

## قياس معولية الفرن الدوار في معمل سمنت كبيسة

د. سوسن صبيح عبد علي\* د. صالح جعفر فندي\* و ستار عبد مطلق\*

تاريخ التسلم: 2008/11/4

تاريخ القبول: 2009/4/2

## الخلاصة

المعولية (Reliability) هي إحدى المؤشرات الهندسية للتعبير عن أداء أي مفردة أو منظومة عاملة، بدلالة الاحتمالات. يعبر عن المعولية بأنها احتمالية أن تكون المفردة أو المنظومة قادرة على تقديم الخدمة أو الوظيفة المصممة من أجلها وضمن الفترة الزمنية المحددة لها وتحت الظروف الخاصة بذلك. الصناعة الحديثة تمتاز بالتباين وسرعة تطوير المنتجات لذلك فإن التكاليف العالية المترتبة عن توقف عمل الآلات بسبب حدوث العطلات، يجعل من دراسة وتحليل معوليتها أمراً بالغ الأهمية من وجهة نظر إدارة المعمل والمستهلك على حد سواء. ركز البحث على دراسة وتقييم معولية أحد أجزاء الأقسام الإنتاجية في معمل سمنت كبيسة كأساس لدراسة معولية الأنظمة وطرق احتسابها.

- (1) تجميع البيانات للعطلات المطلوبة لعطل أجزاء الفرن الدوار.
  - (2) تمثيل العطلات بالاعتماد على تمثيل عدد التكرارات من خلال رسم المضلع التكراري، ومخطط الاحتمالية لحساب الوقت لحين التصليح TTR والوقت بين العطلات TBF.
  - (3) حساب معلمات توزيع ويبل لأجزاء النظام الفرن الدوار.
  - (4) تحديد المرحلة العمرية للجزء أو المعدة، لغرض حساب الوقت الأمثل للصيانة الوقائية.
  - (5) تحليل تأثير أسلوب العطل لحساب رقم أولوية الخطورة.
- حيث تمت عملية تحليل البيانات بالاستعانة ببرنامج معانة بالحاسوب. وأتضح من خلال التحليل أن الفرن وبعض أجزاءه في المرحلة الثالثة (الأخيرة) من مراحل عمرها، وهي مرحلة التقادم  $\beta 3.87$  لتوزيع ويبل، فهو يمتلك قيمة  $\beta$  والسوفان. وقد تم الاستدلال على ذلك بقيمة المعلمة لذلك تم التركيز عليه وتحليل بياناته كحالة دراسية للمعمل.

## Reliability Measurement for Rotary Kiln Cement Kubaysa Factory

## Abstract

"Reliability" is one of engineering indicators for describing the performance of an item or system by probability functions. Reliability is defined as the probability that an item or system is capable of performing, its intended function in a specified time under given working conditions. Modern industry have property of contrast and fastness of products development, so that the high costs that occur because of failure machines due to failure, Therefore analysis reliability is an important factor from point of view of the factory managers and the costumer. This research focuses on studying and evaluating the reliability of one of production system factory as a basis to study the reliability of systems and the ways of calculate it, which consist of:

- A) Failure Data collection .
- B) Failure representation, simulation and drawing graphically the histogram and probability plot in order to calculate Time To Repair TTR and Time

- Between Failure TBF.
- C) Calculate the  $\beta$ -value of weibull distribution for the plant.
- D) Analyzing the charts to determine the age stage from parts and to calculate the optimistic prediction maintenance time.
- E) Analyzing the effect of failure mode in order to calculate the Risk no. estimation.

Data analysis has been done with support a computer aided program. Its clear from the analysis of the data of the plant for Kiln and some components of department, are in the third (last stage) of their cycle life, which is the wear-out and aging stage . This is due to the  $\beta$ -value of weibull distribution. Which was  $\beta=3.87$  so that we focus more on the analysis's of their data as a case-study for the factory.

## 1- المقدمة :

إنّ هدف أيّ جُهد موجه لتصميم وتطوير منتج ما، هو دفعه ليمتلك قدراً كبيراً وكافياً من السلامة والأمان ليتلائم مع توقع الزبون للأداء والنوعية والثقة (reliable) للمنتج خلال دورة حياته [1]. إن الدالة المستخدمة لتقييم الأداء الوظيفي لمنتج ما هي دالة المعولية وهناك بعض الأدوات المساعدة والتي تستخدم في هذا التقييم كمعدل العطل ودالة الاتحائية.

أدى تطور التكنولوجيا الى استخدام مؤشر المعولية في دراسات التصميم والتخطيط والتشغيل والصيانة، إذ اقتضت الدراسات في البدء على مجالات معينة تتطلب درجة عالية من المعولية منها معدات الفضاء ومنظومات الطائرات، وأنواع من المعدات الحربية و المحطات النووية. ومحطات التوليد الكهربائية، ثم زاد الاهتمام بمجال المصانع بشكل عام والمصانع الكيميائية بشكل خاص. لقد زادت أهمية مؤشر المعولية في الأونة الأخيرة لكونها تلائم اغلب التطبيقات العملية المتمثلة بالأجهزة والمعدات القابلة للتصليح والصيانة في حالة توقفها المفاجئ عن الخدمة ثم إعادة تشغيلها [2].

إن هدف البحث هو: دراسة احصائية لتحليل بيانات العطل وقياس المعولية لقسم الفرن الدوار التابع لمعمل سمنت كيبسة. باستخدام الطرق الاحصائية لتحليل بيانات العطل والصيانة.

## 2- تعريف المعولية :

هي عنوان يوضع للدلالة عن وظيفة منتج ما، وهي كلمة لتقييم نوعي (qualitative) والذي يمثل مقدار الثقة والاطمئنان (trust) لأداء منتج ما لوظيفته. وعليه فإن المعولية تتعامل مع القياسات المتوقعة لفترة حياة المنتج [2].

المعولية هي احتمالية، أي إن المستهلك (Customer) يتعامل مع قانون الفرص العشوائية كمظهر طبيعي. أن المعولية تعتمد على وظيفة مخصصة وظروف عمل وبيئة، ووقت محددة لها. يُعبر عن دالة المعولية بالمعادلة الرياضية التالية:

$$R(t) = 1 - \int_0^t f(t) dt = 1 - F(t)$$

حيث أن :

t: متغير عشوائي يمثل الوقت.

