قياس وتحليل مؤشرات أداء الصيانة في معمل الألبسة الولادية في الموصل

م.م. رياض جميل وهاب- كلية الإدارة والاقتصاد - جامعة الموصل

المقدمة :

يعد نشاط الصيانة من الأنشطة المهمة في المنظمة الصناعية لما لها من أثر في تعزيز مزايا المنظمة التنافسية ، لذا لابد من متابعة وقياس أداء هذا النشاط بصورة مستمرة من أجل الوقوف على مستوى أداء النشاط ، بمعنى هل أداء نشاط الصيانة بالمستوى المطلوب أم دون ذلك . ولغرض قياس مستوى أداء أنشطة وفعاليات نشاط الصيانة في المنظمة المبحوثة أعتمد الباحث في ذلك على مؤشرات تطلق عليها مؤشرات أداء الصيانة (Maintenance Performance Indicators - MPI) وهي : فاعلية المعدة العامة ، الجاهزية ، المعولية ، وقابلية الصيانة لقياس أداء الصيانة ومقارنتها بالأداء القياسي .

المستخلص :

سعى البحث إلى قياس أداء أنشطة الصيانة ومقارنتها بالأداء المعياري للوقوف على الفجوة بين الأداء لمكائن ومعدات المنظمة المبحوثة والأداء المعياري. والبحث عن أسباب انخفاض أداء أنشطة الصيانة عن الأداء الأفضل وبالتالي انخفاض استغلال مكائن ومعدات وتسهيلات المنظمة عن المستوى المرغوب .وتتمثل مشكلة البحث بضعف أنشطة الصيانة في الحفاظ على مكائن ومعدات وتسهيلات المنظمة وبالتالي انخفاض أداؤها عن المطلوب . أما فرضية البحث فتلخصت بما يلي : " أن قياس أداء أنشطة وفعاليات الصيانة بالمنظمة المبحوثة يؤدي إلى إيجاد الفجوة بين الأداء الفعلي والأداء المطلوب _ القياسي ، وبالتالي تحديد نقاط الضعف بأنشطة الصيانة ومن ثم معالجتها " . وتوصل البحث إلى وجود فجوة بين الأداء الفعلي والأداء المطلوب لأنشطة الصيانة بموجب المؤشرات المعتمدة في البحث . والتوصية بضرورة توفير طاقم صيانة مؤهل من حيث الكفاءة والفاعلية والخبرة للقيام بجميع أعمال الصيانة الوقائية والعلاجية .

المبحث الأول
منهجية البحث

أولاً : مشكلة البحث Search problem

يعد نشاط الصيانة من الأنشطة المهمة والتي لها دور هام وفاعل وحيوي في دعم وتعزيز النشاط الإنتاجي الذي يعتبر العمود الفقري بأية منظمة إنتاجية أو خدمية ، وان ضعف أو عدم الكفاءة بأنشطة الصيانة تنعكس سلباً على العملية الإنتاجية . وبالتالي على جودة المنتجات والإيفاء بطلبات الزبائن في الوقت المحدد والتأثير السلبي على سمعة المنظمة . وعليه فإن مشكلة البحث يمكن أن تتحدد بالاتي : " ضعف أنشطة ومهمات الصيانة في المحافظة على مكائن ومعدات وتسهيلات المنظمة المبحوثة وأداؤها بشكل غير صحيح من قبل طاقم الصيانة وبالتالي فإن المعولية ، قابلية الصيانة والجاهزية لمكائن ومعدات وتسهيلات المنظمة المبحوثة دون المستوى المطلوب " .

ثانياً : أهمية البحث Importance of search

تنبثق أهمية البحث من كونه يسعى إلى تحديد وتشخيص نقاط الضعف بأنشطة عملية الصيانة. ومن ثم العمل على :

1. التعرف على واقع أنشطة الصيانة في معمل الألبسة الولادية للوقوف على كفاءتها وفاعليتها .
2. تحديد وتشخيص نقاط القوة والضعف بأنشطة عملية الصيانة .
3. قياس أداء أنشطة الصيانة .
4. اختيار واعتماد مقاييس معينة في عملية المقارنة بين أداء أنشطة الصيانة والأداء المعياري .
5. بيان مقدار الفجوة بين أداء أنشطة عمليات الصيانة والأداء المعياري .
6. تحديد مسببات وجود فجوة بين أداء أعمال الصيانة والأداء المعياري .

ثالثاً : أهداف البحث The objectives of search

يسعى البحث إلى تحقيق هدف رئيسي وهو قياس أداء أنشطة عمليات الصيانة في المنظمة المبحوثة من خلال المقارنة بين أداء أعمال الصيانة والأداء المعياري للصيانة وباعتماد معايير معينة مثل فاعلية المعدة العامة ، المعولية ، وقابلية الصيانة . فضلاً عن مجموعة من الأهداف الفرعية منها :

1. تعريف الأفراد العاملين في المنظمة المبحوثة بمؤشرات أداء أنشطة ومهمات الصيانة والمعدلات المعيارية .
2. تعريف الأفراد العاملين وخصوصاً العاملين في أنشطة الصيانة على درجة فاعلية أدائهم .
3. تحسين وتطوير أداء أنشطة عملية الصيانة وإزالة أسباب تدني فاعلية وكفاءة أنشطة الصيانة .

رابعاً : فرضية البحث Hypothesis of search

من أجل معالجة مشكلة البحث المشخصة وتحقيق الأهداف الموضوعة ، لابد من وضع فرضية تساهم في تحقيق ما سبق ، وينطلق البحث من فرضية مفادها :

" إن استخدام مؤشرات الصيانة الرئيسة يؤدي إلى إيجاد الفجوة بين أنشطة وأعمال الصيانة المخططة والفعلية لقياس الأداء تساهم بشكل فاعل في تحسين وتطوير أداء أنشطة الصيانة للمنظمة المبحوثة " .

خامساً : أساليب جمع البيانات Methods for collecting data

تم جمع البيانات بطريقتين :

1. البيانات الخاصة بالجانب النظري تم الحصول عليها من الكتب ، المجلات ، والرسائل الجامعية المتوفرة في المكتبات . فضلاً عن شبكة المعلومات العالمية " الانترنت" .
2. البيانات الخاصة بالجانب العملي تم الحصول على البيانات الكمية المطلوبة لحساب مؤشرات قياس أداء الصيانة " فاعلية المعدة العامة ، الجاهزية ، المعولية ، قابلية الصيانة " ومن ثم عرض النتائج على مؤشرات الأداء المعيارية ، من خلال الزيارات الميدانية إلى معمل الألبسة الولادية والمقابلة مع الإفراد وخاصة الإفراد العاملين في قسم الصيانة والإنتاج والسيطرة النوعية والحصول على البيانات والمعلومات المطلوبة فضلا عن الأقسام الأخرى الذين تتوفر لديهم بيانات ومعلومات عن هذه المؤشرات .

