بنام خدا

TPM ، شش ضایعه بزرگ، چگونگی، کاهش و حذف آن‌ها

تدوین و نگارش : هوشنگ رستمیان

مدیر عامل شرکت فنی و مهندسی رازک پژوهش

شهرک غرب، فاز ۱، خ ایران‌زمین، خ سوم، پ ۳۲۹، واحد سوم

razakpajuhesh@yahoo.com

چکیده:

به‌طور کلی، اهداف کلان TPM از کار افتادگی‌های صفر و عیوب صفر می‌باشد. علاوه بر کمینه کردن ضایعات ناشی از " نت " ناکافی تجهیزات و کیفیت فرآورده ضعیف، کمینه کردن ضایعات ناشی از آماده سازی و تنظیم، حرکت بدون تولید و توقف‌های کوتاه مدت تجهیزات، بهره‌برداری در سرعت‌های کاهش یافته، یا در نرخ‌های تولید کم‌تر و بازدهی کم‌تر در راه اندازی و یا راه انداختن مجدد تجهیزات نیز شامل شده است. کمینه کردن ضایعات کل که جمع کل شش ضایعه بزرگ است، بیشینه کردن بهره‌وری، یا ارزش افزوده، یا استفاده کردن از تجهیزات را مطمئن می‌سازد.

در این مقاله انواع ضایعات کلیدی در TPM (تحت عنوان شش ضایعه بزرگ) ، تجزیه و تحلیل شکست و فعالیت‌های لازم برای بهره‌برداری بهینه و نگهداری تجهیزات مورد بررسی قرار می‌گیرد.

واژه‌های کلیدی: TPM ، تروتکنولوژی، شش ضایعه بزرگ، زوال طبیعی، زوال تسریع شده

۱ – مقدمه

نخستین انگیزه برای حمایت و پذیرش TPM، پذیرش رویکرد دوره عمر برای بهبود کارایی کلی تجهیزات تولید است. تروتکنولوژی نیز پذیرش رویکرد دوره عمر برای مدیریت بر دارایی‌های فیزیکی را تأکید و ترویج می‌کند[۹]. تأکید روی کارایی کلی، TPM را از تروتکنولوژی و " نت " بهره‌ور را از "نت " پیشگیرانه متفاوت می‌کند. تعریف رسمی TPM، به وضوح بیان می‌کند، که هدف TPM، بیشینه‌سازی اثر بخشی تجهیزات است و این بر تلاش‌های هدایت شده در جهت بهبود اثر بخشی کلی تجهیزات تولید دلالت می‌کند.

در تعریف رسمی TPM ، بیشینه کردن اثر بخشی تجهیزات و استقرار نظام فراگیر PM که تمام عمر تجهیزات را برای تضمین ظرفیت تجهیزات و اجرای برنامه " نت " برای کل عمر تجهیزات بپوشاند آمده است. تضمین ظرفیت تجهیزات به‌طور ضمنی برتلاش‌های هدایت شده جهت اطمینان از این‌که تجهیزات در مشخصات خود، کار کنند، در سرعت طراحی خود عمل کرده و در نرخ طراحی تولید کنند دلالت دارد، که موجب کیفیت فرآورده‌ها در این سرعت‌ها و نرخ‌ها می‌شود[۴].

این موضوع به‌طور ضمنی بر تلاش‌های نشانه گرفته شده در بیشینه‌سازی بهره‌برداری تجهیزات دلالت می‌کند (نه فقط بیشینه‌سازی قابلیت دسترسی تجهیزات)، در نتیجه شش علت مهم کاهش بهره‌برداری تجهیزات را می‌توان به شرح ذیل برشمرد[۶]:

۱- **ضایعات ناشی از " نت " غیر مؤثر که در واژگان TPM ضایعات از کارافتادگی نامیده می‌شود.**

۲- **ضایعات ناشی از آماده سازی و تنظیم تجهیزات.**

۳- **ضایعات ناشی از حرکت بدون تولید و توقف‌های جزیی و کوتاه مدت تجهیزات.**

۴- **ضایعات ناشی از بهره‌برداری در سرعت کاهش یافته، یا در بار کم‌تر از نرخ طراحی، که ضایعه ظرفیت کاهش یافته نیز نامیده می‌شود.**

۵- **ضایعات ناشی از کیفیت فرآورده ضعیف، عیوب فرآیند و تولید اقلام ناقص که ضایعه کیفیت و دوباره‌کاری نیز نامیده می‌شود.**

۶- **ضایعات ناشی از بازدهی کاهش یافته به‌واسطه راه‌اندازی تجهیزات تا نقطه تولید پایدار، که ضایعه آغاز تولید و راه اندازی مجدد نیز نامیده می‌شود.**

این‌ها شش ضایعه بزرگ تجهیزات هستند و تأکید بر حذف این ضایعات بزرگ یکی از سه مشخصه TPM می‌باشد.

کاهش بهره‌برداری تجهیزات سه جزء تشکیل دهنده دارد، که به قابلیت دسترسی تجهیزات، یعنی نرخی که در آن تجهیزات کار می‌کند و کارایی کیفیت فرآورده تجهیزات تولید(که در ادبیات TPM در توافق با نرخ کارایی **" نرخ کیفیت "** نامیده می‌شود) مربوط است. بدین گونه، اثر بخشی کلی تجهیزات سه جزء تشکیل دهنده دارد: قابلیت دسترسی، نرخ کارایی و نرخ کیفیت که رابطه آن‌ها به‌شرح زیر است:

اثر بخشی کلی تجهیزات = قابلیت دسترسی X نرخ کارایی X نرخ کیفیت

این سه جزء تشکیل دهنده که شاخص‌های اثر بخشی نامیده می‌شود، شش ضایعه بزرگ و روش محاسبه آن‌ها در شکل (۱) ارائه شده است[۶].

توضیح عبارات به‌کار رفته در شکل به شرح زیر می‌باشد:

۱- **زمان بارگذاری(Loading Time = LT)**، زمان در دسترس تجهیزات برای کار فرآوری/ بهره‌ور می‌باشد، که عبارت است از زمان کل در دسترس منهای زمان لازم برای فعالیت‌های با برنامه یا لازم از قبیل ضایعه زمان ناشی از نشست‌ها، راحت باش‌های صرف چای/ قهوه زمان‌بندی شده یا زمان آسایش‌های احتیاطی و هم‌چنین شکست‌ها در برنامه‌های زمان‌بندی تولید یا توقف‌های تولید با برنامه برای کار **"** نت **"** با برنامه/ پیشگیرانه و در مواقع نادر، توقف‌های برنامه‌ریزی شده تولید به دلایل غیر "نت".

۲- **زمان بهره‌برداری(Operating Time = OT)**، زمان بارگذاری منهای مدت زمانی که تجهیزات مورد نظر کارنمی‌کند(مدت استراحت ماشین)، یا زمانی که ماشین به دلایلی غیر از آن‌چه در قسمت (۱) بیان شد از کار افتاده است. چنین مدت استراحتی شامل زمان تلف شده به‌علت از کار افتادگی، آماده سازی تجهیزات، ابزارها و لوازم و تنظیم تجهیزات نیز می‌باشد. این تنظیم‌ها معمولاً توسط اپراتورها انجام می‌شود.

۳- **زمان بهره‌برداری خالص(Net Operating Time = NOT)**، زمانی است‌که تجهیزات یا ماشین در سرعت طراحی خود، یا در نرخ تولید طرح، یا بار طرح خود، کار می‌کند. زمان تلف شده ناشی از حرکت بدون تولید و توقف‌های کوتاه مدت تجهیزات، و بهره‌برداری در سرعت کاهش یافته، یا در نرخ تولید کاهش یافته برای به‌دست آوردن زمان بهره‌برداری خالص از زمان بهره برداری کم شده‌است. عبارت **"** بار طرح **"** هم‌چنین شامل این می‌باشد که آیا تجهیزات فرآیند واحد صنعتی به دلایل گوناگون در بارهای پائین کارکرده است. به‌عنوان مثال یک نیروگاه حرارتی ۲۱۰ مگاواتی به‌علت این‌که دو دستگاه از شش دستگاه پودرکننده آن از کار افتاده است در ۱۵۰ مگاوات عمل می‌کند.