R(t): دالة الاحتمالية التراكمية للنجاح أو

دالة المعولية (Reliability Function).

f(t): دالة كثافة الاحتمالية

(Probability Density Function PDF).

F(t): دالة التوزيع التراكمية

(Cumulative Density Function CDF).

لحساب المعولية كقيمة عددية (quantify)

فإن المعولية هي رقم موجب حقيقي بين (0-

1) فإذا كانت  $R(t) = 0$  فإن المعدة أو النظام

لا يعمل. أما إذا كانت  $R(t)=1$  فإن هذا

مؤشر على التأكيد المطلق (absolute

certainly) أن النظام أو المعدة سيظل

مستمراً بالعمل إلى الوقت t، وهذا فرض

نظري فقط [3].

وطبيعة البيئة التي تعمل بها والمؤثرات الخارجية لها [5].

#### 4- تعريف العطل:

عُرف العطل من قبل هيئة القياسات البريطانية بأنه عدم المقدرة التي تحصل بالطريقة التالية، "عندما لا يستطيع الجزء أو النظام أو المعدة أن تعطي الأداء المناسب (performance adequate) وبالأسلوب المطلوب (in desire manner) لوظائفه المطلوبة منه" [2,1]. أما معدل العطل  $h(t)$  Failure Rate ، غالبا ما يستعمل للتعبير عن تصرف عطل المعدة. والذي يعبر عنه بالعلاقة التالية [1]:

$$h(t) = \frac{\text{عدد العطلات}}{\text{مقدار الفترة الزمنية للاختبار}} \times \text{معدل العطل}$$

حيث يُعبر معدل العطل عن العطل لوحدة زمنية، ويمكن أن تكون الوحدات الزمنية في بعض الأحيان مفاهيم لها علاقة بطبيعة عمل المعدة (مثل عدد دورات أو كيلومترات)، وان أبسط تعبير له هو (عطل لكل وحدة زمن). أما حسابات معدل العطل فيمكن احتسابها من البيانات الإحصائية المبنية على مُشاهدات سابقة (Past data). أسباب العطل متعددة منها بسبب (المصممين، مهندسي الاختبار، التصنيع، المجهزين، القائمين بأعمال الصيانة والمستخدمين) [4].

وهناك بعض العوامل التي يجب مراعاتها عند احتساب معدل العطل هي:

- (1) أسلوب العطل Failure Mode .
- (2) وقت الإبدال والتصليح أثناء مهام الصيانة
- (3) الوقت الحقيقي للتشغيل أو الوقت بين العطلات Time Between Failure TBF .

#### 5- الإتاحة: Availability $A(t)$

يمكن أن نعبر عنها بأنها نسبة وقت التشغيل للمنظومة إلى الوقت الكلي

و فيما يلي بعضا من المقاييس والأدوات الهندسية (Engineering tools) التي تستخدم لتقدير المعولية. وهي [4]:

1. نتائج التحليل الأولى لبيانات المعولية Acquiring Reliability data .
2. دلائل المعولية Reliability Indices .
3. دالة الإتاحة Availability Function .
4. رسم دالة الاحتمالية Probability Plots .
5. منحني دالة معدل العطل Bathtub Curve .
6. تحليلات مخطط بريتو Pareto Chart Analysis .
7. معوليه المخطط الهيكلية لمعولية المنظومة Reliability Block Diagrams .
8. تحليلات أسلوب العطل FMEA&FMECA .

### 3- مجالات استخدام وتطبيق المعولية :

إن المعولية وموضوع تحسينها والاستمرار بتحسينها، هو أحد الأدوات المهمة للتنافس بين الشركات الصناعية العالمية. وبشكل أوسع واشمل فان كل الخطوات التكنولوجية من التصميم إلى الاستخدام الحقيقي متعلق بمعوليه المنتج كما مبين في المخطط أدناه [1].

ان دراسات المعولية غالبا ما يرافقها تقييم اقتصادي لمستوى المعولية المطلوب. ومن أهم القرارات الأساسية عند تصميم أي منظومة هو تحديد المستوى الأمثل لمعوليتها ، وإذا ما تناقصت مستويات المعولية فهناك عدة طرق أساسية لتحسينها سواء في فترة تصميمها أو تشغيلها، وغالبا ما يظهر تأثير تحسين المعولية لأي منظومة أثناء فترة التشغيل لها من خلال الصيانة ، وبالمقابل فان تناقص معدلات المعولية في بداية تشغيل المنظومة غالبا ما يعود إلى أخطاء تصميميه تُعالج من خلال التغيير في تصميم مكونات المنظومة أو في تغيير هيكلية المنظومة الكلية . لذلك فان من الضروري الحصول على بيانات دقيقة وموثقة عن أداء المكونات

صممت لتكون بشكل يجعلها سهلة الصيانة عندها يمكن إعادتها للعمل بسرعة [2]. ويمكن توضيح العلاقة كما في الشكل التالي.

#### 7- توزيع ويبل: Weibull Distribution

هو التوزيع الأكثر فائدة في تحليلات الموعية من خلال ضبط معالم التوزيع التي تمكنا من عمل مطابقة (fit) للتوزيعات التي تُعبر عن الأوقات او (الأعمار). أول من اكتشفه العالم الفيزيائي ويبل (1939)، وسمي التوزيع باسمه، واستخدمه في تحليلات الموعية بنجاح (1951) من خلال بحث نشره عن تحليل عطلات سبعة نماذج كانت تتميز بصعوبة وصف سلوك بياناتها بالتوزيعات المتداولة في ذلك الوقت [8]. ومن المناسب القول إن توزيع ويبل يصف بشكل شامل كافة مراحل دورة حياة المعدة، فهو يصف ظاهرتي التناقص والتزايد لمعدل العطل، بالإضافة إلى ظاهرة الثبات. التوزيع يعرف بمعلمتيه هما [3,8]:

- معلمة القياس (scale parameter  $\alpha$ )
  - معلمة الشكل (shape parameter  $\beta$ )
- دالة كثافة التوزيع يعبر عنها بالمعادلة ادناه والشكل (3) يمثل مخطط لشكل الدالة بقيم مختلفة لـ  $(\alpha, \beta)$  [9].

$$f(t) = \frac{b(t)^{b-1}}{a^b} \exp \left[ -\left( \frac{t}{a} \right)^b \right] \mathbf{I}$$

دالة التوزيع التراكمية، ودالة الموعية يعبر عنهما بالمعادلتين ادناه على التوالي، والشكل (3)، يمثل مخطط للدالة، ولقيم مختلفة للمعلمة  $(\alpha, \beta)$  أيضا.

$$F(t) = 1 - \exp \left[ -\left( \frac{t}{a} \right)^b \right]$$

للخدمة، والوقت الكلي هنا، والمحدد ضمن أي فترة زمنية، يتضمن بالتأكيد فترات التصليح والصيانة بالإضافة إلى فترة التشغيل. ويمثل ذلك بالمعادلة التالية [5]:

$$A(t) = \frac{Up\ Time}{Up\ Time + Down\ Time} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} L L (3-1)$$

where :

$$Up\ Time = MTBF = Mean\ Time\ Between\ Failure$$

$$Down\ Time = MTTR = Mean\ Time\ To\ Repair$$

نلاحظ من المعادلة أن علاقة الاتاحية تربط أوقات الصيانة بالموعية، وهي علاقة مهمة تستخدم للتعبير عن احتمالية أن تكون المنظومة متاحة (مهياة لأداء وظيفتها) متى ما طلب منها ذلك. وتمكنا من احتساب نسبة الوقت المستغل فعلا [6]. إن تعظيم الاتاحية يتم بتقليل وقت الصيانة TTR وتكبير TBF.

#### 6- قابلية الصيانة: Maintainability

$M(t)$

تعرف بأنها الاحتمالية في إرجاع المكون العاطل للخدمة بالحالة المطلوبة وخلال فترة زمنية معينة باستخدام الموارد والإمكانات المتوفرة [5,10]، والفترة الزمنية هنا تمثل متوسط زمن التصليح MTTR، أما الموارد والإمكانات المستخدمة للتصليح، ويقصد بها العمالة الماهرة والأدوات الاحتياطية ومواد التصليح المطلوبة ومعدات الفحص والاختبار إضافة إلى الكلفة وكل ما من شأنه أن يعظم الإتاحة. ويعكس معدل قابلية الصيانة، وخصائص المكونات من ناحية تصميمها وتركيبها [8]. يعبر عن قابلية الصيانة بالعلاقة التالية إذا كان وقت الإبدال يتبع التوزيع الأسّي [4]:

$$M(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{MTTR}\right)} = 1 - e^{-t} \quad \text{where } MTTR = \frac{1}{t}$$

حيث ان:  $M(t)$ : رمز قابلية الصيانة  
MTTR: وقت الإبدال.

$\tau$ : معدل الإبدال (Repair rate).

إن العلاقة بين الموعية وكلا من قابلية الصيانة والاتاحية مبنية أصلا منذ المرحلة الأولى لدورة حياة المعدة. إذا كانت المعدة قد

المتدنية (Poor quality) للمكونات. وتعالج من خلال إبدالها بمكونات ذات معدل نوعية عالية. اغلب المكونات والمعدات سواء كانت كهربائية أو ميكانيكية قد تعاني (Suffer) من العطل المبكر. خلال بداية الحياة العملية (Working life) بها، ولمعظم المعدات والأنظمة هناك حالات أخرى يمكن ان تؤدي الى تخفيض في معدل العطل مثل تصحيح التصاميم الخطأ، ووضع نظام سيطرة نوعية QC جيدة، و نظام فحص جيد، وتطوير المفهومية والخبرة عن التعامل مع المعدات والمنظومات لفريق المشغلين وعمال الصيانة وحسن تدريبهم. هذا التطوير غالبا ما يطلق عليه بمصطلح نمو المعولية Reliability Growth. والمعدات التي تتصرف خلال هذا الطور هي تلك المعدات او المكونات التي يمكن ان نصف تصرف بياناته بتوزيع ويبل عندما تكون معلمته  $\beta < 1$  [1,10].

**2-8 المرحلة الثانية:** تعرف بأنها فترة التشغيل الطبيعي Normal Operation والاصطلاح العلمي لها chance mortality، في هذه الفترة تحافظ دالة العطل على معدل ثابت (Constant Failure Rate CFR)، ويكون حدوث العطلات فيها عشوائياً أو بالصدفة. ونلاحظ أن شكل الدالة ثابت على طول المدى الأفقي، لذلك فالتوزيع يمثل جزءاً مهماً وواسعاً من دورة حياة المعدة وهذا الطور غالبا ما يسمى بطور الحياة المفيدة (Useful life phase). و اغلب المكونات اللاتي لها معدلات عطل ثابت فهو بشكل تقريبي فقط. ومع ذلك فانه مفيدا وخاصة عند حساب معوليه النظام. إن الجهد المبذول للإبدال وبرامج الصيانة سيكون غير مفيد. المعدات التي تتصرف خلال هذا الطور هي تلك المعدات او المكونات التي يمكن ان نصف تصرف بياناتها بالتوزيع الأسّي أو توزيع ويبل عندما تكون معلمته  $\beta = 1$  [7,11].

**2-8 المرحلة الثالثة:** وهي المرحلة النهائية من عمر المكون وتعرف بمرحلة إهتراء الآلة (Wear-out) وفيها يزداد معدل

$$R(t) = \text{Exp} \left[ - \left( \frac{t}{a} \right)^b \right]$$

دالة معدل العطل يعبر عنها بالمعادلة ادناه والشكل (3) يمثل مخطط للدالة. ويبدو منه أن شكل الدالة ليس ثابتاً على طول المدى الأفقي وهو يماثل مخطط منحني البانيو Bath Tube Curve أو مخطط منحني دورة حياة المعدة، ولذلك فالتوزيع يمثل كافة مراحل دورة حياة المعدة. وعليه فان بداية المنحني يكون متناقصاً ثم يكون ثابتاً كما في التوزيع الأسّي وفي النهاية يكون متزايداً كما في التوزيع الطبيعي [7].