سادساً : منهج البحث Approach of search

تبنى البحث منهج الدراسة التحليلية حيث تم تجميع البيانات الخاصة بمؤشرات قياس أداء أنشطة وعمليات الصيانة وتطبيق الأسلوب التحليلي للوصول إلى النتائج ومقارنة النتائج المتحققة مع

النتائج المعيارية للوقوف على مقدار الفجوة بين أداء المنظمة المبحوثة لأنشطة الصيانة والأداء المعياري .

سابعاً : محتوى البحث : Contain of search

تتضمن البحث المباحث الآتية :

المبحث الأول : منهجية البحث

المبحث الثاني : المؤشرات المعتمدة في قياس أداء أعمال الصيانة

المبحث الثالث : تطبيق المؤشرات وتفسير النتائج

المبحث الرابع : الاستنتاجات والمقترحات .

المبحث الثاني

المؤشرات المعتمدة في قياس أداء أعمال الصيانة

هناك مجموعة واسعة من المؤشرات " المقاييس " التي يمكن الاعتماد عليها في تقييم أداء أنشطة وأعمال الصيانة في المنظمات ، وتم التركيز على المؤشرات الأكثر شيوعاً في قياس وتقييم أداء أنشطة الصيانة في المنظمات ، حيث تم احتساب المؤشر ومن ثم مقارنة أو عرض قيمة المؤشر على قيمة المؤشر المعياري لتحديد الفجوة ومن ثم تحديد وكشف نقاط الضعف التي تحتاج إلى معالجة وتحسين ، ومن أبرز هذه المؤشرات :

أولا _ المعولية Reliability

المعولية هي درجة الثقة بالمنتج ، العملية ، والخدمة للعمل تحت ظروف محددة مسبقاً دون فشل أو توقف لأجل إنتاج المخرجات المطلوبة التي تلبي حاجات الزبون أو تؤدي طبقاً للمواصفات المحددة (waller,2003:595) .

وذكر (Heizer,2008:540) أن المعولية هي احتمالية أن الماكنة أو المنتج سوف تعمل بشكل صحيح للوقت المحدد وتحت ظروف تشغيل معينة .

وبين (Nicholas) أن المعولية هي احتمالية أن الماكنة ستؤدي العمل بشكل صحيح تحت ظروف تشغيل طبيعية . والمقياس الوحيد للمعولية (R) هو احتمالية الأداء الناجح :

المعولية : عدد النجاحات : هي عدد الوحدات الصالحة " غير المعيبة "
———————————————
عدد التكرارات : هي عدد مرات أداء المعدة مهمة ما " عملية ما"

مثلاً ، إذا أنتجت ماكنة "1000" جزء منها " 960" جزء جيد ، فإن معولية الماكنة هي 96%.

والمقياس المرتبط بالمعولية هو (متوسط الوقت بين الفشلات Mean time between failure) . بالنسبة للمعدات التي يمكن أن تصلح ، فإن "MTBF" تمثل معدل الوقت بين الفشلات . أما بالنسبة للمعدات التي لايمكن أن تصلح ، فأنه معدل الوقت إلى الفشل الأول . وارتفاع متوسط الوقت بين الفشلات للمعدة تعني أن معولية المعدة عالية . ويمكن حساب متوسط الوقت بين الفشلات بالصيغة الآتية (Nicholas,1998:215) :

متوسط الوقت بين الفشلات (MTBF) = أجمالي وقت التشغيل
———————————
عدد الفشلات

يمكن أن تستعمل لتقدير معولية المكائن والمعدات .

وذكر (Schroeder,1993:93) أن المعولية تشير إلى طول وقت تشغيل المنتج " جزء ، مكون ، ماكنة ، معدة " قبل فشله . بمعنى المعولية هي احتمالية أن المنتج ستعمل لفترة زمنية محددة بدون فشل . وأن معولية المنتج مرتبط بمتوسط الوقت بين الفشلات (MTBF) . وهو معدل وقت استعمال المنتج المحصور بين فشل وأخر . و MTBF الأطول ، تعني أن معولية المنتج أكبر .

وأشار (Robert,2002:212) بأن المعولية هي قابلية الماكنة للعمل حسب المواصفات التصميمية خلال فترة زمنية معلومة . أو قابلية الماكنة للتشغيل بموجب المواصفات التصميمية خلال فترة زمنية محددة . والمقياس لقياس طول فترة تشغيل المعدة عند مواصفاتها التصميمية بدون فشل هو متوسط الوقت بين الفشلات (MTBF) .

ثانياً _ قابلية الصيانة Maintainability

تشير إلى قابلية إعادة المنتج " ماكنة ، معدة " إلى الخدمة مرة أخرى أذا فشلت " عطلت " . ونظراً لأن كل الزبائن يعتبرون الصيانة أو التصليح أمر مزعج . لذلك ، فإن الدرجة العالية من قابلية الصيانة مرغوبة لأجل إمكانية إعادة الماكنة أو المعدة إلى الاستخدام مرة أخرى بشكل سريع . وقابلية الصيانة يمكن أن تقاس بواسطة متوسط الوقت للتصليح _ Mean time to repair للمنتج (Schroeder,1993:93) .

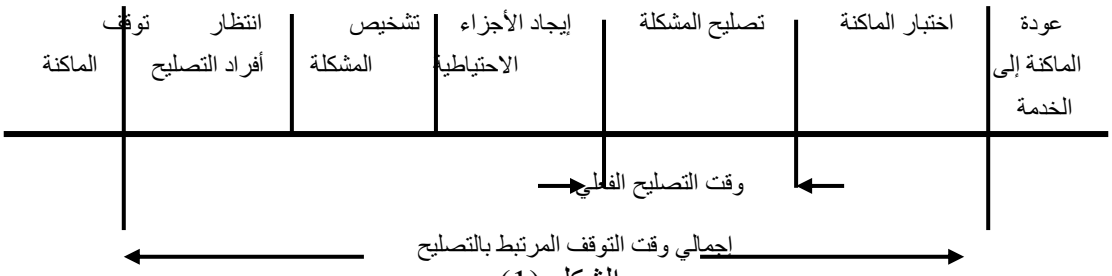
وحدد (Lawson,2002:212) قابلية الصيانة بأنها قابلية المعدة لإتاحة فرصة أداء مهمات الصيانة المطلوبة . وهذا بالعادة وظيفة تصميم المعدات والمواقع وأية أدوات وتركيبات خاصة مطلوبة للوصول إليها ، معايرة ، تزييت ، وأنشطة صيانة أخرى .