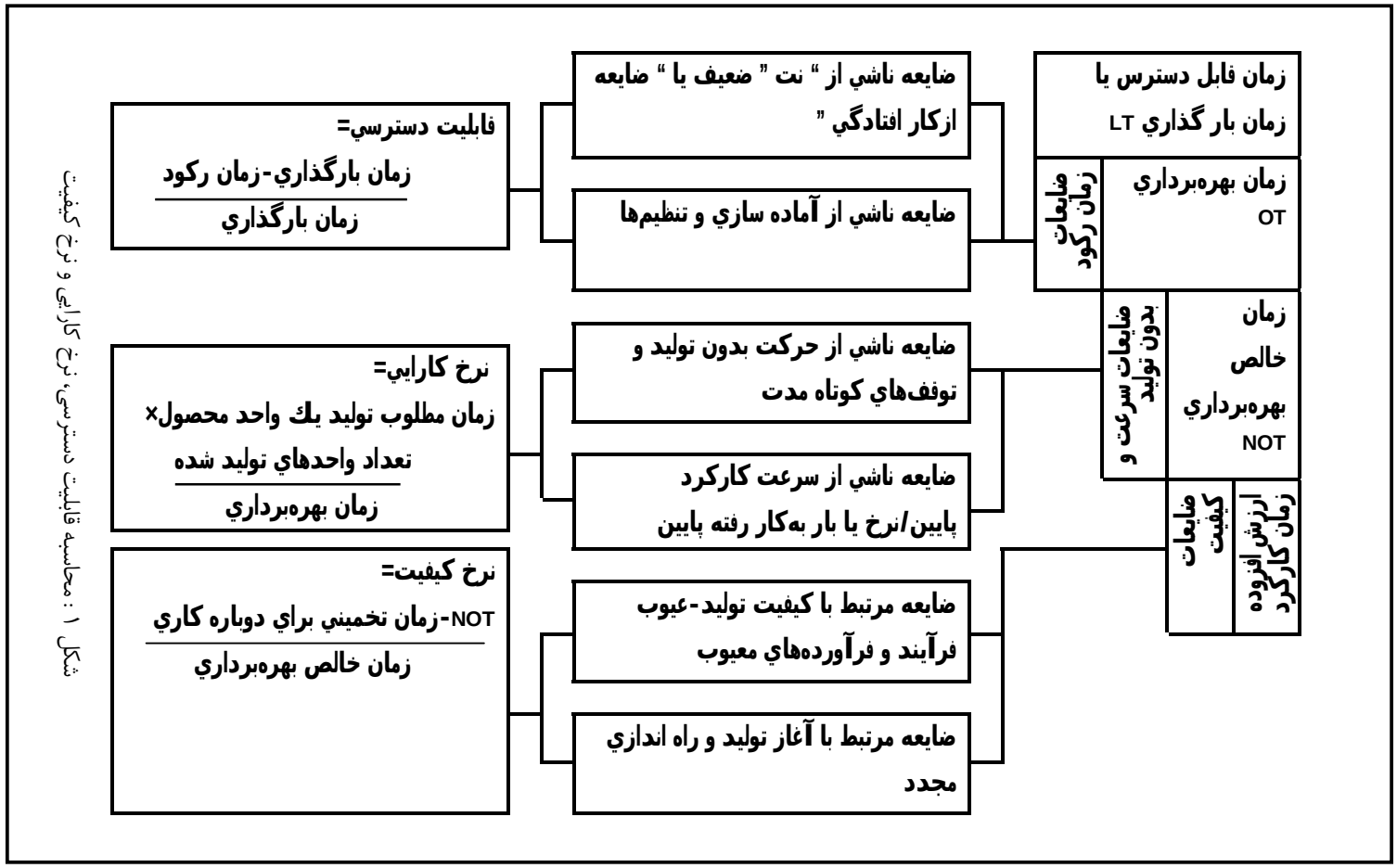
۴- **ارزش افزوده زمان بهره‌برداری (Value-Added Operation Time = VAOT)، زمان عملیاتی خالص است** که در طی آن افزایش ارزش واقعی انجام شده است. این زمان از کم کردن زمان برآورد کل برای

دوباره کاری فرآورده‌های معیوب/ نامنطبق از زمان بهره‌برداری خالص به‌دست می‌آید. بدین گونه، زمان مورد نیاز برای جبران کردن کیفیت تلف شده از زمان بهره‌برداری خالص جهت به‌دست آوردن زمان بهره‌برداری ارزش افزوده کم شده است.

به‌طور کلی، اهداف کلان TPM از کارافتادگی‌های صفر و عیوب صفر می‌باشد. در واقع، هدفTPM بسیار بیش‌تر است، علاوه بر کمینه کردن ضایعات ناشی از " نت " ناکافی تجهیزات و کیفیت فرآورده ضعیف، کمینه کردن ضایعات ناشی از آماده‌سازی و تنظیم، حرکت بدون تولید و توقف‌های کوتاه مدت تجهیزات، بهره‌برداری در سرعت‌های کاهش یافته، یا در نرخ‌های تولید کم‌تر و بازدهی کم‌تر در راه‌اندازی و یا راه‌انداختن مجدد تجهیزات نیز شامل شده است. کمینه کردن ضایعات کل که جمع کل شش ضایعه بزرگ است، بیشینه کردن بهره‌وری، یا ارزش افزوده، یا استفاده کردن از تجهیزات را مطمئن می‌سازد[۵].

برخی از متخصصین به فنون ژاپنی TPM، TQM و JIT با شک نگاه می‌کنند. دلیل اصلی این شک، احساسی است که اهدافی از قبیل از کارافتادگی‌های صفر، عیوب صفر و انبار صفر آرمانی به‌نظر می‌رسد و هرگز نمی‌توان به آن‌ها دست یافت. از کار افتادگی‌های صفر لزوماً به این معنا نیست که ضایعات ناشی از خرابی‌ها واقعاً بایستی به صفر کاهش یابد، گرچه فوق‌العاده مشکل است، انجام دادن آن ناممکن نیست. بهرحال، برای رسیدن امکان هر چه نزدیک‌تر به صفر می‌توان تلاش کرد و این چیزی است‌که واقعاً توسط از کار افتادگی‌های صفر معنی داده شده است.

عبارت صفر، در کمال بی‌طرفی، باید همانند **" متمایل به صفر "** خوانده شود. در زمینه شش ضایعه بزرگ، بایستی دقت شود که، در مقابل چهار ضایعه دیگر، ضایعات آماده‌سازی و راه‌اندازی نمی‌تواند به صفر کاهش یابد (همواره مقداری ضایعه به‌علت آماده‌سازی لازم تجهیزات، ابزارها، قالب‌ها و غیره که مستلزم متوقف کردن ماشین است وجود دارد. بهمین نحو، در بسیاری از ماشین آلات، مقداری ضایعه بازدهی در آغاز تولید و در بعضی موارد نیز در راه‌اندازی مجدد وجود دارد). برای این دو ضایعه، هدف کمینه کردن آن‌ها است، و برای چهار ضایعه دیگر، هدف حذف کردن آن‌ها می‌باشد.



شكل ۱ : محاسبه قابليت دسترسي، نرخ كارايي و نرخ كيفيت

۲ - حذف ضایعات ناشی از کار افتادگی

حال، اجرای هدف از کارافتادگی‌های صفر مورد بحث قرار می‌گیرد. لیکن، پیش از آن‌که بتوان آن‌را اجرا کرد، نیاز است تفاوت انواع ازکار افتادگی‌ها و هم‌چنین اختلاف مابین ضایعات مزمن و حاد بررسی شود، و نیز یک بازنگری در انواع " نت " و نظام‌های " نت " انجام شود. لذا، این بخش به چهار زیر بخش به‌شرح زیر تقسیم می‌گردد[۴]:

۱- انواع از کار افتادگی‌ها.

۲- ضایعات مزمن و حاد.

۳- انواع " نت " و نظام‌های " نت " بازنگری شده.

۴- اجرای از کار افتادگی‌های صفر- چهار مرحله و پنج فعالیت.

۲-۱ انواع از کار افتادگی‌ها

برای بسیاری از افراد، از کار افتادگی به نوع عیب فنی یا شکست که موجب توقف کلی ماشین می‌شود دلالت می‌کند. این قبیل شکست‌ها که تجهیزات کاملاً متوقف می‌شود موجب ضایعه کامل ظرفیت تجهیزات یا ماشین آلات می‌گردد. شکست پایان توانایی یک بخش برای انجام دادن وظیفه خواسته شده از او می‌باشد، و هنگامی‌که به یک تجهیز یا ماشین اعمال می‌شود، وظیفه خواسته شده، به‌موجب مشخصات طرحش به‌طور ضمنی دلالت بر کارایی می‌کند. بنابراین، ملاحظه می‌شود که شکست‌ها همیشه لازم نیست فاجعه‌آمیز باشد و باعث توقف ماشین شود، یک شکست هم‌چنین می‌تواند شکل زوال بگیرد یا موجب فرسایش قطعه ترکیب دهنده خود شود. شکست‌های فاجعه‌آمیز به‌آسانی شناخت شده و فوراً با آن مقابله می‌شود، ولی زوال تجهیزات که موجب کاهش عملکرد یا ظرفیت می‌گردد، به‌آسانی شناخته نمی‌شود. به‌علاوه، حتی اگر شناخته شد، چشم پوشی شده است. برای رسیدن به هدف حذف کردن ضایعات از کار افتادگی، ضروری است که دو نوع ضایعات از کار افتادگی به شرح زیر شناسایی شوند:

۱- ضایعه عملکرد یا ضایعه ظرفیت به‌علت از کارافتادگی.

۲- کاهش عملکرد یا کاهش ظرفیت به‌علت از کارافتادگی.

هر دو نوع از کارافتادگی‌ها موجب ضایعات ظرفیت تجهیزات می‌شود. ضایعه عملکرد به‌علت از کارافتادگی موجب ضایعه کلی ظرفیت و کاهش عملکرد به‌علت از کارافتادگی موجب ضایعه جزیی ظرفیت می‌شود. نخستین هدف TPMبیشینه کردن ظرفیت تجهیزات است و بیشینه کردن ظرفیت تجهیزات ایجاب می‌کند که اقدامات کافی و به‌موقع برای مقابله کردن با هر دو نوع از کارافتادگی گرفته شود. با ضایعه عملکرد به‌علت از کارافتادگی به‌عنوان تعمیرات اضطراری مقابله می‌شود. در مقابل، کاهش عملکرد به‌علت از کارافتادگی حق تقدم خیلی پایین‌تر دریافت می‌نماید. ازاین گذشته، نظر به این‌که در مورد کاهش عملکرد به‌علت از کارافتادگی، تجهیزات می‌تواند هنوز کارکند، در موارد زیادی، برای ملاحظات کوتاه مدت، اجازه داده می‌شود تجهیزات در یک ظرفیت کاهش یافته کارکند. بدتر چیست؟ در موارد زیادی، در یک دوره زمانی، عملکرد در یک ظرفیت کاهش یافته- در یک سرعت عملیاتی پایین‌تر، با بار به‌کاربرده شده پایین‌تر، دریک سطح بهره‌وری یا نرخ تولید پایین‌تر، طبیعی در نظر گرفته شده و از اپراتور خواسته شده است بهره‌برداری تجهیزات را در ظرفیت کاهش یافته ادامه دهد.