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{bt^{b-1}}{a^b}$$

### 8- المنحني العام لدالة العطل: Bathtub Curve

معرفة معدل العطل مهم جدا بالنسبة للمعدة فهو يستخدم للدلالة على التغير الذي يحصل لها خلال دورة حياتها (Life time). تعتبر العلاقة بين معدل العطل والزمن كما في الشكل (4) هو المخطط الذي يرجع له دائما، ويسمى مخطط منحني البانيو. يظهر المخطط بثلاثة أطوار للمنحني، حيث يقسم إلى ثلاثة مراحل بدلالة الزمن، كل مرحلة تعكس طبيعة العطلات بتوزيع احتمالي ومعدل عطل معينين، والزمن هنا يمثل العمر التشغيلي للمكون، هذه المراحل هي [7,1]:

**1-8 المرحلة الأولى:** مرحلة التعريف بالمنتج (Burn-in أو Infant Mortality) وفيها يتناقص معدل العطل مع الزمن (Decreasing Failure Rate DFR)، ويحصل هذا بسبب أخطاء في تصميم المكون أو في تصنيعه خارج حدود السماحات. والتي تحدث تأثيراً على المكونات تقودها الى العطل المبكر، وسرعان ما يعالج هذا بعد التشغيل. معدل العطل المتناقص يحصل بسبب النوعية

$1 < \beta < 2$  حالة خاصة، معدل العطل متزايداً  
IFR، ويكون على شكل منحنى  
مقعر (concave).  
 $\beta = 2$  حالة خاصة، وتمثل توزيع  
رالي Rayleigh للأجهزة الإلكترونية.  
 $\beta > 2$  معدل العطل متزايداً IFR، ويكون  
على شكل منحنى محدب (convex).  
ويعبر عنه بالمرحلة الثالثة.  
 $3 < \beta < 4$  التوزيع يقترب من التوزيع  
الطبيعي. ومعدل العطل متزايداً.  
ويعبر عنه بالمرحلة الثالثة.

امتد استخدام هذه التحليل ليشمل أعمال  
الصيانة من خلال تخفيض (minimize)  
كلفتها إلى الحد الأدنى للحصول على أفضل  
وقت إبدال تحدث عند الصيانة  
الوقائية (Preventive Maintenance PM).  
باعتدال تحليلات ويبل وباستخدام قيمة ( $\beta$ )  
يمكن معرفة أي من أجزاء المعدة يحتاج إلى  
عمل جدول صيانة وقائية لها وأي منها لا  
يحتاج لهذه الصيانة بل يكتفي بالصيانة  
التصحيحية (Corrective Maintenance)  
[6,3].

#### 10- تحليل شبكة الربط للمنظومة :

تربط مكونات أي منظومة وظيفياً بشكل  
عام بعدة أشكال، منها ارتباط  
متتالي (Series)، وارتباط متوازي  
(Parallel)، المنظومة مزدوجة التركيب  
(Parallel-Series System) أو أي تركيب  
متداخلة من هذه الأنواع، ولكل شكل من هذه  
الأشكال معالجة رياضية خاصة تنعكس  
نتائجها على نتائج المنظومة الكلية [2,12].

#### 10-1 المنظومة المتتالية (Series System) :

وتتألف من مجموعة من المكونات  
المرتبطة مع بعضها بطريقة يمكن ان تمثل  
بالشكل (6) الذي يوضح ربط منظومة على  
التوالي، بحيث إن فشل أحد المكونات يسبب  
انهيار المنظومة كلها، وان نجاح المنظومة  
يعتمد على نجاح عمل المكوناتها. في هذا  
النموذج للحصول على أعلى معوليه للنظام

العطل (Increasing Failure Rate IFR) بشكل ملحوظ. ويحصل هذا بسبب التقادم  
(Ageing) أو السوفان (Wear-out)، ويتعلق  
مقدار ذلك بنوع العطل الميكانيكي. الفترة  
الزمنية للسوفان أو التقادم يمكن إلغاؤها أو  
تقليل تأثيرها نظرياً، وعملياً يمكن معالجتها  
بواسطة الصيانة، حيث تُظهر كلفة الصيانة  
حلاً اقتصادياً وحيداً (Un economic Solution) [11,8].  
وعلى أية حالة فإن معظم  
أساليب صيانة الأنظمة والمعدات والمكونات  
تُغيرها (Exchanged) بأخرى أكثر حداثة  
(more youthful) منها. معظم المكونات  
الإلكترونية لا تدخل ضمن الطور الثالث  
حتى ولو بقية بالعمل لسنوات عديدة [2].  
تتشرك كل المكونات (أجهزة  
ومعدات) بالخصائص العامة لهذا المنحنى،  
إلا أنها تختلف في الفترة الزمنية التي  
تستغرقها كل مرحلة [7].

#### 9- قيمة المعلمة ( $\beta$ ) وتحليل ويبل

Value & weibull Analysis (Weibayes)  
ان تحديد شكل ونوع التوزيع الذي  
تسلكه بيانات عطل معدة ما لتوزيع معين،  
وباتباع الخطوات المذكورة آنفاً يضيف  
بعض الصعوبة في استخلاص النتائج،  
وعليه يمكن تطبيق طريقة أكثر سهولة  
ومرونة للوصول الى نفس الغاية المنشودة.  
وباستخدام طريقة مشتقة من تحليلات توزيع  
ويبل، وأطلق عليها بتحليلات  
ويبل (Weibayes) [8]. فتوزيع ويبل إضافة  
لوصفه نماذج عطل غير معروفة سابقاً،  
فيمكن استخدامه للحكم السريع والسهل عن  
حسن المطابقة (الموائمة) لسلوك البيانات  
لتوزيع معين، من خلال تحليل قيمة معلمة  
الشكل ( $\beta$ ) لتوزيع ويبل والشكل رقم (5)  
يوضح ذلك، والذي منه يمكن تمييز الأشكال  
العامة حسب قيمة ( $\beta$ ) وكما يلي: [3]

$0 < \beta < 1$  معدل العطل متناقصاً DFR، و  
يعبر عنه بالمرحلة الأولى.