والمعدات التي لايمكن الوصول إلي أجزائها أو صعبة الوصول إليها لقيام بأعمال الصيانة لها هو السبب الرئيسي لانخفاض قابلية الصيانة . عموماً ، الماكنة ينبغي أن تصمم لأجل سهولة الصيانة . ومسألة قابلية الصيانة تظهر عند نصب المكائن والمعدات مجاورة أو قريبة من بعضها البعض بشكل غير صحيح وبالتالي يصعب الوصول إلى أجزائها لغرض إجراء الصيانة عليها .

وبين (Nicholas,1998:213) أن قابلية الصيانة هي جهود وتكاليف أداء أنشطة الصيانة ، وأنها تتأثر بسهولة الوصول إلى أجزاء المعدة لأجل الصيانة ، مستوى المهارة المطلوبة لأداء الصيانة ، وجاهزية وملائمة الأجزاء الاحتياطية والخدمة . ومقياس قابلية الصيانة الوحيد هو متوسط الوقت للتصليح (MTTR) ، متوسط وقت التصليح العالي هو مؤشر قابلية الصيانة المنخفض ، والصيغة لحساب متوسط الوقت للتصليح (MTTR) هي :

$$\text{متوسط الوقت للتصليح} = \frac{\text{مجموع وقت التوقف لغرض التصليح}}{\text{عدد التصليحات}}$$

حيث إن وقت التوقف لغرض التصليح يضم : وقت الانتظار للتصليحات ، الوقت المصروف على الاختبار " التشغيل التجريبي بعد التصليح " وجعل المعدة مستعدة لمعاودة العملية . في بعض المنظمات ، يستخدمون وقت التوقف لأجل التصليح كوقت تصليح ، ولكن هذا غير صحيح ، وكما مؤشر في الشكل(1) .



الشكل (1)

وقت التوقف المرتبط بالتصليح مقابل الوقت المصروف فعلاً على التصليح.

Source : Nicholas , John, M., (1998), production / operations Management : Quality, performance, and value ,5th ed., west publishing co., New York.

يتضح من الشكل أن إجمالي وقت التوقف المرتبط بالتصليح والوقت الفعلي المنفق على التصليح ، حيث نجد أن هناك توقف ومن ثم وقت انتظار لوصول كادر التصليح ومن ثم وقت لتشخيص وتعيين المشكلة والبحث عن الأدوات الاحتياطية وجزء من أجمالي الوقت المتعلق بالتصليح هو فقط وقت التصليح الفعلي وهذا مهم لأنه في حالة اعتماد الصيغة الأولى لحساب الجاهزية فإنها تأخذ بنظر الاعتبار فقط وقت التصليح الفعلي وتجهل باقي وقت التوقف المرتبط بالتصليح وبتالي زيادة غير حقيقية في نسبة الجاهزية .

ثالثاً : فاعلية المعدة العامة Overall equipment effectiveness(OEE)

مقياس فاعلية المعدة العامة هو المقياس الشائع بشكل متزايد للحكم على فاعلية مكائن ومعدات العمليات ، ويعتمد على مظاهر الأداء الثلاثة الآتية (Khanna,2004:560):

- الجاهزية : الوقت الذي يكون فيه المكائن والمعدات جاهزة للعمل .
- كفاءة الأداء : السرعة أو معدل مخرجات المكائن والمعدات .
- والجودة : جودة المنتجات والخدمات التي تصنعها المكائن والمعدات .

بمعنى أن فاعلية المعدة العامة تقوم على ثلاثة عناصر أساسية هي : الجاهزية (Availability) ، كفاءة الأداء (performance efficiency)، ومعدل الجودة (Quality rate) ، وصيغة الحساب هي (Siam, 2003:221) :

OEE = Availability * performance efficiency * Quality rate

إذن فاعلية الماكنة العامة تتأثر بالمتغيرات " المعالم " الثلاثة في المعادلة ، وأن هذه المعالم الثلاثة أيضاً تتأثر بمتغيرات فرعية أخرى أطلقت عليها " الخسائر الستة الكبيرة _ Six big losses " والخسائر الستة هي (Nicholas,1998:213) (Pekka, 2000:8) :

1. وقت التوقف الناتج عن التهيئة والتعديل setup and adjustment
2. وقت التوقف الناتج عن عطلات الماكنة الدورية والمزمنة " المعقدة وقليلة الحدوث " Sporadic and chronic breakdowns

وهاتين الخسارتين تؤثران على جاهزية " Availability" الماكنة لأداء العمل .أكثر وقت توقف المعدة لأجل التهيئة أو التصليح ، والوقت المتبقي الأقل لأداء العمل .

3. التعطل والتوقفات الصغيرة (Idling and minor stoppages) : الماكنة في حالة تشتغل ، لكن تدفق الأجزاء إليها تتوقف بسبب الحشر بشكل دوري " توقف الحزام الناقل " ، أو تدفق الأجزاء منها تتوقف لفترة قصيرة لان الماكنة التالية عاطلة أو الفترة الزمنية اللازمة لمعالجة الوحدة تستغرق وقت أكثر من قبل الماكنة اللاحقة فيحدث اختناق .
4. سرعة العملية المنخفضة (Reduced speed of operation) : المعدة تشتغل ، لكن عند سرعة منخفضة . لأنها مستهلكة أو بحاجة إلى تعديلات .

وهاتين الخسارتين مجتمعاً تؤثر على كفاءة (efficiency) المعدة . الماكنة التي تتوقف بشكل دوري بسبب التوقفات الصغيرة ، أو أنها تنتج عند معدل أقل من قابليتها المعيارية ، فإنها تأخذ وقت أطول من الضروري لأداء العمل .

5. العيوب التي تحدث بسبب التباين في أداء الماكنة defects caused by variability in equipment performance

الماكنة المستهلكة أو القريبة من العطل تسبب عيوب وتزيد تباين العملية . فالنتيجة هي إنتاج مخرجات ذات جودة منخفضة أو غير مطابقة للمواصفات وبالتالي يجب أن تعاد عمله أو تتلف .

6. الإنتاجية المنخفضة بسبب العملية غير المثالية reduced yield caused by non optimal operation

كل مرة الماكنة تتوقف بسبب التهيئة ، العطلات أو التوقفات الصغيرة ومن ثم أعادة التشغيل ، فانه يأخذ فترة من الزمن لأجل رجوع الماكنة إلى حالة التشغيل الطبيعي " السرعة، الحرارة ، وغيرها " . لحين ذلك الوقت ، فإنها تنتج ببطيء أكثر وتسبب نسبة أكبر من المخرجات المعيبة .