کاهش عملکرد به‌علت از کارافتادگی بایستی توجه لازم را نیز دریافت نماید. در مقابل سود کوتاه مدت، سود بخشی بلند مدت باید اهمیت نخستین سازمان باشد. این بسیار مهم است، برای این‌که کاهش ظرفیت به‌علت از کارافتادگی بزرگ‌ترین هزینه اغلب سازمان‌های سازنده را نشان می‌دهد. به‌عنوان مثال، هرگاه تجهیزات در یک سرعت بالاتر از ۸۰ درصد سرعت طرحش کار کرده و فرآورده معیوب تولید می‌کند، سازمان مسیر آسان را در پیش می‌گیرد و از اپراتورها درخواست می‌کند که تجهیزات را در سرعت‌های بالاتر از ۸۰ درصد سرعت طرحشان راهبری نکنند. در یک دوره زمانی، این طرز کار استاندارد می‌شود. با این روش سازمان ۲۰ درصد ظرفیت تجهیزات را از دست می‌دهد لیکن سازمان این راه را برای ادامه انتخاب می‌کند چون‌که اصلاح مسئله، زمان و کوشش می‌ستاند(و در طی این زمان، تولید تلفات کمیتی خواهد دید). در کوتاه مدت، این

جایگزینی ممکن است جذاب به نظر برسد اما در بلند مدت، خیلی گران خواهد بود (و بنابراین غیر ضروری) چون‌که سازمان فقط برای مطابقت کردن تقاضا با ظرفیت تولیدش بایستی برای یک ماشین اضافی سرمایه‌گذاری کند. موقعی‌که اولین اخطار دریافت شد اگر زمان و تلاش لازم برای اصلاح مسئله گرفته شود تهیه یک ماشین اضافی می‌تواند اجتناب شود[۱۳].

بهره‌برداری در سرعت کاهش یافته تولید منجر به زمان‌های چرخه طولانی‌تر می‌شود که عمومی‌ترین مثال ضایعات ناشی از کاهش عملکرد به‌علت از کارافتادگی است. زمان‌های آماده‌سازی و تنظیم بلند مدت، حرکت بدون تولید و توقف‌های کوتاه مدت مکرر، و تولید مقدار زیادی محصول ناقص در طول راه‌اندازی و در طی فرآیند می‌تواند باعث انواع دیگری از ضایعات گردد[۶].

دراغلب موارد، شکست برخی اجزاء تجهیزات موجب ضایعه عملکرد به‌علت از کارافتادگی تجهیزات می‌شود. " نت " پیشگیرانه و بازرسی‌های مبتنی بر شرایط برای آشکار کردن زوال طبیعی و سایش قطعات بحرانی تجهیزات طراحی شده است. بدین گونه، شیوه‌های " نت " به‌طرف پیشگیری از چنین شکست‌هایی هدایت می‌گردد. ضایعه عملکرد به‌علت از کارافتادگی هم‌چنین می‌تواند به‌علت کارکرد در بهره‌برداری و عملیات " نت " ضعیف باشد. بنابراین در حالتی‌که برنامه‌های نت پیشگیرانه و پیشگویانه، مؤثر و به درستی اجرا شود، وقوع ضایعه عملکرد به‌علت از کارافتادگی می‌تواند کمینه گردد. در مقابل، کاهش عملکرد به‌علت از کارافتادگی عموماً به‌علت صرف‌نظر کردن از مسئله مزمن تجهیزات می‌باشد. بدین گونه، درحالی‌که ضایعه عملکرد به‌علت از کارافتادگی در ماهیت، حاد است، کاهش عملکرد به‌علت از کارافتادگی، خرابی جزئی مزمن است. چنین مسئله‌های مزمن و جزئی به راه حل‌های به‌موقع و خلاق نیاز دارد.

موقعی‌که یک مسئله کاهش عملکرد آشکار شد، بایستی تجزیه و تحلیل و حل شود، چون " حل مسئله اقتصادی تر از کاهش استانداردهای بهره‌برداری است"[۸].

۲-۲ ضایعات مزمن و حاد

موضوع این بخش مربوط به تمام شش ضایعه بزرگ می‌باشد، که تحت عنوان ضایعات از کارافتادگی مورد بحث قرار می‌گیرد، زیرا این نخستین ضایعه از شش ضایعه و موضوعی است که به تمام شش ضایعه مربوط می‌باشد و باید اولین جایگاه را بیابد. هم‌چنین به این علت که اثر ضایعات مزمن در مورد از کارافتادگی‌های تجهیزات و مسئله‌های کیفیت فرآورده به‌شدت احساس می‌گردد. مزمن برای اشاره به یک شرط یا پدیده نامطلوب، که یا عمیق و ادامه‌دار در طول یک زمان طولانی است، یا مکرراً در طول یک دوره زمانی طولانی رخ می‌دهد به‌کار می‌رود. در مقابل، یک اتفاق ناگهانی و پیش بینی نشده که به‌ندرت اتفاق می‌افتد به‌عنوان حاد اشاره شده است.

خرابی‌ها یا عیب‌های مزمن، در یک دوره زمانی بلند مدت مکرراً روی می‌دهد و تا وقتی‌که چیزی اساسی یا متفاوت انجام شود که از دست علت یا علت‌ها از قبیل خرابی‌ها یا عیب‌ها آسوده شود آن‌را حفظ می‌کند. ضایعات مزمن به‌وسیله شرایط ایجاد می‌شود، که در طول یک دوره زمانی، به‌صورت عادی مشاهده می‌گردد، چنین ضایعاتی موقعی‌که با شرایط بهینه مقایسه می‌شود آشکار گشته یا تشخیص داده می‌شود.

خرابی‌ها یا عیب‌های حاد، رویدادهای ناگهانی و غیر منتظره می‌باشد که گاه و بیگاه روی می‌دهد. خرابی‌ها یا عیب‌های حاد، معمولاً ناشی از یک علت منفرد بوده و از این‌رو با ترمیم خرابی یا اقدام اصلاحی که تجهیزات را به‌حالت اول برمی‌گرداند می‌توان خرابی یا عیب را برطرف نمود، یا فرآیند را به وضعیت رضایت‌بخش یا اصلیش برگرداند[۱۳].

از طرف دیگر، اقدامات ترمیمی موقعی‌که عیب به مسئله‌های مزمن تبدیل می‌شود معمولاً غیر مؤثر است، زیرا مسئله‌های مزمن معمولاً ناشی از علت‌های چند گانه بوده و معمولاً پیدا کردن این علت‌ها مشکل می‌باشد چون آن‌ها تجهیزات و شیوه‌های عملیاتی و نگهداری هستند. بدین گونه، ضایعات مزمن در مقابل ترمیم، نوآوری درخواست می‌کند. جوران، اندیشمند بزرگ کیفیت این موضوع را به‌صورت زیر تأکید می‌کند:

" وضعیت حاد، یک تغییر نامطلوب ناگهانی در وضع موجود است، که به‌خاطر ترمیم وضع موجود نیاز به درمان دارد(مثال: تغییر دادن یک ابزار برش سایشی). وضعیت

مزمن یک وضع نامطلوب سابقه‌دار است، که به‌خاطر تغییر وضع موجود نیاز به درمان دارد. "

تفاوت‌های زیاد دیگری مابین ضایعات مزمن و حاد وجود دارد که به‌صورت خلاصه در جدول(۱) ارائه شده است[۴].

از جدول، در می‌یابیم که ممکن است با در نظر گرفتن این‌که مسائل حاد یا شرایط، آشکار است و علت‌های قابل شناسایی آسانی دارد، اقدامات اصلاحی ساده و آسانی درخواست گردد که به‌وسیله کارکنان خط بتواند اجرا شود. در مقابل، مسائل مزمن مخفی بوده و معمولاً ناشی از ترکیب پیچیده علت‌ها هستند. در مورد نوع تجزیه و تحلیل مورد نیاز برای مسائل حاد، چون رابطه علت و معلول برای ردیابی نسبتاً ساده است و چنین ضایعاتی عموماً به علت عیب منفرد است، نوع تجزیه و تحلیل مورد نیاز ساده و قابل فهم و معمولاً، کاهش گام به گام منطقی کافی خواهد بود. در مقابل، نوع تجزیه و تحلیل مورد نیاز برای مسائل مزمن معمولاً پیچیده و مختلط بوده و هم‌چنین دانش مشروح سیستم/ فرآیند و تجهیزات را نیاز دارد. همراه با نیاز برای کاربرد فنون پیچیده، از قبیل:

۱- **تجزیه و تحلیل همبستگی**

۲- **طراحی آزمایش‌ها**

۳- **تجزیه و تحلیل انحراف و غیره**

درگیر شدن متخصصین در شناسایی کردن، برنامه‌ریزی و اجرای اقدامات اصلاحی را درخواست می‌کند.