$\beta = 1$  التوزيع يقترب من التوزيع الأسّي.  
ومعدل العطل ثابتاً، ويعبر عنه  
بالمرحلة الثانية.

آخر من المنظومات التي تجمع بين نوعي الربط، المتتالي والمتوازي، وكما في الشكل (8)، المنظومة مزدوجة التركيب واتباع نفس القوانين السابقة يمكن تحليل المنظومة المزدوجة التركيب الى منظومات ثانوية متتالية ومتوازية واستنتاج الاحتمالية الكلية لنجاحها او فشلها [13].

### 11- دراسة و تقييم معولية اجزاء الفرن الدوار في معمل سمنت كبيسة

لغرض تطبيق طرق حساب وقياس المعولية، تم اختيار معمل إسمنت كبيسة التابع لوزارة الصناعة/ الشركة العامة للإسمنت العراقية، حيث سيتم في هذا الفصل التعرف على الأقسام الأساسية في المعمل، بصورة عامة، ثم اختيار أحد أقسامه لغرض تحليل وقياس معوليته.

#### 11-1 وصف عام للمعمل :

تم إنشاء معمل سمنت كبيسة عام 1983، الذي يتكون من خطين أساسيين لإنتاج الإسمنت. كل خط يتكون من ثلاثة أقسام هي:

- (1) قسم طحن المواد Raw material mill.
- (2) قسم الفرن الدوار Rotary Kiln Department
- (3) قسم طحن الإسمنت Cement mill

بين كل قسم والذي يليه مستودع كبير لخزن الانتاج، كما موضح في الشكل. ويمكن تمييز الخط الانتاجي بما يلي

- يعمل بصورة مستمرة (24 ساعة يومياً)
- معدل إنتاجه اليومي 2000Ton/Day .
- كثرة العطلات والتوقفات الآتية يتبع المصنع حالياً أسلوب الصيانة الفجائية فقط (تصليح العطل عند حدوثه)، أي صيانة تصحيحية (corrective maintenance). بسبب التركيز لى هدف الشركة وهو تحقيق أكبر كمية للإنتاج. سيتم تحليل بيانات العطل لقسم الفرن الدوار.

يجب ان يكون عدد مكوناته اقل ما يمكن [4,13].

فإذا كان  $R_{sy}$  هي معوليه النظام و  $R_1, R_2, \dots, R_n$  هي معوليه مكونات النظام فان معوليه النظام:

$$R_{sy} = R_1 * R_2 * \dots * R_n$$

$$R_{sy} = \prod_{i=1}^n R_i$$

$R_i$  : هي معوليه الجزء  $i$ .

$n$  : عدد مكونات النظام.

### 10-2 منظومة التوازي (Parallel System)

و تتألف من مجموعة من المكونات المرتبطة مع بعضها بحيث ان نجاح المنظومة يعتمد على نجاح مكون واحد على الأقل. وتفقد وظيفتها عند عطل كل مكوناتها في وقت واحد. مكونات قليلة العدد ذات معوليه عالية تربط على التوازي نحصل منها على منظومة عالية المعولية، ويشترط في مكونات هذه المنظومة ان تكون كل واحدة منها لها القدرة على تحمل (carry) كامل حمل المنظومة (Full Load)، وكما في الشكل (7) [6,14].

معولية نظام التوازي هي:

$$R_{sy} = 1 - Q_s = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_i)$$

حيث ان  $Q_s$  : هي لامعولية او فشل نظام التوازي.

ان الحاجة إلى متطلبات المعولية أدت الى استخدام ما عُرف بأنظمة المعدات الفائضة (Redundancy) فبعد ان اظهر الترابط المتوازي ميلاً لتحقيق معوليه أعلى من الربط على التوالي بدأ مهندسو التصميم بإضافة مجاميع من المكونات تمثل مسارات جديدة للمنظومة لتقلل من احتمالات توقف المنظومة الكلية. ان المعولية اذ تُعزز من خلال استخدام الفائض، فان ذلك سيؤدي الى زيادة التكاليف الإجمالية للمنظومة [12].

### 10-3 المنظومة مزدوجة التركيب (Parallel- Series System) وهو نوع

## 2-11 قسم الفرن الدوار

## Rotary Kiln Department

تم اختيار الفرن الدوار لتحليل وقياس معوليته ودراسة بيانات عطلاته، لأهميته الإنتاجية من الناحيتين الكمية والنوعية. تعتبر كمية الإنتاج الرئيسية هي الكمية المنتجة من قسم الفرن، كما تعتمد نوعية الاسمنت المنتجة على نوعية الكانكر المنتج والذي بدوره يعتمد على صلاحية عمل معدات الفرن لتوفير ظروف العمل المناسبة. فيما يلي شرح موجز عن أجزاء الفرن وأساليب عطله وطريقة اكتشافه واسم الجزء القابل للتصليح وكلفته. يتكون قسم الفرن الدوار و الأجزاء الملحقة به من (13) جزء وهي.

- المحرك الرئيسي Main Motor kiln
- بوابة الهزاز او بوابة الفرن Flow Control Gate FCG
- شعلة التسخين الأولي Preheated flame
- متحسس حرارة السايكلونات Sensor Cyclone Temperature (SCT)
- المرسيبة الكهربائيه EP
- مروحة المرسيبة الكهربائيه Electrostatic Precipitator Fan EP Fan
- الطابوق الناري
- الساحة السلسلية Chaining Conveyor
- كريته (Greta)
- المنفاخ Blower
- المرسيبة الميكانيكية ومروحتها Mechanical Precipitator &MP Fan
- مضخة الدهن Oil Pump :
- عطل حاسبة التسجيل: اسمها العلمي Multi Recorder MR :

## 3-11 الخطوات العملية لتحليل معولية الفرن

- 1- جمع بيانات عطل اجزاء الفرن جدول
- 2- تمثيل الاعطال بالاعتماد على تمثيل عدد التكرارات الاعطال

- 3- حساب معلمات توزيع ويبل لاجزاء النظام
- 4- تحديد المرحلة العمرية للجزء او المعدة، لغرض حساب الوقت الامثل للصيانة الوقائية.
- 5- تحليل تأثير أسلوب العطل لحساب رقم أولوية الخطورة