A_ الجاهزية Availability

تعرف بأنها استمرارية تقديم الخدمة إلى الزبون . المعدة تعتبر جاهزة إن كانت في حالة تشغيلية ولا تتوقف لأجل التصليحات أو الصيانة . والجاهزية يمكن أن تقاس بشكل كمي كالآتي : (Schroeder,1998:217)

$$A = \frac{\text{up time}}{\text{Up time + downtime}}$$

حيث أن وقت العمل " الوقت الذي تكون الماكنة فيها جاهزة ومستعدة للعمل " .

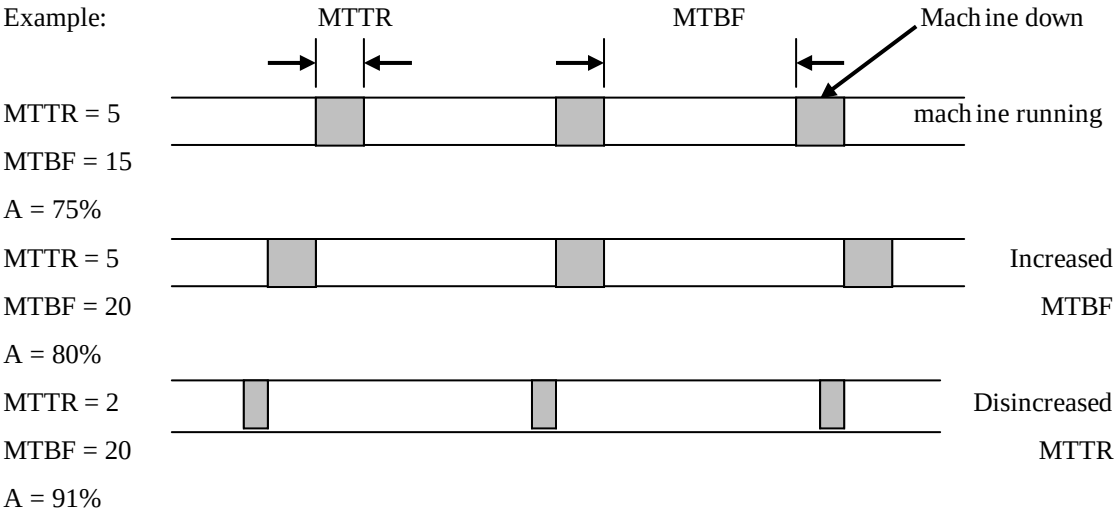
وبين (Nicholas,1998:217) بأن الجاهزية هي نسبة وقت جاهزية المعدة بشكل فعلي لأداء العمل من وقتها التي ينبغي أن تكون جاهزة للعمل . أي نسبة وقت الجاهزية الفعلي من إجمالي وقت الجاهزية المفترض . بمعنى نسبة وقت الجاهزية الفعلي إلى وقت الجاهزية المخطط .وذكر (Meredith,1992:670)أن قياس الجاهزية ناتج عن دمج مقياس المعولية (MTBF) ومقياس قابلية الصيانة (MTTR) فتشكل صيغة الجاهزية الآتي :

$$A = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF + MTTR}}$$

وأكد (Oakland,1992:187) أن الصيغة العامة للجاهزية ناتج عن الجمع بين متوسط الوقت بين العطلات ومتوسط الوقت للتصليح .

وتقترح الصيغة أن الجاهزية تزداد عند دمج متوسط الوقت بين الفشلات المتزايد (MTBF) وتقليل متوسط الوقت للتصليح (MTTR) أو كلاً منهما .وهذا موضح بالشكل (2) .

الاستراتيجيات لأجل إطالة (MTBF) واختصار (MTTR) .



الشكل (2) أثر زيادة MTBF وتقليل MTTR على الجاهزية

Source : Nicholas , John, M., (1998), production / operations Management : Quality, performance, and value ,5th ed., west publishing co., New York

المقياس تبين أن الجاهزية تتحسن بواسطة تحسين MTBF وMTTR . ولكن ، كصيغة لتحديد الجاهزية فإنه مضلل لانه يأخذ بنظر الاعتبار مصادر وقت التوقف المرتبطة بالتصليح (MTTR) ، بينما تهمل مصادر وقت التوقف غير التصليحي• . بمعنى أنها تزيد حالات جاهزية الماكنة الفعلية . وعليه فإن مقياس الجاهزية الأكثر دقة هو الآتي ، لأنه يضم وقت التوقف التصليحي وغير التصليحي :

$$A = \frac{\text{Actual running time}}{\text{Planned running time}}$$

Where: planned running time = total plant time – planned downtime

Actual running time = planned running time – all other downtime

وقت التوقف المخطط تشمل جميع أوقات التوقف المخطط : الوجبات، توقفات الاستراحة ، الاجتماعات ، والصيانة الوقائية المجدولة . حيث لا يعتبر العاملين والمعدات عاطلين خلال وقت التوقف المخطط . أما أوقات التوقف الأخرى ما عدا أعلاه فإنها تمثل تتوقف للماكنة لإغراض(التهيئة الداخلية ، عطل المعدات "MTTR " ، وغيرها) وخلال ذلك يعتبر العاملين والمعدات عاطلين .

وأشار (Schroeder,1993,93) أن الجاهزية هي مزيج من المعولية وقابلية الصيانة . إن كان المنتج عالياً في كل من المعولية وقابلية الصيانة فإنه أيضاً سيكون عالياً في الجاهزية . وهذه العلاقة يمكن التعبير عنها بالصيغة :

$$A = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF + MTTR}}$$

فإذا كان المنتج له (MTBF) 8ساعة و (MTTR) 2 ساعة كل مرة يفشل ، فإن الجاهزية سيكون (80%) .

B _ الكفاءة Efficiency

قياس طريقة أداء الماكنة الجيدة أثناء اشتغالها . وتتطلب الإجابة على سؤالين ((Nicholas,1998:214-215)) ، (Johansson, 2002:218):

1) الماكنة تشتغل . لكن ، هل تنتج مخرجات " بمعنى ما هو معدل الكفاءة Rate Efficiency ؟
2) الماكنة تنتج مخرجات . لكن ، هل تنتج عند السرعة التصميمية " بمعنى ما هي كفاءة السرعة Speed Efficiency ؟

- **معدل الكفاءة Rate Efficiency (RE)**

أفرض أن الأجزاء المتدفقة إلى الماكنة عن طريق سير التغذية المتحرك تتوقف " تنحشر " بشكل دوري . كل مرة الأجزاء تتوقف " تنحشر " ، فإن تدفق الأجزاء إلى الماكنة التي تشتغل تتعرقل . مشغل الماكنة يقوم بإزالة الأجزاء التي تتوقف على الحزام الناقل بسبب سوء الترتيب لإعادة التدفق . خلال اليوم هذه الإعاقات تتراكم " تتجمع " وتخفض مخرجات الماكنة بشكل كبير .