ویژگی‌های انواع مختلف ضایعات تجهیزات در جدول(۲) ارائه شده است. همان‌طوری‌که از جدول مشخص است فقط پنج مورد از شش ضایعه بزرگ در جدول آمده است و تنها ضایعه‌ای که صریحاً شامل نشده است ضایعه راه اندازی می‌باشد(به‌طور ضمنی، ضایعه آغاز تولید نیز شامل شده است چون ضایعه حاصل نیز یک شکل از ضایعه کیفیت است).

	مشخصات	
نمود	مسائل حاد	مسائل مزمن
قابليت ديد.	آشكار- شرايط ايجاد شده به‌طور قابل ملاحظه‌اي از شرايط بهره‌برداري عادي متفاوت است.	نهان - تمايل بر چشم پوشي كردن است چون اندازه گيري ضايعات بسيار مشكل است.
تعدد رويدادها.	پايين- فقط گاه‌گاهي.	بالا - به‌طور مكرر رخ مي‌دهد.
روش شناسايي.	روش خاصي لازم نيست، چون قابليت ديد بالا است.	فقط مي‌تواند با مقايسه وضيعت واقعي با مشخصات/ استاندارد نظري(طراحي) يا وضعيت/سطح بهينه آشكار شود.
برخورد/ ضايعه اقتصادي.	يك مسئله منفرد خيلي پرخرج ليكن اثر جمع شونده و هزينه كم‌تر.	يك رويداد منفرد داراي برخورد كوچك يا ضايعه، ليكن اثر جمع شونده، يا ضايعه قابل ملاحظه.
پي‌آمد برخورد روي نظارت و مديريت.	قابل توجه – طبيعت ناگهاني مسئله توجه واقدام فوري جذب مي‌كند.	كوچك و به‌علت طبيعت تكراري/مداوم مسئله به‌صورت اجتناب ناپذير/مسلم پذيرفته شده است.
عليت.	رابطه علت و معلول رديابي را ساده مي‌كند.عموماً ناشي از يك علت منفرد است.	علت منفرد نادر است. معمولاً علت‌هاي چندگانه يا هنوز هم بدتر، يك تركيب مجموعه علت‌ها.
نوع راه حل مورد نياز.	" ترميم وضع موجود. "	" تغيير وضع موجود. "
نوع تجزيه و تحليل مورد نياز.	معمولاً ساده – " پنج دفعه سئوال كنيد چرا؟ ".	پيچيده و مختلط-تجزيه و تحليل علت و معلول، تجزيه و تحليل همبستگي و طراحي آزمايش‌ها و تجزيه و تحليل انحراف.
اقدام اصلاحي كه بايد برداشته شود.	معمولاً كاركنان خط در توليد يا طراحي مي‌توانند به آن توجه كنند.	متخصصين در مهندسي فرآيند، نگهداري و تعميرات و با تضمين كيفيت نياز خواهد شد.

جدول ۱: تفاوت‌های مابین ضایعات مزمن و حاد

ردیف	نوع ضایعه	شناخته شده، یا به وضوح آشکار	نهان
۱	**ضایعه از کار افتادگي**		
	۱-۱ از کارافتادگي‌هاي حاد	√	
	۱-۲ از کارافتادگي‌هاي مزمن		√
۲	**ضایعه آماده سازي و تنظیم**	√	√
۳	**ضـایعات ناشـي از حرکـت بـدون تولیـد و توقف‌هاي کوتاه مدت**		√
٤	**ضایعه سرعت**		√
٥	**ضایعه کیفیت**		
	۱-٥ عیب‌هاي حاد	√	
	۲-٥ عیب‌هاي مزمن		√

جدول۲: ویژگی‌های ضایعات تجهیزات

تفاوت بین ضایعات حاد و مزمن در حالات از کار افتادگی‌های تجهیزات و کیفیت نامناسب فرآورده به‌وضـوح دیـده شـد. بهرحال، جدول(۲) نشان می‌دهد که، علاوه بر از کار افتادگی‌ها و عیب‌های مـزمن، ضـایعات ناشـی از حرکـت بـدون تولیـد و توقف‌های کوتاه مدت و سرعت نیز مخفی می‌باشد. ازاین گذشته، برخی ضـایعات ناشـی از آمـاده‌سـازی و تنطـیم نیـز مخفـی می‌باشد(در حالی‌که بقیه کاملاً آشکار هستند). در حقیقت، حرکت‌های بدون تولید و توقـف‌هـای کوتـاه مـدت و کارکردهـای سرعت کاهش یافته نیز صرف‌نظر شده است و دقیقاً به همان صورت از کارافتادگی‌ها و عیب‌های مزمن طبیعی در نظـر گرفتـه شده‌است[۴].

به‌عنوان مثال یک پرس پانچ را در نظر بگیرید که گرچه برای کارکردن در ۲۵۰ ضربه در دقیقه طراحـی شـده اسـت، در ۲۰۰ ضربه در دقیقه کار می‌کند. در این مورد، ضایعه سرعت ۵۰ ضربه در دقیقه تا زمانی که سرعت بهره‌برداری(یا واقعـی) بـا سرعت طراحی، یا ظرفیت طراحی پرس مقایسه گردد مخفی خواهد بود.

مثال دوم ضایعه آماده‌سازی است، اگر آماده‌سازی به‌طور جاری یک ساعت وقت بگیرد و زمان آماده‌سازی توسط بهبود در رویه‌ها و روش‌های فنی و بهره‌برداری بتواند به ۳۰ دقیقه کاهش یابد، آن‌گاه فقط ضایعه نهان(مخفی) ۳۰ دقیقه آشکار خواهـد شد.

بحث فوق به وضوح اهمیت مسائل/ شرایط مزمن را روشن می‌کند. باید، بررسی کرد چگونـه چنـین ضـایعات مزمنـی رخ می‌دهد، چرا این ضایعات صرفنظر شده‌است و نیز برخی اقداماتی‌که می‌تواند برای کاهش و در صورت امکان بـرای حـذف ایـن ضایعان مزمن گرفته شود.

در حالت توقف کوتاه مدت، ضایعه سرعت و ضایعه آماده‌سازی و تنظیم به‌عنوان ضایعه مزمن، اغلب پیش‌بینی نمـی‌شـود. بدین گونه، در مورد این نوع ضایعات، تشخیص دادن وجود یک ضایعه مهم است. باید درنظر گرفت کـه اگـر ضـایعه تشـخیص داده نشد، درآن‌وقت، در یک دوره زمانی، به عنوان یک قسمت کارکرد طبیعی پذیرفته می شود. برای اطمینان از این‌که چنین ضایعات مزمنی تشخیص داده می‌شود، قواعد زیر باید دقیقاً به‌کار برده شود:

۱- هیچ وضعیت غیرعادی و نامطلوب یا رخداد را صرفنظر نکنید.

۲- تا جای ممکن، کارایی یا داده‌های واقعی را بـا مقـدار طراحـی(مشـخص شـده) یـا بهینـه مقایسـه کنیـد. موقعی‌که ضایعه به‌موقع تشخیص داده شد، وضعیت باید قبل از برنامه‌ریزی و اجرای هـر اقـدام چـاره‌سـاز کاملاً رسیدگی کرده شود. بهتر است توجه کنیم که:

۲-۱ ضایعات مزمن ناشی از علت‌های گوناگون و در بیش‌ترین لحظه‌ها، ناشی از ترکیب پیچیده تعدادی از علت‌ها می‌باشد.

۲-۲ یک اقدام با برنامه اجرایی نامناسب و شتابان ممکن است منجر به یک رفتار منطبق با نشانه عیب- طی کردن چاره موقت، یک اقدام ترمیمی نامناسب یا ناموفق یا یک اقدام ترمیمی ناتمام گردد که به طورکامل یا به‌طور صحیح انجام داده نشده است.

