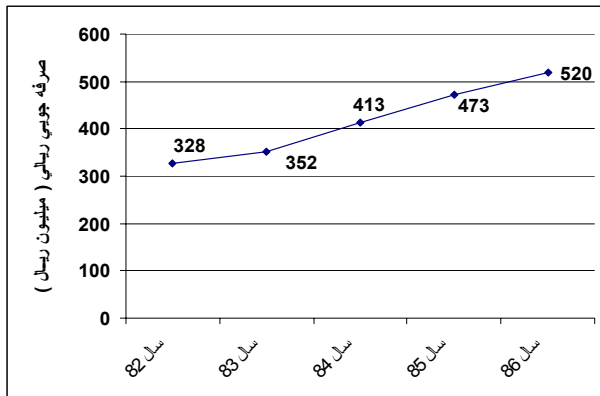


شکل (۳): فرایند آنالیز روغن در صنایع چوب و کاغذ سازان

روی روغن صورت می‌گیرد و در نهایت پس از آنالیز روغن و تحلیل نتایج آزمایش‌ها توسط تکنسین آزمایشگاه، برای نمونه روغن مورد آزمایش سه حالت اتفاق می‌افتد: الف- روغن سالم است، ب- روغن نیاز به

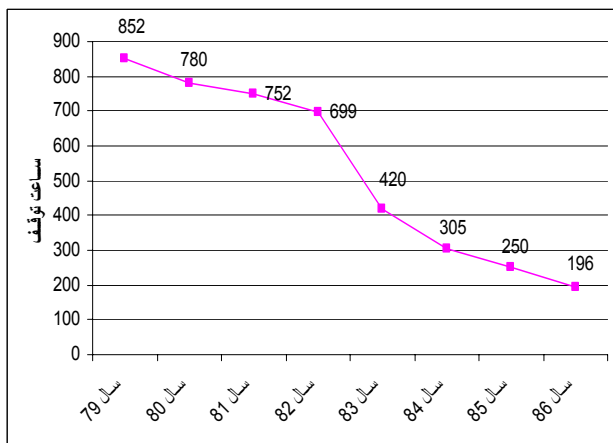
انواع و میزان (D-P-P-T.A.N-T.B.N-F.P-VI-Vis100-Vic45)، آلودگی (Si-Na-B-V، آب و سوخت)، شاخص فرسایش (P.Q-TDPQ-)، عناصر فرسایشی (DL-DS-IS Fe-Cr-Al-Cu-Pb-Sn-Ni-Mo-Ti-Ag)

چوب و کاغذ مازندران مبلغ ۵۲۰۶۸۱۲۰۰ ریال صرفه‌جویی در هزینه‌ها را داشته است. لازم به ذکر است که از سال ۸۲ که آنالیز روغن در شرکت فوق‌الذکر انجام می‌شود همه ساله و به صورت صعودی صرفه‌جویی صورت گرفته است. برای اثبات مطالب پیش گفته به واحد برنامه‌ریزی نت مراجعه کرده و صرفه‌جویی‌های صورت گرفته از سال ۸۶-۸۲ را از واحد مزبور دریافت کرده و مراتب را به صورت شکل (۴) ترسیم نمودیم.



شکل (۴): روند صرفه‌جویی روغن در صنایع چوب و کاغذ مازندران

آنالیز روغن در صنایع چوب و کاغذ مازندران، به طور مستمر در سیستم نت پیگیری و انجام می‌شود. نمودار بیانگر این است که فعالیت‌های انجام شده منجر به کاهش توقفات خط تولید شده و کمک زیادی به واحد نت از نظر جلوگیری از دوباره کاری و تعمیر مجدد ماشین‌آلات نموده است. از مزایای دیگر آن کاهش نیروی انسانی در نت و تشخیص سریع خرابی و رفع عیوب به موقع را می‌توان نام برد. اطلاعات کسب شده توقفات خط تولید در چند سال اخیر که از واحد نت کسب گردید، به صورت شکل (۵) نمایش داده شده است.