وهذه تساهم بخفض الإنتاجية ، الخسارة الأخيرة من الخسائر الستة _ Six big losses لـ Nakajima . والصيغة لحساب معدل الكفاءة هي :

• كما أوضحنا في الشكل (1) ليس جميع أوقات التوقف لتصليح العطل ، فهناك أوقات انتظار الطاقم ، إيجاد الخلل، جلب المواد ، فقط هناك جزء قليل من إجمالي الوقت متعلق بالتصليح الفعلي . لذلك فرقنا بين الوقتين بالوقت التصليحي والوقت غير التصليحي .

$$RE = \frac{\text{Actual production volume} * \text{actual cycle time}}{\text{Actual running time}}$$

- **كفاءة السرعة Speed Efficiency (SE)**

كفاءة السرعة للماكنة (SE) تحتسب بالصيغة الآتية :

$$SE = \frac{\text{Design cycle time}}{\text{Actual cycle time}}$$

الكفاءة المعدلة (RE) وكفاءة السرعة (SE) هي مقاييس الكفاءة المستغلة . حاصل ضربهم تعطي كفاءة الأداء العامة (Performance Efficiency-PE) للماكنة :

$$PE = RE * SE$$

أحياناً من الصعب أو لا يمكن حساب كفاءة السرعة (SE) لان وقت الدورة التصميمي غير معلوم أو لان الماكنة تنتج أجزاء متنوعة مع أوقات دورة مختلفة . في هذه الحالة ، كفاءة السرعة تجهل وكفاءة الأداء (PE) تحتسب فقط كدالة الوقت الضائع نتيجة الإعاقات " بكلام أخر ، الماكنة تشتغل لكن لا تؤدي عمل " .

$$PE = \frac{\text{Actual running time} - \text{time for interruptions}}{\text{Actual running time}}$$

C_ معدل الجودة Quality Rate

معدل الجودة (Q) هو مؤشر قابلية المعدة لصنع المخرجات غير المعيبة أو المطابقة للمتطلبات، وتحتسب بالصيغة :

$$Q = \frac{\text{Actual production volume} - \text{defect output}}{\text{Actual production volume}}$$

ويمكن أن نلخص المؤشرات الثلاثة الرئيسة لفاعلية المعدة " الجاهزية ، معدل الأداء ومعدل الجودة " التي تعكس الخسائر الستة (Six big Losses) بالجدول الآتي :

الجدول (1)

مؤشرات فاعلية المعدة العامة

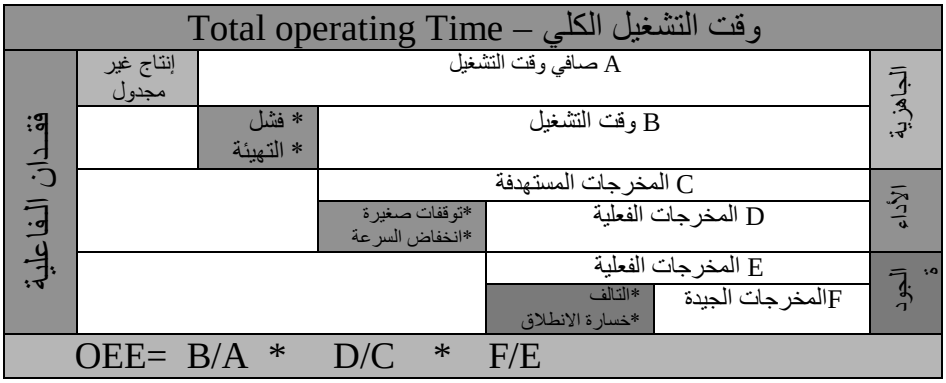
معدل الجاهزية : هي وقت التشغيل الفعلي للمعدة مقابل وقت التشغيل المخطط . معدل الجاهزية المنخفض تعكس خسارتي وقت التوقف : • فشلات المعدة . • التهيئة والتعديل .	وقت التشغيل-وقت التوقف معدل الجاهزية = ---------- إجمالي وقت التشغيل
معدل الأداء : هي الكمية المنتجة خلال وقت التشغيل مقابل الكمية المتوقعة من سرعة المعدة التصميمية . معدل الأداء المنخفض تعكس خسارتي السرعة : • التعطل والتوقفات الصغيرة . • سرعة العملية المنخفضة .	إجمالي المخرجات معدل الأداء = ---------- المخرجات المتوقعة عند السرعة المعدلة
معدل الجودة : عدد الوحدات الجيدة مقابل أجمالي عدد الوحدات المصنوعة . ومعدل الجودة المنخفض تعكس خسارتي العيوب: • التالف والعمل المعاد . • خسارة بدء الانطلاق .	المخرجات الجيدة معدل الجودة = ---------- أجمالي المخرجات

Source : Total Productive Maintenance , The Six Big Losses, & Overall Equipment Effectiveness & The TPM vision, (2004) www.wwbsgroup.com .

ويمكن بيان كيفية تأثير هذه الخسائر الستة على المؤشرات الثلاثة وبالتالي انخفاض معدل فاعلية المعدة العامة ومن خلال المخطط الأتي :

الشكل (3)

تأثير الخسائر الستة على فقدان الفاعلية العامة



Source : Khanna O.P, A. Sarup ,(2004), Industrial Engineering and Management ,Dhanpat Rai Publications LTD., New Jersey.

بعض جاهزية المعدات تفقد نتيجة خسائر الوقت الناجم عن تصليح المكائن والمعدات عندما تتعطل ، تهئية وأعداد الماكنة أو العملية لمعالجة قطعة قادمة . وبعض طاقة المكائن والمعدات تفقد من خلال خسائر السرعة الناتجة عن انتظار الماكنة المؤقت لحين وصول قطعة العمل من الماكنة السابقة ، وسرعة العملية أو الماكنة المنخفضة بمعنى الماكنة تعمل بمعدل أدنى من المعدل الأمثل. وبالنهاية ليس كل الوحدات المصنوعة من قبل الماكنة أو العملية هي وحدات صالحة قد تكون بعض الوحدات فيها أخطاء لذلك بعض الطاقة تفقد من خلال خسائر الجودة والمتمثل بالتالف والعمل المعاد وخسائر بدء الانطلاق.

المبحث الثالث

تطبيق المؤشرات المعتمدة وتفسير النتائج

يهدف هذا المحور إلى تطبيق مؤشرات قياس أداء أنشطة أعمال الصيانة في معمل الألبسة الجاهزة ومن ثم مقارنة النتائج مع النتائج المستهدفة أو المعيارية ، وبيان الفجوة بين الأداء الفعلي والأداء المعياري أو المفترض .