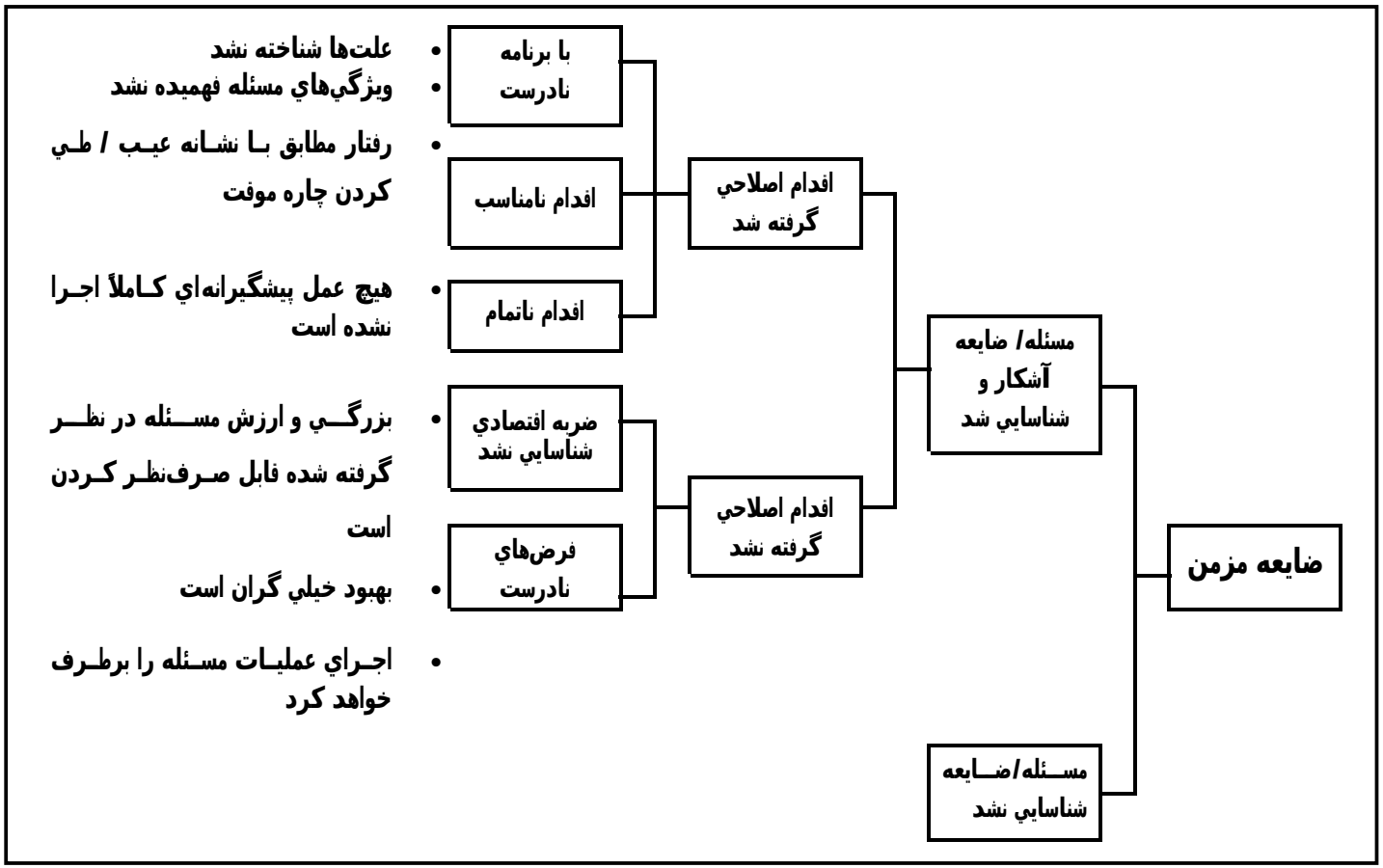
در مواردی‌که اقدام ترمیمی نامناسب یا ناتمام است، ضایعه مزمن صرف‌نظر می‌شود. گاهی اوقات اقدام ترمیمی به‌خاطر فشارهای تولید یا نیازهای تحویل ممانعت می‌گردد. در چنین حالاتی، پیش‌بینی‌های موقتی یا چاره‌ساز گرفته می‌شود و مسئله یا وضعیت ایستادگی می‌کند، این موضوع نیز همپایه صرف‌نظر کردن است. گاهی اوقات، حتی بعد از این‌که وضعیت مشاهده شد چون توسعه مسئله، یا اثر شدید اقتصادی وضعیت تشخیص داده نشده لذا اقدام ترمیمی نیزگرفته نشده است. دراغلب موارد، موقعی‌که بزرگی ضایعه به وضوح فهمیده نشده است، گرایش به زیر تخمین اثر است[۵].

گاهی اوقات، حتی وقتی که اثر شدید به‌طور درست و صحیح فهمیده می‌شود، فرض می‌گردد که اقدام ترمیمی خیلی گران خواهد شد و یا کارهای عملیاتی اثر شدید مسئله را کمینه خواهد کرد. دلیل‌های گوناگون صرف‌نظرکردن ضایعات مزمن در سازمان‌های صنعتی در شکل(۲) نشان داده شده است.

از شکل(۲) ، آشکار است که نخستین گام بسمت کاهش و حذف بعدی ضایعات مزمن، شناسایی یا باز شناسایی مسئله است. در این زمینه، باید به بحث بی نیاز از تعمیر(MP) و بهبود قابلیت تعمیر(MI) توجه کرد، طراحی بدون نگهداری، در گام اول، نیازمند شناسایی شیوه‌های شکست مهم و حالات شکست است و این از طریق تجزیه و تحلیل عملیات گذشته و کاربرد داده‌ها کامل می‌شود[۷]. تجزیه و تحلیل داده‌های گذشته برای شناسایی از کار افتادگی‌های بزرگ و نیز برگشت کننده / تکراری یا از کارافتادگی‌های مزمن انجام می‌شود. ضایعات مزمن فقط توسط چنین تجزیه و تحلیل‌های گذشته می‌تواند شناسایی شود(در پاراگراف‌های پیش، بیان شد که ضایعات مزمن تنها وقتی‌که با سطوح بهینه، طراحی و شرایط مقایسه شوند آشکار می‌شوند. چنین مقایسه‌ای لازم است چون نتایج آن در ضایعه مشاهده می‌شود. بهرحال، بازشناسی واقعی فقط وقتی رخ می‌دهدکه ضربه اقتصادی یا ضایعه ظرفیت بهره‌ور شناخته شود. این بازشناسی توسط تجزیه و تحلیل داده‌های گذشته پشتیبانی می‌گردد). این موضوع مخصوصاً در کارخانجات فرآیندی بزرگ درست است. این نخستین گام در کاهش و حذف بعدی ضایعات مزمن می‌باشد.

در مورد تجهیزات سرمایه‌ای به‌کار رفته در کارخانجات فرآیندی، بدون تجزیه و تحلیل مشروح داده‌های گذشته، شناسایی شیوه‌های شکست برگشت کننده/ تکراری خیلی مشکل می‌شود. اکنون با قابلیت دسترسی رایانه‌ها، چنین تجزیه و تحلیل داده‌های گذشته می‌تواند به‌طور مناسبی و در صورت لزوم بارها نیز انجام داده شود.

تجزیه و تحلیل های عمیق داده‌های شکست یک سند ورودی مهم برای برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات است. این روش نه تنها در شناسایی شیوه‌های شکست برگشت کننده/ تکراری بلکه هم‌چنین در ارزیابی اثر اقتصادی این شیوه‌های شکست مفید است. پروتکل از این نوع تجزیه و تحلیل مشروح نیز به دست می‌آید. پروتکل یک فهرست درجه‌بندی شده تجهیزات و قطعات می‌باشد، بخش یا زیر سیستم‌ها در معرض شکست‌های برگشت کننده هستند. برای تجهیزات کارخانه فرآیندی، توصیه شده است که متناوباً تجزیه و تحلیل فراوانی شکست در مورد داده‌های از کار افتادگی‌های تغذیه شده به‌داخل رایانه و ذخیره گشته انجام شود. زمانی‌که شیوه‌های شکست برگشت کننده/ تکراری شناسایی شد، بعد از آن برای هر یک از این شیوه‌های شکست یا ازکارافتادگی‌های مزمن، تجزیه و تحلیل علت و معلول انجام می‌شود[۷].



شکل ۲: ضایعات مزمن در سازمان‌های صنعتی

در برخی موارد، تجزیه و تحلیل درخت عیب می‌تواند به جای تجزیه و تحلیل علت و معلول به‌کار رود (تجزیه و تحلیل درخت شکست(Fault Tree Analysis = FTA) یک ابزار است که در درجه اول برای کاربرد در طی مرحله طراحی سیستم (مرحله نخستین طراحی سیستم‌ها/ تجهیزات) توسعه داده می‌شود. این یک نگرش از بالا به پایین است که در آن عیب سیستم از پائین برای شناسایی علت‌های بنیادی ردیابی می‌گردد(که رویدادهای بنیادی نامیده می‌شود). به‌هرحال، این روش تجزیه و تحلیل نیز می‌تواند به‌طور موثری برای ردیابی علت‌های اصلی برخی شیوه‌های شکست بحرانی و مزمن سیستم‌های موجود به کاربرده شود. بدین گونه، می‌تواند برای شناختن علت‌های شکست‌های مزمن تجهیزات پیچیده در طی بهره‌برداری نیز به کار برده شود).

بنابراین درخت عیب از کارافتادگی مزمن را هم‌چون " رویداد رده بالا " خواهد داشت، یک درخت عیب برای هر یک این خرابی‌های مزمن مجبور به توسعه خواهد بود.برای شناسایی علت‌های مرتبط با مسائل مزمن تجهیزات، تجزیه و تحلیل علت و معلول مانند تجزیه و تحلیل P-M مؤثر نیست. P در P-M عبارت است از پدیده (Phenomenon) یا مسئله و M دلالت بر مکانیزم/ ماشین(Mechanism/Machinery)، نیروی انسانی(Manpower) و مواد(Materials) دارد(تجزیه و تحلیل P-M بسیار همانند تجزیه و تحلیل علت و معلول می‌باشد). شیوه تجزیه و تحلیلP-M شامل هفت گام پیاپی زیر می‌باشد[۴]:

۱- **تعریف و توضیح مسئله.**
۲- **تجزیه و تحلیل فیزیکی مسئله.**
۳- **برشمارش تمام شرایط وابسته که برای ایجاد مسئله احتیاج شده است.**
۴- **ارزیابی هر یک از شرایط مذکور در گام ۳ در ارتباط با عواملی از قبیل: تجهیزات، ماشین آلات، ابزار و ملحقات ، مواد و روش‌های عملیاتی و شیوه‌ها.**
۵- **برشمارش تمام عواملی که بر شرایط تاثیر می‌گذارد.**
۶- **بررسی تمام بخش‌های فهرست شده در گام ۵ برای شناسایی کردن علت‌ها.**
۷- **تدوین اقدام برای هریک از عوامل.**

۲-۳ انواع " نت " و نظام‌های" نت "

وقتی‌که علت‌های ضایعات مزمن شناخته شد، اقدامات اصلاحی می‌تواند برنامه‌ریزی شود و برای کاهش و متعاقباً حذف این ضایعات مزمن اجرا گردد. یکی از روش‌های کاهش ضایعات از کار افتادگی مزمن به‌وسیله بهبود قابلیت اطمینان و تعمیر تجهیزات تولیدی است(بهرحال، حذف ضایعات از کارافتادگی مزمن، مستلزم افزایش قابلیت اطمینان عملیاتی تجهیزات به یک سطحی است که رخداد شکست‌ها، بسیار زیاد کمینه شده باشد(در صورت امکان بسوی صفر پائین آورده شود). قابلیت دسترسی تابعی از هر دو قابلیت اطمینان و تعمیر است و بدین گونه، یک سنجش عملی‌تر کارایی تجهیزات تولیدی می‌باشد.