شکل (۵): روند تعداد توقفات خط تولید در صنایع چوب و کاغذ مازندران از دیگر مزایای فرایند آنالیز روغن علاوه بر صرفه‌جویی حجمی و متعاقب آن صرفه‌جویی ریالی، می‌توان به بهبود مستمر سیستم نیز اشاره کرد. پیرو مباحث گذشته آنالیز روغن در صنایع چوب و کاغذ مازندران منجر

تصفیه دارد، ج- روغن ضایعاتی است و بایستی تعویض شود. موارد فوق به واحد برنامه‌ریزی نت اعلام و تصمیم‌گیری نهایی در خصوص چگونگی استفاده مجدد روغن صورت می‌گیرد. بدیهی است اگر روغن سالم باشد، همچنان در فرایند به عملیات ادامه می‌دهد، در صورتی که نیازمند تصفیه باشد، مراتب از طریق آزمایشگاه مرکزی پیگیری شده و پس از تصفیه کامل روغن، دوباره روغن سالم به چرخه فرایند برمی‌گردد. اگر روغن ضایعاتی باشد، واحد برنامه‌ریزی نت در اولین فرصت مراتب را به واحد عملیاتی نت گزارش می‌دهد تا در اولین فرصت، روغن ضایعاتی تعویض شود. یادآور می‌شود واحد برنامه‌ریزی نت بسته به نوع روغن و نوع ماشین‌آلات برای هر یک از دستگاه‌ها ساعت کارکرد مشخص برای روغن تعریف کرده است و زمانی که ساعت کارکرد روغن در حال اتمام می‌باشد، مراتب به آزمایشگاه روغن گزارش داده و فرایند آنالیز روغن شروع می‌شود.

این امری بدیهی است که استفاده از روش‌های علمی در انجام امور، مسلماً کاهش هزینه‌هایی را در برخواهد داشت و متعاقب آن سیستم تولیدی نیز ارتقا یافته و در نتیجه بهبود مستمر را موجب می‌شود. برای نشان دادن مراتب فوق به واحد آزمایشگاه روغن مراجعه کرده و مقدار روغن مصرفی سال‌های ۸۵-۸۰ که آنالیز روغن در شرکت صورت نمی‌گرفت و سال ۸۶ که واحد نت آنالیز روغن را در برنامه خود قرار داد را دریافت کردیم پس از یک محاسبه کوتاه متوجه کاهش محسوس استفاده از روغن در سیستم تولیدی در سال ۸۶ شدیم و سپس به واحد قیمت حسابداری انبارها مراجعه و قیمت هر لیتر از روغن‌ها دریافت گردید پس از انجام محاسبات موردنیاز، مقدار صرفه‌جویی ریالی نیز محاسبه گردید که اطلاعات موردنظر در جدول (۱) به وضوح قابل مشاهده است.

جدول (۱): محاسبه صرفه‌جویی روغن

مقدار صرفه‌جویی در روغن از نظر حجمی و ریالی سال ۸۶			
نوع روغن	مقدار روغن صرفه-جویی شده (لیتر)	مبلغ هر لیتر روغن (ریال)	مقدار روغن صرفه-جویی شده (ریال)
روغن داخلی	۲۱۰۲۸	۳۹۰۰	۸۲۰۰۹۲۰۰
روغن خارجی	۲۳۷۱۲	۱۸۵۰۰	۴۳۸۶۷۲۰۰۰
جمع روغن	۴۴۷۴۰	۱۱۶۴۰	۵۲۰۶۸۱۲۰۰

همان‌طوری که ذکر گردید، استفاده از روش‌ها و تکنیک‌های علمی به طور محسوس هزینه‌ها را در سیستم تولیدی کاهش می‌دهد همان‌طوری که از جدول فوق مستفاد می‌شود تنها در سال ۸۶ در شرکت صنایع

عنوان مثال، اگر براده آهن در حین آزمایش در داخل روغن دیده شود نشانه این است که خوردگی شفت وجود دارد و به این وسیله اپراتور متوجه عیب دستگاه شده و در اولین فرصت، نسبت به رفع آن اقدام می‌کند.

۲- بهبود مستمر سیستم: همان طوری که شکل (۶) نشان می‌دهد از سال ۸۲ تاکنون تولیدات کارخانه افزایش داشته است که دلیل اصلی آن را می‌توان در کاهش توقفات دانست.