حيث تم جمع البيانات المطلوبة لقياس المؤشرات من معمل الألبسة لجاهزة وقد تضمنت البيانات تقارير الإنتاج اليومية ، والتقارير اليومية للأخطاء ، وتقارير الصيانة . ويمكن عرض البيانات المطلوبة لقياس المؤشرات والنتائج لهذه المؤشرات في كل خط من الخطوط من خلال الجدول (1) .

الجدول (1) البيانات الخاصة بكل خط من خطوط معمل الألبسة الجاهزة بالاعتماد على تقارير الإنتاج والعيوب وسجلات الصيانة لشهر كانون الثاني 2010

رقم الخط نوع البيانات	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
*وقت التشغيل الكلي Total running time	8640	8640	8640	8640		8640	8640	8640	8640	8640	8640	8640	8640	8640	
*وقت التوقف المخطط Planned down time	624	624	624	624	-	624	624	624	624	624	624	624	624	624	-
وقت التشغيل المخطط Planned running time	8016	8016	8016	8016	-	8016	8016	8016	8016	8016	8016	8016	8016	8016	-
وقت التهيئة والتعديل Setup and adjustment time	336	324	336	300	-	300	276	336	288	264	276	312	300	276	-
إجمالي وقت العطلات Breakdown time	2924	2019	1569	1064		1120	1242	1188	1665	1955	1635	960	1694	2665	-
وقت التشغيل الفعلي Actual running time	5042	5997	6447	6952	-	6896	6774	6828	6351	6061	6381	7056	6322	5351	-
*المخرجات المستهدفة Target output	2328	19080	4248	3360	-	9600	8424	3792	6648	10776	1944	1872	1944	10440	-
*عدد الوحدات المصنعة " المخرجات الفعلية " No. of unit manufactured or Actual output	960	4872	1560	1200	-	3120	3720	2352	3360	5520	1224	1224	984	6240	-
الوحدات المرفوضة Reject units	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
الوحدات معادة العمل Rework units	96	192	600	360	-	120	264	120	168	72	144	120	144	96	-
عدد المكائن في كل خط No. of machines in every line	28	27	28	25	26	25	23	28	24	22	23	26	25	23	20
عدد مرات الفشل Number of failures	21	19	15	15	-	12	16	15	20	18	13	16	16	21	-
مجموع أوقات التوقف لغرض التصليح ∑downtime for repair	2924	2019	1569	1064	-	1120	1242	1188	1665	1955	1635	960	1694	2665	-
وقت الدور التصميمي Design cycle time للماكنة لانجاز عملية معينة	3.4	.42	1.88	2.38	4,8	.83	.95	2.1	1.2	74.	3.12	4.28	4.12	.56	.30
وقت الدورة الفعلي Actual cycle time للماكنة لانجاز عملية معينة	5.4	8.	3	5.2	5	2	1.2	2.2	1.3	1	3.2	5.5	4.4	6.	.7

الجدول (2) نتائج تطبيق المؤشرات على البيانات الخاصة بالمصنع لمدة شهر (شهر كانون الثاني 2010)

---

* إجمالي وقت التشغيل = 24 يوم عمل * عدد ساعات العمل اليومية * وجبة عمل واحدة (6 ساعة) * 60 دقيقة .
* وقت التوقف المخطط لكل خط = وقت التوقف المخطط باليوم الواحد * أيام العمل بالشهر .
* المخرجات المستهدفة بالشهر = المخرجات المستهدفة باليوم لكل خط * أيام العمل بالشهر .
* المخرجات الفعلية لكل خط = عدد الوحدات المصنعة من قبل الخط باليوم * أيام العمل بالشهر .

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	رقم الخط المؤشر " المقياس"
-	0.99 411.4	0.98 540	0.98 520	0.98 664.6	0.99 480	0.99 432	0.99 576	0.99 540	0.99 720	- -	0.98 576	0.99 576	0.99 454.7	0.97 411.4	Reliability = no. of successes/ No. of repetitions The measure of reliability is : MTBF = total running time / No. of failures
-	126.9	105.8	60	125.7	108.6	83.25	79.2	76.5	93.3	-	70.9	104.6	106.2	141.6	Maintainability measured by : MTTR = ∑downtime for repair/ NO. of repairs
- -	.667 .764	.788 .836	.880 .896	.796 .840	.756 .815	.790 .838	.851 .873	.850 .875	.860 .885	- -	.867 .890	.804 .846	.748 .810	.628 .743	Availability (A) = Actual running time / Planned running time Or ,(A) = MTBF / MTBF + MTTR
- - -	.652 .699 .933	.638 .684 .936	.742 .954 .778	.597 .613 .975	.673 .910 .74	.634 .687 .923	.785 .749 .95	.521 .658 .791	.375 .904 .415	- - -	.449 .983 .457	.454 .725 .626	.341 .649 .525	.672 .801 .625	Performance Efficiency (PE) = RE*SE Where : Rate Efficiency (RE)= actual production volume *actual cycle time/actual running time Speed Efficiency (SE)= design cycle time / actual cycle time
-	.98	.85	.90	.88	.98	.95	.94	.92	.96	-	.75	.61	.96	.90	Quality rate(Q) = actual production volume – defects output / actual production volume
-	.426	.427	.587	.418	.498	.477	.627	.405	.312	-	.295	.222	.244	.379	Overall Equipment Effectiveness (OEE) = A * PE * Q

تفسير النتائج :

يتضح من خلال جدول تطبيق مؤشرات قياس أداء أنشطة أعمال الصيانة الآتي :

أولاً _ مؤشر المعولية : تبين أن قيمة مؤشر المعولية لمعظم خطوط الإنتاج كانت عالية حيث تراوحت نسب معولية الخطوط ما بين (99.-97.) ويوضح مقياس المعولية (متوسط الوقت بين الفشلات) أنه كلما كانت الفترة الزمنية بين عطل وأخر في الخط عالياً كلما كانت المعولية عالية أيضاً . وقيم مؤشر المعولية لجميع خطوط المصنع تشير إلى أنه درجة الاعتماد على خطوط المصنع في أداء العمل هي درجة عالية جداً .