قابلیت دسترسی تجهیزات خودش را یا به صورت قابلیت دسترسی ذاتی یا هم‌چون قابلیت دسترسی عملیاتی آشکار می‌کند. قابلیت دسترسی ذاتی یا لاینفک تجهیزات تابعی از کیفیت طراحی خودش است(مطابق تعریف سازمان اروپایی برای کنترل کیفیت((European Organization for Quality Control (EOQC))،کیفیت محصول ساخته شده ترکیبی از طراحی و کیفیت ساخت است. کیفیت طرح، ارزش ذاتی در طراحی بوده و یک سنجش تعالی طرح در رابطه با نیازهای مشتری است[۱۱]، در حالی‌که، کیفیت ساخت، یک سنجش هماندهی است که محصول ستانده شده در نقطه پذیرش، با طرح مطابقت کند) و مربوط به ویژگی‌های قابلیت اطمینان و قابلیت تعمیر آمیخته شده در زمان طراحی آن می‌باشد[۱۰].

بدین گونه، " نخستین خط در یک طرح مهندسی صریحاً با تعریف کار مورد نیاز به‌وسیله مهندس نگهداری، زمان رکود و ضایعه به‌وسیله استفاده کننده شروع می‌شود، نه صحبت از هزینه ساخت. تضمین کیفیت، توسعه فروش و غیره " (برخی از این از کارافتادگی‌های کنترل ناپذیر ممکن است فاجعه آمیز باشند، چنین از کارافتادگی‌های کنترل ناپذیر نیز اخطارهای قبلی می‌دهند. شناسایی این علائم اخطار و گرفتن اقدام مناسب برای پیشگیری از شکست‌های فاجعه آمیز هدف‌های نگهداری پیش گویانه هستند). از طرف دیگر، قابلیت دسترسی عملیاتی تجهیزات، هم‌چنین مربوط است به کیفیت ساخت. به‌علاوه، کمبودها در مونتاژ تجهیزات یا عیب‌های مونتاژ، برقراری عیب‌ها، بد بهره‌برداری کردن و نگهداری ضعیف تجهیزات نیز موجب ضایعه

قابلیت دسترسی عملیاتی می‌شود. بدین گونه، می‌توان نتیجه گرفت در حالی‌که قابلیت دسترسی ذاتی وابسته به قابلیت اطمینان و قابلیت تعمیر، ویژگی‌های آمیخته شده در طراحی تجهیزات است، قابلیت دسترسی عملیاتی هم بستگی به عوامل زیر دارد[۷]:

۱- **کیفیت ساخت**- توجهی‌که توسط سازنده تجهیزات در طی ماشین کاری و ساخت اجزاء/ قطعات همراه با ساخت تجهیزات می‌شود.
۲- **دقت در طی عملیات مونتاژ**- برای مونتاژ مقدماتی و مونتاژ نهایی تجهیزات توسط سازنده تجهیزات.
۳- **شیوه نصب و دقت در طی نصب تجهیزات**- اغلب اوقات، نصب توسط سازنده تجهیزات در مکان استفاده کننده انجام می‌شود.
۴- **روش‌ها و شیوه‌های عملیاتی**- توسط اپراتورها(که متعلق به سازمان استفاده کننده هستند).
۵- **شیوه‌های نگهداری و مراقبت** - در طی نگهداری تجهیزات توسط استفاده کننده تجهیزات.

پیشگامان تروتکنولوژی اهمیت ویژگی‌های قابلیت اطمینان و تعمیر آمیخته شده در طراحی تجهیزات، کیفیت ساخت و مونتاژ و نیز روش‌ها و شیوه‌های نصب و راه‌اندازی را تاکید می‌نمایند[۹].

این موارد پیش شرط‌های ضروری برای اطمینان یافتن از عملکرد تجهیزات مطابق مشخصه‌های طرح/طراحی هستند.

در طی طرح تجهیزات، علاوه بر ویژگی‌های قابلیت اطمینان و تعمیر، باید توجه مخصوص به برنامه‌ریزی مشروح و اجرای مناسب کارهای نصب و راه‌اندازی نمود. لیکن گاهی اوقات، ضایعه قابلیت دسترسی ناشی از کیفیت ناکافی طرح، کیفیت ساخت و مونتاژ، نصب و روش‌ها و شیوه‌های راه‌اندازی نامناسب خیلی کم‌تر از ضایعه قابلیت اطمینان ناشی از روش‌ها و شیوه‌های نامناسب/ ناکافی و ناسازگار به‌کار رفته در طی بهره‌برداری و نگهداری تجهیزات می‌باشد. روش‌ها و شیوه‌های درست، کافی و سازگار به‌کار رفته در طی بهره‌برداری و نگهداری تجهیزات برای حفظ شرایط بهینه تجهیزات چنان‌که بتوان آن‌را کاملاً مطابق مشخصه‌های طرحش بکار برد ضروری است.

TPM اهمیت این کارها و فعالیت‌ها را مورد تاکید قرار داده و بیان می‌کند که کارها و فعالیت‌هایی که برای حفظ شرایط بهینه تجهیزات لازم است به همان اهمیت شرایط ضروری برای عملکرد بهینه تجهیزات می‌باشد، یعنی، بهره‌برداری و نگهداری صحیح و کافی تجهیزات به همان اهمیت عوامل طراحی تجهیزات، ساخت، مونتاژ، نصب و راه‌اندازی می‌باشد، این دو باهم به استفاده کننده تجهیزات توانایی کاربری تجهیزات را همان‌طوری‌که او تمایل دارد و طراحی شده است می‌دهد.

فعالیت‌های لازم برای بهره‌برداری بهینه و نگهداری تجهیزات در شکل(۳) ارائه شده است. در این شکل می‌توان پنج فعالیت لازم برای رسیدن به از کارافتادگی‌های صفر را به‌شرح زیر بیان نمود :

۱- **حفظ شرایط اصلی تجهیزات .**
۲- **حفظ استانداردهای بهره‌برداری.**
۳- **بر گرداندن تجهیزات به عملکرد بهینه.**
۴- **بهبود ضعف‌های طرح.**
۵- **بهبود مهارت‌های بهره‌برداری و نگهداری.**

چهار مورد از پنج فعالیت صریحاً در شکل(۳) نشان داده شده است. به‌هرحال، پنجمین فعالیت، یعنی بهبود مهارت‌های بهره‌برداری و نگهداری، به دو قسمت تقسیم می‌شود. این دو قسمت عبارت است از :

۱- **تعمیرات پیشگیری/ ترمیم خطاها.**
۲- **پیشگیری از بهره‌برداری غلط تجهیزات.**

دوقسمت در دو شاخه شکل قرار داده شده است. یک شاخه از شکل شامل فعالیت‌هایی از قبیل ترمیم، بهبود ضعف‌های طرح و پیشگیری از بازگشت خطاها می‌باشد، در حالی‌که شاخه دیگر شامل فعالیت‌هایی مانند نگهداری شرایط اصلی تجهیزات، نگهداری استانداردهای بهره‌برداری و پیشگیری از بهره‌برداری غلط تجهیزات می‌باشد.

فعالیت‌های اولی بخشی از کار نگهداری بوده و نیاز است کـه توسـط کارکنـان نگهـداری انجـام داده شـود، در حـالی‌کـه فعالیت‌های دومی می‌تواند و باید توسط اپراتورهای تجهیزات انجام شود.

ترمیم یعنی تعمیر و لازم است، چون، در طول زمان، زوال رخ می‌دهد. ضمناً باید به خاطر داشت که زمـانی‌کـه تغییـرات کوچک مکرراً صرف‌نظر می‌شود، در آن هنگام آن‌ها می‌توانند به سوی از کار افتادگی‌هـای بـزرگ توسـعه یابنـد. تـرمیم، یـک فعالیت برگرداندن تجهیزات و یا اجزاء تشکیل دهنده آن به وضعیت اصلی و صحیح یا طراحی آن می‌باشد. بدین گونه، تـرمیم، می‌کوشد که تجهیزات تولیدی به حالت اصلی و طراحیش برگردد و ایـن کـار بـا اقـدام بـرای آشـکارکردن زوال و هـم‌چنـین پیش‌بینی‌هایی اصلاحی برای حذف منبعش انجام می‌شود.در TPM ، دو نوع زوال تعریف می‌شود[۶]:

۱- زوال طبیعی

۲- زوال تسریع شده

زوال طبیعی فرسوده شدن طبیعی است که با وجود استفاده و نگهداری مناسب رخ می‌دهـد. ایـن نـوع زوال بـه‌قـدر لازم توسط طراح تشخیص داده شده و در نظر گرفته می‌شود. از طرف دیگر، زوال تسریع شده معلول انسان‌ها اسـت و در یـک دوره زمان کوتاه‌تر رخ می‌دهد و بیشتر اوقات، ناشی از عوامل زیر می‌باشد:

۱- غفلت کردن از کارهای اساسی مورد لزوم برای حفظ کردن شرایط بهینـه تجهیـزات، از قبیـل تمیزکاری و روانکاری ضروری.