## 11-4 جمع البيانات

حساب عدد تكرارات العطل : من البيانات الأولية لعطلات المعمل، والموضحة بالجدول (1). وبعد تصنيفها، وحساب عدد تكرار العطلات لكل جزء من أجزاء الفرن، تم ترتيبها بالجدول رقم (2). الذي منه تم حساب تكرار عطل كل جزء والذي أدرجت نتائجه بالجدول رقم (3) ، حيث تم تصنيف التكرار على أساس تكرار عطل كل جزء للفرن. ومنه نلاحظ إن المروحة EP (Fr=16 عطل/سنة) هي الأعلى تكراراً. فقط. وكانت نتيجة الحسابات موضحة في الجدول (4-13) الذي يمثل قيم حساب معلمات أجزاء الفرن . والذي منه يتضح الأجزاء ذات معدل العطل المتزايد، والتي لها قيمة  $\beta < 1$ .

## 12- حساب معوليه الفرن:

إن الفرن مع أجزاءه وحدة متكاملة (منظومة)، أجزاءها مربوطة مع بعضها بحيث ان عطل او توقف أي جزء يعني توقف الفرن بأكمله، وهذا ما يسمى بمنظومة توالي، كما يتضح من الشكلين (4-4) و (3) و (4-4). إن المنظومة ذات الأجزاء المتوالية الربط يتم حساب معوليتها باستخدام المعادلة (3-2).

ان المعولية هي:  $R(t) = P[ T > t ]$  أي احتمالية بقاء المعدة لوقت اكبر من (4.7) يوم، وليكن (5) يوم، ملخص نتائج حساب معولية كل جزء من اجزاء الفرن في الجدول رقم (4).  
تحسب معولية الفرن كما يلي :



## المصادر

- [1] British standard, Bs4778: Glossary of Terms used in Quality Assurance (including Reliability & maintainability ). British standard Institution ,London.(1978).
- [2] Saleh, J. Fendi “Development of a Reliability and Metrology Assessment Methodology” PH.D Thesis University of Bradford, Industrial Technology Dept. 1991.
- [3] Ebeling, Charles, E., “An Introduction to Reliability And Maintainability Engineering”, University of Dayton, McGRAW-HILL Companies, 1997
- [4] Barringer, H., Paul, “The Evolution of Reliability” International Maintenance conference December 7-10, 2003
- [5] Ireson, W., Grant, “Reliability Handbook” Executive head Department of Industrial Engineering, Stanford University, McGRAW-HILL Book Companies, 1985.
- [6] Barringer, H., Paul, “Analyzer Reliability” International Forum Process Analytical Chemistry January 12-15, 2004
- [7] Lewis, E. E., “Introduction to Reliability Engineering” John Willey and Sons, INC, 1997.
- [8] Abernethy, Robert B., “The New Weibull Handbook – CH1 (An Overview of Weibull Analysis)”, fourth edition, Dr. Robert B. Abernethy author and publisher, 2004
- [9] Kapur, K., C. “Reliability and Maintainability” Handbook, CRC, 2000.
- [10] Dennis J. Wikins “The Bathtub Curve, Infant Mortality and Burn-In.” Reliability Hot wire Issue 21, November, 2002.

$$R_{sy} \left( \begin{matrix} MTBF \\ = 5days \end{matrix} \right) = 0.99 * 0.93 * 0.93 * 0.91 * 0.84 * 0.92 * 0.83$$

$$R_{sy} (5days) = 0.52$$

## 13 - الاستنتاجات

1. باستخدام طريقة تحليلات ويبل (Weibayes) لقيمة المعلمة  $\beta$  استنتجنا أن الفرن ذو معدل عطل متزايد ويعاني من حالة التقادم والسوفان. وكذلك بعض أجزائه وهي [المروحتين (EP و MP) ، المنفاخ ، كريتة، الساحة السلسلية، المحرك الرئيسي].
2. ومن تحليلات أسلوب العطل وتحليل تأثيراته الحرجة FMECA استنتجنا أن (المروحة EP<sub>(0.0008)</sub> و المنفاخ (0.00068)) هما الأعلى قيمة حرجة للخطورة CA على حياة الفرن .
3. تم استنتاج ان المعولية تتحسن، وان المنفاخ هو الجزء الأكثر استجابة للتحسن باعتماد الصيانه الوقائية، حيث ان معولية البلور قبل الصيانة R(t)=0.759 وان معولية المنفاخ بعد اجراء الصيانه R(t)=0.91 اي بنسبة تحسين مقدارها 26%.

## 14 - التوصيات :

- يمكن توضيح أهم التوصيات لإدارة المعمل بما يلي:
1. عمل صيانة وقائية دورية للأجزاء (المروحة EP (17Day)، والمروحة الخلفية MP (27Day) والمنفاخ (29Day) ، والمحرك الرئيسي (40Day) ، وكريتة (62Day) ، والساحة السلسلية ((105Day)). وخلال الفترات الزمنية التي تم تحديدها من خلال الدراسة . حيث إن هذه المعدات سوف تتحسن معوليتها في حالة إخضاعها لصيانة وقائية PM.
  2. وضع مشغلي المعدات في المواقع التي تتكرر فيها حدوث العطلات والتي من الممكن التحكم بها من خلال المراقبة، وهي (المروحة EP، والمروحة الخلفية MP ، والمنفاخ، وكريتة) .

[13]-Sinha, S. K. "Life Testing & Reliability Estimation" Wiley eastern 1990.

[14]Owen, D. "Reliability of Methods Engineering Analysis" Pine ridge Publisher, 1986.

[15]Salvendy G. "Hand Book of Industrial Engineering/Technology and Operations Management "2001.

[11]Dennis J. Wikins "Normal Life and Wear – Out" Reliability Hot wire Issue 22, December, 2002

[12]Hoyland, A. & Rausand, M., "System Reliability Theory: Models & Statistics Methods" John- Willey & Sons, 1994.