ثانياً _ مؤشر قابلية الصيانة :يتضح من جدول النتائج أن قيم مؤشر قابلية الصيانة لخطوط الإنتاج تراوحت ما بين (126.9-60) دقيقة وهذا المؤشر يتأثر بمجموعة من العوامل مثل درجة تعقيد الآلات والمعدات ، مدى توفر مواد ومستلزمات التصليح ، توفر أفراد الصيانة بالكم والنوع . وهذه العوامل تؤثر بشكل مباشر في زيادة متوسط الوقت لتصليح المكائن والمعدات . فالخط المقترن بأقل متوسط وقت للتصليح هو الأفضل بمعنى أن مجموعة المكائن الموجودة في هذا الخط سهلة وبسيطة الصيانة وقابلة للتصليح بسرعة وبخلاف ذلك الخط المقترن بأطول متوسط وقت للتصليح بمعنى أن المكائن معقدة وصعبة التصليح .

ثالثاً _ A _ مؤشر الجاهزية :نلاحظ من الجدول (2) أن للجاهزية مقياسين ، الأول : الجاهزية تساوي حاصل قسمة وقت التشغيل الفعلي على وقت التشغيل المخطط . حيث نجد أن قيم الجاهزية لجميع خطوط المصنع كانت أقل قياساً بالمقياس الثاني ، حيث تراوحت قيم الجاهزية ما بين (886.-628.)ويعتبر هذا المقياس الأكثر دقة في حساب الجاهزية لانه يأخذ بالاعتبار جميع أوقات التوقف للتصليح من وقت عطل الماكنة لحين عودتها الى العمل الفعلي " أي وقت التصليح الفعلي ووقت التوقف لأجل التصليح " وكما وضحنا ذلك في الجانب النظري . أما المقياس الثاني للجاهزية فهو المقياس المعتمد بشكل مباشر على مقياس المعولية (MTBF) ومقياس قابلية الصيانة (MTTR) وهذا المقياس أقل دقة من الأول لأنه يزيد الجاهزية الفعلية بسبب اعتباره وقت توقف الماكنة قبل وصول طاقم الصيانة لحين بدء التصليح الفعلي وقت جاهزية لكن في الحقيقة وقت عدم جاهزية ، الماكنة متوقفة. لذلك نلاحظ من خلال الجدول الفارق واضح بين قيم الجاهزية للمقياس الأول والثاني .

وعموماً يتأثر مؤشر الجاهزية بعاملين أساسيين هما : العطلات ، وأوقات التهيئة والتعديل أثناء الإنتاج .فكلما كانت السيطرة على هذين العاملين أكثر كلما كانت الجاهزية أعلى . . وعلى العموم جاهزية خطوط المصنع جيدة بموجب المقياس الأول الدقيق .

ثانياً _ B _ كفاءة الأداء :هذا المؤشر يعتد إيجاده على مقياسين فرعيين هما : معدل الكفاءة وكفاءة السرعة حيث تراوحت معدل الكفاءة لخطوط المصنع ما بين (98.-61.) إذ كان معدل الكفاءة للخط (4) أعلى معدل كفاءة والبالغة (983.) في حين أن أقل معدل كفاءة كانت للخط (11) . وأما بالنسبة للمقياس الثاني كفاءة السرعة فقد تراوحت ما بين (975.-415.) حيث حقق الخط (11) أعلى كفاءة سرعة والبالغة (975.) في حين أن الخط (6) حقق أقل كفاءة سرعة . وبالتالي كفاءة الأداء لخطوط الإنتاج نجد أنها تراوحت ما بين (78.-34.) وأن مقياس كفاءة الأداء يتأثر بعاملين أساسيين هما : سرعة العملية المنخفضة ، والتوقفات القصيرة . وأن ضبط وإحكام السيطرة على هذين العاملين يقود إلى تحسين كفاءة خطوط الإنتاج .

ثالثاً _ C _ معدل الجودة : تبين من الجدول أن قيم مؤشر معدل الجودة لعموم خطوط الإنتاج في المعمل تراوحت ما بين أدنى معدل جودة للخط (3) وأعلى معدل جودة للخطوط (14،10) . وأن العوامل المؤثرة في ه1ا المقياس هي : الوحدات التالفة وإعادة العمل ، وخسائر الانطلاق لحين ثبات واستقرار الماكنة عند سرعة ودرجة حرارة معينة .

رابعاً _ قياس فاعلية المعدة العامة : هذا المقياس يعتمد على المؤشرات السابقة في حسابه وهو ناتج عن حاصل ضرب مؤشرات الجاهزية وكفاءة الأداء ومعدل الجودة . عليه فإن هذا المقياس يتأثر بجميع المؤشرات السابقة والعوامل التي تؤثر في المؤشرات الثلاثة . لذلك ، فمن خلال هذا المقياس العام يمكن الحكم على فاعلية خطوط معمل الألبسة حيث نلاحظ جميع خطوط المصنع حصلت على نسب فاعلية منخفضة ودون المعدلات المرغوبة ، والسبب الأساس يعود إلى انخفاض نسب المؤشرات الثلاثة التي تعتمد عليها فاعلية المعدة العامة ولا سيما كفاءة الأداء ومعدل الجودة حيث كانت نسب هاتين المؤشرين منخفضة أكثر من مؤشر الجاهزية مما أدى إلى تدني معدلات فاعلية المعدة العامة لجميع خطوط المعمل.

المبحث الرابع
الاستنتاجات والمقترحات

أولاً _ الاستنتاجات : نستنتج من نتائج البحث الآتي :

1. أن معولية مكائن ومعدات خطوط المنظمة المبحوثة هي عالية نسبياً ، أي معولية غالبية الخطوط قريبة من نسبة المعولية المحددة . ودرجة المعولية تزداد بانخفاض عدد مرات حدوث العطلات في المكائن والمعدات . وأن مقياس متوسط الوقت بين العطلات الأكبر تؤشر درجة المعولية العالية .
2. إن قابلية الصيانة لمكائن ومعدات المعمل هي عالية مما يدل على أن مكائن ومعدات المصنع سهلة وبسيطة التصليح وغير معقدة لان مؤشر قابلية الصيانة تؤشر سهولة وصعوبة تصليح مكائن ومعدات الإنتاج . وهذا الأمر لابد أن يأخذ بنظر الاعتبار عند مرحلة التصميم بمعنى التصميم لأجل الصيانة .
3. إن مؤشر الجاهزية حصل على معدلات جاهزية عالية قريبة من النسب والمعدلات المرغوبة لان مؤشر الجاهزية يعتمد أو يتأثر بشكل مباشر بالمقياسين السابقين المعولية وقابلية الصيانة لذلك نستنتج أن معظم مكائن ومعدات خطوط المعمل على استعداد وجاهزية عالية نسبياً ، حتى بالنسبة للمقياس الثاني للجاهزية الذي لا يعتمد على المعولية وقابلية الصيانة نجد أن معدلات الجاهزية كانت عالية أيضاً . لكن هناك فارق بين معدلات جاهزية الخطوط للمقياس الأول عن الثاني والسبب في ذلك أن مقياس الجاهزية المعتمد على المعولية وقابلية الصيانة يأخذ بالاعتبار فقط وقت التصليح ويهمل أو يجهل باقي الوقت ، لذلك تعطي معدلات جاهزية غير دقيقة . بينما المقياس الثاني يأخذ بالاعتبار جميع أوقات التوقف للتصليح أو عدم التصليح لذلك هذا المقياس يعطي معدلات جاهزية دقيقة لمكائن ومعدات خطوط الإنتاج ، وأن معدل الجاهزية المعيارية (90%) .
4. إن كفاءة أداء مكائن ومعدات خطوط المعمل منخفضة عن النسب المعيارية والسبب في ذلك يعود إلى انخفاض سرعة العملية ووجود العاطل والتوقفات الصغيرة بكثرة مما سبب في انخفاض معدلات كفاءة الأداء عن المعدلات القاسية والبالغ (95%).
5. أن نسب معدلات الجودة لجميع خطوط الإنتاج في المعمل كانت دون النسب المرغوبة وهذا يشير إلى وجود وحدات تالفة ومعادة العمل في خطوط المصنع وبالتالي انخفاض نسب معدل الجودة . والمعدل المعياري هي (99%) .