۲- غفلت کردن از زوال طبیعی.

زوال تسریع شده می‌تواند، و باید، جهت کاربرد کامل تجهیزات با بیشینه کردن قابلیت دسترسی آن بازداشته شود.

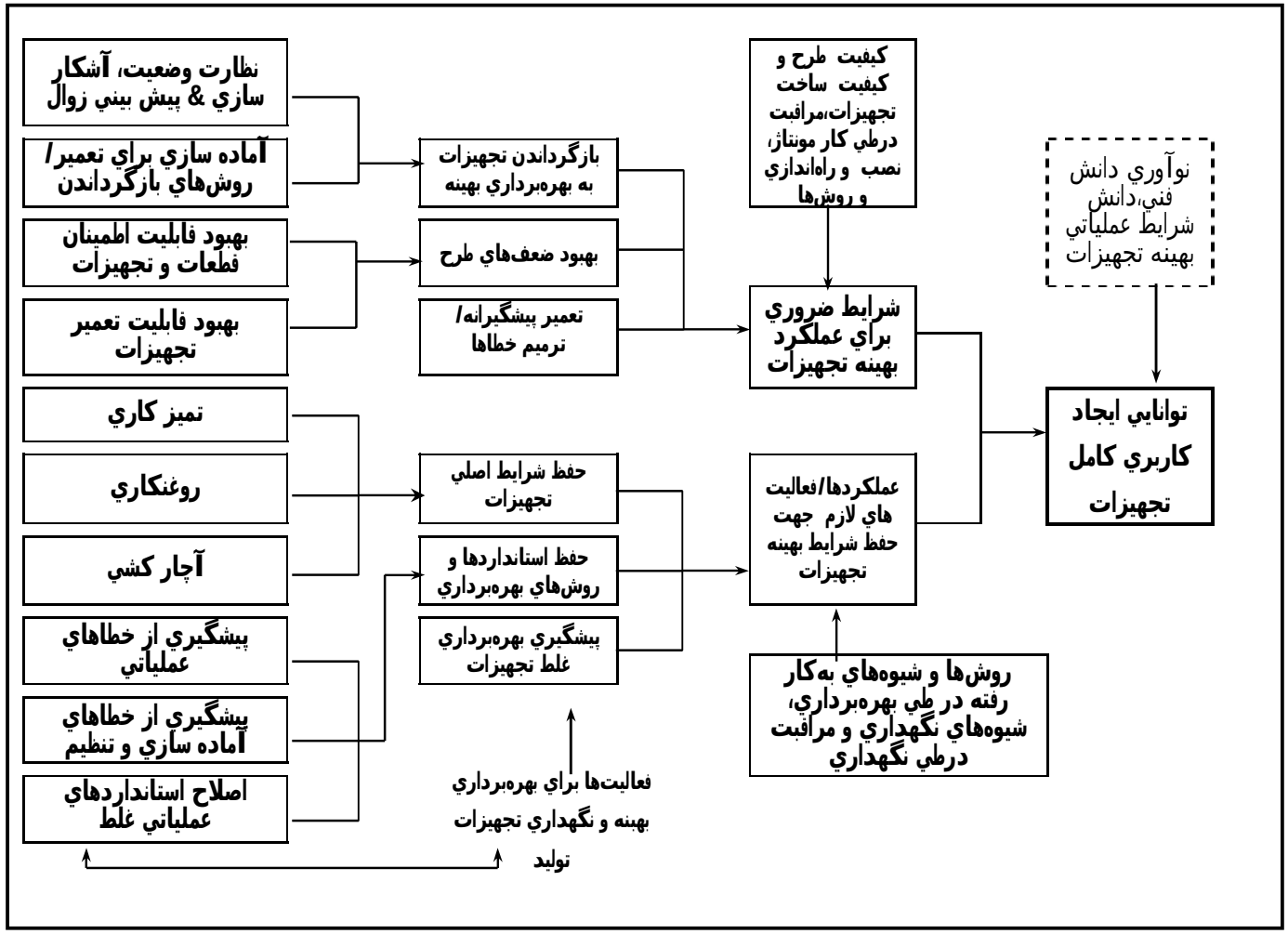
تمیزکاری نیز زوال را آشکارمی‌کندکه وقتی غفلت شد، زوال در گذار زمان افزایش یافته و به قسمت‌های دیگـر گسـترش می‌یابد. گاهی اوقات یک پیچ لق در یک فلنج جفت کننده مفصل لوله می‌تواند موجـب یـک حادثـه بـزرگ شـود(و نتیجتـاً از کارافتادگی)، و یک پیچ لق در یک قطعه یاتاقان انتهایی می‌تواند باعث یک حادثه بزرگ گردد[۴].

به‌علاوه، یک پیچ آزاد می‌تواند ارتعاش را افزایش دهدکه، به‌نوبت ،پیچ‌های دیگر را شل کـرده و موجـب از کـار افتـادگی گردد. بدین گونه، بستن مناسب، یعنی اطمینان یافتن از این‌که هیچ قطعه اتصال دهنده شکسته یا شـل نشـده اسـت از قبیـل مهره‌ها، پیچ‌ها و واشرها، که می‌تواند از کارافتادگی‌ها را بازدارد. بنابراین تمیزکاری، روانکاری و آچار کشی، همان‌طـوری‌کـه در شکل(۳) نشان داده شده است فعالیت‌هایی است‌که برای حفظ کردن شرایط اصلی تجهیزات ضروری می‌باشد. " نت پیشگیرانه ادواری " ، که شامل فعالیت‌هایی مانند روغن‌کاری و گریس‌کاری روزانه و هفتگی، تعویض روغـن، تعـویض فیلتـر و تمیزکـاری تجهیزات و ملحقات و غیره است، یک بخش لازم " نت " تجهیزات می‌باشد و نیز چنین فعالیت‌هایی بایستی درست از شروع به استراحت، یا مصرف تجهیزات در فواصل از پیش تعیین شده انجام گردد.

" نت پیشگیرانه ادواری " می‌تواند به دو بخش تقسیم گردد. این دو بخش مجزا و آشکارا قابل شناسایی عبارتند از :

۱- فعالیت‌هایی از قبیل تمیزکاری، روانکاری، آچارکشی و چنین بازرسی‌های ادواری می‌تواند به‌وسیله اپراتورها انجام گردد.

۲- بازرسی‌هایی که نیازمند توقف تجهیزات و یا تعمیرات، مهارت‌های عیـب‌یـابی، جـایگزینی ادواری قطعـات فرسوده، جایگزینی با برنامه اقلام سرمایه‌ای از قبیل یاتاقان‌ها و تعمیرات اساسی ادواری می‌باشد.



شکل ۳ : بهره‌برداری و نگهداری بهینه تجهیزات

در TPM، اپراتورها ملزم می‌شوند که فعالیت‌های تمیزکاری، روغن‌کاری، آچارکشی و بازرسی‌های روزانه/ هفتگی/ ماهیانه را انجام دهند که می‌تواند به‌عنوان نوع سوم نگهداری، **" نت خودگردان "** نامیده شود[۵]. بدین گونه، تحت عنوان TPM ، سه نوع نگهداری داریم یعنی :

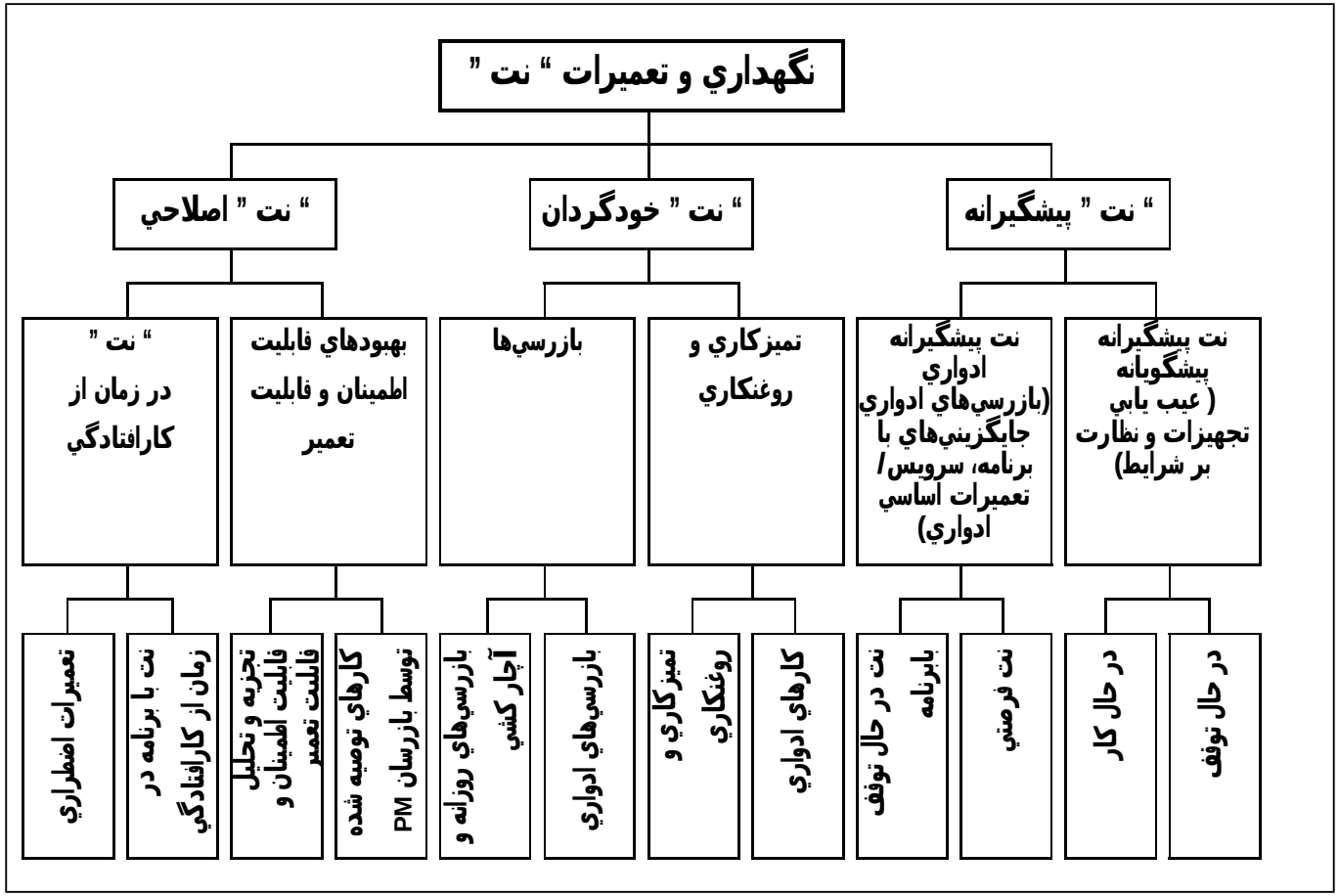
۱- **نگهداری و تعمیرات اصلاحی.**
۲- **نگهداری و تعمیرات خودگردان.**
۳- **نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه.**