## جدول رقم (1) يوضح عدد تكرار عطل كل جزء من الأجزاء الأساسية للفرن

عدد التكرار عطل/سنة	اسم العطل	التسلسل
16	المروحة EP	1
11	كريتة	2
10	البلور	3
8	المروحة MP	4
8	الساحبة السلسلية	5
6	المطور الرئيسي	6
5	سقوط الطابوق الناري	7
3	بوابة الهزاز	8
2	شعلة R.S.P	9
1	عطل الحاسبة	10
70	مجموع العطلات	

جدول رقم (2) ملخص الحسابات المطلوبة لرسم مخطط بريتنو للفرن

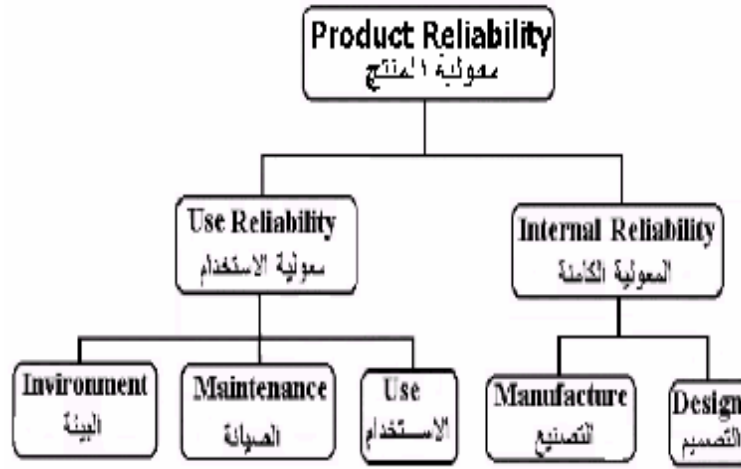
الفرن الدوار الاول				
Group		Count	% of Total	Cumulative
التسلسل	اسم العطل طل	التكرار	النسبة المئوية للتكرار الكلي	النسبة التجميعية للتكرار
1	المروحة EP	16	0.228571	0.228571
2	كريتة	11	0.157143	0.385614
3	المنفاخ	10	0.142857	0.528471
4	المروحة MP	8	0.114286	0.642757
5	الساحية السلسابية	8	0.114286	0.757043
6	المحرك الرئيسي	6	0.085714	0.843757
7	سقوط الطا بوق الناري	5	0.071429	0.915186
8	بوابة الهزاز	3	0.042857	0.958043
9	شعالة R.S.P	2	0.028571	0.986614
10	عطل الحا سبة	1	0.014286	1
	مجموع العطلات	70		

جدول رقم (3) لتقدير معلمات الأجزاء المكونة للفرن

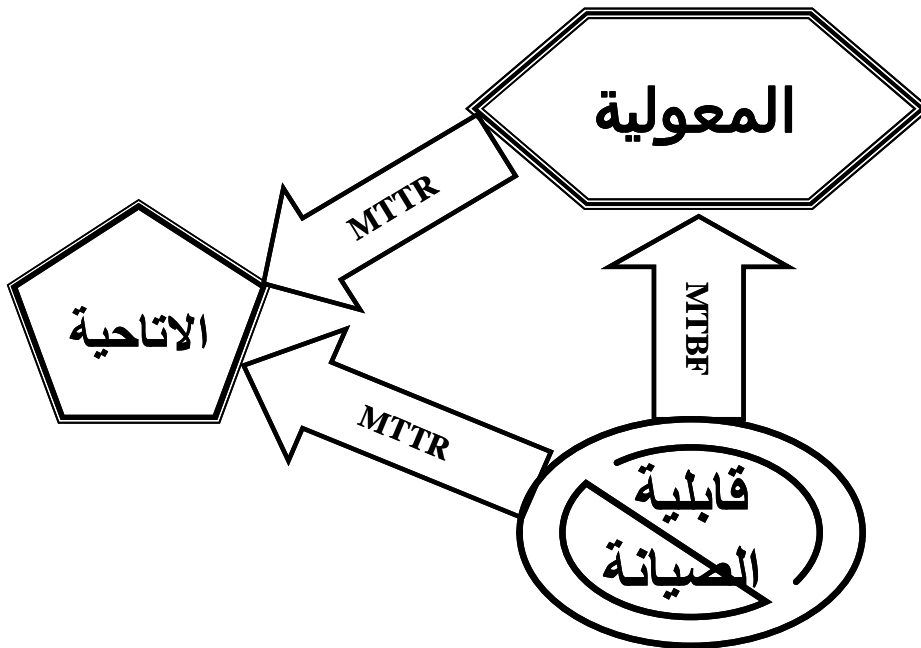
اسم الجزء	قيمة $\beta$	قيمة $\alpha$ days
1 المروحة EP	2.575	27.98
2 كريئة	1.406	37.9
3 المنفاخ	2.07	41.78
4 الساحة السلسلية	1.215	53.55
5 المروحة الخلفية	3.58	45.65
6 المحرك الرئيسي	3.79	61.943
7 سقوط الطابوق الناري	0.595	42.449
8 بوابة الهزاز	0.582	115.2
9 شعلة R.S.P	0.683	159.523

جدول (4) ملخص نتائج حسابات معوليه كل جزء مع حساب معوليه منظومة الفرن

معوليه المنظومة	المروحة EP	كريئة	المروحة الخلفية لمروحة MP	المنفاخ	سقوط طابوق ناري	الساحة السلسلية	المحرك الرئيسي	$T > 4.7$ يوم
R(t)sy	R(t)EP	R(t)Gr	R(t)MP	R(t)Blr	R(t)FB	R(t)CC	R(t)MM	
51.61%	83.43%	92.39%	84.51%	91.25%	93.33%	93.10%	99.92%	