6. نستنتج من نسب مؤشرات فاعلية المعدة أن فاعلية مكائن ومعدات خطوط الإنتاج كانت منخفضة ودون النسب المعيارية المطلوبة والبالغة عالمياً (+85%) وهذا ناجم عن انخفاض نسب أو معدلات الجاهزية وكفاءة الأداء ومعدل الجودة وبالتالي تحقق القول بأن نسب استغلال مكائن ومعدات خطوط المصنع منخفضة جداً وغالبيتها لم تبلغ (50%) .

ثانياً : المقترحات

بناءً على الاستنتاجات التي تم التوصل إليها في البحث ، يمكن وضع المقترحات الآتية :

1. ضرورة إتاحة طاقم الصيانة مؤهل من حيث الكفاءة والفاعلية والخبرة للقيام بجمع أعمال الصيانة كالصيانة الوقائية والتنبؤية فضلاً عن القابلية والقدرة على تحديد نقاط الضعف بالمكائن والمعدات ومن ثم تفادي نقاط الضعف وتعزيز نقاط القوة في التصاميم الجديدة ، وصولاً إلى المعولية المعتمدة على الصيانة Reliability centered Maintenance
2. ضرورة الأخذ بنظر الاعتبار عند مرحلة تصميم المكائن والمعدات تبسيط أجزاء ومكونات المكائن وقابلية التبادلية وبالتالي سهولة وإمكانية الوصول إلى جميع الاجزاء لاجل أداء أنشطة الصيانة بأقل وقت ممكن . إذن لابد من الأخذ بنظر الاعتبار مبدأ التصميم لأجل الصيانة Design for Maintenance or design free maintenance.
3. أن جاهزية المكائن والمعدات في خطوط الإنتاج تتأثر بشكل كبير بما يسمى خسارتي وقت التوقف وهما : وقت العطلات الدورية والمزمنة ، وقت التهيئة والتعديل ، إذن لابد من التركيز على تقليل هاتين الخسارتين من خلال منع حدوث العطلات الدورية والمزمنة عن طريق أنشطة الصيانة الوقائية (الدورية والتنبؤية) أو تخفيض نسبتها إلى أقل ما يمكن ، فضلاً عن مهارة وخبرة العاملين على المكائن لأجل انجاز التهيئة والتعديل بأسرع وقت ممكن .
4. كفاءة أداء المكائن والمعدات في خطوط الإنتاج ، بمعنى درجة استغلال المكائن ، وأن استغلال المكائن والمعدات تتأثر بما يسمى سرعة التشغيل المنخفضة الناتجة عن أوقات التوقفات الصغيرة ، وسرعة العملية المنخفضة بسبب الاستهلاك أو الحاجة إلى تعديلات . وضرورة توجيه جهود طاقم الصيانة نحو تقليل حالات الاختناق أو التوقف على الحزام الناقل أو السير المتحرك المغذي للمكائن ، وكذلك تحسين وتطوير سرعة المكائن المستهلكة باستبدالها أو إعادة تأهيلها .
5. معدل الجودة وهذا المؤشر يتأثر بشكل مباشر بما يسمى خسارة الجودة الناتج عن التالف والعمل المعاد ، وخسارة بدء التشغيل (بعد عودة الماكنة إلى العمل لحين استقرار الحالة الطبيعية من حرارة وسرعة وغيرها . وهنا ضرورة التركيز على مدخل جودة الصيانة أو " مدخل العيوب الصفرية بسبب الماكنة " .
6. التركيز والاهتمام بالجاهزية وكفاءة الأداء ومعدل الجودة يقود إلى تحسين فاعلية المعدة العامة ، على الرغم من أن الوصول إلى نسبة (+85%) صعب وفق إمكاناتنا . لكن علينا أن نعمل وفق قاعدة " أعمل بالممكن ولا تنسى الطموح " .

المراجع :

1. Jay, Heizer, and Barry, Render ,(2008), principles of operations Management ,7th ed., Pearson. prentice hall, new jersey .
2. Johansson, Mikael,(2002), Maintenance Performance Assessment – strategies & Indictors, Institute Technology, Degree M Sc., www.Duv.us.
3. Khanna O.P, A. Sarup ,(2004), Industrial Engineering and Management ,Dhanpat Rai Publications LTD., New Jersey.
4. Lawson, Robert E., (2002), Strategic Operations Management : The new Competitive Advantage , Routled-Taylor & Francis Group, London .
5. Meredith ,Jack .R., (1998), The management of operations : a conceptual emphasis . 4thed., John Wiley, and sons.Inc., Singapore.
6. Nicholas , John, M., (1998), production / operations Management : Quality, performance, and value ,5thed., west publishing co., New York.
7. Oakland ,John ,and Muhleuann, Alan,(1992), production and operations Management ,6thed.,financial fimls prentice Hall, new York.
8. Pekka, Katila ,(2000), Applying Total Productive Maintenance – TPM Principles in the Flexible Manufacturing Systems, www. epubl.luth.se.
9. Schroeder, Roger G., (1993) , operations management : Decision Making in the operations management ,4thed., McGraw-Hill,Inc., London .
10. Siam, Yoke, (2003), TPM Implementation Experiences, TWI Press, Inc., www.maintenancesource.com .
11. Total Productive Maintenance , The Six Big Losses, & Overall Equipment Effectiveness & The TPM vision, (2004) www.wwbsgroup.com .
12. Waller, Derek, L., (2003), operations management : A supply chain approach ,2nd ed., Thomson, Australia .