این سه نوع نت و زیر مجموعه آن در شکل(۴) ارائه شده است.

همان‌طوری‌که در شکل(۴) نشان داده شده‌است، سه روش نگهداری عبارتند از " نت اصلاحی" ، "نت خودگردان " و " نت پیشگیرانه ". نت اصلاحی شامل هر دو نوع " نت در زمان از کار افتادگی " و " فعالیت‌های نت " هدایت شده در بهبود قابلیت اطمینان و قابلیت تعمیر می‌باشد، " نت پیشگیرانه " شامل هر دو فعالیت ادواری که توسط کارکنان " نت " انجام می‌شود و " نت پیشگویانه " می‌باشد. " نت " پیشگویانه نیز به‌عنوان " نت مبتنی بر شرایط " مشهور است و شامل فعالیت‌های عیب‌یابی تجهیزات و نظارت وضعیت می‌باشد.

هم زمان که تجهیزات تولید بزرگ‌تر و پیچیده‌تر می‌شوند، نظر به‌این‌که قیمت این تجهیزات خیلی زیاد و نیز دارای نرخ بالاتری هستند(توانایی انجام بهره‌وری خیلی بیشتر)، ضایعه ظرفیت تولید این تجهیزات برای سازمان استفاده کننده خیلی گران‌تر است. بدین گونه، اطمینان از این‌که قابلیت دسترسی تجهیزات بیشینه بوده و هم‌چنین عمر بهره‌ور آن افزایش یافته است الزام‌آور می‌باشد. بنابراین، تجهیزات را بایستی مراقبت کرد و این نیازمند " نت " خودگردان، فعالیت‌های " نت " پیشگیرانه ادواری و " نت " مبتنی بر شرایط می‌باشد. برای تجهیزات بحرانی، هر سه نوع " نت " مهم و لازم است و کاربرد یکی مانع دیگری نمی‌شود. بهرحال. در اینجا، بایستی توجه کرد که " نت مبتنی بر شرایط " را اصولاً باید برای تجهیزات بحرانی یا سرمایه‌ای به‌کار برد و استفاده از نظارت بر شرایط برای تمام ماشین آلات و تجهیزات کارخانه توصیه نمی‌شود.

بحرانی بودن تجهیزات ممکن است بر اساس نموار طبقه‌بندی بحرانی شبیه آن‌چه که در جدول (۳) آمده است ارزیابی گردد. نظر به این‌که " نت " خودگردان توسط اپراتورها انجام می‌گردد، وظیفه " نت " سازماندهی و اجرای برنامه‌های نت پیشگیرانه و نت مبتنی بر شرایط می‌باشد.



شکل ۴ : انواع "نت" – طبقه بندی تحت TPM

اثر از كار افتادگي‌ها روي	طبقه بندي تجهيزات(A بالاترين و C پايين ترين)		
	A	B	C
اثر ايمني روي محل كار، شامل نيروي انساني	در يك حادثه جدي نتيجه مي‌دهد كه موجب ۷ روز يا روزهاي بيشتري توليد از دست رفته مي‌شود.	در يك حادثه نتيجه مي‌دهد، كه توليد متوقف شده يا كاركرد و تنظيم تجهيزات تابع الزامات قانوني مي‌باشد.	نه خطر حادثه و نه توقف توليد
محيط	تاثيرات بيرون كارخانه توسعه يافته و موجب هفت روز يا روزها بيشتر توليد از دست رفته مي‌شود.	تاثيرات بيرون كارخانه توسعه يافته يا كاركرد و تنظيم تجهيزات تابع الزامات قانوني مي‌باشد.	هيچ گونه خطر آسيب زيست محيطي،آلودگي درون كارخانه مي‌تواند از آلودگي‌هاي ايجاد شده مواظبت گردد.
كيفيت محصول	مستقيما بر كيفيت محصول تاثير مي‌گذارد.	بر فرآيندهاي پايين دست به‌طورجدي تاثيرگذاشته مي‌گذارد.	اثر اندك روي فرآيندهاي پايين دست.
كميت/نرخ توليد	توليد براي ۷ روز يا بيش‌تر متوقف مي‌گردد.	به طورجدي بركار بخش‌هاي ديگر تاثير مي‌گذارد.	هيچ اثر روي بخش‌هاي ديگر.
" نت "	تواتر از كار افتادگي‌ها / هزينه " نت " خيلي بالا.	تواتر از كار افتادگي‌ها، دوبار در سال يا بيشتر.	تواتر از كار افتادگي‌ها كمتر از دوبار در سال.

جدول ۳ : سيستم طبقه بندی تجهيزات بحرانی

ازاين گذشته، با تمام مراقبت‌های انجام شده در طی مراحل طرح، ساخت، نصب و راه‌اندازی اين تجهيزات، شكست‌های تصادفی رخ می‌دهد و بنابراين، فعاليت " نت " از كارافتادگی نيز بايستی انجام گردد. به‌علاوه، برای حذف كردن از كارافتادگی‌های تكراری و كاهش هزينه‌های تعميرات، بهبودهای قابليت اطمينان و قابليت تعمير بايد بوجود آيد و اين بهبودها/ تغييرات طرح بايستی مبتنی بر تجزيه و تحليل داده‌های گذشته و داده‌های حاصل از نظارت بر وضعيت تجهيزات باشد.

تمام جنبه‌های برنامه‌ريزی " نت "، يعنی، تجزيه و تحليل شكست‌های گذشته برای تشخيص نواحی/ تجهيزات بحرانی، برنامه‌ريزی مشروح فعاليت‌های " نت "، زمان‌بندی كردن و كنترل كارهای " نت پيشگيرانه ادواری " و برنامه ريزی " نت " مبتنی بر شرايط برای تجهيزات بحرانی بايستی درون يک سيستم برنامه ريزی و كنترل " نت " كارخانه متمركز گردد. در توسعه اين سيستم، تجزيه و تحليل از كارافتادگی‌ها، اقدامات صحيح و به‌هنگام " نت اصلاحی كنترل شده " و بازرسی‌های

صحیح و به‌هنگام " نت پیشگیرانه برنامه ریزی شده " ، در حال‌کار و توقف (برخی از آن‌ها، در جای خود، ممکن است منجر به کارهای " نت اصلاحی "گردد)، هم‌چون عناصر مرکزی پیرامون سیستم در نظر گرفته می‌شود.

فهرست منابع

منابع داخلی:

۱- نگهداری وتعمیرات بهره‌ور فراگیر(TPM) ترجمه : دکتر علی حاج شیر محمدی

۲- نگهداری و تعمیرات بهره‌ور جامع ترجمه : سید حسن افتخاریان

۳- مدیریت نظام‌مند تولید تألیف : دکنر هوشنگ مومنی

منابع خارجی:

4- Total Productive Maintenance, Dr. Bikhash Bhadury, 1998.
5- TPM in Process Industries, By : Tkoutaro Suzuki, 1994
6- TPM : A Route to World – Class Performance, Peter Willmott and Dennis Mc Carthy, 2002.
7- Maintainability and Maintenance Management, Instrument Society of America, 1994.
8- Terotechnology : Reliability Engineering and Maintenance Management, Dr. Bikhash Bhadury,
Dr. S.K. Basu, 2003
9- Terotechnology-Philosophy and Concept, J.C. Hewgill and D. Parkes, 1979.
10- Reliability Engineering, L.S. Srirath, 2002.
11- Handbook of Total Quality Management, R.P. Mohanty & R.R. Lakhe, 2002.
12- Total Quality Management, An Executive Guide to Continuous Improvement, Hurbert K. Rampersad, 2001..
13- Production and Operation Management, S.A. Chunawalla & D.R. Patel, 2004