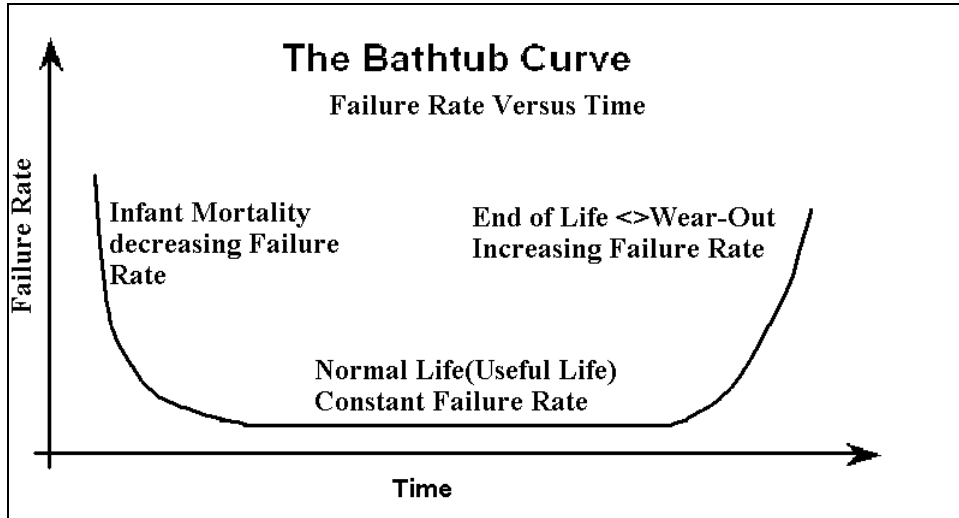
شكل (1) يوضح مجالات اسشخدام المعولية [1]



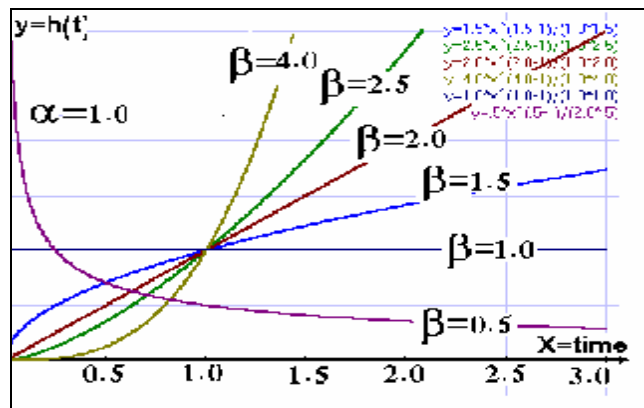
شكل رقم (2) يوضح العلاقة بين المعولية وكلا من الاتاحية وقابلية الصيانة [2].

	التوزيع الأسّي	توزيع ويل
دالة كثافة الاحتمالية PDF	$f(t) = a e^{-\frac{t}{a}}$	$f(t) = \frac{b(t)^{b-1}}{a^b} \text{Exp} \left[ -\left(\frac{t}{a}\right)^b \right]$
دالة العزوية R(t)	$R(t) = e^{-\frac{t}{a}}$	$R(t) = \text{Exp} \left[ -\left(\frac{t}{a}\right)^b \right]$
دالة معدل المعطل h(t)	$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\frac{1}{a} \text{Exp} \left[ -\frac{t}{a} \right]}{\text{Exp} \left[ -\frac{t}{a} \right]} = \frac{1}{a} = 1$	$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{bt^{b-1}}{a^b}$

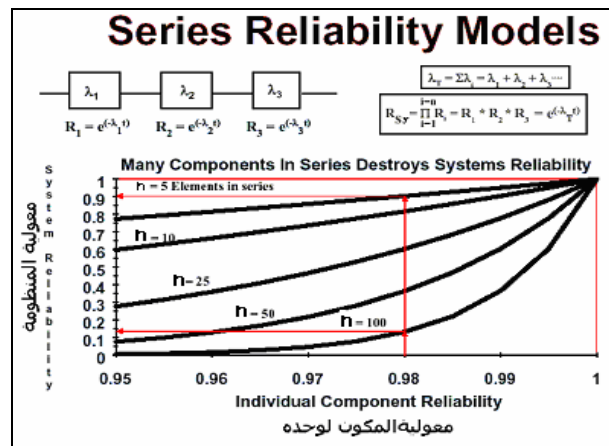
شكل رقم (3) يمثل أشكال مختلفة للدوال [PDF, CDF & R(t)] و للتوزيعين الاسي وويل [3].



شكل رقم (4) يمثل مخطط معدل العطل أو (منحني حوض البانيو) [7]

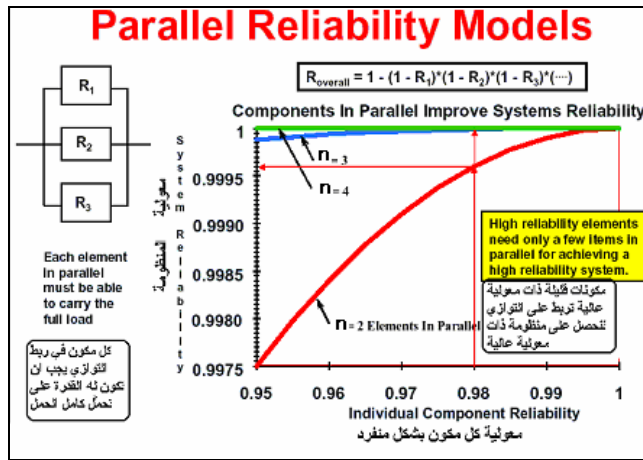


شكل رقم (5) يوضح تأثير قيمة  $\beta$  على شكل دالة معدل العطل [3]

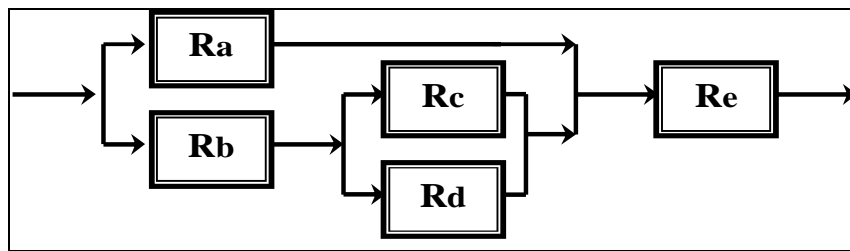


شكل رقم (6) لمجموعة من المنظومات المتتالية الربط [4].





شكل رقم (7) لمجموعة من المنظومات المتوازية الربط [6].



شكل رقم (8) يمثل منظومة مزدوجة التركيب