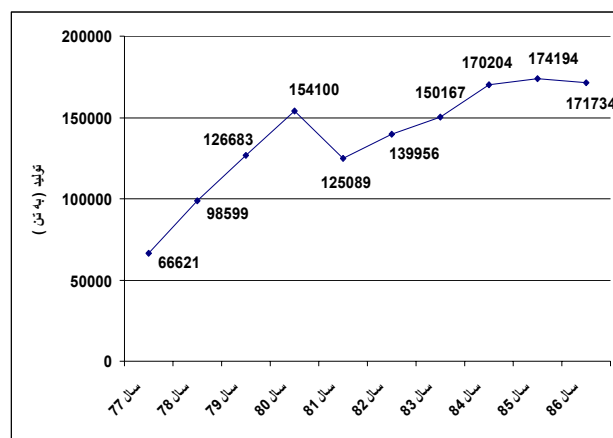
۳- اگر پایش وضعیت به خوبی در سیستم تولیدی انجام گیرد به نیروی انسانی کمتری در نت نیاز خواهیم داشت و از این طریق نیز کاهش محسوس در هزینه را انتظار داریم.

۴- با توجه به اینکه در سال ۸۶ حدوداً ۴۴۷۴۰ لیتر روغن صرفه‌جویی شده است که طی این صرفه‌جویی ناشی از آنالیز روغن، علاوه بر این که مبلغ کمتری بابت خرید روغن هزینه می‌شود، مقدار هزینه سفارش و نگهداری سیستم کنترل موجودی نیز، که بخشی از مدیریت زنجیره تأمین است، کاهش می‌یابد.

#### ۸- منابع و مأخذ

- [۱] اسماعیل‌زاده‌خادم، سیامک و دیگران. تکنولوژی‌های نگهداری و تعمیرات و آنالیز ارتعاشی ماشین‌آلات، چاپ اول، انتشارات دانشگاه گیلان، ۱۳۸۰.
- [۲] جمشیدوند، ایرج. تکنولوژی روغن و روانکاری (علمی و عملی)، انتشارات فدک ایستاس، تابستان ۱۳۸۴.
- [۳] سبزی، محمد. تیموری، مهدی. تحلیل ریشه‌ای عیوب (RCA) بر اساس نتایج پایش وضعیت، مجموعه مقالات دومین کنفرانس تخصصی پایش وضعیت، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۸۶.
- [۴] علی‌احمدی، علیرضا و دیگران. نگرشی جامع بر مدیریت استراتژیک، چاپ پنجم، انتشارات تولید دانش، زمستان ۱۳۸۵.
- [5] Henry, C., & Pusey, (2000). Machinery Condition Monitoring. *Sound & Vibration*.
- [6] J. S. Mitchell, (1994). *Machine Condition Monitoring – Fact or Fiction*, Sound & Vibration, Vol. 28, No. 9.
- [7] Kryter, R. C., & Haynes, H. D., Condition Monitoring of Machinery Using Motor Current Signature Analysis. *Sound & Vibration*, 23(9), 14-21.

به کاهش توقفات گردیده که این خود افزایش تولید را در برخواهد داشت. شکل (۶) روند تولید را در چند سال گذشته مورد بررسی قرار می‌دهد.



شکل (۶): روند تولید کاغذ در صنایع چوب و کاغذ مازندران

واضح است که کلیه موفقیت‌های حاصله را نمی‌توان مستقیماً به پایش وضعیت و فعالیت‌های مربوط به آنالیز روغن نسبت داد ولی عملیات انجام شده طبق الگوریتم موجود با بهره‌گیری از تجهیزات و نتایج فرایند پایش وضعیت اقدامی مؤثر در راستای بهره‌وری بهینه بوده و موفقیت‌های حاصله را باید به مجموعه اقدامات موصوف نسبت داد که بدون پایش وضعیت و فرایند آنالیز روغن، قابل حصول نبوده است.

#### ۷- نتیجه‌گیری

امروزه یکی از رموز موفقیت مدیران شرکت‌های تولیدی استفاده از تکنیک و روش‌های علمی در پیشبرد امور است زیرا سازمان‌ها همواره به دو روش زیر که مکمل هم نیز هستند می‌توانند به موقعیت‌هایی دست یابند:

الف- بهبود دائمی کیفیت محصولات که رضایت مشتری را کسب نماید.

ب- کاهش هزینه تمام شده محصولات.

در این تحقیق مشخص شد که با استفاده از آنالیز روغن صرفه‌جویی زیادی را می‌توان انتظار داشت و علاوه بر آن مزایای زیادی را دربردارد که از جمله به موارد زیر می‌توان اشاره کرد.

۱- کاهش توقفات تولید: پایش وضعیت باعث می‌شود، عیب دستگاه قبل از آن که بروز کند و خط تولید دچار مشکل شود شناسایی گردد. به

